

ISSN - 0120 - 1425

BOLETIN GEOLOGICO



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

Jairo Alvarez A.

COMPARACION ENTRE LAS SECUENCIAS METASEDIMENTARIAS DE LA
SERRANIA DE NAQUEN Y DE LA SERRA DA JACOBINA

Giancarlo Renzoni

LA SECUENCIA AURIFERA DE LA SERRANIA DE NAQUEN

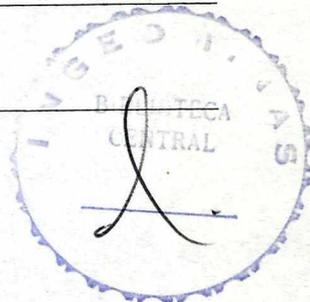
Giancarlo Renzoni

Volumen 30 - No. 2, pp. 1 - 103, 1989
Bogotá - Colombia
ISSN - 0120 - 1425

Bol. Geol.
Ingeominas

INGEOMINAS
BIBLIOTECA
REGISTRADO

BOLETIN GEOLOGICO



CONTENIDO GENERAL

	<u>Página</u>
J. Alvarez A. Mapa metalogénico de las fajas ofiolíticas de la zona occidental de Colombia	5 - 24
G. Renzoni Comparación entre las secuencias metasedimentarias de la Serranía de Naquén y de la Serra Da Jacobina	25 - 42
G. Renzoni La secuencia aurífera de la Serranía de Naquén	43 - 103

Derechos Reservados por :

INGEOMINAS : Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras
Diagonal 53 No. 34 - 53, Apartado Aereo No. 4865
Bogotá, D. E., Colombia S. A.

El Boletín Geológico se publica en tres (3) números cada año.
Formato de publicación: 17 x 24 cm.

*La responsabilidad de los conceptos emitidos en esta publicación
corresponde exclusivamente a sus autores*

Editor

ALBERTO VILLEGAS BETANCOURT
Geólogo

PRESENTACION

Es muy poco lo que se conoce de las características geológico-mineras que presenta el Escudo de Guayana en Colombia. En países limítrofes como Brasil y Venezuela, este Macizo Precámbrico se ha constituido en fuente básica de materias primas minerales que soportan la industria y generan divisas mediante las exportaciones.

Con el doble propósito, de hacer presencia en las fronteras, y de evaluar el potencial minero de la Serranía de Naquén en el Guainía, el Gobierno canalizó a través de ECOPETROL los recursos necesarios para emprender una exploración preliminar. Esta tarea fue confiada al INGEOMINAS, entidad que durante casi dos años desarrolló el proyecto. Sus resultados, aunque preliminares, han permitido reducir el riesgo exploratorio y por tanto facilitar posibles inversiones de capital privado, tanto nacional como extranjero.

Es nuestro deseo presentar en esta nueva entrega del Boletín Geológico, dos de los informes relacionados con la secuencia aurífera de la Serranía de Naquén, como un pequeño aporte al conocimiento del área y buscando generar un interés dentro de los profesionales de las Geociencias.

Queremos agradecer sinceramente a ECOPETROL, no solamente por el magnífico apoyo durante las operaciones de campo del grupo Proyecto Minero del Guainía, sino también por las valiosas ideas de sus integrantes, que sin duda permitieron mejorar los informes aquí presentados. Asimismo por su autorización, para proceder a esta publicación.

LUIS E. JARAMILLO CORTES
Director General Ingeominas

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.

1987

CONTENIDO

	<u>Página</u>
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 metalogénico 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 metalogénico.

El mapa metalogénico 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 mioeugeosinclinal. 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 (ASPDEN 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 eoterciarias, 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 eoterciarios. 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 metalogénico 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-berriasiana 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 diferenciables 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 interestratificadas 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 esferalita, 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 panal (boxwork) y como silicificación masiva (LOPEZ, 1985).

La laterización 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 platinoides, 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 Acaandí, 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 Acaandí 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 Acaandí 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 - Tuluá. Esc. 1:100.000.* Ingeominas. Bogotá.
- DIETZ, R.S., 1963.- *Alpine Serpentinites 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 doctorade), 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, Q., 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.*

* * *



**COMPARACION ENTRE LAS SECUENCIAS METASEDIMENTARIAS DE
LA SERRANIA DE NAQUEN Y DE LA SERRA DA JACOBINA**

**EXPLORACION GEOLOGICA PRELIMINAR DE LA
SERRANIA DE NAQUEN**

ANEXO 3A

GIANCARLO RENZONI

1990

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. RESUMEN	28
2. INTRODUCCION	28
3. LOCALIZACION	29
4. ESTRATIGRAFIA	29
5. MEDIOS DE DEPOSITO	35
6. COMPARACION ENTRE LAS DOS SECUENCIAS	37
7. METEORIZACION	37
8. ESTRUCTURA GENERAL	37
9. MINERALIZACION	39
10. SISTEMA DE EXPLORACION Y MUESTREO EN JACOBINA	40
11. REFLEJOS SOBRE UN PLAN DE ACTIVIDADES EXPLORATORIAS EN LA SERRANIA DE NAQUEN	40
11.1. CONCLUSIONES	40
11.2. RECOMENDACIONES	41
12. AGRADECIMIENTOS	41
13. BIBLIOGRAFIA	42

FIGURAS

1. Mapa de localización	30
2. Bloque Diagrama con esquema de los medios de depósito registrados por la Formación Serra do Corrego	33
3. Bloque Diagrama con esquema de los medios de depósito registrados por la Formación Maimachi	34
4. Comparación de las situaciones tectónicas	38

PLANCHAS

1. Columnas estratigráficas generalizadas (en bolsillo)	
---	--

* * *

1. RESUMEN

El Grupo Jacobina es el registro de sedimentos depositados en ambiente fluvial tanto por ríos meandriformes como por ríos entrelazados discurrentes en abanico aluvial. Los metaconglomerados contienen oro detrítico de origen sedimentario.

La Formación Maimachi registra un ambiente deltaico donde se alternan sedimentos depositados en llanuras mareales con sedimentos dejados por ríos meandriformes. En este ambiente se introducían ríos entrelazados discurrentes en abanico aluvial que arrastraban una carga rudítica dentro de la cual ya se han encontrado indicios de oro detrítico.

Se recomienda explorar con criterios estratigráficos la Serranía de Naquén y la totalidad de la Formación Maimachi.

2. INTRODUCCION

El oro hidrotermal de algunos lugares de la Serranía de Naquén proviene, en vía hipotética, de la removilización de oro singenético presente en los metaconglomerados y filitas grafitosas del Grupo Tunuí (João Orestes S. Santos, 1988: 10-12). Este autor llega a tal conclusión después de haber recordado que no son auríferos ni los granitos **parguacenses** ni el basamento local pre-Tunuí; enumera además criterios para comparar la sucesión litoestratigráfica de Naquén con la de Witwatersrand y con la de la Jacobina, ambas del Proterozoico inferior y portadoras de yacimientos de oro de claro origen sedimentario (Pretorius, 1977: 57-60 y 77; Mossman y Dyer, 1985: 307, 312, 315; Pretorius, 1977: 1, 3, 6, 8, 10-12, 19; Sims, 1975: 254-255, 257-264).

Las rocas granitoides de origen migmatítico presentes en la Serranía de Naquén y seguramente subyacentes a la sucesión metasedimentaria inducen a un segundo consultor a descartar el origen magmático del oro (Galvis, 1988: 7-8) y a disminuir la importancia del origen filoniano de las mineralizaciones por la falta de continuidad de los filones hallados y por la ausencia total de alteración hidrotermal y de sulfuros en las rocas que contienen oro; estos hechos y la ocurrencia de oro supergénico en proximidad de los contactos entre conglomerados y pizarras carbonosas sugieren a ese autor que la mineralización de oro tuvo lugar durante el proceso de sedimentación.

En visita realizada a la Serranía de Naquén durante el mes de octubre de 1988, se observó:

- La profunda meteorización de la sucesión metasedimentaria en amplios sectores de la serranía caracterizados por rasgos geomórficos de tipo cársico.
- Que el oro supergénico se extrae a lo largo de cañadas colocadas en depresiones conformadas por rocas tiernas y receptoras de la escorrentía proveniente de los escarpes de metarenitas y metaconglomerados.
- Que las explotaciones de oro supergénico se disponen preferentemente en coincidencia con determinadas posiciones litoestratigráficas: a) a lo largo de una primera franja que abarca las migmatitas y los cincuenta metros inferiores del Miembro Shanon (Planadas, Caño Esperanza, Maimachi, Caño Raimundo, Chipital, El Tigre); b) a lo largo de una segunda franja que comprende metaconglomerados, metarenitas y pizarras ocurrentes en la parte más alta del Miembro Shanon y en la parte más baja del Miembro Piedras (Caño Solo, Caño Pava, Caño Tarro, Caño Lata); c) a lo largo de una tercera franja con pizarras grafitosas y

- La obtención de los detalles del método de exploración del oro en la Jacobina,
- La observación del sistema de obtención, preparación y análisis de las muestras.
- El reconocimiento de la forma de distribución del oro en la roca.
- El reconocimiento de la removilización del oro en consecuencia a la meteorización de la roca huésped.

