

## METALOGENIA ASOCIADA A LAS OFIOLITAS Y AL ARCO DE ISLAS DEL CRETÁCICO DEL NORDESTE DE CUBA

### *Metallogeny associated to the Ophiolites and the Cretacic Island Arcs of the northeast Cuba*

Roberto DÍAZ-MARTÍNEZ<sup>1</sup>, Joaquín A. PROENZA-FERNÁNDEZ<sup>2</sup>

(1) Departamento de Geología. ISMM email: [rdmart@ismm.edu.cu](mailto:rdmart@ismm.edu.cu). (2) Departamento de Cristal-lografia i Diposits Minerals.Facultad de Geologia, Universidad de Barcelona.

**RESUMEN-** Los estudios metalogénicos revelaron tres distritos mineros con yacimientos de cromitas metalúrgicas y refractarias, con o sin platinoides, asociados a la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa y tres sectores con mineralizaciones de oro y plata, cobre-plomo-zinc y cupro-pirítica con oro refractarias, se ubican estructuralmente en la Zona de Transición Manto-Corteza. Los cuerpos de cromitas del distrito Moa-Baracoa, ricos en cromitas son cúmulos ultramáficos y cuerpos de gabroides. Las cromitas del distrito Mayarí están constituidas por cuerpos de cromitas metalúrgicas ubicadas estructuralmente en los niveles más profundos del manto superior; éstos se asocian a las harzburgitas del complejo de tectonitas. Los cuerpos de cromitas del distrito Sagua de Tánamo poseen cromitas de ambos tipos. El Arco de Isla del Cretácico posee una metalogenia muy variada, caracterizada por el predominio de manifestaciones de oro y plata, cobre-plomo-zinc y cupro-pirítica. Estas se asocian a diabasas, andesitas y basaltos toleíticos de las zonas de retroarco y de antearco; las de retroarco poseen tendencia boninitica. La metalogenia exógena de la región se caracteriza por la abundancia de placeres marino-costeros, eluviales y aluviales, con minerales de interés económico tales como magnetita, cromita, ilmenita, oro y minerales del grupo del platino.

**Palabras clave:** Distritos mineros, cromitas, oro y plata, antearco, retroarco

**ABSTRACT-** The metallogenic studies carried out revealed three mining districts with deposits of metallurgic and refractory chromite, with or without platinoides associated to the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt, and three sectors with gold-silver, copper-lead-zinc and copper-pyritic mineralizations, associated to the cretacic island arcs. The chromitite bodies of the Moa-Baracoa district are rich in refractory chromite and structurally they are located in the Mantle-Crust Transition Zone; the main associated lithologies are ultramafic and gabroide bodies. The chromitite of the Mayarí district are constituted by chromite metallurgic bodies, and are structurally located in the deepest levels in the upper mantle. These bodies are associated to the harzburgite of the tectonite complex. The chromitite bodies of the Sagua de Tánamo district

possess chromites of both types. The Cretacic Island Arc of the possesses a highly variable metallogeny, which is characterized by the presence of gold-silver, copper-lead-zinc and copper-pyritic manifestations. They are all associated to diabase, andesite and tholeitic basalts of the backarc and forearc zones; the latter possesses a boninitic tendency. Lastly, it is necessary to highlight the rich exogenous metallogeny of the region, characterized by the presence of marine-coastal, eluvials and alluvial placers, with such minerals of economic interest as magnetite, chromite, illmenite, gold and platinum group minerals.

**Key words:** Chromite, mining districts, gold, silver, backarc, forearc.

## INTRODUCCIÓN

Este estudio se ha realizado a partir de la información elaborada en el marco de las investigaciones metalogenéticas que desarrolla el Departamento de Geología del ISMM de Moa en colaboración con docentes de la Universidad de Barcelona y la Universidad de Granada.

Los resultados alcanzados poseen un incuestionable valor científico y práctico ya que se establecen las regularidades de la distribución de los yacimientos y manifestaciones minerales en toda la región de estudio, permitiendo profundizar en el conocimiento geológico y metalogénico del nordeste de Cuba. Con estos resultados se han definido los metalotectos que permiten orientar científicamente la búsqueda de nuevas áreas para la localización de cuerpos de cromitas, de metales preciosos y de metales base.

Desde el punto de vista económico vale destacar los nuevos hallazgos de

manifestaciones minerales de oro y plata (Ramayo, 2000); la existencia de sectores dentro de la corteza laterítica con contenidos de oro que superan los 10 g/t (Vila-Sánchez et al; 2005; Díaz-Martínez et al; 2005), los atractivos contenidos de platinoides en las cromititas de la Mina Potosí y en los sedimentos aluviales del río Quesigua y por último la presencia de oro y MEGP en el placer Mejías (Díaz-Martínez et al; 1998).

Se muestran los resultados más importantes en relación con las principales regularidades de la distribución de los yacimientos y manifestaciones minerales asociados a la Faja Ofiolítica Mayarí Baracoa (FOMB) y a las vulcanitas pertenecientes al Arco de Islas del Cretácico (AIC), mediante el análisis de criterios estructurales, magmáticas, litológicas y geoquímicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la caracterización metalogénica de la FOMB y del AIC del nordeste de Cuba se emplearon los resultados de dos importantes proyectos internacionales; el primero titulado “Metalogenia de los arcos de islas fósiles”, ejecutado en colaboración con la Universidad de Barcelona, la Universidad de Granada y el Instituto Superior Minero Metalúrgico, mientras que el segundo se tituló “Depósitos vulcanogénicos submarinos asociados a los arcos de islas volcánicas de Cuba”, proyecto realizado con la participación de la Universidad de Barcelona, la Universidad de Pinar del Río, el Instituto de Geología y Paleontología, adscrito al Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) de la República de Cuba y el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, en el período 2000-2003.

Se consultaron y utilizaron varios informes inéditos de reconocimiento, prospección e investigaciones geológicas de diversos geólogos cubanos así como publicaciones científicas de los autores de este trabajo en revistas nacionales y extranjeras referenciadas en bases de datos de prestigio internacional y del Web of Science. Además se emplearon los Mapas Geológico y Metalogénico de la República de Cuba a escala 1:100 000 y 1:500 000 respectivamente, confeccionado por el Instituto de Geología y

Paleontología, los cuales reflejan las características geológicas y metalogénicas del territorio cubano y su subdivisión en unidades metalogénicas de diferentes rangos.

La composición química de las menas metálicas de los cuerpos de cromititas y su mineralización platinífera acompañante, así como el estudio de los metales preciosos y básicos se determinó con ayuda de técnicas analíticas tales como: Microscopía electrónica de barrido con analizador de energías, microsonda electrónica, potenciometría de redisolución catódica y espectrometría de masa con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS).

### **Microscopía electrónica de barrido con analizador de energía**

Mediante este método se realizaron análisis químicos cualitativos de los granos de oro de los diferentes depósitos estudiados en la región. Los principales elementos químicos identificados fueron: Au, Ag, Hg, Cu, Fe.

El equipo utilizado fue un Cambridge Stereoscan-120 con analizador de energías. El analizador de energía acoplado es un EDS (*energy dispersive spectrometer*) constituido por un cristal de Si(Li) con ventana de Be distribuido por LINK. Este trabajo se realizó en los laboratorios de los servicios científicos

técnicos de la Universidad de Barcelona. Mediante esta técnica se identificaron los elementos químicos presentes en las diferentes fases minerales, los cuales fueron cuantificados posteriormente por microsonda electrónica.

Las condiciones de trabajo fueron de 20Kv para la obtención de imágenes de electrones retrodispersados (BSE-siglas en inglés) y análisis cualitativo.

### **Microsonda electrónica**

La composición química, tanto de las menas de cromo de los tres distritos mineros de la FOMB, como de partículas de oro de los diferentes depósitos de placer, se determinó mediante una microsonda electrónica, con la cual (en el caso de oro) también se obtuvieron imágenes de intensidades de rayos X (mapas de distribución de elementos).

El equipo utilizado fue una *CAMECA SX-50*, equipadas con cuatro espectrómetros de dispersión de longitud de onda (*WDS-wavelength dispersive spectrometer*). Esta técnica analítica permitió la realización de análisis químicos cualitativos mediante imágenes de rayos X (IRx), y de los análisis cuantitativos (EMP) a nivel de granos.

Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: tensión de aceleración de 25 keV y una corriente de sonda de 20 nA. Se utilizaron los siguientes cristales, patrones y líneas

espectrales: Au, oro metal  $L\alpha$  (LIF); Ag, plata metal  $L\alpha$  (PET); Cu, cobre metal  $K\alpha$  (LIF) y Fe, hierro metal  $K\alpha$  (LIF). Los elementos químicos determinados en los granos de oro fueron: Au, Ag, Hg, Cu e Fe.

En la Tabla 1 se resumen los análisis realizados en los laboratorios de los servicios científicos técnicos de la Universidad de Barcelona, España.

### **Potenciometría de redisolución anódica**

Esta técnica analítica se utilizó de manera complementaria para el análisis cuantitativo del Au en las lateritas del sector cabaña (Vila-Sánchez, (2004). Consiste en la electrolisis de los iones Au (III), por la aplicación de un potencial negativo (potencial de deposición) durante un tiempo dado (tiempo de deposición).

La muestra utilizada tuvo un peso de 15 gramos, siendo retomada para un volumen final de 15 ml. El límite de detección de este método para el análisis del contenido de oro en las lateritas fue de 7 ppb.

### **Espectrometría de masa con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS-siglas en inglés)**

Los elementos del grupo del platino (EGP) y Au fueron medidos con un ICP-MS Perkin Elmer Elan 6000 en el Genalysis Laboratory Services Pty. Ltd en Maddington, Australia. Los límites de detección fueron 1 ppb para el

Rh y 2 ppb para el Os, Ir, Ru, Pt y Pd, mientras que para el Au fue de 3 ppb.

### **Fineza de las partículas de oro**

La fineza o pureza del oro constituye un importante criterio para evaluar la naturaleza del oro y los efectos provocados por la meteorización, lo cual indica la madurez del depósito secundario. Como regla general el oro de placer es mucho más puro que el oro en vetas, pues algunos metales, mucho más móviles en medios acuosos con determinadas condiciones de pH y Eh son lixiviados quedando oro de alta pureza. La fineza se mide dividiendo el contenido de oro sobre la sumatoria de los contenidos de oro y plata, todo multiplicado por 1000.

## **LOCALIZACIÓN Y RASGOS FÍSIOGEOGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La región de estudio se localiza en la porción más septentrional del nordeste de Cuba y ocupa una superficie de aproximadamente 6000 km<sup>2</sup>. Se extiende desde Mayarí hasta Baracoa (Fig. 1). Limita al norte con el océano Atlántico, al sur con el macizo montañoso Mayarí-Sagua-Baracoa, al este con Baracoa y al oeste con el flanco occidental de la meseta Pinares de Mayarí.

### **Orografía**

El relieve de la zona es montañoso, conformado predominantemente por colinas de mediana altitud con cotas que oscilan entre 600 y 800 m de altitud sobre el nivel medio del mar y hacia el sur se encuentran las cotas más altas, siendo el alto de La Calinga, con 1100 metros sobre el NMM, la mayor altura de la región (Rodríguez, 1998).

Existe un marcado predominio de pendientes suaves (ángulos 15°- 20°- 30°), lo que no excluye la presencia de abruptas pendientes con ángulos próximos a 70°-80° (Rodríguez, 1998).

Un rasgo típico de la orografía de la región es la existencia de pequeñas mesetas con áreas desde dos hasta seis kilómetros cuadrados donde es frecuente el desarrollado de potentes cortezas de intemperismo ferroniquelíferas.

Los procesos erosivos son intensos y las corrientes fluviales han cortado las litologías máficas, ultramáficas y vulcanógenas, originando valles profundos en forma de **V** que delatan la juventud de los procesos erosivos y propician una intensa erosión de fondo y el arrastre aguas abajo de grandes volúmenes de detritos rocosos.

### **Hidrografía**

La red hidrográfica la conforman ríos principales, tributarios y una densa red de cañadas que constituyen, por el volumen de sus aguas, la red fluvial más importante de la isla.

Los de mayor caudal en la región son los ríos Mayarí, Levisa, Sagua de Tánamo, Moa, Jiguaní, Báez, Toa y Duaba. Todos, incluyendo los tributarios y una buena parte de las cañadas, mantienen su caudal durante todo el año debido a las abundantes precipitaciones que superan los 1000 milímetros anuales.

### **Clima y Vegetación**

Las condiciones climáticas son propias de un clima tropical lluvioso, muy húmedo y con precipitaciones superiores a los 1000 mm/año. Las particularidades de la orografía inciden en gran medida en las características climatológicas de la región.

El mayor volumen de precipitaciones se produce desde septiembre hasta marzo. Las variaciones de las temperaturas en sentido general son pequeñas, manifestándose temperaturas cálidas, próximas a los 28°C - 30°C, en los meses de verano; en cambio, las temperaturas mínimas se presentan en la temporada invernal, siendo enero y febrero los meses más frescos debido a la llegada de los frentes fríos provenientes de Norteamérica.

Las características del relieve, las condiciones climáticas y las litologías existentes, predominantemente de composición básica y ultrabásica constituyen los principales factores que han condicionado la formación de potentes y ricas cortezas de intemperismo ferroniquelíferas.

### **CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL**

Quintas (1989) realiza la clasificación geológica regional según ocho asociaciones estructuro-formacionales, de las cuales seis se encuentran representadas en el área de la investigación. El se basó en la teoría que explica el origen y evolución de los arcos insulares y las plataformas, sus etapas evolutivas y los conjuntos litológico-faciales típicos de cada estadio.

Por otro lado, Iturralde-Vinent (1996a) reconoce en la constitución geológica del archipiélago cubano dos elementos estructurales principales: el Cinturón plegado y el Neoautóctono.

El cinturón plegado está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorfozados de edad pre-Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental (fig. 2)

En Cuba Oriental las unidades continentales están representadas por el Terreno Asunción, compuesto por dos unidades litoestratigráficas bien diferenciadas, la Fm. Sierra Verde compuesta por cuarcitas, esquistos cuarcíticos, esquistos grafiticos y calizas marmorizadas y la Fm. La Asunción, constituidas por materiales metaterrígenos y metacarbonatados respectivamente; estas fueron

metamorfizadas en condiciones de altas presiones y bajas temperaturas (Millán y Somin, 1985). La edad es del Jurásico Superior-Cretácico Inferior, las cuales no aparecen representadas en el área de estas investigaciones, aunque este terreno se considera parte del paleotalud mesozoico de la plataforma de Bahamas, correlacionable con las rocas presentes en la Española (Iturralde-Vinent, 1996b; Lewis y Drapper, 1990).

Las unidades oceánicas están constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del Arco de Islas del Cretácico (AIC) o paleoarco, las secuencias de las cuencas de piggy back del Campaniano Tardío-Daniano, el Arco de Islas del Paleógeno (AIP) y las rocas de las cuencas de piggy back (CPB) del Eoceno Medio-Oligoceno.

El Neoautóctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior Tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón plegado.

En la tabla 2 se muestra la subdivisión de los diferentes conjuntos litológicos presentes en la región de estudio, según las asociaciones estructuro-formacionales (Quintas, 1989) y la subdivisión atendiendo a elementos estructurales (Iturralde-Vinent, 1996a).

## UNIDADES OCEÁNICAS

La FOMB se extiende a lo largo de la costa norte de Cuba, desde Mayarí hasta Baracoa. Representa un cuerpo alóctono, pseudotabular y fuertemente fallado con una longitud de 170 km, una anchura de 10 a 30 km y un espesor promedio de 3,5 km (Proenza et al., 2006). Está constituida por diferentes términos litológicos representativos de una secuencia ofiolítica, aunque separados por contactos tectónicos. Estas litologías cabalgan materiales volcano-sedimentarios cretácicos.

Las secuencias mantélicas y los acumulados gabroicos de la FOMB se han datado como Jurásico-Cretácico Temprano y las rocas volcano-sedimentarias como Hauteriviense (?) - Campaniense (?) (Iturralde-Vinent, 1996a).

La FOMB se divide tectónicamente en dos grandes macizos (Proenza et al., 1998a): 1) el Macizo Moa-Baracoa y 2) el Macizo Mayarí-Cristal (Fig.3).

### El Macizo Moa-Baracoa

El Macizo Moa-Baracoa se ubica en el extremo oriental de la FOMB. Ocupa un área aproximada de 1500 km<sup>2</sup> y presenta un gran desarrollo de los complejos ultramáfico, de gabros y vulcano-sedimentario. El espesor total de estos complejos es de aproximadamente 2700 metros.

En la figura 4 se presenta una columna sintética generalizada para las ofiolitas del Macizo Moa-Baracoa. Desde el piso hasta el techo aparece: a) una zona de harzburgitas con textura de tectonitas; b) una zona de Harzburgita que contiene principalmente cuerpos de dunitas, peridotitas “impregnadas” (con plagioclasa y clinopiroxeno), sills y diques de gabros y pegmatoides gabroicos, así como cuerpos de cromititas. Esta zona correspondería a la denominada Zona de Transición de Moho (MTZ-siglas en inglés); c) una zona de gabros, y d) el complejo volcano-sedimentario. La zona correspondiente al complejo de diques paralelos de diabasas aun no ha sido identificada en este macizo.

El complejo de tectonitas se caracteriza por un predominio de las harzburgitas y en menor medida dunitas, con estiramiento de los piroxenos y granos de cromititas, resultado de las deformaciones plásticas ocurridas a nivel del manto terrestre que le imprimen una clara foliación y lineación de las rocas magmáticas.

La zona de gabros forma grandes cuerpos incluidos en el complejo de tectonitas. Las dimensiones de estos cuerpos oscila entre 1 y 3 km de ancho, por 10 a 15 km de longitud (Fonseca, E., et al., 1985). El contacto entre el complejo de tectonitas y el de gabros es mayoritariamente tectónico. La parte inferior del complejo de gabros se caracteriza por

presentar un marcado bandeado, mientras que la parte superior es isotrópico.

El complejo de diques paralelos de diabasas no ha sido reconocido en toda la FOMB y aunque su presencia ha sido invocada en el extremo noroeste de la Meseta Pinares de Mayarí, los últimos resultados obtenidos indican que estos cuerpos de diabasas poseen rasgos geoquímicos propios de arcos de islas.

El complejo volcánico-sedimentario contacta tectónicamente con los demás complejos de la secuencia ofiolítica. Está compuesto por basaltos amigdaloidales y porfiricos (algunas veces con estructura de almohadillas), con intercalaciones de hialoclastitas, tobas, capas de *cherts* y calizas. Desde el punto de vista geoquímico son basaltos toleíticos de retroarco. Estas litologías afloran en Morel, La Melba, Cañete, Quesigua y Centeno.

En el macizo también existen numerosos cuerpos de cromititas y *sills* de gabro, así como diques de gabros y de pegmatoides gabroicos (Fonseca et al., 1985; Proenza, J.A., et al., 1998). Los *sills* de gabros y las cromititas se localizan en la parte más alta de la secuencia mantélica, en la zona de transición entre las peridotitas con texturas de tectonitas y los gabros bandeados. Esta zona de transición constituye un metalotecto de naturaleza litológica para la búsqueda de



nuevos cuerpos de cromitas en el macizo Moa-Baracoa.

### Macizo Ofiolítico Mayarí-Cristal

El macizo ofiolítico Mayarí-Cristal se ubica en la parte occidental de la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa, ocupando un área aproximada de 1200 Km<sup>2</sup>. El mismo tiene una morfología tabular con un espesor de 1 a 1.5 Km (Fonseca et al., 1985). En este macizo se han descrito, principalmente, los complejos ultramáficos y diques de diabasas; en cambio la existencia del complejo de gabros es polémica y el volcanosedimentario no ha sido descrito (Iturralde-Vinent, 1996a; 1998; Proenza et al., 1997; Proenza et al., 1999; Cobiella, 2000).

Las rocas ultramáficas están constituidas predominantemente por harzburgitas y dunitas, y raras veces lherzolitas y piroxenitas (Fonseca et al., 1985; Navarrete y Rodríguez, 1991). En el macizo también están presentes diques de piroxenitas, los cuales cortan las peridotitas y los cuerpos de cromitas (Iturralde, 1996a, 1998; Proenza, et. al., 1997; Proenza et al., 1999a).

El complejo de gabros no se encuentra bien expuesto y su presencia ha sido cuestionada. Knipper y Cabrera (1974) han reconocido una zona compuesta por gabros normales, gabros anfibolitizados juntos con diabasas en el extremo noroccidental del macizo; en cambio, Fonseca et al. (1985) y

Nekrasov et al. (1989) no reconocen la existencia del complejo de gabros. Navarrete y Rodríguez (1991), describen la presencia de gabros, microgabros y gabros-diabasas y los relacionan con el complejo cumulativo máfico, aunque plantean que el gabro no es la variedad predominante. Iturralde-Vinent (1996a, 1998) reconoce una zona de gabros junto con diques de diabasas. Estos diques presentan pocos centímetros de espesor, se disponen paralelos, con una separación de 1 a 5 m (Iturralde-Vinent, 1996a). Este complejo tiene un espesor de 500 m (Fonseca et al., 1985).

En la columna sintética generalizada de este macizo (Fig.5) propuesta por Proenza et al. (1997) y Proenza et al. (1998b), se señalan de piso a techo:

a) una zona de harzburgitas con textura de tectonitas; b) una zona de alternancia de harzburgitas y dunitas con abundantes cuerpos de cromitas y diques de piroxenitas (websterita); c) una posible zona correspondiente a los cumulos máficos (gabros), la cual de existir, sería extremadamente pequeña; y d) la zona del complejo de diabasas.

En las ofiolitas de la FOMB se hospedan importantes depósitos de menas metálicas primarias, destacándose por su importancia económica los yacimientos de cromitas con o sin minerales de elementos del grupo del platino. También se mencionan

algunas manifestaciones de sulfuros de cobre con oro, las cuales, según el autor, pudieran tratarse de sulfuros masivos vulcanogénicos (VMSH-siglas en inglés).

### **ARCO DE ISLAS VOLCÁNICAS DEL CRETÁCICO (PALEOARCO)**

El arco se compone de depósitos volcánicos que datan desde el Aptiense hasta el Campaniense medio, estas rocas volcánicas están situadas mediante contacto tectónico bajo las ofiolitas del cinturón septentrional. Según Iturralde Vinent (1994, 1996a), el basamento del arco volcánico es una corteza oceánica de edad pre – Aptiense, la cual está representada en Cuba Oriental por las anfíbolitas de Güira de Jauco.

Las rocas volcánicas y vulcanógeno-sedimentarias del arco Cretácico están ampliamente desarrolladas en la región de estudio y representadas por las rocas de las formaciones Quibiján, Téneme y Santo Domingo. Las investigaciones recientes han permitido diferenciar las diferentes litologías vulcano-sedimentarias del Cretácico.

Según Quintas (1989) la formación de Quibiján se puede dividir en tres secuencias: inferior, media y superior. La secuencia inferior tiene un espesor de 550 m y está compuesta por basaltos la media es parecida a la inferior, pero predominan las lavas-brechas y las tobas lapillíticas de grano grueso a fino, litoclásticas y litocristaloclasticas con estratificación

gradacional y laminar. El espesor es de unos 350m.

La secuencia superior no está bien aflorada y las rocas se presentan con agrietamientos intensos y metamorfizadas, aunque se puede observar diversos mantos de lavas basálticas microfaneríticas porfiríticas, a veces amigdaloidales con algunas intercalaciones andesito-basálticas porfiríticas de color verde oscuro. Los mantos suelen ser muy gruesos y masivos, en ocasiones presentando una esquistosidad incipiente y cloritización. El espesor probable de este corte es de 300m.

En general, las vulcanitas se presentan muy diaclasadas y hasta esquistosas y milonitizadas en la proximidad de las grandes fallas, donde incluso, en ocasiones, se observan budinas de vulcanitas rodeadas por una fina milonita esquistosa.

El límite de la Fm de Quibiján no ha sido observado, pero la parte superior es evidente tectónico, yaciendo indistintamente sobre esta formación las serpentinitas o las metamórficas.

La Formación Téneme (Cretácico Superior-Inferior), fue estudiada en detalle a lo largo del río Grande (Adamovich et al., 1964; Knipper y Cabrera, 1974). Ocupa un área de 40 km<sup>2</sup> y se localiza al oeste de la región de Sagua de Tánamo (Fig. 11), principalmente en las cuencas de los ríos Cabonico, Téneme y Río

Grande. Posteriormente fue descrita por Pushcharovski et al. (1989) en la leyenda del mapa geológico de Cuba 1:250 000 como flujos de basaltos, andesitas basálticas, tobas y brechas, hialoclastitas, calizas bien estratificadas y esquistos calcáreos (Iturralde-Vinent et al., 2006). Proenza y carralero (1994) describen flujos de basaltos, andesitas basálticas, tobas y brechas. Algunos autores, sin datos geoquímicos suficientes, consideraron que esta formación pudo ser parte de un antiguo arco de isla Tipo PIA (Torres y Fonseca, 1990; Lebron y Perfit, 1993). Inicialmente estos basaltos no fueron diferenciados de otras vulcanitas y formaron parte de la Formación Bucuey (Nagy et al., 1983).

Por otro lado, el miembro Barrederas de edad Apítense-Turroniense fue definido por Nagy et al. (1983) y descrito como calizas que afloran al norte de Téneme (Fig. 11). Las recientes observaciones de campo indican que las calizas del supuesto Miembro Barrederas no pueden ser diferenciadas de aquellas intercaladas dentro de la Formación Téneme que afloran en Los Plátanos. Además las calizas de Barrederas están incluidas en los basaltos similares a los de Téneme. Por consiguiente, no pueden separarse ambas unidades, por lo que en este trabajo se propone poner al Miembro de Barredera como sinónimo de la Formación de Téneme (Iturralde-Vinent et al, 2006).

En la zona de Los Plátanos, a ambos lados del camino rural aflora, dentro de los basaltos de la Formación Téneme, una sección de aproximadamente 10 metros de espesor de calizas generalmente foliadas, hialoclastitas, calizas de grano fino de color gris violáceos y oscuras y pizarras calcáreas con abundantes microfósiles planctónicos (foraminíferos y radiolarios). Los fósiles están deformados por la foliación, pero en la sección se identificaron *Praeglobotruncana stephani*, *Rotalipora* Cf., *¿greenhornensis* o *cushmani*, sp, *Heterohelix*., sp, *Globigerinelloides*., *Marginotruncana* sp.? y *Radiolaria*.

Cerca de La Ayua (coord. x649.7; y225.65), usualmente reconocida como la localidad tipo de Barredera, afloran calizas foliadas, similares a aquellas descritas antes, asociadas con hialoclastitas alteradas y basaltos. Las calizas contienen radiolarios y foraminíferos planctónicos: *Marginotruncana* sp., *Praeglobotruncana Stephani*, cf p.. *Delrioensis*, *Gibba*, sp, *Rotalipora*., aff *Heterohelix*. *¿reussi*, *moremani* *Heterohelix*, y *Dicarinella?* aff. *algeriana*.

La presencia en ambas situaciones de *Rotalipora* sugiere una edad Albiense-Cenomaniense tardío, pero la presencia de *Globotruncanidae* que puede identificarse indudablemente como *Marginotruncana*, sugiere una edad Turroniense y más joven. Por consiguiente, se propone una edad

Cenomaniense-Turonense para la formación Téneme.

Las dataciones isotópicas  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ag}$  en fenocristales de hornblenda extraídas de las diorita cuarzosa que intruyen los volcánicos de la Formación Téneme en su extremo sur indican edades de  $89,70 \pm 0,50$  Ma (Proenza et al., 2006). Esta edad está en correspondencia con las obtenidas por Iturralde-Vinent et al. (2006) a partir de la fauna encontrada en las calizas intercaladas en los basaltos de Téneme en la localidad de Los Plátanos. Por tanto, puede sugerirse, para la Formación Téneme, una edad Cenomaniense-Turonense y por tanto pudiera considerarse que el vulcanismo asociado al arco de isla primitivo en la región del Caribe no se extinguió en el Apítense-Albiense (Proenza et al., 2006)

La Fm. Santo Domingo (Albiense-Turonense) está compuesta por tobas y lavobrechas andesíticas, dacitas, tufitas, argilitas, lutitas volcanomícticas, lavas basálticas, liparito-dacíticas, conglomerados y calizas. También aparecen pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998a; Proenza y Carralero, 1994; Gyarmati, 2001) se incluyen en esta formación las calizas pizarrosas finamente estratificadas y muy plegadas de color grisáceo, que afloran en la localidad de Centeno. Aflora además hacia la parte centro occidental (al norte y sur de la Sierra Cristal),

en la parte alta de la cuenca del río Sagua y en la región de Farallones-Calentura.

Los materiales de la Fm. Santo Domingo se encuentran imbricados tectónicamente con las ofiolitas de la Faja Mayarí-Baracoa. Muchas veces los contactos coinciden con zonas que presentan una mezcla de bloques de vulcanitas pertenecientes al arco y de ofiolitas (Iturralde-Vinent, 1996a).

La parte subvolcánica de esta formación está representada por diabasa, gabro-diabasa, microgabros, pórfido diorítico cuarcífero y dioritas. Generalmente son intrusiones de diques, sills y cuerpos de algunos metros o algunas decenas de metros (Gyarmati, 2001). Estas rocas se denominaron Complejo Cerrajón (Peregi y Balla, 1990).

El Complejo Cerrajón está compuesto por diques subparalelos de diabasas, gabrodiabasas y microgabros de espesor entre 0,8 y 2,5m. Estos diques tienen en sus márgenes una zona de cristalización más fina hasta basalto, a causa del enfriamiento más rápido.

