

REVISTA



GEOFISICA



Principios del Mapa Sismotectónico de Cuba

Mario O. Cotilla*
Leonardo Alvarez*

Abstract

Principles in which was based the preparation of a seismotectonic map of Cuba, scale 1:1'000,000 are discussed. This map is sustained on plate tectonics conception and its influence, in conjunction with the regional disjunctive element Bartlett-Cayman in cuban relief development as well as in the assumption of non homogeneity of seismogenic zones, aspects that substantially differentiates it from maps prepared by others specialists for different regions of Cuba.

Resumen

Se discuten los principios en que se basó la preparación del mapa sismotectónico de Cuba, escala 1:1'000,000, de acuerdo al nivel de las informaciones accesibles en el país. Este mapa se sustenta en la concepción de la tectónica de placas y la influencia de ellas y del elemento disyuntivo regional Bartlett-Caimán en el desarrollo del relieve cubano, así como en la consideración de la no homogeneidad de las zonas sismogeneradoras, cuestiones ellas que lo diferencian sustancialmente de los mapas preparados para regiones de Cuba por otros especialistas.

Introducción

El mapa sismotectónico es una clase de mapa sismológico, que generaliza las unidades sismogeneradoras de una región dada. En este tipo de material se expresa la relación entre la tectónica, especialmente la neotectónica, y la sismicidad. Atendiendo a su contenido, el mapa sismotectónico no es un mapa de peligrosidad sísmica o de riesgo sísmico, sino que puede ser utilizado para obtener estos últimos. De tal forma, se re-

INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFIA E HISTORIA

NUMERO 35

JULIO-DICIEMBRE 1991

* Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.

presenta en este tipo de mapa toda la información necesaria que permita a los sismólogos y planificadores realizar estimados confiables de peligrosidad sísmica. Esta información se cartografía con un tipo de leyenda simple y detallada que resulte comprensible incluso a personas no familiarizadas directamente con la temática. Este mapa debe estar acompañado de un conjunto de recuadros que faciliten el proceso de interpretación y la toma de decisiones para la clasificación de las diferentes zonas sismogeneradoras.

Es conocido que los mapas sismotectónicos deben representar, en forma gráfica, las principales estructuras sismogeneradoras que existen en la región de estudio y las magnitudes máximas posibles que en ellas se pueden producir.

Las investigaciones sismotectónicas de una región requieren de la evaluación conjunta de las informaciones sismológicas, geológicas, geomorfológicas y geofísicas. Sin embargo, en general, esto se cumple solo parcialmente, e incluso no todas las informaciones empleadas, entre otras limitaciones, tienen un mismo nivel de confiabilidad, lo que trae como consecuencia que los especialistas tomen decisiones sin poseer todos los elementos necesarios.

En los últimos años, en la literatura internacional se ha visto el empleo de diferentes técnicas sismotectónicas, desde las tradicionales hasta las automatizadas. Esto ha significado la confección de variados mapas sismotectónicos, pero que, sin excepción, poseen limitaciones en mayor o menor medida.

La principal razón que contribuye a obtener pobres resultados sismotectónicos es lo costoso de las investigaciones, lo que obliga a emplear y adaptar resultados de investigaciones geológicas (para búsqueda de minerales principalmente), que pueden ser muy detalladas en áreas, pero escasas o nulas en zonas menores, y que al ser generalizadas es indudable que disminuyen su confiabilidad, lo cual sucede también con las investigaciones geofísicas. Esto es más grave sobre todo en aquellos países donde no existe un servicio geológico nacional.

La contribución de la información sismológica hay que verla desde la recopilación y procesamiento de datos de sismos históricos, hasta la instalación y explotación de redes de estaciones, cuestiones éstas que casi nunca, por no ser absolutas, se logra realizar con el rigor requerido.

