

DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA APLICADA
Y MEDIO AMBIENTE
FACULTAD DE ING. CIVIL, ISPJAE

Nuestro departamento puede acometer tareas relacionadas con las investigaciones geólogo-geofísicas y trabajos medio ambientales, garantizando la seriedad, calidad y eficiencia de sus resultados avalados principalmente por sus especialistas de alto nivel científico (70% de Doctores y Masters), y por más de treinta años de experiencia.

Principales esferas de Desarrollo del Departamento

1. Medio Ambiente

- Estudios de impacto ambiental.
- Estudios geológicos, geofísicos y geoquímicos para la conservación del medio ambiente.

2. Procesamiento de la Información

- Procesamiento de datos geólogo-geofísicos para la prospección de agua subterránea, minerales sólidos y petróleo.
- Interpretación compleja de datos geólogo-geofísicos para la prospección de agua subterránea, minerales sólidos y petróleo.

3. Informática

- Diseño y elaboración de *software* para el tratamiento y la interpretación de datos en la rama geológica.

4. Minerales y Aguas Subterráneas

- Complejo de métodos geofísicos en el estudio de yacimientos lateríticos.
- Confección de mapas pronósticos para la evaluación de minerales y aguas subterráneas.
- Interpretación de registros geofísicos de pozos para la caracterización de los yacimientos minerales sólidos y agua subterránea.
- Prospección geológica de yacimientos de minerales metálicos y no metálicos.
- Oferta de un catálogo con la caracterización de las propiedades físico-mecánicas de los mármoles cubanos, que pueden ser utilizados para trabajos en otras localidades.

5. Ingeniería geológica y Arqueología

- Investigaciones geofísicas para la ingeniería geológica.
- Trabajos geofísicos para investigaciones arqueológicas en sitios urbanizados y no urbanizados.

6. Paleomagnetismo

- Ejecución e interpretación de trabajos paleomagnéticos con aplicación a la tectónica y geocronología.

7. Prospección Petrolera

- Metodología para la interpretación combinada de datos geológicos, geofísicos, morfométricos y de teledetección con la concepción de la interpretación cosmos-aire-tierra-pozo para la determinación del grado de prospectividad de yacimientos petrolíferos en áreas que posean información de este tipo. Se han obtenido muy buenos resultados en zonas de cuencas superpuestas de nuestro país.
- Cartografía automatizada empleando técnicas no convencionales y confección de mapas pronósticos.

Actividades de Posgrado

- Desarrollo de cursos cortos y entrenamientos especializados.
- Diplomados en Medio Ambiente, Procesamiento Digital, Teledetección y Sistema de Información Geográfica y Estudios Marinos.
- Maestría en Geofísica Aplicada con menciones en: Estudio del Medio Ambiente Físico, Hidrogeología e Ingeniería Geológica, Minerales, Petróleo y Geoprocesamiento.
- Desarrollo de Doctorados en el área de las Geociencias.

Eventos Científicos

- Desarrollo del III TALLER DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE en el mes de marzo de 1999, con sede en el Instituto Superior Politécnico «José Antonio Echeverría», Ciudad de La Habana, Cuba.

Para mayor relación con cualquier aspecto de la actividad que desarrolla nuestro colectivo dirigirse a:

Dr. José Pérez Lazo, J'Dpto. Geofísica, Fac. Ing. Civil, ISPJAE, Ciudad de La Habana, Cuba.
Teléfono: 20 0641 al 51 Ext. 141 Fax: (537) 27 2964
Correo Electrónico: geofisica@civil.ispjae.edu.cu

Características de la corteza terrestre de Cuba y su plataforma marina

Roberto Otero Marrero*
José Luis Prol Rodríguez**
Rafael Tenreyro Pérez***
Gerardo Lino Arriaza Fernández****

*Investigador agregado. Centro de Investigaciones del Petróleo. Washington 169, esq. Churruga, Cerro, Ciudad de La Habana 12000. E-mail: ceinpet@ceniai.cu
**Especialista del Departamento de Geofísica de la ENG. Calle 19 esq. 8. Vedado, Ciudad de La Habana 10600.
***Investigador titular. Centro de Investigaciones del Petróleo. Washington 169 esq. Churruga, Cerro, Ciudad de La Habana 12000. E-mail: ceinpet@ceniai.cu
****Especialista del Departamento de Geofísica de la ENG. Calle 19 esq. 8. Vedado, Ciudad de La Habana 10600.