Con este informe se relatarán los resultados de las visitas al Naquén y a la Jacobina con énfasis en las enseñanzas obtenidas y su aprovechamiento en la exploración de la Serranía de Naquén.

3. LOCALIZACION

En la figura 1 se visualiza la localización aproximada de los dos depósitos auríferos y se da una idea vaga de la distancia que los separa: la Serranía de Naquén se sitúa a los 2º de latitud norte y 69º de longitud oeste, mientras que la Serra da Jacobina se encuentra a los 11º de latitud sur y 40º de longitud oeste.

4. ESTRATIGRAFIA

En la Plancha 1 se han representado las columnas estratigráficas generalizadas de las secuencias metasedimentarias aflorantes en la Serra da Jacobina y en la Serranía de Naquén.

Se ha obtenido la columna de la izquierda gracias a la colaboración recibida de los geólogos de la Compañía Morro Velho durante los reconocimientos efectuados sobre la carretera Jacobina-Capím Grosso y sobre carretables que cruzan las colinas circundantes la mina en dirección a Morro do Vento y João Belo, sin embargo, la columna está basada principalmente sobre aquella de J.F.M. Sims (1975, fig. 3) limitándose el aporte del autor a la definición de los medios de depósito de algunos tramos estimados significativos y a extenderla a las restantes partes de la columna por medio de rápidas visitas.

metaconglomerados de la parte baja del Miembro Ima (Caño Mechas, Caño Polvo, Caño Ventura, Caño Cochenera, Caño Loco, Caño Minavieja).

- Que en la capa de metaconglomerado de la base del Piedras, en Caño Pava, ocurren unas pintas de oro.

Ahora bien, todas estas observaciones no eran aún la comprobación de la ocurrencia de oro detrítico o del origen sedimentario del oro. Por lo tanto, y con el fin de facilitar la labor de investigación de los geólogos empeñados en el Proyecto Guainía, las directivas de ECO-PETROL —Proyecto Guainía, resolvieron enviar a dos geólogos a visitar en Brasil la mina de oro sedimentario de la Jacobina. Se encomendaron como tareas específicas:

- La comparación entre el modelo de depósito de la sucesión nombrada Grupo Jacobina y el modelo de la Formación Maimachi.
- La observación de los hechos que conducen a concluir el origen sedimentario del oro y de aquellos que por el contrario llevan a un origen hidrotermal.

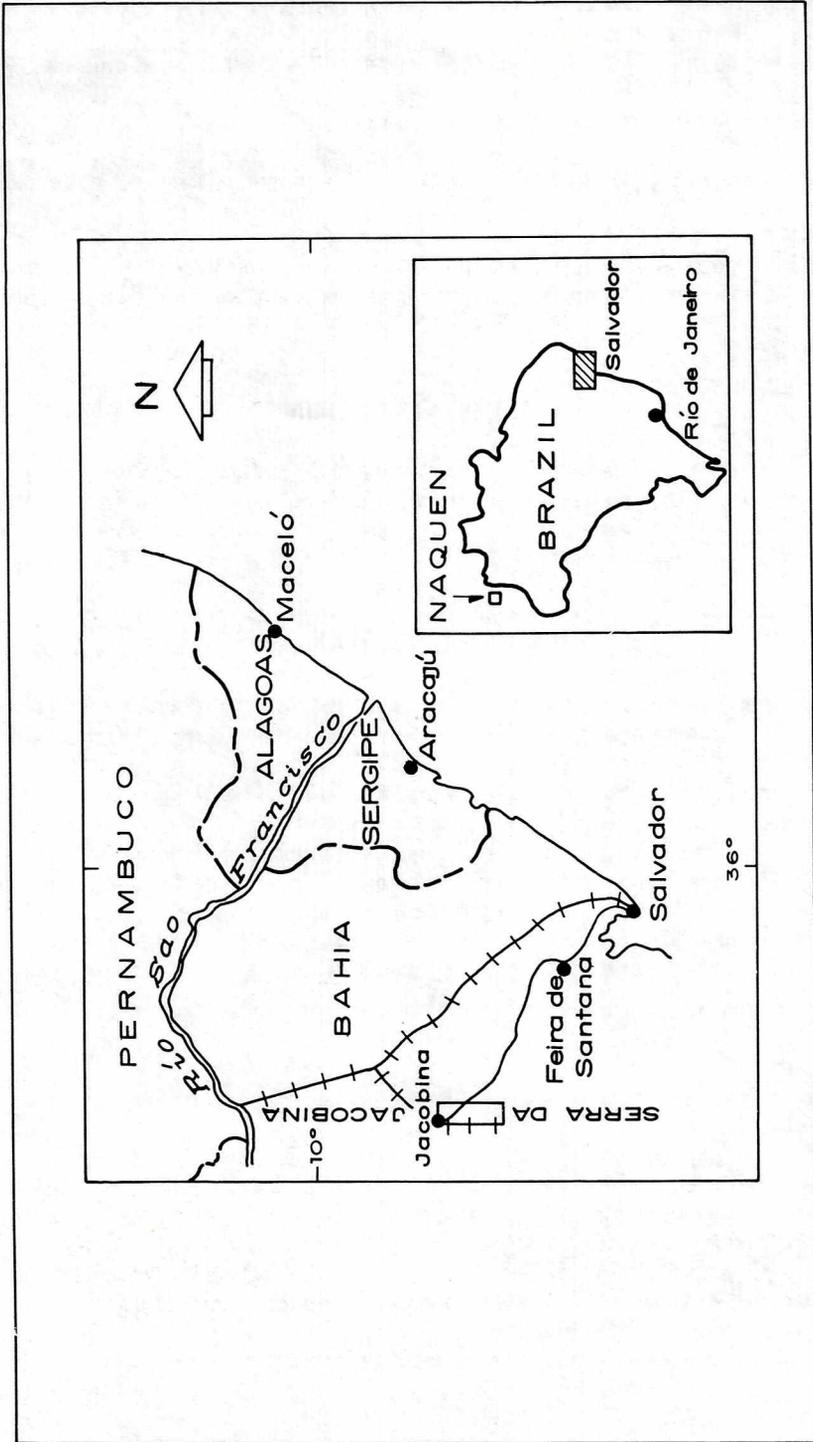


FIG. 1: Mapa de localización.

Sobre migmatitas y diatexitas se desarrolla una secuencia formada por capas de metarenitas de cuarzo prevaletientes sobre capas de metaconglomerado de cuarzo y de cuarcitas; en un solo nivel, esquistos sericíticos. En esta sucesión se han reconocido dos formaciones: abajo, la Formación Serra do Corrego, de 700 metros aproximados de espesor, que contiene las capas auríferas de metaconglomerados intercaladas con capas de metarenitas de cuarzo; arriba, la Formación Rio do Ouro, de 2.000 metros de espesor, enteramente constituida por capas de metarenitas de cuarzo.

Examinando la Formación Serra do Corrego un poco más en detalle, se observa:

— Hay cuatro niveles de metaconglomerados: aquél que se apoya sobre la base mide unos cinco metros de espesor; es continuo y contiene clastos redondeados de cuarzo prevaletientes sobre los angulares y subangulares de cuarcitas, de esquistos sericíticos y cuarzo-sericíticos en matriz de arenita muy gruesa y gruesa de cuarzo; aquél que es nombrado "basal reef", se caracteriza por presentar geometría lenticular; aquél nombrado "conglomerado inferior" dentro del cual está el "main reef", se caracteriza por estar constituido por capas de metarenitas de cuarzo y por capas de metaconglomerado: éste último está formado por clastos de tamaño máximo en el guijo muy grueso de cuarzo mucho más que de cuarcitas y de esquistos sericíticos; y por último, el nivel nombrado "conglomerado intermediario y superior", también formado por capas de metarenitas de cuarzo y por metaconglomerados de cuarzo más que de cuarcitas con tamaño máximo en guijo grueso. Se ha comprobado la afirmación de anteriores autores de que estos niveles tienen la característica común de que el tamaño máximo de los clastos se afina hacia arriba.

Los geólogos de la Compañía Morro Velho han mostrado los mapas donde ellos consignan las comprobaciones; en estos se ve que: a) Todas las capas de metaconglomerado contienen oro aunque consista de pocas pintas. b) Una capa cualquiera de metaconglomerado tiene más oro en profundidad que en la superficie con lo que se corrobora también el "lavado" del oro por las condiciones físico-químicas de la superficie.

— No hay oro en las capas de metarenitas de cuarzo.

— En un tramo del "Quartzito Inferior", una secuencia facial así compuesta: superficie basal ondulosa erosiva, capas cuneiformes de metarenita gruesa y media de cuarzo con estratificación interna en láminas inclinadas angulares, capas cuneiformes de metarenitas finas y muy finas de cuarzo con estratificación interna en láminas inclinadas reunidas en juegos de escala media, superficie ondulada erosiva en el detalle al techo; ésta es una unidad granodecreciente incompleta.

