

ENIO CÉSAR GONZÁLEZ (*), MARIO OCTAVIO COTILLA (**), CARLOS CÉSAR CAÑETE (*),
JORGE LUIS DÍAZ (*), REY CARRAL (*) & FRANCISCO ARTEAGA (***)

ESTUDIO MORFOESTRUCTURAL DE CUBA

ABSTRACT: GONZÁLEZ E.C., COTILLA M.O., CAÑETE C.C., DÍAZ J.L., CARRAL R. & ARTEAGA F., *Morphostructural study of Cuba*. (IT ISSN 0391-9838, 2003).

In the work is exposed a methodology for the morphostructural classification of the Cuban archipelago in the complex and dynamical context of the lithospheric plates of the Caribbean, Northamerican, Cocos and Nazca. This classification, with six hierarchic levels, has the purpose of the morphostructural analysis, integral and complex of the geological, geophysical and geomorphological information. This last obtained from different methods. With its application is possible to delimit the very various and complex morphostructural spectrum of the Cuban territory, configured in the time by the dynamic-active pair of endogenous and exogenous processes, and to prepare a map of scale 1:250.000. This material served as support to the neotectonic map. It is considered that Cuba is a morphostructure in differential ascent of first (I) order in the southern part of the geotecture (plate) of North America, compound by a various set of morphostructures of smaller order. All these units are characterized quantitatively as of the morphometric methods. The greater intensity of the neotectonic vertical movements are located in the Eastern region and in particular in the Sierra Maestra.

KEY WORDS: Cuba, Geomorphology, Morphostructure, Neotectonics.

RESUMEN: GONZÁLEZ E.C., COTILLA M.O., CAÑETE, C.C., DÍAZ J.L., CARRAL R. & ARTEAGA F., *Estudio morfoestructural de Cuba*. (IT ISSN 0391-9838, 2003).

En el trabajo se expone una metodología para la clasificación morfoestructural del archipiélago cubano en el complejo y dinámico contexto de las placas litosféricas del Caribe, Norteamérica, Cocos y Nazca. Esta clasificación, con seis niveles jerárquicos, tiene el propósito del aná-

lisis morfoestructural, integral y complejo de las informaciones geológica, geofísica y geomorfológica; esta última obtenida de diferentes métodos. Con su aplicación es posible delimitar el muy diverso y complejo espectro morfoestructural del actual territorio cubano, conformado en el tiempo por el par dinamo-activo de procesos endógeno y exógeno, y preparar un mapa a escala 1:250.000. Este material sirvió de soporte al mapa neotectónico. Se considera que Cuba es una morfoestructura en ascenso diferencial de primer orden en la parte meridional de la geotectura (placa) de Norteamérica, compuesta por un conjunto diverso de morfoestructuras de menor orden. Todas estas unidades se caracterizan cuantitativamente a partir de los métodos morfométricos. Las mayores intensidades de los movimientos neotectónicos verticales se localizan en la región Oriental y en particular en la Sierra Maestra.

PALABRAS CLAVE: Cuba, Geomorfología, Morfoestructura, Neotectónica.

INTRODUCCION

A consecuencia del continuo y prolongado período de interacción complejo y dinámico del conjunto de las fuerzas, contrarias, de los tipos endógena y exógena surge el relieve de la superficie terrestre. En este sentido su estudio puede realizarse de dos formas analítica (analizando por separado los procesos endógenos y exógenos) y sintética (estudiando conjuntamente el resultado de la interacción de los procesos antes mencionados) (Spiridonov & alii, 1976). La cartografía geomorfológica se encarga del enfoque sintético del relieve (como un todo único), mientras que la geomorfología estructural y la geomorfología climática se ocupan del enfoque analítico (en partes). Esto significa, que el relieve existe, única y exclusivamente, como el producto de la interacción conjunta y enlazada de los procesos endógeno y exógeno, y la separación de sus partes (conocidas), para su estudio, es cuestión de simplicidad.

Guerasimov (1946) propuso una clasificación geomorfológica, con tres niveles, en que separa genéticamente el conjunto principal y diverso de las formas del relieve de la Tierra en: geotectura, morfoestructura y morfoescultura. Aquí la atención se dirige, básicamente, a la morfoestructura, que es el objeto de estudio del análisis geomorfológico.

(*) Instituto de Geología y Paleontología, del Ministerio de la Industria Básica de Cuba.

(**) Departamento de Geofísica y Meteorología, Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid [e-mail: macot@fis.ucm.es].

(***) Instituto de Oceanografía, Academia de Ciencias de Cuba.

El trabajo fue preparado en el Departamento de Geofísica y Meteorología, de la Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid. Parte de la financiación provino de los fondos de la Comunidad de Madrid (beca postdoctoral de 2001-2003). A los muchos colegas cubanos que aportaron ideas y transmitieron estímulos. Al Prof. Diego Córdoba Barba, de la UCM, por su decidido y desinteresado apoyo al Proyecto. A los revisores anónimos por las sugerencias al manuscrito.

estructural (o simplemente análisis morfoestructural). El concepto de morfoestructura ha evolucionado con el tiempo, estableciéndose que en las morfoestructuras, las estructuras no son la esencia, sino las formas del relieve (Leontiev, 1967). Luego, el análisis morfoestructural, con sus métodos, tiene como principio fundamental establecer la relación del relieve (de las tres categorías: montaña, altura y llanura) con la estructura geológica. Concretamente, las morfoestructuras son las formas del relieve de diferente rango, que pueden estar formadas por movimientos tectónicos recientes, contemporáneos y antiguos, y que sufren alteraciones de diferente grado por medio de los procesos exogenéticos.

GEOLOGIA Y GEOFISICA

Elementos de la geología regional

Datos muy importantes acerca de la dinámica y la cinemática de la placa Caribe (fig. 1a) se obtuvieron con los trabajos de (Bowin, 1968, 1976; Molnar & Sykes, 1969, 1971; Bracey & Vogt, 1970, 1971; Dietz & *alii*, 1970; Dietz, 1971; Freeland & Dietz, 1971; Erickson & *alii*, 1972; Holcombe & *alii*, 1973; Uchupi, 1973; Case & Holcombe, 1975, 1980; Horsfield, 1975; Jordan, 1976; Ladd,

1976; Bradley & Drake, 1978; Burke & *alii*, 1978; Dean & Drake, 1978; MacDonald & Holcombe, 1978; Sykes, 1978; Sykes & *alii*, 1982; Mann & Burke, 1984; McCann & Sykes, 1984). En general en ellos se plantea una velocidad de desplazamiento lateral al este de la placa Caribe con relación a la placa norteamericana, de 10-20 mm/año, sobre la base de calculos con información de terremotos y la consideración de una falla de transformación, Bartlett-Caimán. Por otra parte se estimó, a partir de las mediciones de anomalías magnéticas, que el suelo generado en el Centro de la fosa Caimán se mueve a una velocidad de 20 ± 2 mm/año para los últimos $0.2 \cdot 10^6$ años y a 40 ± 2 mm/año para los recién transcurridos 6.10^3 años. En estos dos estimados no se incluye la dinámica que puede ser atribuible a deformaciones internas de la placa Caribe. Por tal motivo, en Burke & *alii* (1978) se propone la factibilidad de encontrar esos datos en las islas vecinas y que esta zona de interacción de placas litosféricas tiene en los últimos 3.10^6 años la dirección E-W (con desplazamiento lateral izquierdo), además que este tipo de movimiento es probable exista desde los últimos 10^7 años y quizás en los pasados 25.10^6 años. Burke & *alii* (1978) demuestran que Jamaica está integrada a la zona de interacción de placas del norte del Caribe (fig. 1a), de 200 km de ancho, y que tiene

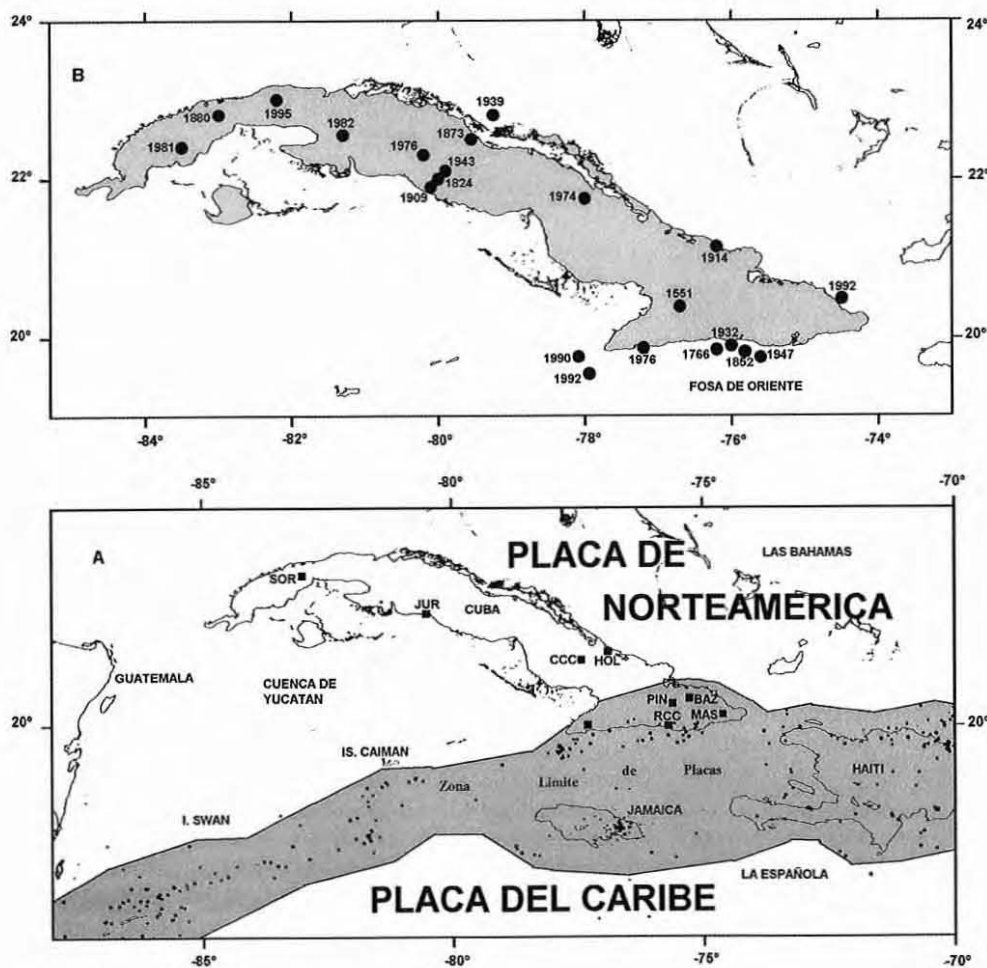


FIG. 1 - a) Representación simplificada de la localización de Cuba en el sistema de placas aledaño [aparecen los epicentros (círculos negros) del período 1990-1993 del NEIS, y la red de estaciones sísmológicas de Cuba (cuadrados negros: SOR = Soroa, JUR = Juraguá, CCC = Cascorro, HOL = Holguín, LMG = Las Mercedes, PIN = Pinares de Mayarí, RCC = Río Carpintero, BAZ = Bazán, MAS = Maisí), hasta 1993]; b) selección de epicentros de terremotos.

dos sistemas de fallas jóvenes (10^7 años) con direcciones E-W y NW. Además, sustentan que el desconocimiento geológico, geofísico y sismológico conduce a pensar que el límite norte de placas es más simple que el límite sur. Posteriormente, Mann y Burke (1984) incluyeron el suroriente de Cuba en la zona límite de placas litosféricas del Caribe y Norteamérica.

Dentro del Mar Caribe se distinguen las cuencas marinas de Yucatán, Colombia, Venezuela y Granada, las fosas profundas de Puerto Rico y de Bartlett-Caimán, y una serie de áreas submarinas elevadas, como: Beata, Aves, Caimán y Nicaragua. De esta forma la región del Caribe está compuesta por una serie de bloques [denominados en ocasiones como microplacas (Ushakov & *alii*, 1979)] con relaciones complejas entre ellos. Todos esos bloques están incluidos en la zona de influencia de las placas litosféricas de Norteamérica, Suramérica, Caribe, Cocos y Nazca. En Ladd (1976) es argumentado el origen Pacífico de la estructura de la Cuenca de Venezuela y en particular de sus extremos norte y sur (fosas de Muertos y Venezuela respectivamente), lo cual da una óptica más compleja al cuadro morfoestructural actual de la región. Mientras que de acuerdo con los resultados obtenidos en Case y Holcombe (1980) la región está subdividida en 13 provincias geomórfico-tectónicas. Ellas son: 1) La cuenca profunda del Golfo de México, que contiene alrededor de 4 km de sedimentos y rocas sedimentarias postjurásicas; 2) Las áreas de las plataformas de Yucatán y Bahamas, subyacidas por las amplias secuencias de carbonatos estratificados con capas clásticas y localmente evaporíticas de edad Meso-Cenozoica; 3) La cuenca profunda de Yucatán, con sedimentos pelágicos del Eoceno y más jóvenes; 4) El Cinturón Deformado, con oscilaciones verticales neotectónicas, de las Antillas Mayores y el Cinturón del Petén, constituidos por fragmentos de corteza oceánica y rocas volcánicas y sedimentarias de edad Meso-Cenozoica; 5) El Cinturón Volcánico del Neógeno-Cuaternario de las Antillas Menores rodea a la Cuenca de Venezuela por el este y que está desarrollado en el área de convergencia de las placas Caribe y América; 6) El Elevado de Caimán, que es un área deformada y cubierta por materiales volcánico, detrítico y carbonatado que sufrió una sostenida subsidencia post-eocénica; 7) La Fosa de Caimán, desarrollada desde el Eoceno a lo largo del límite de las placas litosféricas de Norteamérica y Caribe, y que posee un pequeño elevado o centro de expansión oceánica transversal a la dirección general de la estructura; 8) La Fosa de Puerto Rico es un sistema deprimido del tipo graben que se plantea está constituido por fallas de tipo transtensional superimpuestas sobre una zona de infracorrimento (de edad Neógeno) en el tramo oriental de la zona límite de placas litosféricas de Norteamérica y del Caribe; 9) El Elevado de Nicaragua-Jamaica que es un área platafórmica moderadamente deformada subyacido por amplias secuencias de carbonatos interestratificados con capas clásticas acumuladas durante el Cretácico y el Cenozoico; 10) El Elevado de Nicaragua se combina con los Elevados de Beata y de Aves en un área moderadamente deformada donde hay acumulación de sedimentos pelágicos al menos desde el Campaniano; 11) Las

Cuencas de Colombia y Venezuela de varios kilómetros de sedimentos pelágicos, rocas sedimentarias y turbiditas de edad Coniaciano-Campaniano y más jóvenes. Estas cuencas están enlazadas al norte, este y sur por una serie de cinturones deformados del Neógeno, que contienen gruesas secuencias de depósitos pelágicos y terrígenos complejamente plegados y fallados, a consecuencia de la interacción de las placas. Ellos son: Cinturón Deformado del Caribe Septentrional, Cinturón Deformado del Norte de Panamá y Cinturón Deformado de Centroamérica; 12) El Cinturón Deformado del Neógeno, que está en contacto de tipo subductivo con las placas litosféricas del Pacífico Cocos y Nazca, se continúa hacia el noreste en un Cinturón Deformado del Cretácico Tardío y del Cenozoico y otro Cinturón Volcánico del Neógeno-Cuaternario que alcanza a la región volcánica y complejamente deformada del Terciario y a las cuencas Meso-Cenozoicas. Convergiendo todas ellas en el bloque de rocas ígneas y metamórficas de América Central; 13) El Cinturón Deformado Andino de la placa litosférica de Suramérica que posee grandes levantamientos con algunas depresiones locales acompañados de fallamientos en sistemas de bloques, plegamientos locales y sobrecorrimientos ocurridos durante el Cenozoico Tardío. Luego aparecen las cuencas subandinas que contactan al sur con el Escudo de Guyana.

