



MAPAS GENERALIZADOS DE LAS ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS DEL CARIBE OCCIDENTAL Y AMÉRICA CENTRAL

José Luis Cuevas Ojeda⁽¹⁾ Lázaro A. Díaz Larrinaga⁽²⁾ y Bárbara Polo González⁽³⁾

Dpto. Geofísica Regional, Instituto de Geofísica y Astronomía, Calle 212 No. 2906 e/ 29 y 31, La Coronela, La Lisa, Ciudad de La Habana, CP 11 600, Cuba. C. Eléct.: (1) jlcuevas@iga.cu, (2) ldiaz@iga.cu, (3) bpolo@iga.cu

RESUMEN

El presente trabajo ha tenido como principal objetivo el completamiento del mapa de anomalías gravimétricas de aire libre y de Bouguer total (con corrección topográfica hasta 167 km) del Caribe occidental desde los 9 grados de latitud norte hasta los 27,22° y entre los -90 y -65 grados de longitud oeste a escala 1:2 000 000.

En 1994 se culmina por primera vez la confección de un mapa de anomalías de Bouguer total (con corrección topográfica hasta 167 km) de Cuba centro oriental, culminándose en 1998 la confección del mapa del mismo carácter de toda Cuba en 1998, a escala 1:500 000, en ambos casos por Cuevas y otros.

En 1999 se calcula el Efecto Gravitacional del terreno en el Caribe centro occidental (Cuba, La Española, Jamaica y mares adyacentes). Elaborándose en ese mismo año el Mapa de Anomalías gravimétricas de Bouguer total (con corrección topográfica hasta 167 km) en el Caribe centro occidental, a escala 1:2 000 000 por Cuevas y otros (2000).

Este resultado constituye la ampliación de la generalización metodológica del cálculo de las anomalías gravimétricas de Bouguer total en el área del Caribe occidental, donde se encuentran la mayor parte de las islas pertenecientes a las Antillas Mayores, incluyendo América Central, y la parte septentrional occidental de América del Sur, lo que permitirá en el marco del Proyecto "Contribución al Modelo de Evolución Geológica del Caribe Occidental según Datos Geofísicos", llevar a cabo interpretaciones geólogo-geofísicas con nueva información.

ABSTRACT

The present paper has had as main goal the realization of free air gravity and Bouguer anomalies maps (with topographical correction up to 167 km) of the western Caribbean from the 9 degrees of north latitude up to the 27,22 degrees and between the -90 and -65 degrees of longitude west to scale 1:2 000 000.

In 1994, culminates the making of the gravity Bouguer anomalies map for the first time (with topographical correction up to 167 km) of center eastern Cuba, being culminated in 1998 the making of the map of the same character of all Cuba, to scale 1:500 000, in both cases for Cuevas and others.

In 1999, the gravitational effect of the terrain is calculated in the Caribbean western center (Cuba, The Hispaniola, Jamaica and adjacent seas). being elaborated in that same year the gravity Bouguer anomalies map (with topographical correction up to 167 km) in the Caribbean western center, to scale 1:2 000 000 for Cuevas and others (2000).

This result is the amplification of the methodological generalization of the calculation of the gravity Bouguer anomalies map in the area western Caribbean, where they are most of the islands belonging to the Greater Antilles, including central America, and the part northern Westerner of America of the South, what will allow in the frame the Project "Contribution to the Model of Geological Evolution of the Western Caribbean according to Geophysical Data", to carry out geological and geophysical interpretations with new information.



Introducción

En Cuba se han realizado varias generalizaciones gravimétricas a escalas regionales, entre las que se encuentran la realizada por Soloviev et al. (1964), a escala 1:500 000 de un mapa de anomalías de Bouguer simple, posteriormente se confecciona un nuevo mapa bajo la redacción de N. Sazhina, también a la misma escala que culmina en 1968. En 1989 se culmina una generalización a una escala 1:500 000 realizada por Cuevas y otros.

En 1994 se culmina por primera vez la confección de un mapa de anomalías de Bouguer total (con corrección topográfica hasta 167 km) de Cuba centro oriental, culminándose en 1998 la confección del mapa del mismo carácter de toda Cuba en 1998, a escala 1:500 000, en ambos casos por Cuevas y otros.

En 1999 se calcula el Efecto Gravitacional del terreno en el Caribe centro occidental (Cuba, La Española, Jamaica y mares adyacentes). Elaborándose en ese mismo año el Mapa de Anomalías gravimétricas de Bouguer total (con corrección topográfica hasta 167 km) en el Caribe centro occidental, a escala 1:2 000 000 por Cuevas y otros (2000).

El presente resultado es la ampliación, sobre la base de la adición de nueva información de la generalización metodológica del cálculo de las anomalías gravimétricas de Bouguer total en el del área Caribe occidental, donde se encuentran la mayor parte de las islas pertenecientes a las Antillas Mayores, incluyendo en esta ocasión América Central, y la parte septentrional occidental de América del Sur, lo que permitirá en el marco del Proyecto "Contribución al Modelo de Evolución Tectónica del Caribe, según datos Geofísicos", llevar a cabo interpretaciones geólogo-geofísicas con nueva información.

El presente trabajo ha tenido como principal objetivo el completamiento del mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer total (con corrección topográfica hasta 167 km) del Caribe occidental desde los 9° de latitud norte hasta los 27,22° y entre los -90° y -65° de longitud oeste a escala 1:2 000 000.

Materiales y métodos

Materiales

Área de Estudio. La misma se ubica entre los 9° y los 27,22° de latitud norte y los 68,13° y 88,43° de longitud oeste, que incluye a Cuba, La Española, Jamaica, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, los extremos meridionales de los territorios de Panamá y Colombia y el extremo oriental de México y sus mares adyacentes (fig. 1).

Modelo Digital de Elevación (MDE). El completamiento del MDE hasta los 9 grados de latitud norte, se obtuvo del sitio web MARINE GRAVITY FROM SATELLITE ALTIMETRY (Sandweel, T. [en línea]). Estos datos se regularizaron a una red regular de 5000 m para su unión con los modelos obtenidos en trabajos recientes (Cuevas et al., 2000), completándose el MDE para el Caribe occidental y América Central. Permitiendo calcular los valores de corrección topográfica hasta 167 km en el área de interés. El MDE del Caribe occidental puede observarse en la fig. 2.

Materiales gravimétricos primarios. Para la elaboración de los mapas finales de aire libre y en reducción de Bouguer total, se contó como base fundamental los mapas obtenidos para el área del Caribe centro occidental por Cuevas y colaboradores (2000), los que incluían la información del mapa de anomalías de Bouguer simple ($\sigma = 2,3 \text{ t/m}^3$) elaborado para toda Cuba a escala 1:500 000 (Cuevas et al., 1989), el mapa de anomalías de Boguer total ($\sigma = 2,67 \text{ t/m}^3$) de Cuba centro oriental a escala 1 : 500 000 (Cuevas, 1994), el mapa de anomalías de Bouguer



simple de La Española (Reblin, 1972) y las observaciones gravimétricas primarias de toda el área bajo estudio correspondientes al Mar Caribe, así como a Jamaica (Bowin, 1976; Paterson et al., 1992). También fueron adquiridos del sitio web antes mencionado (Sandweel, T. [en línea]) los valores gravimétricos de aire libre, completándose la base digital de los datos primarios desde los 9° hasta los 16,15°, para la realización del cálculo de las anomalías gravimétricas en reducción de Bouguer total.

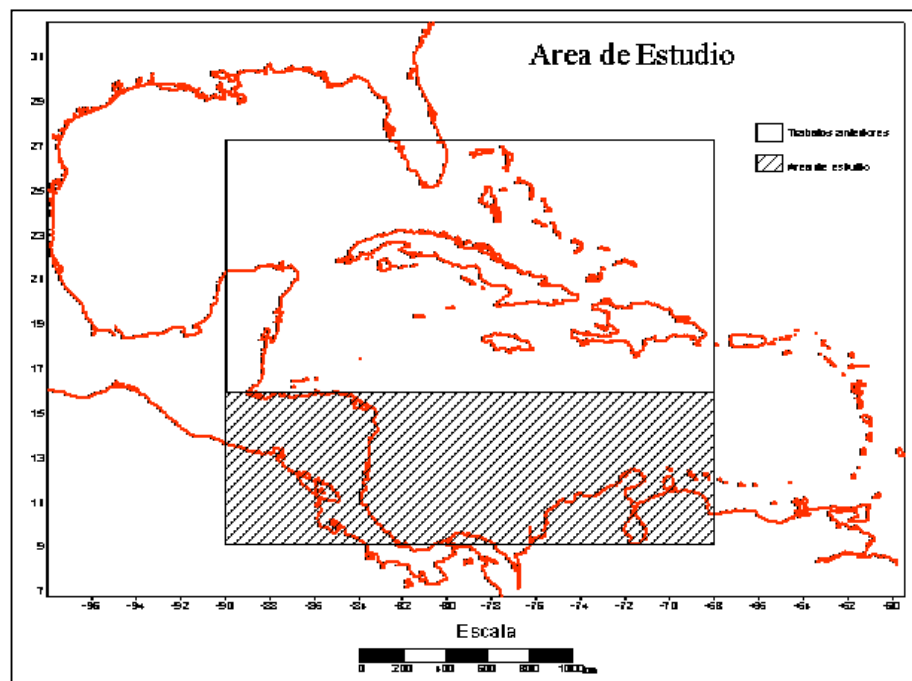


Fig. 1. Área total de estudio en el Caribe occidental. Parte sombreada: área de completamiento.

Método de cálculo del efecto gravitacional del relieve. El método de cálculo ha sido el mismo que fue probado y utilizado con éxito en Cuba, para el cálculo de la corrección topográfica (Pick, 1987) y posteriormente generalizada la metodología para el área del Caribe occidental utilizando el algoritmo implementado por Cuevas (1991), un mayor detalle sobre el aspecto metodológico puede encontrarse en Cuevas (1994) y en Cuevas y Pacheco (1995).

Resultados y discusión

El principal objetivo del presente trabajo lo constituyó la confección de los mapas gravimétricos generalizados en reducción de Bouguer total ($\sigma = 2,67 \text{ t/m}^3$) y de aire libre en el Caribe occidental, América central y la parte septentrional de América del Sur, a una escala de 1:2 000 000. Los mencionados mapas completaron el material necesario para la culminación de una reinterpretación integrada de los campos magnéticos y gravimétricos en la zona de estudio dentro del Proyecto "Contribución al Modelo de Evolución Tectónica del Caribe, según datos Geofísicos" (Díaz et al., 2003).

La cartografía gravimétrica con corrección topográfica es una labor extremadamente laboriosa, máxime cuando los territorios involucrados son muy extensos, como lo es en el presente caso, en el que se ha incluido el territorio del Caribe occidental, adicionando la



América central y la parte septentrional de América del Sur. Es por ello que esta labor ha sido realizada en varias etapas la que ha sido detallada en varios trabajos (Cuevas y Pacheco, 1991; Cuevas, 1994; Cuevas y Díaz, 1996; Alvarez et al., 1999; Cuevas et al., 1998, 1999a, 1999b, 2000a, 2000b).

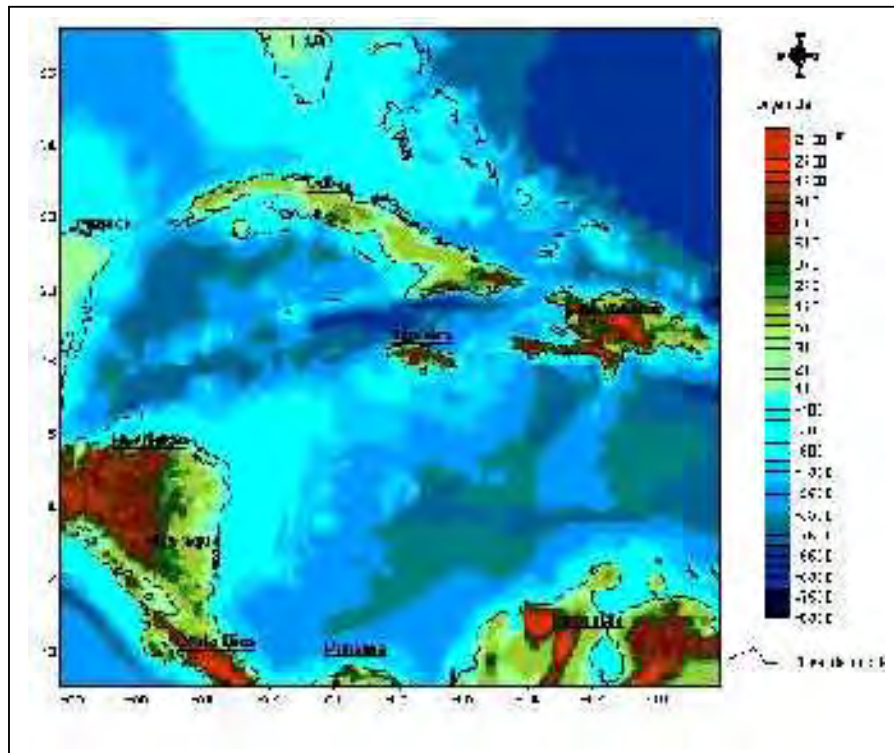


Fig. 2. Modelo Digital de Elevaciones del Caribe occidental, América central y parte septentrional de América del Sur.

Como parte de la información necesaria para la elaboración de los mapas gravimétricos del área, también se presenta el de anomalías de aire libre en la fig. 3.

El efecto gravitacional del relieve en toda el área del Caribe occidental fue calculado utilizando la metodología descrita anteriormente y puede observarse en la fig. 4.

En el presente trabajo se ha continuado la generalización metodológica del cálculo del efecto gravitacional del relieve a un área mayor del Caribe y que incluye por primera vez a América central y parte de América del Sur.

Un estudio del comportamiento del efecto gravitacional generalizado (EG) del relieve en el área de los trabajos, a donde pertenecen las Antillas Mayores (Cuba, La Española, Jamaica), América central (Nicaragua, Honduras, Costa Rica, Panamá) y la parte norte de la América del Sur (Colombia y Venezuela) se hace en el presente trabajo. En el mapa de EG que puede observarse en la fig. 4, se obtuvieron valores máximos de 58 mGal, 21 mGal y 18 mGal para los territorios de Cuba, La Española y Jamaica respectivamente. En la parte norte de Colombia se calcularon efectos gravitacionales máximos de 35 mGal y en América central valores de 18 mGal en la región de Costa Rica.

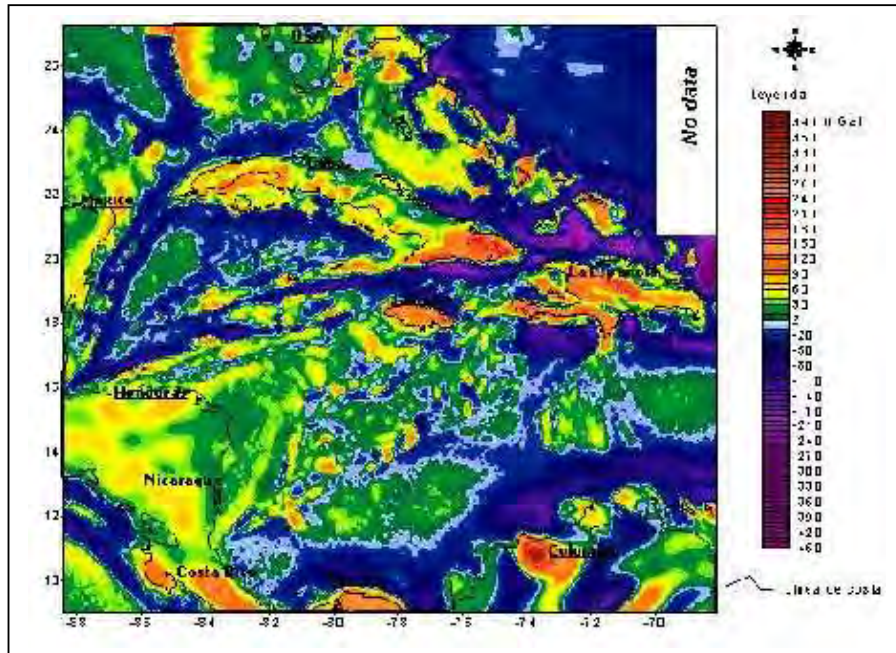


Fig. 3. Mapa del Anomalías de aire libre en el Caribe occidental, América central y parte septentrional de América del Sur

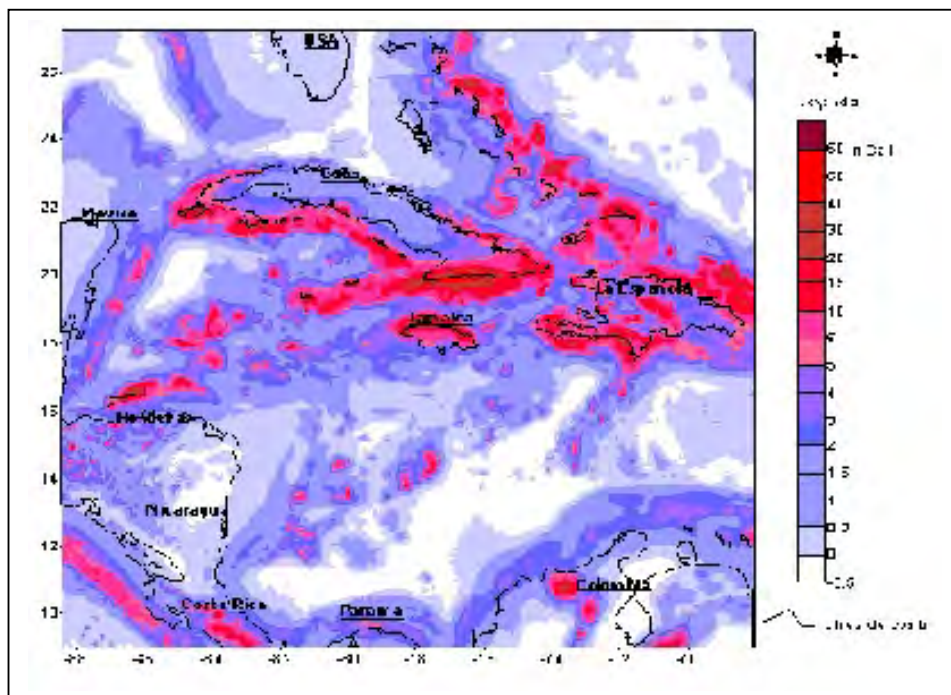


Fig. 4. Mapa del Efecto gravitacional del relieve hasta la zona de Hayford O2 (e.g. 167 km) en el Caribe occidental, América central y parte septentrional de América del Sur



Para el caso de Cuba ya con anterioridad se había realizado un estudio detallado (Cuevas y Pacheco, 1994; Cuevas y Díaz, 1996), así como otro estudio de regionalización de zonas a partir de métodos no supervisados de reconocimiento de patrones (Díaz et. al, 1998), donde se establecieron diferentes zonas de complejidades, pudiéndose obtener un esquema de caracterización regional del efecto gravitacional del relieve en todo el territorio nacional, a escala 1: 1 500 000. En el mismo se representan tres niveles del comportamiento anómalo del relieve topográfico de alta, moderada y baja complejidad, sobre las observaciones de la gravedad. Todo esto fue realizado a partir del estudio de los mapas obtenidos por Cuevas (1994) a escala 1: 500 000 de las correcciones topográficas parciales (de la zona lejana y cercana), así como de la morfometría del relieve topográfico (altura topográfica y gradiente horizontal máximo de la altura).