Al examinar un poco más en detalle la Formación Rio do Ouro se observa:

— En dos tramos de esta espesa y monótona sucesión de capas de metarenitas de cuarzo ocurre la siguiente secuencia facial: superficie basal irregular erosiva, capas medias convergentes, cuneiformes y cubetiformes de metarenitas de cuarzo de grano medio y fino con estratificación interna en láminas inclinadas reunidas en juegos de escala media, capas medias y gruesas, convergentes a planas y paralelas, de metarenitas finas y muy finas de cuarzo con estratificación interna en láminas inclinadas reunidas en juegos de escala media y delgada, superficie irregular erosiva, al techo. El patronamiento vertical de las estructuras internas, paralelo con el granodecrecimiento y con la variación de la geometría de las capas hacia arriba conduce a concluir la existencia de unidades granodecrecientes. Se anota que nos fueron mostrados dos tipos de estructuras internas como significativos de influencias marinas; la primera no era una "herringbone structure" sino dos juegos de láminas inclinadas cuyos respectivos sentidos no fue posible medir y cuyo significado ambiental no es en

consecuencia demostrable; la segunda era una rizadura sobre la superficie de una capa: no habiendo sido posible ver la disposición interna de los granos, tampoco se pudo comprobar si se trataba de una estructura simétrica de origen en olas marinas.

La sucesión está cruzada tanto paralelamente como normalmente al rumbo por vetas verticales de rocas máficas espesas entre 50 y 200 metros cada una.

En la Plancha 1, a la derecha, está representada la columna estratigráfica de la sucesión metasedimentaria aflorante en la Serranía de Naquén. Ha sido lograda por el autor gracias a la generosa colaboración de los geólogos del proyecto durante rápidos reconocimientos a los lugares indicados en la figura; ésta es una columna muy poco detallada aún, con espesores apreciados o calculados sobre mapas con escasos datos; la continuidad lateral de los conjuntos rocosos pertenecientes a los diferentes niveles está asegurada por el levantamiento fotogeológico contemporáneo con el levantamiento de la columna y por distantes controles.

La sucesión de capas aflorantes en la Serranía y en sus bordes oriental y occidental descansa discordantemente sobre migmatitas y más localmente sobre una roca de color verde claro, muy fina, con granos de cuarzo flotantes, redondeados, del tamaño arena media. Esta secuencia, aún muy cubierta, nombrada Formación Maimachi en sinonimia con el Grupo Tunuí, está conformada en sus dos tercios inferiores por conjuntos de metarenitas de cuarzo prevalecientes sobre los conjuntos de metalodolitas; el tercio superior es un conjunto de metarenitas de cuarzo sin intercalaciones de ninguna otra especie.

Examinada un poco más en detalle, esta formación, subdividida inicialmente en tres miembros y luego en nueve niveles de validez regional, presenta las siguientes características: — Capas de metaconglomerado: observadas en los trabajos de destape más recientes, ocupan las posiciones estratigráficas que se dan en la Plancha 1. El metaconglomerado que ocurre encima de la superficie basal contiene clastos de cuarzo, de cuarcitas y de la roca verde migmatizada y cizallada inmediatamente subyacente: al parecer se han obtenido aquí pintas de oro (muestras G—602FR; G—181 CA; 94—VI).

Las tres capas de metaconglomerado aflorantes en Caño Solo, Caño Pava, Caño Tarro y Caño Lata tienen posición estratigráfica aún poco segura, porque la continuidad cartográfica de las unidades de la rmitad meridional de la Serranía es interrumpida hacia el norte por la falla lateral derecha cabalgante (?) de Rabopelao; los dos conglomerados más altos, a diferencia del inferior, contienen clastos redondeados de cuarcitas hasta de tamaño bloque en contacto tangencial o flotantes en matriz de conglomerado fino de cuarzo o de metarenita muy gruesa conglomerática de cuarzo; se han obtenido en ellos, en numerosas trincheras (muestras S—57, S-76, S—97, S—121A), pintas de oro de seguro origen detrítico. La capa inferior de metaconglomerado, de guijos medios y finos de cuarzo, ha mostrado también varias pintas de oro; pero, de un lado, la forma de los granos de oro recuerda la del oro supergénico que no ha sufrido transporte y, del otro, el conglomerado es profundamente meteorizado y aflora en el fondo de una cañadita que recoge las aguas de escorrentía.

En la base del nivel 9 o, si se prefiere, en posición baja dentro del miembro Ima, aflora, en Caño Mechas, otra capa de metaconglomerado y de metarenita conglomerática de cuarzo: entre los clastos prevalecen los de cuarzo quedando subordinadas las cuarcitas; también este metaconglomerado ha mostrado pintas de oro detrítico (muestra CM—200FR). Se quiere hacer notar que la situación muy cubierta de la secuencia estratigráfica permite esperar que nuevos destapes, especialmente en los 100 metros inferiores del Miembro Shanon, muestren nuevas capas de metaconglomerado o la prosecución hacia el sur de las capas conglomeráticas del nivel 3 de caño Solo; hay también buenas perspectivas de que prosiga hacia el sur, hasta Caño Loco, el metaconglomerado de Caño Mechas.

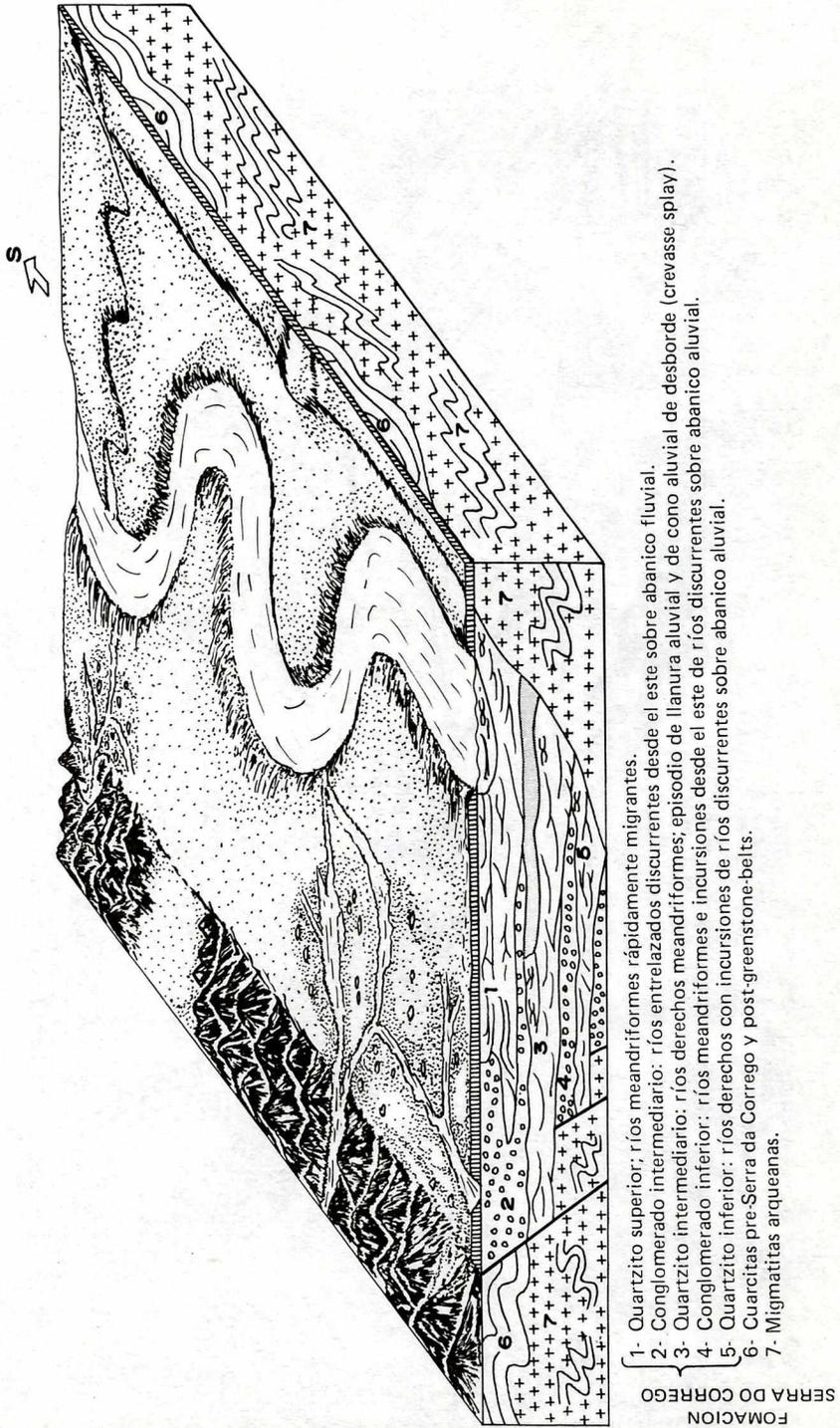


FIG. 2: Bloque Diagrama con esquemas de los medios de depósito registrados por la Formación Serra do Corrego.