Para la región del Caribe han sido característicos, entre otros fenómenos, los grandes desplazamientos horizontales, a los cuales se vincula el desarrollo de estructuras alpinas, la aparición de arcos volcánicos durante el período Meso-Cenozoico en las Antillas Mayores y Menores, la costa del Pacífico en Centroamérica y del Caribe de Suramérica y la inserción y mezcla de fragmentos de diferentes unidades geotectónicas en un muy complicado mosaico estructural (Lilienberg, 1973; Iturralde, 1981). De la disminución de los grandes y generalizados desplazamientos horizontales a partir del Eoceno Medio-Superior se pasa a la etapa neotectónica (Iturralde, 1977, 1981). Esta última caracterizada en toda la región por el predominio de los movimientos verticales, de diferente intensidad y sentido, la sedimentación de una cobertura postorogénica, el desarrollo de estructuras de tipo bloque, tanto en la tierra firme como en el fondo marino y por la ocurrencia de etapas sucesivas de aplanamiento del relieve (Iturralde, 1977), la continuación de los desplazamientos horizontales a lo largo de los sistemas de fallas de Bartlett-Caimán y del norte de Suramérica donde ocurren terremotos fuertes y por el desarrollo de actividades volcánica del Neógeno-Cuaternario y sísmica en las zonas de interacción de las placas litosféricas de los extremos este y oeste de la región del Caribe (Molnar & Sykes, 1969). Es de esta forma que se conforma la actual figura de las diferentes estructuras localizadas en el Caribe y sus inmediaciones, como son: los arcos insulares, las cadenas montañosas, las cuencas oceánicas, las fosas profundas, las cadenas submarinas y las plataformas antiguas.

El archipiélago cubano (fig. 1a) está situado en la región del Caribe, una de las zonas más complejas del planeta desde el punto de vista geológico. En esta región se distinguen territorios de muy diverso tipo, tanto por su

estructura como por la historia de su evolución geológica (Academias de Ciencias de Cuba y Polonia, 1978, 1981; Academia de Ciencias de Cuba, 1981; Academias de Ciencias de Cuba y Bulgaria, 1981a,b; Academias de Ciencias de Cuba y Hungría, 1981). En el norte de Cuba se extiende la Plataforma de las Bahamas, que comprende a las Islas Bahamas y la Península de la Florida. Al oeste, de esta plataforma está el Golfo de México y también al oeste, pero de Cuba, se localiza la plataforma de la Península de Yucatán. Mientras que al este de Cuba se extiende el Cinturón Plegado del Caribe, que incluye a las Antillas Mayores, Menores y del Sur, así como a la Cordillera del Caribe venezolano. Este sistema está formado por tres sectores, cada uno con su desarrollo geológico y sus características estructurales propias.

Elementos de la geología de Cuba

Este epígrafe se configuró, fundamentalmente, a partir de las siguientes fuentes: Corral (1944), Shantzer & *alii* (1966, 1975), Nuñez & *alii* (1968, 1969), Iturralde (1969, 1977, 1981), Kartashov & Mayo (1972), Busto (1975), Kartashov (1976, 1981), Cobiella (1983), Franco & de la Torre (1975), Millán & Somin (1976, 1981), Academia de Ciencias de Cuba & Polonia (1978, 1981), Mossakovskiy & Albear (1979), Somin & Millán (1979, 1981), Academia de Ciencias de Cuba, (1981), Academia de Ciencias de Cuba & Bulgaria (1981a, b), Academia de Ciencias de Cuba & Hungría (1981), Millán (1981), Iturralde & Roque (1982), Peñalver & *alii* (1982, 1982a). Así se considera que la estructura geológica del archipiélago cubano es de muy alta complejidad, ya que en él se localizan rocas de diversos orígenes, las cuales han sido intensamente deformadas y trasladadas grandes distancias. No obstante, queda claro a todos los especialistas la existencia para Cuba de una zonación paleotectónica. Cuba posee un substrato plegado de edad Jurásico-Eoceno Medio Superior Temprano con rocas de los dominios continental y oceánico. A continuación ellos se describen muy brevemente: 1) El Margen Continental.- Localizado al norte del archipiélago cubano (localidades de: Martín Mesa, Santa María del Rosario, Cantel, Máximo Gómez, Alturas del Norte de Las Villas, Sierra de Camajuaní, Sierra de Cubitas y Gibara) están sus depósitos (sedimentos terrígenos, evaporíticos, carbonatados y silíceos). Su estructura es muy compleja y en ella prevalecen la tectónica alpina, los grandes pliegues en escamas, etc.; 2) La Depresión Frontal.- Está situada al norte, sobre el Margen Continental. Sus depósitos son carbonatados y clástico-carbonatados, pero en una estructura muy compleja que incluye mantos de sobrecorrimientos y olistostromas; 3) Los Bloques Siálicos.- Se encuentran localizados fundamentalmente en cuatro regiones emergidas de Cuba: Guaniguanico, Isla de la Juventud, Escambray y Purial. Ellos están constituidos por rocas terrígenas y carbonatadas diferentemente metamorfizadas; 4) La Asociación Ofiolítica.- Los complejos que constituyen esta asociación (fundamento melanocrático [ultrabasitas y gabros] y depósitos oceánicos [diques de diabasas, lavas básicas, silicitas, etc.]) afloran en forma de banda discontinua al norte de

Cuba entre el Margen Continental y la Depresión Frontal. Este contacto es tectónico y está mejor expresado al norte; 5) El Arco Volcánico del Cretácico.- Está compuesto de tres complejos rocosos (vulcanógeno-sedimentario, intrusivo y molásico de cobertura) que afloran en toda la isla, aunque en determinadas zonas se cubren con las rocas más jóvenes; 6) El Arco Volcánico del Paleógeno.- Aunque está compuesto de los mismos complejos que el Arco Volcánico del Cretácico su distribución se limita a la Sierra Maestra. Este arco demuestra la migración (del oeste al este) del magmatismo dentro de la isla. Sobre el substrato plegado (edad Jurásico Inferior-Eoceno Medio Temprano) se desarrolló una cobertura de neoplataforma (de edad Eoceno Superior-Cuaternario) muy poco deformada que cubre discordantemente a estas paleoestructuras en la mayor parte del archipiélago. Los tipos rocosos (clástico-carbonatados) son: conglomerados, areniscas, margas, calizas, arcillas, etc. No se ha determinado la existencia de vulcanismo.

Ahora bien, las morfoestructuras delimitadas en el presente trabajo se describen precisamente sobre estos dos niveles de la corteza, pero el estilo de sus fracturas y límites son de la etapa nueva del desarrollo, tipo bloque (Iturralde, 1977). Esto significa que sobre un nuevo tipo de corteza se desarrollan en la actualidad los procesos neotectónicos. La plataforma insular rodea hasta los 200 m de profundidad a todo el bloque cubano (Buznevy, 1968; Levchenko & Riabujin, 1971). En su aspecto tipológico predominan las llanuras acumulativas, aunque se detectan formas del relieve hundidas como: cauces de ríos, manantiales cársicos, sistemas de depresión-fracturas, sistemas de escarpas submarinas, etc. A su continuación exterior se añade un talud insular heterogéneo, de tipo tectónico-estructural que alcanza 5 km de profundidad. Los resultados de Buznevy (1968) empleando métodos geofísicos permitieron plantear diferencias entre las plataformas norte y sur de la isla, en cuanto al cuadro de ondas y la ausencia de horizontes de apoyo observados. No obstante, se definen en ella, atendiendo a las características del registro sísmico, tres zonas por la profundidad (somera ≤ 100 m, transitoria 100-300 m y profunda 300-1.000 m). Esto coincide con lo planteado para ambas costas por Alvarez & Kolesova (1983) en cuanto a las diferencias del campo geomagnético anómalo.

Aspectos geofísicos

Entre los aspectos geofísicos que el esquema morfoestructural consideró están el campo gravimétrico, el campo geomagnético y la sismicidad. Todos estos datos fueron tomados de la literatura (Soloviev, 1962; Soloviev & *alii*, 1964, 1964a; Ipatenko & *alii*, 1969, 1971; Sazchina, 1969; Shein & *alii*, 1975a; Sherbakova, 1975, 1977; Levchenko & *alii*, 1976; Oliva, 1976; Sherbakova & *alii*, 1977a; Bovenko & *alii*, 1980; Chuy & Rodríguez, 1980; Chuy & González, 1980; Chuy & *alii*, 1980, 1983a, b; Chuy, 1982; Chuy & Pino, 1982; Fundora, 1982; Alvarez, 1983; Alvarez & Kolesova, 1983; Alvarez & *alii*, 1983, 1985; Rodríguez, 1983; Rubio, 1984; Bush & Scherbakova, 1986; Pusharovskiy & *alii*, 1987; Díaz Duque & *alii*, 1989).

a) *Del mapa gravimétrico*

El campo gravimétrico en el archipiélago cubano se diferencia apreciablemente. En este sentido en la parte oeste de la cuenca Cauto-Nipe (región Occidental) hay valores máximos de hasta 90 mgal y al este (región Oriental) alcanzan 200 mgal. También en la parte oeste hay valores negativos, en particular asociados a la región Centro-Norte (Matanzas-Las Villas-Camagüey) y para la parte este, sólo hay valores positivos. De acuerdo al mapa, preparado por Sazchina (1969) en la Sierra Maestra no se conforma ningún máximo y si en el Macizo de Nipe-Cristal-Baracoa lo cual resulta tan significativo como que en los Macizos de Guaniguanico, Isla de la Juventud y Trinidad los valores del campo son mínimos relativos. Por otra parte, en el mapa de anomalías de Bouguer la región Oriental contiene valores positivos de hasta 200 mGal, mientras que sólo hay valores negativos (de hasta -30 mGal) en dos segmentos de la parte septentrional (a manera de banda estrecha) de la región Occidental: 1) desde el oeste de Matanzas hasta el oeste de Ciego de Avila; 2) desde el noroeste de Camagüey hasta Puerto Padre. Hay valores positivos (de hasta +100 mGal) en la parte sur de Pinar del Río. Estos resultados y los datos obtenidos con el método *Zemlia* (Tierra) han permitido proponer que la corteza terrestre de Cuba es de tipo continental-continental intermedia y que se encuentra seccionada en bloques de diferente dimensión. Los resultados de Prol & *alii* (1993) confirman la estructuración en bloques y la existencia de fallas normales y verticales.

b) *Del mapa geomagnético*

El territorio cubano incluyendo su plataforma submarina se define en una alternancia de zonas con valores positivos y negativos del campo geomagnético. En algunos casos es factible asociarlo a morfoestructuras de diferente orden; pero lo más significativo es que la región Oriental con la excepción de su parte sur está definido prácticamente con valores negativos. Es decir, que a pesar de que Cuba se encuentra en la etapa de desarrollo neoplatafórmico como se planteó en Iturralde (1977), la región Occidental tiene un campo geofísico heterogéneo pero más simple que el de la región Oriental. Resulta de lo expuesto que una división de la corteza en la profundidad del territorio cubano muestra en la base un substrato plegado de edad Jurásico-Eoceno Medio-Superior Temprano y encima una cobertura rocosa del Eoceno Superior Tardío-Reciente (de estructura simple). Ese substrato plegado posee elementos paleotectónicos de los dominios continental (margen continental, depresión frontal y bloques siálicos) y oceánico (asociación ofiolítica, complejo de arcos volcánicos del Cretácico y del Paleógeno y cuencas de retroceso).

Sismicidad

El resultado de la caracterización morfoestructural de un territorio puede ser comparada con la ocurrencia de terremotos (Guelfand & *alii*, 1976), por ello utilizaremos

los resultados de sismicidad del Caribe (Molnar & Sykes, 1969, 1971; Pacheco & Sykes, 1992; Bracey & Vogt, 1970, 1971; Bradley & Drake, 1978; Dean & Drake, 1978; McCann & Sykes, 1984) y de Cuba en particular (Alvarez, 1983; Alvarez & Buné, 1977; Alvarez & *alii*, 1983, 1985, 1990; Chuy, 1982; Chuy & Rodríguez, 1980; Chuy & González, 1980; Chuy & *alii*, 1980, 1983, 1983a; Chuy & Pino, 1982). En este sentido el análisis espacio-energético de morfoestructuras-terremotos es preliminar, ya que los datos sismológicos poseen aún grandes imprecisiones, y porque la red de estaciones sismológicas cubanas no cubre a completitud todo el territorio. De otra parte no hay siempre coincidencia en superficie de los epicentros y los límites de las morfoestructuras, pero esto no significa que ellos no sean activos, sino que deben ser analizados en su real dimensión (espacial). Cuestión que puede explicarse al aplicar métodos geofísicos.

El límite de las placas litosféricas de América del Norte (fig. 1a) (donde está ubicada en la parte Suroriental de Cuba) y del Caribe está marcado por varios terremotos fuertes (fig. 1b), cuyos mecanismos en el sentido estricto son, fundamentalmente, de corrimiento por el rumbo (fig. 2 y tabla 1). Así el borde suroriental de Cuba (Cabo Cruz-Punta de Maisí) es el contacto inmediato a este límite tectónico de primer orden y en él están entre otros los terremotos de las tablas 1 y 2. La zona del norte de Cuba (límite tectónico exterior: zona de fallas Nortecubana) (fig. 3) tiene también un grupo de terremotos importantes, pero de menor magnitud y frecuencia de repetición que los de la zona suroriental. Ellos son entre otros los que se pre-

TABLA 1 - Selección de mecanismos focales

Nº	Fecha	Ms
1	13.11.1978	5,1
2	01.09.1985	5,1
3	12.02.1989	5,2
4	22.05.1990	5,1
5	26.08.1990	5,9
6	04.09.1990	5,2
7	26.08.1991	5,2
8	25.05.1992	6,9
9	27.06.1992	5,3
10	27.06.1995	5,6

TABLA 2 - Terremotos más significativos de la parte suroriental de Cuba

Fecha	Coordenadas [lat N; lon O]	Profundidad (km)	Intensidad Máxima (MSK)
1766.06.12	(19,9) ; (76,1)	(30)	IX
1852.08.20	(19,9) ; (75,9)	(30)	IX
1932.02.03	19,8 ; 75,8	50	VIII
1947.08.07	19,9 ; 75,3	50	VII
1976.02.19	19,87 ; 76,87	15	VIII
1990.08.26	19,59 ; 77,87	10	VI
1992.05.25	19,61 ; 77,87	23	VIII

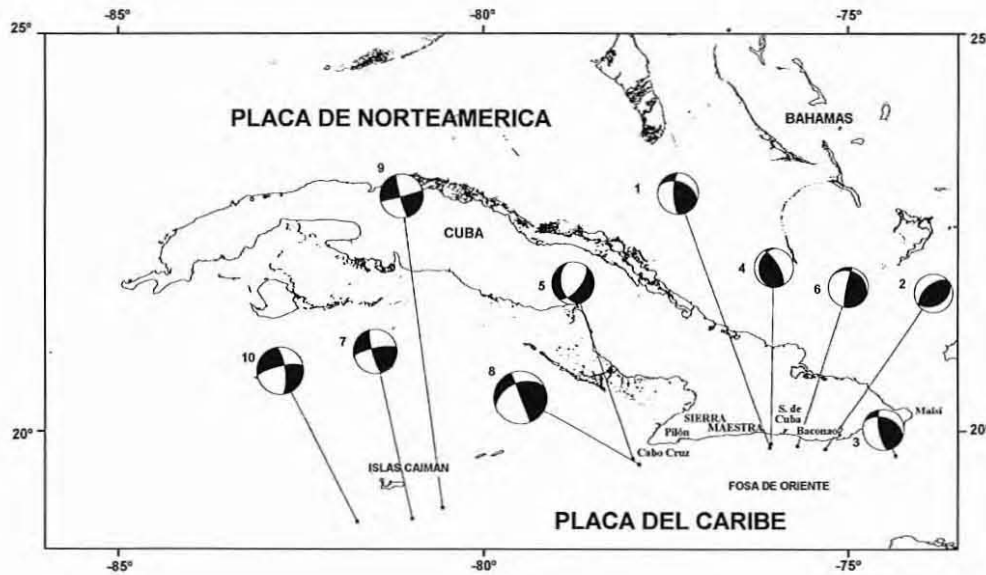


FIG. 2 - Selección de diez mecanismos focales del período 1978-1995 (GMT, ver tabla 1).

sentan en la tabla 3. Con relación a la parte insular de Cuba el listado de eventos sísmicos (seleccionados como los más importantes por los autores) es como se indica en la tabla 4. También se aprecia en el mapa de intensidades de Chuy & alii (1983a) que la región Oriental de Cuba posee valores de VI a VIII grados (MSK); mientras que el resto del territorio [al oeste de la falla de Cauto-Nipe (fig. 3)] tiene zonas de VI grados (MSK) y menores (hasta III), con la excepción de las localidades pinareñas de Soroa-Candelaria-San Cristóbal, que tienen VII grados (MSK). Esto significa que en primera aproximación se cumple el planteamiento de que en Cuba están presentes dos tipos de sismicidad de entre placas litosféricas (Cuba Suroriental) y de interior de placas (resto de Cuba), donde son mucho menos frecuentes y menos fuertes los sismos. Es factible comprobar para Cuba que las zonas de máximos valores

de intensidad sísmica corresponden en una gran medida con las morfoestructuras más activas. Resalta el hecho que la región Oriental, la de mayor actividad sísmica, y en particular su sector suroriental coinciden con una morfoestructura de segundo orden y con el límite de la morfoestructura cubana (I orden) y de la morfoestructura oceánica de Bartlett (I orden), respectivamente.