Los diques tienen contactos paralelos, rectos o suavemente ondulados. Han sido descritas las siguientes variedades de rocas: Diabasas (las más frecuentes), gabro-diabasas, basaltos y andesito-basaltos. El grado de cristalización varía de fino a fino-medio, con textura ofítica, variolítica, subordinadamente porfirica. Los minerales de alteración

hidrotermal son: clorita, epidota, carbonato y minerales sulfurosos (Gyarmati, P., 2001).

Los diques del Complejo Cerrajón cortan claramente la secuencia ofiolítica y la secuencia vulcanógeno-sedimentaria de la Fm. Santo Domingo, provocando contacto-metamorfismo en las rocas encajantes. Este complejo es considerado la zona subvolcánica y linealmente alargada de la Fm. Santo Domingo.

Su profundidad de penetración original dentro del fondo oceánico según el grado de cristalización y metamorfismo, probablemente no sobrepasó los 3-5 km, lo que supone un fondo oceánico ya incompleto en el tiempo de desarrollo del vulcanismo del AIC.

El Complejo Cerrajón se encuentra en posición alóctona, junto con las rocas de la asociación ofiolítica y con las rocas vulcanógenas de las formaciones Santo Domingo y Sierra del Purial. (Gyarmati, P., 2001)

#### **CUENCAS DE "PIGGY BACK" DEL CAMPANIENSE TARDÍO-DANIENSE**

En el Campaniense medio, culminó la actividad volcánica y comenzaron los procesos de cabalgamiento de las secuencias volcánicas generadas y de las ofiolitas del mar marginal (obducción) sobre el borde meridional de la Plataforma de Las Bahamas. En estas condiciones de inestabilidad tectónica se desarrollaron una serie de cuencas, que se comportaron como cuencas de *"piggy back"*

(también denominadas "cuencas superpuestas de primera generación", Quintas, 1989). De este estadio son representativas las formaciones sedimentarias Mícara, La Picota y Gran Tierra.

La Fm. Mícara de edad Maestrichtiense-Paleoceno, está compuesta por fragmentos y bloques procedentes de la secuencia ofiolítica y de las rocas volcánicas cretácicas. La secuencia inferior es de tipo molásica y la superior de tipo flysch. El límite inferior no se ha observado, pero se supone discordante sobre la formación Santo Domingo (Cobiella et al., 1977; Quintas, 1989, 1996; Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990).

Por otro lado, la Fm. Gran Tierra de edad Paleoceno, se compone de calizas brechosas, conglomerados volcanomícticos, brechas, margas, tobas, calizas organo-detríticas, areniscas volcanomícticas de cemento calcáreo, lutitas y tufitas (Cobiella, 1988; Quintas, 1989). En algunas localidades los depósitos Maastrichtiense-Daniense de tipo olistostrómico-flyschoides (formaciones Mícara y La Picota) transicionan a la secuencia del Daniense-Eoceno Superior (formaciones Gran Tierra, Sabaneta, Charco Redondo y San Luis).

El área de afloramiento de la formación Mícara es muy diversa, aflorando en los flancos meridionales de la sierra del Cristal, cuenca de Sagua de Tánamo, Mayarí Arriba, Sector de Los Indios de Cananova y borde suroeste del cerro de Miraflores.

La Formación Picota de edad Maestrichtiense es una secuencia típicamente olistostrómica. Posee una composición muy variable en cortas distancias, a veces con apariencia brechosa y en ocasiones conglomerática, presentando en proporciones variables la matriz y el cemento, este último carbonatado.

De acuerdo a las características de esta formación se estima que la misma se acumuló a finales del Cretácico e incluso en el Paleoceno inicial, asociada al emplazamiento de las ofiolitas, que constituyeron su principal fuente de suministro. Aflora en los flancos meridionales de la Sierra del Cristal, cuenca de Sagua de Tánamo, la base de la Sierra del Maquey y en la meseta de Caimanes.

La formación Gran Tierra es una secuencia terrígeno-carbonatada que aflora en los flancos meridionales de la sierra de Cristal. En las rocas arcillosas y margosas de esta formación se han registrado los primeros vestigios del vulcanismo paleogénico en forma de tobas.

En consecuencia, estas formaciones constituyen un registro temporal del proceso de emplazamiento tectónico (obducción) de las ofiolitas, el cual estuvo enmarcado en el tiempo de desarrollo de estas cuencas.

#### **CUENCAS DE "PIGGY BACK" DEL EOCENO MEDIO-OLIGOCENO**

En el Eoceno Medio Inferior concluyó la actividad volcánica del Paleógeno. A partir de

este momento y hasta el Oligoceno se desarrolló un segundo estadio de cuencas de *piggy back* (Quintas y Blanco, 1993) en las cuales se depositaron espesores considerables de materiales terrígenos y carbonatados. Las secuencias estratigráficas del Eoceno Medio-Oligoceno están representadas por las formaciones Puerto Boniato, Charco Redondo, Sagua, Sierra de Capiro, Cilindro, Mucaral, y Maquey.

La Fm. Puerto Boniato de edad Eoceno Medio, se compone principalmente de calizas organo-detriticas, aporcelanadas, algaceas y margas (Nagy y otros, 1976), mientras que la Fm. Sagua está compuesta por margas y calizas (Albear y otros, 1988; Quintas, 1989, 1996).

La Fm. Charco Redondo de edad Eoceno Medio, está compuesta por calizas compactas organo-detriticas, fosilíferas, de color variable. En la parte inferior del corte son frecuentes las brechas. En esta parte predomina la estratificación gruesa, mientras que en la superior la fina (Cobiella, 1988; Quintas, 1989, 1996; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

La Fm. Sierra de Capiro pertenece al Eoceno Superior y se compone de lutitas y margas con intercalaciones de lutitas y conglomerados con fragmentos de calizas arrecifales, serpentinitas y rocas volcánicas (Cobiella, 1988; Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990). Aflora en la región de

Yamanigüey formando una franja a lo largo de toda la costa.

La Fm. Cilindro, perteneciente al Eoceno Medio-Superior se conforma de conglomerados polimícticos con estratificación lenticular y a veces cruzadas, débilmente cementada con lentes de areniscas que contienen lignito. La matriz es arenítica polimíctica, conteniendo carbonato (Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990; Crespo, 1996).

La Fm. Mucaral de edad Eoceno Medio-Oligoceno Inferior está compuesta por margas con intercalaciones de calizas arcillosas, areniscas polimícticas, conglomerados polimícticos, lutitas y tobas (Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

La Fm. Maquey de edad Oligoceno-Mioceno Inferior está compuesta fundamentalmente por alternancia de lutitas, areniscas, arcillas calcáreas y espesor variable de calizas biodetríticas (Cobiella, 1988; Quintas, 1989; Crespo, 1996).

### **EL NEOAUTÓCTONO (MATERIALES POST-EOCENO)**

El "neoaútóctono" está constituido por formaciones sedimentarias depositadas en régimen de plataforma continental que yacen discordantemente sobre las unidades del cinturón plegado. Las rocas del neoaútóctono constituyen una secuencia terrígeno-carbonatada poco deformada que aflora en las

cercanías de las costas formando una franja que cubre discordantemente los complejos más antiguos y que estructuralmente se caracterizan por su yacencia monoclinal suave u horizontal (Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1994, 1996; Rodríguez, 1998). Son representativas de esta secuencia las formaciones Cabacú, Yateras, Jagüeyes, Majimiana, Júcaro, Río Maya y Jaimanitas.

La Fm. Cabacú (Oligoceno Medio-Mioceno Inferior) está compuesta por gravelitas, areniscas y lutitas polimícticas (proveniente principalmente de ultramafitas y vulcanitas) de cemento débilmente arcilloso-calcáreo y a veces algunos lentes de margas arcillosas en la parte inferior (Nagy y otros, 1976; Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

La Fm. Yateras (Mioceno Inferior) se compone de alternancia de calizas biodetríticas y detríticas y calizas biógenas de granos finos a gruesos, duras, de porosidad variable y a veces aporcelanadas (Iturralde-Vinent, 1976; Nagy y otros, 1976; Cobiella, 1988; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

La Fm. Jagüeyes (Mioceno Medio Temprano) se compone de lutitas, areniscas, gravelitas polimícticas de matriz arenácea y arcillosa, con escaso cemento carbonático y margas arcillosas y arenáceas. Esta formación se caracteriza por ser fosilífera, en la cual alternan calizas biodetríticas, biohémicas,

calcarenitas y arcillas. Las arcillas y lutitas pueden ser yesíferas (Nagy y otros, 1976; Albear y otros, 1988).

La Formación Majimiana está constituida por calizas organo-detríticas típicas de complejos arrecifales y bancos carbonatados con intercalaciones de margas. Las secuencias de esta formación presentan bruscos cambios faciales en cortas distancias, conteniendo una abundante fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, lo que ha permitido asignarle una edad Oligoceno Superior hasta el Mioceno. Aflora en la región de Yamanigüey, formando una franja por toda la costa. Se presenta en forma de franja paralela al litoral, con un relieve poco accidentado representado por pequeñas colinas onduladas de poca pendiente.

La Fm. Júcaro (Mioceno Superior-Plioceno) está compuesta por calizas generalmente arcillosas, calcarenitas, margas, lutitas, a veces con gravas polimícticas y arcillas yesíferas (Nagy y otros, 1976; Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990). Esta formación aflora por toda la costa en la región de Cananova y Yamanigüey.

La Fm. Río Maya (Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior) se conforma de calizas biohémicas algáceas y coralinas muy duras, de matriz micrítica, frecuentemente aporcelanadas, conteniendo corales en posición de crecimiento, así como subordinadamente moldes y valvas de moluscos, todas muy recrystalizadas. Las calizas

frecuentemente están dolomitizadas. El contenido de arcillas es muy variable (Nagy y otros, 1976; Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990).

La Fm. Jaimanitas (Pleistoceno Medio-Superior) se compone de calizas biodetríticas masivas, generalmente carsificadas, muy fosilíferas. Contiene conchas bien preservadas y corales de especies actuales y ocasionalmente biohermas (Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990).

### **METALOGENIA ENDÓGENA ASOCIADA A LA FAJA OFIOLÍTICA MAYARÍ-BARACOA (FOMB).**

La región de estudio constituye un área con densidad y variedad excepcional de mineralizaciones. Este rasgo es acorde con su marco geotectónico, que es particularmente favorable a la formación de diversos tipos de mineralizaciones, varias de ellas con una gran importancia y significación económica.

### **Yacimientos y manifestaciones de cromitas asociados a ofiolitas de suprasubducción.**

En la FOMB existen 174 depósitos de cromitas de variables dimensiones (Murashko and Lavandero, 1989; Lavaut et al., 1994), varios de ellos con una gran importancia y significación económica. Estos depósitos fueron agrupados por Proenza, et al. (1999) en tres distritos mineros según la composición de las menas de cromo: 1) distrito Moa-Baracoa; 2) distrito Sagua de Tánamo y 3) distrito Mayarí.



### Distrito Moa-Baracoa

El distrito Moa-Baracoa se ubica en el sector más oriental del macizo Moa-Baracoa (fig. 6). Se extiende desde el cerro de Miraflores, en la localidad de Moa hasta Mina Amores, en las cercanías de la ciudad de Baracoa; abarca un área aproximada de 1500 km<sup>2</sup> y contiene más de 100 depósitos de cromita de grado refractario. Todos los cuerpos de cromititas se localizan en la parte más alta de la secuencia mantélica, en la zona de transición entre las peridotitas con texturas de tectonitas y los gabros bandeados.

Los principales cuerpos presentan forma lenticular; se hospedan en las peridotitas residuales cercanas a los niveles de gabros bandeados y son concordantes con la foliación y la lineación de las peridotitas encajantes (Proenza, 1998), lo cual constituye sin lugar a dudas un importante criterio (metalotecto) estructural de emplazamiento de los cuerpos minerales.

Las texturas de las cromititas de este distrito son muy variadas: masiva, densamente diseminada, bandeada, diseminada, nodular y brechificadas. En las cromititas con textura masiva la cromita constituye más del 90 %, y suelen mostrar fracturas de *pull-apart* normales al alargamiento de los lentes. Las cromititas con textura densamente diseminadas presentan menor relación cromita/silicato y se asemejan a las cromitas con textura pseudoclásticas

descritas por Ahmed (1984) en el complejo Sakhakot-Qila (Pakistán). Las cromititas con textura diseminada presentan valores modales inferiores al 70 % de cromita. Normalmente muestran pequeños cristales aislados de cromita en una matriz de olivino serpentinizado, y muchas veces estas cromititas presentan gradaciones progresivas a cromititas con textura masiva. Por otra parte, las texturas bandeadas se caracterizan por la alternancia rítmica de bandas ricas en cromita y bandas ricas en olivino.

Las cromitas de este distrito son refractarias (ricas en Al) con #Cr oscila entre 0,41 y 0,54, mientras que el #Mg oscila entre 0,61 y 0,77. Los valores del #Cr son inferiores a los de la cromita accesoria en las dunitas (0.44-0.58) y a su vez, inferiores a los de la cromita accesoria en las harzburgitas (0.45-0.65) (Proenza et al., 2002). La disminución progresiva del #Cr de la cromita desde la harzburgitas a las dunitas y hasta las cromititas observada en todos los depósitos de cromitas ricos en Al de la FOMB, no ha sido descrita en otros complejo ofiolíticos. Estos resultados geoquímicos permiten diferenciar las cromitas de las cromititas de aquellas que son accesorias de las encajantes y por tanto delimitar las zonas potencialmente meníferas de aquellas sin ningún interés para la prospección.

### Distrito Sagua de Tánamo

El distrito de Sagua de Tánamo es uno de los tres distritos de cromita que forman la FOMB en el noreste de Cuba. Abarca una extensión superficial de aproximadamente 200 km<sup>2</sup> (Fig. 7).

En este distrito se han descrito hasta 35 depósitos de cromita, algunos ricos en Cr y otros ricos en Al. Los cuerpos de cromititas se caracterizan por ser lentes de pequeño tamaño y presentar una envolvente dunitica. Las cromititas encajan en harzburgitas con texturas de tectonitas mantélicas y, frecuentemente incluyen, y/o son cortadas, por cuerpos de gabro-hornblenda (“hornblenditas”).

En los depósitos estudiados en el distrito de Sagua de Tánamo, el #Cr de la cromita varía entre 0.46 y 0.75. Estas variaciones composicionales se producen entre depósitos de cromita separados por una distancia inferior a 3 km, y son similares a las descritas para los depósitos de cromita de la FOMB, desde cromititas ricas en Cr (tipo Mayarí) hasta ricas en Al (tipo Moa-Baracoa). En las cromititas que presentan valores relativamente altos de Cr ( $\#Cr \geq 0.6$ ), el #Cr aumenta progresivamente, desde la cromita accesoria en las harzburgitas encajantes, a la accesoria en las dunitas, y hasta la cromita del cuerpo de cromitita. Contrariamente, en las cromititas ricas en Al ( $\#Cr \leq 0.6$ ) el #Cr disminuye. Estas variaciones ponen de manifiesto que las harzburgitas, las

dunitas y las cromititas no están en equilibrio con el mismo tipo de magma sino que la composición del fundido fue variando progresivamente.

