



## Sismicidad de Tipo Intermedio en Cuba.\*

MARIO OCTAVIO COTILLA RODRIGUEZ.

*Departamento de Geofísica y Meteorología, Universidad Complutense de Madrid.*

*E-Mail: MARIOCTA@EUCMAX.SIM.UCM.ES*

JOSE LEONARDO ALVAREZ GOMEZ.

*Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba.*

MARIO FRANCISCO RUBIO SAUVALLE.

*Instituto de Geofísica y Astronomía. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba.*

COTILLA R., M.O.; ALVAREZ G., J.L. & RUBIO S., M.F. (1997): Sismicidad de Tipo Intermedio en Cuba.- GEOLOGIA COLOMBIANA, 22, pgs. 35-40, 6 Figs., Santafé de Bogotá.

**Resumen:** En este trabajo se exponen brevemente algunos de los elementos que han permitido identificar un nuevo tipo de sismicidad en la Unidad Sismotectónica Oriental de Cuba, que se ha denominado como intermedia. Espacialmente, este nuevo tipo de sismicidad se produce entre las zonas clasificadas como de interior de placa (Norteamérica) y de entre placas litosféricas (Norteamérica - Caribe).

*Palabras claves:* Sismicidad, Cuba Oriental, Placas tectónicas, Mar Caribe.

**Abstract:** In this work some elements used to identify a new type of seismicity in the Eastern Seismotectonic Unit of Cuba are briefly exposed. We have called this process intermediate seismicity type. Spatially, this new type of seismicity is produced between the ones classified as intraplate (North American) and interplates (North American - Caribbean) types.

*Key words:* Seismicity, Eastern Cuba, Tectonic Plates, Caribbean Sea.

A nivel internacional y en el contexto de la Nueva Tectónica de Placas Litosféricas, los especialistas han identificado dos tipos principales de sismicidad: de interplacas y de interior de placas (ambas muy contrastadas). En el primer tipo hay a su vez dos posibilidades, también muy diferentes, de sismicidad: subductiva y corrimiento. Se ha propuesto (ALVAREZ *et al.* 1985) que la región suroriental de Cuba tiene sismicidad de interplacas, ya que en sus inmediaciones interactúan las placas norteamericana y caribeña, y son en consecuencia mucho más frecuentes y de mayor magnitud los terremotos que en el resto del territorio que tiene sismicidad de interior de placas.

La evaluación neotectónica del territorio cubano (COTILLA *et al.* 1991a) permitió delimitar en el megabloque Cuba (Fig. 1), en ascenso diferencial y localizado en el borde meridional de la placa de Norteamérica, dos Unidades Neotectónicas (UN) independientes: Occidental (la de mayor área y con un marcado estilo neoplatafórmico) y Oriental (la de mayor nivel de actividad) (Fig. 2) y establecer las regularidades y diferencias de la sismicidad en el neoplano. Así fue factible determinar que la UN Oriental está influenciada, en gran

medida, por la estructura disyuntiva de primer orden Bartlett - Caiman (BC); es en esta última donde se localizan los epicentros de terremotos más fuertes. En tal contexto, se propuso (COTILLA *et al.* 1991b) una regionalización sismotectónica, demostrándose la existencia de tres Unidades Sismotectónicas (US): Occidental, Oriental y Suroriental.

En la US Suroriental (zona netamente marina) la ocurrencia de terremotos está dada por el proceso de interacción (corrimiento lateral izquierdo) de las placas del Caribe y Norteamérica. Aquí se localiza la sismicidad de interplacas. Para la US Occidental (coincidente en área con la UN Occidental) las fallas neotectónicas y los nudos correspondientes (de diferente categoría y siempre de mucho menor nivel que la anterior, y sin relación directa con el sistema disyuntivo BC) justifican la liberación de energía sísmica por áreas (sismicidad de interior de placas). Y la US Oriental, la menos reconocida desde el punto de vista de la sismicidad, por lógicas razones de inmediata cercanía a la US Suroriental, con estilo neotectónico diferente a las dos anteriores, y sistemas disyuntivos en relación directa con la estructura sismogeneradora BC, posee una sismicidad que resulta de una combinación de ambos tipos.

