

Principales nudos morfoestructurales sismoactivos de Cuba suroriental*

**José R. HERNÁNDEZ SANTANA,

***D. A. LILIENBERG

y **Rodolfo GONZÁLEZ ORTIZ

RESUMEN. *El desarrollo de las investigaciones geomorfológico-estructurales, a partir de las concepciones establecidas por I. P. Guerasimov, han demostrado el carácter de categoría geotectónica integradora de las morfoestructuras, con las cuales están relacionadas la distribución espacial y las variaciones temporales de los diferentes campos geofísicos, principalmente de la sismicidad. El estudio comparativo de los datos sísmicos instrumentales (1968-1981), y de los resultados del análisis morfoestructural de Cuba suroriental permitió diferenciar algunas de las principales zonas sismógenas sublatitudinales, de tipo regional y local, así como de los nudos morfoestructurales sismoactivos, localizados en la intersección de las zonas de morfoalineamientos transverso-diagonales con éstas. La caracterización de los nudos sismógenos se presenta en esquemas morfotectónicos, destacándose su sismoactividad en función de la intensidad y profundidad de los terremotos, y de la distribución y densidad de sus epicentros.*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la elaboración de criterios interdisciplinarios dirigidos a la determinación de las zonas de mayor probabilidad de ocurrencia de terremotos fuertes y destructivos ocupa un lugar cimero en el campo de las ciencias de la Tierra, no sólo por su interés científico-teórico, sino por la necesidad fundamental de prevenir grandes catástrofes que conllevan cuantiosas pérdidas de recursos humanos y materiales. En tal sentido, el establecimiento de polígonos geodinámicos complejos —pa-

ra el conocimiento de las correlaciones de los movimientos tectónicos, seculares recientes y la sismicidad con la estructura profunda de la corteza terrestre y del plano morfoestructural— representa uno de los esfuerzos principales emprendidos por algunas naciones para la gradual prepara-

*Manuscrito aprobado en julio de 1987.

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

ción del pronóstico sismológico, entre las que figura nuestro país.

En los últimos años, las investigaciones georfológico-estructurales regionales han demostrado el carácter de categoría geotectónica integradora de las morfoestructuras, con las cuales están estrechamente relacionadas las variaciones espaciales y temporales de los campos geofísicos (gravimétrico, geomagnético, térmico y la sismicidad), la diferenciación de la estructura profunda de la corteza terrestre, la distribución de algunos minerales útiles, la magnitud y tendencia de los movimientos tectónicos recientes y la dinámica de los procesos exógenos formadores del relieve. Estas correlaciones evidencian la existencia del sistema dinámico de interacción "morfoestructuras-movimientos tectónicos recientes-sismicidad", planteado por Gerasimov (1973) y Lilienberg (1973, 1977).

La aplicación de los principales métodos del análisis morfoestructural en el territorio de Cuba sudoriental permitió diferenciar jerárquicamente sus unidades morfoestructurales, las zonas de morfoalineamientos limítrofes entre ellas, así como los nudos morfoestructurales más impor-

tales, en los cuales se concentran, fundamentalmente, la actividad sísmica (Hernández *et al.*, 1986).

Las regularidades de la endodinámica reciente de Cuba sudoriental dependen de los mecanismos geotectónicos predominantes a lo largo de la zona de sutura sublatitudinal de transformación con desplazamiento de izquierda de Bartlett, así como de la interacción dinámica entre las diferentes unidades morfoestructurales transversales a la misma.

De acuerdo con la diferenciación estructuro-geomorfológica de la fosa de Bartlett establecida por Hernández *et al.* (en prensa), el macrobloque oriental de esta zona de sutura se caracteriza por su gran complejidad, apreciándose fallas regionales de carácter transverso-diagonal que atraviesan con dirección NE a la fosa, a Cuba y a Jamaica, y a través de las cuales, principalmente en la bahía de Santiago de Cuba y al E de Guantánamo, existen evidencias de transurrencia. El bloque submarino de la Meseta de Siboney, al S del macizo de la Gran Piedra, está asociado con dichas estructuras.