En el caso del resto de las Antillas Mayores, sólo se tienen referencias de trabajos considerando EG en Jamaica con los trabajos realizados por Paterson et al. (1992), cuando realizaron el mapa gravimétrico de anomalías de Bouguer del territorio escala 1:250 000, donde tuvieron en cuenta el EG hasta los 18 km.

El presente estudio de generalización considera a la región de las Antillas Mayores (Cuba, La Española, Jamaica y mares adyacentes), calculándose para La Española y Jamaica los mencionados EG a escala 1:500 000, y teniendo en cuenta MDE de escala 1:50 000, como se realizó en Cuba.

Empleando la metodología descrita anteriormente, se determinaron valores en tierra que alcanzan los 58 mGal, localizándose en el extremo meridional de Cuba oriental. Los mínimos valores del EG en Cuba se localizan en las zonas de llanuras que se extienden a todo lo largo del territorio como son: la Cuenca del Cauto y las llanuras de Camagüey por el oriente y por el occidente la llanura Habana-Matanzas y toda la parte meridional de la Isla de la Juventud entre otras. Las zonas de altos valores del EG, se ubican en la Sierra Maestra, el Macizo Escambray, la Cordillera de Guaniguanico, la Sierra de Nipe-Cristal, y la Sierra del Purial. Los valores máximos de gradiente del EG, se localizan en el extremo sur oriental de Cuba, con dirección de máximo gradiente de N a S (Cuevas y Pacheco, 1994; Cuevas y Díaz, 1996)

Los máximos valores del EG en La Española alcanzan algo más de 25 mGal, y se localizan en el extremo meridional de la Sierra de Bahoruco, y otro similar de 24 mGal al SE de la Cordillera Central, otros valores máximos están localizados en el Oeste de las montañas sur del Macizo la Silla con valores que oscilan entre los 10 y 23 mGal. Los mínimos se localizan, en gran parte de las cordilleras septentrional, central y oriental y en el Golfo de Gonaives con valores que oscilan entre 2-10 mGal. El EG en este territorio tiene un carácter más homogéneo que el exhibido en Cuba, con zonas de máximos gradientes localizadas al norte de la Sierra de Bahoruco y en la Cordillera central, en ambas zonas la dirección de máximo gradiente es de NE a SW.

En el territorio de Jamaica se reportan máximos de 18 mGal, localizados en la Sierra Blue. En este territorio el EG mantiene un comportamiento muy estable, con valores que van desde los 5 a 10 mGal, con dirección de gradiente máximo de S a N.

Es así que sobre la base de los mapas del efecto gravitacional de las masas topográficas hasta 167 km, a escalas 1:500 000 construidos para Cuba, La Española, Jamaica (Cuevas et al., 1999a), así como el mapa confeccionado para la parte central del Caribe occidental (Cuevas et al., 2000), se pasó a la elaboración para el completamiento del área de estudio (fig.1, área sombreada) del mapa de anomalías de Bouguer total utilizando la adición al MDE, para el cálculo del efecto gravitacional del que se hizo una descripción general. En la fig. 5 se muestra el mapa de anomalías gravimétricas en reducción de Bouguer total.

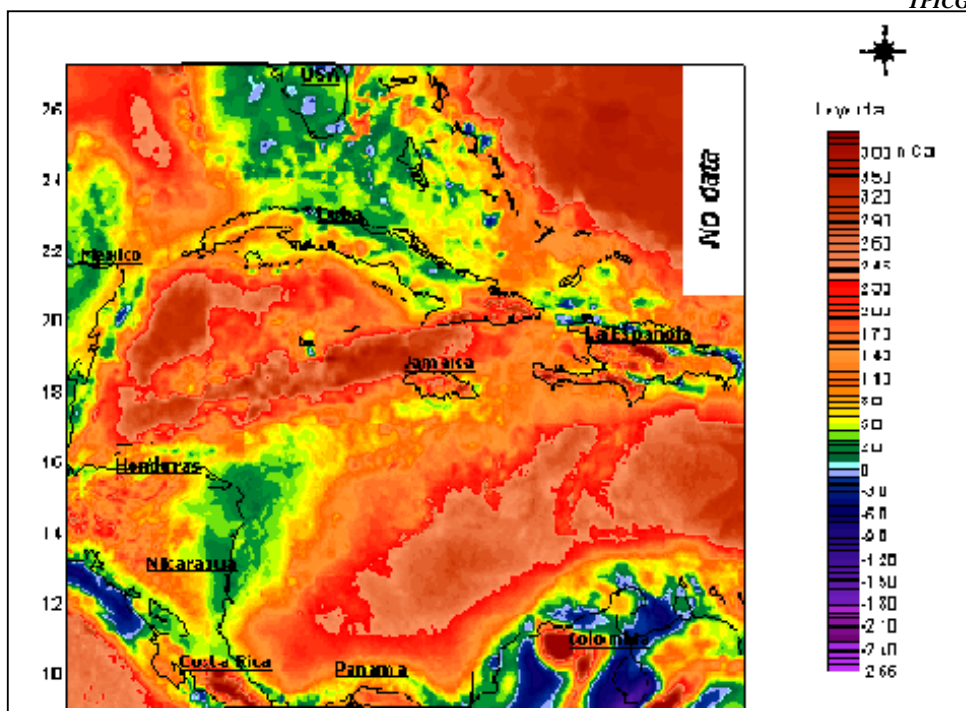


Fig. 5. Mapa de las Anomalías Gravimétricas en reducción de Bouguer total (e.g. con corrección topográfica hasta 167 km) en el Caribe occidental, América central y parte septentrional de América del Sur

La región de estudio se caracteriza por un campo de anomalías en reducción de Bouguer total, complejo con valores que van desde los -150 mGal hasta los 894 mGal. Una caracterización del mismo puede encontrarse en Cuevas et al. (2000). En el presente trabajo sólo nos referiremos brevemente al área adicional (fig. 1).

El cálculo de las anomalías gravimétricas de Bouguer en las nuevas áreas incluidas en la generalización dieron como resultados en la parte norte de Colombia valores que sobrepasan los 865 mGal, otro valor alto determinado en la zona de América Central fue en Costa Rica con valores que alcanzan los 495 mGal. Valores mínimos se localizan al oeste de Nicaragua con dirección NW y magnitudes del orden de los -50 mGal, Similares valores se localizan entre Venezuela y Colombia pero con dirección N-NE. Valores intermedios que alcanzan los 294 mGal se localizan en las cuencas de Colombia y Venezuela. Ambas cuencas están delimitadas por zonas de altos gradientes y divididas en dirección NE por el Elevado de Beata con valores que sobrepasan los 190 mGal.

Este mapa será útil desde el punto de vista de las investigaciones geofísicas regionales de la corteza profunda y el manto superior, en el área caribeña y América central, pudiendo considerarse como un aporte importante en el estudio gravimétrico de un área tan importante como lo es el Caribe y América Central, desde el punto de vista geológico, y que ha sido y seguirá siendo objeto de estudio de muchos investigadores.

Desde el punto de vista metodológico es de destacar que se acometió en el área del Caribe un trabajo de cálculo de las anomalías de Bouguer total, reflejándose de esta manera la verdadera magnitud de las anomalías de la gravedad.



Todos estos mapas están montados sobre un sistema de información geográfica que permitirá el procesamiento e interpretación integrada con otros métodos (Plata y Somoza, 1994)

Conclusiones

- ⌘ El presente trabajo cumplió satisfactoriamente el objetivo de la confección del mapa gravimétrico de anomalías de Bouguer Total del Caribe occidental y América Central ($\sigma = 2,67 \text{ t/m}^3$) de aire libre, a una escala de 1 : 2 000 000.
- ⌘ Se aportan nuevos elementos, para la planificación, e interpretación de los proyectos de investigación gravimétrica en el Caribe occidental aplicados a la búsqueda y exploración de yacimientos minerales, gas y petróleo, asimismo posibilita el esclarecimiento de las anomalías de la gravedad.
- ⌘ Los mayores valores de corrección topográfica (>30 mGal), se localizan al suroeste de Panamá y en Costa Rica. Valores de similar magnitud, pero inferior en extensión se localizan al norte de Honduras.
- ⌘ Los máximos valores de anomalías de Bouguer total se localizan en Colombia y Costa Rica (>895 mGal y 495 mGal respectivamente), así como en las Hoyas de Colombia y Venezuela, con valores que sobrepasan los 270 mGal, estos valores se correlacionan con los que se localizan a todo lo largo de la Fosa Caimanes.
- ⌘ Del análisis comparativo entre el comportamiento de las anomalías de Bouguer total y simple, se puede constatar, que existen desplazamientos y cambios en la amplitud de las anomalías de la gravedad, hecho que demuestra la importancia que tiene la corrección del EG en las mediciones de la fuerza de la gravedad.
- ⌘ El incluir los mapas gravimétricos digitales en un Sistema de Información Geográfica como capas raster, permitirá la utilización de las técnicas propias de estos sistemas, para la interpretación integrada con los demás datos geofísicos y geológicos que se manejan en el presente Proyecto.

Referencias

Autor, Año. Título del artículo. *Publicación (lugar)*, volumen (número) : paginación

Bowin, C., 1982. Free-Air Gravity Anomaly Atlas of The World. Woods Hole Oceanographic Institution, Geological Society of America Map and Chart Series, No. MC-46.

Bureau Gravimétrique International; Association Internationale de Geodésie, Francia, 1988. Bulletin D'Information (Toulouse), (62) : 1-25

Cuevas, J. L., 1994. Caracterización de Anomalías de la Gravedad y su Utilización en Estudios de Tectónica y Sismicidad de Cuba centro oriental, Tesis Doctorado, IGA-ACC, mayo, La Habana, 146 p.

Cuevas, J. L. y M. Pacheco, 1994. Influencia del Efecto Gravitacional del Relieve Topográfico sobre las Anomalías de Bouguer hasta la Zona de Hayford O2 en Cuba oriental. Geof. Int., 33 (3): 385-397



- Cuevas, J. L., M. Fundora, M. Pacheco y B. Polo, 1989. Nuevo Mapa de Anomalías Gravimétricas de Bouguer para la República de Cuba a escala 1 : 500 000. En 1er. Congreso Cubano de Geología (La Habana), Resúmenes, p 114.
- Cuevas, J. L., F. García, M. Pacheco, D. González y R. Ramírez, 1995. Determinación de Estructuras Tectónicas Disyuntivas utilizando Técnicas del Procesamiento de Imágenes y del Gradiente Total Normalizado a partir de Datos Gravimétricos de Cuba Central. Geof. Int., 34(1): 93-105.
- Cuevas, J. L. y L.A. Díaz, 1996. Efecto Gravitacional del Relieve Topográfico en Cuba: Características e Influencia. En Resúmenes, III Simposio Cubano de Geofísica GEOFÍSICA'96, 21-24 Oct. (La Habana), p. 64-65 y en Resúmenes, XI Fórum de Base de Ciencia y Técnica y VI Jornada Científica IGA (La Habana), 25-26 Sept., p. 17-18.
- Cuevas, J. L., L. A. Díaz y B. , 1998. Mapa de Anomalías de Aire Libre y Bouguer total de Cuba a escala 1:500 000. En Rep. de Inv., Inst. Geof. y Astron. (La Habana), 9 p.
- Cuevas, J. L., L. A. Díaz y B. Polo, 1999a. Nuevos Mapas de Anomalías de Bouguer total y Aire Libre de la Española y Jamaica, escala 1 : 500 000. Reporte de Investigación, Inst. Geof. y Astron., (La Habana), 15 p.
- Cuevas, J. L., L. A. Díaz y B. Polo, 1999b. Efecto Gravitacional del Relieve en las Antillas Mayores hasta la zona de Hayford O2, a escala 1 : 2 000 000, Reporte de Investigación, Inst. Geof. y Astron. (La Habana), 12 p.
- Cuevas, J. L., L. A. Díaz y B. Polo, 2000a. Generalización Metodológica del Cálculo del Efecto Gravitacional del Relieve en el Caribe centro occidental: Un Análisis Integrado en Las Antillas Mayores. Resúmenes, en XIII Forum Municipal de Ciencia y Técnica, 6-8 Sept. (La Habana, Cuba)
- Cuevas, J. L., L. A. Díaz y B. Polo, 2000b. Regionalización Gravimétrica en el Caribe Centro Occidental (III): Nuevos Mapas de Anomalías de Bouguer Total y Aire Libre, Escala 1:2 000 000. En Memorias [CD-Rom], III Conferencia Latinoamericana de Geofísica, 17-20 Oct. (Villahermosa, México).
- Díaz L. A., Cuevas J. L. y Polo B., 1998. Caracterización de la influencia del relieve en las observaciones gravitacionales para Cuba, con el uso de métodos no supervisados de reconocimiento de patrones. Rev. Min. y Geol., XV(3): 31-38
- Díaz, L. A., J. L. Cuevas, R. Alvarez y B. Polo, 2003. Mapa de Contactos Tectónicos y Estructuras del Caribe occidental, según Datos Geofísicos. En Memorias [CD-Rom], V Congreso de Geología y Minería de la Sociedad Cubana de Geología, 24-28 Marzo (La Habana, Cuba)
- Paterson, Grant y Watson Limited, 1992. Gravity Anomaly Map of Jamaica with terrain correction to 18 km. Jamaica Geological Survey. Project 504/12703.
- Pick, M., 1987. On the calculation of the gravity terrain corrections in Czechoslovakia. Studia. geoph. et geod., (39): 245-248
- Plata, J. L. y S. Somoza, 1994. Aplicación del proceso de imágenes al análisis de datos gravimétricos. Bol. Geol. y Min., 105(5): 473-483.
- Reblin, M. T., 1972. Simple Bouguer Gravity Anomaly Map of Hispaniola
- Sandweel, T. [en línea]. Marine Gravity from Satellite Altimetry [citado 15-02-2002]. Disponible en Internet: <URL: <http://topex.ucsd.edu/sandwell/sandwell.html>>



PALEOMAGNETISMO DE FORMACIONES DEL CRETACICO SUPERIOR Y EL TERCIARIO INFERIOR EN LAS GRANDES ANTILLAS.

Manuel J. Fundora Granda⁽¹⁾, Sten-Ake Elming⁽²⁾, Carlos Cruz Ferrán⁽¹⁾, José Pérez Lazo⁽³⁾, Alberto García Rivero⁽¹⁾, Ida Inés Pedroso Herrera⁽¹⁾ y Mario Campos Dueñas⁽¹⁾

(1) Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA), Calle 212 No 2906 e/ 29 y 31, La Coronela, La Lisa, Ciudad de La Habana, C.P. 11 600, Cuba. Email: fundora@iga.cu, (2) Universidad de Tecnología de Lulea, Lulea, Suecia, (3), Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Mnao 15, La Habana, Cuba.

RESUMEN

Se presentan los resultados de investigaciones paleomagnéticas conducidas por el IGA y la Universidad de Tecnología de Lulea, en formaciones Cretácicas y del Terciario Inferior, recolectadas en Cuba Oriental, República Dominicana y Jamaica, durante los años 1995-1998 a través del Programa de Cooperación Científica de la Agencia Sueca SAREC.

Los objetivos de estas investigaciones fueron:

a) Comprobar la posibilidad de usar rocas mesocenoicas aflorantes en Cuba, la Española y Jamaica para estudios paleomagnéticos y b) Contribuir al esclarecimiento de las posiciones relativas entre Cuba, la Española y Jamaica a finales del Cretácico e inicios del Terciario.

Como resultado se obtuvieron las MRC y sus portadores para diez formaciones geológicas del intervalo geológico estudiado, estableciéndose el probable origen primario de las mismas. Se calcularon las rotaciones y desplazamientos latitudinales que han sufrido los diferentes bloques donde se colectaron muestras, lo que permite fijar restricciones a los numerosos modelos de evolución tectónica que para el Caribe Antillano han elaborado numerosos autores. Finalmente se muestran las posiciones relativas al Cratón Norteamericana de las tres islas para el período entre el ¿Jurásico Superior-Cretácico Inferior? Hasta el Eoceno Medio Superior.

ABSTRACT

Some of the results of paleomagnetic investigations carried out by Technological University of Lulea, Sweden and the Cuban Institute of Geophysics and Astronomy, on Cretaceous and Lower Tertiary formations'rocks collected in Eastern Cuba, Dominican Republic and Jamaica during 1995-1998 in the frame of the Program of Scientific Cooperation of the Swedish Agency SAREC are presented.

The goals of this investigation were:

a) To test the possibility of using Mesocenoic rocks outcropping in the three islands to be used in paleomagnetic studies and b) To contribute to the deciphering of the tectonic relative positions between Cuba, Jamaica and Hispaniola and the end of the Cretaceous and beginning of the Tertiary times.

There were also obtained the RCM and **their for ten** geological formations, being established their probable primary origin. The rotations and latitudinal displacements underground by the different blocks under study were calculated, which allowed to impose quantitative restrictions to the numerousness models of tectonic evolution development by many authors. Finally the relative positions of the three islands respect to North American Craton for the period Upper Jurassic-Lower Cretaceous? to Higher Mean Eocene times are shown.



Materiales y Métodos

Los materiales utilizados fueron: resultados de trabajos paleomagnéticos anteriores y determinaciones físico experimentales realizadas con muestras de rocas recolectadas de formaciones mesocenozoicas aflorantes en Cuba, Jamaica y República Dominicana (figura 1a, b, c). El método de investigación utilizado fue el Paleomagnetismo como herramienta que puede ser eficiente para probar varios modelos tectónicos, ya que permite a partir del cálculo de los Polos Geomagnéticos Virtuales, y las direcciones de las MRC, estimar la posición Paleolatitudinal y la orientación de los diferentes bloques.