\* Reporte de Investigación.



Fig. 1. Esquema de la localización de Cuba en el Caribe

De la US Oriental, son los dos primeros reportes de sismos en Cuba:

Fecha	Intensidad Sísmica (MSK)	Lugar del Reporte	Zona Sismogeneradora Asociada
1528	VI (?)	Baracoa	Norte Cubana (Limite exterior norte del megabloque)
1551	VIII	Bayamo	Cauto - Nipe (Limite de las Unidades Sismotectónicas Occidental y Oriental)

Paradójicamente, con posterioridad los reportes sísmicos sólo se relacionaban, en su inmensa mayoría, con la estructura sismogeneradora de BC, lo cual quedó históricamente recogido como un vacío o la creencia de su asismicidad. Sin embargo, recientes eventos sísmicos perceptibles en Moa, Bayamo, Cerca Blanca, Cruce de Figueredo, etc., demuestran que en esa US Oriental los sismos son más frecuentes que en la US Occidental. Además, como se señala (COTILLA 1993) en los reportes y mapas de sismicidad (a partir de la red de estaciones cubanas para el período 1979 - 1988) existe una apreciable variación en el plano de Cuba Oriental, destacándose que hay una gran densidad de epicentros en el borde suroriental (parte marina), aunque en él se pueden establecer sectores. Específicamente, en el territorio de la UN Oriental los epicentros son un poco menos numerosos, pero concentrados en determinadas áreas, y es factible relacionarlos, en su mayoría y con el mayor grado de precisión, con las fallas de plumaje de Bartlett - Caimán, las intersecciones (nudos) de fallas de diferente orden y génesis, y los limites de las US. La profundidad de todos estos sismos no excede, por lo general, 70 km. y la mayor parte está a menos de 20 km (Fig. 3).

Esto refuta la idea de una disminución (en la dirección S - N) de la intensidad

sísmica como se puede interpretar erróneamente del mapa de intensidades por datos históricos (CHUY *et al.* 1983), sino que esta US Oriental tiene una sismicidad propia, aunque, indiscutiblemente, más atenuada que la Suroriental.

Recientemente se diferenciaron (PROL *et al.* 1993), a partir de un amplio estudio del campo gravimétrico de Cuba, dos zonas: Occidental y Oriental, las cuales se corresponden muy bien con la propuesta de las UN. El campo gravimétrico en la Unidad Oriental es muy positivo y sus anomalías máximas coinciden con los bloques de máximos ascensos neotectónicos. En esa misma línea de razonamiento, dichos autores propusieron la existencia de tres tipos de corteza (en un corte N-S): transicional gruesa, transicional fina y oceánica. Esta última se halla restringida a la zona oriental y las otras dos al territorio de la UN Occidental. Tal propuesta refuerza, evidentemente, la regionalización sismotectónica de Cuba, y en consecuencia la diferenciación del proceso de liberación de la energía.

Las investigaciones isostáticas (CUEVAS 1994) permiten diferenciar un campo positivo muy fuerte en la parte emergida de Cuba Oriental y un campo negativo, también muy fuerte, en la zona de Bartlett - Caimán, lo que se corresponde perfectamente con las dos US más activas anteriormente mencionadas, Suroriental y Oriental. Estas dos partes o regiones isostáticas (CUEVAS 1994) transitan por una zona de muy fuerte gradiente en la banda suroriental, que coincide con la zona de más alto gradiente neotectónico de Cuba (COTILLA *et al.* 1991a), elemento utilizado por COTILLA *et al.* (1991b) para la división de las US Oriental y Suroriental. Además, para la parte emergida de