Entre otras concepciones sismotectónicas diferentes a la aplicada por los autores, están las descritas en Almela y Puyal (1969); Bureau de Recherches Géologiques et Minières (1981); Krestnikov (1986); Pavoni (1985) y Udias, *et al.* (1985) que con sus matices particulares coinciden en incluir datos de neotectónica, actividad de las fallas en el tiempo geológico, mecanismo focal de los terremotos y relación de terremotos con el fallamiento. Con la metodología de Krestnikov (1986), se han realizado en Cuba algunos estudios (Belousov *et al.* 1983 y Obrera *et al.* 1986). A diferencia de estos, nuestro trabajo se basa en gran medida en los criterios de confección de mapas sismotectónicos de Grunthal *et al.* (1985a, b) que consideran oportuno el uso combinado de métodos con un peso decisivo en las informaciones de teledetección,

neotectónica y sismicidad, y situado en un segundo o tercer plano la utilización de otro tipo de información.

Es decir, el plan de investigaciones sismotectónicas requiere de la integración de investigaciones colaterales y armónicamente entrelazadas. En este trabajo no nos detendremos en el uso de las informaciones, sino en la concepción de confección del mapa sismotectónico, de acuerdo, por supuesto, a nuestros criterios de la representación de los elementos más informativos.

Criterios básicos y materiales principales

Para la confección de un mapa sismotectónico, consideramos que es necesario en primer lugar esclarecer desde el punto de vista geológico la región de estudio, y luego analizar la relación tectónica que tiene con las regiones vecinas, y todas en conjunto con el mosaico de placas litosféricas.

La sismicidad de una zona está determinada por la de la región, y la de ésta, por la de mayor orden jerárquico y así sucesivamente hasta el global. Los autores consideran que la estimación de los potenciales sísmicos, que particularizan zonas dentro de una región sismogeneradora, y tienen características específicas en cuanto a los eventos reportados o registrados y a los lugares y magnitudes máximas de los futuros sismos, es de vital importancia para la solución del problema planteado.

En el caso de Cuba, se considera (Cotilla *et al.* [en prensa], y Cotilla y Franzke, 1990) que es una provincia sismotectónica que pertenece a la placa litosférica de América del Norte, la que a su vez interacciona con el sistema de placas del Caribe, América del Sur, Cocos y Nazca. En este marco, Cuba ha experimentado una evolución geodinámica muy compleja en el arco de islas del Caribe, lo cual se refleja en el heterogéneo prisma rocoso que la compone. Es decir, aparecen formaciones de los fondos oceánicos, los márgenes continentales (América del Norte y del Sur) y los arcos volcánicos. En cuanto al potencial sísmico, se evaluó que terremotos de magnitudes mayores o iguales a 8.0 sólo se localizan para esta parte del Caribe en el Norte de La Española (Cotilla *et al.* en prensa; y Cotilla *et al.* 1989), en la cual está presente un mecanismo focal de subducción más complicado que el de corrimiento por el rumbo predominante para el Sur de Cuba (Alvarez *et al.* 1985). En el primer tipo de contacto entre placas, el espesor de la capa sismoactiva es mucho mayor y permite consecuentemente mayor acumulación de energía.

Por otra parte, se tienen reportes de terremotos de magnitudes de 7.5 y 7.2 en la región suroriental, precisamente en la zona más activa de Cuba; y terremotos con magnitudes de 6.2 (Gibara), 5.9 (San Cristóbal), 5.6 (Caibarién), 4.7 (Torriente-Jaguey Grande) y 3.7 (Esmeralda) en la zona de más baja actividad del territorio (Alvarez *et al.* 1985), que pertenecen a la Unidad Neotectónica Occidental de desarrollo Platafórmico (Cotilla *et al.* en prensa y Cotilla y Franzke, 1990). Partiendo de la hipótesis de que el límite superior para la magnitud siempre será del mismo orden o

ligeramente mayor que el máximo reportado o registrado en la región, y tomando en consideración la evolución neotectónica, se pueden estimar las magnitudes máximas correspondientes a cada zona en particular.

El aspecto fundamental en un mapa sismotectónico a nuestro juicio, debe ser la delimitación de las zonas sismogeneradoras con la estimación de las magnitudes máximas posibles en ellas. Una zona sismogeneradora es la que posee características de tipos geológico, geomorfológico y geofísico no regulares que justifican y hacen relacionarlas con la ocurrencia de terremotos en sus inmediaciones. Es práctica común relacionar con estas zonas a los sistemas de fallas y flexuras de grandes dimensiones y que por supuesto contienen otros elementos de menores órdenes, y a su vez todos ellos guardan relación con el sistema global cortándose, desplazándose, etc. y donde se ha comprobado la existencia de los movimientos presísmicos y cosísmicos con el desplazamiento de tipo rígido.