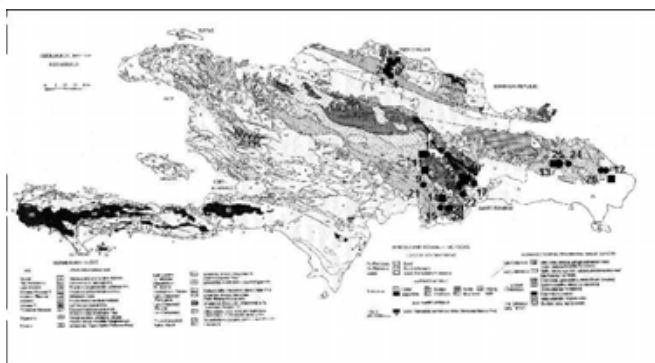
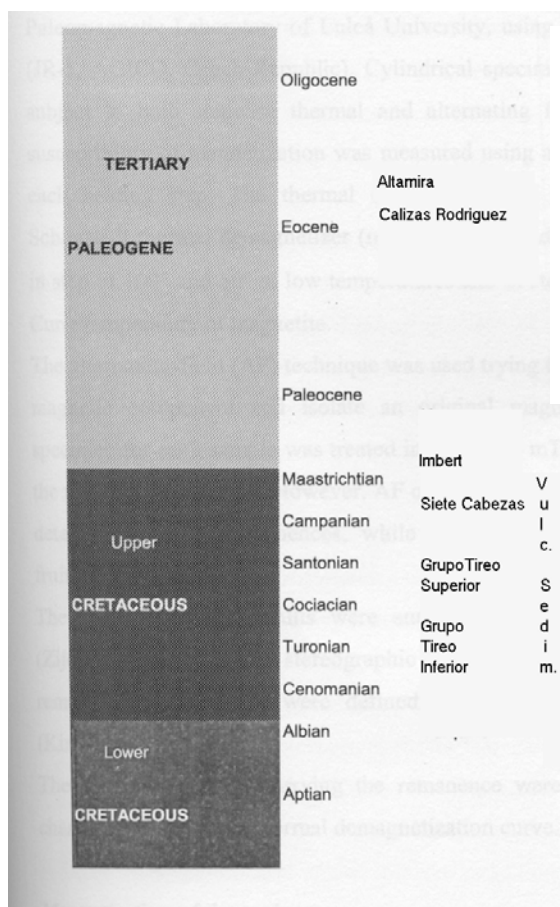
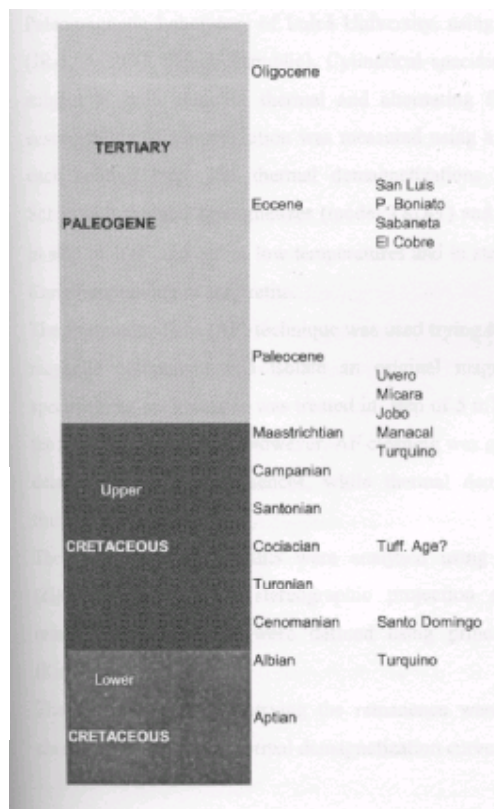


Fig. 1 a) Formaciones y puntos de muestreo en La Española



Fig. 1 b) Formaciones y puntos de muestreo en Cuba Oriental.



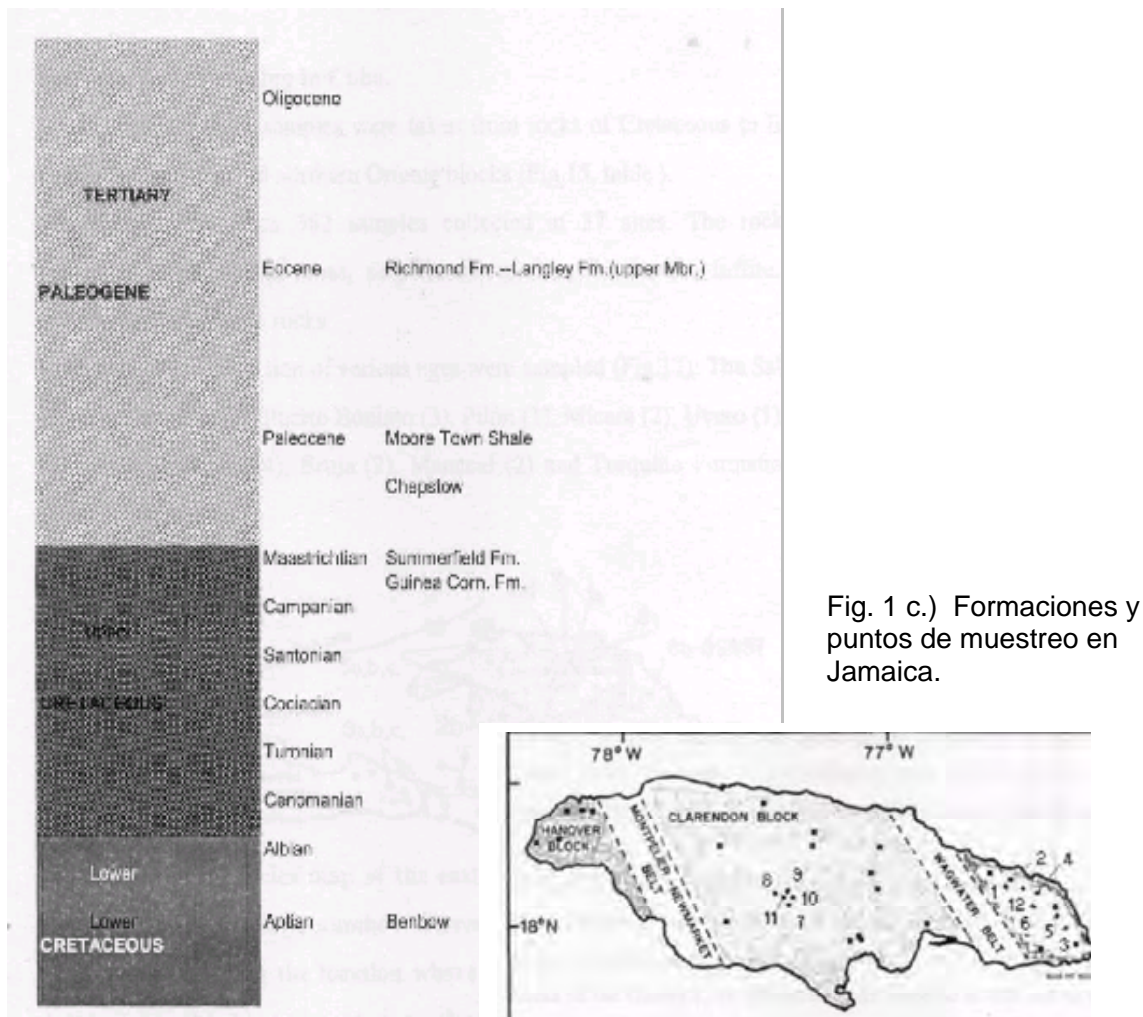


Fig. 1 c.) Formaciones y puntos de muestreo en Jamaica.

Trabajos experimentales

Especímenes cilíndricos cortados de cada núcleo rocoso colectado fueron sujetos a trabajos físico-experimentales para determinaciones paleomagnéticas y en menor cantidad petromagnéticas. Se midieron la intensidad y dirección de la magnetización remanente en los laboratorios Paleomagnéticos de la Universidad de Luleå, Suecia y del Instituto de Geofísica y Astronomía, de La Habana, Cuba, utilizando magnetómetros Spinner JR-5. También se utilizó para las determinaciones de intensidad y dirección de la magnetización remanente el Magnetómetro Criogénico, SCG-5.



Se ejecutaron desmagnetizaciones térmicas con un Desmagnetizador Schonted o uno británico modelo MMTD-18, calentándose las muestras en pasos de 100° C y 50° C, a bajas temperaturas, y en pasos de 30° C, a temperaturas próximas a la temperatura de Curie de la magnetita. La susceptibilidad magnética de muestras de Cuba, República Dominicana y algunas de Jamaica, fue medida utilizando un puente de susceptibilidad KLY 2 después de cada paso de calentamiento.

Tratando de reducir la componente blanda viscosa magnética y aislar una magnetización original se utilizó también la técnica de desmagnetización por campo magnético alterno. Por lo menos se trató un espécimen por cada muestra en pasos de 5 mT hasta 100 mT, para la mayor parte de las muestras. Sin embargo, la limpieza por campo magnético alterno generalmente no fue útil en determinar remanencias estables, mientras que la desmagnetización térmica fue más fructífera.

Fueron calculadas las componentes de la MRN de cada muestra e individualizadas las Componentes Características de la Magnetización Remanente a partir del análisis multicomponentes de las magneto remanencias (Kirschvink, 1980). Para cada muestra se construyeron también los diagramas de Zijderveld, los espectros de M_t / M_0 en función de la temperatura (° C) y eventualmente del campo H (mT) y los estéreodiagramas con los cambios en las direcciones de la MRN bajo las 12 a 13 sucesivas desmagnetizaciones térmicas (eventualmente por campo magnético alterno), desde el estado natural de las muestras hasta el valor de 580° C, para la temperatura de calentamiento, (o 60 a 100 mT para el campo magnético alterno). Utilizando la estadística circular de Fisher (1956), fueron determinadas las direcciones medias de las componentes magnetoremanentes y sus estimados de dispersión y concentración.

Resultados

Para aproximadamente el 60% de las rocas recolectadas en el campo fue posible determinar una magnetización remanente estable, sin embargo, una magnetización original, que es la magnetización que se adquirió al momento de formación de las rocas, se aisló probablemente para aproximadamente el 30% de estas muestras. En la mayoría de las muestras se determinaron hasta tres componentes de la MR, seleccionándose las componentes de alta temperatura como las MRC de las formaciones estudiadas. Los principales portadores identificados fueron la magnetita, la titanomagnetita y la hematita.

En la figura 2 se muestra un ejemplo de comportamientos de las desmagnetización térmica en la Formación Richmond (Pg), Jamaica.

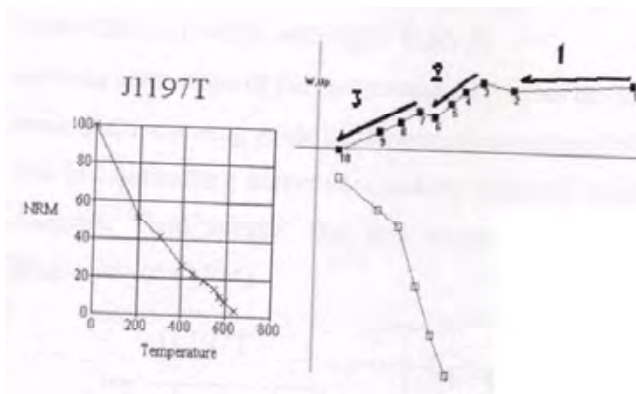


Fig.2.-Ejemplos de desmagnetización en la Formación Richmond (Pg), Jamaica.

En las figuras 3a.- y 3b se muestran ejemplos de desmagnetizaciones en las formaciones a) Formación Santo Domingo (K₂), Cuba Norte, b) Formación Tireo (K₂), República Dominicana.



Figura 3ª Espectro de desmagnetización, Estereodiagrama y Diagrama de Zjerdervel para una muestra tipo de la Formación Santo Domingo en Cuba Oriental.

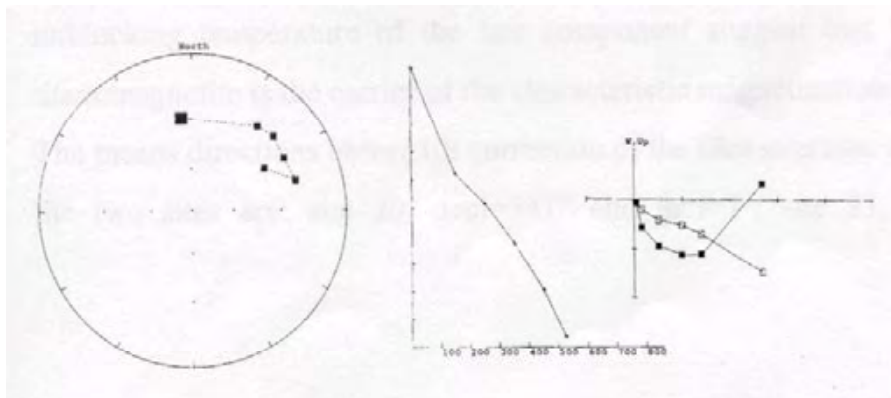
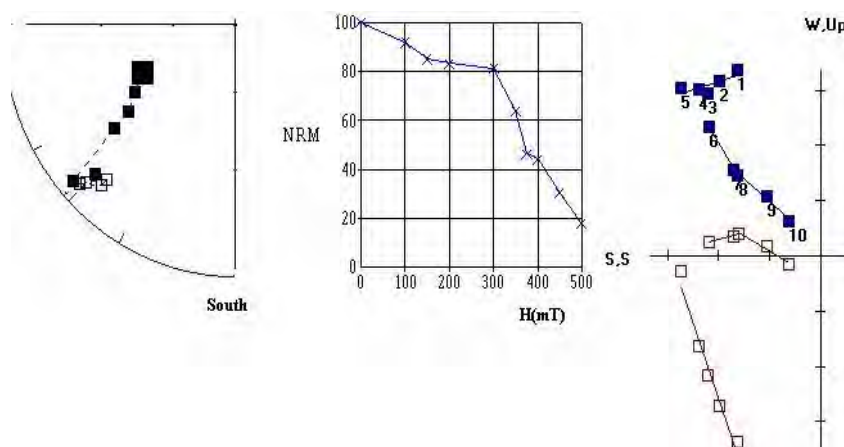


Fig. 3b.- Espectro de desmagnetización, Estereodiagrama y diagrama de Zjerdervel para una muestra tipo de la Formación Tireo en República Dominicana



En la figura 4, se muestra un ejemplo (Fm. Tireo) de la dirección media de la MRP calculada a partir de la de los sitios de las formaciones después de corregidas tectónicamente.

En las tablas 1a, 1b y 1c, se muestran las Direcciones medias de la MRP, los Polos Geomagnéticos Virtuales por Formación y por Período para: a) Jamaica. b) Cuba, y c) República Dominicana.

Tabla 1a . - Dirección Media de las MRCs para distintas formaciones de Jamaica, representativas de los diferentes períodos investigados.

Formación	N/n	Dec	Inc	LT Polo	LN Polo	PaleoLT	Edad
Richmond	2/21	329.2	15.5	58.2	177.5	7.4	Pg ₂ ¹
Moore Town Shales	3/23	157.1	-13.8	16.8	65.1	7.0	Pg ₁



Summerfield+Guinea Corn	4/43	349.0	35.0	14.8	70.6	16.8	K ₂
----------------------------	------	-------	------	------	------	------	----------------

Dirección media para el Cretácico Superior en República Dominicana tomando las medias de los Sitios de las Formaciones Tireo (95 y 97) y Siete Cabezas (95 y 97)

Dec = 240.1° Inc = 34.1°
a95 = 12.3 k = 30.8

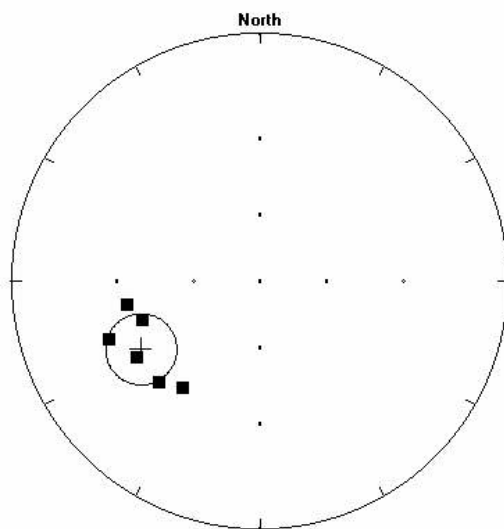


Fig. 4.- Ejemplo de la dirección Media de la MRP para la Formación Tireo, determinada a partir de las direcciones medias de los sitios colectados en la Cordillera Central, República Dominicana.

Conocidas la coordenadas de los Polos obtenidos, de las localidades estudiadas y las coordenadas de los Polos geomagnéticos de referencia, en este caso los del Terciario y el Cretácico para el Cratón Norteamericano, se calcularon las rotaciones a que han estado sujetos esos bloques, utilizando las ecuaciones de Beck (1985).

Tabla 1b . - Dirección Media de las MRCs para distintas formaciones de República Dominicana, representativas de los diferentes períodos investigados.

Formación	N/n	Dec	Inc	LT Polo	LN Polo	PaleoLT	Edad
Tireo+Siete Cabezas (1995,1997)	6/59	240.	33.1	-20.5	228.3	18.1	K ₂
Imbert (1995,1997)	3/16						Pg ₁
Altamira (1995,1997)							Pg ₂



Tabla 1c. - Dirección Media de las MRCs para distintas formaciones de Cuba Oriental, representativas de los diferentes períodos investigados.

Formación	N/n	Dec	Inc	LT Polo	LN Polo	PaleoLT	Edad
Sabaneta	3/18	24.	37.5	67.5	177.5	21	Pg ₂
So.Domingo (1989,1995,1997)	4/25	242	32.1	-18.3	221	17	K 2
Gabros	2/21	340	-18.6	53.7	317	-9.6	J3-K1

Las Rotaciones y Paleolatitudes de las Grandes Antillas durante el Cretácico, Paleoceno y Eoceno fueron:

Cuba:

Eoceno: Fm Sabaneta

R = 17, DR = 8.4

Paleolatitud = 21

Cretácico Superior: Fm.. Sto. Domingo

R =78.4, DR =10.7, Paleolatitud = 17

Jurásico Sup.-Cretácico Inf.: Fm. Complejo Ofiolítico (Gabros)

R =10, DR = 1, Paleolatitud = -9.6

República Dominicana

Eoceno: Fm. Altamira

R = 150, DR = 9.9, Paleolatitud = 16.1

Paleoceno: Fm. Imbert

R =56.6,DR =11.5, Paleolatitud = 14.8

Cretácico: Formaciones Tireo y Siete Cabezas.

R =99.08, DR =12.6, Paleolatitud = 18.1

Jamaica.

Eoceno: Fm Richmond

R = 17, DR = 7.2, Paleolatitud = 7.4,

Paleoceno: Fm. Moore Town Shales

R= 16, DR= 5.2, Paleolatitud= 7

Cretácico:Fm. Summerfield +Guinea Corn

R =16.2, DR = 8, Paleolatitud = 20.6

En la figura 5 se muestran las posiciones relativas de cada área estudiada para cada período geológico.