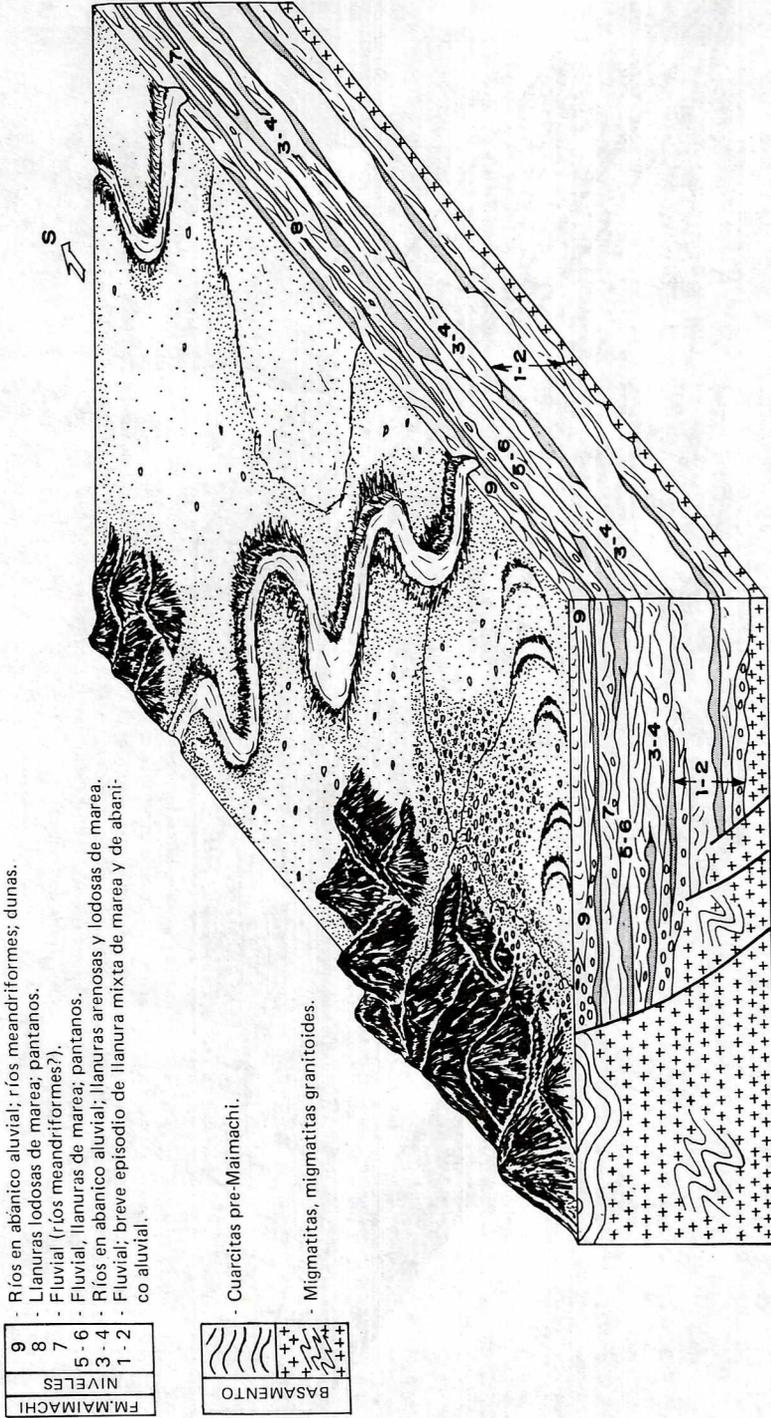


FIG. 3: Bloque Diagrama con esquema de los medios de depósito registrados por la Formación Maimachi.

— Capas de metarenitas de cuarzo; tanto en posición estratigráfica muy baja —como por ejemplo en los 70 metros inferiores del Miembro Shanon que se cruzan con el camino que desciende del H16 al H17— como en posición estratigráfica alta, es decir en los 100 metros inferiores del nivel 9, en cercanías de Caño Salsa, se han observado claros ejemplos de variación granulométrica hacia arriba paralela a cambios en el patronamiento de las estructuras internas que indican unidades granodecrescentes.

Pero, en otras posiciones estratigráficas, se han visto secuencias faciales bien diferentes; en efecto, hacia la base del nivel 7 en el descenso del H3 hacia Caño Yocota, hay unidades inicialmente granocrescentes y luego granodecrescentes en sentido vertical. Otro caso es el que se observa en cercanías de Puerto Ayacucho, en el descenso del H1 hacia Caño Esperanza, en el nivel 3, donde aparecen capas gruesas planas y paralelas de metarenita fina de cuarzo con estratificación interna ondulosa no paralela con láminas flaser de metalodolita.

Por último, la secuencia facial de la porción más alta del nivel 9, está formada por capas muy gruesas cuneiformes y convergentes, de metarenita media y fina de cuarzo, con estratificación interna en láminas muy gruesas inclinadas tangenciales reunidas en juegos de escala muy gruesa (hasta de 3 metros de espesor).

Todas estas metarenitas sólo en contados puntos han dado oro (anomalía F), pero no es seguro que sea oro detrítico.

— **Capas** de metalodolitas; de color verde claro, gris oscuro, negro, las metalodolitas y las metalodolitas grafitosas forman capas gruesas y muy gruesas con estructura interna lenticular por lenticulas delgadas y onduladas de metarenita fina y muy fina de cuarzo; se les intercalan capas medias y delgadas, planas y paralelas, de metarenita fina y muy fina de cuarzo, con estratificación interna ondulosa no paralela con láminas flaser de metalodolita. Hay la posibilidad teórica de que estas metalodolitas contengan oro primario de precipitación igual al que se descubrió en las pizarras grafitosas de Witwatersrand (Pretorius, 1977: 59—60, 65); pero el oro de tipo filigrana en ellas encontrado (Caño Mechas), sólo ocurre en los diez a treinta centímetros más altos, es decir dentro de la porción meteorizada de la roca.

5. MEDIOS DE DEPOSITO

La reconstrucción de los antiguos paisajes con sus medios de depósito es una actividad que presume el levantamiento prolijo y concienzudo de la textura, de las estructuras sedimentarias y de la geometría de las capas aflorantes en sucesión ininterrumpida. Estas condiciones no existen en la Serranía de Naquén donde difícilmente se dan exposiciones continuas sobre treinta a cincuenta metros de espesor y donde las exigencias de otras actividades forzosa-mente han reducido el levantamiento de los parámetros a un examen superficial de afloramientos aislados. Por lo tanto se invita al lector especializado en el tema a considerar la presente reconstrucción ambiental como una serie de "recuadros" aislados y nebulosos en vez de la película que debería ser.

Ahora bien, en las figuras 2 y 3 se pueden observar los modelos imaginados por el autor para obtener el depósito del Grupo Jacobina y de la Formación Maimachi (mejor: Grupo Tunuí).

En la Jacobina, sobre una superficie topográfica irregular, sugerida por la angularidad de los bloques de sericita en el conglomerado que yace directamente encima de las diatexitas, se desarrolla una sucesión que representa el registro de ríos rápidamente migrantes en llanuras aluviales cuyo testimonio ha sido borrado por la misma migración lateral de los sucesivos

ríos. Los lentes de conglomerado que constituyen el "basal reef" se interpretan —por su diferencia granulométrica y composicional con respecto a las cuarcitas que los envuelven— como un primer episodio de abanico aluvial que marca la aparición de un nuevo evento en el paisaje; en efecto, la diferencia granulométrica indica la introducción en el ambiente de energía hidrodinámica mucho más fuerte que las reinantes en el entorno y la composición lítica indica que los sedimentos provienen de lugares ocupados por rocas sedimentarias diferentes a aquellos que suministraron las arenitas totalmente de cuarzo. Un tercer parámetro, mucho más evidente en los niveles conglomeráticos más altos, es el grandecrecimiento que afecta la clase modal y el tamaño máximo de los clastos al pasar de la parte inferior a la parte superior de un mismo nivel conglomerático. Esta paulatina disminución del suministro y de la llegada de sedimentos gruesos se relaciona a su vez con el progresivo allanamiento del paisaje. En conclusión, se presenta al lector la hipótesis de que estas intercalaciones conglomeráticas representan el efecto del sollevamiento de un área fuente adyacente e inmediata a aquella donde se estaba realizando el depósito de sedimentos traídos por ríos derechos a meandriformes. Se supone que estos levantamientos estuvieron efectuándose aproximadamente en cercanías de la Falla de Pindobacú y que la cuenca de sedimentación tenía el límite oriental a lo largo de esa falla. El límite occidental de la cuenca, tal como aparece en la fig. 2 es puramente especulativo.

