

GEODINAMICA RECIENTE DEL RELIEVE: GEOPRONÓSTICO DE DESASTRES NATURALES Y DE CAMBIOS GEOECOLÓGICOS SECULARES

José R. Hernández Santana y Antonio R. Magaz García
Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba.

RESUMEN

Una de las direcciones más relevantes de las geociencias contemporáneas lo constituye el pronóstico de desastres naturales, fundamentalmente en regiones geográficas de alta energía, como sucede en el trópico interplacas americano. Partiendo de un análisis estructuro-geomorfológico se presentan los principales tipos morfoestructogeodinámicos caribeños de zonas sísmo generadoras, con especial énfasis en el territorio cubano, utilizando los resultados del estudio de las regularidades generales y regionales de la endodinámica secular de la corteza terrestre y sus correlaciones morfoestructurales, del monitoreo de los movimientos tectónicos recientes y la sismicidad en el polígono geodinámico complejo de Santiago de Cuba y del análisis morfoestructural de los mecanismos geodinámicos de territorios sísmoactivos. Bajo esta óptica se muestran ejemplificadamente las características esenciales de la endodinámica reciente: diferenciación morfoestructural (espacial) y carácter oscilatorio (temporal), así como sus dependencias empíricas en las fases del proceso tectogenético y su aplicación en las tareas de pronóstico sísmológico y en zonas de elevado riesgo geólogo-geomorfológico de ocurrencia de aludes, deslizamientos y sísmo-dislocaciones. Finalmente, sobre la base de las tendencias de subsidencias actuales sostenidas, según datos de nivelaciones geodésicas repetidas, de las variaciones espaciales de los geosistemas transicionales litorales y evidencias geohistóricas, se destaca la importancia de las investigaciones geodinámicas en la predicción de cambios geoecológicos regionales, fundamentalmente en llanuras costeras, como apoyo a la estrategia del desarrollo socioeconómico de esos territorios.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el estudio de la estructura, funcionamiento, evolución y dinámica de la envoltura geográfica constituye uno de los principales problemas complejos que deben abordar las investigaciones geocientíficas a diferentes escalas territoriales, con el objetivo de establecer la organización espacial de sus geocomponentes, sus interacciones internas, sus etapas evolutivas, sus mecanismos funcionales y niveles críticos de vulnerabilidad, como base teórico-metodológica de su desarrollo futuro.

Partiendo de su más amplio espectro, las investigaciones geodinámicas cuantitativas de las distintas esferas geográficas son el centro de atención de organizaciones gubernamentales internacionales, de organismos científicos no gubernamentales y de gobiernos e institucional científico-tecnológicas nacionales, por cuanto en muchos casos, la creciente y desmesurada actividad antrópica ha provocado rupturas del equilibrio natural a niveles planetario, regional y local, y en otros, ha facilitado o acelerado la acción destructiva ¿e

fenómenos naturales de carácter endógeno y exógeno, con la manifestación de geocatástrofes de diferente magnitud y extensión.

A nivel mundial la concentración energética planetaria es heterogénea, presentando núcleos regionales de génesis endógena y exógena. Uno de estos focos energéticos regionales está ubicado en la zona tropical americana, en la cual, desde el punto de vista endógeno estructural existe uno de los nudos de interacción interplacas litosféricas más complejo y dinámico, con el cual están asociadas las fajas sísmicas y volcánicas activas, y por ende un gran riesgo geólogo-geomorfológico.

A su vez, desde el punto de vista exógeno, esta zona representa uno de los ejes de confluencia y desarrollo de fenómenos hidrometeorológicos extremos (huracanes, inundaciones, sequías, penetraciones marinas asociadas a fenómenos oceánicos, y otros), que cada año determinan la devastación y el empobrecimiento de regiones enteras.

En una parte del territorio de la zona tropical interplacas americana, la acción superpuesta de ambos campos energéticos propician el desarrollo de desastres poligenéticos, fundamentalmente en las regiones montañosas, donde el predominio de pronunciadas superficies subverticales de su relieve provocan la ocurrencia de procesos de pendiente de carácter catastrófico (aludes, derrumbes, deslizamientos, flujos de lodo y rocas, sismodislocaciones, entre otras manifestaciones).

El desarrollo de las geocatástrofes en esta zona está determinado por mecanismos naturales, que abarcan grandes territorios, por lo que las investigaciones geocientíficas (geográficas, geotectónicas, geodésicas, geofísicas, océano lógicas) de prevención rompen el marco espacial nacional, y demandan la creación de proyectos conjuntos multinacionales, en aras de estudiar los fenómenos y procesos en su gran dimensión, precisando sus orígenes, regularidades, etapas de desarrollo, ciclos dinámicos y de respetabilidad de ocurrencia, entre otros aspectos.

TERREMOTOS Y BASES GEOMORFOLÓGICAS-GEODINÁMICAS DE SU PRONÓSTICO

Durante varias décadas uno de los principales objetivos de las investigaciones geodinámicas ha sido el establecimiento de las bases científicas del pronóstico sísmico, a partir del estudio de la tendencia e intensidad de los movimientos tectónicos verticales y horizontales recientes de la corteza terrestre (lentos y seculares) y de la sismicidad (rápidos e instantáneos), fundamentalmente en polígonos geodinámicos complejos, como parte de un sistema único del desarrollo tectogenético de nuestro planeta. En este sentido, numerosas metodologías han sido elaboradas para precisar el lugar y el tiempo de ocurrencia de los posibles terremotos, así como su fuerza a distintos niveles espaciales.