En el distrito de Sagua de Tánamo, los EGP (elementos de grupo del platino) varían entre 19 y 539 ppb, existiendo una perfecta correlación positiva entre el #Cr y el contenido de EGP de la cromitita. El incremento en los contenidos de EGP se correlaciona con una variación en la forma de los patrones normalizados a condritos debido, principalmente, a un incremento en la relación  $(Os + Ir + Ru)N / \sum EGP_N$ . Las marcadas variaciones composicionales, en una distancia inferior a 3 km, presentes en las cromititas del distrito de Sagua de Tánamo no pueden ser explicadas invocando modelos que sustentan contextos de zona axial de arcos volcánicos para las cromititas ricas en Cr, y cuenca trasera de arco para las cromititas ricas en Al (Proenza, 1998). Sin embargo, estas variaciones, y en general las variaciones existentes a lo largo de la FOMB pueden ser explicadas asumiendo que las cromititas han cristalizado (debido a cambios en la  $fO_2$ ) a partir de un fundido híbrido (fundidos altamente hidratados + calcoalcalinos) que va cambiando progresivamente a diferentes niveles de un manto litosférico localizado en una zona de suprasubducción.

En base a estos datos, las cromititas de Sagua de Támamo y sus peridotitas encajantes pueden interpretarse como un nivel del manto que ocupaba posiciones intermedias entre los niveles mantélicos presentes en Mayarí (niveles profundos) y los presentes en Moa-Baracoa (zona de transición manto-corteza), o bien como el producto de un estadio intermedio de la estructuración del arco volcánico.

### Distrito Mayarí

El distrito Mayarí se localiza en la parte occidental del Macizo Mayarí-Cristal (Fig. 8). Los depósitos de este distrito encajan en dunitas y harzburgitas representativas de porciones más profundas del manto, contrastando con los depósitos del distrito Moa-Baracoa que se localizan en la zona de transición manto-corteza (*moho transition zone*).

En este distrito se contabilizan 47 depósitos y manifestaciones de cromititas. Existen dos depósitos con más de 200 000 tn y otros cinco con no menos de 10 000 tn. Además se han descrito 32 indicios minerales sobre los que se abrieron 19 minas de las que se extrajeron 500 000 tn de mineral (Lavaut et al., 1994).

La mineralización de cromita se vincula a espesores continuos de dunitas encajadas en harzburgitas y a ciclos de alternancias de dunitas y harzburgitas, concordantes con la foliación. Los cuerpos minerales presentan un

rumbo hacia el NE y un buzamiento hacia el NW, presentan formas tabulares y lenticulares. Comúnmente se ubican en los bordes abruptos de la meseta Pinares de Mayarí lo que hace difícil su accesibilidad y su explotación subterránea.

La composición química de las fases minerales presentes en las peridotitas encajantes del distrito Mayarí refleja claramente su ambiente de formación. Las cromititas muestran valores de #Cr similares a los de las cromititas accesorias en las dunitas (0.70-0.74), pero mayores que los de la cromita accesorias en las harzburgitas (#Cr = 0.56-0.69). Estas variaciones composicionales son comunes en cromititas ofiolíticas (Arai, 1997). El #Mg oscila entre 0,60 y 0,77. El contenido de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oscila entre 52 y 57 % en peso y el de TiO<sub>2</sub> entre 0,09 y 0,21 % en peso. Los contenidos sumarios de EGP oscila entre 0,49,4 y 227,9 ppm.

### Modelo de formación de las cromititas de la FOMB

Proenza et al (1999), invocando un mecanismo de cristalización de cromitita inducido por el aumento de la  $fO_2$ , proponen un modelo alternativo de formación de cromita en una zona de suprasubducción (Fig. 9). En este modelo los *pods* de cromita se forman a partir de magmas generados por fusión parcial inducida por la deshidratación de la placa

subducente. Durante la subducción de la corteza oceánica se generan grandes volúmenes de fluidos que pueden contribuir a fundir el manto suprayacente. El volumen y el tipo de magmas generados dependen tanto de la naturaleza como de la temperatura de la roca encajante. Los primeros magmas generados (altamente hidratados y oxidados) tienden a migrar hacia arriba mediante flujo poroso (precolación), a través de las harzburgitas, relativamente permeables, del manto. Los fundidos generados a menor profundidad atraviesan regiones del manto relativamente frías, lo cual limita el grado de interacción de tales fundidos con la matriz harzburgítica. Estos fundidos (tipo H, fig. 9) ascienden sin modificar sustancialmente sus características fisicoquímicas, es decir, siguen siendo altamente hidratados y oxidados. Por el contrario, los magmas generados a más profundidad atraviesan, durante su ascenso, regiones progresivamente más calientes, favoreciendo el desarrollo entre el fundido y la matriz harzburgítica percolada.

Mediante este tipo de reacciones, los fundidos percolantes tienden a equilibrarse con la matriz provocando la disolución de los piroxenos, la cristalización de olivino, y aumentando el volumen de fundido. El fundido resultante adquiere, progresivamente, un carácter más calcoalcalino (tipo C, fig. 9) enriqueciéndose en Cr y en elementos del grupo del platino.

De acuerdo con la estructura térmica del manto en la zona de suprasubducción, estos fundidos generados por encima de 1200 °C, tienden a cristalizar parcialmente al cruzar las isothermas de 1150-1100 °C, actuando tales isothermas como barreras impermeables a la precolación magmática. En estas condiciones, si el volumen de magma ascendente es mayor que la tasa de cristalización, el exceso de magma tiende a canalizarse paralelamente a la barrera impermeable (Spiegelman, 1993; fig. 9). Este cambio en la orientación del flujo magmático se favorece, además, por el flujo plástico del manto el cual tiende a transportar el fundido paralelo a las líneas de flujo.

Los magmas calcoalcalinos (tipo C) que migran paralelos a las líneas de flujo plástico del manto pueden mezclarse con los magmas altamente hidratados y oxidantes (tipo H) dando lugar a un magma híbrido con una elevada fugacidad de oxígeno ( $fO_2$ ). El aumento en la  $fO_2$  puede provocar que las condiciones fisicoquímicas del fundido se sitúen dentro de la región liquidus de la cromita en el espacio P-T- $fO_2$  (Hill y Roeder, 1974). En estas condiciones el fundido reaccionaría con la matriz peridotítica (normalmente dunítica) provocando la disolución de las fases silicatadas y la precipitación exclusivamente de la cromita.

El grado de continuidad del proceso de mezcla en el tiempo condicionará el grado de reacción de la dunita con el fundido

intergranular. La composición de la cromita es función de la profundidad a la que se forma en la columna de precolación: ricas en Al (tipo Moa-Baracoa) en la parte superior de los canales de precolación (a partir de fundidos más evolucionados), y ricas en Cr (tipo Mayarí en la parte inferior (a partir de magmas más primitivos).

### **Indicios de mineralización de oro**

Los estudios realizados han permitido reportar pequeños contenidos de oro en la FOMB vinculados con los proceso de serpentización de las cromititas. Pequeñas vetas de cuarzo con oro han sido reportadas en la parte alta del río Cayo Guam (Bársana, comunicación personal). La presencia de tatraauricúprido y auricúprido (Vila-Sánchez, 2004) en los concentrados pesados del río Cayo Guam constituyen evidencias de estas manifestaciones en los alrededores de la cuenca de este río.

### **Mineralización de sulfuros de elementos del grupo del platino**

Los minerales de elementos del grupo del platino (MEGP) se presentan en forma de inclusiones e intersticialmente en los cristales de cromitas, e incluye la existencia de minerales, aleaciones naturales y elementos nativos del grupo del platino. Las fases minerales reveladas se corresponden con la

laurita ( $\text{RuS}_2$ ), erlichmanita ( $\text{OsS}_2$ ), irarsita y esperrilita ( $\text{PtS}$ ).

El contenido en elementos del grupo del platino en las cromititas está condicionado por la composición del magma parental. Las cromititas ricas en Cr están enriquecidas en EGP ya que han cristalizado a partir de magmas sub-saturados en S (boninítico), mientras que las cromititas ricas en aluminio han cristalizado a partir de magmas saturados en S y pobres en EGP (BABB). En la Mina Potosí se han descubierto importantes cantidades de minerales de platino en forma de esperrilita, que deben ser objeto de análisis ya que tales contenidos no son frecuentes en las cromititas ofiolíticas.

### **Mineralizaciones de cobre con oro en volcánicos ofiolíticos**

La manifestación hidrotermal Quemado del Negro consiste en una serie de vetas y vetillas de cuarzo con sulfuros y oro en menor cantidad. Estas vetas exhiben numerosos episodios de fracturación y deposición. Todas las vetas reportadas se encuentran emplazadas dentro del complejo volcano-sedimentario de la secuencia ofiolítica. El espesor de las vetas varía desde escasos centímetros hasta 2 m.

Los estudios mineralógicos revelaron la presencia de varias fases minerales, tales como: calcopirita, pirita, esfalerita, cobre nativo y oro; como minerales de alteración fueron revelados

cristales de cuprita y covelina. El cobre nativo aparece formando cristales aislados intercrecido con cuarzo o como inclusión sólida dentro de la calcopirita.

El cuarzo es el mineral de ganga más abundante en las vetas, el mismo ocupa entre el 95 y 97 % del total de los minerales constituyentes de la veta. Fueron determinados tres tipos genéticos de cuarzo, los cuales se corresponden a diferentes estadios de formación. El contenido medio de Au es de 3.26 ppm y se vincula fundamentalmente al último estadio de formación.

Las mineralizaciones poseen un control tectónico evidente, asociándose a las fallas con dirección NNE-SSE. En la parte superior de los cuerpos se desarrollan pequeños gossan inmaduros en los cuales se libera el oro en forma de pequeños granos que son transportados por las aguas superficiales hasta incorporarse a los sedimentos de la cuenca fluvial del río Quesigua.

Las mineralizaciones tienen forma filoneana con yacencia casi vertical y sus encajantes son las rocas volcánicas de composición andesítica y andesita-basálticas de la sección inferior de la secuencia ofiolítica, razón por la cual podría tratarse de mineralizaciones de sulfuros masivos vulcanogénicos Tipo Chipre.

## **METALOGENIA ENDÓGENA ASOCIADA AL ARCO DE ISLAS DEL CRETÁCICO (AIC)**

Existen dos tipos principales de mineralizaciones asociadas al arco de islas volcánicas en la región de estudio. La primera y más importante desde el punto de vista económico se relaciona con las vulcanitas de la Formación Téneme y está constituida por sulfuros de hierro (pirita) con oro refractario, mientras que la segunda se asocia espacialmente al Complejo Cerrajón y está constituida por brechas de cuarzo con oro.

### **Manifestaciones de sulfuros con oro tipo skarn**

Las rocas andesíticas y andesito-basálticas de la Formación Téneme presentan una importante mineralización sulfurosa de tipo pirítica. En la zona de el Jobo las andesitas se tornan de color gris claro a blanco grisáceo debido a la intensa alteración a que son sometidas probablemente a la generación de  $H_2SO_4$  a partir de la pirita. Varias muestras analizadas reportaron valores significativos de oro en el rango de 0,01 a 6,85 ppm, con valor medio para el área estudiada de 1,48 ppm. En los concentrados pesados analizados no se reportaron granos de oro por lo que es de suponer que el oro presente es de tipo refractario. Los cuerpos tienen dirección NS y su yacencia es casi vertical. Esta mineralización se observa claramente en el cauce del río Téneme.

Las andesitas que circundan al intrusito son de color verde con abundantes vetas de epidota y cuarzo, evidencias estas del intenso metamorfismo de contacto a que han sido sometidas.

El intrusito presenta una fina mineralización de calcopirita y pirita, que al parecer no ofrece interés alguno desde el punto de vista económico. No obstante, la presencia de corneanas en los alrededores del intrusivo y el desarrollo hacia la zona de exocontacto de una fina mineralización pirítica con oro sugiere una posible mineralización tipo scarn, la cual pudiera tener interés para oro. Los cuerpos minerales tienen forma estratiformes con dirección N-S. Los contenidos de oro alcanzan valores de hasta 6 g/t.

#### **Manifestación de oro asociada a la Formación Santo Domingo**

En el sector Hato Viejo (Fig. 11) afloran vetas y brechas hidrotermales mineralizadas vinculadas espacialmente al sistema de fallas NW-SE. La mineralización se encaja en las secuencias rocosas pertenecientes al Complejo Cerrajón, de edad Cretácica y considerado como la parte subvolcánica de la formación Santo Domingo.

La mineralización está compuesta por cuarzo como fase más abundante, pirita, calcopirita y galena, oro libre, electrum, plata nativa y argentita. Como fases minerales secundarias tenemos los carbonatos de cobre, covelina, limonitas, alunita y otros.

Las características mineralógicas, texturales y geoquímicas de esta manifestación sugieren que la misma se ubique en la parte superior de la superzona costriforme-coloiforme de un sistema epitermal de baja sulfuración, por lo que es posible que los contenidos de metales nobles aumenten con la profundidad del sistema epitermal.

Las vetas de cuarzo alcanzan longitudes, por el rumbo, de hasta 700 metros, mientras que según el buzamiento se extienden hasta 10-15 metros. El espesor varía según el rumbo, alcanzo valores de hasta 1.50 metros, aunque generalmente este no sobrepasa los 0.5 metros. El contenidos medio de Au para dicha manifestación es de 3.14 g/t, mientras que el de Ag es de 122 g/t. Los recursos hipotético de oro y plata en este sector son de 0.148 toneladas de Au y 3.8 toneladas de Ag respectivamente.

#### **Manifestación El Rifle-Los Calderos**

La mineralización aurífera El Rifle – Los Calderos está hospedada en brechas de cuarzo hidrotermal, con características muy similares a las de Hato Viejo. Se reporta la presencia de microcristales de adularia rómbica intercrecidos con cuarzo microcristalino. El cuarzo es lechoso, cristalino y con gran variedad de texturas primarias y de recristalización. Esta mineralización está compuesta por cuarzo pirita, calcopirita, galena, esfalerita, oro nativo y plata nativa. El contenido promedio de oro es

de 1.6 g/t, mientras que el de plata es de 53 g/t. Las características mineralógicas, texturales y geoquímicas de esta manifestación sugieren que la misma se originó por reactivación hidrotermal de vetas preexistentes vinculadas a un estilo epitermal de baja sulfuración.

Las mineralizaciones Hato Viejo y El Rifle-Los Calderos se relacionan espacialmente con brechas freato-magmáticas y su control estructural queda demostrado por continuidad espacial a todo lo largo de una falla de dirección NNW-SSE revelada por métodos aeromagnéticos (Batista, J. y Ramayo, 2000b).