Hay una realidad que también se tuvo en cuenta al momento de asignar las M_{max} a las zonas sismogeneradoras cubanas, y es que la ocurrencia de terremotos en el pasado con $M > 7.0$ en regiones vecinas, nos ha afectado en distinta medida (Alvarez *et al.* 1985), y que en el futuro también nos afectarán e, incluso, pudieran servir de "activadoras" a nuestras fallas, así como pueden haber influido negativamente en las evaluaciones macrosísmicas históricas al asignar eventos ocurridos en otros lugares como ocurridos en zonas específicas de Cuba.

Con referencia a la magnitud máxima posible, es práctica común realizar cálculos numéricos por relaciones matemáticas que incluyen la longitud y profundidad de la falla. Sin embargo, el aplicar mecánicamente relaciones de este tipo, hacen dudar a los autores de la confiabilidad de los resultados. Por otra parte, además de la gran diversidad de relaciones matemáticas, que manifiestan en algunos casos carácter regional, está el hecho de que ellas relacionan dimensiones del foco con magnitud, y no con la longitud y profundidad de la falla sismogeneradora. En este caso, para estimar la M_{max} de una falla en base a sus dimensiones, es necesario formular una hipótesis acerca de que parte de ésta puede formar el futuro foco y sobre esto no existe acuerdo entre los sismólogos. Incluso las mas recientes recomendaciones de la Organización Internacional de Energía Atómica (1981) dejan esta cuestión sin definir. En el caso del trabajo de Belousov (1983), se emplearon las dimensiones totales de las fallas para estimar las M_{max} , lo que a nuestro juicio condujo a una sobreestimación de éstas en algunos casos.

Es nuestro criterio que el proceso de determinación de M_{max} es mucho mas complejo, y no debe, en ningún caso, limitarse a un método en específico. Por ello, en el presente trabajo, se tomaron en consideración los potenciales sísmicos, los eventos sísmicos asociados a cada zona de fallas con la magnitud máxima reportada o registrada, la evolución geológica y neotectónica de la región y de las fallas, las dimensiones de la zona de fallas, los bloques asociados y la comparación con las fallas de otras regiones.

Especial significación fue concedida a la evolución neotectónica de Cuba, la cual consideramos está influenciada por la interacción de las placas y el elemento disyuntivo regional Bartlett-Caimán. Como fuera planteado en Cotilla y Franzke, (1990) las direcciones NE de las principales fallas, flexuras y de algunas cuencas, con asociaciones epicentrales (cuyos prismas sedimentarios no guardan relación a partir de cierta época con las zonas elevadas vecinas y manifiestan cierta rotación) hacen pensar en la existencia de "cuencas de distensión" (*Pull-Apart Basin*).

De acuerdo a los resultados de diferentes investigaciones en Cuba, se ha podido comprobar que en la etapa neotectónica, la corteza está fracturada en bloques, y en base a esto, asumimos que los terremotos se originarán precisamente en sus intersecciones o límites. Por supuesto, de acuerdo a la tectónica de la región, a la actividad neotectónica y al tipo, y profundidad de la falla entre otros aspectos, así será su nivel sismotectónico. Según Cotilla y Franzke (1990) y Cotilla, *et al.* (1989) las dos Unidades Neotectónicas que componen al megabloque cubano tienen características diferentes, siendo la mas activa la Oriental. Esta última posee un conjunto de epicentros de terremotos de baja energía distribuidos en forma "difusa", que permite considerar que el límite entre las placas en esa misma región no es una simple línea, sino mas bien una banda amplia, donde los mayores niveles de energía se liberan en las fronteras de los bloques de mayor rango, y de acuerdo a la información instrumental de la red de estaciones sismológicas de la región oriental de Cuba, la inmensa mayoría de los terremotos débiles se encuentran a menos de 30 km de profundidad y es en los contrastes de las unidades neotectónicas donde se aprecian las agrupaciones de epicentros fundamentalmente.