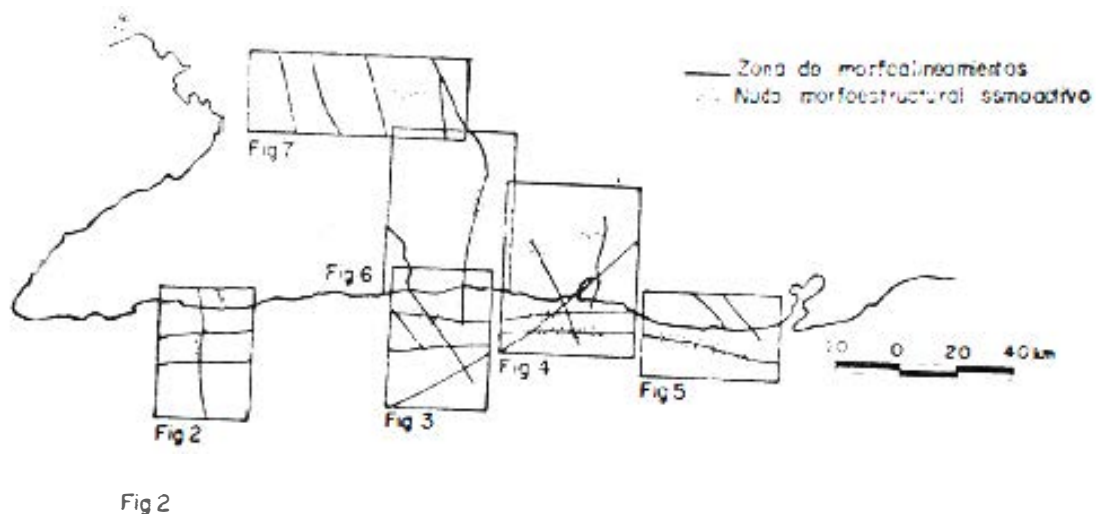


Fig. 1. Principales nudos morfoestructurales sismoactivos de Cuba Sudoriental.

Por otra parte, esta superposición tectónica ha determinado una notable diferenciación morfoestructural del borde septentrional (cubano) de la fosa, existiendo al W de Santiago de Cuba un talud abrupto con un sistema de fracturamiento sublatitudinal, escalonado, siguiendo la orientación de la zona de sutura de Bartlett y al E un fraccionamiento más activo, determinando el desarrollo de bloques morfoestructurales montañosos.

El análisis comparativo entre las morfoestructuras y sus articulaciones con la sismicidad (Ranstman, 1979), a través de mapas estructuro-geomorfológicos, permitió conocer, de forma preliminar, los principales nudos morfoestructurales sismoactivos del sistema montañoso de la Sierra Maestra y territorios circundantes (Fig. 1).

Distribución de los nudos morfoestructurales sismoactivos de Cuba sudoriental

En el estudio fueron utilizados los datos instrumentales del Instituto de Geofísica y Astronomía de la Academia de Ciencias de Cuba (1968-1981), correspondientes a la estación Río Carpintero, ubicada en la vertiente meridional del macizo montañoso de la Gran Piedra. Si bien su procesamiento analítico tiene limitaciones determinadas por la ausencia de una red de estaciones que permita una mayor precisión de las coordenadas epicentrales y las profundidades focales, consideramos válido el enfoque, partiendo de que la predicción de las zonas sismogénicas potenciales no puede determinarse exclusivamente mediante el empleo de la información sismológica, ya que ésta abarca un período bastante corto como para poder poner de manifiesto las tendencias de la actividad sísmica (Kárník *et al.*, 1980). Además, la información geotectónica que en gran medida aporta la metódica geomorfológica estructural complementa los trabajos geológico-

geofísicos y contribuye a resolver la problemática tan compleja de la zonificación sísmica, no sólo por la correspondencia que se establece entre la distribución espacial de la sismicidad con el plano morfoestructural neotectónico, sino por la influencia de este plano morfoestructural sobre la atenuación sísmica (Hernández *et al.*, 1987).

A partir de los datos brindados por esta estación, y teniendo en consideración los resultados de las investigaciones morfoestructurales realizadas en el Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba en la región de Cuba sudoriental, los autores interpretaron la relación no casuística existente entre las concentraciones epicentrales, tanto por su intensidad como por su profundidad, con las zonas de intersección de morfoalineamientos de diferente jerarquía, que limitan las principales unidades morfoestructurales.

En el período de observaciones instrumentales analizado, la zona sismogeneradora principal estuvo relacionada con la zona de sutura sublatitudinal entre la Placa Caribe y la Microplaca Cubana, representada por la zona de fallas de transformación con desplazamiento de izquierda de Bartlett, a lo largo de la cual se concentraron varios centenares de terremotos con clases energéticas de 7-14 (Álvarez, en prensa) cuyos epicentros se distribuyen en el talud insular cubano. Esta zona sismogeneradora se caracteriza por el predominio de focos de terremotos profundos (de 25-50 y más de 50 km de profundidad).

Durante la etapa neotectónica del desarrollo del relieve, la Sierra Maestra experimentó un fraccionamiento de su plano morfoestructural orogénico en grandes mesobloques transverso-diagonales, los cuales están limitados por profundas zonas de morfoalineamientos de carácter regional y transregional. La intersección de éstas con

la zona de sutura de Bartlett determina la existencia de nudos morfoestructurales, en los cuales se produce una considerable concentración de epicentros de terremotos.