RESUMEN: Se ofrece el mapa del relieve del piso de la corteza terrestre de Cuba a escala 1:2 000 000, construido sobre la base de datos sísmicos y gravimétricos. Son trazadas las principales dislocaciones que afectan la superficie de Mohorovich, las cuales están comprendidas en dos sistemas, uno con rumbo sudoeste-noreste, con características de desplazamiento horizontal, y otro longitudinal a la Isla, correspondiendo por su naturaleza a fallas de cizalla con componente de compresión. Se observan tres tipos de corteza: oceánica en el extremo más oriental de la isla y en los mares profundos del sur de la plataforma insular, corteza transicional fina en la porción oeste del extremo oriental, costa y plataforma sur de la Isla, y corteza transicional gruesa para el resto del territorio centro norte de la Isla y su plataforma insular.

ABSTRACT: The map of the bottom of earth's crust of Cuba, scale 1:2 000 000 was constructed on the base of seismologic and gravimetric data. Two systems of faults affect the surface of Mohorovich. One system, southwest-northeast trend, with shear displacement and other longitudinal to the Isle, composed mostly by compressional shear faults. Three types of crust are observed: oceanic crust in the eastern part of the island and in the deep seas of the south, thin transitional crust close to the southern coast and platform and thick transitional crust for the rest of the northern and central territory of the island.

INTRODUCCIÓN

Los esquemas de tipos de corteza elaborados por los investigadores de la Universidad de Texas (Buffler *et al.*, 1990; 1994) para el golfo de México y el sur de las Bahamas presuponen la existencia en estas regiones de una corteza continental de transición y una corteza oceánica. La corteza continental de transición es clasificada, según su espesor, en fina y gruesa. Estos esquemas fueron tomados como patrón de referencia para el estudio realizado en Cuba y su plataforma marina.

La transición de la corteza continental se produce a causa del estiramiento producido por ella durante el proceso de distensión que acompañó la ruptura de Pangea. En el golfo de México el valor máximo de estiramiento para la corteza continental es de $\beta = 4,5$ veces. A partir de $\beta = 5$ la corteza es oceánica (Buffer *et al.*, 1990). La diferencia entre los tipos de corteza de transición es sutil, la corteza de transición gruesa presenta una tasa de estiramiento $\beta = 1,5-2,5$ mientras que la corteza fina presenta un $\beta = 2-4,5$. En función de β , la corteza transicional gruesa alcanza un espesor de 30 km o más, la transicional fina entre 20 y 30 y la corteza oceánica menos de 20 km de espesor considerando la hidrósfera.

Datos utilizados

Para la confección del mapa de espesores de la corteza terrestre de Cuba se utilizan datos sísmológicos y gravimétricos. Los datos sísmológicos fueron adquiridos empleando la metodología de ondas de cambio de los terremotos. Este método fue patentado en la URSS como ZEMLIA o MOVZ y se basa en el registro, en el rango de frecuencia entre 7-10 Hz, en estaciones portátiles, de las anomalías residuales provenientes de terremotos lejanos, cercanos y explosivos industriales. A partir de las diferencias entre las ondas de cambio P y S se calculan las propiedades y la profundidad del límite que produce esta anomalía. Este método fue aplicado en Cuba entre 1972 y 1975 (Shervakova, V. *et al.*, 1975) con observaciones cada 5-7 km a lo largo de las líneas regionales ubicadas a lo largo y ancho de la Isla (Figura 1).