La falta de buenas determinaciones instrumentales para un periodo largo, y las dudas en cuanto a algunas determinaciones macrosísmicas (isosistas con poca cantidad de puntos y posibles evaluaciones sobreestimadas o subestimadas) hablan de la no homogeneidad de la información sismológica para todo el territorio nacional. De esto resulta que en el mapa sismotectónico de Cuba, se debe considerar que dado el nivel de confiabilidad de la información sismológica, ésta tiene que ser representada para todo el país a escala 1:1'000,000, aunque para algunas zonas pudiera ser de mayor escala. Por tanto, la información neotectónica fue reflejada a una escala igual para evitar equívocos, y ésta incluye las zonas de fallas y flexuras activas, y bloques en ascenso y descenso. Como información sismológica se incluyeron las isosistas mas importantes del territorio con intensidad de 5 a 8 grados, escala MSK - 78, (y algunas isosistas de intensidades menores cuando faltan las anteriores), a manera de resaltar la importancia de la zona.

Para confeccionar este mapa se realizaron varios trabajos preliminares, como son el mapa neotectónico ya mencionado, un análisis geomorfológico-estructural de la zona marítima al Sur de Cuba Oriental (frontera de las placas Caribe y Norteamérica) con la posterior generalización del mapa neotectónico para abarcar dicha zona (Cotilla *et al.* 1989), y la confección de un mapa de alineamientos tectónicos y sus nudos a

escala 1:1'000,000 (Cotilla *et al.*, inédito), en que se adaptaron a nuestras condiciones los criterios de Spiridonov y Grigorova (1980). Se utilizó además una amplia información geologo-tectónica, en la que se destacan un levantamiento geológico a escala 1:250,000, un mapa tectónico a escala 1:500,000, así como información geofísica regional.

Para la clasificación de las zonas de fallas sismogeneradoras, se atendió a su evolución en el tiempo geológico y a la actividad sísmica asociada. Es decir, considerar la Unidad Neotectónica, los bloques neotectónicos, el gradiente neotectónico, la existencia de nudos de alineamientos, los mapas de epicentros y la información macrosísmica. Esta última consta, además de los mapas de isosistas, de intensidades reportadas en puntos aislados para otros eventos. Una generalización de toda esta información, en el caso de Cuba, se encuentra en el mapa de intensidades por datos históricos (Chuy *et al.* 1983).

Con referencia a la información geodésica (datos de los movimientos tectónicos verticales actuales), es de utilidad su inclusión, aunque posea una limitada importancia en estos trabajos, debido a que sólo manifiesta la tendencia de los últimos miles de años. Sin embargo, en el caso de Cuba, no es posible considerarla en el análisis porque no está disponible, ya que como fuera discutido en Cotilla *et al.* (en prensa) y Cotilla y Franzke (1990), la red geodésica nacional fue creada con otros fines y por tanto, sus resultados hasta el presente, tienen limitaciones para emplearlos con fines sismotectónicos. Debido a ello, consideramos que la ausencia de estos datos no afecta la calidad del resultado final.

Los análisis neotectónicos y de la distribución espacial, y por magnitudes de los terremotos así como de los mecanismos focales existentes, reflejan que las zonas sismogeneradoras delimitadas no son homogéneas en toda su extensión, por lo que consideramos que se cumplen combinadamente los modelos de barreras y asperezas, lo cual impide considerar que dichas zonas en toda su dimensión entren en actividad al mismo tiempo. No obstante, esto es una hipótesis de trabajo que debe ser verificada en investigaciones futuras.