El nudo morfoestructural sismógeno más occidental se encuentra en la intersección de la zona de morfoalineamientos de los ríos Mota y Macío que limitan las morfoestructuras escalonadas del bloque Mota con la zona de fallas paralelas al sistema de transformación (Fig. 2), las cuales determinan escalones en el talud insular.

Los focos de terremotos con clases energéticas de 9-13, que se concentran linealmente en la misma dirección submeridional del morfoalineamiento referido, destacan el importante papel sismogenerador de

las zonas de articulación transverso-diagonales.

Hacia el *E* se manifiesta el nudo morfoestructural determinado por la intersección de las zonas de morfoalineamientos submeridionales del mesobloque de la Sierra Maestra Oriental con la zona de falla paralela al sistema de transformación, destacándose en particular la intersección con este sistema del morfoalineamiento del río Guamá, que limita la Sierra Maestra Central y Oriental (Fig. 3).

Los epicentros de terremotos con clases energéticas de 9-11 y profundidades de 25-50 km y en algunos casos mayores de 50 km, se concentran en las superposiciones de las zonas submeridionales mencio-

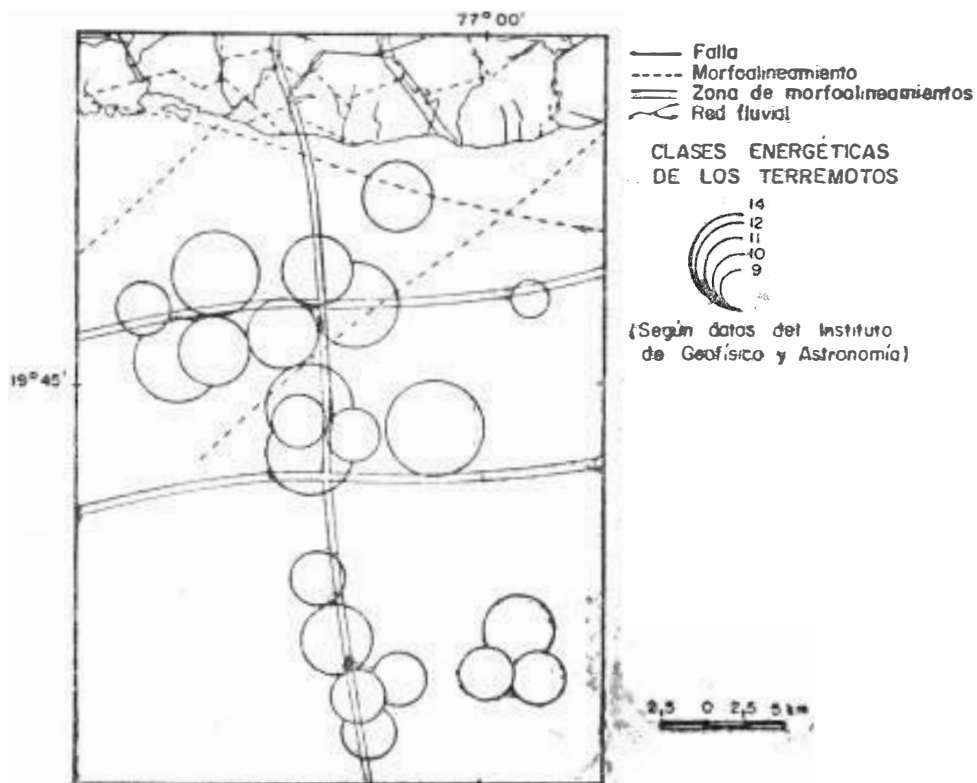


Fig. 2. Correspondencia entre los epicentros de terremotos y los sistemas de morfoalineamientos al Sur de la Sierra Maestra Occidental.