Para algunos terremotos de Cuba han sido elaborados mapas de isosistas (Chuy & alii, 1988) y, a partir de su análisis, se ha podido, en una primera aproximación, identificar al elemento generador (falla y nudo de fallas) y establecer la dirección de propagación de la energía, como en el caso del sismo de Torriente-Jagüey Grande del 16.12.1982 (Chuy & alii, 1983a). También, dada la localización de las fallas sismogénicas Nortecubana, Surcubana y Bartlett-Caimán (fig. 3) las figuras geométricas de las isosistas de los terremotos ocurridos en ellas se representan en una sola mitad (Alvarez & alii, 1985). Sin embargo, el alto nivel de subjetividad para la evaluación de los datos iniciales y en el trazado de las isosistas limita el alcance de estos resultados en las investigaciones.

Cuba posee una red de estaciones sismológicas (fig. 1a) que cubre con distinto grado de fiabilidad sus zonas sismogénicas. En este sentido, la falla Cauto-Nipe (fig. 3) es la mejor cubierta aunque contradictoriamente no está bien estudiada. Sin embargo, la intención preferente del análisis y procesamiento de la información es para la falla Bartlett-Caimán (fig. 3). Esta última zona, debido al diseño de la red y otros factores subjetivos, tiene errores de determinación importantes. Por lo general, la red cubana no permite una determinación precisa de los hipocentros; inclusive para los sismos más fuertes hay diferencias significativas entre sus informes y los de la red internacional; no obstante, puede asegurarse que el proceso de generación de terremotos es superficial, $h \leq 30$ km. La actividad sísmica del sur de Cuba está asociada a la totalidad de la zona sis-

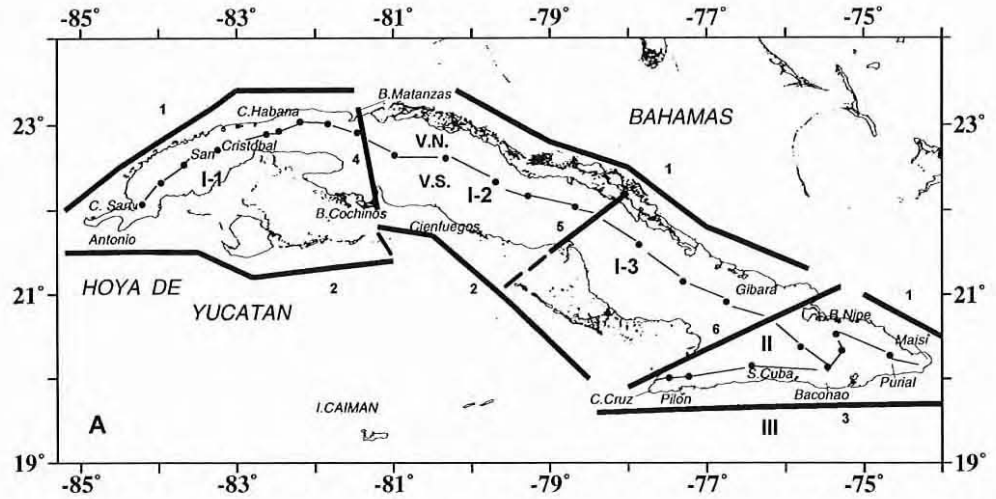
TABLA 3.- Terremotos más significativos de la zona septentrional de Cuba

Fecha	Coordenadas [lat N; lon O]	Profundidad (km)	Intensidad Máxima (MSK)
1914.02.28	(21,30) ; (76,20)	(50)	VII
1939.08.15	22,5 ; 79,25	(15)	VII

TABLA 4 - Terremotos más significativos de la zona insular cubana

Fecha	Coordenadas [lat N; lon O]	Profundidad (km)	Intensidad Máxima (MSK)
1880.01.22	(22,85) (83,0)	(20)	VIII
1971.07.26	(21,85) (79,2)	(5)	VII
1972.06.27	(21,00) (78,05)	(5)	V
1974.04.08	(21,50) (78,05)	(5)	VI
1982.12.16	22,6 81,25	30	VI

FIG. 3 - Esquema de la tectónica de Cuba [contiene: 1) Fallas (en líneas gruesas negras): 1 - Nortecubana, 2 - Surcubana, 3 - Bartlett-Caimán (Oriente), 4 - Cochinos, 5 - La Trocha, 6 - Cauto-Nipe; 2) Bloques (regiones): I = Occidental (1, 2, 3), II = Oriental, III = Suroccidental; 3) Divisoria Principal de las Aguas Superficiales (en líneas finas discontinuas y puntos negros).



mogénica Bartlett-Caimán (fig. 1a). Esos epicentros están determinados por la red internacional de estaciones y son del mismo período que los de la fig. 4. Sin embargo, entre esas figuras hay diferencias significativas y evidentes.

Empleando los datos de la red de estaciones cubanas resulta paradójico observar que al norte de Holguín (en la zona Nortecubana, parte occidental), donde la magnitud y la frecuencia de terremotos deberían ser menores en comparación con la parte oriental de la misma zona (por consideraciones neotectónicas, en cuanto a desplazamiento vertical y deformación de las estructuras) existe un número de epicentros muy superior al que está en la parte oriental,

aunque muy dispersos. Esta situación se explica no por la mejor cobertura de las estaciones sismológicas, sino por la decisión, administrativa, de sólo analizar los registros de las inmediaciones del área occidental donde se centraron los estudios para la selección del emplazamiento de una Central Electronuclear. Ahora bien, este descuido determinó el desconocimiento de la potencialidad de la zona de fallas Nortecubana en ese sector.

Los datos de la red de estaciones sismológicas regionales de Cuba Oriental permitieron la confección de un catálogo de terremotos para el período 1979-1994, el más fiable (fig. 4). Del análisis de ese catálogo, con independencia

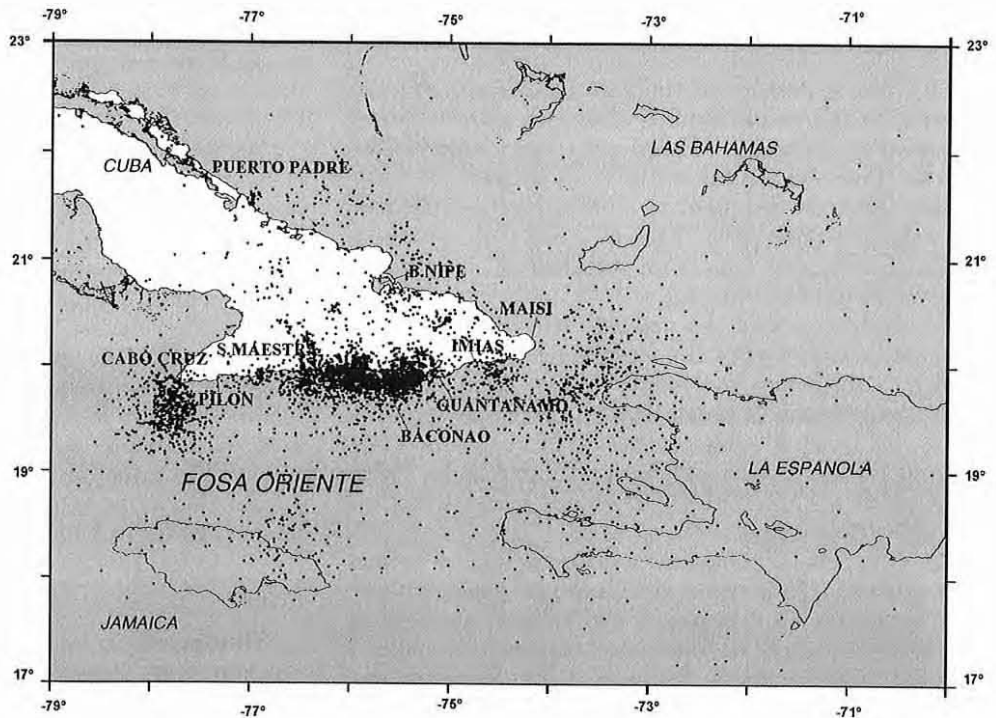


FIG. 4 - Sismicidad de la región Oriental a partir de la red de estaciones cubanas (período 1979-1994).

de una discriminación espacial detallada de los epicentros resulta que: 1) los terremotos están concentrados en profundidades inferiores a 70 km en un 99% e inferiores a 40 km en un 93%; 2) la $K_{m\acute{a}x}$ (clase energética máxima) registrada fue de 13,2 (lo que equivale aproximadamente a una $M_{m\acute{a}x}$ de 4,8 en la escala de Richter, inferior a la detección de la red sísmica (5,0)); 3) la cantidad de eventos en el tiempo se comporta regularmente, con ciertos picos; y 4) el número desigual de estaciones sismológicas en funcionamiento durante este período constituye una limitación para emitir conclusiones definitivas. No obstante, hay otras apreciaciones importantes como que: 1) los agrupamientos de epicentros y su arreglo lineal como grupos; 2) la localización predominante de los terremotos entre Pílon y Bacoanao, del sur de la Sierra Maestra; 3) la existencia de un grupo muy disperso de epicentros al suroeste de Cabo Cruz; 4) la configuración de otro grupo epicentral, más estrecho, en cuanto a su distribución al sudeste de Imías-Guantánamo; 5) la ubicación de un agrupamiento epicentral al noroeste (fuera de los límites de la región Oriental) en las inmediaciones de la parte marina de Puerto Padre; y 6) la ubicación de una importante cantidad de epicentros en la parte marina norte, entre Puerto Padre y las bahías de Banes y Nipe. En general, hacia el norte el número es menor con tendencia al agrupamiento en la dirección NW a lo largo de la costa norte. En el borde norte y nordeste de Jamaica hay un número importante de sismos. Más al sur la detección es mucho menor. Sin embargo, para la otra parte del territorio cubano (el de mayor extensión superficial) la correlación sismicidad-falla se establece casi exclusivamente con datos macrosísmicos, por lo que la fiabilidad es menor.

DESARROLLO

Datos de interés para la fundamentación del trabajo

En Cuba se destaca un conjunto de elevaciones montañosas y de alturas, distribuidas en grupos aislados [Sierra Maestra (Pico Turquino = 1.974 m), Grupo Nipe-Cristal-Baracoa (Pico del Cristal = 1.231 m), Macizo de Guamuhaya (Pico de San Juan = 1.140 m) y Cordillera de Guaniguanico (Sierra del Rosario = 665 m)], separadas por llanuras (fig. 5a). Esto es un fiel reflejo de su actual diferenciación morfoestructural.

En sentido general, los trabajos geomorfológicos de Cuba son pocos y menos aún a escala nacional. Como antecedentes de mapas morfoestructurales están: 1) «Las morfoestructuras de la provincia de La Habana» (Spiridonov & *alii*, 1976); 2) «Regionalización hidrogeomorfológica de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana» (Guerra & Nuñez, 1980); 3) «Mapa morfoestructural de Cuba» (Díaz, 1989).

Las experiencias geológicas y geomorfológicas acumuladas en Cuba y en la región del Caribe permiten considerar a la primera como una gran unidad morfoestructural, dividida en bloques de diferentes dimensiones, edad y dinámica (Levchenko & Riabujin, 1971; Shein & *alii*,

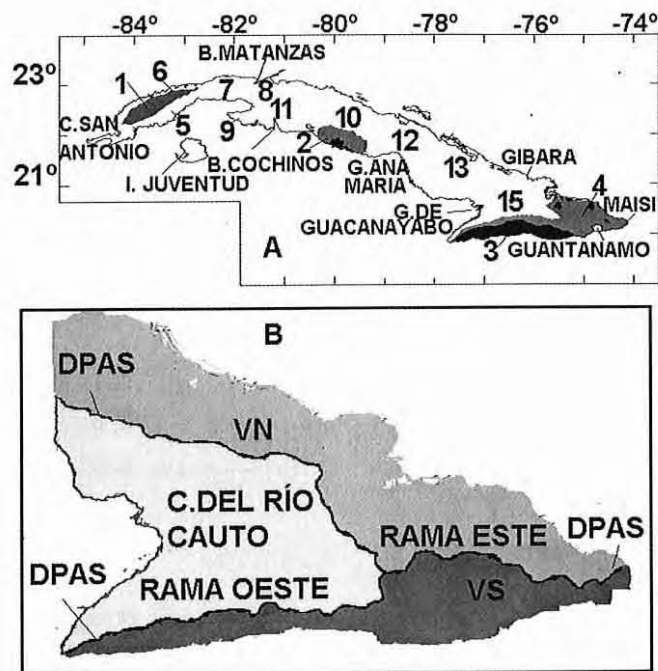


FIG. 5 - a) Esquema de los grupos montañosos (1 = Guaniguanico, 2 = Guamuhaya, 3 = Sierra Maestra, 4 = Nipe-Cristal-Baracoa) y de los sistemas de llanuras (5 = Guane, 6 = Costa Norte, 7 = Sur de La Habana-Matanzas, 8 = Cárdenas, 9 = Zapata, 10 = Septentrional, 11 = Cienfuegos, 12 = La Trocha, 13 = Norte de Camagüey, 14 = Sur de Camagüey, 15 = Cauto-Nipe); b) Detalle de la Divisoria Principal de las Aguas Superficiales (DPAS) en la región Oriental (VN = vertiente norte, VS = vertiente sur).

1975; Iturralde, 1977). De esto es factible afirmar que Cuba es una morfoestructura de primer orden y que está compuesta de unidades morfoestructurales de órdenes inferiores. Considerando lo anteriormente expuesto, se indica que Cuba aunque es una morfoestructura de primer orden en el contexto regional, no lo es en el planetario. Obviamente tiene rango menor.

Según Lillienberg (1973) los rasgos fundamentales de la morfoestructura de Cuba están condicionados por su posición en el sistema de arcos insulares de las Antillas, en las cuencas del Mar Caribe y la faja de articulación de las zonas eugeosinclinales y miogeosinclinales correspondientes. Sin embargo, consideramos que es también de gran importancia el hecho de que el relieve actual se haya creado, en lo fundamental, por movimientos neotectónicos (Neógeno-Cuaternario), los cuales, en medida considerable, modificaron las estructuras de los plegamientos antiguos. No obstante, muchas particularidades de las estructuras antiguas fueron enmascaradas por el manto de calizas del Oligoceno-Mioceno y casi no se advierten en el relieve actual (Lillienberg, 1973; Lillienberg & *alii*, 1976).

Método

Históricamente se ha considerado que es posible describir todas las formas del paisaje tabulando sus dimensiones, formas, ángulos de pendiente y orientación sin tener

en cuenta su origen y desarrollo. Esto es una aproximación empírica a las ciencias naturales, por lo que se necesitarían grandes cantidades de cifras para dar la descripción apropiada incluso de las formas del relieve más simples. De otra parte, al estudiar el desarrollo del relieve se observa que las mismas series de formas se repiten con bastante similitud una y otra vez en la naturaleza. Por ello, para describir con claridad el sin número de formas en términos de secuencias ordenables de desarrollo, se requiere una exposición breve, pero fiable, que indique: 1) la estructura de la masa de rocas subyacente; 2) el proceso que modeló el relieve; 3) el estado actual de desarrollo. Una descripción de este tipo es genética, ya que hace énfasis en la génesis. Una combinación de ambos enfoques (cuantitativo y genético) fue el método general aquí empleado.