En la Serranía de Naquén, sobre migmatitas, ocurre un metaconglomerado de cuarzo y de líticos cuyo origen fue un río proveniente de montes adyacentes al área de sedimentación. La mayor parte de las capas expuestas del miembro Shanon (niveles 1 y 2) también tiene origen fluvial pero en ríos probablemente meandriformes de rápida migración lateral según sugieren las unidades grandecrecientes incompletas formadas exclusivamente por lechos migrantes de arena. En el campamento abandonado de ECOMINAS, la ocurrencia de metalodolitas, con estratificación interna lenticular por lentículas de arenita fina de cuarzo, se toma como probatoria en primera instancia de un medio de depósito influenciado por las mareas.

Un rápido vistazo a la columna estratigráfica (Plancha 1) y al bloque diagrama (fig. 3) comunica al lector la imagen de que toda la secuencia de la Formación Maimachi, con excepción de las capas más altas, las del Caño Cachirri, es el registro de la alternancia de los mismos ambientes arriba nombrados con apenas algunas diferencias a nivel de medios de depósito. En efecto, dentro del ambiente mareal, se observan: a) llanuras de arena que se deducen de las capas gruesas, planas y paralelas, de metarenitas finas de cuarzo con láminas flaser de metalodolita (por ejemplo en los niveles 3, 4, 5 y 7); b) llanuras de lodo que se deducen de las capas planas y paralelas de metalodolitas con estratificación interna lenticular por lentículas de metarenitas finas de cuarzo (por ejemplo en los niveles 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8); c) canales de marea, deducidos de la secuencia facial siguiente: superficie basal ondulosa erosiva, cubierta por conglomerado muy fino de cuarzo, cubierto a su vez por metalodolitas con estratificación interna mareal (por ejemplo en la parte media del nivel 6 de la estación A-83); d) llanuras subacuáticas de inundación deducidas de las metalodolitas grafitosas sin estratificación interna aparente (como por ejemplo en los niveles 3, 5 y 8).

Dentro del ambiente fluvial, las unidades grandecrecientes incompletas —formadas exclusivamente por capas cuneiformes de metarenitas con estratificación interna en láminas inclinadas— son el resultado de ríos meandriformes, cercanos a su nivel de base, rápidamente migrantes que por lo tanto erosionaban casi por completo los depósitos finos de la llanura aluvial en la cual discurrían (por ejemplo en los niveles 1, 2, 5, 7 y 9); en algunos casos, como en las arenitas de la parte baja del nivel 7, las unidades granocrecientes y grandecrecientes allí superimpuestas indican la progradación de las facies de significado fluvial sobre aquellas de significado mareal (por ejemplo la parte baja del nivel 7 al oeste del H3) por medio de "crevasse splay", "crevasse channels" y ríos meandriformes.

Por último, dentro de las metarenitas, hay que señalar la metarenita media de cuarzo que, con estratificación interna en láminas inclinadas tangenciales, caracteriza la mayor parte del nivel 9 en caño Cachirri; se interpreta por el momento como el registro de dunas acumuladas por el viento; queda abierta sin embargo, la posibilidad de que estas arenitas sean el producto de ríos grandes y profundos donde migraban olas de arena (sand waves).

Dentro del ambiente fluvial, los metaconglomerados representan, en esta secuencia de la Serranía de Naquén, el reflejo de un evento nuevo caracterizado por la introducción de materiales provenientes de un área nueva y sedimentaria en condiciones hidrodinámicas muy altas en un entorno acuático de muy baja energía: el de las llanuras lodosas de mara (parte inferior del nivel 3 en Caño Solo y parte inferior del nivel 9 en Caño Mechas). Para estos casos también se invoca la formación de abanicos aluviales donde discurrían ríos entrelazados. Aún no se han mapeado fallas que puedan interpretarse como fallas reactivadas de aquellas que limitaron la cuenca originaria de sedimentación; por lo tanto, en el bloque diagrama, las fallas allí dibujadas tienen trazado completamente **especulativo**.

6. COMPARACION ENTRE LAS DOS SECUENCIAS

Como conclusión de lo descrito, salta a la vista que el Grupo Jacobina, siendo una secuencia de arenitas con intercalaciones menores de conglomerados, es diferente de la Formación Maimachi que es una secuencia arenítica y lodolítica con delgadas intercalaciones de conglomerados; desde el punto de vista ambiental, el Jacobina registra el apilamiento de sedimentos de origen fluvial mientras que la Maimachi registra el apilamiento de sedimentos de origen deltaico. Pero las diferencias terminan aquí. En efecto, ambas sucesiones son discordantes sobre migmatitas del Arqueano; son posteriores no sólo al Greenstone Belt sino también a una secuencia sedimentaria cuya ocurrencia se reconoce por aportar clastos a ambas sucesiones; han sido metamorfoseadas y plegadas antes de hace 1.600 a 1.700 millones de años (por comparación con la F. Roraima que es sedimentaria, no está plegada y tiene 1.500 a 1.600 millones de años); ambas se depositaron en una área de sedimentación alargada, lugar de sedimentación de terrígenos; ambas registran la llegada eventual de terrígenos muy gruesos de lugares adyacentes lo que revela la actuación de movimientos corticales positivos que expusieron a la erosión rocas sedimentarias post—Greenstone Belt en áreas marginales con respecto a la de acumulación de los sedimentos.

7. METEORIZACION

Por el momento, sólo se pretende atraer la atención del lector sobre un fenómeno, visible en toda la Serranía de Naquén, cuya intensidad se acentúa por sectores: la difundida degradación meteórica que afecta las metarenitas; esto da lugar a claras geoformas de tipo cársico como son las dolinas del H117 y de la Batea, los 'champs carrés y los puentes naturales del H115 y, más importante aún, a lo deleznable de amplios intervalos estratigráficos de la secuencia cuyas capas han perdido el cemento entre los granos por muchos (cuántos?) metros de profundidad. Este fenómeno es de importancia fundamental para la exploración en curso, especialmente en vista de lo aprendido en la Jacobina donde, no obstante el clima seco y más fresco que el de Naquén, ya se ha comprobado el "lavado" del oro en la "copa" de las capas conglomeráticas.

8. ESTRUCTURA GENERAL

En la fig. 4 están a la vista las deformaciones y dislocaciones de gran escala que afectan las dos sucesiones metasedimentarias.

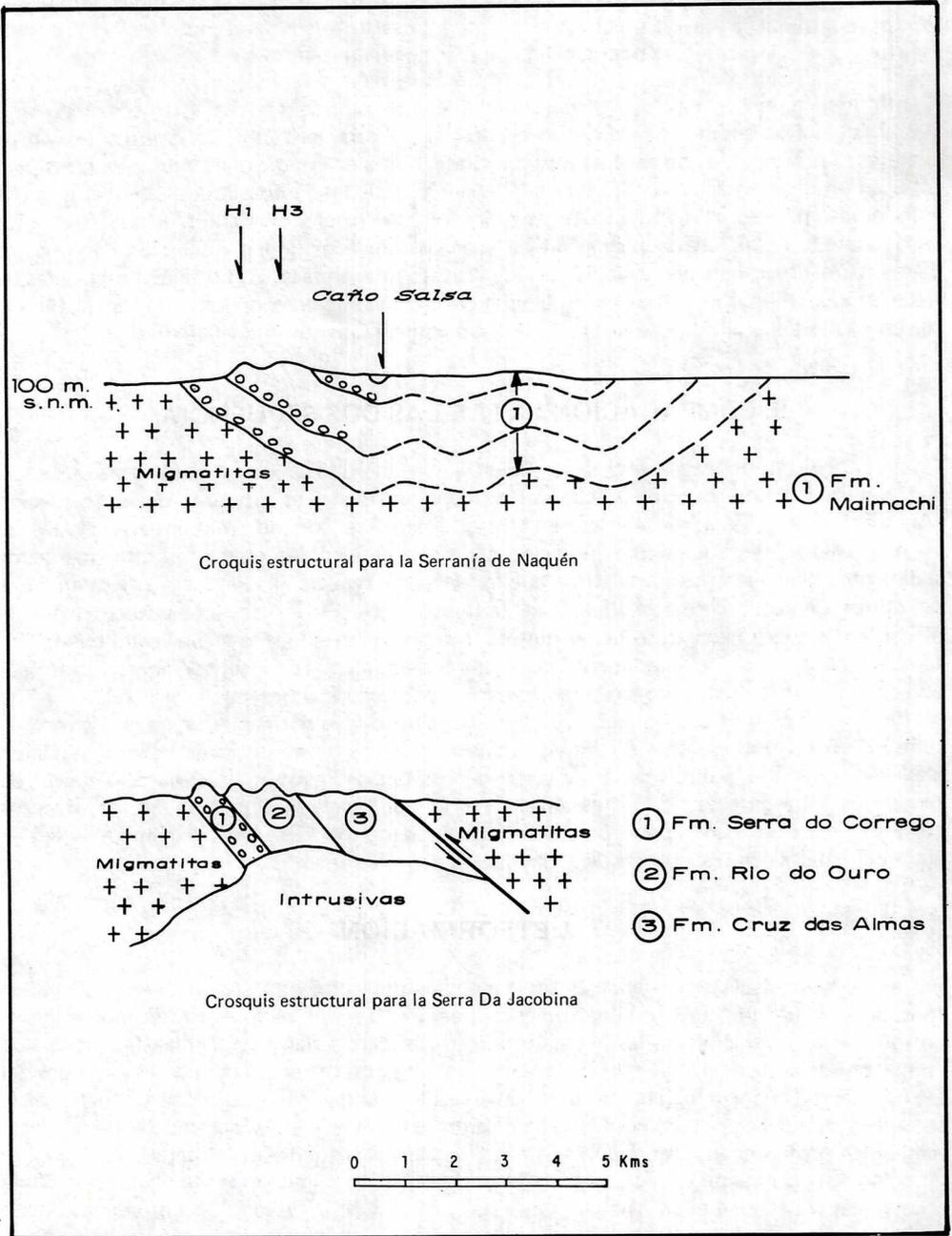


FIG. 4: Comparación de las situaciones tectónicas.

