

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO - MINERAS

**MAPA METALOGENICO DE LAS FAJAS OFIOLITICAS DE LA
ZONA OCCIDENTAL DE COLOMBIA**

Informe 2024

Por:

JAIRO ALVAREZ A.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	8
2. ASPECTOS GEOLOGICOS GENERALES DEL OCCIDENTE COLOMBIANO	9
2.1. CORDILLERA CENTRAL	9
2.2. DEPRESION DEL CAUCA - PATIA	10
2.3. CORDILLERA OCCIDENTAL	10
2.4. DEPRESION DEL ATRATO - SAN JUAN - TUMACO	10
2.5. SERRANIA DE BAUDO	10
3. GEOLOGIA DE LAS OFIOLITAS	10
3.1. CINTURON OFIOLITICO ROMERAL (COR)	11
3.2. CINTURON ULTRAMAFICO ATRATO (CUA)	12
3.3. COMPLEJO OFIOLITICO DE CAMPAMENTO	12
4. MATERIALES MINERALES	12
4.1. ASBESTOS	12
4.2. TALCO	13
4.3. MANGANESO	13
4.3.1. FLANCO OESTE DE LA CORDILLERA CENTRAL	13
4.3.2. CORDILLERA OCCIDENTAL	14
4.4. MAGNESITA	14
4.5. COBRE	15
4.6. NIQUEL	16
4.7. CROMITAS	17
4.8. PLATINO	18
4.9. HIERRO Y TITANIO	19
5. BIBLIOGRAFIA	19
ANEXOS	

TABLAS

1. Criterios para el tamaño del depósito en toneladas de material	8
---	---

ANEXOS

Plancha 1. Mapa Metalogénico de las fajas ofiolíticas de la zona occidental de Colombia (en bolsillo)	
---	--

* * *

1. INTRODUCCION

Las ofiolitas tienen gran importancia, tanto desde el punto de vista metalogenético como tectónico, puesto que es un hecho ampliamente aceptado ahora, que buena parte de ellas representan litosfera oceánica que ha sido emplazada en las márgenes continentales (COLEMAN, 1971; DIETZ, 1963).

La Conferencia Penrose (Anónimo, 1972) definió las ofiolitas como una asociación distintiva de rocas máficas y ultramáficas constituida de la base hacia el techo por un complejo gabroico, a menudo con texturas cúmulus, un complejo de diques tabulares máficos y un complejo volcánico. Otras rocas asociadas incluyen rocas ígneas félsicas sódicas y rocas sedimentarias suprayacentes compuestas por chert, lutitas y calizas pelágicas. Sin embargo, en los cinturones orogénicos, donde con frecuencia se presentan las ofiolitas, éstas pueden estar incompletas, desmembradas o haber sido metamorfizadas. El mecanismo de emplazamiento especialmente y aún su génesis, son motivo de controversia.

En las ofiolitas ocurren depósitos minerales tanto primarios como secundarios. La cromita y el platino en los ultramáficos, y el cobre y los depósitos piríticos en las rocas basálticas, son originados en dorsales oceánicas. Depósitos lateríticos con silicatos de níquel y magnesita son formados por meteorización, y asbestos, talco, etc., depósitos no metálicos en complejos ultramáficos, son resultantes de procesos metamórficos durante o con posterioridad al emplazamiento ofiolítico.

En Colombia, los ambientes tectónicos de formación manganeso y algunas manifestaciones de cobre, no están suficientemente claros, ya que pudieron originarse en arcos volcánicos inmaduros o en dorsales oceánicas. Sin embargo, a pesar de ello, se prefirió incluirlos en el mapa metalogenético.

El mapa metalogenético publicado con este informe se elabora dentro del contexto del Proyecto 197: "Metalogenia de Ofiolitas" y sigue, con excepción del platino, hierro y titanio, las pautas establecidas para los materiales minerales por el grupo de geólogos que estuvieron involucrados en el Proyecto 39 "Ofiolitas" perteneciente al Programa Internacional de Correlación Geológica patrocinado por la UNESCO. Además, en su ejecución sirvió como modelo el mapa hecho por Peterson (1984) para el Oeste de los Estados Unidos.

El mapa puede usarse eventualmente para diseñar estrategias de exploración y para evaluar el potencial económico de aquellas partes menos estudiadas de las fajas ofiolíticas.

En la Tabla 1 se indican los criterios usados para determinar el tamaño del depósito para cada tipo de material mineral.

TAB. 1: Criterios para el tamaño del depósito en toneladas de material.

Materiales Específico	Grande	Pequeño	Manifestación
Asbestos	> 10.000.000	< 10.000.000	No en producción
Talco	> 10.000.000	< 10.000.000	No en producción
Manganeso	> 10.000.000	< 10.000.000	No en producción
Magnesita	> 10.000.000	< 10.000.000	No en producción
Cobre	> 1.000.000	< 1.000.000	No en producción
Níquel	> 500.000	< 500.000	No en producción
Platino (placeres)	>180.000.000 m ³	<180.000.000 m ³	Explotación en pequeña escala.

Se considera una manifestación mineral aquella ocurrencia de la que no se conocen sus dimensiones y/o tenor, o cuyo tamaño es pequeño para ser considerada económica, y que generalmente no se encuentra en producción.

Los depósitos de placer, producto de concentración mecánica del platino, procedentes de la meteorización de ultramafitas con dicho mineral, se reportan en razón a su significado, importancia, asociación con oro, y probable relación con ofiolitas aún no registradas. El criterio para el tamaño del depósito se hizo considerando un tenor de corte de 100 mg/m^3 y la existencia de cinco dragas cada una con una capacidad de movimiento de material de $300.000 \text{ m}^3/\text{mes}$, trabajando durante 10 años (com. verbal del Ingeniero SAMUEL URREA, CIA. MINEROS DE ANTIOQUIA, 1986). La manifestación en el caso de platino - oro, implica generalmente explotación rudimentaria o en pequeña escala. En el caso de los placeres de arenas negras con hierro y titanio, como se ignora su potencia solo se indican como manifestación en el mapa metalogénico.

2. ASPECTOS GEOLOGICOS GENERALES DEL OCCIDENTE COLOMBIANO

Las asociaciones máficas-ultramáficas se ubican en el Occidente Colombiano, entendiéndose por tal el área al Oeste del río Magdalena. En esta área Los Andes de Colombia están divididos en unidades morfoestructurales (IRVING, 1971; ALVAREZ, 1983), las cuales coinciden en parte con los terrenos tectonoestratigráficos (ETAYO *et al*, 1983) a saber: Cordillera Central, Depresión del Cauca - Patía, Cordillera Occidental, Depresión del Atrato - San Juan - Tumaco y Serranía de Baudó.

La geología de las unidades mencionadas es conocida regionalmente, con excepción de las zonas situadas al Oeste de la cumbre de la Cordillera Occidental hasta el Pacífico, en donde sólo se posee una idea muy general de la misma. A continuación se hace una breve descripción de la geología, teniendo como base principalmente el trabajo de Alvarez (1983) y Etayo *et al*. (1983).