Los principios del análisis morfoestructural, con su tríada geomorfológica (geotextura, morfoestructura y morfoescultura) y su última adecuación, a la luz

de la teoría global de tectónica de placas (Guerasimov, 19865, crearon las bases de la diferenciación espacial de la corteza terrestre y de su estructura geológica, a través de su expresión morfoestructural en el relieve. propiciando nuevos enfoques para la interpretación de la movilidad de la superficie terrestre y la determinación de sus zonas más inestables.

El desarrollo acelerado de la clasificación morfoestructural del relieve, bajo criterios geomorfológicos, correlativos estructuro-geológicos, neotectónicos y otros, orientaron las investigaciones geodinámicas en las siguientes direcciones fundamentales:

- Estudio de las regularidades generales y regionales de la endodinámica reciente del relieve y sus correlaciones morfoestructurales.

- Monitoreo de la actividad de los movimientos tectónicos recientes, la sismicidad y sus correlaciones espacio- temporales con las morfoestructuras en polígonos geodinámicos complejos.

- Análisis morfoestructural de los mecanismos geodinámicos de los territorios sismoactivos y pronóstico de los lugares de ocurrencia de terremotos fuertes.

- Determinación de las regularidades de la interrelación entre los procesos en dógenos y exógenos recientes, formadores del relieve, mediante observaciones y mediciones estacionarias.

- Evaluación de zonas de riesgo sísmico, volcánico, geomorfológico, fundamentalmente a lo largo de las zonas de sutura interplacas y en los nudos morfoestructurales sismoactivos.

El pronóstico del lugar de ocurrencia de terremotos, desde un ángulo morfo estructuro-geodinámico, ha sido determinado con bastante precisión mediante el empleo de la metodología de regionalización morfoestructural (Ranstman, 1979), con la cual se logran distinguir las zonas de mayor actividad tectónica- los nudos morfoestructurales. Los principios y conceptos de este enfoque geocientífico han sido aplicados en los sistemas montañosos de Tian Shian y Pamir, en el Asia Central, y en Las Rococas y California, en América del Norte (Ranstmsn, 1979); en la Llanura Rusa Central (Glasko, 1984); en la Cordillera de Los Andes y la Península de Kamchatlca (Zhidkov, 1985); en las montañas de la Sierra Maestra y depresiones graben adyacentes, Cuba Oriental (Hernández et al., 1986); entre otros.

El esquema de regionalización morfoestructural se divide en tres categorías fundamentales; unidades territoriales de distinto rango (placas, microplanos, megabloques, macrobloques, mesobloques, bloques); zonas lineales limítrofes entre ellas (zonas de alineamientos morfoestructurales), las cuales se subdividen jerárquicamente; y lugares de intersección entre las zonas de alineamientos morfoestructurales (nudos morfoestructurales).

En la mayoría de los casos se forman en la intersección de zonas de morfo. alineamientos longitudinales y transverso-diagonales, y es precisamente en estos nudos, donde se presenta la mayor ocurrencia de terremotos. (Fig. 1).