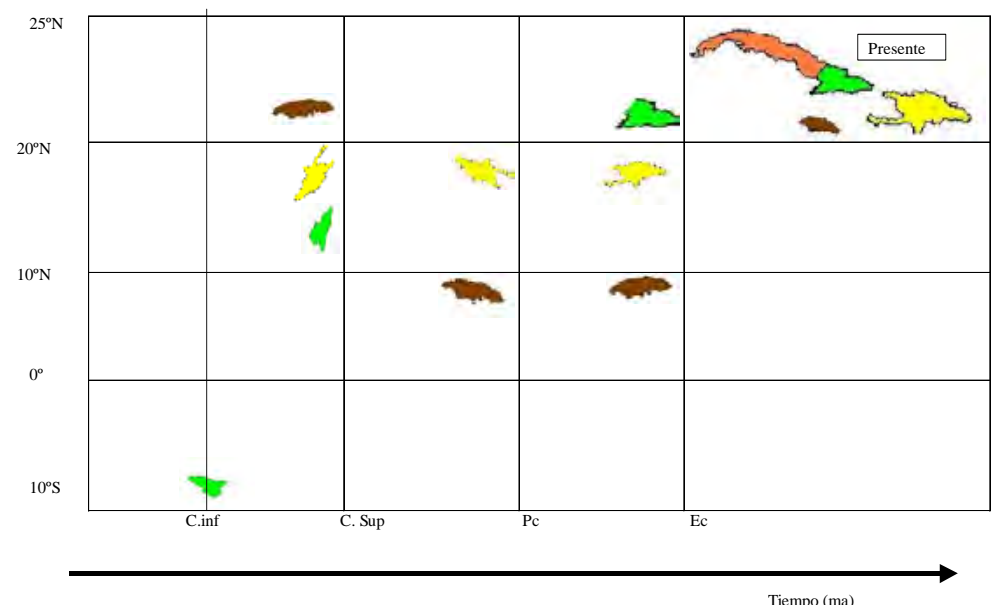


Fig. IV.2.-Esquema de probables movimientos paleolatitudinales de las islas para el Mesocenoico según los datos de este estudio.



Conclusiones

Los resultados paleomagnéticos obtenidos hasta la fecha en Cuba y República Dominicana sugieren una formación del Arco Volcánico durante el Cretácico en Paleolatitudes del orden de 16 a 18°, lo que concuerda con los principales modelos evolutivos del área. Estos terrenos parecen haber tenido un ambiente tectónico similar, al menos durante ese período, soportando fuertes rotaciones y traslaciones. Por el contrario, conforme con los datos de este estudio, obtenidos de las rocas Cretácicas jamaicanas (Fm. Summerfield) la presente posición latitudinal del terreno que se muestreó ($\varphi_0 = 20,6^\circ$), está cerca de la que sugirió Pindell (1990) para el Campaniano.

La compleja evolución tectónica para la parte oriental de la Placa Caribe en el Campaniano, donde subsecuentes movimientos relativos y efectos de compresión y de deslizamiento por el rumbo, en las fallas de transformación han tenido lugar, podría apoyar la interpretación de 16,2° de rotación y muy pequeña cantidad de movimiento latitudinal de este bloque durante el Cretácico Superior.

La diferente posición Paleolatitudinal de Jamaica (Fm Richmond.) y el Bloque Oriente en Cuba (Fm Sabaneta.) en tiempos del Eoceno, estaría relacionado con el movimiento hacia el Este de la Placa Caribe con respecto a las Américas. La colisión entre Cuba y la plataforma de Bahamas concluyó al final del Eoceno y Jamaica actuó como un bloque independiente en el Caribe. Esto se demuestra por las diferencias en Paleolatitudes entre Cuba y Jamaica, no obstante La Española y Cuba Oriental si parecen haberse mantenido en ambientes tectónicos similares.

Según han sugerido Robinson y Smith (1979), la posición de Jamaica durante el Terciario temprano, ha estado a varios cientos de Km al oeste de su actual situación geográfica. En un modelo de Pindell (1990), la "tierra del Terciario" de Jamaica se sitúa más al norte con respecto a la Paleolatitud de 7,4°, obtenida del Fm Richmond en este estudio. Esta Paleolatitud también es muy diferente de la que se estimó para Cuba (21°) según la Fm, Sabaneta el paleopolo calculado para ambas formaciones, también es diferente de la del polo de referencia América del Norte.

La rotación antihoraria de (36°) indicada para Jamaica y obtenida de la Fm. Richmond ocurrió durante el tiempo cuando la Placa Caribe emigró hacia el Este con respecto a las Américas. La Fm. Sabaneta en Cuba se formó en latitud similar a la posición actual y la rotación antihoraria sugiere que pueden ser el resultado de un movimiento sinistral relacionado con la fase final de la colisión Cuba-Bahamas y el desplazamiento hacia el Este del Caribe respecto a las Américas.

Las rotaciones y Paleolatitudes indicadas para Cuba, La Española y Jamaica durante el Eoceno apoyan al modelo de Pindell (1990) y Meschede (1998), quienes sugirieron que en ese tiempo se produjo un movimiento hacia el Este del Caribe con respecto a las Placas Americanas así como el desarrollo de complejos movimientos de deslizamiento por el rumbo en las zonas de límites del Caribe norteño y sureño.

La edad para el complejo de gabros en Cuba oriental se considera que sea Jurásico Superior / Cretácico Inferior (Kerr e Iturralde et al., 1999). La Paleolatitud obtenida en este estudio para los gabros del Norte de oriente es -9,6°, y este resultado apoya a los



modelos de Pindell (1990) y Meschede (1998) donde se sugieren Paleolatitudes subecuatoriales para la génesis del Cinturón Ofiolítico en el ProtoCaribe Antillano.

Bibliografía

- **Fundora Granda M.J., S-A. Elming, J. Pérez Lazo, A. García, C. Cruz, J. Pajón, M. Campos & Ida Inés Pedroso Herrera**, 1995, "Reconstrucción paleotectónica de Cuba oriental y regiones adyacentes según datos paleomagnéticos", Informe Final de Proyecto de Investigaciones, Archivo del Dpto. de Geofísica Aplicada, IGA, (inédito), La Habana, Cuba.
- **Fundora Granda M. J., Ida Inés Pedroso Herrera y J. Pérez Lazo**, 1998, "Propiedades magnéticas de las rocas y correlación geológica de formaciones del Mesocenoico de Cuba Oriental y República Dominicana", en Memorias I del III Congreso de Geología y Minería de la SCG, editado por el CNIG del IGP, La Habana, Cuba.
- **Fundora Granda M. J., L. M. Alva Valdivia, P. Pruner, J. Cobiella, V. Houša, M. Kobr y J. Sánchez**, 2000, "Magnetoestratigrafía de Alta Resolución del límite J/K en los Dominios Pinar y las Villas y su Correlación con otras áreas del Tethys en Europa Central", Informe Final de Proyecto de Investigaciones, Archivo del Dpto. de Geofísica Regional y Riesgos, IGA, CITMA (inédito), La Habana, Cuba.
- **Fundora Granda M.J., S-A. Elming, C. Cruz Ferrán, J. Pérez Lazo, A. García Rivero, M. Campos Dueñas & Ida Inés Pedroso Herrera**, 2001, "Evolución Tectónica de las Grandes Antillas según datos paleomagnéticos y geológicos", Informe Final de Proyecto de Investigaciones, Archivos del Dpto. de Geofísica Regional y Riesgos, IGA (inédito), La Habana, Cuba.
- **Kerr A., M. Iturralde-Vinent, A. Saunders, Tanya L. Babbs & J. Tarney**, 1999, "New plate tectonic model of the Caribbean: Implications from a geochemical reconnaissance of Cuban Mesozoic volcanic rocks", GSA Bulletin, v.111; no 11
- **Pérez Lazo J., M. Fundora, A. García & C. Cruz**, 1994, "Resultados paleomagnéticos en formaciones del Cretácico y el Paleógeno en República Dominicana y Cuba", en Resúmenes del II Congreso Cubano de Geología y Minería, Centro de Convenciones Heredia, Stgo. de Cuba, Cuba.



ESTRUCTURA DEL ÁREA DE MERCEDITAS Y CONSIDERACIONES ACERCA DE LA PROCEDENCIA DE LAS OFIOLITAS DEL MACIZO MOA-BARACOA

Kenya Núñez Cambra, Enrique Castellanos Abella, Bienvenido Echevarría, Angelica Isabel Llanes.

Instituto de Geología y Paleontología. Vía Blanca s/n e/ Línea del Ferrocarril y Carretera Central, San Miguel del Padrón, Ciudad de La Habana, Cuba, CP 11 000. Telef. (537) 557232, fax. (537)557004. e-mail: kenya@igp.minbas.cu

RESUMEN

Se procesaron varios cientos de mediciones de elementos estructurales en el área de la mina Merceditas localizada dentro del macizo ofiolítico de Moa-Baracoa, determinándose los principales sistemas de fallas, las direcciones de los esfuerzos, así como la sucesión de los diferentes eventos tectónicos. Esta se caracteriza por zonas de fragmentación, fallas y un agrietamiento abierto en diferentes direcciones, indicando diferentes tipos de esfuerzos. Los principales sistemas de fallas se agrupan siguiendo un rumbo WNW (285°).

Se destacan tres etapas de deformaciones: las deformaciones postminerales, con la generación de diques de gabroides, las ocurridas propiamente durante el emplazamiento de las ofiolitas, y las deformaciones transcurrentes probablemente relacionadas con la transcurrancia sinistral a lo largo de la Falla Oriente.

La primera etapa se trató de una distensión que provocó el fallamiento de las ofiolitas y la formación de varios sistemas de diques. Con la segunda etapa se relacionan las fallas de sobrecorrimiento, zonas de cizalla inversa y las dislocaciones o rupturas de los diques. En la tercera predominaron las fallas transcurrentes, así como algunas fallas de distensión rellenas de carbonatos y fallas inversas.

Las lineaciones estructurales encontradas en los planos de sobrecorrimiento, así como las cizallas inversas, ocurridas durante la segunda etapa de deformaciones, indican claramente que el sentido del transporte tectónico (vergencia) fue hacia el NNE, lo que podría demostrar que las ofiolitas expuestas en el macizo Moa-Baracoa fueron emplazadas desde el sur.

ABSTRACT

Several hundred of structural measurement were taken and processed at the Merceditas mine area, within the Moa-Baracoa ophiolite massive, recognizing the principal faults systems, stresses directions, as well as the tectonics events sequence. The area is characterized by the fragmentation zones, faults and open joints in different directions, indicating different stresses. The principal faults systems are grouped with strike WNW (285°).

Three deformation stages are present: postmineral deformations where gabroid dykes were formed, deformation during the ophiolite emplacement and deformation after the emplacement, probably as result of the recent sinistral strike slip movements of the Oriente fault.

At the first stage it is associated a distension, that faulting the rocks and dike systems appear. At the second stage it is associated generally brittle deformation, overthrust faults, inverse shear zones and dike deformation. To the third stage are associated generally brittle deformations with predominance of horizontal movements and some distension faults filled with carbonates and reverse faults.

The lineation structures on the overthrust faults plane, as well as reverse shear zone, which are occurred in the second deformation stage, clearly indicate the sense of tectonic transport (vergence) towards the NNE, it can be interpreted as the Moa Baracoa ophiolite were emplaced over the cretaceous metavolcanic complex from the south.



Introducción

La mina Merceditas se encuentra entre las exposiciones de la asociación ofiolítica en la región oriental de Cuba, correspondiendo a las ofiolitas del cinturón septentrional cubano (Iturralde-Vinent, 1994, 1996). El área de la mina está enclavada en el macizo Moa-Baracoa, que constituye los restos de un enorme manto tectónico ultrabásico que cubre tectónicamente a las vulcanitas del arco cretácico.

El macizo Moa-Baracoa en esta área se caracteriza fundamentalmente por ultramafitas, con un predominio de las harzburgitas y, en menor medida, de dunitas; además, se han descrito dunitas plagioclásicas, wehrlitas, lherzolitas y piroxenitas (García y Fonseca, 1994). En estas rocas ocurren numerosos cuerpos de cromitita.

Todo el área de estudio está caracterizada por una estructura tectónica compleja, con abundante fallamiento en diferentes direcciones indicando esfuerzos que se diferencian en el tiempo por su tipo.

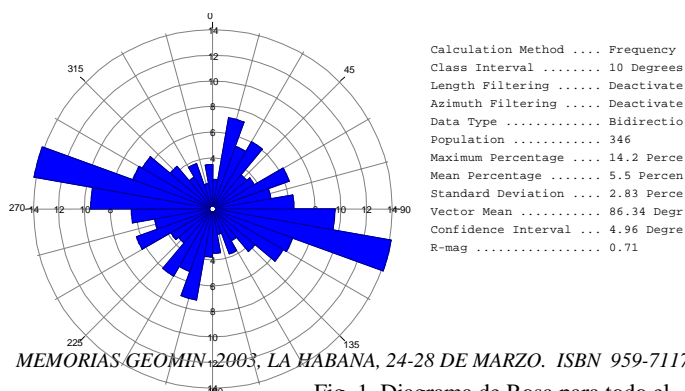
El área se caracteriza por tener gran actividad tectónica postmineral, afectando tanto a las rocas encajantes como a los cuerpos minerales. Durante la realización del mapa geológico de la mina se detectó la escasez de información estructural del área, lo que no permitía hacer una interpretación correcta de las deformaciones del cuerpo mineral, ni tener un modelo tectónico para la confección de dicho mapa. El objetivo de este trabajo está orientado al análisis y entendimiento de la estructura del área de la mina, sin hacer particular énfasis en el cuerpo mineral.

Materiales y métodos

Durante la realización de este trabajo se revisó básicamente toda la información existente de los trabajos de exploración realizados en el área de la mina desde el año 1961 hasta la actualidad. Adicionalmente se realizaron trabajos de campo en las galerías y en los alrededores de la mina, realizando un levantamiento tectónico en detalle en el sector más occidental del sistema de galerías, con la finalidad de interpretar la tectónica que afecta el yacimiento. Los datos adquiridos y su análisis están dirigidos a las dislocaciones postminerales. Se tomaron varios cientos de mediciones tectónicas que fueron procesadas y analizadas sus proyecciones estereográficas, determinando así los principales sistemas de fallas y las direcciones de los esfuerzos, así como la sucesión de eventos tectónicos. Lo que permitió completar el modelo tectónico de las deformaciones postminerales ocurridas en el área de estudio.

Características tectónicas del área

Las rocas en el área de la mina Merceditas se observan muy tectonizadas, afectadas por procesos de deformaciones propias del ambiente de formación de rocas ofiolíticas y la formación de los cuerpos cromíticos, así como por deformaciones ocurridas después de la formación de estos cuerpos, las cuales fracturaron y dislocaron los mismos.



MEMORIAS GEOMIN-2003, LA HABANA, 24-28 DE MARZO. ISBN 959-7117-11-8

Fig. 1. Diagrama de Rosa para todo el fallamiento en el área de estudio.

No se observan grandes desplazamientos de bloques a pesar de la intensa fracturación en el área, pues las dislocaciones de una falla con respecto a otra son de unos centímetros a un metro generalmente. Como se observa en la Figura 1, en el Diagrama de Rosa con las principales fallas del área, documentadas en el



campo, se agrupa un gran número de estas (14,2 %) con rumbo WNW (285°), mostrando un predominio de esta dirección con respecto a otra en el área. Este rumbo se mantiene predominante para el caso de las fallas normales, algunas fallas inversas, los diques y diaclasas (Figs. 2,3,4,5).

Existen además otras direcciones predominantes para el caso de los sistemas inversos, que serán descritos mas adelante. Para el caso de los sistemas transcurrentes su comportamiento es con rumbo predominante NNE (15°) (Fig. 6), muchas fallas normales e inversas pueden estar asociadas a estos movimientos horizontales.

Generalmente en el área se observan estructuras de cizalla y dúplex que se mantienen con buzamiento predominantemente septentrional, mientras que las fallas normales e inversas se encuentran en gran parte buzando en sistemas sintéticos y antitéticos tanto meridionales como septentrionales.

Sistemas distensivos

Se considera lo más predominante en el área, pues un 47% de las fallas medidas en el campo responden a esfuerzos de distensión. La distensión puede ser pura o producto de transcurencias. Para cada una de las cuales el rumbo varía. A continuación abordaremos cada sistema y sus características individuales, aunque es oportuno aclarar que se encuentran en el área de estudio, gran número de fallas oblicuas que se caracterizan por tener desplazamientos con una dirección en que actúan mas de un componente (normal-transcidente).

Sistema de diques

De los datos colectados en el campo, los diques se consideran los más antiguos del área, anterior al emplazamiento de los mantos ofiolíticos en el lugar. Se formaron aprovechando estructuras o sistemas de fallas normales preexistentes.

Los diques medidos (32) ocurren con rumbo preferencial sublatitudinal de 270-290, con buzamiento al SSW, generalmente con ángulos medios de 41°- 42°. Aunque aparecen diques con buzamiento suave de 20°- 30° y abrupto de 80°-85°. Una dirección menos predominante con rumbo (320-325) y buzamiento tanto al NE como al SW ocurre también en el área. (Fig 2)

Existen al menos dos estadios de formación de diques detectados en el campo, donde se encontraron sistemas de diques cortándose entre si con ligeros desplazamientos.

Fueron colectadas pocas evidencias al respecto, pero se puede definir diques con rumbo NE cortados por los sistemas antes descritos.

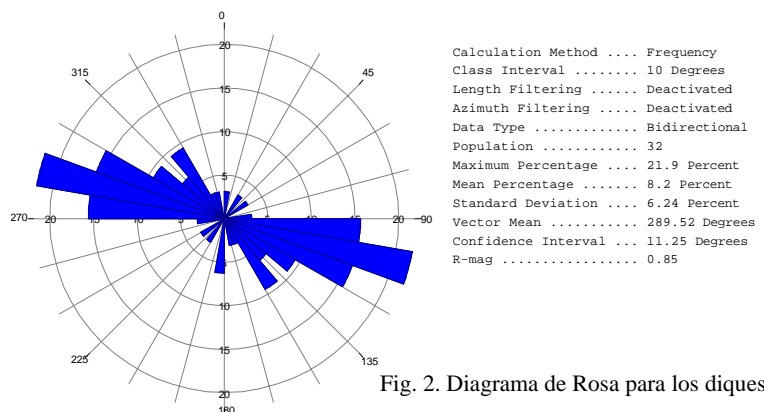


Fig. 2. Diagrama de Rosa para los diques

Sistema de cizalla normales

Fueron detectados en el área sistemas de cizallas con direcciones de buzamientos predominantemente septentrionales con ángulos de 30°- 40° y azimut de 170°- 190° y 245°. Mediciones de las estrías en los planos de fallas indican movimientos con dirección SSE y



WSW principalmente. Aparecen rellenas de material serpentínico lo que demuestra ser estructuras que fueron serpentinizadas durante el emplazamiento. El carácter de la deformación es frágil por lo general y se encuentra en la mayoría de las ocasiones cortada por fallas posteriores.

Sistemas de fallas normales

La tendencia predominante de este sistema (medido en 58 fallas) es sublatitudinal con rumbo 285° y buzamiento hacia el SSW. Existen además sistemas con rumbo 70° y 305°, con buzamientos en direcciones opuestas formando fallas sintéticas y antitéticas.

Por lo general se encuentran rellenas de calcita o material secundario, superficies con estrías indicando esfuerzos con dirección NNW, NNE y NE.