2.1. CORDILLERA CENTRAL

La Cordillera Central está constituida por un complejo litológico metamórfico de edad pre-mesozoica, que se compone principalmente de una secuencia eugeosinclinal de esquistos pelíticos y básicos aunque en la parte septentrional, sector oriental, se presentan abundantes neises félsicos, migmatitas, cuarcitas y mármoles con menores ocurrencias de anfibolitas sugiriendo transición a un ambiente miogeosinclinal. Bloques tectónicos dispersos de basamento precámbrico con granulitas, neises y anfibolitas, se presentan en varias localidades a lo largo de la Cordillera Central. Sedimentitas marinas epicontinentales, mesozoicas y depósitos volcánicos mio-cuaternarios suprayacen las rocas anotadas.

Terrenos ofiolíticos y de arco volcánico del mesozoico han sido acrecionados en el flanco occidental de la Cordillera Central principalmente (ETAYO *et al*, 1983); entre éstos se encuentran los terrenos Pácora (ALVAREZ, 1987a) y Amaime (ASPEN and McCOURT, 1984).

Las diversas secuencias están intruidas por plutones granitoides néisicos a macizos, cuya edad varía del Paleozoico al Terciario.

2.2. DEPRESION DEL CAUCA - PATIA

Es una unidad tectónica caracterizada por un fuerte mezclamiento estructural de litounidades metamórficas, sedimentarias, volcánicas y ofiolíticas (ALVAREZ, 1983) que constituyen principalmente el terreno tectonoestratigráfico Cauca - Romeral. Se presentan metamorfitas de bajo grado pre-mesozoicas (en el sector septentrional), ofiolitas desmembradas e incompletas y secuencias de arco volcánico mesozoico, suprayacidas por sedimentitas continentales al norte y marinas transicionales al sur, junto con gruesos depósitos volcanoclásticos de composición intermedia y de edad Terciaria a Cuaternaria. También se presentan granitoides plutónicos e hipoabisales meso-cenozoicos.

2.3. CORDILLERA OCCIDENTAL

Está constituida por rocas volcánicas y volcanoclásticas básicas, cretáceas y terciarias, además de depósitos turbidíticos y pelágicos suprayacentes de edad similar, que conforman los terrenos Cañasgordas y Dagua, originados en arco de islas y/o corteza oceánica, el último de los cuales está afectado por metamorfismo penetrativo de bajo grado. Cuerpos ocasionales de rocas plutónicas máficas y ultramáficas, incluyendo locales protrusiones de serpentinita, ocurren en algunos sitios. Intrusivos granitoides e hipoabisales terciarios atraviesan las rocas de la Cordillera.

2.4. DEPRESION DEL ATRATO - SAN JUAN - TUMACO

Está caracterizada por una gruesa secuencia, principalmente marina, de sedimentitas turbidíticas terciarias, que reposan (?) sobre depósitos volcano-sedimentarios cretáceos y terciarios. Estas rocas constituyen el terreno del mismo nombre.

2.5. SERRANIA DE BAUDO

Está conformada por rocas volcánicas toleíticas intercaladas con turbiditas y pelagitas, además de algunos plutones máficos y ultramáficos (?). Estas rocas, formadas en arcos de islas y/o corteza oceánica, constituyen el terreno Baudó acrecionado a la margen occidental.

3. GEOLOGIA DE LAS OFIOLITAS

Un compendio de las características de las fajas ofiolíticas existentes en Colombia, además de los depósitos asociados y la relación de aquellas con el desarrollo tectónico del sector occidental de Colombia, fue hecho por Alvarez (1983, 1985). La descripción que se presenta a continuación se basa en dichos informes y se complementa con trabajos publicados recientemente.

Alvarez (1983, 1985), anota la presencia de dos cinturones de rocas ultramáficas-máficas en el Oeste de Colombia, a saber: Cinturón Ofiolítico Romeral (COR) y Cinturón Ultramáfico Atrato (CUA), situados en el flanco occidental de las Cordilleras Central y Occidental respectivamente y que representan zonas de paleosutura. Otras asociaciones ofiolíticas existen en el sector septentrional de la Cordillera Central, en el llamado Complejo Ofiolítico de Campamento y quizá en el Alto La Tolda al NNW del primero. Todas las asociaciones ofiolíticas conocidas están deformadas e incompletas por fragmentación tectónica y cuando se presentan diversas litounidades los contactos entre ellas están fallados. La edad de las fajas ofiolíticas de la margen del Pacífico parece ser más joven hacia el océano, variando del Cretáceo al Terciario, como resultado de procesos de acreción de terrenos oceánicos y/o arcos volcánicos a la margen continental.

3.1. CINTURON OFIOLITICO ROMERAL (COR)

Se extiende por unos 800 km en íntima asociación con la zona de Falla de Romeral, la cual está constituida por varias fallas subparalelas que se derivan de la principal. Es una zona de paleosutura que afecta los terrenos ofiolíticos, los cuales se presentan discontinuamente, y que separa terrenos tectonoestratigráficos de características contrastantes: Cajamarca y Cauca - Romeral en el sur y Cauca - Romeral, Puquí, Cajamarca (ETAYO *et al.*, 1983), y Pácora (ALVAREZ, 1987a, en imprenta) en el norte del país. En el mapa metalogenético los terrenos ofiolíticos incluyen rocas volcánicas de arco, además localmente, rocas metamórficas eugeosinclinales con metamorfismo de baja presión, secuencias volcano-sedimentarias cretáceas con metamorfismo de alta presión y sedimentitas continentales del Terciario inferior, litounidades que se encuentran asociadas geográficamente. Los contactos entre estas rocas y las ofiolitas son fallas inversas de ángulo alto o fallas normales y sólo en algunas localidades se han comprobado fallas inversas de bajo ángulo y contactos deposicionales con el Terciario. Una situación similar se presenta entre distintas litounidades ofiolíticas las cuales tienen contactos tectónicos.

El emplazamiento de los miembros plutónicos de las ofiolitas a niveles de exposición y erosión tuvo lugar principalmente después del Mioceno temprano, aunque también localmente en tiempos pre-albianos (ALVAREZ, 1987a, en imprenta).

En el COR existen 30 cuerpos conocidos de ofiolitas, de los cuales unos pocos se han estudiados con cierto detalle. El cuerpo ultramáfico de Medellín es una tectonita dunita alpina emplazada antes del Cretáceo tardío y asociada con metabasitas en facies anfibolita cuya edad parece ser anterior a la ultramafita (ALVAREZ, 1982). Un delgado cuerpo ofiolítico, con una longitud mayor de 40 km, compuesto por serpentinitas y epidota-anfibolitas, se presenta en la región de Ituango dentro de metamorfitas pre-mesozoicas. Este fragmento desmembrado de una ofiolita alta en titanio, tuvo posiblemente como protolito una harzburgita y un gabro homogéneo (ALVAREZ, 1984). Alvarez (1987a, en imprenta) reporta el Complejo Ofiolítico de Pácora, constituido por harzburgitas, wehrlitas cúmulus con plagioclasa, metagabros cúmulus homogéneos y metabasaltos dentro de rocas de arco volcánico. La evidencia geoquímica sugiere que estas ofiolitas se generaron en una dorsal oceánica y se mezclaron tectónicamente con las secuencias de arco cuando éste colisionó con el continente. La edad de formación es pre-berriasiense y el emplazamiento general post-albiano, aunque en esta época algunos miembros ofiolíticos estaban sometidos a erosión.