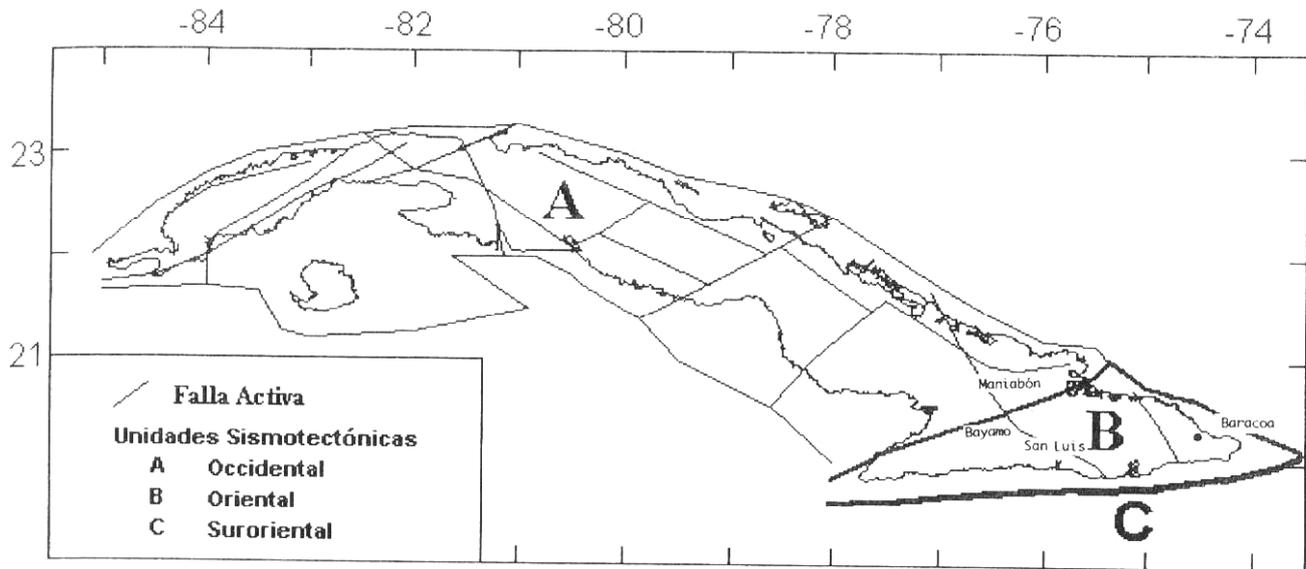


Fig. 2. Esquema de las Unidades Neotectónicas (A y B) y Sismotectónicas (A, B y C) de Cuba.

Cuba Oriental y Cuba Centro - Oriental es factible apreciar amplias anomalías isostáticas, pero con un nivel muy superior en la primera, lo cual parece satisfacer la propuesta de la división del territorio desde el punto de vista neotectónico y una correspondiente y directa diferenciación en la sismicidad.

En atención a las propuestas de QUINTAS & BLANCO (1993) acerca de la evolución geológica de la cuenca San Luis para el Eoceno Medio y Superior, es factible considerar que:

- Predominó el proceso de regresión marina en la región oriental de Cuba, relacionado con el proceso obductivo y la