## **METALOGENIA EXÓGENA ASOCIADA A LA FAJA OFIOLÍTICA MAYARÍ BARACOA Y EL ARCO DE ISLA DEL CRETÁCICO**

### **Manifestaciones de minerales de titanio**

Las elevadas concentraciones de ilmenita en la corteza de meteorización desarrolladas sobre gabros en la zona de Cayo Grande de Moa constituye un nuevo reporte de mineralización en la región de estudio. El área de desarrollo de estas cortezas es de aproximadamente 3 km<sup>2</sup>. Los espesores oscilan entre 1 y 3 metros y el contenido de ilmenita oscila entre 1 y 3 %. Los concentrados pesados obtenidos a partir del lavado de estas cortezas muestran una relación 50:50 entre minerales meníferos y la ganga compuesta por silicatos. La estimación de recursos hipotéticos en esta zona asciende a unos 170 000 toneladas de ilmenita. Como

resultado de los procesos de alteración se forma rutilo y esfena. El proceso de esfenitización produce una apariencia manchada de la ilmenita. Estas manchas muestran núcleos de rutilo bordeados por esfena. Este tipo de alteración se produce preferentemente a lo largo de los planos basales de la ilmenita. Frecuentemente las ilmenitas son bordeadas por esfena o sus fracturas son rellenadas por esfena. Estas alteraciones se explican a través de procesos metasomáticos y no por un simple proceso de meteorización química.

### **Placeres de magnetita, cromita, ilmenita con oro y platinoideos**

En la región de estudio se localizan varios depósitos de placer formados como resultado de la destrucción de los yacimientos y rocas preexistentes en la FOMB y en el AIC (fig. 12).

El placer Mejías constituye el primer ejemplo de placeres laterales marinos descubierto en el noreste de Cuba (Kulaskov et al., 1990). Este depósito está compuesto por arenas negras de grano fino con elevados contenidos de elementos pesados (Díaz-Martínez, R. et al., 1998).

A ambos lados de la desembocadura del río Sagua de Tánamo afloran las arenas negras muy enriquecidas en minerales pesados y cuya mitad occidental corresponde a la playa El Canal y la parte oriental a la playa Mejías.



La parte de la playa Mejías tiene forma de hoz con un espesor máximo de 350 m, siendo su longitud de 1300 m aproximadamente (Díaz-Martínez y Batista, 1996). La capa enriquecida con minerales pesados alcanza una potencia visual de 0,8 m, disminuyendo en la misma dirección del acuñamiento de los cuerpos.

La documentación de pozos criollos y la realización de perfiles magnetométricos revelaron la forma lenticular y la posición espacial de los lentes, paralela a la línea de costa, de lo que se deduce que su formación no está vinculada a paleocauces del río Sagua de Tánamo sino a sedimentación costera, por lo que pueden ser descritos como placeres laterales de playa (Díaz-Martínez, R., 1998).

Los datos del Georadar indicaron alternancias de capas oscuras y claras con espesores variables y yacencia horizontal (Fig. 13), las cuales yacen por encima de las calizas Jaimanitas, con yacencia inclinada y buzando en dirección a la línea de costa. El 94 % de estas arenas presentan granulometría inferior a los 0,2 mm.

La composición mineralógica de las arenas del placer Mejías refleja el variado mosaico de litologías por las que atraviesan los diferentes afluentes del río Sagua de Tánamo (tabla 3)

Los sedimentos que alimentan al placer Mejías provienen de fuentes diferentes tales como rocas de afinidad ofiolítica, rocas

volcánicas y vulcanógeno-sedimentarias asociados a un arco de islas Cretácico, materiales asociados a cuencas transportadas (*piggy back*) del Campaniense Tardío al Daniense, rocas volcánicas y vulcanógeno-sedimentarias relacionados con un arco de islas Terciario, materiales asociados a cuencas transportadas del Eoceno Medio al Oligoceno y los materiales asociados a un estadio neoplatafórmico del Oligoceno al reciente.

La mineralización aurífera aluvial está constituida por partículas que alcanzan dimensiones de hasta 2 mm de longitud. Las principales fases minerales en que el oro participa en proporciones diferentes formando aleaciones naturales son: oro nativo (más del 90 % Au), tetraauricúprido (60-70 % Au y 30-35 % Cu) y electrum (75% Ag y 20 % o más de Au). Estas acumulaciones aluviales, dada la pequeña capacidad de concentración de sedimentos finos en los ríos de la región no tienen valor industrial salvo en el caso de que se utilice de forma muy racional la pequeña minería y en aquellos ríos con elevado potencial aurífero como es el río Quesigua, donde la frecuencia de aparición del oro es elevada (Vila Sánchez, A. y Díaz- Martínez, 2005).

## CONCLUSIONES

Las investigaciones metalogénicas desarrolladas en la FOMB evidencian que los cuerpos de cromititas se asocian al complejo ofiolítico con

características de ofiolitas de zona de suprasubducción de composición harzburgítica con #Cr que debe oscilar entre 0.5 y 0.7. Los cuerpos de cromitas en el distrito Moa-Baracoa se ubican en la zona de transición manto-corteza (metalotecto litológico), mientras que los del distrito Mayarí se ubican en los niveles profundos del manto superior.

Los platinoides deben buscarse en las menas de cromo enriquecidas en sulfuros. La zona más perspectiva para buscar nuevos cuerpos minerales de oro epitermal es la zona de Castro y sus alrededores. La búsqueda de yacimientos de oro en Skarn debe realizarse en las cercanías del intrusito que corta las vulcanitas de la Formación Téneme, siempre hacia el exoscarn.

El placer Mejías es la principal acumulación marino-costera de la región y del país. La cuenca del río Quesigua debe ser investigada para la búsqueda de mineralizaciones primarias de platinoides.

## REFERENCIAS

Adamovich, A., Chejovich, V.D. Principales características de la geología y de los yacimientos minerales útiles de la región nordeste de la provincia de Oriente. *Revista Tecnológica*, 2, 14-20, 1964

Ahmed, Z. Stratigraphic and textural variations in the chromite composition of the ophiolitic Sakhakot-Qila complex, Pakistan, *Economic Geology*, 79, 1334-1359, 1984.

Albear, J.; I. Boyanov; K. Brezsnyszky; R. Cabrera; V. Chejovich; B. ECHEVARRÍA; R. flores; F.

Formell; G. Franco; I. Haydutow; M. Iturralde-Vinent; I. Kantchev; I. Kartashov; V. Kostadinov; G. Millán; R. Myczynski; E. Nagy; J. Oro; L. Peñalver; K. Piotrowska; A. Pszczolkowski; J. Radoczj; Rudnicki; M.L. Somin. Mapa geológico de Cuba. Escala 1:250 000, 1988.

- Batista, J. y L. Ramayo. Utilización de datos aerogamma espectrométricos para la localización de zonas de alteración hidrotermal en la región Sagua-Moa, Cuba oriental. *Minería y Geología*, 17(3-4): 3-10, 2000a.
- Batista, J. y A. Rodríguez. Particularidades geológicas del complejo ofiolítico de Moa a partir de los datos aeromagnéticos 1:50 000. *Minería y Geología*, 17(1): 17-25, 2000b.
- Cobiella, J.; Campos, M.; Boiteau, A.; Quintas, F. Geología del flanco sur de Sierra del Purial. *La Minería en Cuba* 3 (54-62) y No. 1, 1977.
- Cobiella, J.L. El vulcanismo paleogénico cubano. Apuntes para un nuevo enfoque. *Revista tecnológica*, 18(4), 25-32, 1988.
- Díaz Martínez, R. Sobre la existencia de placeres laterales en el noreste de Cuba Oriental. *Minería y Geología*. 12(3), 1995.
- Díaz-Martínez, R., Batista Rodríguez, J.A.: Caracterización geológica del placer Mejías, mediante el estudio fotogeológico y la interpretación de perfiles magnetométricos. *Minería y Geología*, 1996.
- Díaz Martínez, R., Proenza, J.A., Comas, J., Fernández-Bellon, O., Fabra, J.M., Guinart, O., Melgarejo, J.C.: El placer lateral de playa Mejías (noreste de Cuba Oriental): un ejemplo de interacción de procesos aluviales y marinos en la concentración de minerales de elementos preciosos. En: J.C. Melgarejo y J.A. Proenza (eds.). *Geología y Metalogenia de Cuba: Una Introducción. Acta Geologica Hispanica*, 33(1-4): 351-377, 1998.

- Díaz-Martínez, R., Melgarejo, J.C., Proenza, J.A., Vila, A.R. Textura y composición de partículas de oro asociadas a depósitos de placeres en el NE de Cuba: Evidencias para un debate sobre lixiviación y/o acreción mecánica. CONGRESO: *XXII Reunión de la Sociedad Española de Mineralogía*. Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía, 25-A, 27-28. Logroño, España, 2002.
- Díaz-Martínez, R. y J. Proenza. Un reconocimiento geoquímico preliminar de las rocas volcánicas de la formación Téneme. V Congreso Cubano de Geología y Minería. ISBN: 959-7117-11-8. 2003.
- Díaz-Martínez, R.; J. Proenza; J. C. Melgarejo i Draper; A. Vila Sánchez. Geoquímica y concentración del Au y minerales del grupo del platino en los placeres asociados a la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba Oriental). 1ra Convención de Ciencias de la Tierra. VI Congreso de Geología. ISBN 959-7117-03-7, 2005.
- Gervilla, F., Proenza, J.A., Melgarejo, J.C., Garrido, C.J., Batista, J. Chemical disequilibrium between Al-rich chromitite and host peridotite in the eastern Cuba ophiolitic belt: evidence of melt/fluid mixing?. CONGRESO: *Fourth International Workshop on Orogenic Lherzolite and Mantle Processes*. Abstract Volume, p. 31-32. Samani, Hokkaido, Japón, 2002.
- Gyarmati, P. 2001. El vulcanismo Cretácico entre Guantánamo-Sagua de Tanamo-Baracoa. IV Congreso de Geología y Minería. Geología Regional. ISBN: 959-7117-10-X.
- Fonseca, E., Zelepugin, V.N., Heredia, M., (1985). Structure of the ophiolite association of Cuba. *Geotectonic*, 19, 321-329.
- Iturralde-Vinent, M.A. Estratigrafía de la zona Calabazas-Achotal, Mayarí Arriba. Oriente. La Minería en Cuba, 5, 9-23, 1976.
- Iturralde-Vinent, M.A. Cuban Geology : A new plate tectonic synthetisis. *Journal of Petroleum Geology*, 17(1), 39-70, 1994.
- Iturralde-Vinent, M.A. Geología de las ofiolitas de Cuba. In M.A. Iturralde-Vinent (ed). Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba, IGCP Project 364. Special contribution n.1, Miami, USA, 3-35, 1996a.
- Iturralde-Vinent, M.A. Geología de las ofiolitas de Cuba. In M.A. Iturralde-Vinent (ed). Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba, IGCP Project 364. Special contribution n.1, Miami, USA, 83-120, 1996b.
- Iturralde-Vinent, M.A. Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. *Acta Geológica Hispánica*, v.33, no. 1-4, p.9-56, 1998.
- Iturralde-Vinent, M.A., Díaz-Otero, C., Rodríguez-Vega, A., Díaz-Martínez, R. Tectonic implications of paleontologic dating of Cretaceous sections of northeastern Cuba. *Geologica Acta*, Vol.4, N°1, 2006.
- Lavaut, W., Medina, A., Acosta, J., Guerra, M. y Figueredo, D.: Investigaciones geológico-geofísicas actuales del macizo ofiolítico Sierra de Nipe: un sistema para el pronóstico y prospección de cromitas metalúrgicas. Resúmenes del Segundo Congreso Cubano de Geología y Minería. Santiago de Cuba, p. 108, 1994.
- Lebron, M.C., Perfit, M.R. Stratigraphic and petrochemical data support subduction polarity reversal of the Cretaceous Caribbean Island Arc. *The Journal of Geology*, 101, 389-396, 1993
- Lebron, M.C., Perfit, M.R. Chemistry and tectonic significance of Cretaceous island-arc rocks, Cordillera Oriental, Dominican Republic. *Tectonophysics*, 229, 69-100, 1994.
- Lewis, J.F. y Drapper, G. Geological and tectonic evolution of the northern Caribbean margin. In G. Dengo y J.E. Case eds. The geology of north America. H,

- The Caribbean region. Geol. Soc. Am., Spec. Paper, Colorado, 77-140, 1990.
- Murashko, V.I. y Lavandero, R.M.: Chromite in the hyperbasite belt of Cuba. *International Geology Review* 31, 90-99, 1989.
- Navarrete, M. y Rodríguez, R. Generalización petrológica del corte ofiolítico de los yacimientos Pinares de Mayarí, Canadá y Luz Norte, Macizo Mayarí-Nicaró. *Minería y Geología*, 8, 3-10, 1991.
- Murashko, V.I. y Lavandero, R.M.: Chromite in the hyperbasite belt of Cuba. *International Geology Review* 31, 90-99, 1989.
- Nagy, E.; K. Brezsnysnysky; A. Brito; D.P. Coutin; F. Formell; G.L. Franco; P. Gyarmati; P. Jakus; G.Y. Radocz. Texto explicativo del mapa geológico de la provincia de Oriente a escala 1:250 000. Academia de Ciencias de Cuba, 1976.
- Proenza, J. y Carralero, N. Un nuevo enfoque sobre la geología de la parte sur de la cuenca Sagua de Tánamo. *Minería y Geología*, 11(2), 3-10, 1994.
- Proenza, J., Gervilla, F., Melgarejo, J.C. Compositional variations of podiform chromitites among different mining districts in the Mayarí-Baracoa ophiolitic belt (Eastern Cuba). *Mineral Deposits: Research and Exploration*. Vol. 1, 487-490, Balkema, 1997.
- Proenza, J.A., Melgarejo, J.C. Una introducción a la metalogenia de Cuba bajo la perspectiva de la tectónica de placas. *Acta Geológica Hispánica*. 33(1-4), 89-131, 1998a.
- Proenza, J.A., Melgarejo, J.C., Gervilla, F., Lavaut, W., Revé, D., Rodríguez, G. Cromititas podiformes en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba). *Acta Geológica Hispánica*. 33(1-4), 153-177, 1998b.
- Proenza, J.A., Gervilla, F., Melgarejo, J.C., Revé, D., Rodríguez, G. Las cromititas ofiolíticas del yacimiento Mercedita (Cuba): Un ejemplo de cromititas ricas en Al en la zona de transición manto-corteza. *Acta Geológica Hispánica*. 33(1-4), 179-212, 1998c.
- Proenza, J., Gervilla, F., Melgarejo, J.C., Bodinier, J.L. Al- and Cr- rich chromitites from the Mayarí-Baracoa ophiolitic belt (eastern Cuba): consequence of interaction between volatile-rich and peridotites in suprasubduction mantle. *Economic Geology*. 94, 547-566. 1999a.
- Proenza, J., Gervilla, F., Melgarejo, J.C., Bodinier, J.L. Al- and Cr- rich chromitites from the Mayarí-Baracoa ophiolitic belt (eastern Cuba): consequence of interaction between volatile-rich and peridotites in suprasubduction mantle. *Economic Geology*. 94, 547-566, 1999b.
- Proenza, J., Solé, J., Melgarejo, J.C. Uvarovite in podiform chromitites: the Moa-Baracoa ophiolitic massif, Cuba. *The Canadian Mineralogist* 37, 679-690, 1999c.
- Proenza, J., Gervilla, F., Melgarejo, J.C. La Moho-Transition Zone en el macizo ofiolítico de Moa-Baracoa (Cuba): un ejemplo de interacción magma-peridotita. *Revista de la Sociedad Geológica de España*. 12(3-4), 309-327, 1999d.
- Proenza, J., Melgarejo, J.C., Gervilla, F., Vera, O., Alfonso, P., Fallick, A. Sulphide-rich and sulphide-free chromitites ores in the Potosí Mine, Moa-Baracoa ophiolitic massif, eastern Cuba. *Mineral Deposits: Processes to Processing*. vol. 1, 775-778, Balkema, 1999e.
- Proenza, J., Melgarejo, J.C., Gervilla, F., Solé, J. Los niveles de gabros bandeados en el macizo ofiolítico Moa-Baracoa (Cuba). Gabros característicos de cumulos de ofiolitas de zona de suprasubducción. *Minería y Geología*. 16(2), 5-12, 1999f.
- Proenza, J.A., Gervilla, F., Melgarejo, J.C., Vera, O., Alfonso, P., Fallick, A. Genesis of sulfide-rich chromite ores by interaction between chromitite