Espinosa (1982), describe el macizo de Los Azules como una secuencia ofiolítica constituida por cúmulus ultramáficos (dunitas y wehrlitas con plagioclasa), alternando con cúmulus gabroides, un complejo de diques de diabasa y lavas almohadilladas.

El macizo ofiolítico de Ginebra consiste en dunitas y wehrlitas cúmulus intercaladas con gabros estratificados, gabros cúmulus, dique de piroxenita, anfibolita, microbrechas, tobas y diques de plagiogranito y diabasa que atraviesan las anfibolitas y los gabros (ESPINOSA, 1985). Orrego *et al.* (1985), reportan el Complejo Ofiolítico de La Tetilla, el cual está constituido por las siguientes unidades: basalto, metabasaltos y brechas basálticas, gabro isotrópico cortado por diques de basalto, metagabro y wehrlita cúmulus con plagioclasa.

Grosse (1926), Alvarez y Eckardt (1970), Alvarez *et al.* (1970), Mosquera *et al.* (1977), París y Cepeda (1978), González *et al.* (1980a), González *et al.* (1980b), Orrego *et al.* (1985), McCourt (1984), McCourt *et al.* (1984a), De Armas (1984), McCourt *et al.* (1984b), han reportado las demás ocurrencias de rocas máficas-ultramáficas en mapas regionales o sin hacer estudios específicos sobre ellas.

3.2. CINTURON ULTRAMAFICO ATRATO (CUA)

Este cinturón está asociado con la Falla Atrato o sus ramales, paleosutura que separa el terreno suprayacente Atrato - San Juan - Tumaco de los terrenos Cañasgordas y Cauca - Dagua, constituidos por depósitos de fosa y secuencias oceánicas y/o de arco volcánico respectivamente (ETAYO *et al*, 1983).

Aunque no está bien definido por el desconocimiento que se tiene de la geología, existen algunas evidencias indirectas como los extensos placeres auro-platiníferos y la ocurrencia local de algunos cuerpos ultramáficos en el sector norte (ALVAREZ, 1985).

El CUA podría ser la expresión, de la acreción terciaria entre cortezas tipo oceánico (ALVAREZ, 1985).

Solamente tres cuerpos de serpentinita posiblemente asociadas con otras rocas ultramáficas, tipo alpino, se conocen en el sector septentrional.

3.3. COMPLEJO OFIOLITICO DE CAMPAMENTO

Está situado en la zona axial del sector septentrional de la Cordillera Central, a varias decenas de kilómetros del sistema tectónico de Romeral. Conformar el terreno tectonoestratigráfico Campamento (ETAYO *et al*, 1983), y está constituido por rocas ultramáficas peridotíticas, serpentinitas, gabros isotrópicos o foliados, basaltos y espilitas con sedimentitas marinas intercaladas de edad posiblemente Albiana - Aptiana (ESTRADA, 1967; ALVAREZ *et al*. 1970; HALL *et al*, 1972; ALVAREZ, 1985).

4. MATERIALES MINERALES

Las ofiolitas en la zona occidental de Colombia y la capa dos de la corteza oceánica acrecentada a la margen continental, albergan una serie de materiales minerales que incluyen cromitas, manganeso, asbestos, talco, níquel y cobre. Además, existen importantes placeres platiníferos y algunas ocurrencias de arenas negras con hierro y titanio, cuyo origen está relacionado con las ofiolitas.

4.1. ASBESTOS

En general, en Colombia, la mayor parte de los cuerpos ultramáficos serpentinizados presentan localmente venillas con asbestos crisotilo, pero únicamente en los cuerpos de Las Brisas (o Solita), La Polca, Las Nieves y El Búfalo, pertenecientes al Complejo Ofiolítico de Campamento, y en un ultramáfico cerca a Sabanalarga perteneciente al COR, ocurren concentraciones que merecen mencionarse. De los anotados, el único que contiene suficiente cantidad para ser considerado económico es el de Las Brisas (Plancha 1, No. 1).

El cuerpo con asbesto en esta última localidad, es una serpentinita cuyo protolito fue una harzburgita de forma irregular, con una extensión de 3 km² aproximadamente y una estructura interna compleja. En él se diferenciaron cuatro bloques estructurales, separados por zonas importantes de cizalladura, cada uno de los cuales contiene crisotilo, de fibra cruzada, en mayor o menor porcentaje (HARRIS, 1973).

Aunque el crisotilo ocurre como vetillas en estoverca, existen zonas definidas y diferenciadas por el tenor y tipo de fibra, que además poseen inclinación pronunciada, dentro de las cuales también se presentan zonas de talco y cuarzo.

Las venas de crisotilo varían de 1 a 30 mm en longitud. Las reservas totales de mineral ascienden a 8.4 millones de toneladas con un tenor promedio de 4.6% aproximadamente (GONZALEZ, 1985).

4.2. TALCO

Aunque manifestaciones locales y de pequeñas dimensiones son relativamente frecuentes, una de ellas está asociada con asbestos en el cuerpo de Las Brisas; solamente se conoce una ocurrencia de interés económico situada en el Complejo Ofiolítico de Campamento, en la zona de Yarumal (Plancha 1, No. 2).

En este sitio se presenta una mezcla caótica de lentes, bolsones y cuerpos irregulares de talco, serpentinita talcosa y serpentinita con neises augen cuarzo-feldespáticos de edad desconocida. Las rocas ocupan una faja con fuerte tectonismo, de 15 km de longitud y 300 a 400 m de amplitud, limitada por fallas que la separan de metamorfitas pre-mesozoicas y metagabros (HALL *et al.*, 1970).

Las masas individuales de talco varían desde unos centímetros hasta 50 m de ancho y centenares de metros de longitud. La pureza y grado de esteatización fluctúan considerablemente y este fenómeno es posterior a la serpentinitización. Las reservas probables ascienden a 6 millones de toneladas y las posibles a 14 millones de toneladas (HALL *et al.*, 1970).

Este talco, al igual que otros asociados con ofiolitas (CHIDESTER *et al.*, 1964), tiene alto contenido de hierro, factor que limita sus aplicaciones industriales. A causa de esto se ha tratado de beneficiar mediante flotación para eliminar clorita, actinolita y óxidos de hierro.

El origen del talco de Yarumal parece estar, al menos en parte, asociado con soluciones hidrotermales silíceas derivadas del cercano plutonismo félsico cretáceo y también con el fuerte tectonismo y metamorfismo experimentado por los cuerpos de serpentinita y el augen neis huésped, que causaron intercambio y reorganización de componentes químicos.