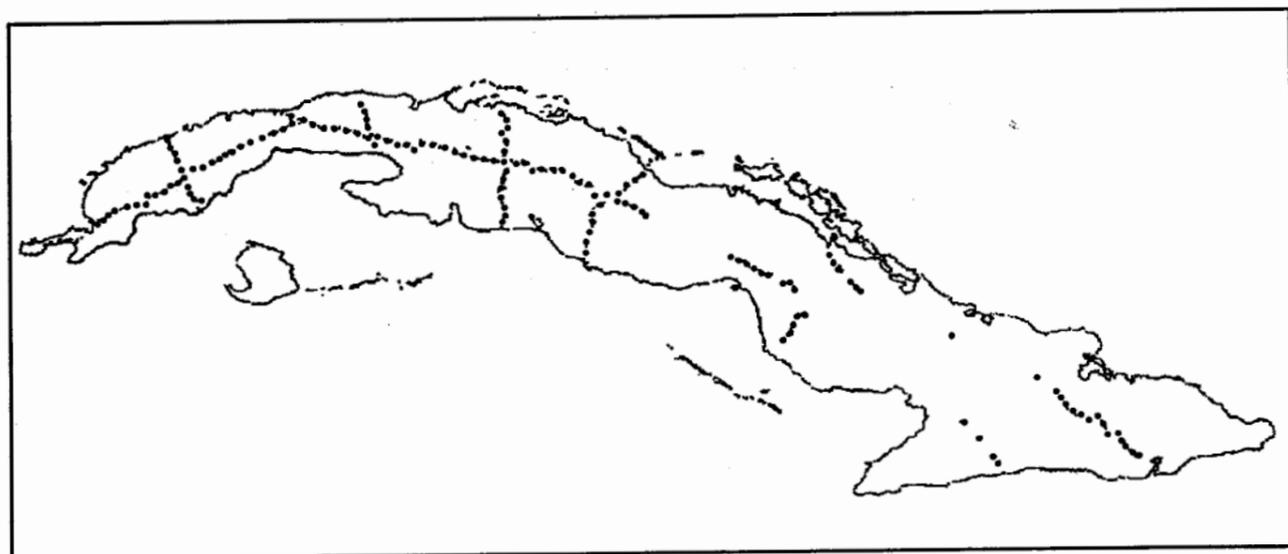


FIGURA 1. Red de puntos de observación «ZEMLIA» utilizados.

Como fuente de datos gravimétricos se tomó el mapa unificado de anomalías en reducción de Bouguer, de toda Cuba, a escala 1:500 000 (Prol, 1993).

Correlación del campo gravitatorio con la superficie de Mohorovich

El estudio de la composición espectral del campo gravitatorio incluyó la función de autocorrelación, la transformada de Fourier y el espectro de potencia por el método de máxima entropía. Como resultado se determinó que el campo efecto de la discontinuidad de Mohorovich tiene una longitud de onda de 135 km. Esta onda se destaca mejor utilizando un filtro de promediación con un radio de 30 km.

Para establecer la correlación estadística entre los valores de gravedad residual y la profundidad de Moho, determinada según el método sísmológico, se tomaron 226 puntos. Todos estos puntos corresponden a estaciones de observación del método ZEMLIA, donde se ha calculado con seguridad la profundidad del topo del manto (Figura 1).

Los valores de gravedad en estos puntos fueron tomados del mapa residual con radio de 30 km. Finalmente, se obtuvo una buena correlación estadística entre estos parámetros y se observó un coeficiente de correlación lineal igual a 0,89. El error normalizado de estimación de la profundidad igual a ± 2,25 km. La correlación suele perder su carácter lineal para los valores mayores de 100 mgl. Por ese motivo se asumió como función de correlación estadística un polinomio de tercer grado (Figura 2).