En la Jacobina el comienzo del relieve sobre la estribación occidental de la Serra coincide con el contacto estratigráfico entre las migmatitas arqueanas y las metarenitas proterozoicas inferior del Grupo Jacobina. El cuerpo principal de la serranía en toda su extensión de casi 200 kilómetros de longitud, está conformado por esta sucesión de metarenitas. Al oriente, el límite del relieve de la Serra con otra superficie peneplanizada a suavemente ondulosa ocupada por migmatitas es coincidente con una falla de cabalgamiento que tiene rumbo subparalelo al relieve, plano inclinado hacia el oriente y sube las rocas más tiernas del labio oriental. A gran escala, la sucesión metasedimentaria pertenece al flanco monoclinial de una estructura que ha sido fallada y erosionada.

En la Serranía de Naquén, el contacto estratigráfico entre las migmatitas arqueanas y las metarenitas (del Proterozoico inferior?) de la Formación Maimachi ocurre en la parte plana. El comienzo del relieve en ambos lados de la serranía no coincide con ningún hecho estratigráfico ni tectónico; parece más bien el resultado de la degradación meteórica pura y simple de un relieve que se formó por plegamiento y no por fallamiento; sólo se ha conservado el sinclinorio dibujado. Sin embargo, algunos geólogos que trabajan en el proyecto prefieren considerar fallado el comienzo del relieve en la estribación occidental de la serranía (INGEOMINAS, mapa en el informe final de la Fase 1).

9. MINERALIZACION

Como ya se dijo en la introducción, no se tiene en la Serranía de Naquén hechos probatorios del origen sedimentario del oro o, dicho de otra forma, de la ocurrencia de oro detrítico y de precipitación en las rocas metasedimentarias. Más precisamente, sólo durante el mes de diciembre pasado el muestreo sistemático de fragmentos de roca en capas de metaconglomerado ha comenzado a revelar en ellas la presencia de pintas de oro. Por lo tanto, en espera de que las investigaciones arrojen datos más numerosos y originales sobre la mineralización en Naquén y confirmen su origen sedimentario, es de suma importancia para la exploración en acto, consignar lo observado y sabido sobre el tema de la mineralización durante la visita a las minas de la Jacobina, subrayando la diferencia con la mineralización de Naquén:

— El oro ocurre en todas las capas de conglomerados como partículas detríticas: no hay oro en las cuarcitas (mejor: metarenitas de cuarzo).

— El oro se distribuye irregularmente dentro de la capa tanto horizontal como verticalmente; por eso los tenores son muy diferentes no sólo entre capa y capa sino también al interno de una misma capa de conglomerado, hasta el punto de que repetidamente se pasa de tenores cero a tenores altos en cinco metros de distancia horizontal. Más frecuente es el caso de una serie de puntos de muestreo, distantes 20 metros entre sí, que arrojan resultados negativos en cuatro puntos sobre cinco; una investigación más detenida, por medio de otra serie de puntos de muestreo intercalada, ha luego demostrado la aprovechabilidad económica de la capa. Se está desarrollando un túnel para explotar un conglomerado con tenor promedio en oro de 3 g/t; durante el avance del túnel se controla el tenor después de cada voladura, es decir, cada 2 metros horizontales.

— El oro no es visible en la roca; las partículas observadas en un concentrado de batea tenían un rango granulométrico entre 16 y 50 micrones; sin embargo, el rango más frecuente está comprendido entre los 30 y los 300 micrones. Este coincide con el rango de las partículas provenientes de los conglomerados de oro del Witwatersrand donde se tienen valores de 5 a 500 micrones siendo el tamaño promedio de 35 micrones (Pretorius, 1977b: 75). El oro encontrado asociado a metalodolitas grafitosas está formado por laminillas espesas 1 a 30 micrones (Pretorius, 1977b: 65), de forma fibrosa y columnar. Las raras

manifestaciones de hojuelas de oro se deben a que éste se ha removilizado a lo largo de fracturas que no superan el espesor de las capas; dicho de otra forma, en la Jacobina el oro removilizado se queda en la capa donde fue depositado.

— No hay vetas de cuarzo en la Jacobina; en esto se diferencia del Naquén donde es frecuente observar vetas de cuarzo delgadas (< 2 cm.) y cortas (< 1 m), algunas de las cuales contienen oro. Habrá que investigar si esta removilización es parecida a la de la Jacobina o tiene otro significado.

— El oro se lava en superficie; el intenso muestreo conducido por la compañía Morro Velho demuestra en forma clara que una capa de conglomerado tiene siempre tenores de oro más altos en profundidad que en superficie; y esto, bajo condiciones climáticas que, comparadas con las de la Serranía de Naquén, son mucho menos favorables a la meteorización de la roca. Por esta razón los garimpeiros de la Jacobina encuentran oro en la "copa" es decir en la parte superficial y meteorizada de las capas de conglomerados; ellos escarban en superficie las mismas capas explotadas en profundidad por la Compañía, aprovechando el hecho de que la roca meteorizada es más tierna; de paso, con sus trabajos, ellos encontraron la ocurrencia estratoconfinada del oro y sus posiciones estratigráficas. Esta situación es muy diferente a la de Naquén donde los garimpeiros extraen "cochanos" y filigranas de oro dispersos entre los sedimentos del detrito de pendiente (ó coluvión) que son muy ricos a lo largo de los cauces de las quebradas, o entre las fracturas abiertas de las rocas in situ, (no importa que sean metarenitas o metalodolitas) como partículas libres y sueltas. No se ha hecho ninguna investigación para comprobar los mecanismos físicos, químicos y orgánicos que intervienen en lavar el oro de las rocas, transportarlo en solución y reprecipitarlo entre los coluviones cercanos a los cauces de las quebradas; sin embargo, dentro de estas limitaciones, la comparación con la Jacobina es definitiva para afirmar la inutilidad de muestrear capas meteorizadas.

10. SISTEMA DE EXPLORACION Y MUESTREO EN JACOBINA

La Compañía Morro Velho, durante la primera fase de exploración procedió con la ejecución de trincheras cada 1.000 metros a través de todo el espesor de la Formación Serra do Corrego y a lo largo de todos los 32 kilómetros que mide la parte sur de la Serranía de la Jacobina; se obtuvo un mapa geológico a escala 1:25.000; luego se procedió a mapear los detalles estratigráficos y estructurales a escala 1:500 con trincheras distantes 200 a 500 metros entre sí y con toma de muestras en canales de 30 x 7 x 5 centímetros. En los sitios prometedores se hicieron trincheras cada 50 metros. Esto permitió descubrir el "main reef" de 4 kilómetros de largo. Los sondeos se distribuyeron inicialmente a 1.000 metros de distancia el uno del otro, luego, en las zonas de interés, se colocaron a 50 metros de distancia entre sí. Todas las muestras se han pulverizado y copelado.

11. REFLEJOS SOBRE UN PLAN DE ACTIVIDADES EXPLORATORIAS EN LA SERRANIA DE NAQUEN

11.1 CONCLUSIONES

— La ocurrencia estratoconfinada de oro detrítico en conglomerados, la ausencia de oro en las cuarcitas y la ausencia de vetas de cuarzo hablan claramente del origen sedimentario del oro de la Jacobina. En la Serranía de Naquén, después del hallazgo de capas de conglomerado, se ha empezado a observar en éstas, pintas aisladas de oro. Este hecho muy reciente, junto con las consideraciones sobre el modelo de depósito y sobre la concordancia entre oro

supergénico y posiciones estratigráficas de las rocas originadoras, es altamente significativo y sugestivo de organizar la exploración futura de forma acorde a las hipótesis de oro estrato confinado en ruditas.