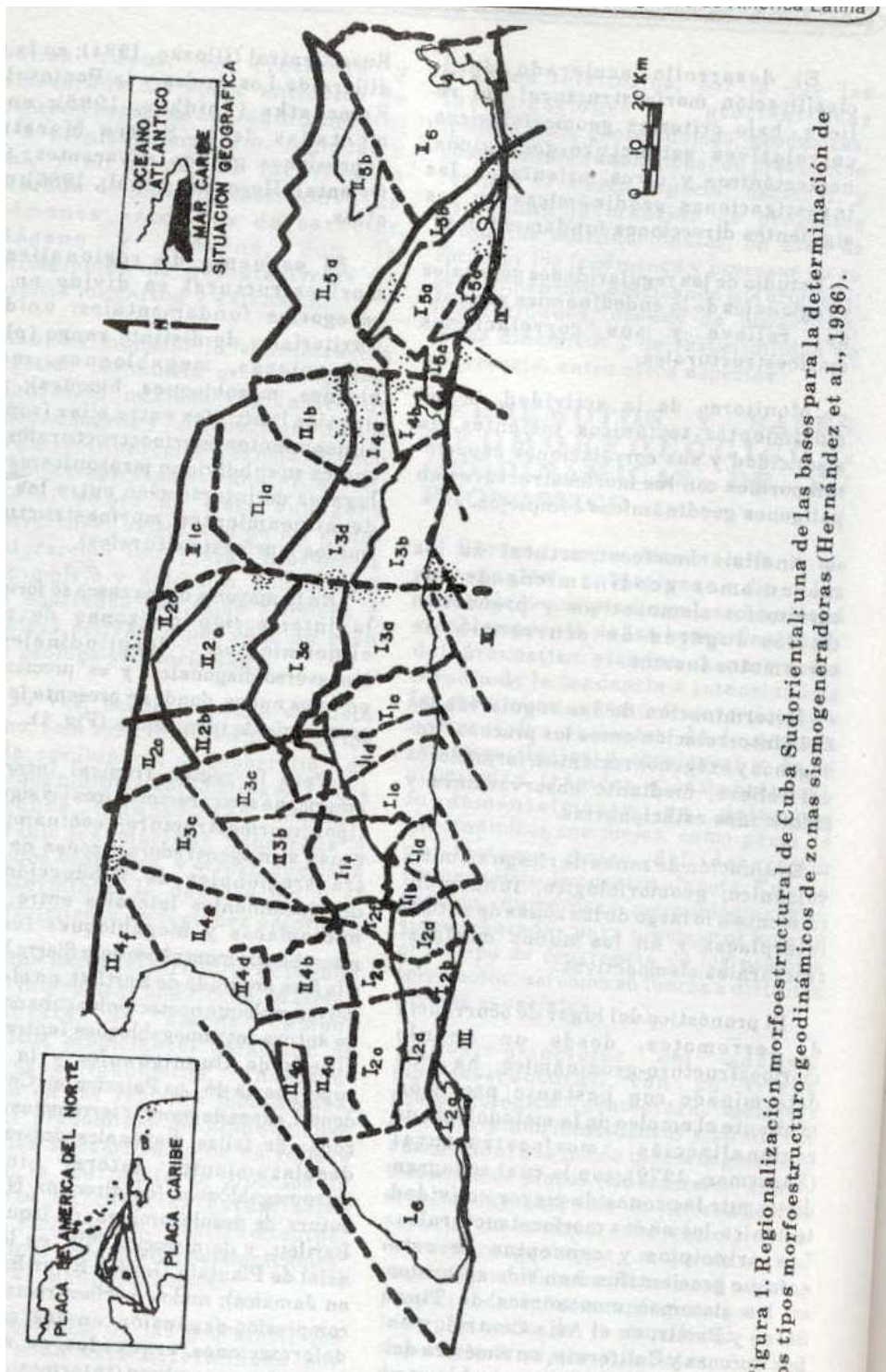


Figura 1. Regionalización morfoestructural de Cuba Sudoriental: una de las bases para la determinación de los tipos morfoestructuro-geodinámicos de zonas sísmogeneradoras (Hernández et al., 1986).

Para la región tropical interplacas americana son característicos los siguientes tipos morfoestructuro-geodinámicos de zonas sismogeneradoras: zonas de sutura trasregionales de subducción y de desplazamientos laterales entre placas, microplacas y megabloques (entre el macrobloque montañoso de la Sierra Maestra y la fosa profunda de Eartlett, en el ejemplo del megabloque neotectónico cubano); zonas de sutura intramegabloques (entre la Cordillera de Guaniguanico y la cuenca superpuesta de Los Palacios, en Cuba Occidental, capaz de generar terremotos de $M \geq 6$); zonas de fallas diagonales derivadas del desplazamiento lateral ínter e intramegabloques (de dirección Nf, en la sutura de desplazamiento de izquierda de Bartlett, y de dirección NY!, en la sutura axial de Plantain Garden River-Río Pedro, en Jamaica); nudos morfoestructurales de compresión-expansión en las zonas de deformaciones arqueadas de sistemas montañosos en plano (intermesobloques, en el caso de Cuba Oriental) (Fig. 1); nudos morfoestructurales interbloques de diferente rango; y nudos disyuntivos de intersección de zonas de fallas de distinta orientación.

La liberación de la energía sísmica no puede ocurrir; sin antes haberse acumulado tensión en la corteza terrestre. Seguirían las observaciones realizadas en diferentes países, los cambios del estado tenso de la corteza terrestre se reflejan, en primer término, en las anomalías de los movimientos verticales y horizontales lentos. Por una serie de caracteres, se puede considerar que por determinadas anomalías de los movimientos verticales recientes (activación e intensificación de los contrastes) se pudieron predecir los terremotos de Esmeralda, Cuba centro- septentrional (1972, 1974), y San Juan y Martínez, Cuba Occidental (1981). Las mediciones geodésicas repetidas (nivelaciones, triangulaciones) permiten registrar estas anomalías, y definir sus magnitudes y cambios en el tiempo, lo cual sirve como importante condición previa para el pronóstico (Lilienberg et al., 1992).

En Cuba, los datos de las nivelaciones repetidas arrojan una elevada intensidad de la endodinámica del relieve, desde algunos milímetros hasta algunas decenas de milímetros por año.

Una regularidad de los movimientos tectónicos recientes es su diferenciación morfoestructural en bloques de la corteza terrestre, lo cual unido a la regionalización jerárquica de las morfoestructuras nos permite conocer espacialmente la estructura de mosaicos y los vectores horizontales y verticales de sus desplazamientos recientes, aspectos de gran significado para el pronóstico.

Las investigaciones geodinámicas cubanas muestran que los límites interbloques morfoestructurales se expresan claramente en el relieve y en el campo de la endodinámica reciente, a través de zonas morfolineamientos y fallas de distinto tipo, rango y edad. En los gráficos de las velocidades de los movimientos, las fallas reflejan "picos" de las mismas y zonas de elevados gradientes, con las cuales en regiones sismoactivas, están asociadas las zonas sismogeneradoras, lo cual es uno de los criterios del pronóstico de ocurrencia de posibles terremotos.

Otra de las regularidades fundamentales de las manifestaciones endodinámicas lo constituye su carácter oscilatorio. Estas variaciones de onda están enlazadas no sólo con la alternancia en el tiempo de las tensiones corticales y el surgimiento de terremotos, sino con la manifestación de gran cantidad de procesos exógenos catastróficos como aludes, deslizamientos y otros.

Las primeras evidencias del carácter oscilatorio de la geodinámica endógena reciente a lo largo de zonas sismogeneradoras cubana fueron reveladas en la zona de articulación de la meseta monoclinial de Boniato y la depresión graben de Santiago de Cuba, en la Sierra Maestra, durante las investigaciones en el polígono geodinámico complejo enclavado en ese territorio (Hernández et al., 1989). Precisamente, a lo largo de la zona de sutura entre ambas morfoestructuras se originan las tensiones más altas de la corteza terrestre, los contrastes desplazamientos de los distintos bloques y la formación de las fallas sismoactivas, tanto en la competente vertical como en la horizontal.