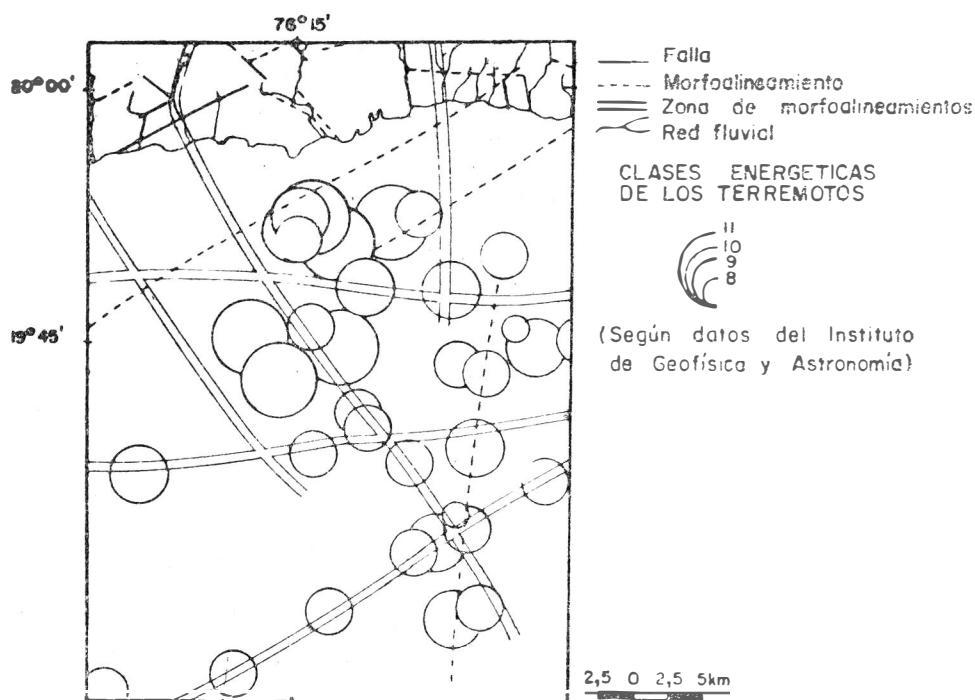


Fig. 3. Correspondencia entre los epicentros de terremotos y los sistemas de morfoalineamientos de la zona de articulación de la Sierra Maestra Centro-Oriental con la zona de transformación de Bartlett.

nadas anteriormente con el sistema de Bartlett y la prolongación del sistema transregional caribeño de dirección SW-NE, este último de gran incidencia en la tierra firme, como veremos más adelante.

Al S de los mesobloques Sierra Maestra Oriental, Santiago-Boniato y Gran Piedra, se localizaron varios nudos morfoestructurales sismoactivos (Fig. 4), determinados principalmente por las zonas de transformación y de posible transcurrencia transregional de dirección SW-NE (Hernández *et al.*, en prensa), donde se concentran epicentros de terremotos con clases energéticas de 10-13 y focos de 15-25 y 35-50 km de profundidad, y en algunos casos mayores.

La prolongación submarina de los morfoalineamientos de Río Cojimar y Ensenada de Cabañas—Río Cobre—Río Cañas, que

separa a las montañas bajas de la Sierra Maestra Oriental del mesobloque superpuesto Santiago-Boniato, contribuye a la sismoactividad de esta zona. Similar situación ocurre en la prolongación de los morfoalineamientos por los ríos Juticí y Carpintero al S de la Gran Piedra donde los terremotos se concentran en la misma dirección submeridional de estos alineamientos morfoestructurales.

El nudo morfoestructural de mayor sismoactividad se encuentra situado a lo largo de la zona de articulación entre el macizo montañoso de la Gran Piedra y la meseta submarina de Siboney (Fig. 5). Los epicentros de terremotos con clases energéticas de 7-12 se concentran en forma de una franja sublatitudinal con prolongaciones transversales submeridionales que reponen a la joven diferenciación morfoestruc-