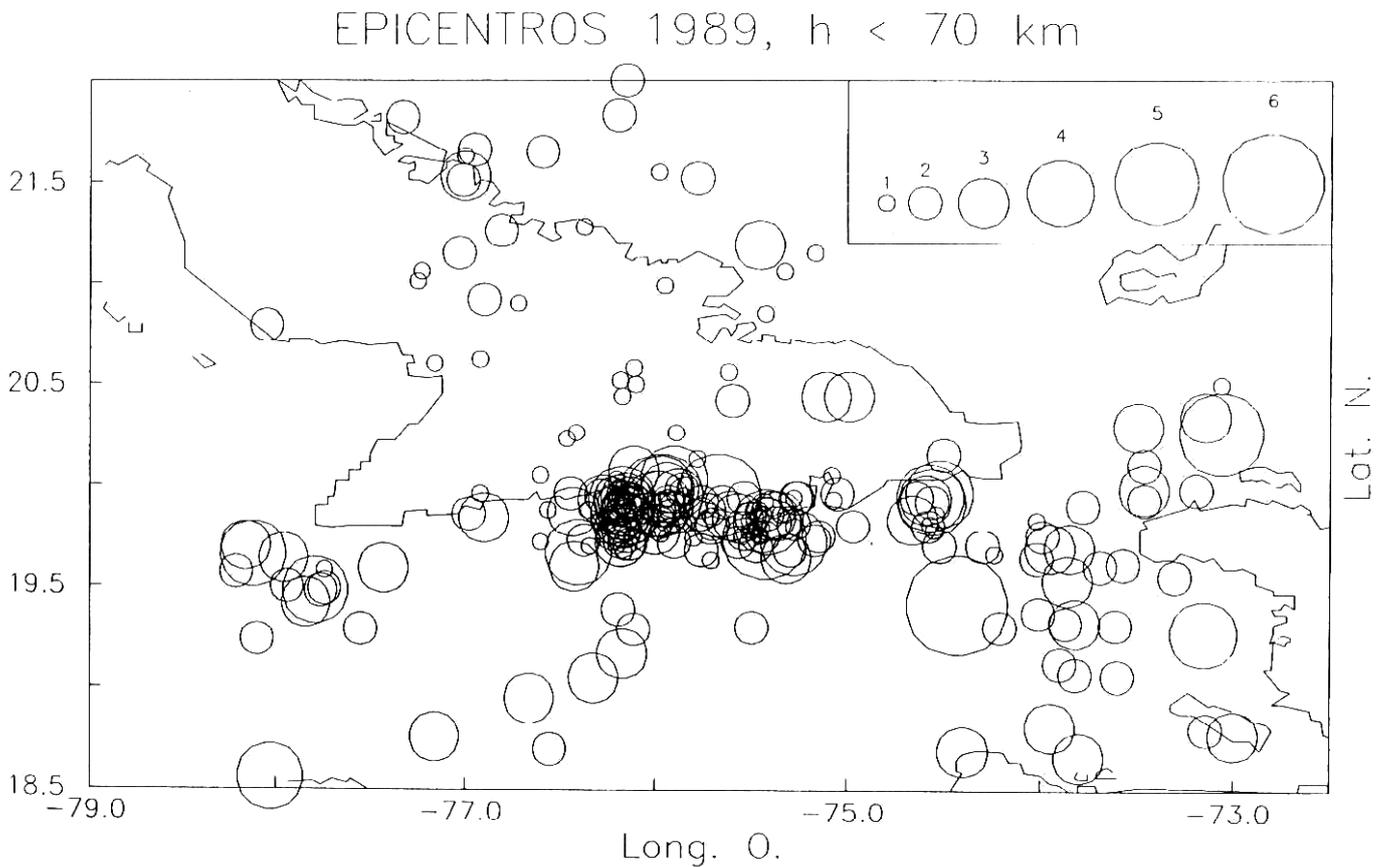


Fig. 3. Sismicidad de Cuba Oriental (h < 70 km)