Los cálculos geodésicos y los perfiles complejos sobre la geodinámica reciente (1955-1965 a 1970.1976) permitieron conocer que el mesobloque morfoestructural transversal superpuesto de Boniato-Santiago de Cuba (Fig. 1) experimentó una inversión de los movimientos hacia ascensos de más de 3 mínima y más, lo cual representa una anomalía de los mismos con relación a la evolución morfoestructural ya la tendencia de la geodinámica durante la etapa neotectónica de desarrollo del relieve.

Los resultados de las nivelaciones en las líneas geodésicas Doe Caminos-Boniato-Quitem_Moncada.Versalles'Siboney (Fig. 2) muestran el carácter oscilatorio de la geodinámica endógena, su elevada correspondencia con el plano morfoestructural y los elementos estructurales sismoactivos, quedando demostrado, una vez más, la existencia del sistema interactuante morfoestructuras-movimientos tectónicos recientes-sismicidad". La renivelación geodésica de alta precisión arrojó valores de ascenso de hasta más de 3 mm/mes entre 1982/1983 y 198a/ 1984 para el bloque de la meseta monoclinial de Boniato, y de descenso hasta -2,5 mm/mes entro 1983/1984 y 1984-1985, mientras que en la depresión graben de Santiago de Cuba los valores oscilaron entre 0.0,5 mm/mes para ambos períodos (Fig. 2).

Los estudios geodinámicos realizados en este mesobloque por J. Rueda (1988) reflejan el estilo oscilatorio general de las deformaciones tectónicas recientes, así como sus variaciones espacio temporales (Fig. 3).

El análisis del fraccionamiento de la corteza terrestre y su estructura en mosaicos, de las magnitudes de sus deformaciones y la duración de sus acumulaciones, los cambios bruscos de su régimen geodinámico, así como de los indicadores de la interacción entre los presagios de terremotos y las anomalías de la endodinámica reciente tectónicas, campos geofísicos) nos permiten, en polígonos complejos, estimar la ocurrencia de terremotos de diferentes clases energéticas (Tabla 1).

Magnitud sísmica (M)	A (en Km)	B (en años)
4	10	Menor de 0.1
5	30-40	0.1-0.5
6	80-100	1
7	200	5
8	500-600	20-25

TABLA 1: Ordena de bloques morfoestructurales (en Km). involucrando con antelación a los terremotos (A) y duración de las deformaciones anómalas (en años) para sismos de diferente magnitud (B) (Rikitake, 1969; Dobrovolsky et, al., 1980).

Tornando en consideración tales experiencias, la zona transversal Boniato Santiago de Cuba, donde se detectó una gran anomalía en los movimientos verticales recientes (Lilienberg et al., 1988), y donde se manifiesta una inversión en tendencia (Hernández et al., 1987; Rueda, 1988), puede considerarse como un bloque morfoestructural que se encuentra en estado de compresión transversal, en el cual se opera una acumulación de tensiones y deformaciones corticales, capaces de liberarse en forma de terremoto. Por cuanto el diámetro de este bloque es de 100 km y más, al orientarse sobre la base de las dependencias de la tabla 1, D. Lilieabergeta!. (1992) estimaron que en esta zona se acumule energía capaz de generar un terremoto de M=6.

Tomando como base las consideraciones de otros autores (Fijii, 1969, 1973; Scholz, 1972; Ostropico etc)., 1980) y resumiendo sus modelos teóricos, se pueden establecer algunas dependencias empíricas en el orden de las fases de este proceso, mediante un tipo peculiar de modelo geodinámico (Lilienberg et al., 1992) (Fig. 4).

De acuerdo con este modelo la tendencia secular general de los movimientos recientes, puede ser designada como inicial (fase). El comienzo de la preparación del terremoto y de la acumulación de deformaciones, generalmente va acompañado de un cambio anómalo de las velocidades y la tendencia de los movimientos verticales, más bien con un brusco ascenso relativo (fase β).

A veces) en ella se pueden destacar dos subfases: la, con un rápido aumento de los ascensos relativos, y la con una breve estabilización en el máximo del ascenso, antes del mismo.

La fase instantánea y responde a la liberación de la energía sísmica y a la brusca disminución de las velocidades de los movimientos recientes. Luego puede pasar, bien sea a la fase inicial ji, continuando la tendencia de los movimientos seculares, o a la fase h de comienzo de preparación del nuevo sismo, lo cuales característico para las regiones sismoactivas.

Bajo este enfoque las mediciones geodésicas repetidas son de vital importancia en la determinación de los momentos de entrada de las fases geodinámicas principales, con el fin de separar, con cierto nivel de precisión, la entrada de la rase final g, de ocurrencia del evento sísmico.