Contenido del Mapa Sismotectónico

Tomando en consideración todo lo anteriormente mencionado, fueron establecidas 5 categorías de zonas sismogeneradoras, cuyas características fundamentales son:

1ra categoría (A- $M_{max} \leq 8.0$; B- $M_{max} \leq 7.6$)

- Gran densidad de epicentros (históricos e instrumentales)
- Límite de placas litosféricas
- Gradiente neotectónico muy fuerte
- Amplitud de movimientos neotectónicos del orden de 10 km

- Potenciales sísmicos de $M_s > 7.0$
- Zonas de fallas transcorticales activas de longitudes $> 1,000$ km
- Reporte de dos terremotos de IX grados de intensidad máxima reportada (MSK) con magnitudes máximas estimadas por datos macrosísmicos de 7.5 y 7.2
- Incluye zonas de rupturas nuevas transversales con longitudes > 100 km y anchos de 15 - 30 km
- Ancho de la zona de fallas de 100 km
- Potencia de la zona de fallas de 50 km

2da categoría (A- $6.5 \leq M_{max} < 7.0$; B- $6.0 \leq M_{max} < 6.5$)

- Límites de megabloque-macrobloque y macrobloques
- Gradiente neotectónico fuerte
- Zona de fallas activa o zona de alineamientos
- Zonas de intensidad sísmica de 6, 7, 8 grados (MSK) en mapa de intensidades sísmicas por datos históricos
- Nudos de alineamientos de 2da categoría en la Unidad Neotectónica Oriental
- Nudos de alineamientos de 1ra y 2da categorías en la Unidad Neotectónica Occidental
- Longitud de la zona de fallas $< 1,000$ km
- Amplitud de los movimientos neotectónicos del orden de 2 km
- Potencialidad de la zona de fallas de 15 - 20 km
- Gradiente de la velocidad de los movimientos en el neógeno-cuaternario $> 1.10^{-8}$ año $^{-1}$
- Ancho de la zona de fallas de 10 - 20 km
- Gran número de epicentros macrosísmicos y algunos instrumentales

3ra categoría (A- $5.5 \leq M_{max} < 6.0$; B- $5.0 \leq M_{max} < 5.5$)

Unidad Neotectónica Occidental

- Gradiente neotectónico moderadamente fuerte
- Límite de megabloque, macrobloque, mesobloque y excepcionalmente bloque
- Zonas de fallas activas o zona de alineamientos
- Nudos de alineamientos de 1ra y 2da categorías, excepcionalmente de 3ra
- Zonas de intensidad sísmica de 5-6 grados (MSK) en mapa de intensidades sísmicas por datos históricos
- Longitud < 500 km
- Amplitud de los movimientos neotectónicos del orden de 500 m
- Epicentros macrosísmicos asociados

4ta categoría (A- $M_{\max} \leq 5.0$; B- $M_{\max} < 5.0$)

Unidad Neotectónica Occidental

- Límite de macrobloque y bloque
- Zona de fallas potencialmente activa
- Zona de alineamientos
- Zona de intensidades sísmicas de 5 y 6 grados (MSK), excepcionalmente de 4 grados
- Nudos de alineamientos de 2da. categoría
- Epicentros asociados

5ta. categoría ($M_{\max} = ?$)

- Las restantes zonas de fallas a las que no se pudo asociar evento sísmico alguno, corresponden a lo que comúnmente se llama el "fondo de sismicidad".

La decisión sobre la $M_{\max}$ de las zonas sismogeneradoras fue casuística después de sopesar cada uno de los factores mencionados. Debido a la escasez de la información sismológica disponible no fue posible discernir más abajo del valor $M_{\max} = 5.0$. Según resultados obtenidos por Chuy (inédito), la mayor parte de los eventos en Cuba insular no asociados a alguna de las zonas de las cuatro categorías fundamentales tienen una magnitud < 4.0 , mientras que en las zonas límite de placas litosféricas, este valor es del orden de $M < 5.0$ (Cotilla *et al.*, inédito). El total de zonas sismogeneradoras delimitadas por categorías para todo el territorio nacional fue de: 1 en las categorías 1A y 1B, 8 en la 2A, 15 en la 2B, 8 en la 3A, 5 en la 3B, 3 en la 4A, 4 en la 4B y 14 en la 5. Estas zonas constituyen la información básica del mapa.

Es conveniente aclarar que los intervalos de categorías 1-4 tienen definidos dos niveles: A y B; en el nivel A se agrupan los casos que cumplen todos los requisitos, y en el nivel B los casos de incumplimiento de algunos o su cumplimiento parcial. En esta subdivisión jugaron un papel fundamental el gradiente neotectónico y las comprobaciones por técnicas de cinemática neotectónica.