## Esquema Modificado de las Morfoestructuras.

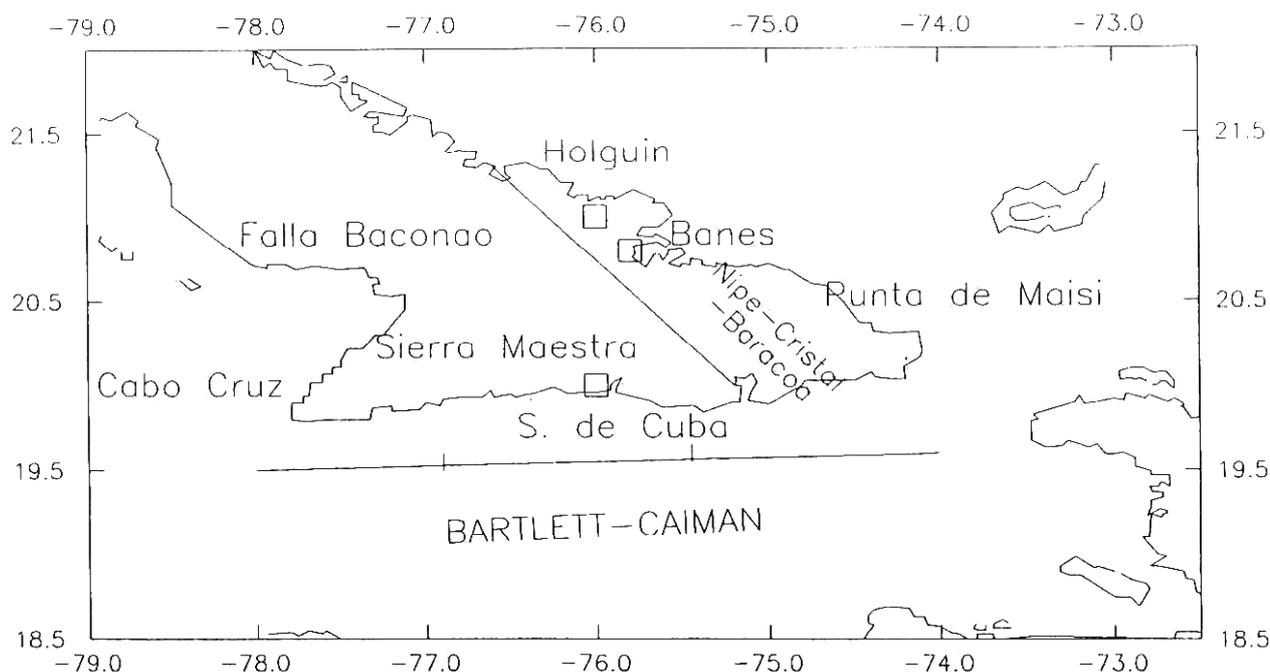


Fig. 4. Esquema de los sistemas montañosos de Cuba Oriental.

consiguiente transpresión desde la falla y la fosa de Bartlett - Caimán, para levantar de forma brusca e intensa a la Sierra Maestra (Fig. 4);

- Desde Cauto - Nipe hacia el este se identifican seis terrenos tectónicos (emergidos) limitados de conjunto por los sistemas de fallas transcurrentes y transformación, Cauto - Nipe y Nortecubana y Bartlett - Caimán, respectivamente;

- La región al este de la zona Cauto - Nipe (Unidad Neotectónica Oriental) se conformó estructuralmente en el Oligoceno - Mioceno al alcanzar la falla Bartlett - Caimán su extensión más oriental.

El concepto de Zona Límite de Placas Litosféricas fue aplicado para el Caribe por MANN & BURKE (1984) y en ella se incluyó una banda de ancho diferente al borde suroriental de Cuba. También el análisis de la sismicidad condujo al planteamiento de la existencia de una amplia zona límite de placas con sismicidad difusa que engloba una porción de la región oriental de Cuba (RUBIO 1985). En ese mismo trabajo se delimitó la presencia de una posible microplaca (Gonaive), más tarde confirmada (ROSENCRANTZ & MANN 1991). Sin embargo, los límites de esa zona se trazaron de manera formal, sin atender a consideraciones de geología o tectónica. Todo esto da idea de la real complejidad de la región noroccidental del Caribe, tal como había sido prevista por BURKE *et al.* (1980).

Investigaciones de Cinemática Neotectónica realizadas

en la UN Oriental (COTILLA & FRANZKE inédito) con la sustentación anterior (BURKE *et al.* 1980) muestran la existencia de un patrón de neofallamiento similar, pero no idéntico, en los dos macrobloques montañosos que la constituyen [Nipe - Cristal - Baracoa (**N-C-B**) y Sierra Maestra (**SM**)] (Fig. 4), aunque para el caso del borde sur de la SM, en el patrón se encuentra una amplia variedad de fallas secundarias de los tipos Riedel y "Shear" con sus conjugadas, estructuras del tipo de cuencas de tracción ("pull - apart basins") y crestas de presión ("pressure ridges"), así como la evidencia de que todas esas fallas están relacionadas, estrechamente, con la de B-C, cuestión ésta que no sucede con la UN Occidental. Se propuso entonces (COTILLA 1993) extender a los límites de la UN Oriental, la Zona Límite de Placas Litosféricas del Norte del Caribe, al apreciar, además de las características ya mencionadas, una sismicidad difusa con un nivel energético diferente al de la parte suroriental (Fig. 5).