4.3. MANGANESO

Los depósitos de manganeso son de tamaño pequeño y están localizados en el flanco oeste de la Cordillera Central y en la Cordillera Occidental.

4.3.1. FLANCO OESTE DE LA CORDILLERA CENTRAL

Se conocen únicamente dos zonas con ocurrencias de manganeso. En la primera de ellas, se encuentra el depósito de Santa Bárbara (Plancha 1, No. 3), el cual está asociado con un paquete sedimentario-volcánico considerado dentro de la Formación Quebradagrande (recientemente cambiado su estatus a Grupo e interpretado como una secuencia de arco volcánico, ALVAREZ, 1987a, en imprenta); más específicamente la mineralización consiste en varios lentes o bolsones de 1 a 12 m en espesor y hasta 300 m en longitud, intercalados en jaspe dentro de una secuencia de tobas básicas interestratificadas con basaltos espilitizados. Localmente contiene calcopirita, bornita y calcosina en jaspe brechoso (DURANGO, 1978).

La mena consiste de los silicatos braunita y tefroita con los óxidos pirolusita y vernardita (BOTERO, 1945; HALL *et al.*, 1970), los cuales se presentan con estructura masiva, aunque localmente exista botroidal y contienen menos de 38% de Mn. Los óxidos son aparentemente supergénicos. Se reportan unas reservas totales de 80.000 toneladas de mineral indiscriminado (DURANGO, 1978) cuyo contenido promedio en manganeso es menor de 30%.

Al noreste de San Félix (Dpto. de Caldas), asociado con metamorfitas pre-mesozoicas eugeoclinales, predominantemente cuarcitas, se presenta una decena de manifestaciones de manganeso, de las cuales la mayor es la llamada La Cumbre, conformada por un lente de 10 m de espesor y longitud desconocida, constituida por rodonita oxidada superficialmente a pirolusita (SINGEWALD, 1950).

4.3.2. CORDILLERA OCCIDENTAL

Las ocurrencias de manganeso en la Cordillera Occidental tienen características similares a las asociadas con el Grupo Quebradagrande con excepción del depósito La Esmeralda, al este de Buenaventura. Bueno (1950), Boliden Minera de Colombia S.A. (en: RODRIGUEZ y PERNET, 1983), Calle (1986) y Calle y Zapata (1986), han descrito algunas de estas ocurrencias. El manganeso se presenta formando cuerpos estratiformes lenticulares y bolsones de metros a decenas de metros en espesor y decenas de metros en longitud, en rocas sedimentarias marinas cretáceas. La mena está íntimamente asociada con chert, frecuentemente rojo o negro, e intercalada con tobas básicas y rocas pelíticas silíceas las cuales ocurren interstratificadas con flujos básicos. En el depósito de Vallecí (Dpto. de Antioquia, Plancha 1, No. 4), adicionalmente a las rocas anotadas, se presentan calizas pelágicas y en el de Apía (Dpto. de Caldas; Plancha 1, No. 5), además del chert negro existe de color verde y tanto esta roca como las interposiciones de limolitas silíceas contienen microfauna, radiolarios y foraminíferos respectivamente.

En Vallecí, la mena está constituida por rodonita (?) y varios óxidos de manganeso hidratados, principalmente pirolusita de origen supergénico; en Apía por rodocrosita y varios óxidos, como en Vallecí. Pirita y calcopirita existen, junto con el manganeso, en poca cantidad en el depósito de Mallama, Departamento de Nariño (BUENO, 1950).

En general, el contenido de manganeso es menor de 46%. En Vallecí varía entre 28 y 43% y en Apía entre 14 y 46%. Las diversas ocurrencias han producido menos de 30.000 toneladas de mineral. Durango (1978) y Calle y Zapata (1986), acogen el proceso volcánico exhalativo como responsable del origen de las ocurrencias de Santa Bárbara y Apía respectivamente.

El depósito La Esmeralda (Plancha 1, No. 6), se encuentra intercalado en una secuencia turbidítica distal cretácea, con metamorfismo de bajo grado, constituida por metaareniscas, filitas negras y grises y filitas básicas, conformando varios mantos y lentes, menores de 30 m en espesor y posiblemente extendiéndose por 3 km. La mena es rodonita, en parte oxidada a pirolusita, y con un contenido en manganeso menor de 35%. Las reservas totales alcanzan más de 60.000 toneladas (CUEVAS, 1970). El origen parece estar relacionado con procesos volcanogénicos relativamente profundos en un ambiente de aguas marinas sobre corteza oceánica.

4.4. MAGNESITA

Las ocurrencias de magnesita en las asociaciones ofiolíticas conocidas son escasas y sin ningún interés económico. En la ultramafita de Los Azules (o Guayabillas), en el sector sur del COR, se informa la presencia de delgadas venas de dicho mineral (CEPEDA, comunicación verbal, 1987). El único depósito de magnesita actualmente en explotación existe en Bolívar, Departamento del Valle (ORTIZ y GOMEZ, 1971), pero no está asociado con ofiolitas, sino con un complejo ultramáfico zonado (BARRERO, 1969). En esta ocurrencia la magnesita está relacionada con ópalo y calcedonia.

4.5. COBRE

Los depósitos de cobre se presentan asociados con secuencias volcano-sedimentarias marinas metamorizadas, pre-mesozoicas, en el flanco occidental de la Cordillera Central y no metamorizadas cretáceas en la Cordillera Occidental y en la zona axial de la Central. Las ocurrencias son de sulfuros masivos estratiformes o lenticulares, con características no estrictamente ofiolíticas puesto que en todos los casos conocidos, con excepción de uno, no ocurren dentro de derrames volcánicos y su marco tectónico de formación no está bien establecido, en especial en el prospecto de Los Naranjos (Ituango). En general, la mena está compuesta esencialmente por pirita y calcopirita con oro y plata en ganga de cuarzo y la roca encajante está cloritizada.

En la Formación San Pablo, secuencia sedimentaria cretácea constituida principalmente por psamitas, pelitas y localmente flujos basálticos, intercalados dentro de cuerpos mayores de rocas basálticas del Complejo Ofiolítico de Campamento, se presenta el depósito de sulfuro masivo de pirita cuprosa San Julián - Azufral (Plancha 1, No. 7), íntimamente relacionado con delgados flujos de basalto espilitizado con fuerte cloritización cerca a la mena. Esta se encuentra constituida esencialmente por pirita, además de calcopirita y magnesita, menores cantidades de pirrotina, algo de plata y escaso oro (GUARIN, 1970; OQUENDO, 1979). La mineralización es posiblemente estratiforme, tiene una longitud de más de 1000 m y varios metros de espesor. El depósito y las rocas asociadas, sufrieron recristalización termal por el emplazamiento del Batolito Antioqueño durante el Cretáceo tardío.