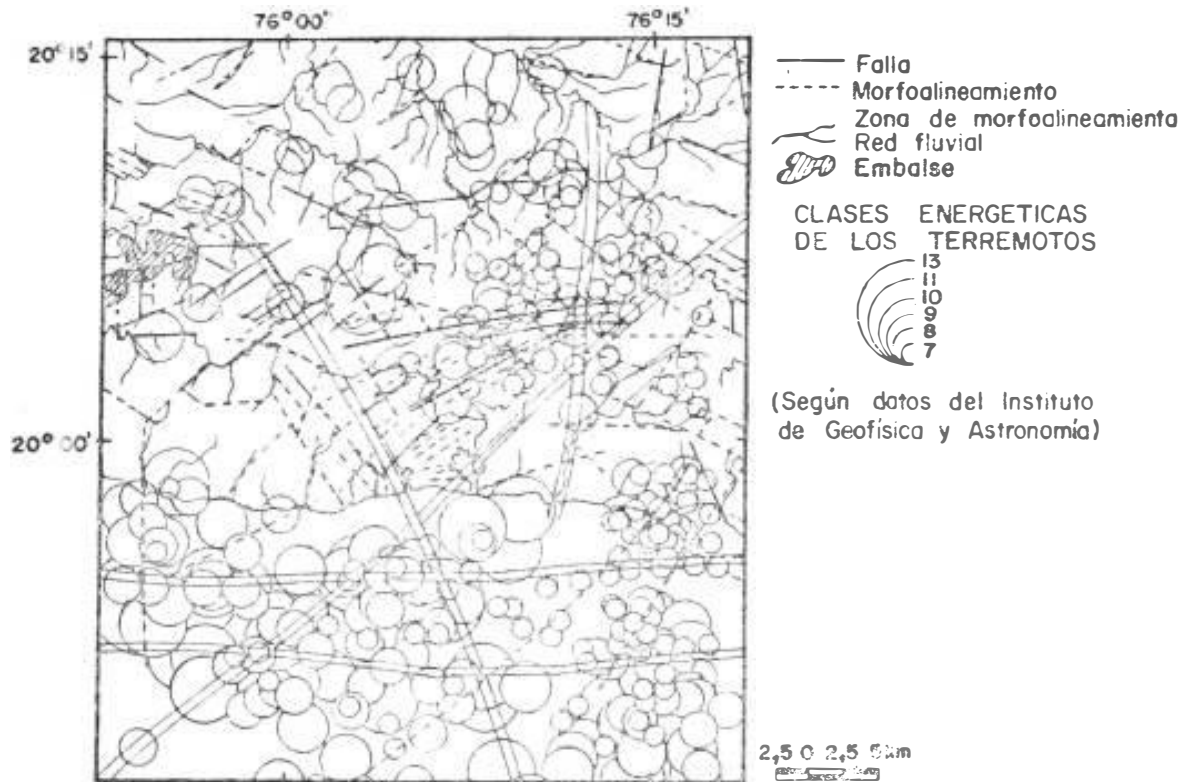


Fig. 4. Correspondencia entre los epicentros de terremotos y los sistemas de morfoalineamientos de la región Santiago-Boniato y los territorios adyacentes.

tural del relieve. Esta zona se caracteriza por un intenso fraccionamiento, en la cual convergen las fallas más antiguas de dirección SE-NW, las transregionales de dirección SW-NE y el sistema paralelo a la sutura de transformación interplacas.

Las correlaciones de la sismicidad con el plano morfoestructural a lo largo de la zona de sutura de Bartlett destacan la importante función de los nudos morfoestructurales en la liberación de energía sísmica. A su vez, las diferencias existentes en el plano morfoestructural entre los grandes mesobloques de la Sierra Maestra (Lilienberg *et al.*, en prensa; Hernández *et al.*, 1984, 1986) demuestran la gran influencia de las deformaciones generadas por el mecanismo de transformación pre-

dominante en la zona de sutura entre la Placa Caribe y la Microplaca Cubana, pudiendo tener su origen en las tensiones de contacto.

En tierra firme la zona sismogeneradora más importantes está localizada en la articulación de la meseta monoclinial de Boniato y la depresión graben de Santiago de Cuba (Fig. 4), asociada con la joven transformación morfoestructural que se caracteriza por un fraccionamiento sublatitudinal paralelo a la falla de Boniato y otro con dirección diagonal, paralelo a la sutura transregional de dirección SW-NE, los cuales convergen hacia la región de El Cristo, donde está localizada la inversión positiva de los movimientos tectónicos recientes en los últimos 20 años.

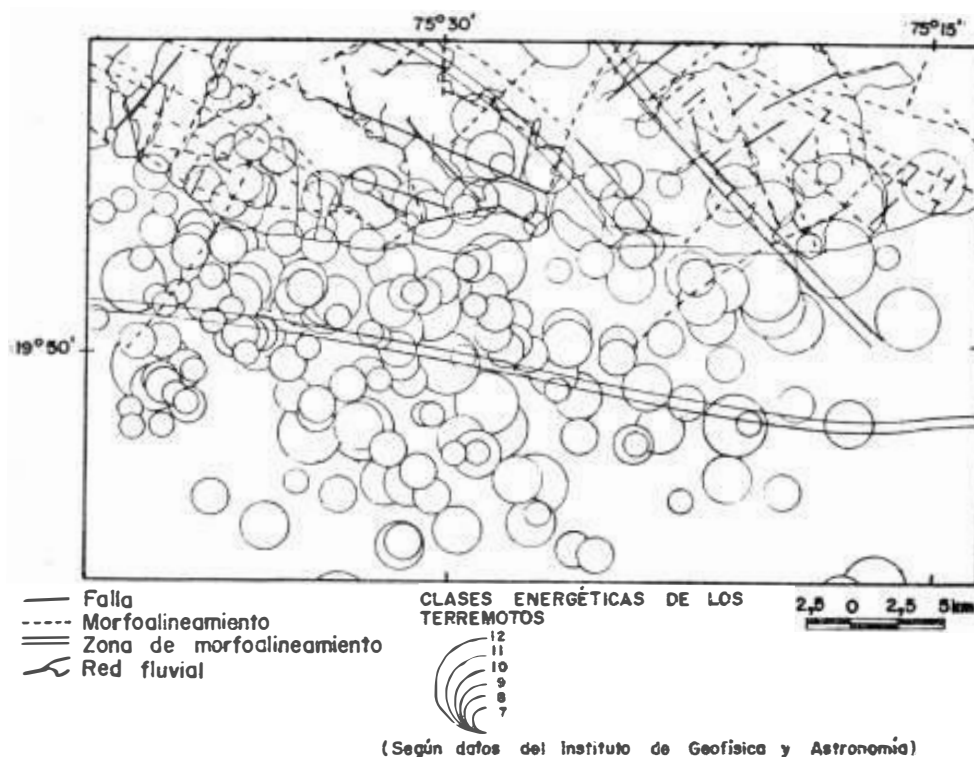


Fig. 5. Correspondencia entre los epicentros de terremotos y los sistemas de morfoalineamientos en la zona de articulación del macizo montañoso de la Gran Piedra y la meseta submarina de Siboney.