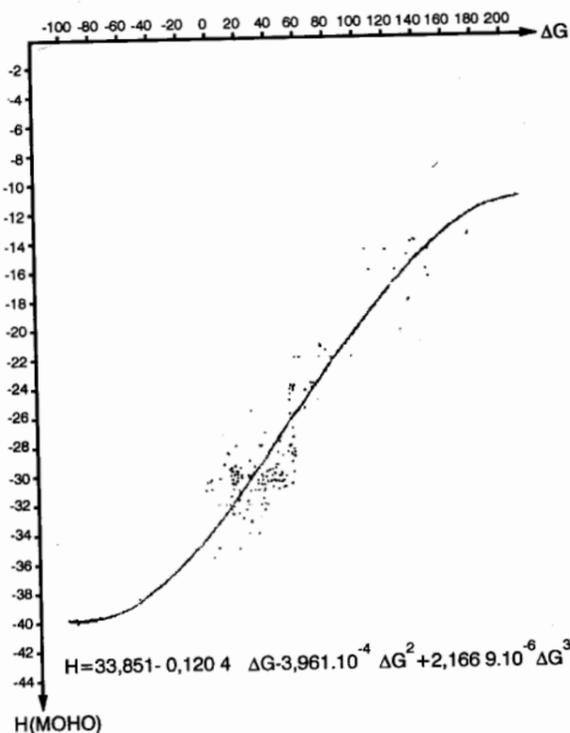


FIGURA 2. Dependencia entre las profundidades de Moho, dadas por ZEMLIA y las anomalías de Bouguer transformadas con el filtro de R = 30 km.

El ajuste por mínimos cuadrados arrojó la siguiente expresión:

$$H = 33,851 - 0,1204 \Delta G - 3,961 \cdot 10^{-4} \Delta G^2 + 2,1669 \cdot 10^{-6} \Delta G^3$$

Esta expresión fue asumida como ley estadística para confeccionar el mapa de espesores de la corteza.

Confección del mapa de espesores

Para la confección del mapa de espesores (Figura 3) se utilizó el mapa promediado R = 30 km. El primer paso en la construcción del mapa fue el trazado de las principales fallas que cortan la superficie de Mohorovich. Dichas dislocaciones se trazaron siguiendo los

gradientes, que responden presumiblemente al desplazamiento vertical de las masas a uno y otro lado del plano de ruptura. Se toman, además, como índice de falla, las distorsiones bruscas del campo gravimétrico (en el caso que estas se repitan en varias anomalías de signos diferentes y correlacionables a largas distancias). Estas fallas se interpretan como dislocaciones de cizalla (Shein, et al., 1985). De esta manera fueron determinados dos sistemas de falla: uno con rumbo suroeste-noroeste y otro longitudinal al eje de la Isla. Este último sistema está compuesto por dos fallas paralelas cuya dirección se va desplazando desde la costa norte en La Habana hasta la costa sur en Camagüey.