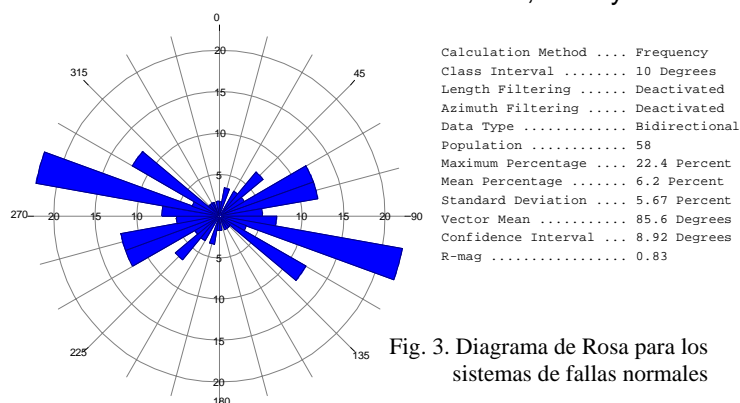


Fig. 3. Diagrama de Rosa para los sistemas de fallas normales

Aparecen estas fallas cortando los diques, los sistemas inversos anteriores, algunas normales entre sí se cortan, y se encuentran cortadas por sistemas transcurrentes y sistemas normales e inversos asociados a estos movimientos horizontales.

Es oportuno aclarar que en el caso de las fallas normales con rumbo 285° y buzamiento hacia el SSW se puede entender producto de una distensión con dirección NNE que

provocó el deslizamiento de bloques en dirección opuesta, reactivando en gran medida los sistemas de fallas inversas y sobrecorrimientos existentes de esfuerzos compresivos anteriores a la distensión.

Diaclasas

Fueron medidos en el campo para el área sistemas de fallas conjugadas con muy poco o ningún desplazamiento entre sí, a las cuales se les denominó diaclasas. Las mismas no tienen estrías en sus planos de fallas y apenas superficie rellena por material secundario. Los ángulos

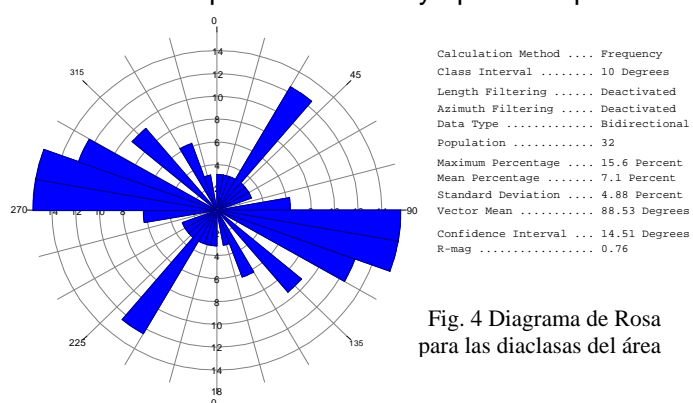


Fig. 4 Diagrama de Rosa para las diaclasas del área

entre fallas son de 60°, lo que denota fragilidad en el entorno de formación, e infiere su formación a muy pocos metros de profundidad, lo cual puede ser producto de los procesos de emplazamiento o a la transcurrencia final.

Se tomaron mediciones de 32 diaclasas y se detectaron varias direcciones del rumbo predominantes 270°-290° el 15,6% de las mediciones, 300° el 12,5%, 30°-40° el 12%, 315° el 9,5% y 330° el 6,2 de

las mediciones.



Sistema compresivo

Para el área de estudio, éste se presenta con un patrón muy disperso con poca concentración de las direcciones en grupos principales, respondiendo a esfuerzos compresivos puros o a compresiones producto de transcurrencias presentes en el área. Se observan fallas oblicuas que combinan desplazamientos con sentido inverso y horizontal. La compresion esta reflejada en la ocurrencia de fallas inversas y algunos de ellas llegan a tener ángulos suaves de 30° y 35°.

Sistema de cizalla inversa

Existen mediciones de cizalla inversa preferentemente rellena de material serpentinitico, no son frecuentes, aparecen cortadas por fallas posteriores. La direcciones principales son con rumbo 90°, 30°, 300°, con azimut de buzamiento de ángulos entre 40° y 45°. Las superficies de fricción tienen espejos de fallas con estrías que indican el movimiento con vergencia N, NE, NW.

Sistema de fallas inversa

Estos sistemas de fallas inversos aparecen con patrones dispersos en el diagrama de rosa, con cuatro rumbos predominantes, con un 9% de las mediciones cada uno, hacia 65°, 305°, 85°, 285°. Los planos de fallas ocurren a ambos lados de estas direcciones formando fallas antitéticas y sintéticas con ángulos de buzamientos que agrupas alrededor de los 40° y alrededor de los 85°.

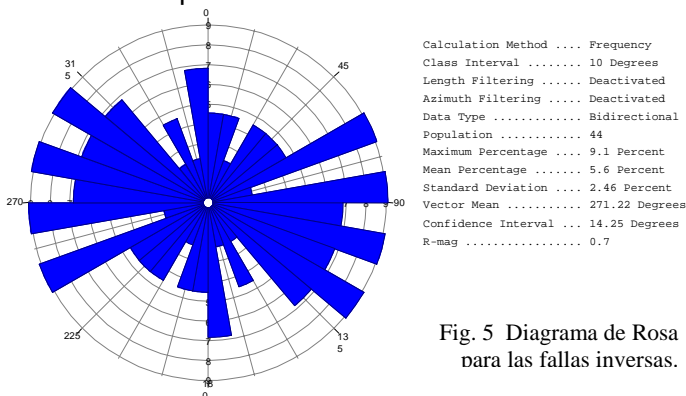


Fig. 5 Diagrama de Rosa para las fallas inversas.

El rumbo 285° sólo tiene fallas con buzamiento al Sur (190°). Existe además un grupo de fallas con rumbo 355° representado por el 6,7% del total de mediciones, con buzamiento de 60° hacia 100°, que rompe con la tendencia general del área, denota esfuerzos desde el Este o con dirección del movimiento EW, no se le

determinaron estrías.

Los planos de fallas tienen estrías con direcciones principales 180°, 225°, 15°, y 40° para el 9,7 de los datos cada uno. Existen por tanto esfuerzos de compresión en dirección NE y desde el Este.

Algunas de estas direcciones pueden estar asociadas a movimientos horizontales.

Sistemas transcurrentes

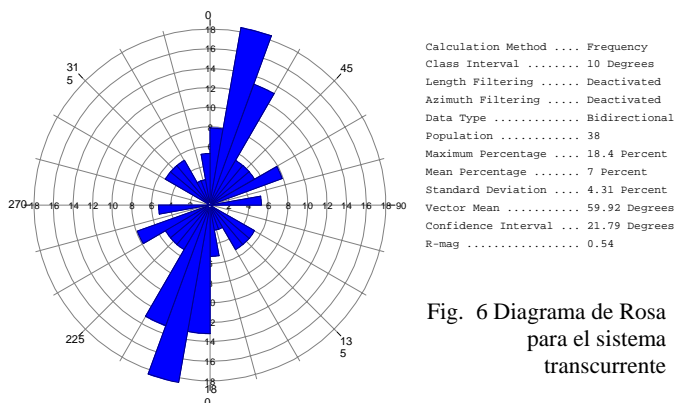


Fig. 6 Diagrama de Rosa para el sistema transcurrente

Se observan en el área de estudio la presencia de transcurrancia o movimientos horizontales tanto dextrales como sinistralas, los cuales ocurren con dirección principal de rumbo 15°. Estos movimientos provocan sistemas asociados de fallas normales, inversos así como transcurrentes asociados a ellos menos predominantes.



Sistemas de fallas dextrales

Con mediciones de 14 fallas se constató la presencia de direcciones principales rumbo 15° y 65°. El rumbo 15° tiene direcciones de buzamiento con valores de 60°-70° hacia 100°-110°, 65° tiene direcciones de buzamiento con valores de 35°-40° hacia 150°-160°. Con menos predominio aparece otro sistema con rumbo 75°-85° con azimut 165°-175° y ángulos de 45°-50°.

Los planos de fallas se encuentran rellenos de material secundario y con espejos de fricción y estrías con dirección fundamentalmente 15°-20° y 45°, lo que orienta hacia la presencia de movimientos en esas direcciones principalmente.

Sistemas de fallas sinistralas

Para el caso de las transurrencias sinistralas existen tres direcciones fundamentales con igual porcentaje de ocurrencia (11,8%), son los rumbos 15°, 315° y 50° y buzamientos respectivos de 100°-110°, 220°-230°, 135°-145°, con ángulos medios.

Los planos de fallas contienen estrías orientadas principalmente con dirección 315°, 155° el 13,3% y en otras direcciones con menor porcentaje. El movimiento principal de las fallas sinistralas es con rumbo 315° pues ocupan más del 33% de las alineaciones.

Existe un gran número de fallas (168) que no pudieron ser detectados el tipo de falla por lo que se catalogaron de desconocidas. Su comportamiento es disperso pues agrupa a diferentes tipos de fallas. Hay igualmente una dirección principal de buzamiento 180°-195° con inclinación de aproximadamente 45°. Otra dirección secundaria con aproximadamente 120° de azimut y 50° de inclinación. La dirección principal coincide con el sistema normal y la secundaria con el transcurrente. Con menor concentración al NNE y ángulo de 70°-80° rumbo 325°.

Análisis y Discusión

Se ha interpretado que las ofiolitas se forman como corteza oceánica en zonas de expansión del suelo oceánico de donde esta migra, hacia márgenes continentales. Aquí es subducida dentro del manto. Bajo algunas circunstancias en los límites de placas, escamas de litósfera oceánica han sido separadas y obducidas sobre los márgenes continentales (Coleman, 1971 en Coleman, 1977). Como resultado de este proceso oceánico se destacan en las rocas del área deformaciones dúctiles y ductil-frágiles propias de este ambiente, mucha serpentización y zonas de cizallas, provocando además una foliación de la roca. Un período de distensión evidente siguió a este proceso, posibilitando la intrusión de numerosos diques de grabroides con direcciones predominantemente sublatitudinales.

El mecanismo del emplazamiento de las ofiolitas a lo largo de los márgenes continentales es fuertemente debatido. Desde los años 1950 y 1960 comenzó a revelarse su naturaleza alóctona y asociación cercana a melanges (Coleman, 1977). La mayoría de los geólogos han coincidido en que las escamas de ofiolitas son alóctonas y que las mismas se originan en un ambiente diferente de donde ellas se encuentran hoy. Las rocas del área no son una excepción, con este proceso de emplazamiento se asocian deformaciones en general de tipo frágiles, fallas de compresión, sobrecorrimientos, zonas de cizalla inversas y fallas inversas que dislocan y fracturan los diques. La edad del emplazamiento tectónico de las secuencias ofiolíticas se ha estimado entre el Cretácico Superior (Campaniano) y el Paleoceno Inferior (Iturralde-Vinent, 1996). Quintas (1989) en Proenza (1997) señala que las formaciones orogénicas La Picota y Mícará, representativas de la edad del emplazamiento, han sido datadas como Campaniano-Paleoceno Inferior.



Posteriormente al emplazamiento del manto tectónico ofiolítico, ocurrió un proceso donde predominaron los movimientos horizontales en el área, probablemente, debido a la influencia de estructuras regionales relacionadas con la transcurriencia de la falla Oriente. Con este proceso se asocian deformaciones de tipo frágiles con el predominio de movimientos horizontales y verticales con fallas de distensión algunas veces rellenas de carbonatos. En general se observan planos de fallas curvos con estructuras de duplex, tanto extensivos con predominio de fallas con desplazamiento oblicuo lateral-normal, así como compresivos representados por fallas oblicuas de desplazamiento lateral-inversa.

A pesar de la intensa fracturación en el área, no se observan grandes desplazamientos de bloques, pues las dislocaciones de una falla con respecto a otra, así como el cuerpo mineral, son de unos centímetros a unos pocos metros generalmente.

El estudio de las dislocaciones disyuntivas, reveló la ocurrencia de gran número de fallas que

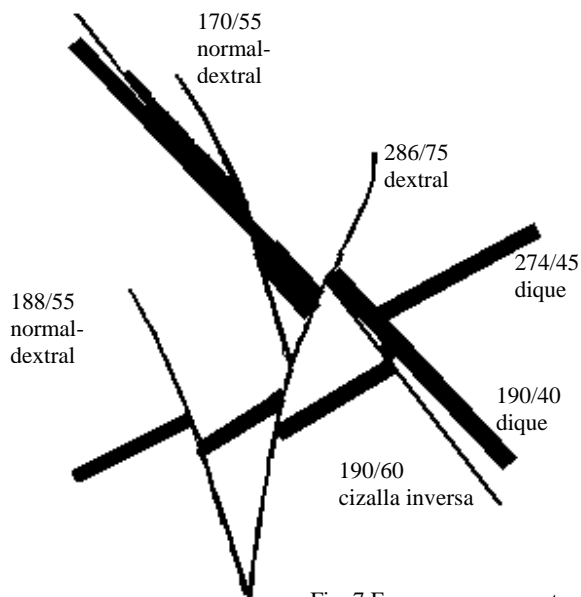


Fig. 7 Esquema que muestra las relaciones de los sistemas de fallas

pueden agruparse en algunas direcciones predominantes, las cuales han sido desplazadas unas a otras indistintamente en la forma que se refleja en la Figura 7. De esto se infiere una sucesión de eventos generadores de las mismas. Existen tres estadios principales después de la formación de los cuerpos de cromititas de origen magmático.

- Una distensión que provoca fallas que hicieron posible la penetración de los fluidos dando origen a los diques de gabroides, principalmente con un esfuerzo distensivo con rumbo NNE. Existen para el área al menos dos estadios de diques, los cuales se observan desplazando unos a otros. Los diques se observan algo serpentinizados.
- Posterior a esto, una compresión orientada con dirección NNE y vergencia Norte, que provocó la ocurrencia de sistemas de sobrecorrimientos, zonas de cizalla y dislocación de los diques. El buzamiento de estas zonas es predominantemente hacia el S-SW. La vergencia o sentido del movimiento hacia el norte está bien caracterizado por la orientación NNE de las lineaciones estructurales en la superficie de los planos de fallas y su sentido inverso.
- La etapa final muestra el desarrollo de un sistema de fracturas de Riedel, donde se asocian desplazamientos horizontales dextrales y sinistral, así como la ocurrencia de sistemas antitéticos y sintéticos, fallas normales e inversas. Se observan fallas de desplazamiento por el rumbo con el mismo rumbo y sentido diferente. Esto presupone el cambio de los esfuerzos principales con rumbo de NE y posteriormente con rumbo NW.

Conclusiones

- Las principales fallas del área se agrupa con rumbo WNW (285°). Este rumbo se mantiene predominante para el caso de las fallas normales, algunas fallas inversas, los diques y diaclasas. Existen además otras direcciones predominantes para el caso de los sistemas inversos. Los sistemas transcurrentes tienen rumbo predominante NNE, otras direcciones de fallas normales e inversas están asociadas a estos movimientos horizontales.



- Se destacan en el área tres etapas de deformaciones: las deformaciones postminerales con la aparición de diques de gabroides, las ocurridas durante el emplazamiento de las ofiolitas y las ocurridas posterior al mismo, producto de los movimientos recientes de transcurrancia en la zona Oriental.

Con la primera etapa se asocia una distensión con dirección NNE, que provocó fallamiento de la roca y la aparición de sistemas de diques de gabroides. Con la segunda se asocian las deformaciones de compresión, con dirección NNE y vergencia norte, en general de tipo frágiles: fallas de sobrecorrimientos, zonas de cizalla inversa y dislocación y fracturación de los diques. Con la tercera se asocian las deformaciones en general de tipo frágiles con algunas fallas de distensión rellenas de carbonatos con el predominio de movimientos horizontales con esfuerzos en dirección NE y NW, creando un sistema Riedel de fallas.

- No se observan grandes desplazamientos de bloques a pesar de la intensa fracturación en el área, pues las dislocaciones de una falla con respecto a otra, así como el cuerpo mineral, son de unos centímetros a unos pocos metros generalmente.
- Las deformaciones complejas durante el emplazamiento de los mantos de ofiolitas y posterior al mismo, producto de los movimientos mas jóvenes, explica la tectónica actual del área de la mina, así como las deformaciones de la mineralización de cromo.
- La vergencia o sentido del transporte tectónico dirigido hacia el norte de las estructuras vinculadas con el emplazamiento de las ofiolitas parece demostrar que las últimas procedieron del sur, probablemente de una posición más sureña que la del macizo montañoso Sierra del Purial formado por metavulcanitas del arco cretácico, cuya porción septentrional se cubre tectónicamente por las ultrabasitas del macizo Moa-Baracoa.

Referencias bibliográficas

- Coleman, R.G. 1971: Plate tectonic emplacement of upper mantle peridotite along continental edges. *Journal Geophys. Research*, v.76:1212-1222
- Coleman, R.G. 1977. Ophiolites: Ancient Oceanic Lithosphere?. *Springer, Berlin*, 229p.
- García, I. y Fonseca, E. 1994. La Mineralización cromítica y su relación con las cloritas en el yacimiento Amores. *Minería y Geología*, 11: 50-54.
- Iturralde-Vinent, 1996. Ofiolitas y Arcos volcánicos de Cuba. *Contribución Especial No. 1. IGCP Project 364*. Miami, USA, 2265p.
- Iturralde-Vinent, 1994. Cuban Geology: A new plate tectonic synthesis. *Journal of Petroleum Geology*, 17 (1):39-70
- Proenza, J.A. 1997. Mineralizaciones de cromita en la faja ofiolítica mayarí-Baracoa (Cuba). Ejemplo del yacimiento Merceditas. *Tesis doctoral, Universidad de Barcelona*. 227p.
- Quintas, F. 1989. Estratigrafía y paleogeografía del Cretácico Superior y Paleógeno de la provincia de Guantánamo y zonas cercanas. *Tesis doctoral, ONRM, ISMMM, Cuba*.



LA FAJA OFIOLÍTICA MAYARÍ-BARACOA (CUBA ORIENTAL): UN NUEVO RECONOCIMIENTO PETROLÓGICO Y ESTRUCTURAL

J.A. Proenza⁽¹⁾, F. Gervilla⁽²⁾, R. Díaz-Martínez⁽³⁾, A. Rodríguez-Vega⁽³⁾, W. Lavaut⁽⁴⁾, R. Ramírez-Sánchez⁽⁴⁾, J.A. Batista⁽³⁾, J. Blanco-Moreno⁽³⁾, J.C. Melgarejo⁽¹⁾, C.J. Garrido⁽²⁾, C. Marchesi⁽²⁾

(1) Departament de Cristal·lografia, Mineralogía i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona. Martí i Franquès, s/n, 08028, Barcelona. E-mail: joaquin@natura.geo.ub.es

(2) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra y Departamento de Mineralogía y Petrología (CSIC-Universidad de Granada), Avda. Fuentenueva, s/n, 18002 Granada

(3) Departamento de Geología, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Las Coloradas s/n, 83320, Moa, Huguín, Cuba

(4) Empresa Geominera Oriental, Santiago de Cuba, Cuba

RESUMEN

La Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (FOMB), de edad Jurásico-Cretácico, se puede dividir en 2 macizos: Mayarí-Cristal (parte occidental) y Moa-Baracoa (parte oriental). En este trabajo presentamos nuevos datos petrológicos y estructurales de la parte más occidental del Macizo de Mayarí-Cristal (zona de Mayarí) y de la zona de transición manto-corteza del macizo de Moa-Baracoa.