- and pegmatitic olivine-norite dikes in Potosí Mine (Moa-Baracoa ophiolitic massif, eastern Cuba). *Mineralium Deposita*. 36, 658-669, 2001.
- Proenza, J.A., Gervilla, F., Melgarejo, J.C. Los depósitos de cromita en complejos ofiolíticos: discusión de un modelo de formación a partir de las particularidades de las cromititas de Cuba oriental. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*. 25, 97-128, 2002.
- Proenza, J.A., Alfonso, P., Melgarejo, J.C., Gervilla, F., Tritlla, J., Fallick, A.E. D, O and C isotopes in podiform chromitites as fluid tracer for hydrothermal alteration processes of the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt, eastern Cuba. *Journal of Geochemical Exploration*. 78-79, 117-122, 2003.
- Proenza, J.A., Melgarejo, J.C., Gervilla, F., Rodríguez-Vega, A., Díaz-Martínez, R., Ruiz-Sánchez, R., Lavaut, W. Coexistence of Cr- and Al-rich ophiolitic chromitites in a small area: the Sagua de Tánamo district, Eastern Cuba. *Mineral Exploration and Sustainable Development*. 1, 631-634, Millpress, Netherlands, 2003.
- Proenza, J.A., Gervilla, F., Melgarejo, J.C. Los modelos genéticos de los depósitos de cromita en complejos ofiolíticos, a través de las peculiaridades de las cromititas de Cuba Oriental. *XXI Reunión de la Sociedad Española de Mineralogía*. Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía, 24-A, 177-178. Málaga, España. 2001.
- Proenza, J.A., Melgarejo, J.C., Gervilla, F., Llovet, X. Y-zirconolite en cromititas ofiolíticas de Cuba oriental. Implicaciones petrogenética. CONGRESO: XXI Reunión de la Sociedad Española de Mineralogía. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 24-A, 39-40. Málaga, España. 2001
- Proenza, J.A., Lewis, J.F., Melgarejo, J.C., Gervilla, F., Jackson, T., Jolly, T., Lidiak, E.G. Peridotites and chromitites in eastern Cuba, Jamaica, Hispaniola and Puerto Rico: A comparison of Jurassic and Cretaceous mantle sections within Caribbean region. CONGRESO: *IV Congreso Geológico de Cuba*. Habana, Cuba. 2001.
- Proenza, J.A., Gervilla, F., Díaz-Martínez, R., Rodríguez-Vega, A., Lavaut, W., Ruiz-Sánchez, R., Batista, J.A., Blanco-Moreno, J., Melgarejo, J.C., Garrido, C.J., Marchesi, C. La Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba Oriental): Un nuevo reconocimiento petrológico y estructural. CONGRESO: *V Congreso Cubano de Geología y Minería*. Libro de Resúmenes, p. 143-145. La Habana, Cuba. 2003.
- Proenza, J.A., Melgarejo, J.C., Gervilla, F., Rodríguez-Vega, A., Díaz-Martínez, R. Evidencias mineralógicas de magmatismo alcalino en los niveles mantélicos de la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba Oriental). CONGRESO: *V Congreso Cubano de Geología y Minería*. Libro de Resúmenes, p. 300-302. La Habana, Cuba. 2003.
- Proenza, J.A., Gervilla, F., Melgarejo, J.C., Rodríguez-Vega, A., Díaz-Martínez, R., Batista, J.A., Ruiz-Sánchez, R., Lavaut, W. Los depósitos de cromita de Sagua de Tánamo (Cuba Oriental): Un ejemplo de conexión entre cromitas ricas en Cr y ricas en Al?. CONGRESO: *V Congreso Cubano de Geología y Minería*. Libro de Resúmenes, p. 25-27. La Habana, Cuba, 2003.
- Proenza, J. A.; Díaz-Martínez, R.; Iriondo, A.; Marchesi, C.; Melgarejo, C.; Gervilla, F.; Garrido, C.J.; Rodríguez-Vega, A.; Lozano-Santacruz, R.; Blanco-Moreno, J.A. (2006). Primitive Cretaceous island-arc volcanic rocks in eastern Cuba: the Téneme Formation. *Geologica Acta*, Vol.4, N°1, 2006, ???-???

- Quintas F. Estratigrafía y paleogeografía del Cretácico superior y Paleógeno de la provincia Guantánamo y zonas cercanas. Tesis doctoral. Centro de Información. ISMM, Cuba. 1989.
- Quintas F., Blanco J. Paleogeografía de la cuenca San Luis y su importancia en la interpretación de la evolución de Cuba Oriental *Minería y Geología* 10 (3-14), 1993.
- Quintas, F. Bioestratigrafía del corte MesoCenoico del extremo oriental de Cuba. *Geología y Minería*, 3 (1) (3-8), 1996.
- Ramayo, C. L. Texturas de cuarzo y sus agregados del sistema epidermal El Rifle-Hato Viejo. Descripción e implicancias genéticas. *Minería y Geología*, Vol XVIII, No.1, 2000.
- Ramayo-Cortés, L. Geoquímica y mineralogía de la mineralización epidermal de la región nororiental de la provincia Holguín. En los ejemplos de las manifestaciones minerales Hato Viejo y El Rifle-Los Calderos", Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMM, 127p., 2003.
- Rodríguez, A. (1998). Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica. Tesis doctoral. Centro de Información. ISMM, 124 p.
- Rodríguez Vega, A y Díaz Martínez, R. La mineralización aurífera en Cuba. En El libro de la minería del oro en Iberoamérica. I.S.B.N.:84-931538-8-5. Coed. RED XIII-B, CYTED. Pp. 249-264, 2001.
- Spiegelman,, M. Physics of melt extraction: theory, implications and applications. In K.G. Cox, D. McKenzie, R.S. White (eds). *Melting and melt movement in the Earth*. Oxford University Press, New York, 23-52, 1993.
- Thayer, T.P. Chrome resources of Cuba. U.S. Geological Survey Bulletin, 93-A, 1-74, 1942.
- Torrez, M., Fonseca, E. Características geológicas petrológicas del contacto entre la asociación ofiolítica y el arco volcánico en Moa-Baracoa. *Boletín de Geociencias*, Centro Universitario de Pinar del Río, Cuba, 1, 12-19, 1990.
- Vila-Sánchez, A. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en los sedimentos friables y horizontes lateríticos de la región Sagua de Tánamo-Moa: implicaciones en la metalogénia y la prospección geológica. Tesis doctoral. Centro de Información científico-técnica, ISMM. Moa, 2004.
- Vila Sánchez, A.R.; R. Díaz-Martínez; J. Proenza; J. C. Melgarejo. Morfo-textura y composición química de los granos de oro en los sedimentos friables y horizontes lateríticos de la región Sagua de Tánamo-Moa: implicaciones en la metalogénia y la prospección geológica. *Ira Convención de Ciencias de la Tierra. VI Congreso de Geología*. ISBN 959-7117-03-7, 2005.
- Wadge, G., Draper, G., Lewis, J.F. Ophiolites of the northern Caribbean: a reappraisal of their roles in the evolution of the Caribbean plate boundary. In. I.G. Gass, S.J. Lippard, A.W. Shelton (eds). *Ophiolites and oceanic lithosphere*, Blackwell Scientific Publications, Londres, 367-380, 1984.

Tabla 1. Cantidad de análisis realizados a las partículas de oro identificadas en diferentes depósitos investigados de la región Sagua – Moa.

| Tipo de análisis | Placeres de Playa |         | Depósitos Aluviales |          | Lateritas | Total |
|------------------|-------------------|---------|---------------------|----------|-----------|-------|
|                  | Mejías            | Jiguaní | Cayo Guam           | Quesigua | Cabañas   |       |
| BSE              | 5                 | 4       | 7                   | 12       | 4         | 32    |
| IRx              | 2                 | -       | 6                   | 9        | -         | 17    |
| EMP              | 34                | 12      | 11                  | 34       | 16        | 107   |
| Total            | 41                | 16      | 24                  | 55       | 20        | 156   |

Nota: BSE: Electrones retrodispersados; IRx, Imágenes de rayos X; EMP, Microsonda electrónica

Tabla 2. Litologías presentes en el área de estudio (según Quintas, 1989; Iturralde-Vinent 1996a). (Tomado de Rodríguez, 1998).

| Litología  | Asociaciones Estructuro Formacionales (F. Quintas, 1989)                    | Elementos estructurales (Iturralde-Vinent, 1996) |  |
|--|---|--|--|
|  |   |  |  |
| Rocas ultrabásicas serpentinizadas y complejo básico | AEF de la antigua corteza oceánica  | Ofiolitas septentrionales                        | U<br>N<br>I<br>D<br>A<br>D<br>E<br>S<br><br>O<br>P<br>C<br>E<br>Á<br>N<br>I<br>C<br>A<br>S |
| Fm. Quibiján   | AEF del arco volcánico del Cretácico  | Arco volcánico Cretácico                         |  |
| Fm. Santo Domingo                                    |   |  |  |
| Fm. La Picota  | AEF Cuencas superpuestas al arco volcánico del Cretácico                    | Cuencas piggy-back 1ra generación                |  |
| Fm. Mícara   |   |  |  |
| Fm. Sabaneta   | Arco volcánico del Paleógeno  | Arco de islas volcánico del paleógeno            |  |
| Fm Capiro  | Cuenca superpuesta de la etapa de plataforma                                | Cuencas de piggy-back segunda generación         |  |
| Fm Majimiana<br>Fm. Júcaro<br>Depósitos cuaternarios | Secuencias terrígeno-carbonatadas de la etapa de desarrollo neoplatafórmico | NEO AUTÓCTONO                                    |  |

Tabla 3. Composición mineralógica de los concentrados pesados de los sedimentos portadores de oro (Según Díaz, R., 1996; Díaz-Martínez et al., 1998; Vila, A., 1999).

| Tipos de Fracciones         | Sedimentos del río Quesigua  | Sedimentos del río Cayo Guam  | Sedimentos de playa Mejías  | Sedimentos de playa Jiguaní                                  | Perfil de Intemperismo                                      |
|-----------------------------|--|---|---|--|---|
| Magnética                   | magnetita, goethita, hematita, pirrotina (?)                                       | magnetita, goethita, hematita, pirrotina  | magnetita, titanomagnetita,   | magnetita, goethita.   | hematita, magnetita, goethita.                              |
| Electro-magnética           | cromita, ilmenita, piroxenos, hematita, granates.                                  | cromita, ilmenita, piroxenos, hematita, granates.   | ilmenita, cromita, titanita, hematita, vesuvianita férica, diópsido, cromita aluminica, zircón, talco, rutilo, ankerita, epidota.   | ilmenita, cromita, piroxenos, granates, hematita, anfíboles. | hematita, cromita, piroxenos,                               |
| No electro magnética pesada | zircón, rutilo, leucoxeno, granates, oro, sulfuros de Fe y Cu, malaquita, azurita. | zircón, rutilo, leucoxeno, grosularia, uvarovita, oro, plomo nativo, Pt Nativo, Cobre nativo, moissanita, sulfuros de EGP . | rutilo, zircón, leucoxeno, grosularia, apatito, minerales de tierras raras ligeras, níquel nativo, arseniuros de níquel, oro, oro mercurial, sulfuros y arseniuros de EGP | rutilo, esfena, zircón, oro, leucoxeno, cinabrio.            | rutilo, oro, sulfuros de cobre, plata nativa, cobre nativo. |
| No electro magnética ligera | plagioclasas, serpentinas, bastitas, carbonatos, cuarzo.                           | plagioclasas, serpentinas, bastita, carbonatos, cuarzo.   | plagioclasas Serpentinias, carbonatos, pumpellyita, cuarzo.   | plagioclasas, serpentina, carbonatos, cuarzo.                | cuarzo cristal de roca, ópalo calcedonia, carbonatos.       |

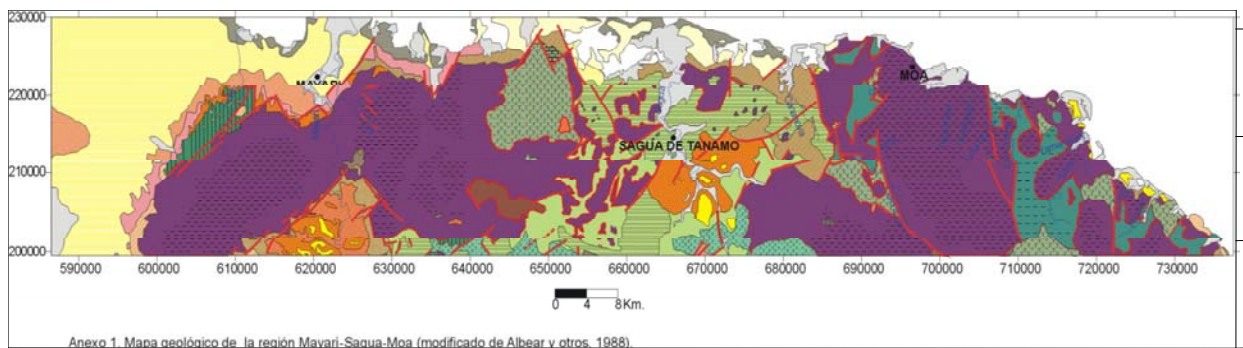


Figura 1. Mapa de Ubicación de la región de estudio.