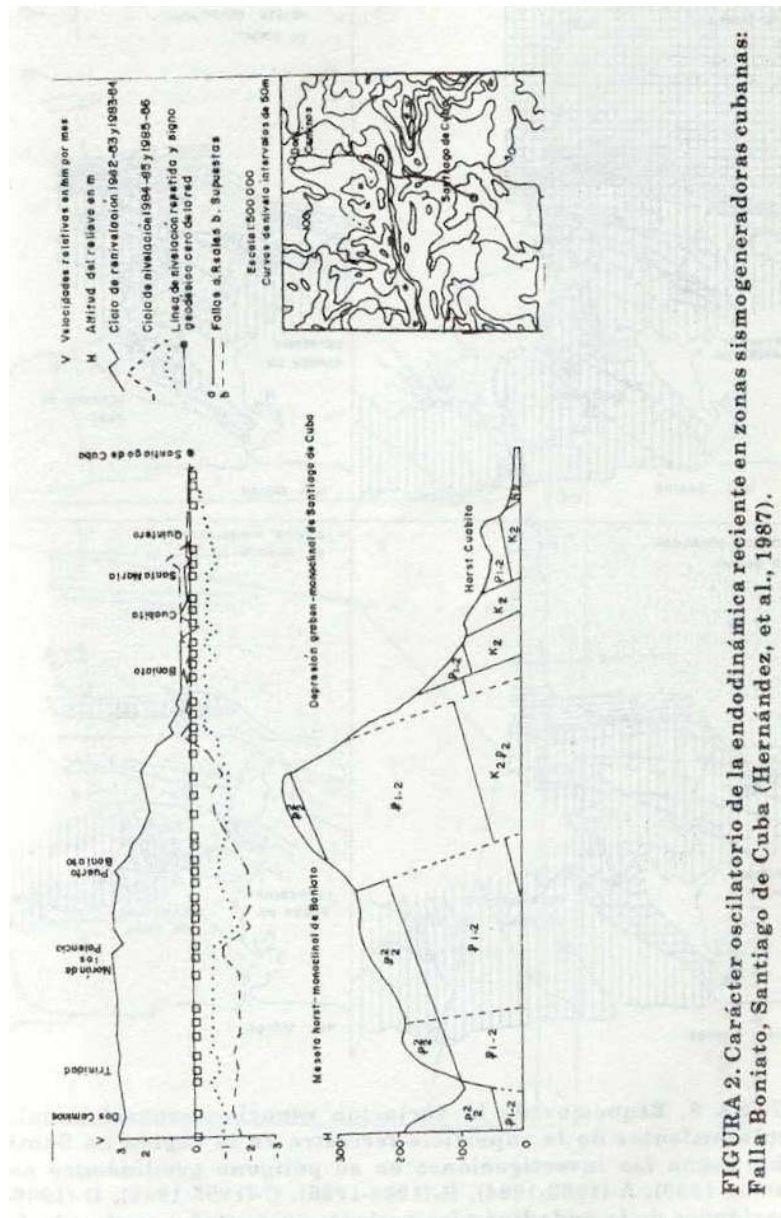
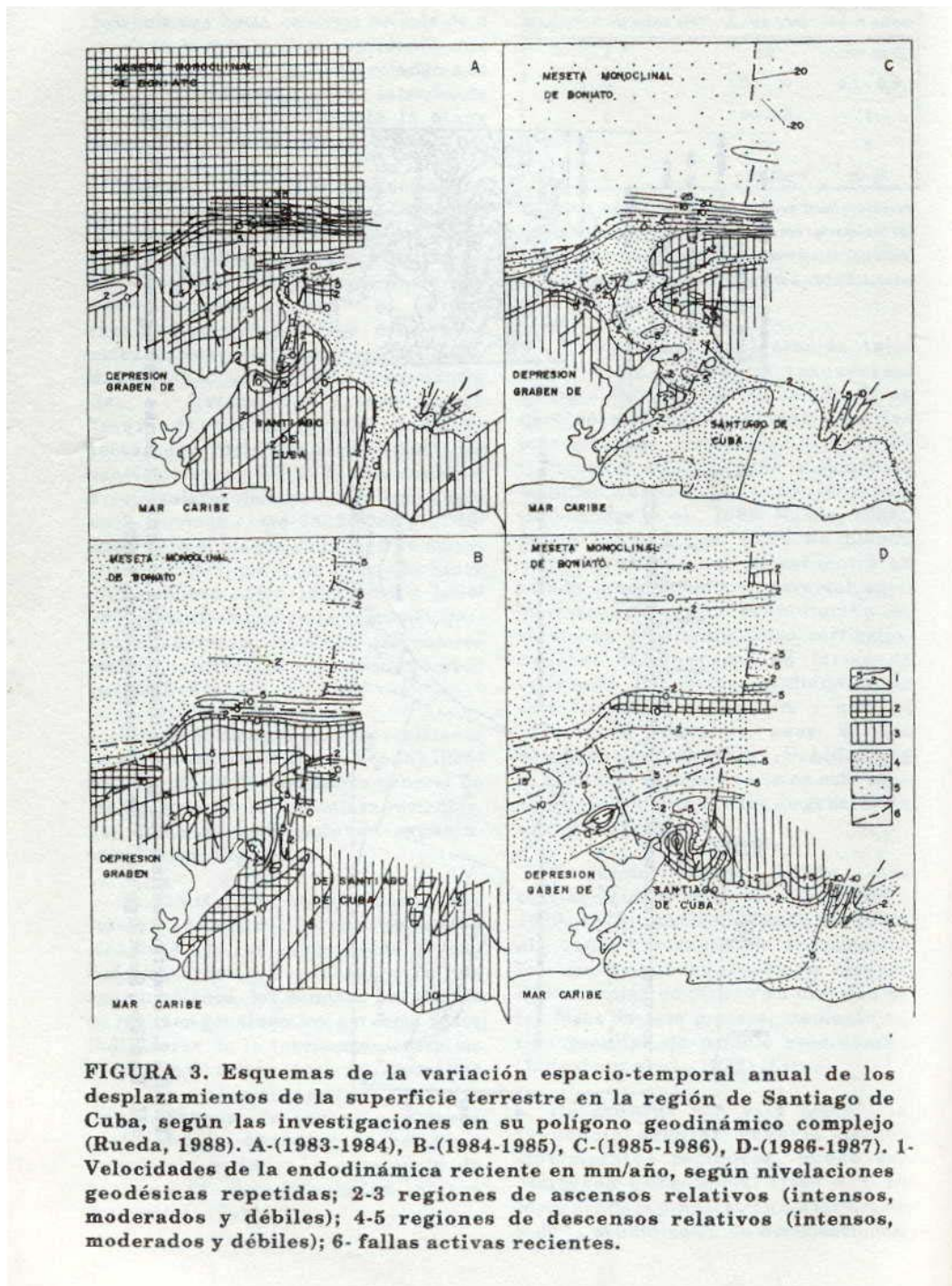


FIGURA 2. Carácter oscilatorio de la endodinámica reciente en zonas sismogeneradoras cubanas: Falla Boniato, Santiago de Cuba (Hernández, et al., 1987).