El depósito Los Naranjos (Plancha 1, No. 8), está encajado en una sucesión de tobas básicas y sedimentitas pelíticas carbonosas con metamorfismo de bajo grado, facies esquisto verde. Los sulfuros están estrechamente relacionados con los horizontes volcánicos, son estratiformes, singenéticos y están deformados. Se presentan pirita, calcopirita, pirrotina, con menor cantidad de oro y plata, poco cuarzo y fuerte cloritización de la roca encajante. Las características son afines con depósitos masivos tipo Besshi.

El depósito singenético de sulfuros masivos de El Roble (Plancha 1. No. 9), está encajado entre chert negro, delgadamente estratificado en la base y un delgado flujo basáltico en el techo. Este conjunto está metido dentro de una secuencia de areniscas volcanoclásticas, limolitas y localmente calizas; éstas dos últimas rocas ricas en materia orgánica.

Tanto los dos lentes conocidos de sulfuro masivo en El Roble como la mineralización de menor importancia económica en Santa Anita, varios kilómetros al sureste, están alineados posiblemente a lo largo de una zona de falla, y han sido removilizados y afectados por ésta en mayor o menor grado.

El cuerpo de mena en El Roble está constituido por pirita, calcopirita y algo de pirrotina y además de oro y plata, contiene menores cantidades de magnetita y trazas de esfalerita, hematita y marcasita, en ganga de cuarzo y localmente dolomita y clorita (BALLANTYNE and BARNETT, 1981; NITTETSU MINING Co. y C. ITOH Co., 1984).

En los dos lentes mineralizados, la mena es principalmente masiva, aunque en la zona del piso presenta intercalaciones menores en bandas de sulfuros, de milímetros a centímetros, dentro del chert. El lente principal tiene menos de 46 m de espesor, una longitud de 80 m y una profundidad de 150 m aproximadamente. Un gossan o zona oxidada se desarrolló encima de este cuerpo y ha sido objeto de exhaustiva explotación para recuperar oro y plata. Las reservas totales son aproximadamente 1'000.000 de toneladas con 4.7% Cu, 3.1 g/t Au y 10 g/t Ag (NITTETSU MINING Co. and C. ITOH Co., 1984).

Aunque en este depósito faltan aspectos por aclarar, la mineralización es probablemente volcánico-exhalativa submarina, quizá tipo chipre.

4.6. NIQUEL

En Colombia no se conocen ocurrencias de sulfuros de níquel en ofiolitas; en cambio dicho metal se presenta en seis depósitos de lateritas níquelíferas, cinco de los cuales están en el sector septentrional del COR y uno (Morro Pelón), en el Complejo Ofiolítico de Campamento (ALVAREZ, 1983). Con excepción de los depósitos de Cerro Matoso, Planeta Rica y Uré, que serían del tipo de lateritas con silicatos de níquel, según la doble división de Hotz (1964) para este tipo de depósitos, el primero contiene concentraciones económicas de mineral; los demás son afines con el tipo laterita ferruginosa níquelífera y no son explotables económicamente. En el primer tipo, el mineral principal de mena es rico en garnierita (silicatos de magnesio con níquel), de tonalidad verdosa y ubicada en la parte más baja de la zona meteorizada, igual a como ocurre en los depósitos de Nueva Caledonia y Oregón (E.U). En el segundo tipo, el níquel está más disperso y se encuentra en el horizonte de suelo rojo a pardo que se desarrolla sobre las superficies de meteorización de las ofiolitas.

Las masas de lateritas en el COR se ubican entre las latitudes $6^{\circ}10'N$ y $8^{\circ}20'N$; tres de ellas, Planeta Rica (Plancha 1, No. 10), Cerro Matoso (Plancha 1, No. 11), y Uré (Plancha 1, No. 12), están en áreas de topografía ondulada y clima cálido y son las de mayor interés y las otras tres, Ituango, Morro Pelón, Medellín, se presentan en áreas fuertemente bisectadas, con topografía escarpada y clima cálido a templado, en especial las dos últimas (ALVAREZ, 1983).

Estos factores fisiográficos y la historia tectónica influyeron decisivamente puesto que sólo en los tres primeros depósitos, se originó un buen perfil estratificado de meteorización con cuatro zonas sucesivas: canga (a veces no bien definida o inexistente), laterita ferralítica, saprolita o peridotita saprolitizada y peridotita fresca (NACIONES UNIDAS - INGEOMINAS, 1975, 1976a, 1976d).

Aunque las lateritas pueden corresponder a varios períodos de meteorización, este proceso se inició, en el depósito de Planeta Rica, a principios del Terciario (NACIONES UNIDAS - INGEOMINAS, 1975), época que podría ser válida para las demás lateritas del COR.

Excluyendo la pequeña ocurrencia laterítica de Medellín, cuya roca basal es una dunita, las demás se desarrollaron sobre harzburgitas, a veces con lentes duníticos, y en ellas se observó que a mayor serpentinización menor enriquecimiento en níquel. Asimismo, el depósito de Medellín es el más rico en sílice y en parte es de origen coluvial.

Los trabajos más recientes sobre el depósito de Cerro Matoso, actualmente en actividad, son los de Gómez *et al.* (1979), y López (1985), de los cuales se extracta la información que se coloca a continuación.

El depósito de Cerro Matoso tiene un manto laterítico que varía de unos pocos metros a 100 m, el cual conforma un cerro aislado, de forma ovalada, de 3 km x 1.7 km. El perfil laterítico está constituido de arriba hacia abajo por: canga, zona de limonita, zona de saprolita (inferior o peridotita saprolitizada y superior) y peridotita.

En las dos primeras dominan los hidróxidos de hierro ($\sim 44\%$ Fe), aunque más especialmente en la canga, y en la última los silicatos. Durante el proceso de meteorización hubo

redistribución de los elementos químicos. El hierro, cromo y aluminio se concentraron en la canga especialmente, el cobalto y manganeso se acumularon en la zona de limolita junto con el hierro, aunque este elemento está en menor cantidad que en la canga. El magnesio fue lixiviado de la parte superior del perfil y en menor grado de la parte inferior. El níquel se concentró esencialmente en la saprolita, principalmente en la superior, donde se combinó con la sílice disponible formando silicatos hidratados de níquel supergénicos (garnierita), que rellenan fracturas cuando su concentración es alta o se asocian con calcedonia, constituyendo el mineral más rico (LOPEZ, 1985).

La silicificación calcedónica en Cerro Matoso, relacionada principalmente con la saprolita superior, ocurre en acumulaciones irregulares a lenticulares, venillas en estructuras tipo panel (boxwork) y como silicificación masiva (LOPEZ, 1985).

La lateritización de las ultramafitas de Cerro Matoso se inició antes del Oligoceno, de acuerdo a relaciones estratigráficas con sedimentitas Terciarias (INGEOMINAS -NACIONES UNIDAS, 1975; LOPEZ, 1985), y continuó durante y después de su depositación bajo condiciones de un clima tropical lluvioso húmedo.