El auge alcanzado por las tendencias encaminadas a dar una explicación cuantitativa del relieve es una característica de la geomorfología moderna. Así la aplicación de los métodos morfométricos, es parte valiosa de la geomorfología cuantitativa y necesaria en el análisis complejo del relieve. El poco costo, la rapidez de su confección y los resultados que de ellos se obtienen, ha hecho posible que se hayan convertido en un aspecto imprescindible para muchos trabajos geomorfológicos (Jain, 1980). Actualmente hay elaborados numerosos métodos morfométricos (Horton, 1932; Zennitz, 1932; Strahler, 1952, 1953; Leopold & Wolman, 1957; Shreve, 1966; Howard, 1967; Hack, 1973; Jain, 1980), y su utilización está en dependencia de los objetivos. Estos métodos no deben utilizarse aislados sino en conjunto con la fotointerpretación geomorfológica y los trabajos de campo. Cuba, con una excelente base cartográfica, es campo propicio para la aplicación cada vez mayor de los numerosos métodos morfométricos (González & Cotilla, 1989).

Para Cuba proponemos una clasificación en seis niveles para las morfoestructuras con orden jerárquico de lo general a lo particular. En la práctica, ella delimita en primer término: la Geotectura (componente de escala planetaria de la corteza terrestre de génesis endógena) de la cual forma parte Cuba. Esto conlleva el conocimiento de la constitución geólogo-estructural, del desarrollo histórico-geológico regional y del cuadro morfoestructural más general. Aquí en este nivel está la placa litosférica de Norteamérica. Así, el archipiélago cubano y su plataforma marina conforman, como dijimos, una morfoestructura de primer (I) orden (desde el punto de vista regional) delimitada a partir del conocimiento de las etapas fundamentales del desarrollo geológico y su distribución espacio-temporal. Éste es el segundo nivel de la clasificación. Así, es factible comprender y evaluar a partir de ella la representación en el relieve de las diferentes morfoestructuras de menor orden que la integran. Las morfoestructuras de segundo (II) orden [tercer nivel de la clasificación] se delimitan fundamentalmente a partir de la consideración de los sistemas de bloques de tipo *horst* y tipo *graben* del desarrollo plataformico propuesto por (Iturralde, 1977). Hasta aquí se posee un macronivel de clasificación (el más importante) que conlleva la contribución de largo período de la señal que analizamos (el relieve). El segundo, y últi-

mo macronivel, de la clasificación se dirige a las componentes de alta frecuencia de la señal. Ellas son: 1) las categorías básicas del relieve (en tres niveles hipsométricos: montaña, altura y llanura) que constituyen las morfoestructuras de tercer (III) orden y conllevan el conocimiento de la amplitud de los movimientos neotectónicos, por etapas. Estas unidades las consideramos morfoestructuras básicas y son el cuarto nivel de la clasificación. Las morfoestructuras de menor orden constituyen el quinto nivel de la clasificación; 2) el proceso genético (de origen endógeno) de las morfoestructuras, del primer al tercer orden, ocurre a partir del cambio de la dinámica de los movimientos en la dirección vertical, con la lógica fracturación del territorio en bloques y su inmediata modificación por los procesos exógenos. Éste es el sexto y último nivel de la clasificación.

Considerando los objetivos del tema se utilizaron los siguientes métodos: 1) Morfográfico (superficie de cimas: planas y punteagudas); 2) Cotas máximas y mínimas; 3) Disección vertical; 4) Disección horizontal; 5) Pendientes (media y máxima) en grados; 6) Isobasitas de segundo, tercer, cuarto, quinto, sexto y séptimo orden; 7) Sectores de levantamiento determinados por diferencia de segundo y tercer orden; 8) Sectores de levantamiento determinados por diferencias de isobasitas de cuarto y quinto orden, y de sexto y séptimo orden; 9) Morfoisohipsas. En Filosofov (1960, 1967), Jain (1980) aparece expuesta la base teórico-práctica de los métodos utilizados. También se realizó un estudio detallado de la red fluvial en cuanto al orden, la distribución y la disposición de la cuenca y los ríos, la forma de los valles fluviales, la densidad y la orientación de las cuencas, etc. También se realizaron perfiles transversales y longitudinales de las cuencas y ríos principales. Esto responde al conocimiento aportado por otros autores como (Strahler, 1952, 1953, 1957). Las bases topográficas, donde se aplicaron los métodos morfométricos indicados, fueron las hojas del mapa del archipiélago cubano a escala 1:100.000 confeccionadas por el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, edición de 1978. Para la representación cartográfica, de los valores de los mapas de disecciones vertical y horizontal y de pendientes se siguieron las recomendaciones de González & Cotilla (1989). Esto conlleva a una mayor precisión, evitando los errores que se cometen en la generalización de los datos para el trazado de las isolíneas. En el mencionado trabajo aparecen las definiciones de los métodos morfométricos aquí utilizados, y que se resumen en la tabla 4.

Para la parte submarina se utilizaron las cartas batimétricas de escala 1:500.000, 1:100.000 y 1:20.000, y los perfiles sísmicos marinos. Evidentemente, los métodos geomorfológicos aplicados son un tanto diferentes, en cuanto a precisión, a los aplicados en la parte emergida. En la cartografía se consideraron los tramos rectilíneos del relieve y las formas y los complejos (o asociaciones) de formas en rangos de altitud. Así, la metodología creada se aplica por primera vez en el país. Por lo tanto, considerando la complejidad del relieve cubano y los progresos lógicos que se producirán en el análisis morfoestructural, incluyendo la definición de la edad del relieve, señalamos el carácter

primario, y no definitivo de la metodología utilizada. Sin embargo, este resultado fue la base del mapa neotectónico (Cotilla & alii, 1991a).

Contenido

El concepto de morfoestructura incluye, preferentemente, los elementos del relieve creados bajo la acción principal de los procesos endógenos. Así en la delimitación de las morfoestructuras en el relieve actual los sectores de levantamiento determinados por las diferencias de isobasitas de segundo con tercer orden y las diferencias de isobasitas de cuarto y quinto orden son los elementos principales. Además, se consideraron en gran medida las neofallas, determinadas con la combinación de los métodos morfométricos y los trabajos de campo.

Al considerar los sectores de levantamiento neotectónico de diferentes órdenes en el análisis morfoestructural e indicar sus amplitudes, se concede un carácter dinámico y a la vez real y ajustado a nuestras condiciones, al concepto de morfoestructura. Aquí se parte de la idea de que el factor principal en la formación del relieve del arco insular cubano es la Neotectónica, sin ignorar la influencia litológica y los procesos exógenos. Por lo tanto, en el concepto de morfoestructura, lo principal es el relieve y la tectónica, y en particular los movimientos neotectónicos. De todo lo antes expuesto, y valorando el desarrollo geológico del territorio cubano que incluyó diversas orogenias, sobre-corrimientos y movimientos neotectónicos se confeccionó el «Mapa morfoestructural de Cuba, a escala 1:250.000».

En cuanto a la cartografía se utilizó el fondo cualitativo para las categorías morfoestructurales básicas: Montañas, Alturas y Llanuras. Según las concepciones adoptadas, estas morfoestructuras básicas son de III orden ya que Cuba es una morfoestructura de I orden y partes (bloques) del territorio son morfoestructuras de II orden. Cada una de estas tres morfoestructuras básicas se indican con diferente rayado o puntos y también se señalan sus diferentes tipos, siguiendo los criterios establecidos en la regionali-

zación geomorfológica del «Mapa Geomorfológico» del Atlas Nacional de Cuba (Academias de Ciencias de Cuba y de la URSS, 1970). El segundo aspecto del contenido del esquema reflejado en la leyenda son las morfoestructuras locales que constituyen morfoestructuras de cuarto (IV) orden y menores. Ellas se diferencian en cuanto a las determinadas por métodos morfométricos y las determinadas por trabajos de campo, fotointerpretación y análisis cartográfico. Para los dos casos las morfoestructuras de cuarto, quinto y sexto orden se distinguen por diferentes colores. Se señalan también los territorios bajos (considerados de movimiento en descenso relativo). En general estas zonas de descenso son áreas costeras y pantanosas. El tercer aspecto de la leyenda es el grado de actividad (según la coincidencia espacial de los movimientos neotectónicos) determinado por morfometría. Así, las morfoestructuras son clasificadas como: Muy Activas, Activas y Poco Activas (tab. 5). En general, el esquema muestra, entre otros aspectos: 1) el desarrollo del relieve en las etapas más antigua y más nueva, relativamente, de la neotectónica; 2) las amplitudes de los sectores de levantamiento neotectónico en la etapa más nueva y en la etapa más antigua; 3) el signo y la orientación de los sectores; 4) el área de las deformaciones con una amplia caracterización morfométrica del territorio; 5) la relación (Directa, Inversa e Intermedia) de las morfoestructuras con la estructura geológica (tab. 6). Luego, consideramos que se puede subdividir en, al menos dos subetapas, la neotectónica en el archipiélago cubano. Es decir nuestra base para determinar las amplitudes de los movimientos neotectónicos verticales es, como antes dijimos, la de las diferencias de superficies básicas (o isobasitas) de diferente orden, desde el segundo hasta el séptimo. De aquí asumimos que los valores de la amplitud de los movimientos neotectónicos verticales de la subetapa más nueva son los obtenidos a partir de las diferencias de las isobasitas de segundo/tercer orden y los correspondientes a la subetapa más antigua, a partir de las diferencias de isobasitas de cuarto/quinto orden.

TABLA 5 - Resumen de los métodos morfométricos aplicados (GONZÁLEZ & COTILLA, 1989)

Nº	Parámetro	Unidad	Descripción
1	Cota máxima	m	La mayor altitud absoluta en un área dada.
2	Cota mínima	m	La menor altitud absoluta en un área dada.
3	Diseción vertical	m/km ²	La máxima diferencia entre las cotas máxima y mínima en un área de 1 km ² .
4	Diseción horizontal	km/km ²	La longitud total de todas las corrientes fluviales superficiales en un área de 1 km ² .
5	Morfoisohipsa	m	Una sucesión de generalizaciones de las curvas hipsográficas. Se intenta eliminar las inflexiones de las curvas, que se asume son debido a la erosión, respetando las direcciones de las fallas.
6	Pendiente	grados	(Media y máxima). El cociente entre la diferencia altitudinal y la correspondiente distancia horizontal dos curvas hipsográficas.
7	Isobasita (o superficie básica)	m	La isolinéa obtenida de la superposición de un mapa con la red fluvial superficial ordenada taxonómicamente y un mapa topográfico de igual escala. El resultado es un conjunto de isolíneas para cada orden de río, a partir del orden dos hacia mayor.
8	Diferencia de isobasitas (o de superficies básicas)	m	El conjunto de isolíneas obtenidas de la superposición (diferencia) de dos mapas de isobasitas de orden sucesivo.
9	Cima	m	(Plana y punteaguda). La isolínea cerrada (máxima) de un mapa topográfico.

TABLA 6 - Grado de actividad de las morfoestructuras de acuerdo a la coincidencia espacial de las zonas de movimiento neotectónico vertical

Poco Activa	La morfoestructura que se caracteriza por poseer movimiento neotectónico vertical variable en el tiempo, pero asociado a la presencia de algún sector de levantamiento neotectónico delimitado por diferencia de isobasitas de cuarto/quinto orden. Este movimiento se considera ocurre en la etapa más antigua.
Activa	La morfoestructura en la que el movimiento neotectónico vertical es variable en el tiempo, y en particular aparece sólo en algún sector de levantamiento neotectónico determinado por diferencia de isobasitas de segundo/tercer orden. Este movimiento se considera ocurre en la etapa más moderna.
Muy Activa	Aquella morfoestructura donde los movimientos neotectónicos verticales se manifiestan siempre en el tiempo. Hay coincidencia espacial de los sectores de levantamiento neotectónico determinados por las diferencias de isobasitas de segundo/tercer orden con los determinados por las diferencias de las isobasitas de cuarto/quinto orden.

En el mapa se incluyen las formas principales del relieve de contenido tectónico (fallas, escarpes y alineamientos). También está incluida la divisoria principal de las aguas superficiales. Todos los datos geomorfológicos de campo y de gabinete se incluyeron en una base de datos relacional. Dicha base se desarrolló en EXCEL y denominó MORFOEST99. Mientras que todos los mapas de base y de resultados se digitalizaron.

DISCUSION

Cuba, desde el punto de vista físico – geográfico, es un archipiélago (110.922 km²) localizado en el Caribe (fig. 1a). Es la mayor isla del denominado Arco de Las Antillas Mayores. La plataforma insular (≈68.000 km²) rodea al archipiélago con un ancho variable (-10 m a -55 m) y en la que hay predominio de llanuras abrasivas y abrasivo-acumulativas; así como también formas sub-aéreas (como escarpas, cauces y depresiones de diferente geometría). El talud insular es un escalón de tipo estructural y tectónico de aproximadamente 5 km de profundidad que marca el límite con las zonas más profundas (fosas y depresiones oceánicas). La extensión de la isla de Cuba, la mayor del archipiélago, es de 1.256,20 km. Mientras que sus costas miden en total 5.745,92 km (3.208,81 km la norte y 2.537,11 km la sur).

La red fluvial cubana se caracteriza por el gran número (cantidad) de ríos con curso corto. Esto se debe, fundamentalmente, a dos factores: 1) el relieve, 2) la configuración de la isla. Todos los ríos tienen, principalmente, caudal pobre dada la baja orografía y las condiciones climáticas. La región Oriental de Cuba resulta ser la de mayor irrigación en cuanto al número de ríos y al caudal. Por todo esto se puede sostener que la red fluvial de Cuba está determinada por dos grupos de factores: 1) Físico-geográficos (que se pueden considerar para la escala de trabajo

estables), 2) Climáticos (principalmente la lluvia que es muy inestable). La Divisoria Principal de las Aguas Superficiales de Cuba (1.260 km de longitud) (fig. 3) en su trazado guarda una importante relación estructural con las neoformas. Esta Divisoria Principal se divide en dos ramas en las inmediaciones de la provincia Oriente (fig. 5b), como un fiel reflejo de la complejidad morfoestructural.

La red hidrográfica superficial de Cuba no está uniformemente distribuida en el territorio. El área aproximada determinada, para las 580 cuencas superficiales delimitadas, es de 81.000 km² y las de ciénagas y pantanos de 26.000 km². Existen zonas con buen desarrollo de la red fluvial y otras en las que ésta es escasa o nula. Así se ha determinado que la densidad de la red fluvial varía de 0,19 a 4,1 km/km², estando determinada la mayor densidad en el río Tánamo en el norte de la región oriental. El 23 % de los pantanos y ciénagas está al norte de la Divisoria Principal de Aguas Superficiales y el resto, 77%, al sur.

Para el caso de la isla de Cuba se determinaron 580 cuencas (81 y 112 cuencas principales en las vertientes norte y sur, respectivamente); y para la Isla de la Juventud hay 18 cuencas (6 en la vertiente norte y 12 en la vertiente sur). Consideramos que la provincia Oriente y el conjunto de provincias del Occidente se diferencian sobre la base de los datos hidrológicos. Así la provincia Oriente posee: 1) una Divisoria Principal de Aguas Superficiales con dos ramas; 2) la mayor densidad de drenaje; 3) las mayores pendientes de ríos y de cuencas; 4) la mayor cuenca fluvial; 5) la mayor cantidad de sectores anómalos; 6) la mayor cantidad de tramos fluviales rectos asociados a fallas; 7) la mayor cantidad de valles de ríos tipo «V». Evidentemente, todos estos datos son utilizados para la diferenciación morfoestructural del territorio cubano.

Se considera que para la isla de Cuba existe una relación directa entre los tipos de costas delimitados y los elementos fluviales. Así, en la provincia Oriente, donde los valores de la densidad fluvial y las pendientes de los ríos y cuencas son

TABLA 7 - Relación entre las morfoestructuras determinadas y la estructura geológica

Directa	Cuando existe coincidencia espacial de un relieve positivo y una estructura geológica positiva, o cuando, análogamente, hay relieve y estructura negativas.
Inversa	Es la presencia contrapuesta de un relieve positivo o negativo y una estructura geológica negativa o positiva, respectivamente.
Intermedia	La existencia de un tipo de relieve positivo o negativo en combinación simultánea y alterna con una estructura geológica positiva o negativa.

los mayores, hay un predominio de costas dentadas, abrasivas y erosivo-tectónicas vinculadas a montañas y alturas disecionadas y con terrazas marinas. Mientras que en la inmensa mayoría del resto del territorio cubano predominan las costas de llanuras bajas, planas, fluvio-marinas (deltáicas) y marinas en las cuales las pendientes de los ríos son mucho menores que en Oriente. Esto es un elemento que empleamos para la clasificación morfoestructural.