El Macizo de Mayarí-Cristal, en la zona de Mayarí, está constituido mayoritariamente por peridotitas mantélicas con un espesor no inferior a los 5 km, diferenciándose dos dominios principales: 1) Un dominio inferior que ocupa la parte S y central del macizo. Este dominio está formado principalmente por harzburgitas porfiroclásticas, mostrando una foliación penetrativa de dirección NE-SW con buzamiento de 50-60° NW. También es frecuente la presencia de harzburgitas con parches centimétricos de dunita. Además, se reconocen capas (normalmente < 1m de espesor) subcordantes e irregulares de dunitas (N75° 70°NW), así como cuerpos concordantes de cromititas con una envolvente dunitica variable. Todas estas litologías están cortadas por, al menos, tres generaciones de diques de piroxenitas de espesores centimétricos. 2) Un dominio superior que aparece bien expuesto en la parte norte del macizo (cuya área tipo se encuentra en la Loma de la Bandera). Este dominio está constituido por harzburgitas porfiroclásticas (localmente muy ricas en piroxenos) que muestran una foliación de dirección NE-SW, con buzamiento de ~ 55°NW. Las harzburgitas están cortadas por diques máficos que muestran una marcada zonación textural desde los bordes (diabasa) al centro (microgabro). Estos diques presentan un espesor variable, desde pocos centímetros hasta espesores superiores a los 10 m, y cortan a la foliación de las peridotitas con ángulos variables entre ~ 10° y ~ 60°.

El macizo de Moa-Baracoa se caracteriza por presentar: niveles mantélicos, niveles de gabros bandeados inferiores y niveles volcánicos discordantes. Sin embargo, los niveles de gabros isotrópicos superiores y de diques de diabasas de una secuencia ofiolítica clásica, no afloran. La secuencia mantélica tiene un espesor de "paleomanto" superior a 2.2 km y los niveles de gabros bandeados de ~ 300 m. La unidad mantélica expuesta del macizo Moa-Baracoa está compuesta por una zona de transición manto-corteza inusual, constituida predominantemente por harzburgitas, mostrando una foliación predominante de dirección NE-SW. En esta unidad existen varios niveles de impregnación magmática representados por peridotitas residuales impregnadas con plagioclasa y, en menor medida con clinopiroxeno, que llegan a formar zonas de lherzolitas con plagioclasa y de troctolitas, encajadas en harzburgitas. Además, es frecuente la presencia de cuerpos concordantes de dunitas, de gabros (*sills*) y de cromititas con una envolvente dunitica. Los cuerpos de dunitas, normalmente de pequeño espesor, se restringen principalmente a la cercanía de los cuerpos de cromititas. También están presentes numerosos diques de gabros y de gabros pegmatitas, y en menor medida de diabasas. Asimismo hemos observado algunos diques de noritas olivínicas y de piroxenitas. Los niveles basales de gabros bandeados se componen de gabros olivínicos y gabronoritas, y presentan un bandeo modal bien desarrollado de orientación N30°E, buzando ~30° al NW.



METABASITES FROM THE NORTHERN SERPENTINITE BELT (CUBA) AND A METAMORPHIC PERSPECTIVE OF THE PLATE TECTONIC MODELS FOR THE CARIBBEAN REGION

Antonio García-Casco⁽¹⁾, Carlos Pérez de Arce⁽⁴⁾, Guillermo Millán⁽²⁾, Manuel Iturralde-Vinent⁽³⁾, Eugenia Fonseca⁽⁴⁾, Rafael Torres-Roldán⁽¹⁾, Kenya Núñez⁽²⁾ and Diego Morata⁽⁵⁾

- 1) Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad de Granada, Fuentenueva s/n, 18002-Granada, España (agcasco@ugr.es).
- 2) Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca y Carretera Central, La Habana, Cuba (kenya@igp.minbas.cu).
- 3) Museo Nacional de Historia Natural, Obispo no. 61, Plaza de Armas, La Habana 10100, Cuba (iturralde@mnhnc.inf.cu).
- 4) Servicio Nacional de Geología y Minería, Tiltil, Santiago, Chile (efonseca@sernageomin.cl).
- 5) Departamento de Geología, Universidad de Chile. Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile (dmorata@cec.uchile.cl).

ABSTRACT

The analysis of metamorphosed magmatic rocks along the northern serpentinite belt (Cuba) suggest a variety of tectonic settings of formation and metamorphism. Slightly deformed coherent bodies of metabasites from Cajalbana (western Cuba) and Iguará-Perea (central Cuba) underwent ocean-floor type metamorphism at low-pressure (<3 kbar) amphibolite (locally granulite) facies conditions. ⁴⁰Ar/³⁹Ar plateau ages on amphiboles have yielded 88.0 +/- 3.2 (Iguará-Perea) and 129.8 +/- 1.9 Ma (Cajalbana). These rocks have tholeiitic (Cajalbana) and calc-alkaline (Iguará-Perea) signatures and evidence of formation in suprasubduction environments (Th, Nb and Sr anomalies). Based on geochemical similarities with the arc-related metamorphic Mabujina complex (central Cuba), it is hypothesized that the Iguará-Perea complex may represent the roots of an embryonic or abandoned arc. Indeed, arc-related (instead of mid-ocean ridge) thermal focuses for metamorphism are favored because of the consistent relationships between the age of metamorphism and geochemistry of the protoliths and the age and geochemistry of the Lower and Upper Cretaceous volcanic arc suites of Cuba. The Güira de Jauco amphibolites (eastern Cuba) have N-MORB and E-MORB basaltic to picritic composition that suggest an Upper Cretaceous plateau basalt origin of the protolith. These rocks were strongly deformed and metamorphosed to intermediate pressure (6-8 kbar) amphibolite facies conditions, indicating collision-related metamorphism. The documented Cretaceous formation of suprasubduction and intraplate oceanic complexes must be added to the inferred event of formation of oceanic lithosphere at Upper Jurassic to Lower Cretaceous times in ocean-ridge environments, and put important constraints to models of plate tectonic evolution of the Caribbean region.

This is a contribution of the IGCP Project 433.

Introduction

Ophiolitic rocks constitute one of the main Mesozoic geological features of Cuba, and deciphering their geologic history is fundamental to achieve reliable plate-tectonic reconstructions of the northern branch of the Caribbean plate margin during Mesozoic times. In Cuba, the largest bodies of ophiolitic rocks crop out to the north of the island, forming the "northern serpentinite belt" that constitutes one of the largest (> 1000 km in length) ophiolitic belts in the Caribbean. The northern serpentinite belt represents fragments of oceanic



lithosphere accreted to the North America/Yucatan margin during the late Mesozoic-Paleogene convergence of the Caribbean and North America plates. Different plate-tectonic models for the Caribbean region envisage the origin of this oceanic lithosphere as formed essentially at mid-ocean ridges associated to the break up of Pangea and the North America-South America drift in Jurassic-Lower Cretaceous times, either in Pacific/Caribbean or Proto-Caribbean realms. However, geochemical studies of the ophiolitic assemblage in different parts of the belt indicate formation at suprasubduction environments (e.g., Andó et al., 1996; Proenza et al., 1999). In this paper we present petrological, geochemical, and geochronological data of the metamorphic products of the crustal magmatic sections of the ophiolitic bodies (i.e., gabbros, diabases and basalts) that consistently indicate formation of the protoliths at the neighborhood of arcs during the Lower and Upper Cretaceous. Additionally, we also document metamorphosed ophiolitic rocks whose protoliths probably formed in intraplate environments during the Upper Cretaceous. All these type of ophiolitic rocks must be added to old (Jurassic-Lower Cretaceous) oceanic lithosphere formed at mid ocean ridges, fragments of which subducted at pre-Aptian times (García-Casco et al., 2002). As will be shown, our data and interpretations militate in favor of considering the northern serpentinite belt as a polygenetic oceanic lithosphere which records a protracted geologic history since the Upper Jurassic-Lower Cretaceous (Iturralde-Vinent, 1996).

Samples and analytical methods

We have focused our study in metabasites from coherent metamorphic complexes present in the northern serpentinite belt from western (Cajalbana ophiolite), central (Iguará-Perea complex) and eastern (Güira de Jauco complex) Cuba (Somin & Millán, 1981; Millán, 1996). The samples from the Cajalbana ophiolite were taken from cm- to m-sized blocky bodies of metabasite metamorphosed to the amphibolite facies close to the village of Bahía Honda. Some of these bodies being roughly parallel to the main foliation of the enclosing serpentinites have a faint foliation (SRO2A and SRO2B), which is not so evident in isometric (SRO3) and dike-like bodies (SRO2C, SRO2D). The samples from the Iguará-Perea complex were taken from massive bodies of metadiabase (LV37, LV37A and LV39A) and metagabbro (LV38, LV38AI and LV38AII) metamorphosed to the amphibolite and upper amphibolite to granulite facies, respectively. All samples are slightly to non-deformed. The samples from eastern Cuba were taken from the Güira de Jauco massive body of amphibolites (GJ8, GJ9, GJ10, GJ11, GJ12, GJ13) and from concordant cm-sized layers of amphibolite-facies rocks (GJ1A, GJ1B, GJ2, GJ4, GJ4, GJ7) intercalated within adjacent bodies of serpentinitized harzburgite that may form part of the Moa-Baracoa ophiolite. All rocks in the Güira de Jauco amphibolite body and the layers within the serpentinites appear strongly foliated. As shown below, the latter type of samples are similar in geochemical, petrological, and structural features to those of the samples from Güira de Jauco massive body, suggesting that this body may not be a distinct tectonic unit but an integral part of the Moa-Baracoa ophiolite. Structural recognizance suggest that the Güira de Jauco complex is located at the base of this ophiolite, suggesting that the protholiths of the amphibolites may represent magmas intruded at the base of the ophiolitic lithosphere.

Whole-rock major and trace element determinations were done at the university of Granada (Spain) by means of XRF and ICP-MS. The analyses of the minerals were obtained at the University of Granada through WDX and EDS microanalysis using a CAMECA SX-50 and a ZEISS DSM 950. Isotope analyses ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) of amphibole were determined at the Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN, Chile).

Whole-rock composition

Within the framework of the IUGS classification scheme, the samples from the Cajalbana and Iguará-Perea complexes have a subalkaline low-K basaltic composition, except for the



subalkaline medium-K basaltic andesite composition of LV37 from Iguará-Perea (Fig. 1). The composition of amphibolites from Güira de Jauco includes subalkaline low-K basaltic, picrobasaltic and picritic compositions (Fig. 1), the latter being present in the amphibolitic body s.s, but more abundant in the adjacent bodies of serpentinite.

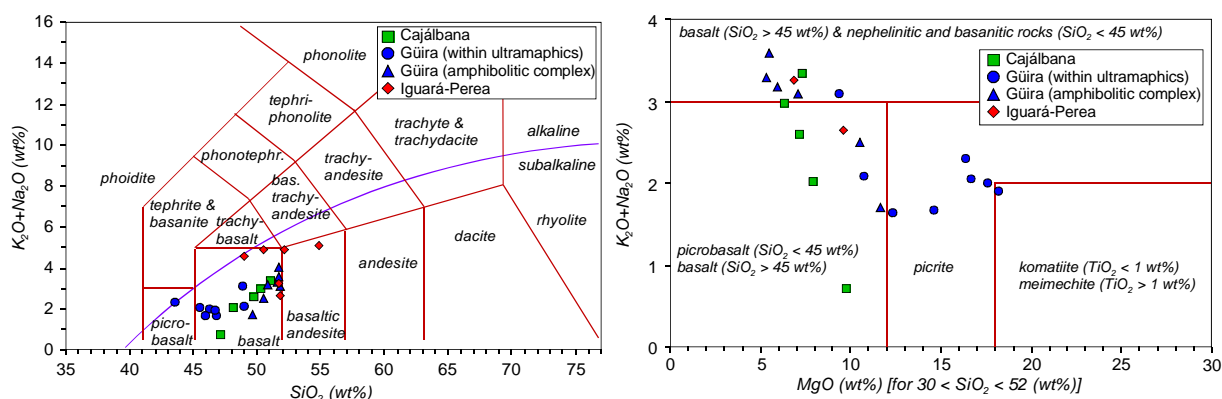


Figure 1: IUGS classification of the studied samples.

Cajalbana. The samples have a tholeiitic character in the AFM diagram (Fig. 2). Their chondrite-normalized REE patterns are homogeneous, and conform with a N-MORB pattern having distinctive LREE depletion (Fig. 2). However, their primitive mantle-normalized element patterns and other chemical features (e.g., Th/Yb-Ta/Yb relations) compare well with island-arc tholeiitic (IAT) basalts, showing distinctive Nb and Th depletion and Sr enrichment relative to MORB typical of basalts from supra-subduction zone environments (Fig. 3).

Iguará-Perea. At divergence with the Cajalbana metabasites, all samples have a calc-alkaline character in the AFM diagram (Fig. 2). The chondrite- and primitive mantle-normalized element patterns are varied (Figs. 2 and 3), though the metadiabases show distinctive Nb and Th depletion and Sr enrichment typical of supra-subduction origin. To some extent, these metabasites are comparable to calc-alkaline metabasites from the Mabujina complex (Fig. 2).

Güira de Jauco. All samples have a tholeiitic character in the AFM diagram (Fig. 2). The chondrite-normalized REE patterns are heterogeneous, conforming with N-MORB, depleted N-MORB, and E-MORB (Fig. 2). The primitive mantle-normalized element patterns (Fig. 3) and other geochemical diagrams indicate similarities with intraplate basaltic rocks of the Upper Cretaceous Caribbean Large Igneous Province, suggesting a similar origin for the protoliths of this complex.

Mineral composition and assemblages

The extent of metamorphic recrystallization in all samples is considerable to complete, with formation of metamorphic assemblages of the amphibolite facies and, locally, of the upper amphibolite to granulite facies (Iguará-Perea). All samples except the granulites have low- to very low-grade retrograde overprints made of albite, chlorite, prehnite and pumpellyite that replace the earlier amphibolite-facies matrix assemblages and fill veins.

Cajalbana. The samples bear amphibolite facies assemblages made of plagioclase (andesine-oligoclase), amphibole (magnesianhornblende, locally edenite and actinolite), titanite, epidote, and apatite. When present, relict igneous labradorite and augite are replaced by metamorphic andesine-oligoclase and calcic amphibole, respectively. The non-deformed samples retain



diabasic texture defined by laths of pseudomorphosed igneous plagioclase and inter-grain blastic amphibole formed after clinopyroxene.

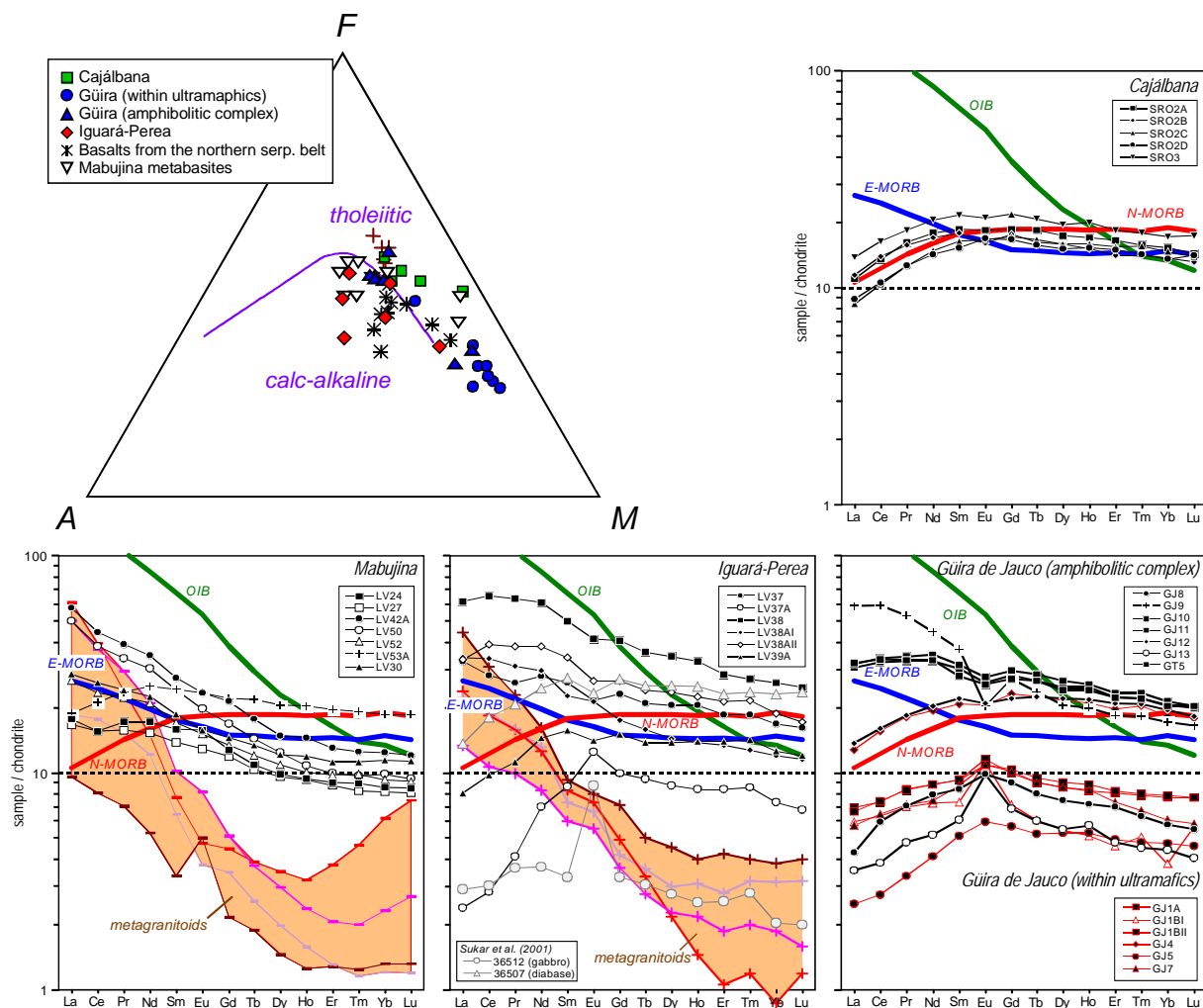


Figure 2. AFM and chondrite-normalized REE diagrams of the studied samples, non metamorphic volcanic rocks of the northern serpentinite belt (Kerr et al., 1999), metagranites from Iguará-Perea (K. Sukar), and metabasites and metagranites from Mabujina (unpublished data).

Iguará-Perea. The metadiabases retain relict diabasic texture and bear amphibolite-facies metamorphic assemblages formed by calcic amphibole (magnesiohornblende), plagioclase (andesine; relict igneous labradorite is found in the cores of andesine grains), titanite, epidote, apatite and, locally, quartz and diopside. These assemblages are similar to those of the metadiabases from Cajalbana. The metagabbros do not preserve relict igneous textures or minerals, displaying granoblastic texture with abundant triple-point junctions among all types of mineral grains. The assemblage is formed by plagioclase (andesine), clinopyroxene (diopside-augite), amphibole (pargasite-kaersutite), magnetite, ilmenite and apatite. This is a high-grade assemblage which, however, is not diagnostic of the metamorphic facies as it can be attributed either to the upper amphibolite or the granulite facies. Temperature estimates (see below) conform with granulite facies conditions.