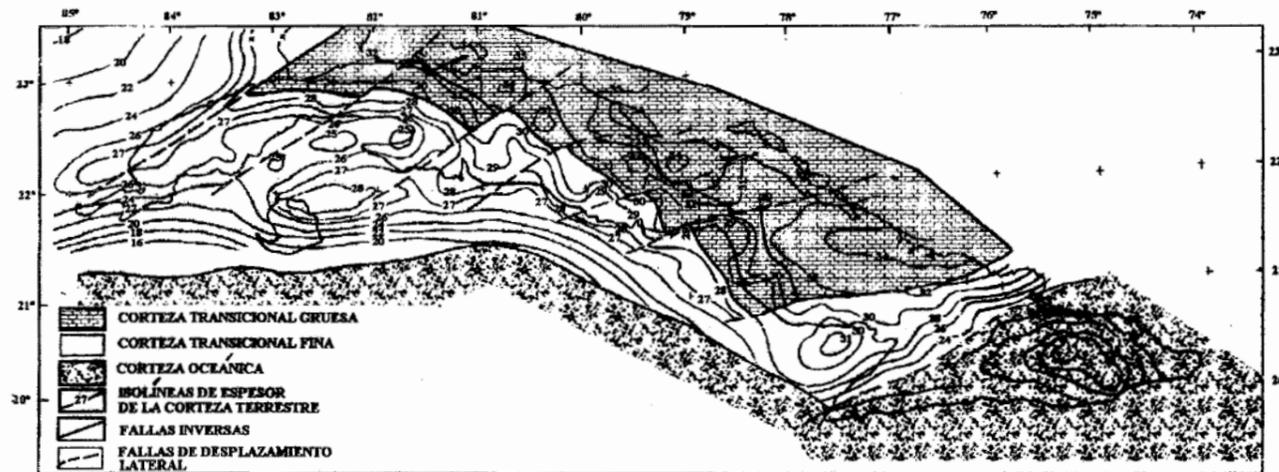


FIGURA 3. Mapa de espesores y tipos de corteza terrestre para Cuba y su plataforma marina.

Las isólinas de espesor de la corteza fueron trazadas teniendo en cuenta los valores del campo gravimétrico transformado y su relación con la profundidad del manto.

Tipos de corteza

En el mapa de espesores se observa una diferencia marcada entre los espesores obtenidos en el orógeno cubano y los obtenidos en los mares del sur y el extremo oriental de la Isla. El poco espesor de la corteza en los mares del sur de Cuba demuestra la presencia, en esta región, de una corteza de tipo oceánica. Curiosamente, el extremo oriental de Cuba presenta, igualmente valores reducidos del espesor de la corteza: menos de 20 km. Aquí los datos sísmicos disponibles muestran una corteza extremadamente fina, lo que se ha interpretado como corteza oceánica considerando sólo su espesor y su alta densidad relativa.

En el resto del archipiélago cubano los espesores calculados oscilan entre 20 y 35 km, lo que sugiere una corteza de tipo continental.

Para identificar los tipos de corteza, se parte de la suposición que en un inicio (antes de la orogenia) los diferentes tipos de corteza continental presentes en el

área son productos exclusivamente del proceso de distensión que acompañó la ruptura de Pangea.

Se supone, además, que los tipos de corteza previos a la orogenia no tienen ninguna relación con las posibles irregularidades en la composición (heterogeneidades) del basamento antes de la ruptura. Estos tipos de corteza se mantienen en la región del golfo de México, al norte de Cuba, donde la influencia de la orogenia es mínima. El estiramiento que acompañó la ruptura de la corteza original implicó la formación de la llamada corteza de ruptura o corteza transicional gruesa (CTG). Esta corteza observada en el norte de Cuba ha sido reportada en Bahamas, Yucatán y costa del Golfo.

Sobre esta corteza se deposita la secuencia de base (*syn-rift*), cuyo ejemplo en Cuba es la Fm. San Cayetano. Parte de la CTG se afinó aún más durante la transición hacia el establecimiento de la deriva en el jurásico superior y con posterioridad, durante la etapa de deriva hasta el turonense, para constituir la denominada corteza transicional fina (CTF). Esta corteza conforma el basamento en la mayor parte del territorio de Cuba y se reporta además en el golfo de México (con excepción de la cuenca Sigsbee) y el sur de Yucatán.

Finalmente, en la etapa de deriva (*drift*) se forma la corteza oceánica. El comienzo de la etapa de deriva se reconoce en la cuenca oceánica del Sigsbee a partir de los eventos magnéticos en las bandas de expansión oceánica (*spreading*) (Buffler *et al.*, 1990).

En el Caribe, sin embargo, no se observa con edad tan antigua. Esto, al parecer, se debe a que la corteza de esta edad desapareció debajo del arco volcánico del cretácico.

A fines del cretácico superior, con el inicio de la etapa orogénica, parte de los espesores perdidos por la corteza original se recuperan a causa de la obducción del arco volcánico y su corteza oceánica sobre los depósitos de la cuenca del margen continental, los que a su vez, se apilan y cabalgan sobre el borde sur de la plataforma carbonatada de las Bahamas.