En este nudo morfoestructural, donde los epicentros se concentran con una configuración lineal, paralela a la zona principal del morfoalineamiento de los ríos San Juan-El Cristo-Dos Caminos, los terremotos poseen clases energéticas de 7-9 y profundidades inferiores a los 25 km, asociados con fallas superficiales y al proceso de agrietamiento reciente, lo cual se aprecia claramente en la meseta de Boniato, a lo largo de las zonas de morfoalineamientos de articulación entre los pequeños bloques morfoestructurales que aprovechan los valles de los ríos Boniatico, Yarabo, y Domingo, entre otros.

En la zona de articulación del bloque Boniato con el mesobloque de la Sierra Maestra Oriental se localiza otro nudo

morfoestructural sismoactivo (Fig. 4). Es de destacar que, en general, en la meseta de Boniato, las profundidades de los terremotos aumentan hacia el W de 25-35 km, precisamente en esta zona de articulación.

Otro importante nudo morfoestructural sismoactivo se localiza a lo largo del morfoalineamiento del Río Seco-Río Contra maestre, de carácter submeridional, en la zona de intersección con el sistema de fallas de dirección SE-NW, formador del plano disyuntivo más antiguo de la Sierra Maestra (Fig. 6). En esta zona fue construida la presa "Carlos Manuel de Céspedes", lo cual pudiera constituir un caso de sismicidad inducida, ya que con posterioridad a su construcción se aprecia una

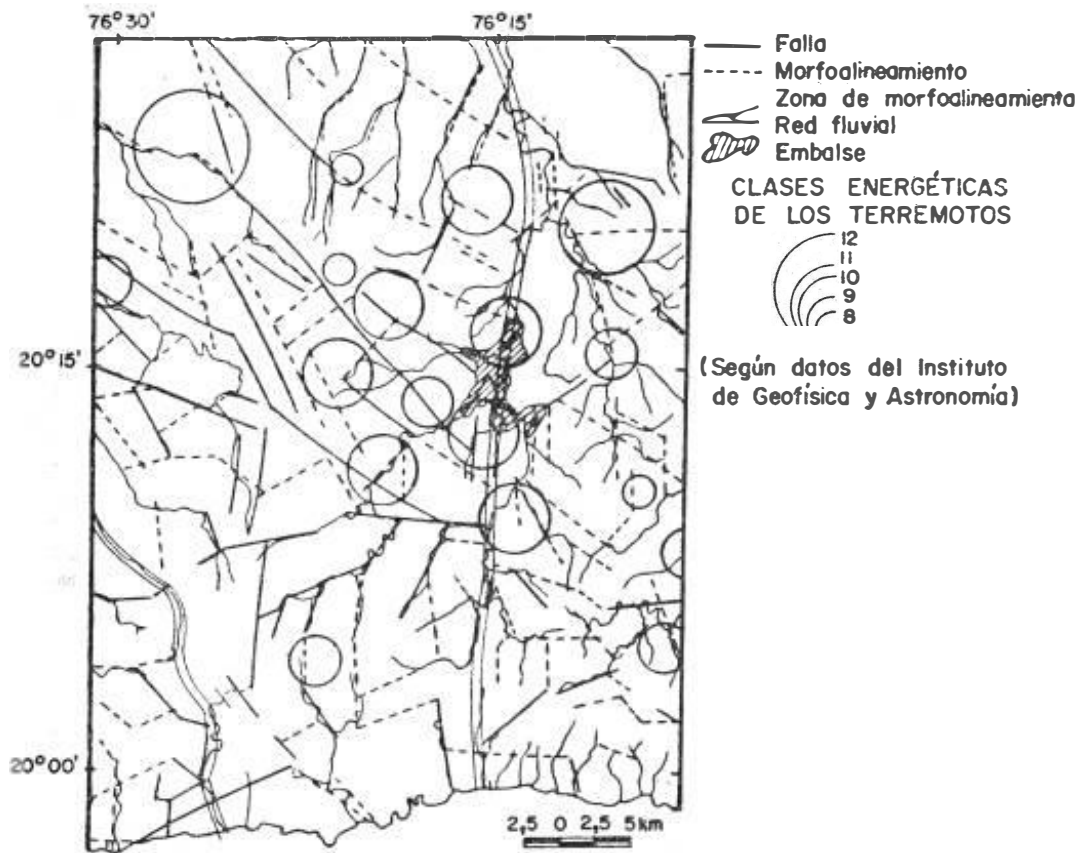


Fig. 6. Correspondencia entre los epicentros de terremotos y los sistemas de morfoalineamientos de la región Jiguaní-Contramaestre en la zona de articulación con el sistema montañoso de la Sierra Maestra Oriental.

concentración de epicentros de terremotos poco profundos.