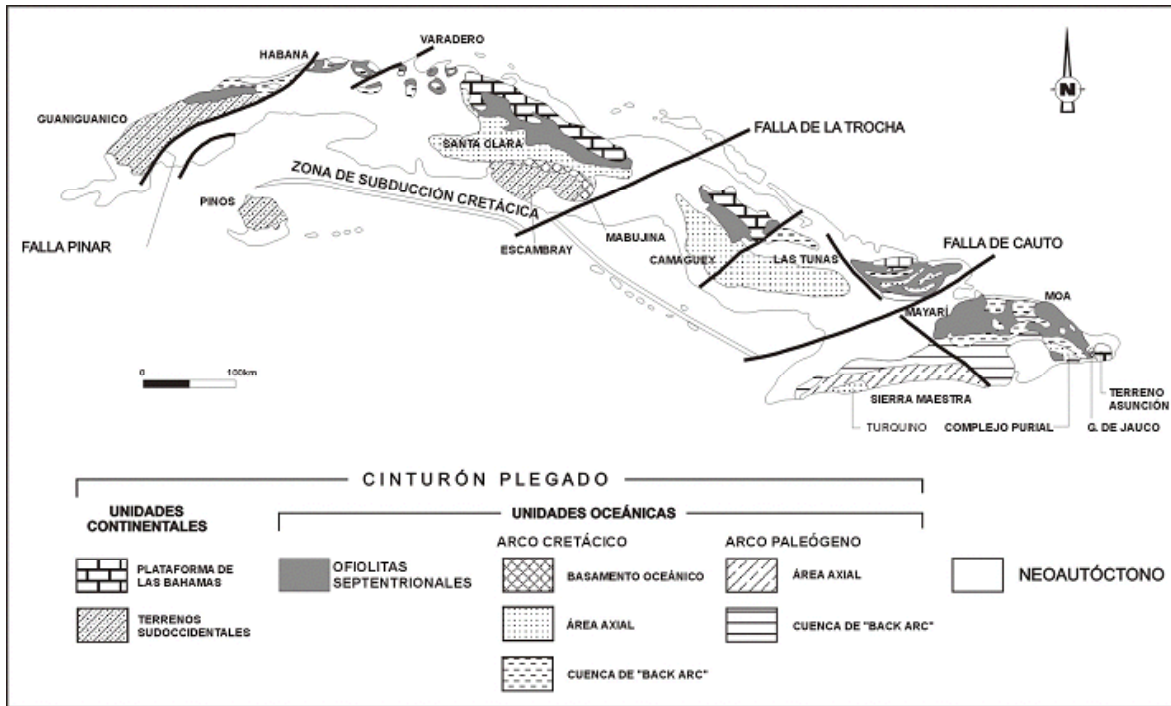


Figura 2. Mapa geológico Esquemático de Cuba mostrando los afloramientos del cinturón plegado y del neoaútctono (adaptado de Iturralde-Vinent, 1996a).

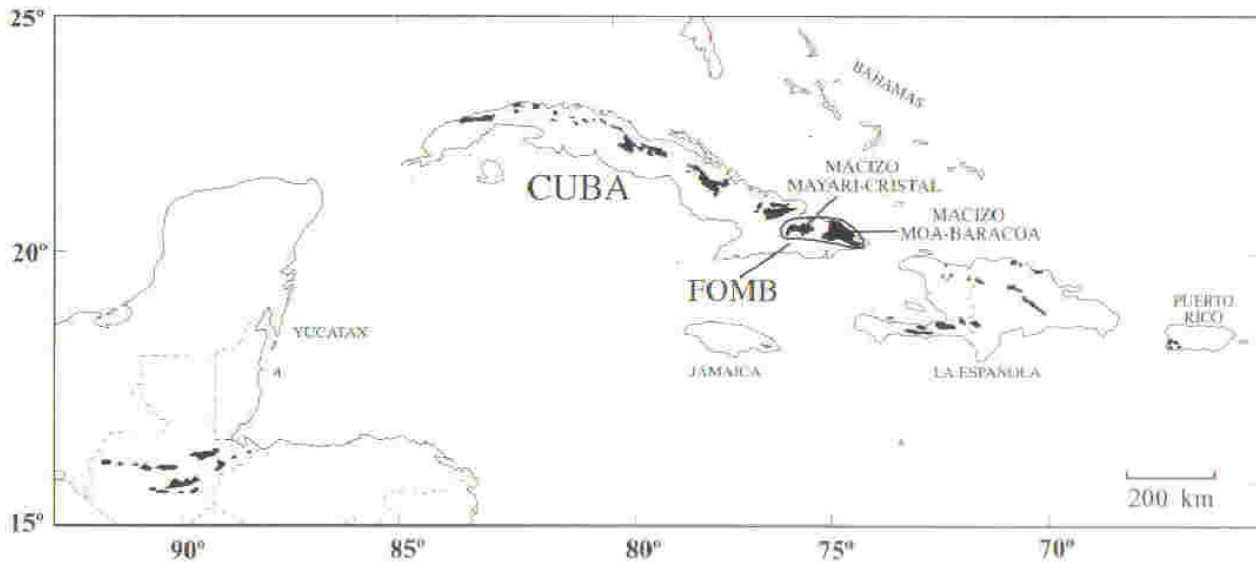


Figura 3. Principales afloramientos de rocas ofiolíticas en Cuba y en el Caribe noroccidental (modificado de Wadge et al., 1984). Nótese la ubicación de la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (FOMB) en el extremo oriental de la Isla de Cuba.

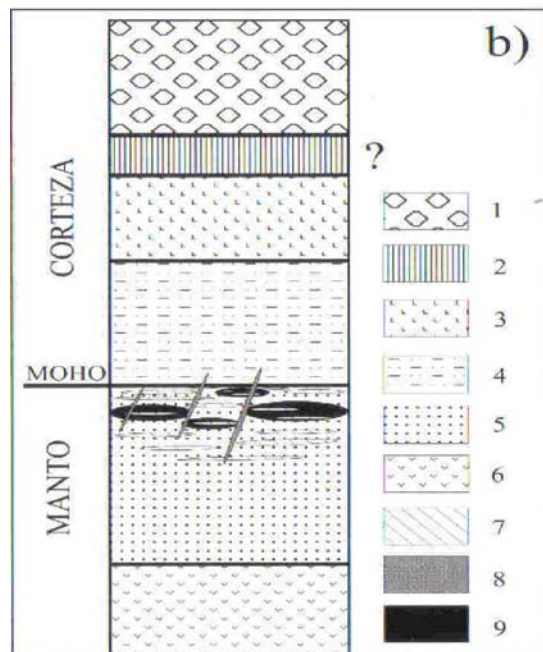


Figura 4. Columna sintética ideal del Macizo Moa-Baracoa (según Proenza et al., 1998).

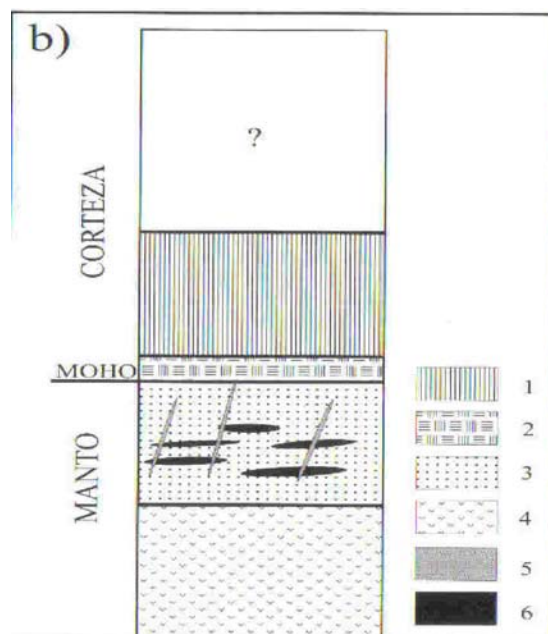


Figura 5. Columna sintética ideal macizo Mayarí-Cristal, propuesta (en Proenza et al., 1998c).

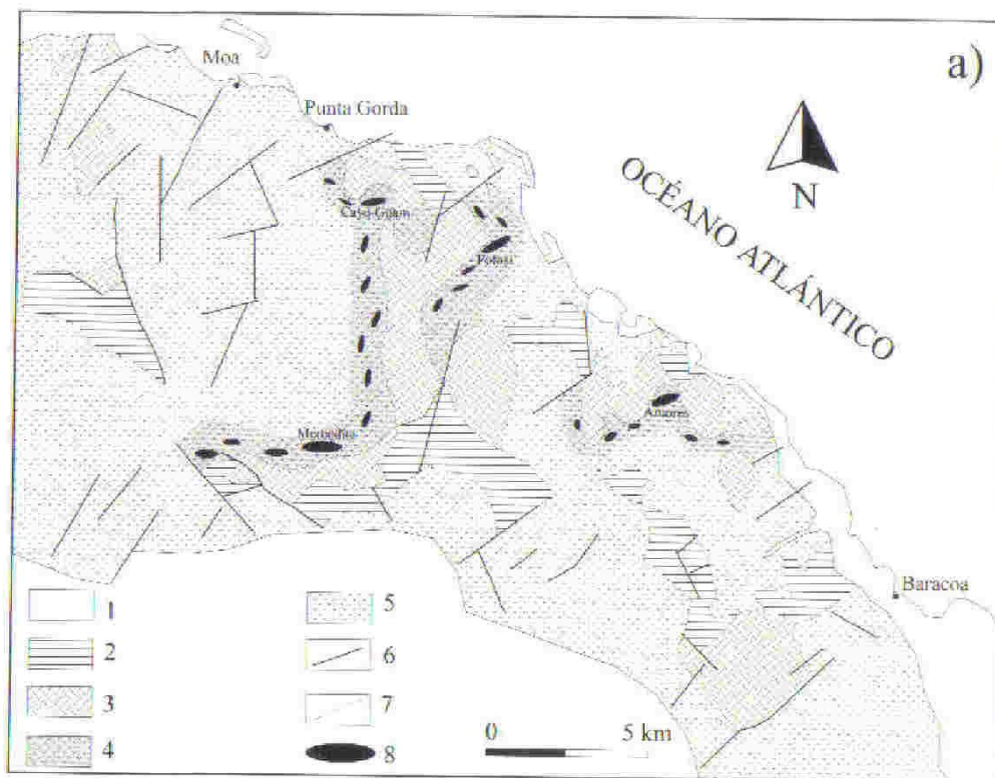


Figura 6. Mapa geológico esquemático (Adaptado a partir de Nagy et al., 1976) y localización de los principales depósitos de cromita dentro del Macizo Moa-Baracoa. 1.

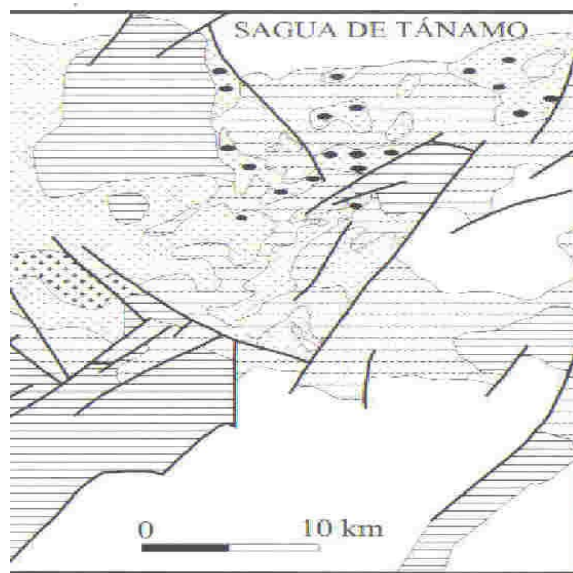


Figura 7. Mapa geológico y localización de los principales depósitos de cromitas del distrito Sagua de Tánamo.

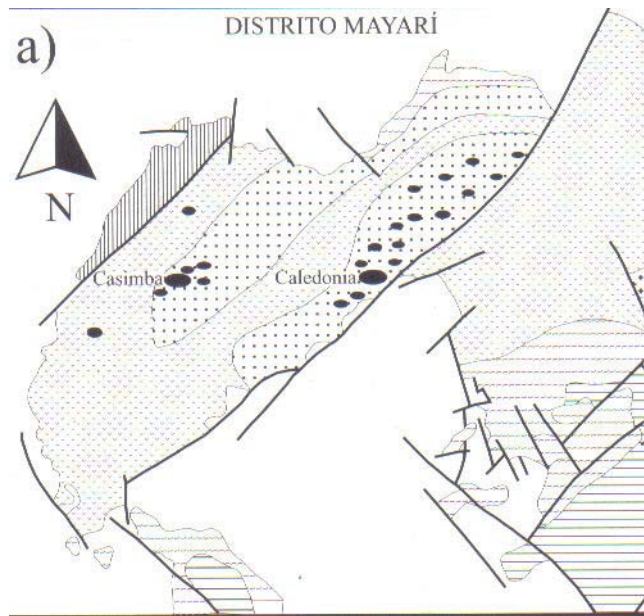


Figura 8. Mapa geológico y localización de los principales depósitos de cromitas del distrito Mayarí