La tectónica ha desempeñado un papel muy importante en el desarrollo del perfil laterítico. Las fracturas han facilitado la migración de las soluciones ricas en níquel y al mismo tiempo el levantamiento y fallamiento en bloques ha rejuvenecido el proceso de meteorización, incrementando la circulación de fluidos y causando el descenso en el nivel freático (VLETTER, en LOPEZ, 1985). La mena contiene en promedio 2.6% en níquel pero hay sectores donde alcanza hasta 8%. Se usó una ley de corte de 1.5 % Ni para calcular las reservas, ascendiendo éstas a 25 millones de toneladas con 2.6 % Ni y 41 millones de toneladas adicionales con 1.0 a 1.5 % Ni (GOMEZ *et al*, 1979).

4.7. CROMITAS

El nombre de cuerpos podiformes, acuñado por Thayer (1964, 1969), para cromitas en ocurrencias tipo alpino u ofiolíticas, describe bien la forma general de las mismas en la masa dunítica de Medellín. La máxima frecuencia conocida de cuerpos de cromita se presenta en el sector sur de la dunita (Plancha 1, No. 13), en donde forman tres concentraciones mayores con 27 ocurrencias, de las cuales 12 están in situ. Estos afloramientos se encuentran constituidos por cuerpos de centímetros a metros y sólo el de Patio Bonito tiene aproximadamente 30 m; poseen un rumbo general noroeste diagonal al de la ultramafita encajante que es allí N-S (GEOMINAS, 1973, 1975).

De acuerdo con la información presentada por Geominas (1973, 1975), las estructuras de las menas de cromita se pueden interpretar como del tipo diseminado, bandedo schlieren (asociación de capas con cromita diseminada y masiva), lenticular (lentes de cromita masiva o capas de cromitita que forman cordones) o irregular. El tipo lenticular tiene una asociación estrecha con fallas y zonas de cizalladura en la dunita.

En general, en la mena de varias ocurrencias, pero especialmente en la de Patio Bonito (Plancha 1, No. 13), se nota cierta neisidad o bandeamiento por lineación de cristales ovoides o irregulares de cromita, separadas por silicatos. Microscópicamente los granos de cromita son anhedrales y sus bordes poseen embahiamientos y salientes que contornean cristales de olivino serpentinizado. Puntualmente forman textura de red de cromita, o los granos contienen silicatos ocluidos anhedrales de pequeño tamaño, o éstos constituyen banditas irregulares discontinuas que separan bandas de cromita en la mena masiva (ALVAREZ, 1978b).

Las cromitas son altas en aluminio ($\sim 25\% \text{Al}_2\text{O}_3$), y tienen una relación Cr/Fe que varía de 2.5 a 3.0 aproximadamente.

Aunque una investigación en este campo se está realizando, parece existir una estrecha relación entre la tectónica dunita y las ocurrencias de cromita. En la misma línea, es difícil entender el origen del cuerpo dunítico puesto que no posee evidencias para ser interpretado como material cúmulus, además de que su tamaño excluiría un fraccionamiento de olivino y cromita en una minicámara magmática de acuerdo a la hipótesis de Neary and Brown, 1979 (en BROWN, 1979), para las ofiolitas de Oman.

Quizá las dunitas metamórficas son un producto refractario de fusión parcial en el manto (ALVAREZ, 1982).

4.8. PLATINO

Todo el platino que ha sido producido en Colombia es un subproducto proveniente de placeres situados en el flanco occidental de la Cordillera Occidental de Colombia, principalmente en los valles de los ríos Atrato, San Juan y sus tributarios ubicados en el Departamento del Chocó y en el río Telembí, en el Departamento de Nariño. Empero, ocurrencias económicas y no económicas con oro y algo de platino se conocen a lo largo, en zonas cercanas a la Costa Pacífica entre Panamá y Ecuador; también existe platino, aunque en muy poca cantidad, en placeres auríferos importantes en el interior del país, en los valles de los ríos Cauca y Nechí, en el sector septentrional de la Cordillera Central (ALVAREZ, 1985).

Los placeres del Chocó descritos por Mertie (1969), son la principal fuente de platino en Suramérica. Morfológicamente, los placeres, constituidos por cantos muy meteorizados, con excepción del cuarzo, corresponden a depósitos de corrientes y a depósitos de terraza, aunque en algunos casos se pasa lateralmente de uno a otro. Frecuentemente el aluvión de ambos depósitos fluviales, suprayace el llamado localmente caliche rojo, que corresponde a una arcilla guijarrosa del Terciario superior, en la cual el 50% consiste en cantos intensamente intemperizados, hasta del tamaño de bloques (boulders), derivados por meteorización de un conglomerado depositado bajo condiciones continentales junto con areniscas y lutitas. En muchos sitios, dicho caliche, contiene suficientes metales preciosos para ser explotable hasta el llamado caliche gris o blanco que es estéril y subyace a los placeres fluviales en algunos sitios. El caliche rojo del Terciario, podría considerarse como un tercer tipo de placer.

En zonas dragadas del valle del río San Juan y sus tributarios, ríos Condoto, Opogodó, Sipí, Novitá, Cajón (Plancha 1, No. 14), lugar de mayor importancia en cuanto a los metales platinoídeos, éstos se encuentran principalmente en horizontes definidos dentro de las gravas, ya sea directamente sobre la roca basal meteorizada o a distancias menores de 20 m sobre ella. El tamaño de las partículas varía en un alto porcentaje entre malla 20 (0.84 mm) y malla 200 (0.074 mm), y la razón de platino-oro cambia de valle a valle; no obstante, se puede decir que en general fluctúa de 3:1 a 1:22. En la cuenca del río Atrato, especialmente en los ríos Quito, Cértegui y Andágueda (Plancha 1, No. 15), y en el río Telembí (Plancha 1, No. 16), en cambio, los placeres son predominantemente auríferos.

En las zonas platiníferas de Colombia se presentan los seis metales del grupo del platino en proporciones que varían ampliamente (12 análisis, MARTIE, 1969). Ocurre tanto la aleación de platino-hierro (ocho análisis), designada genéricamente como platino, como la de osmiridio (cuatro análisis). La primera representa una aleación simple que consiste predominantemente de platino, menor cantidad de hierro, con cantidades relativamente pequeñas de iridio y rodio y aún menores de paladio. La segunda también representa una aleación simple

que consiste predominantemente en iridio y osmio, con menos cantidad de rutenio y aún menos de rodio (MERTIE, 1969). Las reservas probadas de metales platinoides en las áreas de San Juan - Atrato son en la actualidad de 4.500 kg aproximadamente (CALLE *et al.*, 1984; ALVAREZ, 1985).