El morfoalineamiento del Río Contramaestre se destaca por su alta actividad geodinámica secular durante los últimos 20 años, puesto que constituye el límite occidental del bloque anómalo de inversión positiva de la tendencia de los movimientos tectónicos recientes, el cual alcanza una magnitud de 3 mm/año en El Cristo (Lilienberg *et al.*, en prensa; Hernández *et al.*, 1984, 1986).

En estudios realizados recientemente por los autores, se distingue una amplia zona de morfoalineamientos de carácter sublati-

tudinal en la región axial de la depresión graben-sinclinal del Cauto, la cual por datos geofísicos coincide con una de las fallas profundas de Cuba Oriental (Barceló *et al.*, en prensa). Esta zona es atravesada por las grandes suturas transverso-diagonales que limitan los mesobloques de la Sierra Maestra, en cuyas intersecciones se han producido algunos terremotos, a menos de 25 km de profundidad con clase energética 10 (Fig. 7).

El análisis correlativo del plano morfoestructural de Cuba suroriental con la actividad sísmica (1968-1981), muestra pre-

liminariamente que sus regularidades espaciales están asociadas a las zonas más débiles de la corteza terrestre, representadas por las suturas regionales y sus intersecciones —los nudos morfoestructurales.

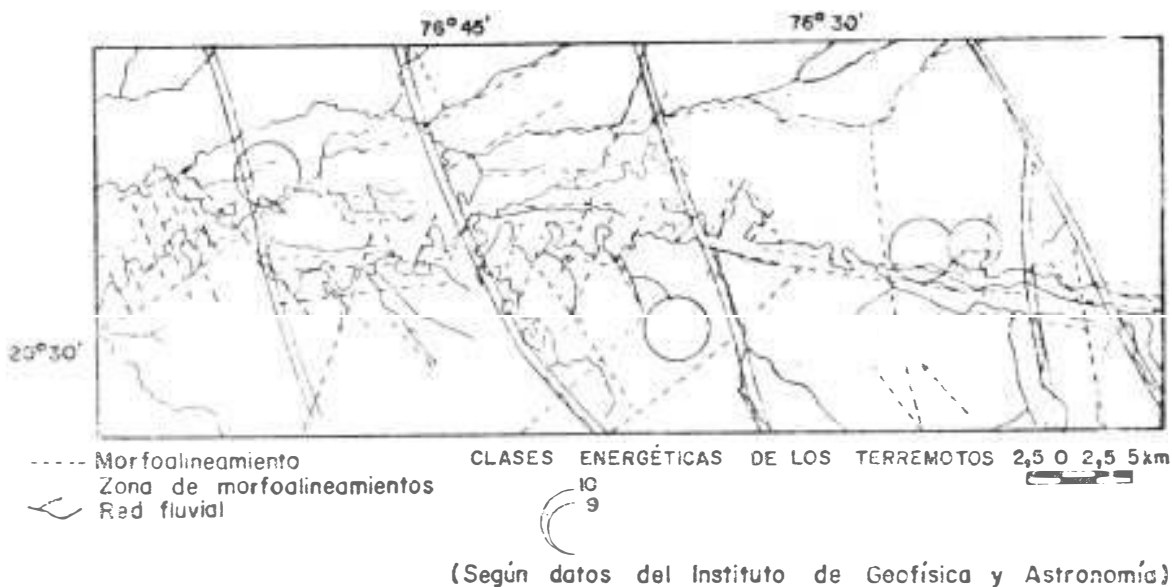


Fig. 7. Correspondencia entre los epicentros de terremotos con los sistemas de morfoalineamientos en la porción central de la depresión graben del Cauto.

CONCLUSIONES

Se corrobora por métodos morfoestructurales el criterio de diferentes autores de que la zona sismogeneradora principal de Cuba Sudoriental es la zona de sutura de transformación con desplazamiento de izquierda de Bartlett.

Las intersecciones de la prolongación de los morfoalineamientos transverso-diagonales de la Sierra Maestra Central y Oriental con la zona de fallas paralelas al sistema de transformación, contribuyen a la sismoactividad de la zona de sutura de Bartlett.

En tierra firme, la zona de articulación entre la meseta monoclinial de Boniato y la depresión graben de Santiago de Cuba es la más sismoactiva, concentrándose los

epicentros de terremotos a lo largo de ésta y en la prolongación del sistema de fallas transregionales de dirección SW-NE. El estilo oscilatorio de los movimientos tectónicos recientes de corto período con tendencia a los valores positivos, de carácter inverso a la morfoestructura, justifica la elevada movilidad y sismoactividad de esta zona de sutura en la cual la actividad neotectónica motivó un fuerte fracturamiento de compensación con la consiguiente reconstrucción del plano morfoestructural.