En la Figura 1 se muestra un esquema reducido del mismo, en el que sólo se presentan dichas zonas y las intensidades epicentrales máximas reportadas. En el mapa original, que debe ser publicado próximamente, aunque la parte correspondiente a la región oriental está en proceso de edición (Cotilla, M., *et al.*, en prensa), aparte de las zonas sismogeneradoras se representan las zonas de levantamiento y hundimiento a partir del plioceno, los sistemas de fallas activas con sus tendencias de movimiento, así como las isosistas de algunos terremotos seleccionados. Además, con el objetivo de hacer más fácil y comprensible su lectura, se incluyeron diversos recuadros, los cuales dan una panorámica de la posición de Cuba dentro del conjun-

to de placas litosféricas y del arco de Las Antillas Mayores, y de las principales características neotectónicas y sísmicas de la isla. Estos recuadros son:

- Esquema de placas litosféricas
- Mapa de epicentros de terremotos fuertes de Cuba, Jamaica y el Oeste de La Española ($4 < M < 8$)
- Mapa de los epicentros registrados con la red de estaciones sismológicas cubanas (1981-1986) para la región Oriental de Cuba y para la Unidad Neotectónica Occidental
- Mapa de los potenciales sísmicos de Cuba, Jamaica y La Española
- Mapa de intensidades sísmicas por datos históricos para $T=100$ años
- Mapa de alineamientos y nudos principales de Cuba
- Mapa neotectónico de Cuba, escala 1:2'000,000

Con este mapa sismotectónico en que se combinan las informaciones sismológica y neotectónica del país, es posible realizar estimados más confiables de la peligrosidad sísmica. Por supuesto, este resultado no es definitivo, sino una etapa más en el proceso del conocimiento sismotectónico de Cuba.

Bibliografía

- Almela, A. y Puyal V. *Mapa sismotectónico de España Peninsular y Baleares*. Instituto Geológico y Minero, y el Instituto Geográfico y Catastral de España. 1960.
- Alvarez, L., Rubio, M., Chuy, T. y Cotilla, M. *Informe final del Tema 31001: Estudio de la Sismicidad de la Región del Caribe y Estimación Preliminar de la Peligrosidad Sísmica en Cuba*. Fondo del Depto. de Sismología, IGA-ACC, 1985.
- Belousov, T.P., Krestnikov, V.M. y Shebalin, N.V. "Delimitación de zonas sismogeneradoras en Cuba Central y estimación de su magnitud máxima" (en ruso), en *Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central)* pp. 81-85. Moscú, Nauka, 1983.
- Bureau de Recherches Geologiques et Minières. "Carte Sismotectonique de la France". *Memoire B.R.G.M.* No. 111, 36 pp. 1981.
- Cardona, I.J.R. *Sismotectónica del Valle de Cochabamba* (Folleto). Univ. Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia, 1983.
- Cotilla, M., Bankwitz, P., Franzke, H.J., Alvarez, L., Chuy, T., González, E., Díaz, J., Grunthal, G., Pilarski, J. and Arteaga, F. "Mapa sismotectónico", en *Atlas de la provincia de Santiago de Cuba*, (en prensa).
- Cotilla, M.O. and Franzke, H.J. "Some comments on the seismotectonic activity of Cuba", in *Z. Geol. Wiss.* 18,1. 1990.