Varios autores han pensado que las fuentes primarias del platino son rocas ultramáficas que se presentan en el flanco occidental de la Cordillera Occidental (WHITE, 1930, RESTREPO, 1958 y WOKITTEL, 1958: en ESCORCE, 1972), formando un cinturón ultramáfico que puede estar en parte erodado (ALVAREZ, 1983, 1985). También, se piensa que el platino procede de rocas ultramáficas asociadas con intrusivos más félsicos en el Cerro Torrá, Cerro Iró, Cerro Muñoz (DUPARC y TIKONOWITCH, 1920: en MERTIE, 1969), o que ocurre en intrusivos ultramáficos zonados (CASE, 1980). Sin embargo, en los pocos cuerpos ultramáficos localizados no se han reportado depósitos primarios de platino de ningún tipo.

4.9. HIERRO Y TITANIO

Depósitos de hierro y titanio presumiblemente derivados de rocas ofiolíticas e intrusivos intermedios, se presentan formando las ocurrencias de arenas negras de Acandí, Departamento del Chocó (Plancha 1, No. 17), y en Tolú, Departamento de Sucre, a lo largo de la costa del Mar Caribe. Los depósitos constituyen las playas actuales y se interdigitan en Acandí con placeres aluviales auríferos. También, abundantes arenas negras cuya importancia no se ha evaluado, son recuperadas de la explotación mediante dragas, de placeres de metales preciosos en las zonas aluviales del Departamento y en el río Nechí en el sector septentrional de la Cordillera Central. En la primera localidad (ríos Tamaná y Condoto), los concentrados son especialmente ricos en magnetita, cuarzo y un poco de zircón (MERTIE, 1969). En la segunda, están constituidos por magnetita e ilmenita principalmente zircón, cuarzo y cromita. En ambos sitios con algo de oro y plata.

Los principales minerales pesados de las arenas de Acandí son magnetita, ilmenita, cromita, zircón, epidota, apatito y sulfuros (ESCORCE, 1972), predominando sustancialmente los dos primeros. Aunque no han sido reportados metales preciosos, se presume su existencia aunque en poca cantidad.

En la zona de Tolú los concentrados magnéticos dieron aproximadamente 60% en Fe y 3% en titanio (VASQUEZ, com. verbal, 1987).

5. BIBLIOGRAFIA

ANONIMO, 1972.- *Penrose field Conference on Ophiolites*. Geotimes. 17: 24-25.

ALVAREZ, E., 1987.- *Platino*. Recursos Minerales de Colombia. Publ. Geol. Esp. de Ingeominas 1, 2ed. Tomo I, p. 32-46. Bogotá.

ALVAREZ, J., 1982.- *Tectonitas dunitas de Medellín. Informe 1882*. Ingeominas, 62 p. Medellín.

———, 1983.- *Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y Petroquímica de los intrusivos granitoides mesocenoicos*. Ingeominas. Bol. Geol. 26 (2):1-75. Bogotá.

———, 1984.- *Serpentinitas y epidota anfibolitas de Ituango, Departamento de Antioquia, Colombia. Informe 1989*. Ingeominas 49 p. Medellín.

- , 1985.- *Ofiolitas y evolución tectónica del Occidente Colombiano. Informe 1988.* Ingeominas, 30 p. Medellín.
- , 1987a.- *Complejo Ofiolítico de Pácora y secuencias relacionadas de arco de islas (Grupo Quebradagrande), Colombia.* Informe en imprenta. Ingeominas. Medellín.
- , 1987b.- *Mineralogía y Química de los depósitos de cromita podiforme de las dunitas de Medellín, Departamento de Antioquia, Colombia.* Tit. provisional. En preparación.
- ALVAREZ, J., ECKARDT, F., 1970.- *Geología detallada de la parte suroeste del Cuadrángulo I-8.* Fac. Minas, Medellín. (Tesis de grado). Inédito, 64 p.
- ALVAREZ, J. et al, 1970.- *Mapa Geológico del Cuadrángulo H-8 (Yarumal) y parte del Cuadrángulo H-7 (Ituango). Esc. 1:100.000.* Ingeominas. Bogotá.
- ASPDEN, J. A., McCOURT, W., 1984.- *A middle Mesozoic Oceanic Terrane in the Central Cordillera of Western Colombia.* Geol. Norandina, 9: 19-26. Bogotá.
- BALLANTYNE, G., BARNETT, G., 1981.- *Evaluation of the El Roble gold copper mine, Chocó, Colombia.* 13 p.
- BARRERO, D., 1969.- *Geology of the Central Western Cordillera, west of Buga and Roldanillo, Colombia.* Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 4 : 75 p. Bogotá.
- BOTERO, R., 1945.- *Yacimiento de Manganeso de la Quebrada La Loma (Municipio de Santa Bárbara, Departamento de Antioquia).* Comp. Est. Geol. Of. Col., 6: 307-319. Bogotá.
- BUENO, J. A., 1950.- *Informe sobre un yacimiento de manganeso en el municipio de Malla-ma, Departamento de Nariño.* Bol. Geol. Petr. Minist. Min. Petr. 153: 79-94. Bogotá.
- BROWN, M., 1979.- *Textural and Geochemical evidence for the origin of some chromite deposits in the Oman ophiolites.* Symp. Cyprus. Ed. A. Panayiotou. 714-721.
- CALLE, B., ZAPATA, G., 1986.- *Yacimiento de Manganeso "La Sombra", Municipio de Apía (Risaralda).* Ingeominas. Inf. Inédito. 55 p. Medellín.
- , 1987.- *Manganeso.* Recursos Minefales de Colombia. Publ. Geol. Esp. Ingeominas 1. 2ed., Tomo I, p. 250-274. Bogotá.
- CALLE, B., URREA, S., MUÑOZ, V., 1984.- *Estudio sobre posible reactivación de Mineros del Chocó, S.A.* Ingeominas. Inf. interno, 125 p.
- CASE, J. E., 1980.- *Crustal setting of mafic and ultramafic rocks and associated ore deposits of the Caribbean Region.* U. S. Geol. Survey Prelim. Report. 25 p.
- COLEMAN, R. G., 1971.- *Plate tectonic emplacement of upper mantle peridotites along continental edges.* Jour. Geophys. 76: 1212-1222.
- CUEVAS, J., 1970.- *Yacimiento de Manganeso La Esmeralda.* Inf. DM-69. IFI, 27 p.
- CHIDESTER, A.H., ENGEL, A.E.F. and WRIGHT, L. A., 1964.- *Talc resources of the United States.* U. S. Geol. Surv. Bull. 1167, 61 p.