El morfoalineamiento del Río Contra maestre presenta alta sismoactividad en la zona de articulación con las morfoestructuras premontañosas de dirección SE-NW

de la Sierra Maestra Oriental. La construcción de la presa "Carlos Manuel de Céspedes" puede constituir un caso de sismicidad inducida.

La zona axial de la depresión graben-sinclinal del Cauto, altamente fracturada, pre-

senta manifestaciones sísmicas recientes en los nudos morfoestructurales originados en sus intersecciones con las suturas transverso-digonales transregionales.

REFERENCIAS

- Alvarez, L. [en prensa]: "Movimientos sísmicos". En *Movimientos tectónicos recientes en Cuba*, No. 1. El polígono geodinámico complejo de Santiago de Cuba. Editorial Academia, La Habana.
- Barcaó, G., y J. Tenreiro [en prensa]: "Mapa de espesores de corteza". En *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*, Madrid.
- Guerasimov, I. P. (1973): Interrelación dinámica de los movimientos recientes de la corteza terrestre y los procesos exógenos formadores del relieve desarrollados en su superficie. En *Movimientos recientes de la corteza terrestre* [en ruso], Akademiia Nauk ESSP, Tartu.
- Hernández, J., A. Venereo, D. A. Lilienberg, M. E. Marques, y J. Rueda *et al.* (1984): Correlaciones de los movimientos tectónicos recientes y la sismicidad con la diferenciación morfoestructural y la estructura profunda de Cuba suroriental en la zona de articulación con la fosa profunda de Bartlett. En *XXVII Congreso Internacional de Geología*, Moscú, *Memorias* [en ruso], 4:97-98.
- Hernández, J. R., D. A. Lilienberg, y R. González (1986): Regionalización morfoestructural de la Sierra Maestra y de las depresiones circundantes. *Cien. Tierra y Espacio*, 12, Editorial Academia, La Habana, pp. 36-48.
- Hernández, J. R., R. González, y F. Arteaga [en prensa]: "Diferenciación estructuro-geomorfológica de la zona de sutura de la Microplaca Cubana con la Placa Caribe", Editorial Academia, La Habana.
- Hernández, J. R., T. Chuy, y R. González (1987): Influencia de las características morfoestructurales sobre la atenuación sísmica en Cuba Sudoriental. En *Primer Congreso Internacional sobre Desastres Naturales. Resumen*, Comisión Sismológica, pp. 26-27.
- Kárník, V., y S. T. Algermissen (1980): Zonificación sísmica. En *Terremotos. Evaluación y mitigación de su peligrosidad*, Editorial Blume, Barcelona, pp. 11-49.
- Lilienberg, D. A. (1973): Besonderheiten rezenten erdkrustenbewegungen in der Raum und Zeit auf ausgedehnten territorium. En *Second International Symposium Geodesy and Physics of the Earth* [en alemán]. Potsdam.
- (1977): Movimientos tectónicos recientes y diferenciación morfoestructural de la corteza terrestre. En *Movimientos recientes de la corteza terrestre*, Editorial VINITI, Moscú.
- Lilienberg, D. A., J. R. Hernández, M. E. Marques, J. Rueda, y A. Venereo *et al.* [en prensa]: "Movimientos tectónicos recientes en Cuba, No. 1. El polígono geodinámico complejo de Santiago de Cuba", Editorial Academia, La Habana.
- Ranstman, E. (1979): *Los lugares de terremotos y la morfoestructura de los países montañosos* [en ruso]. Editorial Nauka, 171 pp.

Ciencias de la Tierra y del Espacio, 17, 1990

PRINCIPALS SEISMOACTIVE MORPHOSTRUCTURAL KNOTS OF
SOUTHEASTERN CUBA

José R. HERNÁNDEZ SANTANA,
D. A. LILIENBERG
and Rodolfo GONZÁLEZ ORTIZ

ABSTRACT. *The development of the structure-geomorphological researches from the concepts established by I. P. Guerasimov has been showing the character of the morphostructures integrater geotectonic category, which either the spatial distribution and temporal variations of several geophysical fields, mostly sismicity, are related. A comparative study of seismic instrumental data (1968-1981) as well as the morphostructural analysis results of Southeastern Cuba have allowed to differentiate some of main sublatitudinal seismogenic zones of both types, regional and local, as soon as the seismoactive morphostructural knots, located in the intersection zones of transverse-diagonal morphoalignments with them. The featurig of seismogenic knots is presented in morphotectonical sketches, being evident their sismoactivity depending on the earthquakes intensity and depth as well as the distribution and density of their epicentres.*