Las consideraciones analizadas anteriormente son de gran significado para el geopronóstico de terremotos y la mitigación de sus efectos en las infraestructuras sociales y económicas, pero su predicción constituye el fundamento para la prevención de otros desastres naturales asociados, de origen poligenético (sismodislocaciones aludes, deslizamientos, y otros), particularmente en territorios montañosos sismoactivos.

En este sentido, es necesario conocer la Z^o la potencial de desarrollo de estos procesos de pende de activaciones en ocasiones por la componente sísmica, y en otras, por fenómenos hidrometeorológicos extremos, con el fin de establecer su monitoreo geodésico (fototeodolítico) y aerocósmico, conocer las regularidades de su desarrollo complejo. Actualmente, la creación de sistemas

de información geográfica de carácter regional y especial, y de sistemas automatizados de expertos constituyen una vía de estimable valor para el geoproceso espacial de esa actividad geodinámica exógena.



Por otra parte, la revelación de los mecanismos genéticos de la actividad geodinámica permite pronosticar catástrofes de grandes obras ingenieriles y de objetivos económicos importantes. Las zonas de fallas y morfoalineamientos constituyen ejes de debilidad de la corteza terrestre, los cuales son aprovechados por el escurrimiento superficial en la formación de la red

hidrográfica (desarrollo de amplios y profundos valles) y posteriormente por el hombre en la construcción de grandes embalses y complejos hidroenergéticos, creando de esta forma impactos tecnógenos sobre el régimen geodinámico, los cuales provocan sismicidad intensa, fundamentalmente en las regiones montañosas del planeta, en Cuba, en particular, la sismicidad ocurrida en los alrededores de las presas ‘Carlos Manuel de Céspedes’, ‘GilbertPuig’ y «La Yaya», entre otros, todos localizados en el flanco septentrional de las montañas de la Sierra Maestra, puede considerarse como inducida, motivada por la recarga del volumen embalsado, cual genera desplazamientos por las fallas y diferentes bloques morfoestructurales, con la consiguiente alteración endodinámica.

GEPRONÓSTICO SECULAR DE CAMBIOS GEOECOLÓGICOS

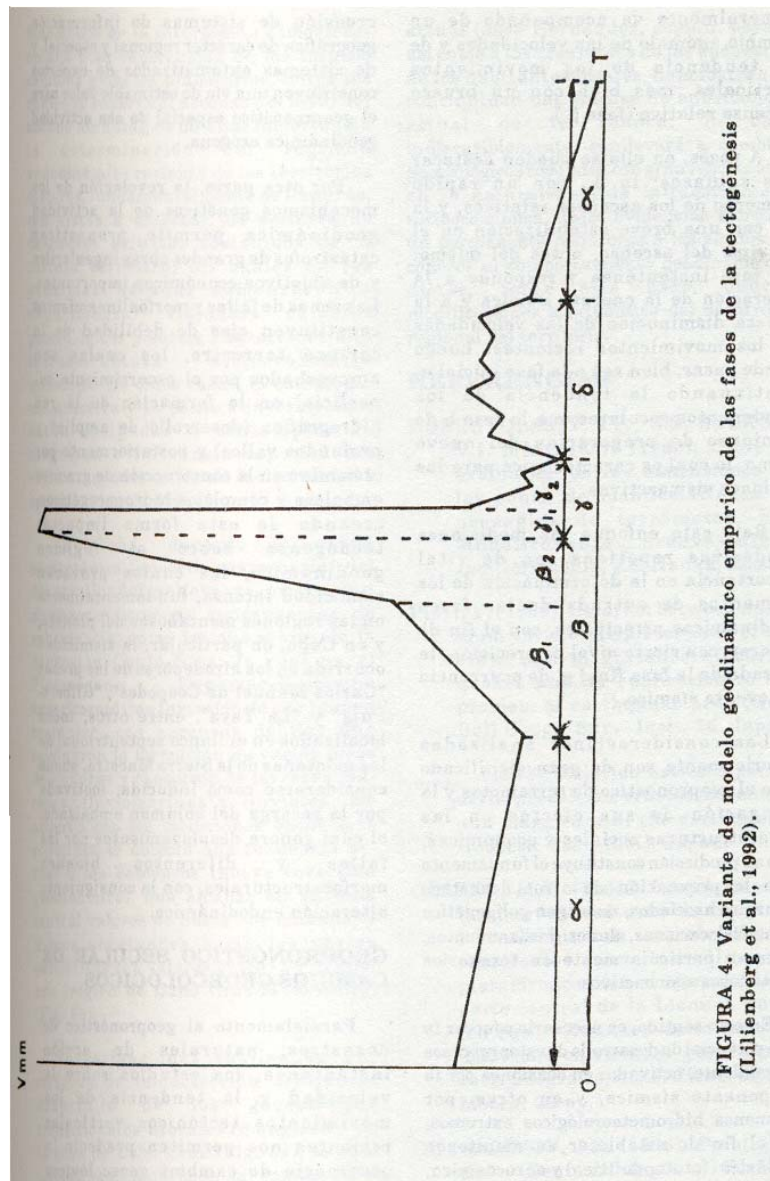


FIGURA 4. Variante de modelo geodinámico empírico de las fases de la tectogénesis (Lillienberg et al., 1992).