— No se podrá pasar por alto la eventualidad de que las metalodolitas contengan oro de precipitación; esto, a su vez, indica que hay que investigar las arenitas muy gruesas y gruesas inmediatamente superimpuestas a superficies de erosión bien marcadas y pertenecientes a la base de las unidades granodécrescentes hacia arriba. En efecto, la migración lateral de un río puede removilizar totalmente los depósitos de llanuras subacuosas y mareales que acabaron yaciendo por debajo del fondo del canal y suministraron el oro a los channel lags. Esto ha sido observado en Witwatersrand (Pretorius, 1977b: 57–60).

— La exploración con criterios estratigráficos tendrá que tener presente que el oro hasta hoy día extraído en la Jacobina proviene de una capa de conglomerado larga 4 kilómetros; esto da una idea del volúmen de roca a encontrarse, de la magnitud de las actividades a realizar y del tiempo necesario.

— Cuando más podamos acercarnos al sistema de obtención, preparación y análisis instantáneo de las muestras observado en la Jacobina, tanto más seguros de la confiabilidad de los resultados estaremos.

11.2 RECOMENDACIONES

— Un programa de exploración a largo plazo tendiente a evaluar las posibilidades auríferas encerradas en la sucesión metasedimentaria de la Serranía de Naquén tiene que tomar en consideración todo el largo de la serranía y todo el espesor de la Formación Maimachi que deberá ser destapado cada tres a cinco kilómetros para la búsqueda de las posiciones estratigráficas preferenciales: metaconglomerados, metarenitas de grano grueso, metalodolitas. Luego se seguirán lateralmente las capas de interés que deberán ser muestreadas tan cercana y frecuentemente como sea posible, pero únicamente sobre afloramientos frescos. Los sondeos, en esta fase de exploración, sólo servirán para obtener la información que los coluviones o la profunda meteorización nieguen.

12. AGRADECIMIENTOS

Nuestro caluroso agradecimiento a la Compañía Morro Velho en la persona del geólogo Anselmo Rubio, cuya comprensión de nuestros problemas y dedicación a ilustrarnos ha sido "conditio sine qua non" hubiéramos podido cumplir a cabalidad nuestras tareas en Jacobina.

Igual agradecimiento va a la oficina del CPRM de la ciudad de Salvador (Brasil) en la persona de Reginaldo Santos por la amistosa acogida y la preciosa introducción a la geología regional del Estado da Bahía que nos brindó.

13. BIBLIOGRAFIA

- GALVIS, J. — Informe sobre la visita a la Serranía de Naquén (Guainía). Informe inédito presentado a ECOPETROL. Octubre de 1988.
- MOSSMAN, D. J., DYER, B.D. — The Geochemistry of Witwatersrand-type gold deposits and the possible influence of ancient prokaryotic communities on gold dissolution and precipitation. *Precambrian Research* 30: 303–319, Amsterdam, 1985.
- PRETORIUS, D.A. — Gold in proterozoic sediments of South Africa: Systems, paradigms, and models. In Wolf (editor) *Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 1977a.
- PRETORIUS, D.A. — The nature of the Witwatersand gold—uranium deposits. In: Wolf (ed.) *Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 1977b.
- SANTOS, J.O.S. — Exploração de ouro na Serra Naquén. Informe Inédito presentado a ECOPETROL. Octubre de 1988.
- SIMS, J.F. — A Geologia da série Jacobina aurífera nas vizinhanças da Jacobina; Bahía, Brasil. 1975.

LA SECUENCIA AURIFERA DE LA SERRANIA DE NAQUEN

**EXPLORACION GEOLOGICA PRELIMINAR DE LA
SERRANIA DE NAQUEN**

ANEXO 3B

GIANCARLO RENZONI

1990

Mucho podría escribirse sobre las costumbres y ceremonias de aquellas tierras, pero quiero omitirlo por ser cosas que he oído pero no conocido por mí mismo; porque mi intención no es otra sino escribir lo que yo mismo he visto y sabido, por propia experiencia, que es la verdad.

Nicolaus Federman - 1557

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	47
LOCALIZACION	47
INTRODUCCION	47
METODO DE TRABAJO	50
ESTRATIGRAFIA	59
LA CUESTION DE LA NOMENCLATURA	59
LA DESCRIPCION DE LA SECUENCIA	60
LOS MEDIOS DE DEPOSITO	70
PLIEGUES Y FALLAS	81
METEORIZACION	82
COMPARACION ENTRE LA SECUENCIA DE JACOBINA Y LA DE NAQUEN	82
PERSPECTIVAS	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFIA	87

FIGURAS

1. Localización de la Serranía de Naquén	48
2a. Columna temática de caño Solo (Segmentos 1 a 4)	52
2b. Columna temática de caño Solo (Segmentos 5 a 12)	53
2c. Columna temática de caño Solo (Segmentos 12 a 15)	54
3a. Columna temática de caño Mechás (Segmentos 1 a 6)	55
3b. Columna temática de caño Mechás (Segmentos 6 a 8)	56
3c. Columna temática de caño Mechás (Segmentos 8 a 9)	57

PLANCHAS (en Bolsillo)

1. Columnas estratigráficas 1 del H16 al H17
2. Columna estratigráfica 2 del H1 a caño Esperanza
3. Columna estratigráfica 3 del H3 al H1 .
4. Columna estratigráfica 4 del H11 al A-83 .
5. Columna estratigráfica 5 del H101A a caño Lata .
6. Columna estratigráfica 6 ó de caño Solo .
7. Columna estratigráfica 7 ó del H4 al 3357, por caño Mechás y por caño Cachirri .
8. Columna estratigráfica 8 del H95 al H101 .

9. Columna estratigráfica 9 del H4 al H11
10. Columna estratigráfica 10 del D-51 a Maimachi
11. Poligonal entre H95, H101 y trinchera S-159, con cálculo de espesores
12. Descripción estratigráfica sector caño Solo, Pozo Naquén 7.
13. Descripción estratigráfica sector caño Solo. Pozo Naquén 8.
14. Descripción estratigráfica sector caño Solo. Pozo Naquén 9.
15. Correlación niveles metaconglomeráticos área de interés S caño Pava - caño Solo.
16. Correlación niveles metaconglomeráticos área de interés de caño Mechas.
17. Correlación niveles metaconglomeráticos área de interés de Quebrada Grande
18. Mapa Geológico de Maimachi.
19. Columnas estratigráficas de las serranías de Naquén y de la Jacobina

ANEXOS

- | | | |
|----|--|----|
| 1. | Registro de información estratigráfica sobre la columna de caño Solo | 90 |
| 2. | Registro de información estratigráfica sobre la columna de caño Mechas | 94 |
| 3. | Análisis de partículas de oro al microscopio electrónico | 97 |

TABLAS

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | Relación secciones delgadas | 58 |
| 2. | Resumen de las relaciones oro/granulometría/ medios de depósito | 68 |

* * *

RESUMEN

Las relaciones entre posición estratigráfica, granulometría, medios de depósito y valores de oro conducen a concluir el origen sedimentario del oro contenido en las capas del Grupo Tunuí de la Serranía de Naquén.

El oro está ligado a facies rudíticas y areníticas cuarzosas, de origen fluvial y progradantes hacia el oeste en respuesta a movimientos tectónicos diferenciales de orden regional.

Ocurren de seis a siete niveles rudíticos auríferos y cuatro niveles areníticos también auríferos; el reconocimiento de los tenores de oro en roca fresca definirá el valor económico de estas capas.

LOCALIZACION

En la figura 1 se visualiza la localización de la Serranía de Naquén, rasgo geomórfico sobresaliente unos 900 m sobre la penillanura circundante, situado a los 2º de latitud norte y 69º de longitud oeste, en el límite meridional de Colombia con Brasil, donde esta serranía se prolonga a unos 15 km más.

INTRODUCCION

Los mineros de la Serranía de Naquén llaman "cochanos" al oro, en gran parte supergénico, que extraen del fondo de cañadas colocadas en depresiones que reciben la escorrentía proveniente de escarpes donde afloran metarenitas y metaconglomerados; tales depresiones auríferas se disponen preferentemente según el rumbo de determinadas posiciones litoestratigráficas. Además, el muestreo sistemático de fragmentos de roca empezó a manifestar ocurrencias anómalas de oro que podían interpretarse como relacionadas con la posición litoestratigráfica de las rocas huéspedes. Al poco tiempo, el hallazgo y muestreo de rocas rudíticas indicó la presencia de pintas de oro. Estos fueron los primeros indicios que condujeron a realzar la importancia del uso de criterios estratigráficos en la exploración en curso.