De otra parte, se ha planteado que la región oriental de Cuba puede ser subdividida atendiendo a la intensidad de los movimientos recientes verticales (**MRV**). Esto es, la región de Nipe - Cristal - Baracoa se dice posee las mayores amplitudes de los MRV, luego le continúa la Sierra Maestra; y que desde Maniabón (extremo nororiental de la UN Occidental, Holguín) hacia la SM existe una alternancia de signos y valores (Comunicación Personal del Dr. J.R. Hernández) (Fig. 6). Este planteamiento puede confirmar la interpretación del campo gravimétrico de Cuba oriental

### Zona Limite de Placas Litosféricas.

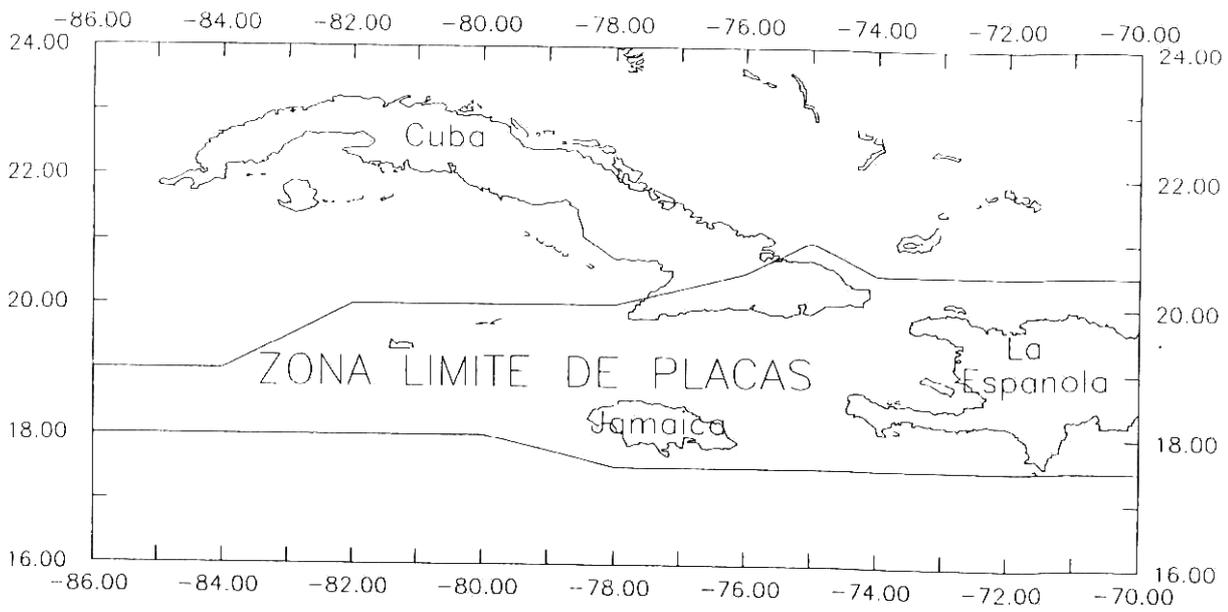


Fig. 5. Esquema de la zona límite de placas litosféricas.