- Cotilla, M., Álvarez, L., Grunthal, G. y Rubio, M. "Potenciales sísmicos del arco de las Antillas Mayores". *Resúmenes: Jornada Científica del IGA-ACC*, p. 72. 1989.
- Cotilla, M., Franzke, H.J., Pilarski, J., Portuondo, O. y Álvarez, L. *Mapa de alineamientos y nudos tectónicos principales de Cuba, Escala 1:1'000,000*, (inédito, a).
- Cotilla, M., Franzke, H.J., Grunthal, G., Álvarez, L., Rubio, M. *Some elements about tectonic, seismicity and focal mechanism in Cuban area*, (inédito, b).
- Cotilla, M., González, E., Franzke, H.J., Díaz, J.L., Oro, J., Arteaga, F., Álvarez, L. "Mapa neotectónico de Cuba, escala 1:1'000,000", II Congreso Internacional sobre desastres, *Resúmenes*, p. 73. 1989.
- Chuy, T., González, B.E. y Álvarez, L. "Sobre la peligrosidad sísmica en Cuba", en: *Investigaciones Sismológicas en Cuba*, No. 4, pp. 37-52. IGA-ACC. 1983a.
- Chuy, T. et al. *Catálogo de datos macrosísmicos de Cuba: 1528-1988*; Instituto de Geofísica y Astronomía, ACC (inédito, b).
- Grunthal, G., Bankwitz, P. and Bankwitz, E. "Preliminary results about regional seismotectonic studies in Central Europe", in *Gerlands Beitr. Geophysik*, 94, (4-6), pp. 290-293. 1985a.
- Grunthal, G., Bankwitz, P., Bankwitz, E., Bednarck, J., Guterech, B., Schenk, V., Schenkova, Z. and Zeman, A. "Seismicity and geological features of the eastern part of the West European Platform", in *Gerlands Beitr. Geophysik*, 94, (4-6), pp. 276-289. 1985b.
- Krestnikov, V.N. "Geological aspects of earthquakes hazard. Earthquake Prediction and Mitigation of Earthquake Losses". *Proceedings of the UNDRO/USSR/ UNESCO/UNOP, Training Seminar*, 8-14 October 1986. Dushambe, USSR, 1986.
- Orbera, L. et al. *Estudio Sismotectónico de la región occidental de Cuba*. Archivo de la EIPIB, 1986.
- Organización Internacional de Energía Atómica. "Terremotos y cuestiones conexas en relación con el emplazamiento de centrales nucleares". *Guía de Seguridad OIEA*, 84 pp. Viena, 1981.
- Pavoni, N. "Guidelines for the construction of seismotectonic map". *Tectonophysics*, 117, No. 1, pp. 1-6. 1985.
- Udias, A., et al. *Mecanismo de los terremotos y tectónica*. Editorial de la Universidad Complutense, 1985.
- Spiridonov, H. and Grigorova, E. "On the interrelation between seismicity and fault structures identified by space image interpretation", *Space Res. in Bulgaria*, No. 3, pp. 42-46. 1980.