Güira de Jauco. The samples of basaltic composition are amphibolites formed by calcic amphibole (pargasite-edenite-magnesiohornblende), plagioclase (andesite-oligoclase), epidote, titanite, and apatite (\pm quartz). The samples of picritic composition are amphibolitites that bear a high-variance non-diagnostic assemblage made almost exclusively of Mg-rich calcic amphibole (pargasite-tschemakite-magnesiohornblende-actinolite) with minor titanite and epidote. However, this assemblage must have formed within the amphibolite-facies because of the amphibolite-facies assemblages present in adjacent non-picritic rocks. All type of samples are strongly deformed and foliated, have no trace of relict igneous textures and minerals. The deformation of the rocks occurred during the formation of the peak amphibolite facies assemblages, but termination of deformation at (near) peak metamorphic conditions is indicated by recrystallization and formation of triple-point junctions among grains of amphibole.

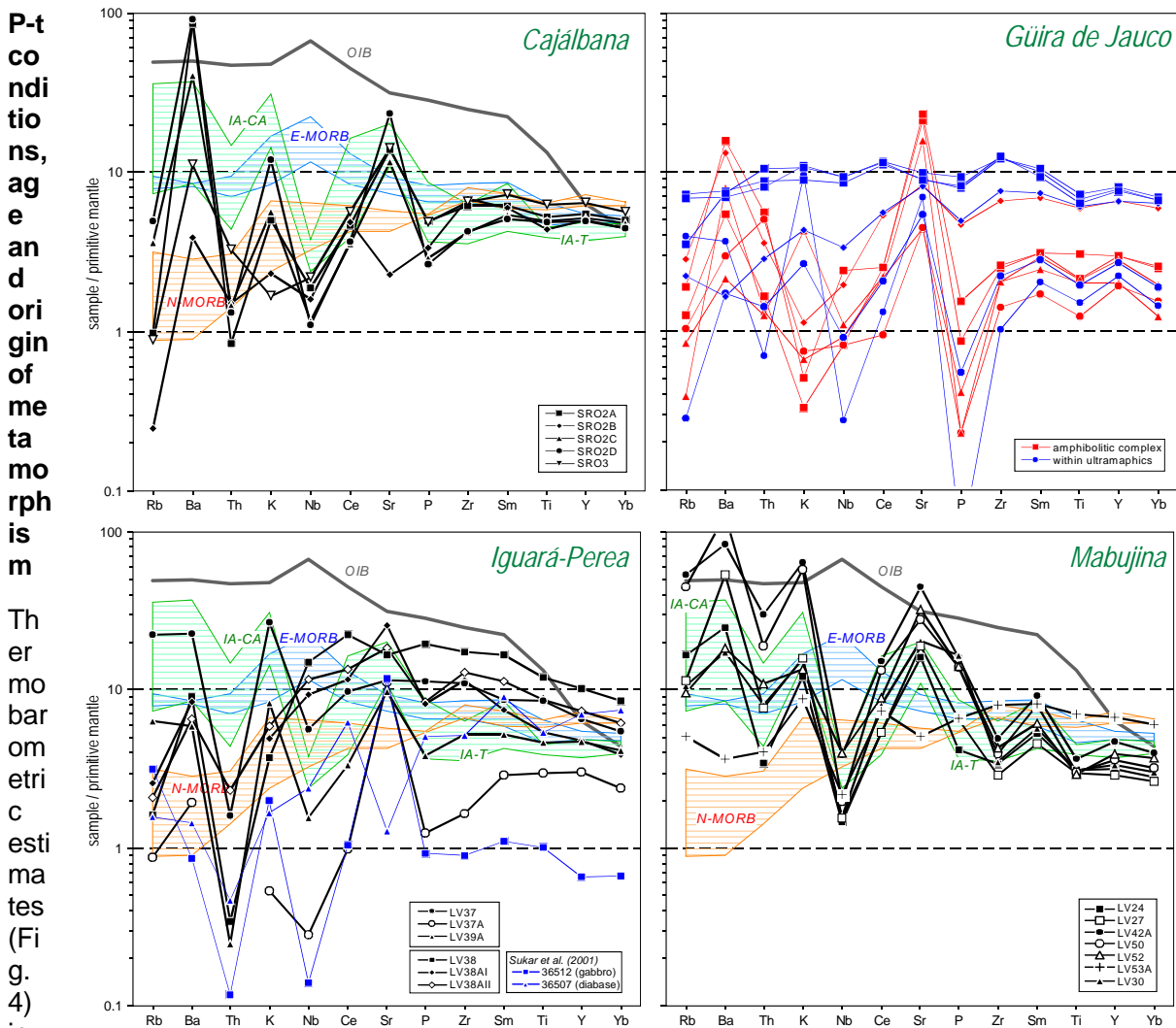


Figure 3. Primitive mantle-normalized element patterns of the studied samples and metabasites and metagranites from Mabujina (unpublished data).

álbana and Iguará-Perea complexes indicate maximum pressures lower than 3 kbar and temperatures of 600-650 °C (Cajalbana), 650-800 °C (Iguará-Perea metadiabases) and 900-1100 °C (Iguará-Perea (granulites). Because of the poorly known thermodynamic properties of amphibole solid solutions, the more conservative lower bounds of these temperature ranges are



preferred. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau ages have yielded 88.0 \pm 3.2 (LV38, granulite of Igará-Perea) and 129.8 \pm 1.9 Ma (SRO2A, deformed metadiabase of Cajálbana). Both dates are interpreted as cooling ages since the temperature attained were in excess of 600 °C and the blocking temperatures of the isotopic system is 500-600 °C. That is, the samples abandoned their respective thermal focuses (i.e., cooled below 500 °C) by ca. 130 and 90 Ma. Such difference in the age of cooling is considered to reflect local, rather than regional, thermal focuses for metamorphism. This, and the coherent Ar-release spectra of the sample from Iguará-Perea, suggests that the age of this sample may not be the result of the resetting of the isotopic system at the Upper Cretaceous. Work is in progress to confirm/reject this hypothesis.

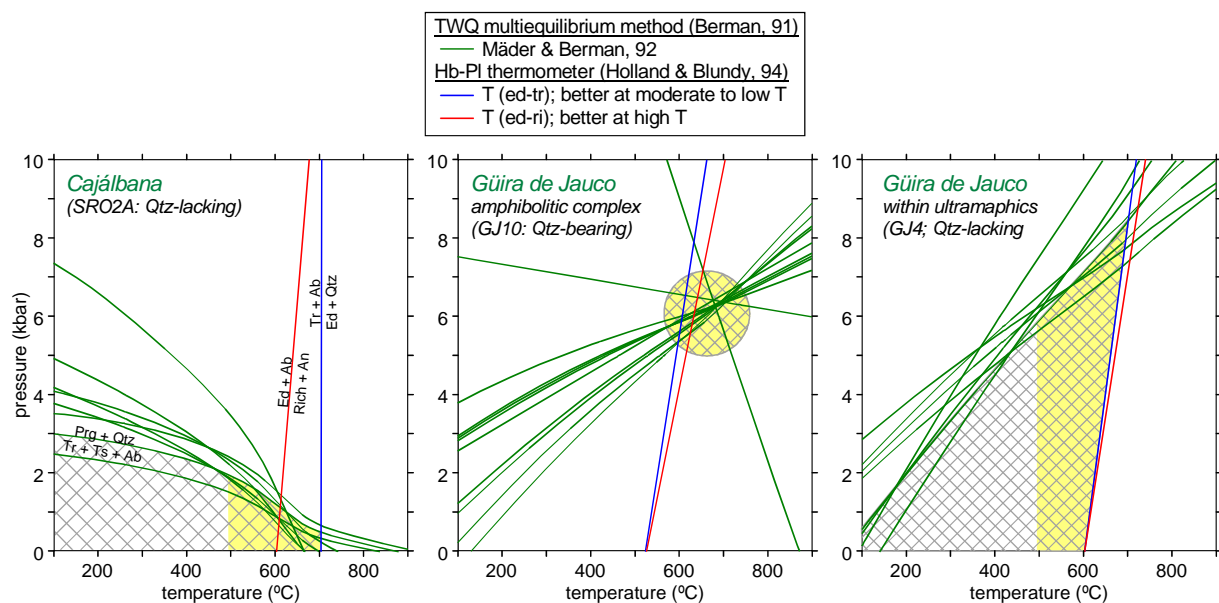


Figure 4. P-T estimates of representative samples of amphibolites from Cajálbana and Güira de Jauco. In the quartz-lacking samples the pressure estimates are maximum.

The low pressure of metamorphism and the general lack of deformation in all types of rock from both regions suggest ocean-floor type of metamorphism. This is strengthened by the composition of amphibole and apatite from the metadiabases, which are rich in Cl and comparable to amphiboles from samples dragged in present-day oceanic environments. Additionally, amphibole grains from the metadiabases show cores with lower Si and Mg and higher Al(T), Al(C), Ti, and Na+K(A) contents, and rims with higher Si and Mg and lower Al(T), Al(C), Ti, Fe, and Na+K (A) contents. Na(B) is systematically low (< 0.14 atoms per 22 O, 2(OH,F,Cl)) and does not change significantly from core to rim. This type of zoning indicate cooling during amphibole growth at constant low-pressure, in agreement with expectations of ocean-floor metamorphic recrystallization. Interestingly, however, some grains show oscillatory zoning that indicate the occurrence of events of re-heating in the general course of amphibole growth during cooling, perhaps due to the input of magma batches in the neighborhood. However, the probable Lower and Upper Cretaceous age of formation of the protoliths and of metamorphism in Cajálbana and Iguará-Perea, respectively, and the likely formation of both complexes at suprasubduction environments, are better explained by arc-related rather than true mid-ocean ridges thermal focuses. We suggest arc environments either at embryony stages of



development or abandoned (i.e., short-lived) in favor of other locations where the arcs copiously developed (i.e., to the south, in the case of Iguará-Perea). This interpretation is strengthened by the existing correlation between the age of metamorphism and the geochemical nature of the protoliths, that mirror relationships between the age and type of igneous suite of the Cretaceous arcs of Cuba. Thus, the protoliths of the metabasites from Cajalbana formed in the Lower Cretaceous (pre-Hauterivian) and have an island-arc tholeiitic signature similar to the Lower Cretaceous (pre-Aptian) primitive island arc. The protoliths of the metabasites from Iguará-Perea, on the other hand, probably formed in the Upper Cretaceous (pre-Turonian) and have an island-arc calc-alkaline signature similar to the Upper Cretaceous (post-Albian) island arc. In this respect, it is worth mention that not only age and chemical signature of the basic rocks conform with these relationships, but also other features such as the presence of Upper Cretaceous calc-alkaline granitoids in the Iguará-Perea complex similar to Upper Cretaceous calc-alkaline granitoids of the Mabujina complex that underlies the volcanic arc in southern central Cuba (Fig. 2).

Thermobarometric estimates in the Güira de Jauco complex yield conditions of 600-700 °C and 6-8 kbar (Fig. 4). This pressure and the strong syn-metamorphic deformation indicate collision-related metamorphism. Research is currently in progress to obtain the age of this collision event. Late Upper Cretaceous age is indicated by the available K-Ar ages (75-58 Ma; Iturralde-Vinent et al., 1996), though it is uncertain whether these ages represent the age of collision-related metamorphism or resetting of the isotopic system during the Upper Cretaceous collision of the calc-alkaline arc and adjacent oceanic lithosphere with the North America margin indicated by the structural pile of the region (i.e., Purial volcanics, S^a del Convento serpentinite melange, Moa-Baracoa ophiolite, Güira de Jauco, and Asunción metasediments). The basalt-picrite association in this complex and its geochemical signatures, on the other hand, suggest an Upper Cretaceous (ca. 90-80 Ma?) intraplate magmatism similar to that of the Caribbean Large Igneous Province. Still, magmatic under-plating at the base of an oceanic lithosphere (represented by the serpentinites containing amphibolitic layers) is hypothesized here because of the location of the Güira de Jauco complex at the base of the Moa-Baracoa ophiolite.

Tectonic implications

Our data confirm a protracted geologic history of the oceanic lithosphere represented by northern serpentinite belt previous to its accretion to the North-America/Yucatan margin during the uppermost Cretaceous-Paleogene. The formation of the oceanic lithosphere in the northern serpentinite belt is diachronous and involved a number of environments including Lower and Upper Cretaceous arc and Upper Cretaceous(?) intraplate settings. These episodes must be added up to the inferred major episode of formation of oceanic lithosphere that took place at mid-ocean ridges during the Upper-Jurassic to Lower-Cretaceous drift of North and South America. Though these data cannot, by themselves, solve the plate tectonic configuration of the northern margin of the Caribbean plate during the Mesozoic, they put important constraints to available models. For example, in the model of Pindell and co-workers (e.g. Pindell & Barrett, 1990; Pindell, 1996), that incorporates a pre-Aptian NE-dipping subduction of the Pacific plate below the Proto-Caribbean (Atlantic Caribbean) lithosphere, the Cajalbana ophiolite should fit with a fragment of the Proto-Caribbean because of its suprasubduction nature at the Lower Cretaceous. After the Aptian-Albian polarity flip of subduction predicted by this model, this part of the Proto-Caribbean should not have entered the SW-dipping subduction zone, as it does not appear metamorphosed to high pressure. That is, the Cajalbana ophiolites should represent a fragment of the pre-Aptian Proto-Caribbean plate incorporated to the Caribbean plate during the Aptian-Albian, and consequently located at the fore-arc of the Great Arc of the Caribbean during the Upper Cretaceous. On the contrary, the Iguará-Perea complex should correspond with a fragment of the Caribbean plate (or pre-Aptian Pacific in this model) because of its



suprasubduction nature and probable Upper Cretaceous age, when the model predicts SW-dipping subduction of the Proto-Caribbean below the Caribbean plate. In this model, the most likely position of the lithosphere represented by the Iguará-Perea complex would be the fore-arc of the Great Arc of the Caribbean. Finally, the Güira de Jauco-Moa-Baracoa ophiolite may represent Upper Cretaceous Caribbean lithosphere but, at divergence with the Iguará-Perea complex, located well within the interior of the plate because of its proposed intraplate origin. To be noted, however, is that the Güira de Jauco-Moa-Baracoa ophiolite may also represent Proto-Caribbean lithosphere in this model, as long as a large plateau basalt region is located to the SE prolongation of the Florida-Bahamas block. These configurations have profound impact in the predicted provenance of the ophiolitic bodies. Thus, the position of the Cajalbana and Iguará-Perea ophiolites at the fore-arc of the Great Arc of the Caribbean in Upper Cretaceous times implies that the arc overrode the fore-arc during the late Upper Cretaceous to Paleogene collision of the arc with the North America/Yucatan margin, in accordance with common views of the structure of the Cuban orogenic belt (Iturralde-Vinent, 1996), but the intraplate position of the Güira de Jauco-Moa-Baracoa ophiolite would imply that the arc was overridden by the northern serpentinites (if the body belongs to the Pacific plate) or that the arc overrode the ophiolite (if the latter belongs to the Proto-Caribbean). On the other hand, the Cajalbana and Iguará-Perea ophiolitic bodies can be conceptualized in the model of Iturralde-Vinent and co-workers (e.g. Iturralde-Vinent, 1996; Kerr et al., 1999) as fragments of the Proto-Caribbean during Lower and Upper Cretaceous times, since the model predicts NE-dipping subduction of the Caribbean below the Proto-Caribbean at his time. The most likely position of the lithosphere represented by these ophiolitic bodies would be to the back-arc of the Great Arc of the Caribbean, latter overridden by the Great Arc and emplaced on top of the North America/Yucatan margin during the Upper Cretaceous to Paleogene arc-continent collision. As in Pindell's model, the Güira de Jauco-Moa-Baracoa ophiolite may be of Caribbean or Proto-Caribbean origin and, consequently, may have been overridden by the arc (if the ophiolite belongs to the Pacific plate) or the arc may have overrode the ophiolite (if the latter belongs to the Pacific plate). Clearly, more field, petrological and geochronological work in the northern serpentinite belt is needed before the problems addressed here are solved.

References cited

- Andó, J., Harangi, Sz, Szakmány, By. & Dosztály, L. (1996): Petrología de la asociación ofiolítica de Holguín. In: Ofiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba (M. A. Iturralde-Vinent, Ed.), IGCP Project 364 Spec. Contrib. 1, 154-176. Miami, USA.
- Berman, R. G. (1991): Thermobarometry using multi-equilibrium calculations: a new technique, with petrological applications. *Canadian Mineralogist*, 29, 833-855.
- Mäder, U.K. & Berman, R.G. (1992): Amphibole thermobarometry: a thermodynamic approach. *Current Research, Part E, Geological Survey of Canada, Paper 92-1E*, 393-400.
- García-Casco, A., Torres-Roldán, R.L., Millán, G., Monié, P., & Schneider, J. (2002): Oscillatory zoning in eclogitic garnet and amphibole, Northern Serpentine Melange, Cuba: a record of tectonic instability during subduction? *Journal of Metamorphic Geology*, 20, 581-598.
- Holland, T. & Blundy, J. (1994): Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 116, 433-447.
- Iturralde-Vinent, M.A. (1996): Introduction to Cuban Geology and Geophysics. In: Ofiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba (M. A. Iturralde-Vinent, Ed.), IGCP Project 364 Spec. Contrib. 1, 3-35. Miami, USA.
- Iturralde-Vinent, M.A., Millán, G., Korkas, L., Nagy, E., & Pajón, J. (1996): Geological interpretation of the Cuban K-Ar data base. In: Ofiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba (M. A. Iturralde-Vinent, Ed.), IGCP Project 364 Spec. Contrib. 1, 48-69. Miami, USA.



- Kerr, A.C., Iturralde-Vinent, M., Saunders, A.D., Babbs, T.L., & Tarney, J. (1999): A new plate tectonic model of the Caribbean: Implications from a geochemical reconnaissance of Cuban Mesozoic volcanic rocks. *Geological Society of America Bulletin*, 111, 1581-1599.
- Millán, G. (1996): Metamorfitas de la asociación ofiolítica de Cuba. In: *Ofiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba* (M. A. Iturralde-Vinent, Ed.), IGCP Project 364 Spec. Contrib. 1, 3-35. Miami, USA.
- Pindell, J.L. (1996): Evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean. In: *Caribbean Geology: an Introduction* (eds. S.K. Donovan & T.A. Jackson), 13-39. U.W.I. Publishers' Association, Kingston.
- Pindell, J.L. & Barrett, S.F. (1990): Geologic evolution of the Caribbean region; A plate-tectonic perspective. In: *The Caribbean Region, The Geology of North America, H*, (eds G. Dengo & J.E. Case), 405-432. The Geological Society of America, Boulder.
- Proenza, J., Gervilla, F., Melgarejo, J.C. & Bodinier, J.L. (1999): Al-and Cr-rich chromitites from the Mayarí-Baracoa ophiolitic belt (eastern Cuba): consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotites in suprasubduction mantle. *Economic Geology*, 94, 547-566.
- Somin, M.L. & Millán, G. (1981): *Geology of the metamorphic complexes of Cuba* (in russian). Nauka, Moscow, 219 p.