En Cuba hay muchos tramos rectilíneos de cursos fluviales, pero no todos son debidos a la existencia de fallas. Sin embargo, algunos ríos o tramos de ellos sí están relacionados con fallas activas. Entre ellos están: 1) el río Baconao (en el sudeste de la región oriental); 2) el río San Agustín (en el norte de la provincia Matanzas); 3) el río Zaza (en el sur de la provincia Las Villas).

Se seleccionaron tres de los grupos montañosos de la isla de Cuba (Guaniguanico, Nipe - Cristal - Baracoa y Sierra Maestra) (fig. 5a) para los que se determinó previamente un conjunto de características (orientación espacial de los ríos y las cuencas, y la forma de las cuencas y de los valles de los ríos) y morfométricas (cantidad de ríos y cuencas, longitud máxima del río y de la cuenca, ancho máximo de la cuenca, asimetría de la cuenca, pendientes máximas del río y de la cuenca). Con esos datos es factible proponer que la zona de la Sierra Maestra tiene el mayor nivel de actividad neotectónica y que la zona de Nipe -

Cristal - Baracoa posee la mayor heterogeneidad hídrica superficial. Estos elementos también se utilizaron para la clasificación morfoestructural.

Sobre los mapas topográficos fueron determinadas 3.482 superficies de cima. De ellas 2.671 son de tipo plano y el resto punteagudas. El 65 % de las superficies punteagudas se localiza en la parte Oriental. Esto se ajusta con los mayores niveles hipsométricos y con las zonas de mayor disección vertical y de pendiente.

La región Oriental es la más activa del país, aunque su extensión es mucho menor que la Occidental. Se caracteriza por el predominio del relieve montañoso (valores de pendientes y disección vertical de más de 30 grados y 500 m/km², respectivamente) y estrechas llanuras costeras (a manera de bandas), con la presencia de dos macroestructuras montañosas, Sierra Maestra (1.974 m) y Nipe-Cristal-Baracoa (1.175 m), de diferente historia geológica y composición litológica, pero con marcadas tendencias al ascenso (> 1.000 m) a partir del Eoceno Superior. En particular en la zona de la Sierra Maestra - Fosa de Oriente existe el mayor gradiente del relieve, ya que se contraponen espacialmente la estructura continental emergida de 1.974 m y la estructura oceánica de -8.000 m a una distancia de menos de 2 km.

La aplicación de la metodología permitió: 1) diferenciar a partir de los sectores de levantamiento neotectónico de diferente orden al territorio de Cuba (tab. 8); 2) esta-

TABLA 8 - Sectores de levantamiento neotectónico determinados por diferencias de isobasitas (superficies básicas) de diferente orden

Orden	Características Generales			
2do-3er	Reflejan la etapa más nueva del desarrollo de la neotectónica y corresponden a las partes inmediatas de la superficie terrestre. La coincidencia de estos sectores, con el relieve positivo indica, que se manifiestan claramente en el relieve. Las áreas sin sector indican que no han sido afectadas en dos o más etapas.			
Descripción por regiones	Occidental (provincias: Pinar del Río, La Habana-Matanzas, y el Municipio Especial de la Isla de la Juventud)			
Provincia	Nº de sectores	Amplitud mayor (m)	Localidades	Observaciones
Pinar del Río	313	300	Pan de Guajaibón, Sierra de Cajalbana	La gran mayoría de los sectores se concentra en la Cordillera de Guaniguanico. Se manifiestan poco en las zonas de la cobertura Mioceno-Cuaternario.
La Habana - Matanzas	82	200	Pan de Matanzas, Sierra de Anafe	Se encuentran solamente en la parte septentrional.
Municipio Especial Isla de la Juventud	8	80	Sierra de Caballos, Sierra del Abrita	Los sectores se encuentran sólo en la parte septentrional. Las áreas de los sectores son pequeñas y de poca amplitud. La mitad meridional y el noroeste de la Isla están desprovistos de estos sectores. Los sectores de mayores amplitudes están orientados de N a S. Con dirección E-O hay un sector con una amplitud de 40 m que se corresponde con la Sierra de La Cañada de 303 m de altitud. Otro sector de 20 m de amplitud está en el Cerro de San Pedro, de 148 m de altitud. Un sector de 40 m de amplitud aparece en el Cerro del Ají, de 138 m de altitud. Un poco más al este hay dos sectores, uno posee una amplitud de 40 m y corresponde a la Loma Daguilla de 110 m de altura, y el segundo es casi circular con 30 m de amplitud y se corresponde con el Cerro San Juan, de 110 m de altitud.
Subzona	Descripción			
P1	Localizada entre la bahía de Cabañas y la playa de Baracoa, siendo su límite sur la Llanura Cársica Meridional (donde hay siete sectores de levantamiento). La mayor amplitud (160 m) está en la Loma El Rubí, cuya porción occidental se adentra en la Sierra del Rosario. La dirección predominante de las fallas neotectónicas que delimitan los sectores de levantamientos es NE-SO. La zona costera entre las bahías de Mariel y Cabañas carece de sectores de levantamientos. Mientras que al este de la bahía de Cabañas hay mayor actividad neotectónica (40 y 20 m). Y al sur de la zona comprendida entre las bahías de La Habana y del Mariel existen cinco sectores, con una amplitud máxima de 100 m (Sierra de Anafe).			

H-M 2 Está entre las ciudades de La Habana y Cárdenas. La dirección predominante es E-O. Desde la playa Brisas del Mar hasta la bahía de Matanzas hay una cadena de sectores alargados y paralelos a la costa; los cuales se corresponden con las Sierras de Sibarimar y del Arzobispo, la Loma de Parlé y los Arcos de Canasí. Sin embargo, los sectores que se corresponden con las Alturas de Santa María del Rosario, Alturas de Jaruco y de San Antonio de Río Blanco, el Pan de Matanzas, la Loma de Yumurí y la Loma del Palenque no presentan orientación predominante. El valor máximo de los movimientos delimitados corresponde al Pan de Matanzas (200 m). Al este, entre las ciudades de Cárdenas, San Miguel de los Baños y Cidra, hay una concentración de sectores de levantamiento con dirección NO-SE (muy cercanos a Cárdenas) y los otros de E-O, con amplitud máxima de 80 m. Existe a continuación en el borde sur una depresión, denominada San Juan-Almendares, con escasos sectores. Más al sur se observan en dirección E-O una serie de sectores que se corresponden con las Alturas de Bejucal-Madruga-Coliseo, alcanzando una amplitud de 120 m en Loma Esmeralda. En esta área las alturas menos afectadas por la neotectónica son las de Bejucal.

Descripción por regiones Central (Las Villas y Camagüey)

Provincia	Nº de sectores	Amplitud mayor (m)	Localidades	Observaciones
Las Villas	77	300	Alturas de Trinidad, Alturas de Sancti Spíritus	En sentido general los sectores se manifiestan claramente en el relieve. La estructura geológica del Mioceno y la cobertura cuaternaria han sido afectadas débilmente por estos movimientos neotectónicos. Mientras que en los pisos pre-miocénicos aprovechando zonas de debilidad tectónica están presentes con amplitudes de hasta 200 m. La mayor concentración de los sectores está en la Cordillera de Guamuhaya. En el suroeste, el sudeste y la parte centro-occidental del territorio no se manifiestan. Hay una alineación de sectores con amplitudes de 20-60 m en la costa septentrional. En el centro de la región y alrededor de la Sierra de Agabama hay varios sectores, con un núcleo central, que tiene una amplitud de 140 m.
Camagüey	96	140	Sierra de Cubitas	La mayoría de los sectores se encuentra en las Alturas del Nordeste de Las Villas, La Sierra de Cubitas, La Sierra de Maraguán y la Sierra de Najasa. La orientación de estos sectores es NO-SE.

Descripción por regiones Oriente

Provincia	Nº de sectores	Amplitud mayor (m)	Localidades	Observaciones
Oriente	>800	600	Pico Real del Turquino, Sierra del Cristal	Se encuentran numerosos sectores de levantamiento muy cerca de las costas, fundamentalmente en la sur. Las mayores concentraciones de los sectores están al noreste y al sur, los cuales se corresponden con las zonas montañosas. Mientras que en la Llanura del Cauto se destacan aisladas zonas de ascenso, con una amplitud máxima de 80 m. Las cuencas de Santiago de Cuba y Guantánamo están bordeadas por gran cantidad de sectores de levantamiento, aunque dentro de ellas son muy pocos.

Orden Características Generales

4to-5to Reflejan la etapa más antigua del desarrollo de la neotectónica. Las áreas de estos sectores son mayores que las de los sectores de 2do-3er orden, pero menos numerosos.

Descripción por regiones Occidental (provincias: Pinar del Río, La Habana-Matanzas, y el Municipio Especial de la Isla de la Juventud)

Provincia	Nº de sectores	Amplitud mayor (m)	Localidades	Observaciones
Pinar del Río	17	120	Pan de Guajaibón, La Cantera	La Cordillera de Guaniguanico constituye un sólo bloque con orientación NE-SO. La mayoría de los sectores más nuevos (2do-3er orden) coincide con los más antiguos. Esto significa que los movimientos neotectónicos se han mantenido en toda la etapa.
La Habana-Matanzas	12	100	Loma de Jacán	Estos sectores de levantamiento también están localizados en la parte septentrional.
Municipio Especial Isla de la Juventud	3	30	Loma La Cañada, Cerro San Pedro	En la periferia de los movimientos más antiguos delimitados están los sectores de levantamiento más recientes. Esto se interpreta como un desplazamiento en el tiempo, de los movimientos neotectónicos. El primer sector tiene forma circular y una amplitud de 10 m, y se corresponde con la Sierra el Abrita y la Sierra de Casas. Así es posible decir sobre la base de la coincidencia espacial de los sectores más antiguos y los más nuevos que la Sierra el Abrita se mantiene en ascenso en todo el desarrollo de la neotectónica, que la Sierra de Casas asciende en la etapa más vieja y que la Sierra de Caballos también asciende, pero en la más joven. El segundo sector está al suroeste del anterior y tiene forma alargada con una dirección NO-SE, y amplitud de 30 m. Se corresponde con la Loma de La Cañada, el Cerro San Pedro y con otros más pequeños. La Sierra La Cañada y el Cerro San Pedro ascienden en toda la etapa neotectónica. El tercer sector está al este del anterior, tiene forma circular y una amplitud de 10 m. Se corresponde con el Cerro San Juan, la Loma Daguilla, el Cerro del Marte y el Cerro del Ají.

Subzona	Descripción			
P 1.1	Hay un sector de 40 m de amplitud que se corresponde con la Loma El Rubí (408 m). Al sudeste de la bahía de Mariel hay dos sectores con amplitud de 20 y 60 m, que pertenecen a las Alturas del Mariel. Al noreste de la ciudad de Artemisa hay otro sector de 20 m de amplitud.			
H-M 2.1	Al sudeste de la bahía de La Habana hay un sector que se corresponde con las Alturas de Santa María del Rosario y San Francisco de Paula. Más al este hay un sector de 60 m de amplitud que se asocia con la Sierra de Jaruco. Otro de 60 m está localizado entre los poblados de Santa Cruz del Norte, Caraballo, Bainoa y Jaruco. En los Arcos de Canasí hay un sector de 20 m de amplitud y al sur existe otro de 60 m, el cual está en la Sierra de Camarones, la Loma El Palenque y el Pan de Matanzas. Al sur está un sector de 40 m coincidente con la zona de Amores y Pipián, en los alrededores del poblado de Madruga. Entre las ciudades de Matanzas y Cárdenas hay dos sectores de levantamiento de 20 m, el más oriental en Loma Triana y el otro está al suroeste del poblado de Camarioca. Y en las inmediaciones de las elevaciones de Coliseo y San Miguel de los Baños se localiza un sector de 100 m.			
Descripción por regiones		Central (Las Villas y Camagüey)		
Provincia	Nº de sectores	Amplitud mayor (m)	Localidades	Observaciones
Las Villas	10	400	Alturas de Trinidad, Alturas de Sancti Spíritus	Al noreste hay un sector de gran área y con una amplitud de 80 m que se corresponde con las Alturas del Nordeste. Mientras que la Cordillera de Guamuhaya, en etapas más antiguas, estuvo unida en un sólo sector que se ha ido desmembrando hasta el presente.
Camagüey	8	40	Alturas del Nordeste, Sierra de Cubitas, Sierra de Maraguán, Sierra de Najasa	Los sectores de levantamiento se encuentran en las partes occidental y central, lo que coincide con el caso de los movimientos más nuevos. Estos sectores no tienen una dirección predominante.
Descripción por regiones		Oriente		
Provincia	Cantidad	Amplitud mayor (m)	Localidades	Observaciones
Oriente	6	300	Sierra Maestra, Gran Piedra, Cuchillas del Toa	En este caso los sectores de levantamiento son obtenidos por las diferencias de isobasitas de 6to-7mo orden. Al noreste y al sur de la bahía de Nipe hay un sector de 120 m que se asocia con la Sierra de Nipe, otro de 200 m que coincide con la Sierra de Cristal, y otro de 300 m (el de mayor amplitud) en las Cuchillas del Toa (Pico Galán, Alto de Calinga y Sierra de Maquey). Y coincidiendo con la Sierra del Purial hay un sector de 180 m de amplitud.

blecer que la mayor amplitud de los movimientos neotectónicos verticales se localiza en la Sierra Maestra, región Oriental con 1.790 m; 3) identificar que la divisoria principal de las aguas se extiende a lo largo del territorio en dirección cuasilatitudinal, aunque en la zona Oriental se divide en dos ramas; 4) conocer la no coincidencia espacial de este elemento fluvial con los mayores niveles hipsométricos. Así, esta clasificación morfoestructural dió las cifras que se presentan en la tab. 9.

TABLA 9 - Datos de las morfoestructuras determinadas

Región	Morfoestructuras		Total
	Continental	Marina	
Cuba Occidental	36	4	40
Cuba Oriental	20	3	23
Total	56	7	63

Morfoestructura de	Parte Continental		Total
	Occidental	Región Oriental	
Llanura	21	2	23
Altura	13	1	14
Montaña	7	12	19
Total	41	15	96

El mapa morfoestructural confeccionado (fig. 6a y 6b) evidencia una diferenciación lateral y transversal del actual plano morfoestructural cubano, en el contexto de la zona de interacción de las placas litosféricas de América del Norte y del Caribe, que se corresponde en línea general con las expresiones del campo geofísico regional incluida la sismicidad. En ese contexto Cuba es una morfoestructura emergida de primer orden en el borde meridional de la geotectura norteamericana, que está integrada por morfoestructuras de menor categoría (tab. 10). Para la denominación de las morfoestructuras se mantuvo, por lo general, el criterio de asumir la localización geográfica y la nomenclatura dada por otros autores. Los límites de las morfoestructuras de diferente orden no siempre coinciden con las líneas de fallas; y en general, las intersecciones de las morfoestructuras constituyen zonas de interacción energética y algunas de ellas se localizan epicentros de terremotos de diferente magnitud. Esta coincidencia es muy buena para los tres niveles (geotectura, morfoestructura de primer orden y morfoestructura segundo orden) que componen el primer macronivel de la clasificación aplicada.