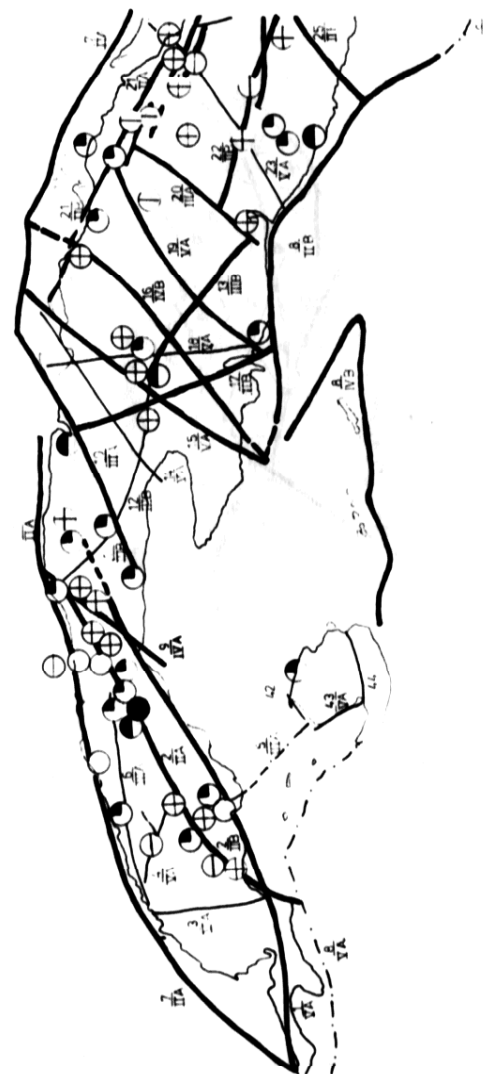


Figura 1A Parte Occidental de Cuba: Mapa sismotectónica de Cuba, escala 1:2'000,000. Los nombres de las principales fallas representadas se detallan a continuación: 1.- Guane, 2.- Pinar del Río, 5.- Río Hondo, 6.- Consolación del Norte, 7.- Norte Cubana, 8.- Sur Cubana, 9.- Majana-Habana, 10.- Hicacos, 11.- Habana-Cienfuegos, 16.- Zapata-Corralillo, 17.- Cochinos, 20.- Cienfuegos-Sagua la Grande, 21.- Las Villas, 21a.- Cubitas, 22.- Tuinicú, 23.- Cienfuegos-Caibarién, 25.- La Trocha.

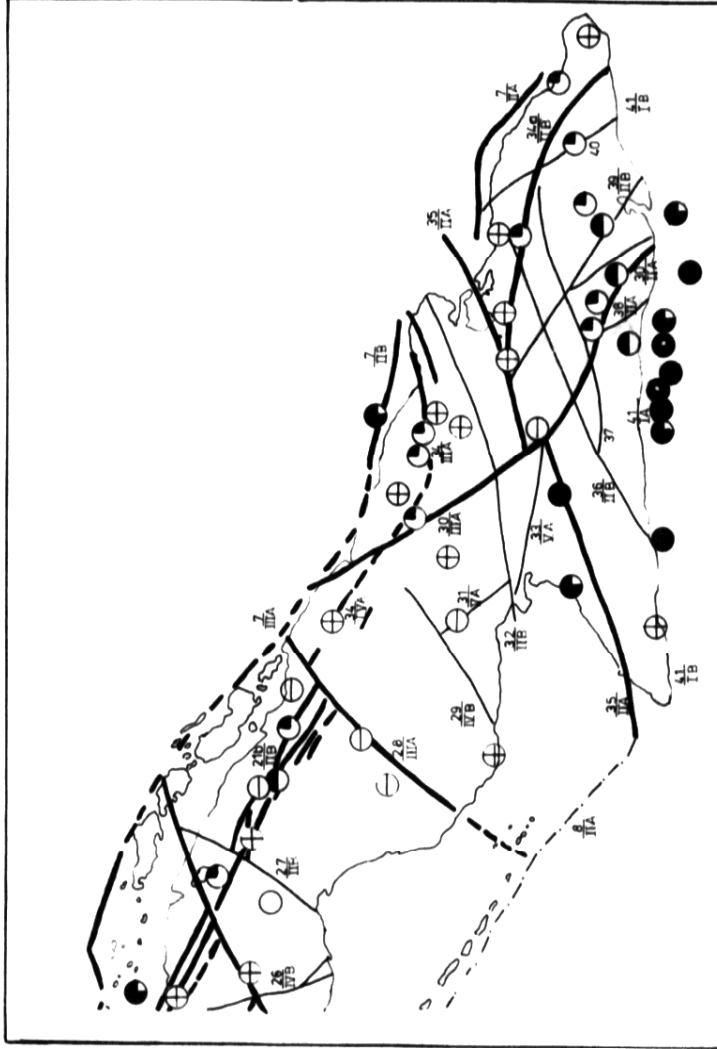


Figura 1b Parte Oriental de Cuba: Mapa sismotectónico de Cuba, escala 1:2'000,000. Los nombres de las principales, fallas representadas se detallaran a continuación: 7.- Norte Cubana, 8.- Sur Cubana, 26.- Jatibonico Sur Yaguajay, 27.- Esmeralda, 28.- Camagüey, 29.- Tunas, 30.- Baconao, 31.- Cauto-Sibanicú, 32.- Cauto Norte, 33.- Cauto-Bayamo, 34.- Gibara, 34a.- Nipe-Cristal-Baracoa, 35.- Niquero-Cacocúm-Nipe, 36.- Pico Turquino-Pico Cristal, 37.- Pico Martí-Cuchillas del Toa, 38.- Gran Piedra, 39.- Guantánamo-Cacomúm, 40.- Purial, 41.- Bartlett-Caimán.