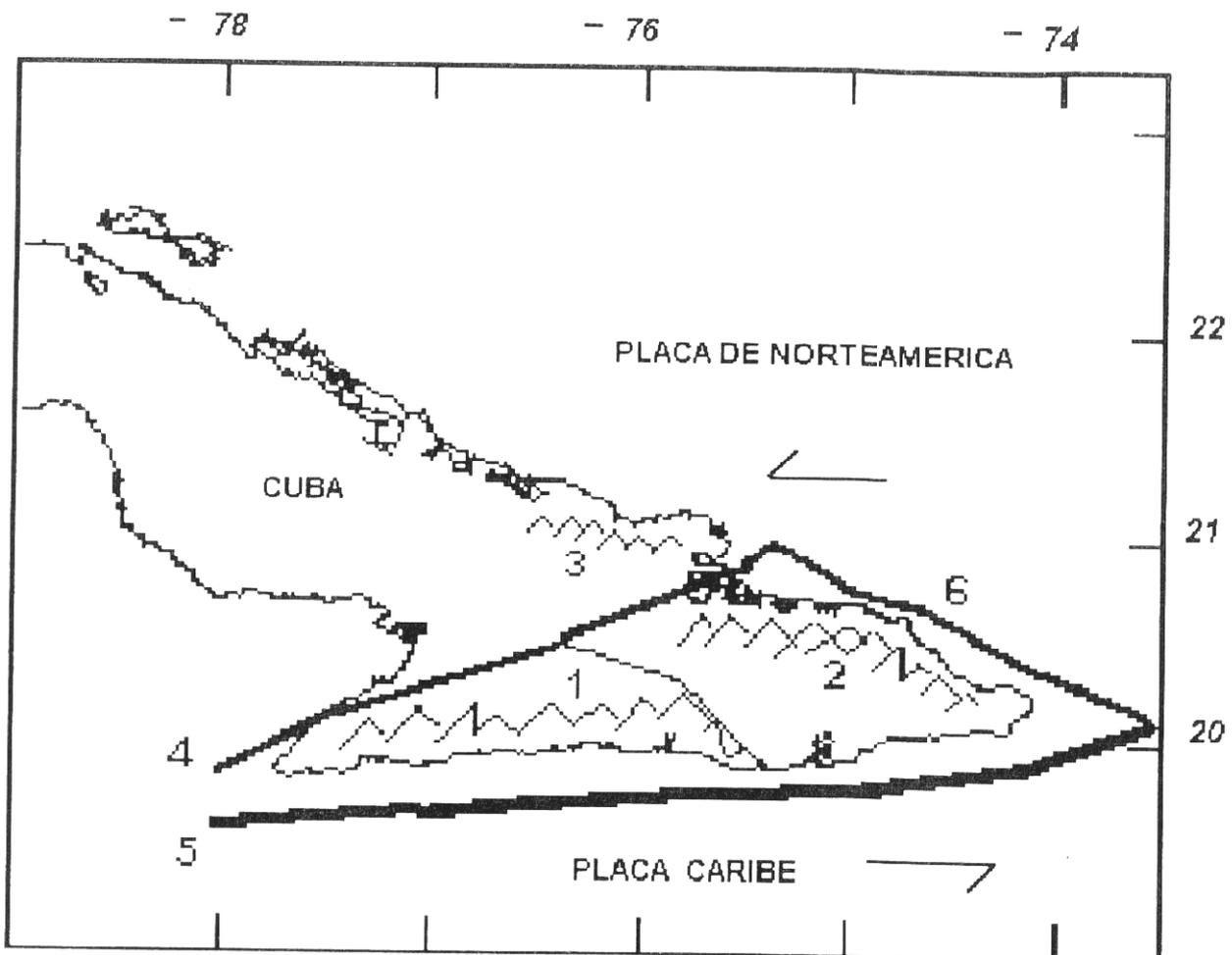


Fig. 6. Representación de los sistemas montañosos (1. Sierra Maestra; 2. Nipe - Cristal - Baracoa y 3. Maniabón) y fallas principales (4. Cauto - Nipe; 5. Bartlett - Caimán y 6. Nortecubana) de Cuba Oriental.

(CUEVAS 1994) en cuanto al contraste entre el macrobloque N-C-B, que posee los máximos valores positivos de las anomalías de Bouguer (para la parte emergida), con el macrobloque SM que no tiene ninguno, y como en el campo isostático sí se conforman máximos (de igual valor) en ambos macrobloques, es lógico proponer, entonces, que el desequilibrio es cierto en la US Oriental, y tiene un carácter diferente por lo que en consecuencia su sismicidad debe ser diferente, aunque de un tipo intermedio entre la de interplacas y la de interior de placas.

Esta particular e interesante situación geodinámica de parte del arco de islas del Caribe, y específicamente de la US Oriental de Cuba, de estar localizada en la parte meridional de una placa litosférica (Norteamérica) y adyacente a una fosa (Oriente), donde predomina el tipo de solución de mecanismo focal de desplazamiento lateral izquierdo y en donde los movimientos neotectónicos verticales alcanzan en dicha US el orden de 2 km, no ha sido detectada, hasta la fecha, en ninguna otra región de arco de islas.