Al superponer al mapa de la red fluvial confeccionado los sectores de levantamientos neotectónicos, obtenidos de la composición de las diferencias de las superficies básicas (isobasitas) de 2do-3er órdenes y 4to-5to órdenes, se ve que el mayor número de ellos está concentrado en las zo-

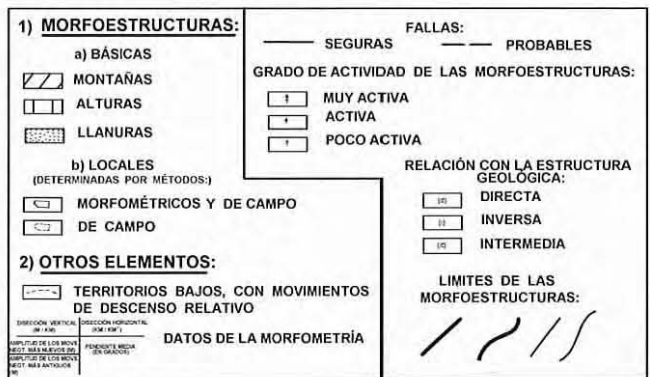
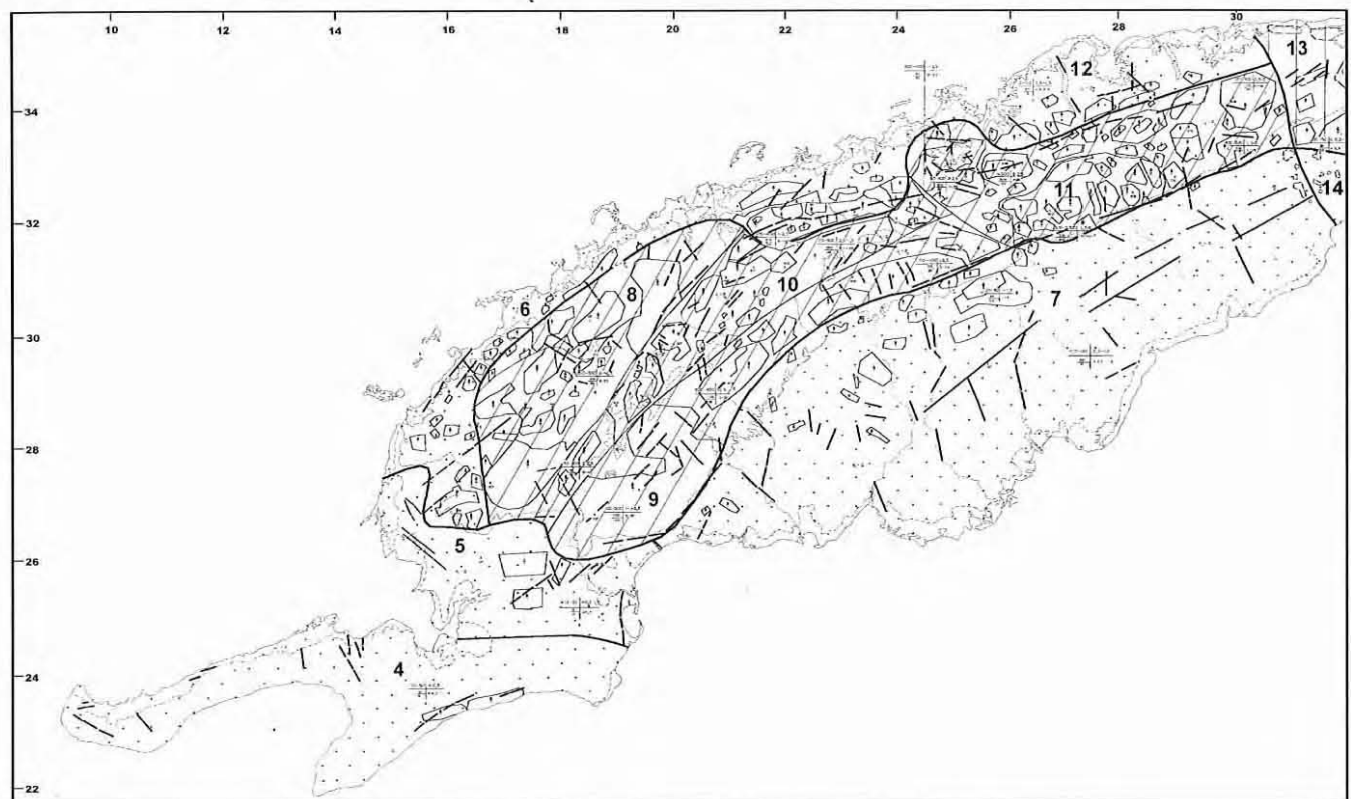
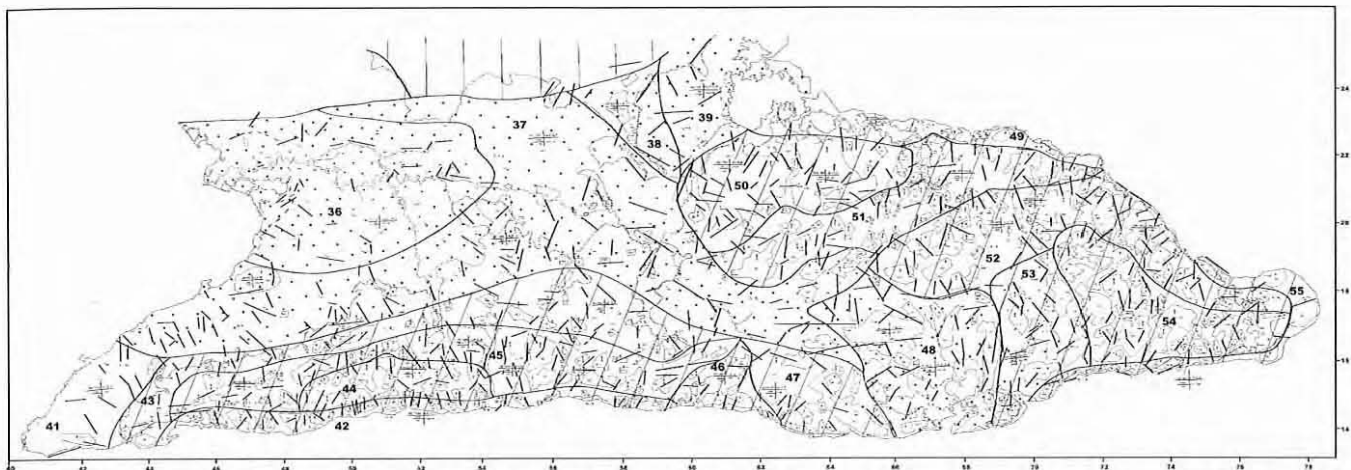


FIG. 6 - Mapa morfoestructural de Cuba; a) visión general de región Oriental; b) detalle de parte de la región Occidental (ver tab. 10).

TABLA 10 - Resumen de las morfoestructuras delimitadas

Nº	Nombre	Categoría
1	Cuba Occidental	II
2	Cuba Oriental	II
3	Cuba Suroriental	II
4	Llanura Carsificada de la Península de Guanahacabibes	III
5	Llanura Deltaica de Guane	III
6	Llanura Costera del Norte de Pinar del Río	III
7	Llanura Deltaica del Sur de Pinar del Río	III
8	Pre Montañas del Norte (Alturas de Pizarras Matahambre)	III
9	Pre Montañas del Sur (Alturas de Pizarras Contadores - La Güira)	III
10	Montañas Carsificadas de la Sierra de los Organos	III
11	Montañas Bajas de la Sierra del Rosario	III
12	Mesa de Mariel	III
13	Alturas de La Habana - Matanzas	III
14	Depresión Almendares - San Juan	III
15	Alturas de Bejucal - Madruga - Limonar	III
16	Llanura Costera Carsificada Meridional de Batabanó	III
17	Llanura Costera de Cárdenas	III
18	Llanura Alargada y Denudada de Colón (Jovellanos)	III
19	Llanura Carsificada y Pantanosa de la Península de Zapata	III
20	Llanura Costera del Norte de Las Villas	III
21	Alturas de Calizas del Noroeste	III
22	Alturas de Calizas del Nordeste	III
23	Llanura Alargada en las Divisorias de las Colinas (Santa Clara)	III
24	Cadenas de Montañas Pequeñas y Colinas del Escambray	III
25	Montañas Carsificadas Bajas de Trinidad	III
26	Pre Montañas de Agabama	III
27	Montañas Bajas de Sancti Spíritus	III
28	Llanura Calcaera del Oeste de Camagüey - La Trocha	III
29	Llanura Costera de Morón	III
30	Llanura Costera del Sur de Camagüey	III
31	Llanura Costera de Nuevitas - Chaparra	III
32	Llanura Denudada del Norte de Camagüey	III
33	Llanura denudada en la Divisoria de las Aguas (Camagüey - Las Tunas)	III
34	Montañas Pequeñas Carsificadas de la Sierra de Cubitas	III
35	Colinas de la Sierra de Najasa	III
36	Llanura Aluvial del Cauto	III
37	Llanura Central y Mesetas	III
38	Alturas de Cacocum	III
39	Llanura Costera de Nipe	III
40	Montañas Pequeñas Carsificadas de Maniabón	III
41	Meseta de Cabo Cruz	III
42	Pre Montañas Meridionales de la Sierra Maestra	III
43	Pre Montañas Septentrionales de la Sierra Maestra	III
44	Montañas de la Sierra del Turquino	III
45	Montañas Bajas de la Porción Central de la Sierra Maestra	III
46	Cuenca de Santiago de Cuba	VI
47	Macizo Montañoso de la Gran Piedra	III
48	Llanuras y Mesetas de la Cuenca de Guantánamo	III
49	Pre Montañas Septentrionales de Nipe - Cristal - Baracoa	III
50	Mesetas de las Sierras de Nipe y del Cristal	III
51	Montañas Bajas de las Sierras de Mico y Moa	III
52	Montañas Bajas de las Cuchillas del Toa y Baracoa	III
53	Montañas Bajas del Maquey (Yateras)	III
54	Macizo Montañoso del Purial	III
55	Meseta de Maisí	III
56	Llanura Carsificada y Pantanosa del Sur de la Isla de la Juventud	III
57	Llanuras Costeras de la Isla de la Juventud	III
58	Llanura Central Denudada de la Isla de la Juventud	III
59	Parte Norte-Occidental Marina	III
60	Parte Norte-Central Marina	III
61	Parte Norte-Oriental Marina	III
62	Parte Sur-Occidental Marina	III
63	Parte Sur-Central Marina	III
64	Parte Marina Meridional Adyacente de Cuba Suroriental	III
65	Parte Marina Central de Cuba Suroriental	III

TABLA 11 - Cantidad de sectores de levantamientos neotectónicos de orden 2-3 y 4-5 con relación a la Divisoria Principal de las Aguas Superficiales

ISLA DE CUBA					ISLA DE LA JUVENTUD				
Órdenes	Situación			Total	Órdenes	Situación			Total
	Al Norte	Al Sur	Sobre			Al Norte	Al Sur	Sobre	
2°-3°	501	456	117	1.074	2°-3°	5	3	3	11
4°-5°	14	13	27	54	4°-5°	1	0	2	3
Total	515	469	149	1.128	Total	6	3	5	14

nas elevadas, donde los órdenes de los ríos son menores. Por consiguiente, en las zonas elevadas son más intensos los procesos neotectónicos y hay una importante erosión. En la tabla 11 se incluyen algunos datos. Con independencia que la densidad de drenaje y las áreas son diferentes para las dos vertientes principales (norte y sur) de la isla de Cuba se obtuvo un mismo valor - 2,4 - para la relación del número de sectores de levantamientos neotectónicos / número de corrientes fluviales (a partir del 3er orden).

Cuba, desde la perspectiva morfoestructural, se puede considerar compuesta de tres regiones (Occidental, Oriental y Suroriental) (fig. 7a), ya que las características geomorfológicas utilizadas así lo indican. En este sentido la región Oriental tiene las mayores altitudes, los cursos de ríos de mayor orden, el predominio de superficie montañosa, la mayor parte de sus costas falladas, etc. Mientras que en la región Occidental hay un manifiesto predominio de llanuras, muchas ciénagas y pantanos, y la divisoria principal de las aguas superficiales apenas se modifica en su trazado. Sin embargo, estas dos grandes regiones se han considerado hasta el momento como de un mismo comportamiento tectónico y sísmico. Y la tercera región, la Suroriental, demuestra la mayor actividad sísmica y un fallamiento muy intenso, y en consecuencia su clara diferencia con las anteriores. Así, que de acuerdo con los datos morfoestructurales y nuestra interpretación es posible asegurar que hay una diferenciación en el régimen de esfuerzos actuante en las dos macroregiones cubanas (Occidental y Oriental). En general, hay un sólo régimen de esfuerzos en las regiones Oriental y Suroriental; pero, es evidente que el campo de esfuerzos varía significativamente, y se divide en al menos dos partes, en la última.

La cartografía de la parte submarina permitió diferenciar las zonas morfoestructurales a escala 1:1.000.000 (fig. 7b), resultando ser la zona Suroriental de Cuba la más compleja, y en particular el segmento de Cabo Cruz a Baconao (donde se desarrolla la fosa de Oriente). Además fue posible alcanzar un resultado colateral con la proposición de un modelo para la región Oriental de Cuba (fig. 8a). En este modelo se considera que esta región está limitada por los siguientes sistemas jerarquizados de fallas activas: 1) al sur, Bartlett-Caimán [BC] (límite de las placas de Norteamérica y del Caribe); 2) al norte y nordeste, Nortecubana (NC) (límite de la morfoestructura Cuba); 3) al oeste, Cauto-Nipe (límite de las regiones Oriental y Occidental). De hecho estos tres sistemas disyuntivos activos se articu-

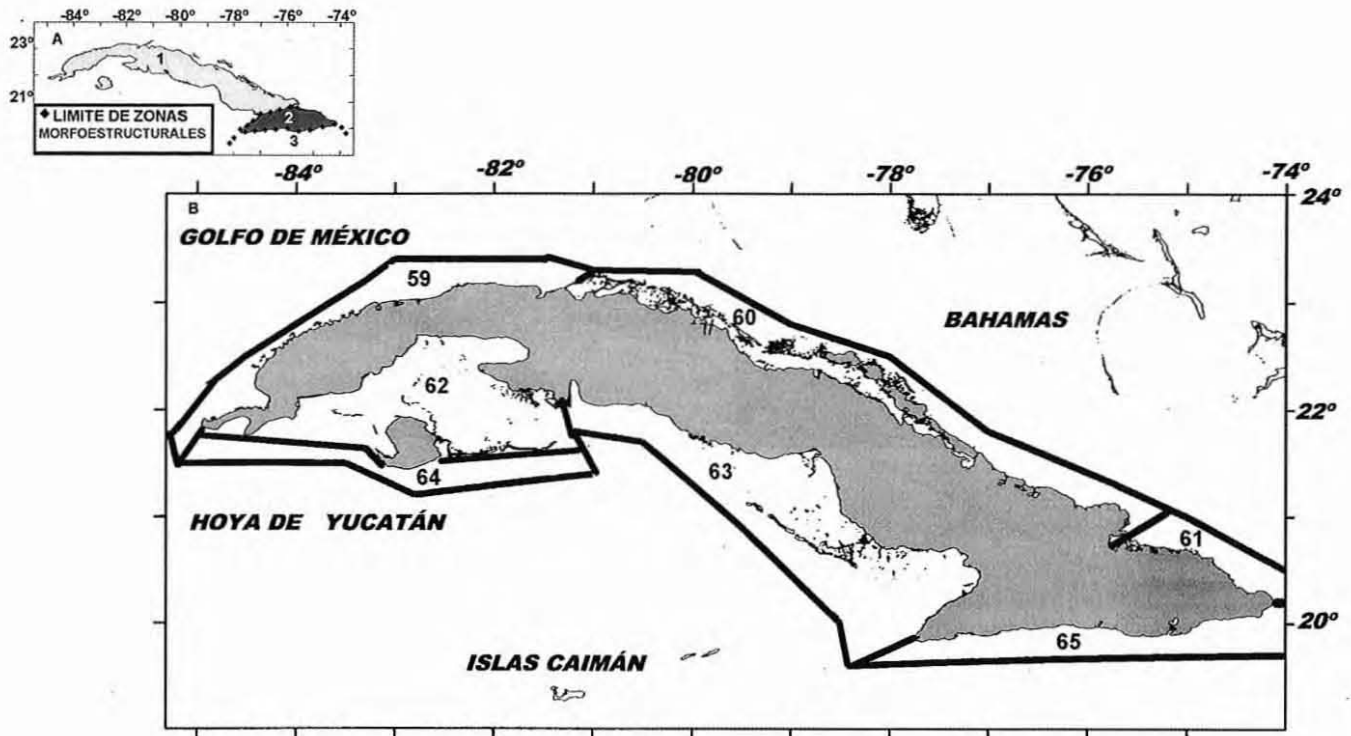


FIG. 7 - a) Esquema de las regiones morfoestructurales de Cuba (1 - Cuba Occidental, 2 - Cuba Oriental, 3 - Cuba Suroriental); b) Mapa morfoestructural de la parte submarina (ver tabla 10).

lan en igual número de nudos [zonas de intersección de sistemas de fallas diferentes] (N1, N2, N3) con sismicidad reconocida, pero de diferente categoría (fig. 7a). El nudo N1 (Cabo Cruz) conformado por el sistema de fallas B-C (la de mayor jerarquía neotectónica y manifiesto desgarre sinestroso y movimiento vertical diferenciado en las inmediaciones de la región suroriental) con el sistema de fallas C-N (no expresada en el relieve superficial) muestra actividad sísmica en la vecindad de Cabo Cruz, donde se destacan las ocurrencias recientes de dos terremotos de magnitudes 5,1 y 6,9, respectivamente. Consideramos que este nudo tiene un significado importante para la reconstrucción del mapa estructural de Cuba, y en particular de Cuba Oriental; ya que en la dirección NE se produjeron intensos desplazamientos y por esa condición y su relación con la zona de fallas B-C se supone existe en la actualidad una cuenca de tipo *pull-apart*. También el nudo N2 (Maisí), de las fallas B-C y NC (sistema de fallas submarinas de movimiento normal), tiene sismicidad asociada y desde el punto de vista geodinámico es un lugar de mucho interés, ya que a partir de él cambia el carácter de la Zona Límite de Placas Litosféricas del norte del Caribe. El tercer nudo disyuntivo N3 (Nipe, de menor categoría que los dos anteriores) se produce en la intersección de los sistemas de fallas C-N y NC, lugar donde se detectan diferencias importantes en las características morfológicas del segundo sistema.