HISTORY OF TECTONIC INTERACTIONS BETWEEN THE CUBAN FOREARC TERRANE AND MEXICO-CENTRAL AMERICA

James Pindell, Tectonic Analysis, Ltd.

North-vergent, Paleogene collision between the Cuban "arc" terrane with the passive Bahamas carbonate bank of the Proto-Caribbean Seaway is widely accepted among workers. In contrast to the "passiveness" of the Atlantic-type Proto-Caribbean margins, the Cuban arc terrane holds a wealth of information that tells of a complex tectonic, metamorphic and magmatic history that dates back to the Jurassic. Despite the fact that Cuba has been geographically isolated from the Caribbean Plate since the Eocene by the Yucatán Basin and Cayman Ridge, the geology of the Cuban arc terrane is so similar to that of numerous Caribbean terranes that it was clearly part of the Caribbean Plate prior to the Paleogene. And because the Caribbean Plate is of Pacific origin, then parts of the Cuban arc terrane may also be of Pacific origin, or perhaps the Neocomian inter-American arc that spanned the gap from Chortis to Ecuador.

Accepting that a Pacific/inter-American arc origin is viable, the geology of Cuba may be interpreted as part of the far-travelled Caribbean Plate, rather than in terms of more local modes of evolution. Thus, regional integrated models of Gulf of Mexico/Caribbean evolution potentially provide a geometric and kinematic framework in which to interpret that history. Further, considering Cuba's position at the northwesternmost part of the Caribbean Plate, then Caribbean-Mexico/Central American plate interactions are likely recorded in the geology of Cuba.

Using the Caribbean evolutionary model of Pindell and Kennan (2001) as a guide, cause-and-effect geological relationships between the Cuban arc terrane and Mexico-Central America are proposed. It is argued that the Cuban arc terrane derives from the inter-American Arc between Chortis (when Chortis lay adjacent to Guerrero, Mexico) and Ecuador, was involved in the Aptian Caribbean arc-polarity reversal during which west-dipping subduction beneath Caribbean Plate began, underwent arc-parallel extension during middle and Late Cretaceous time, converged obliquely with southern Yucatán in the Maastrichtian, and migrated ahead of the Yucatán intra-arc basin during the Paleogene on its way to collision with the Bahamas. Finally, it is proposed that the Cuban "arc" terrane represents a forearc piece of the Great Caribbean Arc only, and should not be considered as an arc in itself.

Tectonic Analysis, Inc., West Burton, West Sussex, England: jim@tectonicanalysis.com



AGE SYSTEMATICS OF HIGH-PRESSURE METAMORPHISM IN THE CARIBBEAN: CONFRONTING EXISTING MODELS WITH NEW DATA

Walter V. Maresch⁽¹⁾, Klaus-Peter Stanek⁽²⁾, Friedemann Grafe^(1,2,3), Bruce Idleman⁽⁴⁾, Albrecht Baumann⁽³⁾, Martin Krebs⁽¹⁾, Hans-Peter Schertl⁽¹⁾, Grenville Draper⁽⁵⁾

- (1) Institut fuer Geologie, Mineralogie and Geophysik, Ruhr-Universitaet Bochum, D-44797 Bochum, Germany, E-mail: walter.maresch@rub.de
- (2) Institut fuer Geologie, TU Bergakademie Freiberg, Bernhard-von-Cotta-Str. 2, D-09596 Freiberg, Germany
- (3) Institut für Mineralogie, Zentrallaboratorium für Geochronologie, Westfälische Wilhelms-Universität-Münster, Corrensstr. 24, 48149 Münster, Germany
- (4) Dep't of Earth and Environmental Sciences, Lehigh University, 31 Williams Drive, Bethlehem, PA 18015, USA
- (5) Dep't of Geology, Florida International University, Miami, Florida, 33199 USA

The development of plate-tectonic models in the Caribbean has been traditionally based mainly on a two-dimensional perspective centred on terrane analyses and studies of relative movements between terranes and plates, augmented by geochemical and geochronological data on volcanic activity. However, the importance of the information recorded in the pressure(depth)-temperature-deformation-time development of crystalline rocks has recently become more widely acknowledged. Such data require a modern and diverse, yet highly correlated multidisciplinary methodology. As more, and more detailed P-T-d-t-paths become available around the Caribbean, a systematic picture is beginning to emerge.

The extent of this new level of perception is due to the increasing quantity and above all better quality of geochronological control on the pressure-temperature evolution of metamorphic rocks. Although early petrological studies were able to relate the high-pressure metamorphic rocks exposed along the northern and southern borders of the Caribbean to collisional geodynamic environments, it was detailed geochronological work that showed that the subduction environments responsible for the formation of these rocks were actually located far to the west of a nascent Caribbean gap. The available data set – both old and new – is consistent with the fact that peak high-pressure conditions of high-pressure suites around the Caribbean were uniformly reached between 120 to 100 Ma, i.e. *before* diachronous emplacement along the northern and southern margins commenced. By contrast, new data on the cooling, i.e. exhumation history of high-pressure suites as well as metamorphic rocks from the lower levels of associated volcanic arcs show that specific sections around the margins of the Caribbean exhibit characteristic and variable exhumation histories. Such data therefore faithfully record the particular timing and geodynamic setting of each area around the Caribbean perimeter and provide local stringent detailed constraints on plate tectonic models.

Although we are just beginning to "see through" the chronology of high-pressure metamorphic events and exhumation evolution to determine details on the timing of prior events, new data are providing enigmatic and intriguing prospects. Conventional multi-grain analysis as well as corroborating detailed SHRIMP investigations have revealed that zircons in certain eclogites from the Escambray massif in Cuba point to a 140-160 Ma event. Even if discussions on the significance of this age are in full progress (crystallization of the precursor gabbro? a second earlier, pre-Caribbean high-pressure event?), it is clear that studies of P-T-d-t histories are indispensable in our quest to better understand the plate-tectonic history of the Caribbean region.



NICOYA COMPLEX *SENSU STRICTU*, CRETACEOUS STRATIGRAPHY AND TERRANES OF THE NICOYA PENINSULA, COSTA RICA

Percy Denyer & Kenneth Flores

Universidad de Costa Rica, P.O.Box 214-2060 UCR, San Jose-Costa Rica

The Nicoya Complex s.st. was originally defined at the NW of Nicoya Peninsula. The Ar/Ar-dates and bio-stratigraphic data do not confirm either one of the current hypotheses, in which an oceanic basement and its Jurassic-Cretaceous sediment cover is overlaid by Upper Cretaceous plateau basalts.

The Nicoya Complex s. str. is a fragment of the Late Cretaceous Caribbean Plateau created by uplift and southward tilting during an early Campanian collisional event. The deepest levels of the Plateau are exposed in NW-Nicoya, where over 50 % of the igneous rocks are intrusives (gabbros and plagiogranites). Ar/Ar-dates of igneous rocks (83-92 Ma) are consistently younger than most of the radiolarian cherts (Early Jurassic-Late Cretaceous). No Jurassic oceanic basement has been identified. Therefore, the Jurassic-Cretaceous radiolarites became disrupted and detached from its original basement by multiple intrusions during the formation of the Caribbean Plateau (Baumgartner and Denyer, in prep).

The origin of the Cretaceous series of the Nicoya Peninsula has been described in different ways and by many authors. However, only Di Marco and others (1995), based on paleomagnetism and stratigraphy, proposed the existence of two terranes. The Nicoya terrane comprises the Santa Elena Peninsula and the outer Nicoya Peninsula, constituted by mafic and ultramafic oceanic basement and associated deep water sediments.

The Chorotega Terrane constitutes most of the southern Middle American land bridge and probably formed the western edge of the Caribbean Plate during Late Cretaceous. Using the stratigraphic criteria, we have recognized two different terranes, subdividing the Chorotega terrane proposed by Di Marco and others (1984). The Chorotega terrane *sensu stricto* is constituted by oceanic basalts and bituminous shales interbedded with siliceous and tuff sediments (Albian-Santonian). We propose a new terrane constituted by basalts and breccias overlaid by pre-Campanian (probably Santonian) green siliceous volcanoclastic shales, green very fine grain ignimbrites and occasionally bituminous sediments. Microscopically these rocks show hornblende, pyroxene, plagioclases, shards and collapsed pumice. The pelagic-hemipelagic Sabana Grande Formation (Late Santonian-Early Campanian) is overlapping both terranes.

Baumgartner, P. O and Denyer, P., (in prep.), The Nicoya Complex s. str. (Middle Jurassic-Late Cretaceous) Age and origin of basalts, intrusives and associated radiolarites, Nicoya Peninsula (Costa Rica)

DiMarco, G., Baumgartner, P. O., and Channell, J. E. T., 1995, Late Cretaceous-early Tertiary paleomagnetic data and a revised tectonostratigraphic subdivision of Costa Rica and western Panama: Geological Society of American Bulletin Special Paper 295, p. 1-27.



MESOZOIC TERRESTRIAL VOLCANISM VS. COEVAL REDBED DEPOSITION IN THE RIM OF THE GULF OF MEXICO: WHERE IS THE BOUNDARY?

Claudio BARTOLINI

IHS Energy

5333 Westheimer, Suite 100

Houston, Texas, 77056 U.S.A

Abstract

Volcanic, sedimentary and granitic plutonic rocks that are part of the early Mesozoic Cordilleran continental magmatic arc are exposed in a belt from the southwestern United States to Guatemala. In north-central Mexico, these volcanic arc suites are grouped into the Nazas Formation, which record volcanic activity, crustal extension, and erosion of volcanic edifices in a subaerial volcanic arc that developed from Late Triassic to Middle Jurassic time along the México western continental margin. The Nazas arc consists of more than 3 km of volcanic flows, pyroclastic rocks and clastic sedimentary strata that were formed in extensional intra-arc basins within the upper arc structure. These sequences are characterized by drastic facies changes over short distances, highly variable thicknesses of basin-fill, mixed sediment composition, heterogeneous lithologic associations, and poorly known fluvial and alluvial facies distribution, reflect the complexity of the arc environment. The size, original orientation and geometry of individual basins within the arc are unknown in detail due to younger tectonic events and erosion.

Early Mesozoic extension along the arc was contemporaneous with rifting along the western Gulf of México to the east. Rift basins along the Gulf were filled with Late Triassic and Early-Middle Jurassic redbeds, evaporite deposits and occasional intercalations of pyroclastic rocks that may have erupted from the arc and probably traveled east reaching the zone of rifting that created the Gulf of México. In this scenario, two distinct extensional provinces overlapped within the Nazas arc, one with volcanic and pyroclastic rocks dominant in the west (Nazas Formation) and redbeds (Huizachal Group) in the east and offshore in the western part of the Gulf of Mexico. The complex interaction of geologic processes related to two distinct but coeval tectonic settings (subduction beneath the arc and rifting along the Gulf of Mexico rim) rule out previously proposed simple rift system models. Whether extension along the Nazas magmatic arc is the result of westward propagation of Gulf-related rifting or extension along the Gulf of Mexico coastal region is related to back-arc extension is an issue to be resolved. The evolution of these two tectonic domains is critical in understanding the structural framework and the Late Jurassic source rock distribution of the prolific petroleum basins in Mexico.



OXFORDIAN REPTILES IN THE CARIBBEAN CORRIDOR

Gasparini, Zulma (1) and Iturralde-Vinent, Manuel (2)

- (1) Departamento Paleontología Vertebrados, Museo de La Plata; Paseo del Bosque s/n. (1900) La Plata, Argentina.
- (2) Museo Nacional de Historia Natural ; Obispo 61, Plaza de Armas, La Habana 10100, Cuba.

Phylogenetic affinities between the middle Jurassic marine reptiles of Europe and western South America suggest a connection through central-western Pangea. However, it is not until the Oxfordian when reptiles are first recorded in the Caribbean, and their taxonomic diversity is in agreement with a corridor related to a great oceanographic event.

So far, all the Caribbean Jurassic reptiles were found at western Cuba (Guaniguanico terrane). The bearing levels belong mostly to the Jagua Vieja Member of the Jagua Formation (middle-upper Oxfordian). These reptiles are particularly important because of their geographic location and because of their age, since middle-upper Oxfordian records are not frequent worldwide.

Among the Cuban marine reptiles prevail the pelagic forms that frequently rambled in near shore environments. This was the case of long-necked plesiosaurs (Cryptoclididae: *Vinialesaurus caroli*), crocodiles (Metriorhynchidae: *Geosaurus* sp.), and turtles (Pleurodira: *Caribemys oxfordiensis*). The relative vicinity of the shore, of the marine environments in which these reptiles are recorded, is supported also by the presence of pterosaurs (Rhamphorhynchidae: *Nesodactylus* and a new taxon), isolated post-cranial fragments of sauropod dinosaurs, and abundant plant remains, particularly logs. The Caribbean Corridor was also the way for other pelagic off-shore reptiles such as ophthamosarian ichthyosaurs and pliosaurs. The close taxonomic relationships between the Oxfordian reptiles -and fishes- of Cuba and western Tethys - eastern Pacific presupposes that the Caribbean Corridor played a main role in the association of the pelagic fauna from both regions .



THE PUZZLE OF LOMA CARIBE CHROMITITES (HISPANIOLA)

J.F. Lewis⁽¹⁾, J.A. Proenza⁽²⁾, J.C. Melgarejo⁽²⁾, F. Gervilla⁽³⁾

(1) Dept. of Earth and Environmental Sciences, George Washington University, Washington, D.C. 20052.
jlewis@gwu.edu

(2) Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès, s/n, 08028 Barcelona, Spain. joaquin@natura.geo.ub.es

(3) Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada-CSIC, Avda. Fuentenueva, s/n, 18002 Granada, Spain. gervilla@ugr.es

ABSTRACT

The Loma Caribe peridotite (mantle peridotites and associated chromitites) is exposed in the Cordillera Central, Dominican Republic. The peridotite body is about 4-5 km wide and extends for 95 km from La Vega to Cerro Prieta north of Santo Domingo, but the southeastern part of the peridotite is exposed as thin fault slices only. These mantle rocks are considered to have been exposed because of the collision of an oceanic plateau (Duarte plateau terrane) with the primitive Caribbean island-arc (Maimon-Amina terrane) at Aptian time.

The Loma Caribe peridotite is composed of Iherzolite, Cpx-rich harzburgite, harzburgite and dunite. In addition, pyroxenite and small bodies of podiform chromitites (Loma Caribe chromitites) also occur. The peridotites typically show porphyroclastic and coarse-grained granoblastic textures. Orthopyroxene phenocrysts are strongly deformed, showing kink bands deformation, suggesting that the peridotites could represent remnants of depleted upper mantle.

The #Cr [(Cr/(Cr+Al)) in Cr-spinel (an indicator of melt depletion in the peridotites) from Loma Caribe peridotites vary from (0.30 to 0.88). These large compositional variations indicate the occurrence of peridotites with very different melting histories. Relatively fertile peridotites as found in Loma Caribe (e.g. #Cr ~ 0.3) have not reported in eastern Cuba ophiolites where they exhibit mostly #Cr > 0.5). The equilibration temperature estimates (according to three thermometric formulations using pyroxenes) give large ranges of equilibration temperatures, between 980 and 1260 °C. The upper mantle rocks present in Loma Caribe peridotite probably include rocks from suboceanic mantle, including mantle underneath oceanic ridge, oceanic plateau and island arc.

The chromitite bodies associated with Loma Caribe peridotites have small size, and show massive textures. No primary silicate minerals are preserved in the matrix of the chromitite in any of the samples studied. The intergranular minerals mainly consist of chlorite, and minor serpentine.

The Loma Caribe chromitite is Cr-rich chromite, the Cr# varies from 0.75 to 0.78 (corresponding to Cr₂O₃ contents between 49.42 and 51.66 wt%, and Al₂O₃ between 9.93 and 11.13 wt%), the Mg# from 0.47 to 0.50. These values are typical of ophiolitic chromitites elsewhere. However, Loma Caribe chromite exhibits systematically high TiO₂ (0.79-0.93 wt%) and Fe₂O₃ (7.23-8.46 wt%) contents. Chromite with the chemical composition of the Loma Caribe chromitite, to our knowledge, never has been reported in ophiolitic chromitites. In general, the chromite from Loma Caribe chromitite differs from Cr-spinel reported in boninites, high-magnesian andesites, MORB, BABB and Alaskan-type plutonic complexes (arc magma chambers or arc-root complexes).

Chromite in small podiform deposits, with relatively high #Cr (62-85) and ferric iron contents (up to 8.95 wt% of Fe₂O₃), have been described in ultrabasic rocks from the Bragança massif (Portugal), and are interpreted as having crystallized in the upper few kilometres of the magmatic arc mantle (Bridges et al., 1995). Nevertheless, the Bragança chromitites show low TiO₂ content (< 0.24 wt%). The high TiO₂ content in chromite from podiform deposits is associated with Al-rich chromite, never with Cr-rich chromite as in the Loma Caribe chromitite.

The composition of chromite from Loma Caribe chromitite, is relatively close to that reported for Cr-spinel from oceanic plateau basalts. For example, Cr-spinels from Hole 462A (Nauru Basin Oceanic Plateau, SW Pacific) are characterized by #Cr range from 0.54 to 0.73, TiO₂ from 0.5 to 0.8 wt%, and



Fe₂O₃ from 6 to 9 wt% (Tokuyama and Batiza, 1981). In general, Cr-spinels in the oceanic plateau basalts differ from MORB Cr-spinel in their higher #Cr and #Fe³⁺, and are slightly higher in TiO₂ content than arc-magma Cr-spinel (Arai, 1992). Also, the oceanic plateau Cr-spinels have slightly lower #Cr values than arc-magma Cr-spinel.

The most recent interpretation on the genesis of ophiolitic chromitites suggests a suprasubduction zone setting for the precipitation of chromitite bodies. In contrast, no ophiolitic chromitite would be expected in mature spreading centers, such as midocean ridges.

The genesis of Loma Caribe chromitite is still subject of debate. Here, tentatively, we suggest two possibilities to explain their "exotic" composition:

- 1) A product of crystallization during percolation of a deep portion of suboceanic mantle by magmas from the Duarte plume.
- 2) A result of interaction between a heterogeneous oceanic mantle (Loma Caribe peridotites) and Cretaceous island arc derived melts.

Trace elements (including PGE) patterns and isotopic compositions (Sr, Nd, Os) in chromitites and associated peridotites could be help to characterize their genetic processes and tectonic setting (oceanic plateau or Island arc).

References:

- Arai, S. (1992): Mineral. Mag., 56, 173-184
Bridges, J.C., Prichard, H.M., Meireles, C.A. (1995) Geol. Mag., 132, 39-49.
Tokuyama and Batiza (1981): Init. Rep. D.S.D.P., 61, 673-687.