Casi toda la corteza en Cuba ha sido afectada por procesos orogénicos y posorogénicos. Esta afecta-

ción se expresa, en primer lugar, por un engrosamiento de ella. En segundo lugar, por desplazamientos relativos de bloques del basamento, y en tercer lugar, por transformaciones en su composición química con la posible (??) manifestación de un magmatismo sinorogénico.

En el mínimo regional del campo promediado que se manifiesta en la mitad septentrional de la Isla, se calculan profundidades de hasta 34 km. Hacia el sur, los espesores siguen siendo considerables, oscilan entre 20 y 31 km. En la primera aproximación toda la corteza continental de Cuba se puede considerar como una corteza de transición gruesa o corteza orogénica. Sin embargo, la correlación con los tipos de corteza presentes en el Golfo (donde los espesores actuales son el reflejo del proceso de extensión permite clasificar la corteza transformada de Cuba en fina y gruesa por su origen (Figura 4).

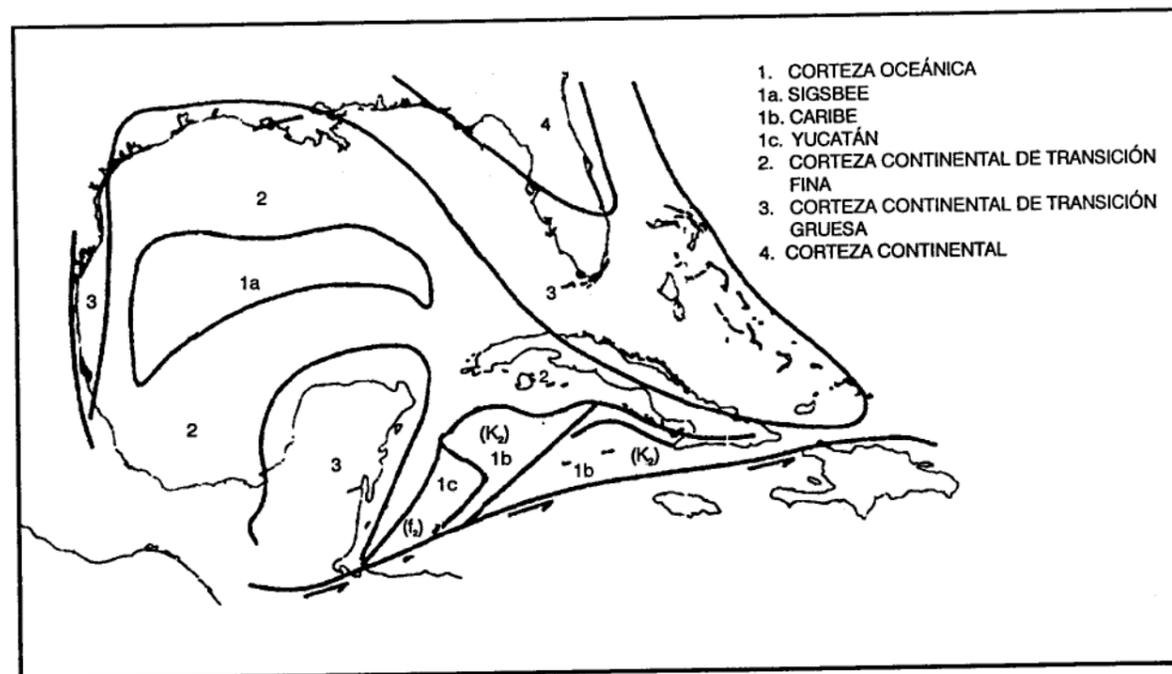


FIGURA 4. Tipos de corteza en Cuba y áreas adyacentes (según Tenreyro, R., 1994).