Las determinaciones microtectónicas para la falla Baconao (B), que se extiende desde B-C hasta el NC con dirección NO-SE, muestran que posee una combinación de desplazamiento inverso y desplazamiento en dirección derecha. El resultado del mecanismo focal del NEIS para el terremoto del 01.09.1985 de $M_s=5,1$ y $h=10$ km al sur de la falla Baconao indica combinación de falla inversa en un plano NO con desplazamiento diestro. Si a los sistemas de fallas analizados del modelo añadimos el sistema de Baconao, tendremos entonces tres nuevos nudos (N4, N5, N6) (fig. 8b) que permiten justificar la sismicidad observada, uno de ellos en el interior mismo de la región Oriental (Cauto-Bayamo). El estilo de la liberación energética (mecanismo, profundidad, frecuencia y magnitud) en las intersecciones de los sistemas de fallas B-C con C-N (**nudo N1**) y B-C con B (**nudo N2**) es muy diferente del que se produce en la intersección del sistema de fallas NC con C-N (**nudo N3**) y de la NC con B (**nudo N6**), Puerto Padre. Esta diferencia significa que en el primer caso la liberación es más fácil que en el segundo (interacción de distintos tipos de corteza).

A partir de este esquema (fig. 8b) con los cuatro sistemas de fallas (Bartlett-Caimán, Nortecubana, Cauto-Nipe y Baconao) y sus correspondientes intersecciones, considerando además los resultados de Prol & alii (1993) relativos a la existencia de tres tipos de corteza en Cuba (oceánica,

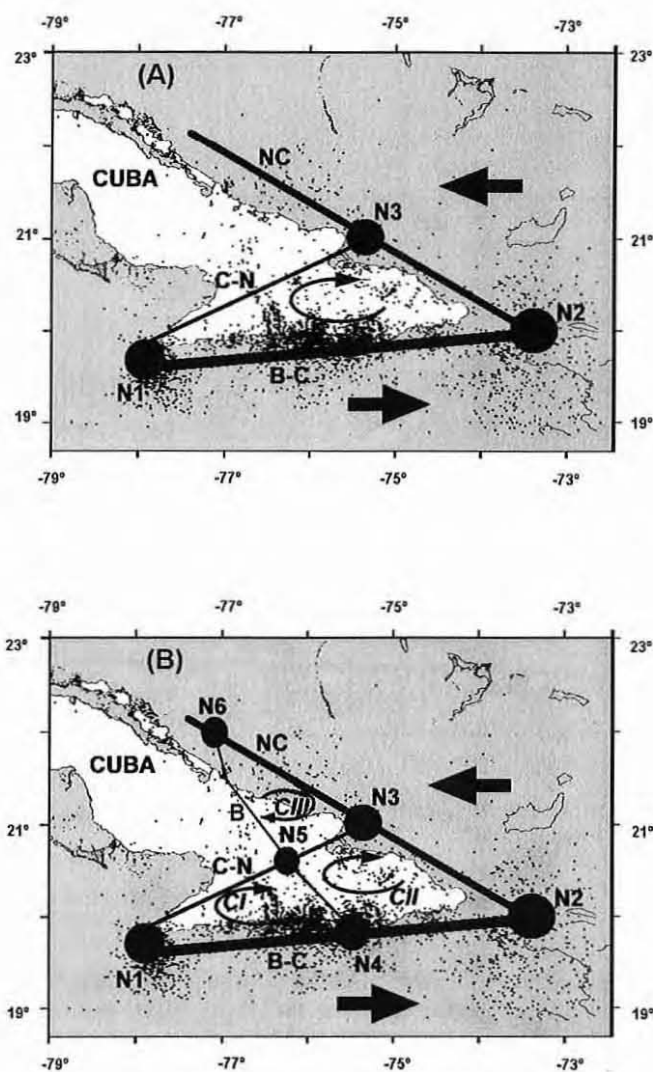


FIG. 8 - Modelo morfoestructural para Cuba Oriental y sus zonas aledañas: a) General; b) Detallado [aparecen: 1) Fallas (líneas de diferente grosor): B-C = Bartlett-Caimán, C-N = Cauto-Nipe, NC = Nortecubana, SC = Surcubana, B = Baconao; 2) Nudos (círculos negros): N1 = Cabo Cruz, N2 = Maisí, N3 = Nipe, N4 = Baconao, N5 = Cauto, N6 = Puerto Padre; 3) Sentido de movimiento relativo (flechas negras) de las placas y las celdas (CI, CII, CIII)].

transicional gruesa y transicional fina) y también los muy diferentes valores de los campos gravimétrico en Cuba (Prol & *alii*, 1993; Cuevas, 1994), y en particular entre las dos regiones, inclusive dentro de la propia región Oriental, es posible asegurar que el modelo cinemático, de tres celdas dinámicas (CI, CII, CIII) y seis nudos (N1, N2, N3, N4, N5, N6) pueden explicar la diferencial situación tectogénica contemporánea de la región y su actividad sísmica. Luego, en el modelo cada una de las celdas constituye una morfoestructura activa [CI (Sierra Maestra), CII (Nipe-Cristal-Baracoa) y CIII (Maniabón)] y relacionadas directamente con las morfoestructuras submarinas adyacen-

tes. Ellas están representadas, de forma muy simplificada, al menos por tres puntos o nudos activos y las líneas principales de debilidad tectónica actual que les unen. Todas estas morfoestructuras están articuladas entre sí desde al menos el Eoceno Superior en un marco transpresivo regional. Pero, lo más relevante de esta propuesta es la posibilidad de considerar la segmentación de la falla Bartlett-Caimán y en consecuencia suponer que los futuros eventos sísmicos no deben ser de magnitud superior a los ocurridos (y registrados) hasta el momento actual.

CONCLUSIONES

De la investigación realizada para el territorio de Cuba procede plantear algunas conclusiones, las cuales estarán dedicadas a los aspectos que los autores consideran fundamentales. Ellas son:

1. Se estableció una clasificación morfoestructural para el archipiélago cubano que incluye elementos usados por otros autores para el mismo problema, así como elementos empleados por primera vez. La metodología creada permitió confeccionar un mapa morfoestructural de Cuba a escala 1:250.000;
2. Cuba es una morfoestructura heterogénea de primer orden, emergida, en el borde meridional de la geotectura que representa la placa litosférica de Norteamérica, que se compone de morfoestructuras de hasta séptimo orden;
3. La morfoestructura más activa del archipiélago cubano es la Sierra Maestra, donde se localizan las mayores amplitudes de los movimientos neotectónicos verticales (positivos) determinados a partir de las diferencias de isobasitas con un valor de 1.790 m;
- 4.- Existe una diferenciación lateral y transversal de la estructura nueva de Cuba y en particular es extremadamente acusada en la zona suroriental;
5. El mayor número de sectores de levantamiento neotectónico de 2do y 3er orden (los más nuevos) está en la región Oriental;
6. La región Oriental sólo posee el mayor número de morfoestructuras de montaña (las de mayor nivel hipsométrico);
7. Existe predominio de morfoestructuras de cuarto a sexto orden en las morfoestructuras de montaña de la Sierra Maestra;
8. La línea divisoria principal de las aguas tiene una doble ramificación en Cuba Oriental;
9. Los límites de las morfoestructuras no siempre coinciden con zonas de fallas;
10. En los contrastes morfoestructurales de primer orden (primer macro-nivel de la clasificación) hay epicentros de terremotos;
11. El mapa de intensidades sísmicas está en buena correspondencia con el espectro morfoestructural propuesto;
12. Las morfoestructuras emergidas están en relación directa con las correspondientes de las partes submarinas aledañas, y en particular el sistema de morfoestructuras de Cuba Oriental demuestra una significativa relación espacio-energética acorde con la zona deprimida de la fosa Oriente adyacente;
13. Se obtuvo un mapa escala 1:4.000.000 de las zonas morfoestructurales de la parte submarina, siendo la zona del borde suroriental la más activa;
14. Se propuso un modelo cinemático de tres celdas, cuatro fallas y seis nudos para la región Oriental.

REFERENCIAS

- ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA y de la U.R.S.S. (1970) - *Atlas Nacional de Cuba*.
- ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA y POLONIA (1978) - *Levantamiento geológico de Pinar del Río*, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Paleontología.
- ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA (1981) - *Levantamiento geológico de La Habana*, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Paleontología.
- ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA y POLONIA (1981) - *Levantamiento geológico de Matanzas*, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Paleontología.
- ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA y BULGARIA (1981a) - *Levantamiento geológico de Las Villas*, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Paleontología.
- ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA y BULGARIA (1981b) - *Levantamiento geológico de las provincias Ciego de Avila, Camagüey y Las Tunas*, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Paleontología.
- ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA y HUNGRÍA (1981) - *Levantamiento geológico de las provincias orientales*, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Paleontología.
- ALVAREZ L. (1983) - *Estimación de la peligrosidad sísmica para la ciudad de Santiago de Cuba*. Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 4, 87-123, Academia de Ciencias de Cuba.
- ALVAREZ L., GODZIKOVSKAYA A.A. & RAUTIAN T.G. (1983) - *Sismicidad y riesgo sísmico de Cuba y las acuatorias adyacentes*. En: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central). Editorial Nauka, Moscú, 57-80 (en ruso).
- ALVAREZ R. & KOLOSEVA V. (1983) - *Resultados preliminares de la interpretación del levantamiento magnético de los mares que circundan a Cuba*. Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio, 6, 3-8, Academia de Ciencias de Cuba.
- ALVAREZ L., RUBIO M., CHUY T. & COTILLA M. (1985) - *Informe final del Tema 31001: Estudio de la sismicidad de la región del Caribe y estimación preliminar de la peligrosidad sísmica en Cuba*. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba, 500 pp.
- ALVAREZ L., COTILLA M. & CHUY T. (1990): *Informe final del Tema 430.03: Sismicidad de Cuba*. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- BELOUSOV T.P. & ORBERA L. (1986): *Quaternary vertical movements in Central Cuba*. Geotectonics, 20(1), 67-73.
- BOVENKO V.G., SCHERBAKOVA B.E. & HERNANDEZ G. (1980) - *Nuevos datos sobre la estructura profunda de Cuba Oriental*. Geol. Soviética, 9, 101-109.
- BOWIN C.O. (1968) - *Geophysical study of the Cayman Trough*. Journ. Geoph. Res., 73(16), 5159-5173.
- BOWIN C.O. (1976) - *Caribbean gravity field and plate tectonics*. Geol. Soc. Am., Spec. Pap., 169-179.
- BRACEY D.P. & VOGT P.R. (1970) - *Plate tectonics on the Hispaniola Area*. Geol. Soc. Am. Bull., 81, 2855-2860.
- BRACEY D.P. & VOGT P.R. (1971) - *Plate tectonics on the Hispaniola Area*. Reply. Geol. Soc. Am. Bull., 82, 1127-1128.
- BRADLEY K. & DRAKE CH. (1978) - *Focal mechanism solutions and tectonics of the Middle America*. Arc. Journ. of Geol., 86, 111-128.
- BURKE K., FOX P.J. & SENGOR A.M.C. (1978) - *Buoyant ocean floor and the evolution of the Caribbean*. Journ. Geoph. Res., 83(38), 3949-3954.
- BUSH V. & SHERBAKOVA B.E. (1986) - *New data on the tectonics of Cuba*. Geotectonics, 20(3), 192-203.
- BUSTO A.R. del (1975) - *Las terrazas marinas de Maisí*. Serie Geografía, 10, 8 pp. Academia de Ciencias de Cuba.
- BUZNEVY E.M (1968) - *Informe sobre investigaciones sísmicas marinas realizadas en los años 1966-1967 en la plataforma insular de Cuba y en la región de aguas profundas adyacentes, por la expedición soviética del barco «Vladimir Obruchev» y las conclusiones geológicas*. Dirección de Petróleo, Instituto Científico-Investigativo de Geología y Geofísica Marina de la URSS y Ministerio de Minería, Combustibles y Metalurgia. República de Cuba.
- BYRNE D.B., SUAREZ G. & MCCANN W.R. (1985) - *Muertos Trough subduction-microplate tectonics in the northern Caribbean*. Nature, 317, 420-421.
- CASE J.R. & HOLCOMBE T.L. (1975) - *Preliminary geologic-tectonic and bathimetric map of the Caribbean Region*. U.S. Geol. Survey, Open File Rep., 75-146 pp..
- CASE J.R. & HOLCOMBE T.L. (1980) - *Geologic-tectonic map of the Caribbean region*. US Geol. Survey Miscel. Inv. Ser., Map 1-1100.
- CATALOGOS y MAPAS DE EPICENTROS INSTRUMENTALES DE CUBA, período 1964-1990. Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- CHUY T. (1982) - *Actividad sísmica de la provincia de Holguín*. Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 2, 20-45. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- CHUY T. & RODRIGUEZ M. (1980) - *La actividad sísmica de Cuba por datos históricos*. Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 1, 5-17. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- CHUY T. & GONZÁLEZ B.E. (1980) - *Catálogo macrosísmico de la región occidental de Cuba*. Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 1, 18-32. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- CHUY T., GONZÁLEZ B.E. & ESCALONA S. (1980) - *Información macrosísmica de las provincias de Villa Clara, Cienfuegos y Sancti Spiritus*. Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 1, 33-57. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- CHUY T. & PINO O. (1982) - *Datos macrosísmicos de los terremotos en la provincia de Santiago de Cuba*. Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 2, 47-136. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- CHUY T., VOROBIOVA E.O., GONZÁLEZ B.E., ALVAREZ L., PEREZ E.R., COTILLA M.O. & PORTUONDO O. (1983) - *El sismo del 16 de Diciembre de 1982. Torriente-Jagüey Grande*. Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 3, 44 pp. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- CHUY T., GONZÁLEZ B.E. & ALVAREZ L. (1983a) - *Sobre la peligrosidad sísmica en Cuba*. Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 4, 37-52. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- COBIELLA J. (1983) - *Algunas consideraciones sobre el origen de la fosa de Bartlett*. Rev. Minería y Geología, 1, 29-56.
- CORRAL J.I. (1944) - *Terrazas pleistocénicas cubanas*. Rev. de la Sociedad Cubana de Ingenieros, 40, 5-44 y 91-140.
- COTILLA M.O., FRANZKE H.J., PILARSKI J., PORTUONDO O. & ALVAREZ L. (1991) - *Mapa de alineamientos y nudos tectónicos principales de Cuba*, escala 1:1.000.000. Rev. Geofísica, 35, 53-112. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- COTILLA M.O., GONZÁLEZ E., FRANZKE H.-J., COMESAÑAS J., ORO J., ARTEAGA F. & ALVAREZ L. (1991) - *Mapa neotectónico de Cuba*, escala 1:1.000.000. Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía, 22, 37 pp. Academia de Ciencias de Cuba.
- CUEVAS J.L. (1994) - *Caracterización de anomalías de la gravedad en Cuba Centro Oriental y su utilización en estudios de tectónica y sismicidad*. Tesis en opción al grado de doctor en ciencias geofísicas. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- DEAN B.W. & DRAKE C.H.L. (1978) - *Focal mechanism solution and tectonic of the Middle America*. Arc. Journ. Geol., 86, 11-128.
- DÍAZ J.L. (1989) - *Mapa morfoestructural de Cuba*, escala 1:2.000.000. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Relieve IV.3.1. Madrid.
- DÍAZ DUQUE J.A., AZGE P.A., CASAREAL V.G. & DÍAZ V.O. (1989) - *Estudio de la estructura profunda de la provincia Pinar del Río a partir del campo gravimétrico*. Informe Científico-Técnico, Universidad de Pinar del Río, 30 pp.