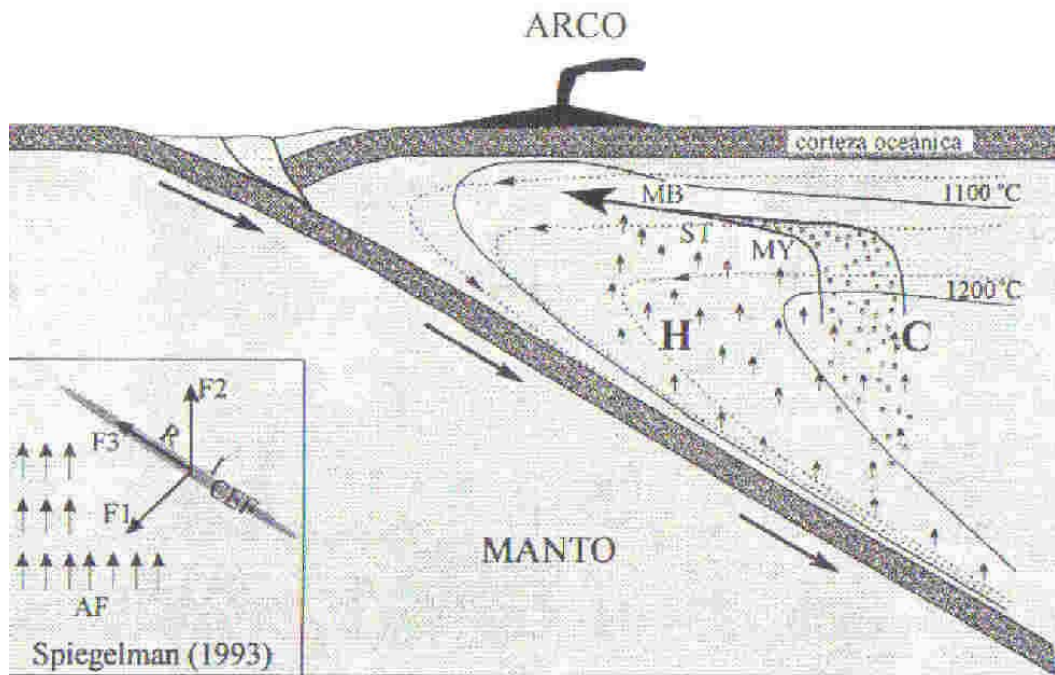
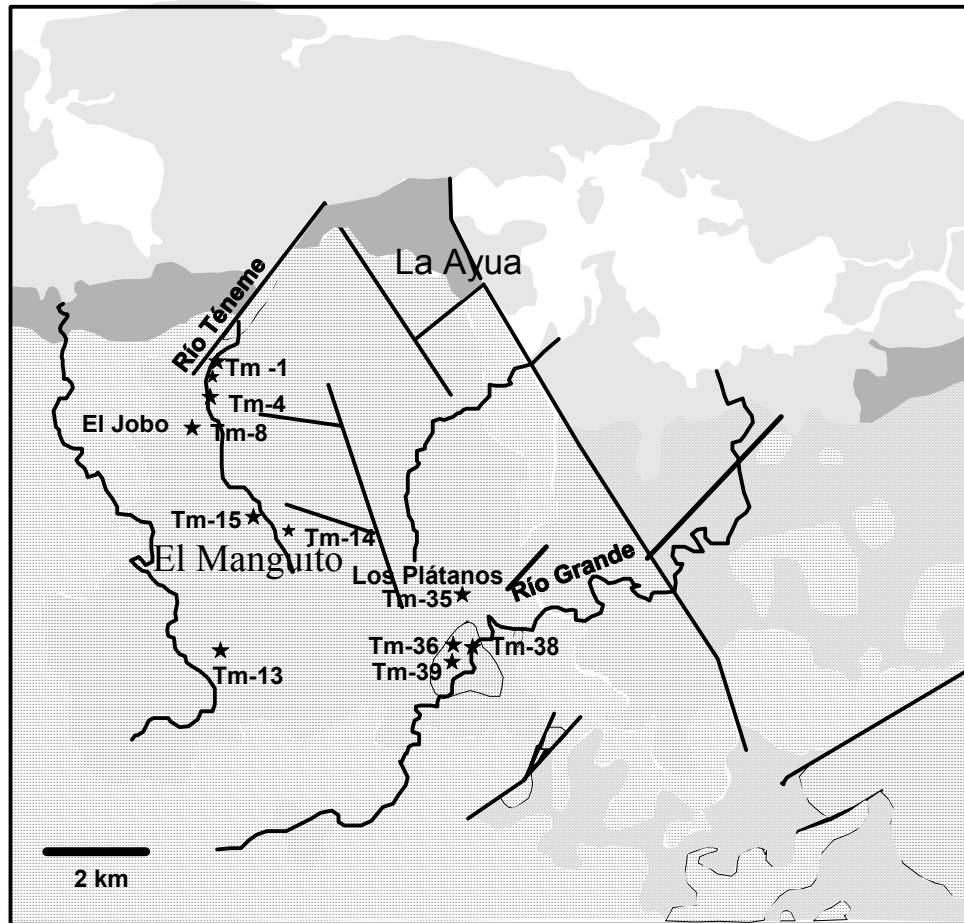


Figura 9. Modelo genético para la formación de las cromitas de la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (modificado de Proenza et al., 1999). MB, cromitas del distrito Moa-Baracoa; ST, cromitas del distrito Sagua de Tánamo; MY, cromitas del distrito Mayarí; H, fundidos hidratados fuertemente oxidantes; C, fundidos calcoalcalinos. En el modelo de Spiegelman (1993): FP, flujo plástico; AF, aporte de fundido; CEF, canales de expansión de fundidos; RI, región impermeable; F1, presión de compactación; F2, fuerza ascensional; F3, velocidad del fundido.

Figura 10



Leyenda

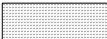




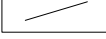
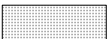

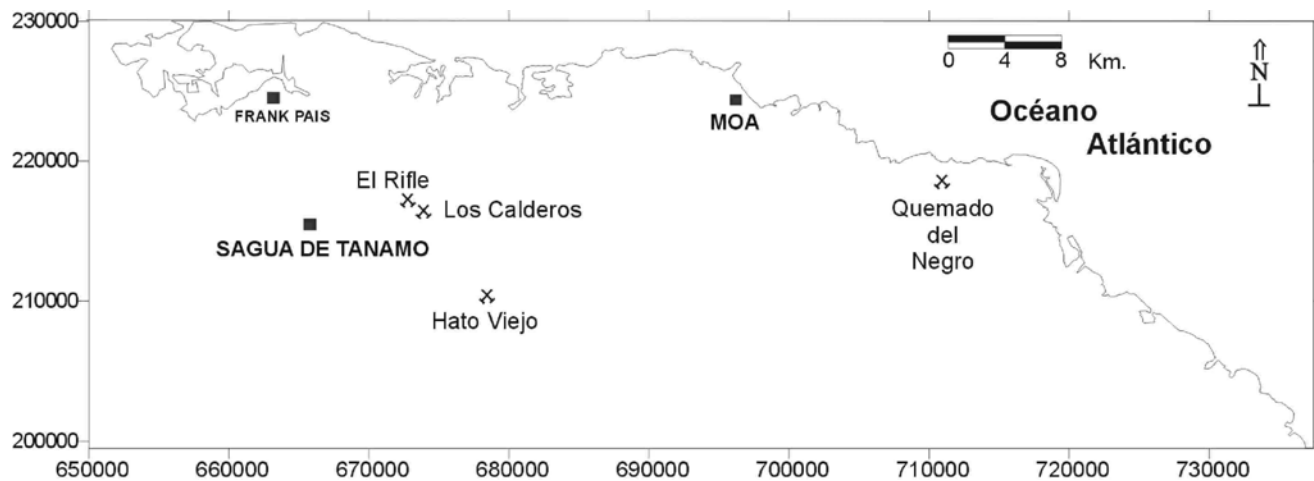
|   |                                      |   |                                   |
|---|--------------------------------------|---|-----------------------------------|
|  | Formación Téneme                     |  | Formación Sabaneta                |
|  | Harzburgitas serpentinizadas         |  | Rocas sedimentarias postcricarias |
|  | Sedimentos postvolcánicos cretácicos |  | Fallas                            |
|  | Rocas intrusivas de Téneme           |  | Puntos de muestreo                |

Figura 10. Esquema geológico de la zona de desarrollo de los volcánicos de la Formación Téneme. (tomado del mapa 1: 250 000 de la República de Cuba).

Téneme. (tomado del



### Leyenda

- ✕ Manifestaciones minerales de origen hidrotermal estudiadas por Ramayo (2003)
- Zonas urbanas de la región

Figura 11. Ubicación de las manifestaciones minerales de origen hidrotermal, con contenidos anómalos de oro, en la región Sagua de Tánamo - Moa (Ramayo, 2003).

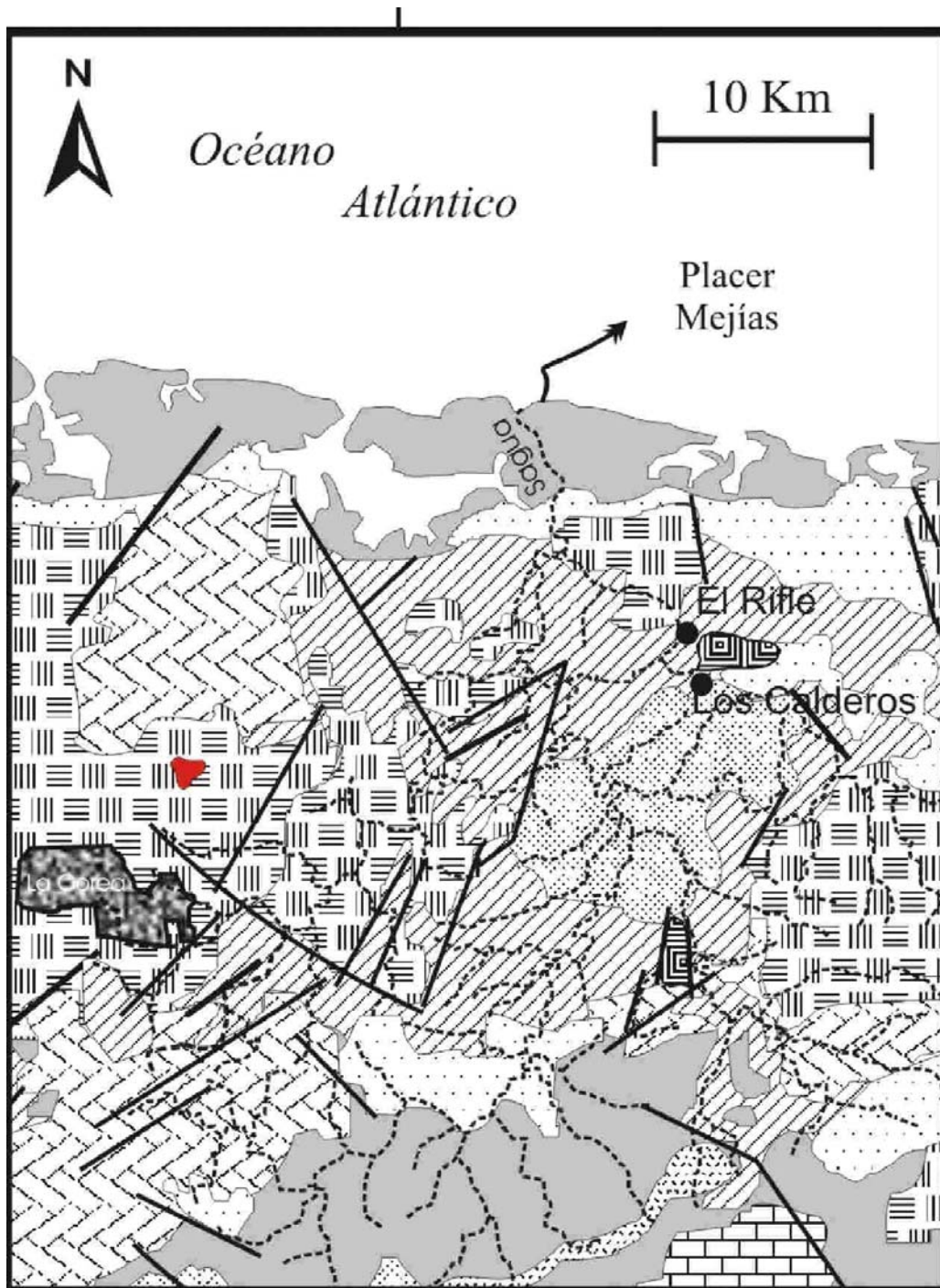


Figura 12. Esquema geológico de la cuenca del río Sagua, simplificado a partir de Mossakovskiy et al. (1989 y modificado por el autor). Se ha superpuesto el trazado de la red hidrográfica del río Sagua (líneas discontinuas). 1) peridotitas (harzburgitas y dunitas); 2) gabros. 3) anfibolitas, plagiogneises y hornblenditas. 4) Intrusivos ácidos 5) Andesitas, basaltos, tobas y tufitas, calizas 6) Diques subparalelos de diabasas, gabros diabasas. 7) Olistostromas de serpentinitas, turbiditas y sedimentos vulcanomícticos y serpentinoclásticos. 8) tobas y tufitas. 9) Calizas. 10) Molasa flyschoides. Cobertura Neógena-Cuaternaria: 11) calizas, gravas, arenas, arcillas. ; 12) Red Fluvial; 13) Fallas.

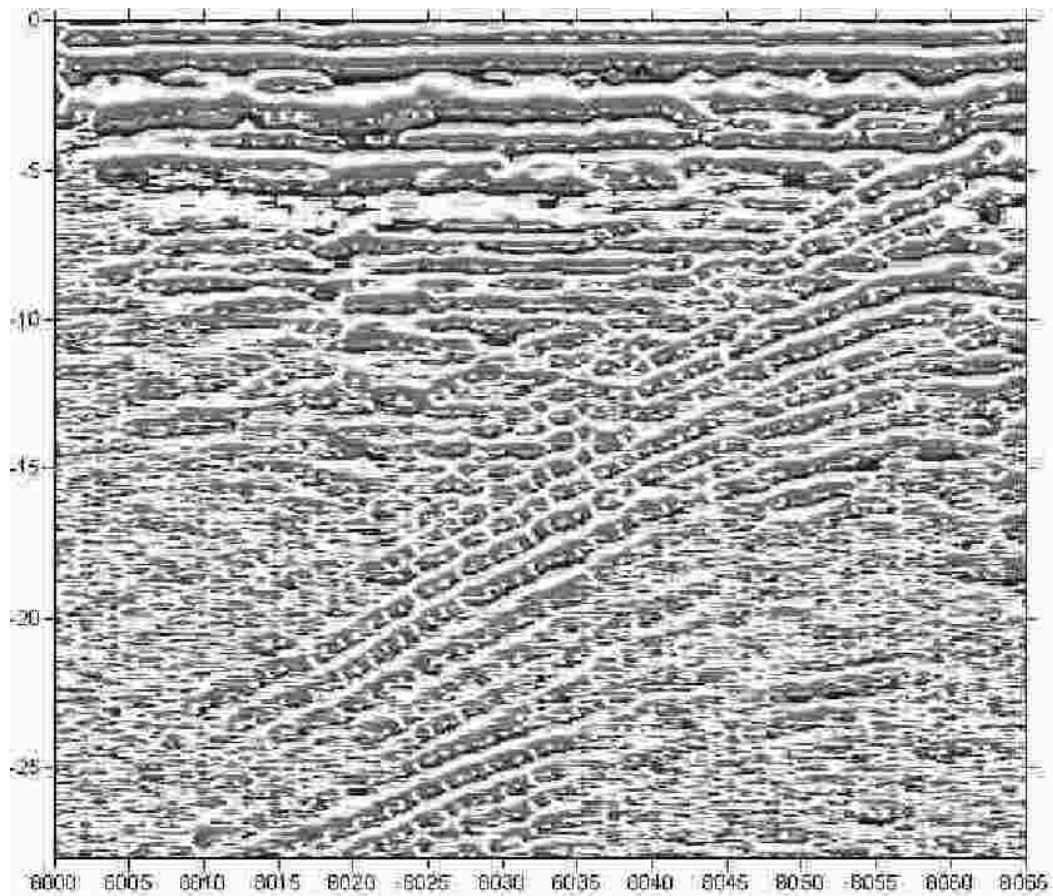


Figura 13. Perfil de Georadar donde se observa la cantidad, yacencia y profundidad máxima del placer Mejías en su extremo oriental.