Así, al norte del mínimo regional septentrional cubano los espesores son del orden de los 30-32 km, lo que correlaciona bien con la corteza de Bahamas (en el propio mínimo alcanza 34 km). Esta zona se identifica como una corteza transicional gruesa. Inmediatamente al sur, comienza una región de fuertes gradientes que representa la continuación de la zona de corteza presente en el golfo de México. Esta se identifica correspondientemente como corteza transicional fina, aunque sus espesores pueden alcanzar hasta 31 km. De esa manera

se puede establecer la zonación en cuanto a los tipos de corteza que constituyen el subsuelo profundo cubano, donde desempeñan un papel fundamental las fallas longitudinales al rumbo de la Isla y que separan a dichas zonas. Por su naturaleza, corresponden fundamentalmente a fallas inversas con el bloque yacente en el norte.

Teniendo en cuenta su magnitud y que afectan a toda la corteza, se supone que su última actividad corresponde a la reactivación posorogénica del neógeno y el cuaternario.

CONCLUSIONES

1. La mayor parte de la corteza presente en Cuba es continental, transformada por procesos orogénicos.
2. A partir de la correlación del mapa de espesores de la corteza con los mapas similares confeccionados para áreas vecinas, se pueden correlacionar los tipos de corteza de transición fina y gruesa.
3. Los límites entre estos tipos de corteza están relacionados con fallas transcorticales. Estas fueron reactivadas no sólo durante la orogenia, sino con posterioridad. Tienen un carácter fundamentalmente de cizalla, y se diferencian fallas con componente compresivo (fallas a lo largo del eje de la Isla).

REFERENCIAS

BUFFLER, R.T. *et al.*: *Crustal types and North-West trending structural features: constrains on reconstructing the Gulf of Mexico Basin*,

vol. 22, no. 7, pp. A186, Geological Society of America, Abstracts with programs, 1990.

BUFFLER, R.T. and W.A. THOMAS: «Crustal structure of the southeastern margin of North America and the Gulf of Mexico», in: *Speed R.C. Phanerozoic evolution of North America continent-Ocean transition*, Boulder Colorado. GSA DNAG Continent-Ocean transect volume, pp. 219-264, 1994.

PROL, J.L.; G. ARRIAZA y R. OTERO: Nota explicativa al mapa estructural del basamento en Cuba, Informe no publicado, Archivo CEINPET, 1993.

SHEIN, V.S. y otros: *Nota explicativa al mapa tectónico de Cuba*, Ministerio de la Industria Básica, La Habana, 1985.

SHERVAKOVA, V. y otros: *Informe sobre los resultados con los aparatos ZEMLIA en el territorio de Cuba occidental llevados a cabo entre 1972 y 1974*, Archivo CEINPET, 1975.

—: *Informe sobre los resultados con los aparatos ZEMLIA en el territorio de Cuba oriental llevados a cabo entre 1974 y 1975*, Archivo CEINPET, 1975.

TENREYRO, R. *et al.*: *Geologic evolution and structural geology of Cuba*, Abstracts AAPG Annual Meeting, June 12-15, Denver, Colorado, 1994.

CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA

Productos Informativos y Servicios

- Búsqueda bibliográfica sobre información geológica almacenada en nuestro Centro.
- Confección de paquetes informativos de temáticas definidas de la especialidad que usted solicite.
- Traducciones de los idiomas Inglés y Ruso al Español y viceversa.
- Reproducción de documentos: fotocopias y copias en portadores magnéticos.
- Venta de productos informativos, libros, folletos, informes, mapas y otros.
- Se ofrece asistencia técnica en organización y dirección del trabajo, así como entrenamientos y elevación de la calificación en la actividad de información científica y sus sistemas automatizados.
- Edición de publicaciones científicas.

Estos productos informativos y servicios le conceden al usuario una valiosa e importante información geológica sobre trabajos publicados y no publicados de documentos nacionales y extranjeros que se encuentran en nuestro Instituto.

El procesamiento y traducción de la información, que ofrecemos, se lleva a cabo por un personal de experiencia y altamente calificado en el campo de la información científica y geológica.

Vía Blanca s/n ent. Línea de Ferrocarril y Carretera Central, Ciudad de La Habana, Cuba.
CP 11000 Teléf. 55 7232, 55 7079 Fax: (537) 3 3871 Télex: 51 1325, 51 1558