## CONCLUSION

Como resulta factible establecer diferencias a partir de los resultados geológicos, neotectónicos, sismotectónicos, geofísicos y de sismicidad, para Cuba y sus áreas inmediatas aledañas y considerando que la literatura reconoce sólo dos tipos de sismicidad, los autores proponen un nuevo nivel dentro de esa clasificación y que denominan, intermedia. En ese concepto, la sismicidad muestra características específicas, que no se ajustan, como se expuso en párrafos anteriores, a ninguno de los dos tipos reconocidos, aunque también posee matices de ambos y no es una simple disminución de la sismicidad.

## REFERENCIAS

ALVAREZ, L.; RUBIO, M.; CHUY, T. & COTILLA, M. (1985): Informe final del tema de investigación 31001: "Estudio de la sismicidad de la región del Caribe y estimación preliminar de la peligrosidad sísmica en Cuba".- Archivo del Dpto. de Sismología, Instituto de Geofísica y Astronomía, ACC. 567 p.

BURKE, K.; GRIPPI, J. & CELAL SENGOR, A.M. (1980): Neogene structures in Jamaica and the tectonic style of the northern Caribbean-plate boundary zone.- *The Jour. of Geol.*, Vol. 88, No. 4, pp. 375-386.

CHUY, T.; GONZALEZ, B. & ALVAREZ, L. (1983): Sobre la peligrosidad sísmica en Cuba.- *Inv. Sism. en Cuba*, No. 4, pp. 37-52.

COTILLA, M.; GONZALEZ, E.; FRANZKE, H.J.; COMESAÑAS, J.; ORO, J.; ARTEAGA, F. & ALVAREZ, L. (1991a): Mapa neotectónico de Cuba, escala 1:1,000,000.- *En: Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía*, No. 22, 37 p. Instituto de Geofísica y Astronomía, ACC.

COTILLA, M.; BANKWITZ, P.; FRANZKE, H.J.; ALVAREZ, L.; GONZALEZ, E.; DIAZ, J.; GRÜNTAL, G.; PILARSKI, J. & ARTEAGA, F. (1991b): Mapa sismotectónico de Cuba, escala 1:1,000,000.- *En: Comunicaciones Científicas Sobre Geofísica y Astronomía*, No. 23, 35 p. Instituto de Geofísica y Astronomía, ACC.

COTILLA, M. (1993): Caracterización sismotectónica de Cuba. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Geográficas.- Instituto de Geofísica y Astronomía, ACC.

COTILLA, M. & FRANZKE, H.J. (inedito): Cuba's cinematic of neotectonic features.

COTILLA, M.; MILLAN, G.; ALVAREZ, L.; GONZALEZ, D.; PACHECO, M.; DIAZ, L. & ARTEAGA, F. (inedito): Elementos del esquema tectogénico de Cuba, escala 1:500,000.

CUEVAS, J.; ALVAREZ, R. *et al.* (1992): Esquema tectónico - estructural de Cuba Central según interpretación gravimétrica y otros datos geofísicos.- Informe Científico - Técnico del Instituto de Geofísica y Astronomía, de la ACC.

CUEVAS, J. (1994): Caracterización de anomalías de la gravedad en Cuba Centro Oriental y su utilización en estudios de tectónica y sismicidad. Tesis en opción a grado de Doctor en Ciencias Geofísicas.- Instituto de Geofísica y Astronomía, de la ACC.

MANN, P. & BURKE, K. (1984): Neotectonics of the Caribbean.- *Review of Geophysics and Space Physics*. Vol. 22, No. 4, pp. 309 - 392. November.

PROL, J.L.; 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 Emp. Nacional de Geofísica, MINBAS.

QUINTAS, F. & BLANCO, J. (1993): Paleogeografía de la cuenca San Luis y su importancia para la interpretación de la evolución geológica de Cuba Oriental.- *Revista Minería y Geología*, Vol. X, No. 3, pp. 3 - 14.

ROSENCRANTZ, E. & MANN, P. (1991): Sea MARC II mapping off transform faults in the Cayman Trough, Caribbean Sea.- *Geology*, v.19, pp. 690 - 693, July.

RUBIO, M. (1985): The assesment of seismic hazard for the Republic of Cuba. Tesis en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Físico - Matemáticas.- A.C. de la Republica de Checoslovaquia.

*Manuscrito recibido, Abril de 1997.*