- DIETZ R.S., HOLDEN J.C. & SPROLL W.P. (1970) - *Geotectonic evolution and subsidence of Babama Platform*. Geol. Soc. Am. Bull., 81, 1915-1928.
- DIETZ R.S. (1971) - *Geotectonic evolution and subsidence of Babama Platform*. Reply Geol. Soc. Am. Bull., 82, 1131-1132.
- ERICKSON A.L., HELSLEY C.E. & SIMONS J. (1972) - *Heat flow and continuous seismic profiles in the Cayman Trough and Yucatan Basin*. Geol. Soc. Am. Bull., 83, 1241-1260.
- FRANCO L.G. & TORRE A. de la (1975) - *Los depósitos costeros del sur de Isla de la Juventud, Cuba*. En: Resúmenes del Simposio XXXV Aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba, Academia de Ciencias de Cuba.
- FREELAND G.L. & DIETZ R.S. (1971) - *Plate tectonic evolution of Caribbean Gulf of Mexico Region*. Nature, 232, 20-23.
- FUNDORA M. (1982) - *Interpretación combinada de los materiales geofísicos a escala 1:100.000 en la región Habana-Matanzas*. Tesis de candidato a doctor en ciencias geólogo-mineralógicas. Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Carolina, República de Checoslovaquia, 100 pp.
- GONZÁLEZ E. & COTILLA M. (1989) - *Geomorfología*. Folleto 50 pp. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- GUELFAND I.M., GUBERMAN S.H.A., KEYLIS-BOROK V.I., KNOPOFF L., PRESS F.S., RANTSMAN E.YA., ROTVAIN I.M. & SIDORSKII A.M. (1976) - *Condiciones de surgimiento de terremotos fuertes (California y otras regiones)*. Vichislitel'naya Seismologiya, 9, 3-91. (en ruso).
- GUERRA M. & NUÑEZ M. (1980) - *Regionalización hidrogeomorfológica de las provincias La Habana y Ciudad de La Habana*. Rev. Voluntad Hidráulica, Año XVII, Instituto de Hidroeconomía de Cuba.
- GUERASIMOV I.P. (1946) - *Experiencia de la interpretación geomorfológica general del esquema de la estructura geológica de la URSS*. En: Problemas de Geografía Física, Editorial Academia de Ciencias de la U.R.S.S., 12, 32-44, Moscú. (en ruso).
- HACK J. (1973) - *Stream profile analysis and stream gradient index*. U.S. Geol. Survey Journ. Res., 1, 421-429.
- HOLCOMBE T.L., VOGT P.R., MATHEWS J.E. & MURCHINSON R.R. (1973) - *Evidence for sea-floor spreading in the Cayman Trough*. Earth and Planetary Sc. Lett., 20, 357-371.
- HORSFIELD W.T. (1975) - *Quaternary vertical movements in the Greater Antilles*. Geol. Soc. Am. Bull., 86, 933-938.
- HORTON R.E. (1932) - *Drainage basin characteristics*. Trans. Amer. Geophys. Union, 13, 350-361.
- HORTON R.E. (1945) - *Erosional development of streams and their drainage basins, hydrological approach to quantitative morphology*. Geol. Soc. Am. Bull., 56, 275-370.
- HOWARD A.D. (1967) - *Drainage analysis in geologic interpretation: a summation*. Bull. Am. Assoc. Petroleum Geologists, 51, 2246-2259.
- IPATENKO S. (1969) - *Mapa gravimétrico de la isla de Cuba y los mares adyacentes. Anomalías de la fuerza de gravedad en la corrección de Bouguer*. Fondos del Ministerio de Minería y Geología de Cuba.
- IPATENKO S. (1971) - *Sobre las anomalías gravimétricas en Cuba y su interpretación geológica*. Rev. Tecnológica, 2, Serie Geofísica, 9, 40-46. Academia de Ciencias de Cuba.
- ITURRALDE-VINENT M.A. (1969) - *Principal characteristics of Cuban Neogene stratigraphy*. Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., 53(9), 1938-1955.
- ITURRALDE-VINENT M.A. (1977) - *Los movimientos tectónicos de la etapa de desarrollo platafórmico de Cuba*. Informe científico-técnico, 20, Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba.
- ITURRALDE-VINENT M.A. (1981) - *Nuevo modelo interpretativo de la evolución geológica de Cuba*. Rev. Ciencias de La Tierra y del Espacio, 3, 51-90, Academia de Ciencias de Cuba.
- ITURRALDE-VINENT M.A. & ROQUE M.F. (1982) - *La falla Cubitas, su edad y desplazamientos*. Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio, 4, 57-70, Academia de Ciencias de Cuba.
- JAIN V.E. (1980) - *Geotectónica General*. Partes I y II, Editorial Mir, Moscú.
- JORDAN T.H. (1976) - *The present-day motions of the Caribbean Plate*. Jour. Geoph. Res., 80(32), 4433-4439.
- KARTASHOV I.P. & MAYO N. (1972) - *Algunos resultados del estudio de los depósitos continentales del Cuaternario de Cuba Oriental*. Serie Geológica, 9, 10 pp. Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba.
- KARTASHOV I.P. (1976) - *La descripción de algunas formaciones geológicas del sistema Cuaternario de Cuba reconocidas recientemente*. Serie Geológica, 26, 12 pp. Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba.
- KARTASHOV I.P. (1981) - *El Antropógeno en Cuba*. Editorial Nauka, 145 pp., Moscú, (en ruso).
- LADD J.M. (1976) - *Relative motion of South America with respect to North America and Caribbean tectonics*. Geol. Soc. Am. Bull., 87, 969-976.
- LEONTIEV I.F. (1967) - *Las categorías morfoestructurales y morfoesculturales del relieve como base de la cartografía geomorfológica a escala pequeña*. Folleto, 8 pp. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de la U.R.S.S. (en ruso).
- LEOPOLD L.B. & WOLMAN M.G. (1957) - *River channel patterns: braided, meandering, and straight*. U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 28L-B.
- LEVCHENKO V.A. & RIABUJIN A.G. (1971) - *Sobre la estructura en bloques del shelf septentrional de Cuba*. Geotectónica, 5 (en ruso).
- LEVCHENKO V.A., GUREVICH G.S., ZABICHINA V.V., KITIAS N.A. & PAFINOVA S.I. (1976) - *Caracterización comparativa de la constitución geológica de Cuba y otros países de la cuenca del Mar Caribe y el Golfo de México con el objeto de evaluar las perspectivas petrolíferas y gasíferas de Cuba y las acuatorias adyacentes*. Informe Científico-Técnico del Ministerio de la Industria Básica, 150 p.
- LILJENBERG D.A. (1973) - *Algunos problemas de la formación del relieve del archipiélago cubano*. Serie Espeleológica y Carsológica, 48, 1-5, Academia de Ciencias de Cuba.
- LILJENBERG D.A., DÍAZ J.L. & VENEREO A. (1976) - *Contribución al estudio de los movimientos tectónicos recientes de Cuba*. Serie Geografía, 16, 12 pp. Academia de Ciencias de Cuba.
- MAC DONALD K.C. & HOLCOMBE T.L. (1978) - *Inversion of magnetic anomalies and sea floor spreading in the Cayman Trough*. Earth and Planetary Sc. Lett., 40, 407-414.
- MANN P. & BURKE K. (1984) - *Neotectonics of the Caribbean region*. Rev. of Geoph. Space Physics, 22(4), 309-362.
- MCCANN W.R. & SYKES L.R. (1984) - *Subduction of aseismic ridges beneath the Caribbean plate: implications for the tectonics and seismic potential of the Northeastern Caribbean*. Journ. Geoph. Res., 89(86), 4493-4519.
- MILLAN G. & SOMIN M. (1976) - *Algunas consideraciones sobre las metamorfitas cubanas*. Serie Geológica, 27, 1-21, Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba.
- MILLAN G. (1981) - *Geología del macizo metamórfico de la Isla de la Juventud*. Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio, 3, 3-22, Academia de Ciencias de Cuba.
- MILLAN G. & SOMIN M. (1981) - *Litología, tectónica y metamorfismo del Escambray*. Editorial Academia de Ciencias de Cuba, 104 pp., La Habana.
- MOLNAR P. & SYKES L.R. (1969) - *Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanism and seismicity*. Geol. Soc. Am. Bull., 80(9), 1639-1684.
- MOLNAR P. & SYKES L.R. (1971) - *Plate tectonics on the Hispaniola Area*. Discussion. Geol. Soc. Am. Bull., 82, 1123-1126.
- MOSSAKOVSKIY A. & ALBEAR J.F. (1979) - *Estructura de cabalgamiento de Cuba Occidental y Norte e historia de su formación a la luz del estudio de los olistostromas y las molasas*. Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio, 1, 3-31, Academia de Ciencias de Cuba.
- NUÑEZ J.A., PANOS V. & STELCL O. (1968) - *Carsos de Cuba*. Serie Espeleológica y Carsológica, 2, 47 pp. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba.

- NUÑEZ J.A., PANOS V. & STELCL O. (1969) - *El desarrollo del carso en el archipiélago cubano y sus causas*. Serie Espeológica y Carsológica, 6, 24 pp. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba.
- OLIVA G. (1976) - *Criterios tectónico-estructurales de un área de la región occidental de Cuba en base a transformaciones lineales de los campos gravitatorio y magnético*. Tesis de candidato a doctor en ciencias geológico-mineralógicas. Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Carolina, República de Checoslovaquia, 100 pp.
- PACHECO J.F. & SYKES L.R. (1992) - *Seismic moment catalog of large shallow earthquakes*. Bull. Seism. Soc. Am., 82(3), 1306-1349.
- PEÑALVER L., ORO J. & BARRIENTOS A. (1982) - *Las secuencias carbonatadas del Plioceno-Pleistoceno húmedo de Cuba Occidental*. Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio, 5, 25-41, Academia de Ciencias de Cuba.
- PEÑALVER L., ORO J. & BARRIENTOS A. (1982a) - *Las secuencias terrígenas del Plioceno-Pleistoceno húmedo de Cuba Occidental*. Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio, 5, 43-63, Academia de Ciencias de Cuba.
- PROL J., ARIAZA G. & OTERO R. (1993) - *Sobre la confección de los mapas de profundidad del basamento y espesor de la corteza terrestre en el territorio cubano*. Informe Científico-Técnico de la Empresa Nacional de Geofísica, Ministerio de la Industria Básica de Cuba, 36 p.
- PUSHAROVSKY YU., VTULOCHKIN M.A. & MOSSAKOVSKY A. (1987) - *Estructuras y tipos de corteza terrestre en Cuba*. En: Informe de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S., 294, 178-182.
- RODRIGUEZ, J. (1983) - *Interpretación de perfiles gravimétricos del Caribe y Cuba Oriental*. Rêv. Minería y Geología, 1, 85-97.
- RUBIO M. (1984) - *Seismicity of the Republic of Cuba and adjacent areas*. Academy of Sciences of Czechoslovakia, 60 pp.
- SAZCHINA N. (1969) - *Mapa gravimétrico de Cuba, escala 1:500.000*. Publicación del MMCM (Cuba) y MINGEO (U.R.S.S.), Moscú-La Habana, 51 pp.
- SHANTZER E.V., PETROV O.N. & FRANCO G. (1966) - *Complejo de las formaciones costeras del Holoceno (I parte) y terrazas costeras del Pleistoceno en la región de La Habana-Matanzas y sedimentos vinculados a ellas (II parte)*. Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba.
- SHANTZER E.V., PETROV O.N. & FRANCO G. (1975) - *Sobre las formaciones costeras del Holoceno en Cuba, las terrazas pleistocénicas de la región Habana-Matanzas y los sedimentos vinculados a ellas*. Serie Geológica, 21, 26 pp., Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba.
- SHEIN V.S., SMIRNOV V.N., KLESCHOV K.A. & ORBERA L. (1975) - *Esquema de neotectónica de Cuba y su plataforma marina, escala 1:2.000.000*. Consejo Nacional del Fondo Geológico de Cuba. Ministerio de Geología y Geofísica de Cuba.
- SHEIN V.S., TENREYRO R. & GARCIA E. (1985) - *Modelo de la constitución geológica profunda de Cuba*. Serie Geológica, 1, 78-88.
- SEHEMENDA A.I. & GROKOLSKIY A.L. (1986) - *Geodynamics of the south Antilles region*. Geotectonics, 20(1), 58-66.
- SHERBAKOVA B.E., BOVENKO V.G., LUTZENKO T.N. & MIROSHNICHENKO I.P. (1975) - *Informe sobre los resultados de las observaciones con los aparatos «Zemlia» en el territorio de Cuba Occidental llevadas a cabo en 1972-1974*. Consejo Nacional del Fondo Geológico de Cuba. Ministerio de Geología y Geofísica de Cuba.
- SHERBAKOVA B.E., BOVENKO V.S., LUTZENKO T.M., & alii (1977) - *Informe sobre los resultados de las observaciones con los aparatos «Zemlia» en el territorio de Cuba Oriental llevadas a cabo en 1974-1975*. Vol. 1, Moscú.
- SHERBAKOVA B.E., BOVENKO V.S. & HERNANDEZ G. (1977a) - *Estudio de la corteza terrestre de Cuba Occidental*. Geol. Soviética, 8, 130-142 (en ruso).
- SHREVE R.L. (1966) - *Statistical law of stream numbers*. Journ. Geol., 74, 17-37.
- SOLOVIEV K.S. (1962) *Mapa aeromagnético de la República de Cuba*. Informe Científico-Técnico del Instituto de Geología del Petróleo, 10 pp.
- SOLOVIEV O.N., SKIDAN S.A., PANKRATOV A.P. & KHUOLEY C.M. (1964) - *Comentarios sobre el mapa gravimétrico de la Isla de Cuba*. Departamento Científico de Geología, 2(2), 8-19, Instituto Cubano de Recursos Minerales.
- SOLOVIEV O.N., SKIDAN S.A. & PANKRATOV A.P. (1964a) - *Comentarios sobre el mapa magnetométrico de Cuba*. Departamento Científico de Geología, 2(4), 5-23 y 152-195, Instituto Cubano de Recursos Minerales.
- SOMIN M.L. & MILLAN G. (1979) - *Sobre la edad de las rocas metamórficas cubanas*. Departamento Científico de Geología, 2, 1-11, Instituto Cubano de Recursos Minerales.
- SOMIN M.L. & MILLAN G. (1981) - *Geología de los complejos metamórficos de Cuba*. Editorial Nauka, 219 pp., Moscú. (en ruso).
- SPIRIDONOV A.I., BUSTO R. & MATEO J. (1976) - *Las morfoestructuras de la provincia de La Habana*. Serie Geografía, 7(12), Academia de Ciencias de Cuba.
- STRAHLER A.N. (1952) - *Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography*. Bull. Geol. Soc. Am., 63, 1117-1142.
- STRAHLER A.N. (1953) - *Revisions of Horton's quantitative factors in erosional terrain*. Am. Geoph. Union Trans. (Abstr.), 2, 345.
- STRAHLER A.N. (1957) - *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. Am. Geoph. Union Trans., 38(6), 913-920.
- SYKES L.R. (1978) - *Intraplate seismicity reactivation of preexisting zones of weakness, alkaline magmatism, and other tectonics postdating continental fragmentation*. Rev. Geoph. and Space Physics, 16(4).
- SYKES L.R., McCANN W.R. & KAFKA A.L. (1982) - *Motion of Caribbean plate during last 7 million years and implications for earlier Cenozoic movements*. Journ. Geoph. Res., 87(B13), 10656-10676.
- UCHUPI E. (1973) - *Eastern Yucatan continental margin and Western Caribbean tectonics*. Am. Assoc. Petroleum. Geologists Bull, 57(6), 1075-1085.
- USHAKOV S.A., AVGAEV A.I., GALUSHKIN YU.I. & DUBIKIN E.P. (1979) - *Dstrucción de la isostacia de la litósfera de la región del Caribe y análisis geodinámico de su naturaleza*. En: Tectónica y Geodinámica de la Región del Caribe. Editorial Nauka, 63-77 pp., Moscú. (en ruso).
- ZENNITZ E.R. (1932) - *Drainage patterns and their significance*. Journ. Geol., 40, 498-521.

(Ms received 15 November 2002; accepted 15 April 2003)