Paralelamente al geopronóstico de desastres naturales de acción instantánea los estudios sobre la velocidad y la tendencia de los movimientos tectónicos verticales recientes nos permiten predecir la ocurrencia de cambios geocológicos seculares, fundamentalmente en regiones litorales. A la luz de los fenómenos de la interacción atmósferaoceano y su repercusión en los futuros cambios globales planetarios, entre los cuales se reporta el ascenso del nivel del océano mundial, es de vital importancia la determinación del régimen endodinámico reciente de los territorios costeros, fundamentalmente de llanuras, con vistas a detectar los sectores de descensos actuales sostenidos de la corteza terrestre, los cuales en las próximas décadas comenzarán a experimentar violentos cambios geocológicos y serias afectaciones a la infraestructura socioeconómica instalada. En estos casos, la estrategia constructiva y la política inversionista están obligadas a contemplar la magnitud e influencia espacial del régimen geodinámico de los territorios con subsidencia actual.

En Cuba, durante la etapa neotectónica (mioceno-cuaternaria) del desarrollo del relieve se originaron numerosas cuencas superpuestas de subsidencia, entre las que sobresale la depresión Cauto-Nipe, la cual en el Pleistoceno Superior-Holoceno experimentó una inversión de su régimen tectónico, con ascensos débiles que originaron la formación de varios pisos de llanuras y espectros de terrazas marinas, fluviomarinas y fluviales. De acuerdo con las mediciones geodésicas repetidas se detectó una tendencia actual a los descensos (nueva inversión geodinámica), que alcanza en su zona central valores de hasta -14 mm/año, y menos acentuados hacia las partes periféricas con valores entre -1 y -6 mm] año (región de Cabo Cruz-Manzanillo) (Fig. 5b).

Investigaciones realizadas por métodos de teledetección arrojan el desarrollo de los geosistemas transicionales litorales (manglares) en la zona de Cabo Cruz (Fig. 5), lo cual unido a la desaparición del camino colonial de la región bajo algunos sectores cenagosos o de su acercamiento a la costa actual (José Hernández, común pres.), así como a los resultados de las encuestas de los habitantes locales, demuestran la continuidad del proceso de subsidencia actual de la cuenca, lo cual indiscutiblemente, conllevará a cambios geocológicos seculares con gran repercusión en la naturaleza y la infraestructura socioeconómica. Tales evidencias merecen un permanente monitoreo a los efectos de conocer el comportamiento geodinámico y dictar, sobre esta base, nuevas modificaciones a la política del desarrollo regional del territorio.