- DE ARMAS, M., 1984.- *Mapa Geológico Preliminar de la Plancha 261 - Tulúa. Esc. 1:100.000.* Ingeominas. Bogotá.
- DIETZ, R.S., 1963.- *Alpine Serpentinities as oceanic rind fragments.* Geol. Soc. Am. Bull. 74: 947-952.
- DURANGO, J., 1978.- *Prospección Geoquímica de las quebradas La Loma y Frías, Santa Bárbara, Antioquia. Informe 1770.* Ingeominas. 45 p. Medellín.
- ESCORCE, E., 1972.- *Ocurrencias Minerales en el Departamento del Chocó. Inf. 1620.* Ingeominas, 70 p. Medellín.
- ESPINOSA, A., 1982.- *Sur les roches basiques et ultrabasiques du bassin du Patía (Cordillera Occidental des Andes Colombiennes: Etude Geologique et Petrographique.* Univ. Geneve. (These doctorate), 242 p.
- , 1985.- *El Macizo de Ginebra (Valle), una nueva secuencia ofiolítica sobre el flanco occidental de la Cordillera Occidental.* VI Cong. Latinoamericano de Geol., Tomo II, 46-55.
- ESTRADA, A., 1967.- *Asociación magmática básica del Nechí.* Tesis de grado, Facultad de Minas. Inédita. 88 p.
- ETAYO, F., et al, 1983.- *Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia.* Publ. Geol. Esp. Ingeominas 14: 1-235.
- GEOMINAS, 1973.- *Proyecto Cromitas. Exploración Geológica. Primera Etapa.* 45 p. Medellín.
- , 1975.- *Proyecto Cromitas.* Inf. final. 39 p. Medellín.
- GOMEZ, R. et al, 1979.- *Cerro Matoso Nickel Project.* Inf. Laterite Symp. Evans, D.J.I. Shoemaker, R.S. and Veltman, H. eds., New Orleans, U.S. A: 412-458.
- GONZALEZ, H., 1987.- *Asbesto.* Recursos Minerales de Colombia. Publ. Geol. Esp. Ingeominas 1, 2ed., Tomo II, p. 675 -696. Bogotá.
- GONZALEZ, H. et al, 1980a.- *Mapa Geológico de la Plancha 187 (Salamina). Esc. 1:100.000.* Ingeominas. Bogotá.
- , 1980b.- *Mapa Geológico de la Plancha 167 (Sonsón). Esc. 1:100.000.* Ingeominas. Bogotá.
- GROSSE, E., 1926.- *Estudio Geológico del Terciario Carbonífero de Antioquia.* Dietrich Reimer, 361 p. Berlín.
- GUARIN, G., 1970.- *Ocurrencias Minerales en los municipios de Guadalupe, Gómez Plata y Carolina. Ocurrencias Minerales en el Noreste Antioqueño. Inf. 1574.* Ingeominas. 28 p. Medellín.
- HALL, R. et al, 1970.- *Recursos Minerales de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas.* Bol. Geol. XVIII (2): 72-75. Bogotá.

- , 1972.- *Geología de Antioquia y Caldas (Subzona II-A)*. Bol. Geol. XX (1): 85 p. Bogotá.
- HARRIS, H. I., 1973.- *How Nicolet proved and evaluated. Colombian Asbestos deposit*. World Mining, 26 (13), 42-46.
- HOTZ, P.E., 1964.- *Nicheliferous laterites in South-western Oregon and Northwestern California*. Econ. Geol. 59, 335-396.
- IRVING, E., 1971.- *La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia*. Bol. Geol. 19 (2): 89 p. Bogotá.
- LOPEZ, R. 1985.- *Geología y aspectos genéticos de la laterita níquelífera de Cerro Matoso, Córdoba, Colombia*. VI Cong. Latinoamericano de Geol. Tomo III: 125-170. Bogotá.
- McCOURT; W., 1984.- *Mapa Geológico Preliminar de la Plancha 262 (Génova)*. Escala 1:100.000. Ingeominas. Bogotá.
- McCOURT, W. et al, 1984a.- *Mapa Geológico Preliminar de la Plancha 243 (Armenia)*. Escala 1:100.000. Ingeominas. Bogotá.
- , 1984b.- *Mapa Geológico Preliminar de la Plancha 280 (Palmira) Esc. 1:100.000*. Ingeominas. Bogotá.
- MARTIE, J. B., 1969.- *Economic Geology of the Platinum Metals*. Geol. Surv. Prof. Paper. 630: 63-68.
- MOSQUERA, D., MARIN, P., VESGA, C.J., 1977.- *Mapa Geológico del Cuadrángulo K-8 (Manizales)*. Esc. 1:100.000. Ingeominas. Ibagué.
- NACIONES UNIDAS - INGEOMINAS, 1975.- *Investigación detallada de los depósitos de laterita níquelífera en Planeta Rica, Departamento de Córdoba*. Inf. técnico, 68 p.
- , 1976a.- *Investigación detallada de los cuerpos ultramáficos del área de Uré (Departamento de Córdoba)*. Inf. técnico, 81 p.
- , 1976b.- *Investigación detallada de los cuerpos ultrabásicos de Medellín (Departamento de Antioquia)*. Inf. técnico, 37 p.
- , 1976c.- *Investigación detallada de las lateritas níquelíferas de Ituango (Departamento de Antioquia)*. Inf. técnico: 14 p.
- , 1976d.- *Investigación detallada de los depósitos de laterita níquelífera de Morro Peón (Departamento de Antioquia)*. Inf. técnico.
- NITTETSU MINING CO., C. ITOH CO., 1984.- *Feasibility Report, El Roble Mine Project, Republic of Colombia*. p. 1.1 - 3.6.
- OQUENDO, G., 1979.- *Estudio geológico de las mineralizaciones en el área Guadalupe Bramadora*. Univ. Nal. Medellín. Tesis de grado. Inédito. 171 p.

- ORTIZ, F., GOMEZ, J., 1971.- *Estudio geológico del yacimiento de magnesita en Bolívar (Valle)*. Univ. Nal. Medellín III Congreso Nal. de Minería. 81 p. Bucaramanga.
- ORREGO, A., CEPEDA, H., RODRIGUEZ, G., 1980.- *Esquistos glaucofánicos en el área de Jambaló, Cauca (Colombia)*. Nota preliminar. Geol. Norandina, 1:5-10. Bogotá.
- ORREGO, A. et al, 1985.- *Complejo Ofiolítico de La Tetilla, Cauca, SW de Colombia*. Resumen, VI Congreso Latinoamericano de Geología. Tomo I: 425-426.
- PARIS, G., CEPEDA, H., 1978.- *Algunos complejos ultramáficos en los Departamentos del Cauca y Nariño. Colombia*. Ingeominas. 21 p. Popayán.
- PETERSON, J. A., 1984.- *Metalogenetic maps of the ophiolite belts of the Western United States (to accompany map)*. Report. Int., U.S. Geol. Surv. 16 p.
- RODRIGUEZ, C., PERNET, A., 1983.- *Recursos Minerales de Antioquia*. Bol. Geol. 26 (3): 32-33.
- SINGEWALD, O., 1950.- *Mineral Resources of Colombia (other than petroleum)*. U.S. Geol. Surv. Bull., 964-B, 204 p.
- THAYER, T. P., 1964.- *Principal features and origin of podiform chromite deposits and some observations on the Guleman - Soridag district, Turkey*. Econ. Geol. 59: 1497-1524.
- , 1969.- *Gravity differentiation and magmatic re-emplacment of podiforme chromite deposits, in Wilson. H.D.B., ed. Magmatic Ore deposits; a symposium: Econ. Geol. Monograph. 4, p. 132-146.*

* * *