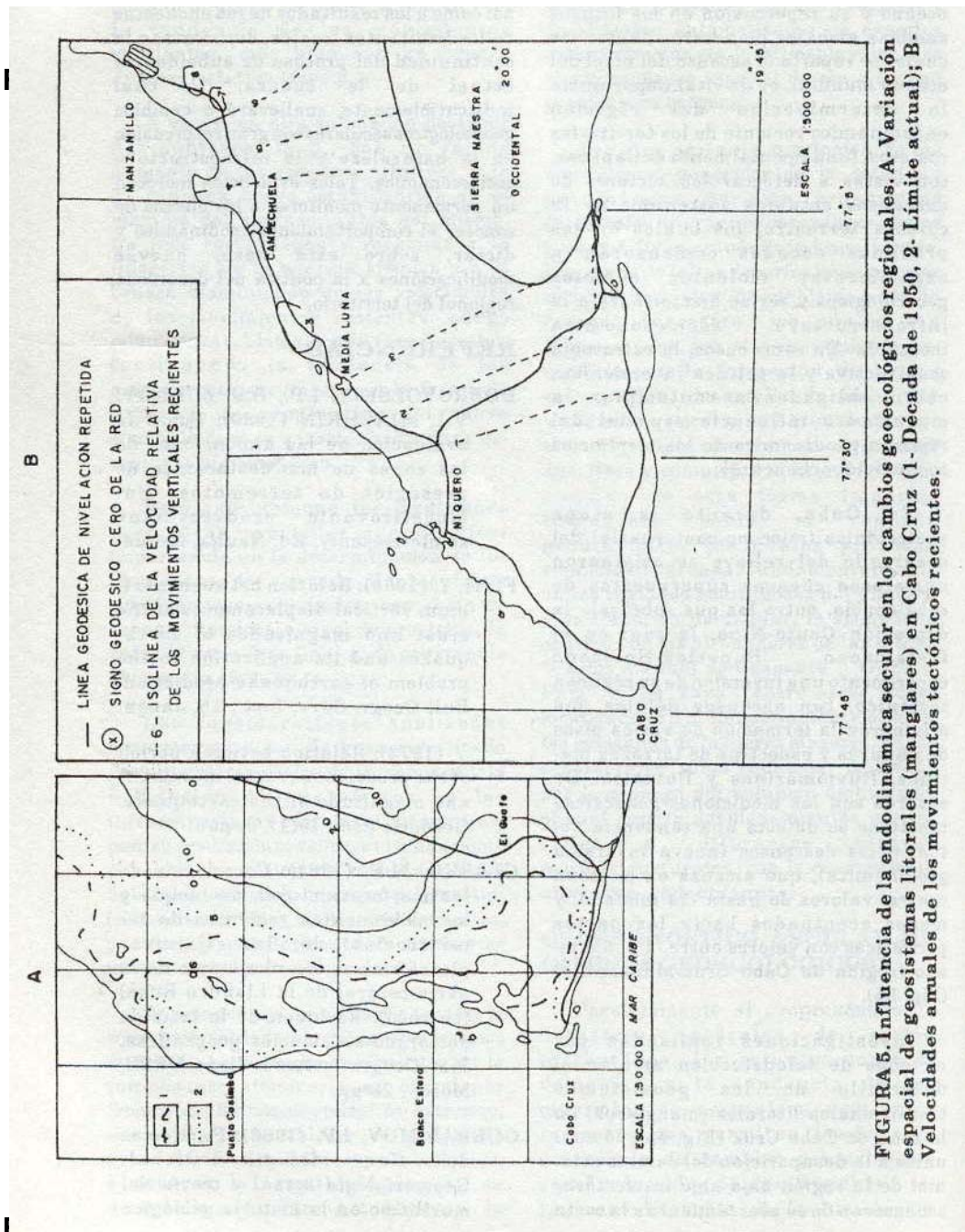


FIGURA 5. Influencia de la endodinámica secular en los cambios geocológicos regionales. A-Variación espacial de geosistemas litorales (manglares) en Cabo Cruz (1- Década de 1950, 2- Límite actual); B-Velocidades anuales de los movimientos tectónicos recientes.

L REFERENCIAS

DOEROVOLSICIY, IP., S.S. ZUEKOV, VI. MIACHEIN (1980); Sobre la evaluación de las dimensiones de las zonas de manifestaciones de presagios de terremotos. En: Modelirovanie predvestnikov zemletriaseniy, Ed. Nauka, Moscú.

FIJII, Y. (1969): Relation between maximum vertical displacements of the crust and magnitudes of earthquakes and ita application to the problem of earthquake prediction. Bull Geogr. Sun'. Inst., 15, Japan.

----(1973): Relation between period ofthe preseismic crustal movezment and magnitude of the eartltquake. Gcodetic Soc., 19(1), Japan.

GLASKO, M.P. (1984): Correlación de las morfoestructuras de bloque y los movimientos recientes de los territorios de las llanuras platafórmicas (en el ejemplo de la parte central de la Llanura Rusa) (en ruso). Resumen de la tesis de doctorado en ciencias geográficas. Inst. Geografía, Acad. Cienc. URSS, Moscú, 26 pp.

GUERASIMOV, LP. (1986): Problemas de Geomorfología Global: Geomorfología actual Y teoría del movilísimo en la historia geológica de la Tierra (en ruso). Ed. Nauka, Moscú. 207 pp.

HERNÁNDEZ SANTANA, J. R. (1987): Geomorfología estructural y geodinámica reciente del relieve de Cuba Sudoriental en la zona de interacción de la Microplaca Cubana y la fosa profunda de Bartlett (en ruso). Tesis de doctorado en ciencias geográficas. Inst. Geografía, Acad. Cienc. URSS, Moscú, 264 pp.

HERNÁNDEZ SANTANA, J.R., DA. LILIENBERG, R, GONZÁLEZ ORTIZ (1986): Regionalización morfoestructural de la Sierra Maestra y de las depresiones zircundantes. Rey. Cienc. Tierra Es1., 12: 36-48.

HERNÁNDEZ SANTANA, SR., ME. MARQUÉS TABLÓN, D. A. LILIENBERG, 5. RUEDA PÉREZ, R. GONZÁLEZ ORTIZ, A. VENEREO MORALES (1987): Carácter oscilatorio de la geodinámica endógena reciente en zonas sismogeneradoras cubanas. Rey. Cienc. Tierra Esp., 13:23.31. (1989): Movimientos tectónicos recientes de la corteza terrestre. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Ed. Inst. Geogr. Nac. España, Madrid, p. IV 2.1.

LILIENBERG, DA., SR. HERNÁNDEZ SANTANA, ME. MARQUÉS TABLÓN, 5. RUEDAPÉREZ(1988): General trends and regional differentiation of the recent geodynamics of morphostructures of an island interplate zone: studies in a polygon at Santiago de Cuba and in an Eastern model area. Journal of Geodynamics, 9: 305.318.

LILIENBERG, D. A., J. R. HERNÁNDEZ SANTANA, ME. MARQUÉS TABLÓN, L. GÓMEZ ALVAREZ (1992): Movimientos tectónicos recientes de Cuba. No. 1. El polígono geodinámico complejo de Santiago de Cuba. Ed. Academia, La Habana, 568 pp.

OSTRÓPICO, P. A. (1980): Modelo de los movimientos verticales recientes de la corteza terrestre en regiones sísmicas y las regularidades del sentido de los movimientos lentos (tipo g). En: Sovremennye dvizhenia zemnoy Kory ((metody i resultaty issledeovaniy. Ed. Naukova Dumka, Kiev.

RANSTMAN, E. Y. (1979): Los lugares de terremotos y la morfoestructura de los países montañosos (en ruso). Ed. Nauka, Moscú, 169 pp.

RIKITAKE, T. (1969): An approach to prediction magnitude and occurrence time of earthquakes. Tectonophysics, 8(2).

RUEDA PÉREZ, S. (1988): Estudio de los movimientos verticales de la corteza terrestre según las nivelaciones en el polígono geodinámico de Santiago de Cuba (en ruso). Tesis de doctorado en ciencias fisicotécnicas, Moscú, 194 pp.

SCHOLZ, C.H. (1972): Crustal movements in tectonic areas. *Tectonophysics*, 14(3,4).

ZHIDKOV, M.P. (1985): Morfoestructura de las zonas de sutura continental-oceánicas del cinturón pacífico en relación con el pronóstico de los lugares de fuertes terremotos (Kamchatka, Suamérica Occidental) (en ruso). Resumen de la tesis de doctorado en ciencias geográficas.. Inst. Geografía. Acad. Cienc. URSS, Moscú, 27 pp.