Por otro lado, la literatura geológica se inclina desde hace tiempo a considerar la mineralización de oro en Witwatersrand como una respuesta a procesos sedimentarios. "It means that the gold was incorporated into the conglomerate by the reworking of previously deposited sediments, or was introduced into the gravels during the washing over of later sands. The gold and uranium now exploited occur in five forms:

- (1) in the matrix of conglomerates;
- (2) in heavily pyritic sands which usually fill erosion channels, the gold, uranium, and pyrite particles lying on the foresets of the cross-bedded sands;
- (3) on sand along the planes of unconformities that separate two cycles of sedimentation;
- (4) on mud along the planes of unconformity that separate succeeding cycles of sedimentation; and

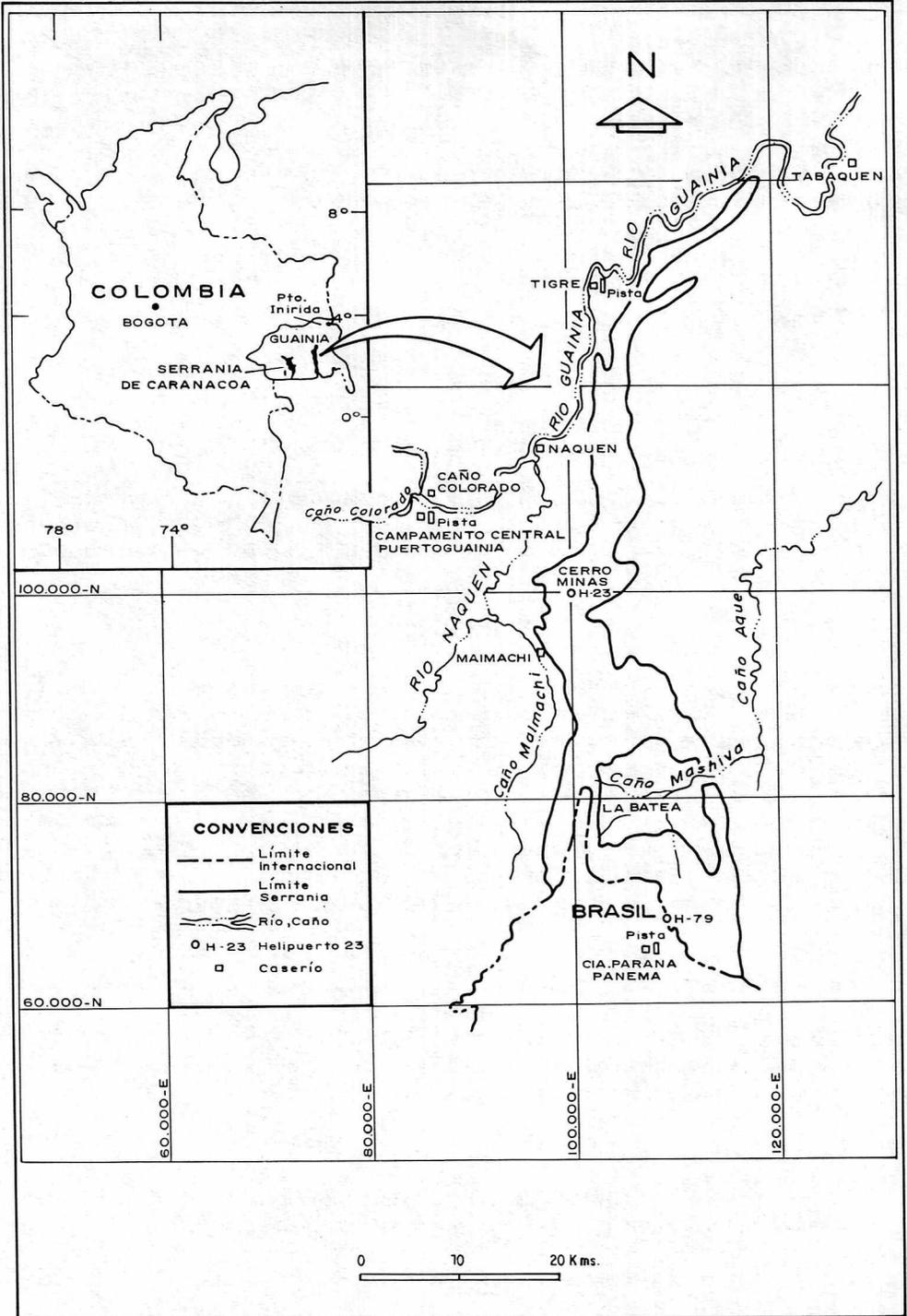


FIG. 1: Localización de la Serranía de Naquén.

- (5) in carbon seams that are developed on, or immediately adjacent to, planes of unconformity.

... Depending upon the degree of turbulence and the prevailing depositional energy level at the beginning of the succeeding cycle, the heavy minerals deposited at the end of the preceding cycle either would be buried, undisturbed, beneath the later sands, or be picked up and incorporated into the matrix of the overlying gravels. In that coarser material, frequently in the form of conglomerates, marks the beginning of many of the cycles in the Upper Witwatersrand Division, gold and uranium, whether belonging to the preceding or the succeeding cycle, are closely associated with conglomerate horizons. The conglomerates are the main exploration targets, even where the gold is located a short distance below, on the unconformity which marks the end of the earlier cycle of sedimentation. In a number of instances, the energy level of the succeeding cycle was not high enough to bring in gravels, and only sand and silt washed over the unconformity, so that mineralized bands can occur along the interface between sand and sand or mud and sand, without any conglomerate being present in the immediate vicinity. . . . The gold in the carbon seams occurs either as very small, discrete particles on top of, or within, the seams or as coatings and replacements of the algal filaments. The particles are believed to be of detrital origin, representing micro-nuggets that were physically entrapped in the network of filaments. The coatings and replacements probably formed from gold in solution. It is possible that, in the primitive, anoxygenic atmosphere that prevailed at the time the Witwatersrand deposits formed, gold could have been dissolved in cyanide — or chlorine — rich solutions. The algae, reacting with the mineralized waters in which they developed, absorbed the gold from solution, to build up protective coatings round the filaments or to replace the fibres. "(PRETORIUS, 1.977b: 58—60).

Estas consideraciones, aplicadas a la sucesión metasedimentaria de Naquén y reinterpretadas según los conceptos de la estratigrafía moderna, sirvieron de modelo comparativo donde enmarcar la hipótesis del origen sedimentario de esos primeros indicios y significaron además que el oro había que buscarlo preferentemente:

— en la matriz de las ruditas, por cuanto, a priori y a paridad de otras condiciones, estas sedimentitas estuvieron depositándose bajo las condiciones energéticas más elevadas; por lo tanto debían contener el mayor número de partículas de oro del tamaño más grande disponibles en el entorno;

— en las lodolitas, especialmente las carbonosas, por cuanto podían contener delgadas láminas con oro precipitado en condiciones favorecidas por el desarrollo de la primitiva vida vegetal en pantanos de lodó (mud-flats) y en llanuras de inundación subacuáticas (back-swamps);

— en las arenitas, preferentemente en aquellas que ocupan, dentro de la unidad granodécreeciente, una posición baja, cercana al rezago de canal (channel lag); en este caso, el criterio básico es la búsqueda del oro en los intervalos estratigráficos que registran las energías hidrodinámicas más elevadas.

Los cochanos atraían la atención sobre otro aspecto poco sopesado en toda su convergadura: la meteorización de la secuencia metasedimentaria evidenciada por las dolinas, los puentes naturales y, más que todo, por lo deleznable de amplios intervalos estratigráficos. En efecto, no obstante la poca labor investigativa sobre la precipitación del oro y los mecanismos físicos y bioquímicos que intervienen, la consulta bibliográfica sobre el tema de la disolución del oro por agentes químicos (SEVERSON et al., 1985:69; HATCHER et al., 1985:57:

KESLER et al. 1985: 105) subrayaba las consecuencias que para la exploración tiene la profunda lixiviación de las rocas. En la visita a La Jacobina, los geólogos brasileños resaltaron el hecho, comprobado con los trabajos mineros, de que el contenido en oro en las capas rudíticas disminuye en cercanía de los afloramientos de superficie, lo que condujo a la recomendación de muestrear únicamente rocas frescas (RENZONI 1990: p. 41).

Sobre estas premisas se emprendió un trabajo estratigráfico tendiente a fijar la posición de los conjuntos auríferos y de los potencialmente auríferos, a verificar la relación ruditas-oro y arenitas-oro, a buscar las unidades granodecrecientes, para así entender su potencialidad aurífera, mediante la definición de los medios de depósito en intervalos estratigráficos previamente escogidos y muestreados. Se empezaron labores tendientes a conocer la profundidad de meteorización y las condiciones actuales de removilización del oro. Todo esto, como primer paso para comprobar el origen sedimentario de la acumulación del metal y poder llegar a la construcción de parte del modelo aurífero de la Serranía de Naquén.

En la presente relación el lector encontrará los resultados de esta labor llevada a cabo en dos meses de campo, entre enero y marzo de 1989, con comentarios sobre las actividades que hizo falta hacer o profundizar o terminar y sobre las que precisan ser emprendidas para llegar poco a poco a contestar la pregunta inicial: ¿hay un yacimiento de oro en Naquén?

METODO DE TRABAJO

La posición estratigráfica de los conjuntos potencialmente auríferos, sean rudíticos, areníticos o lodolíticos, se ha logrado mediante:

— el levantamiento de un mapa geológico ejecutado sobre la primera versión de los mapas topográficos de Sadec a escala 1:10.000, con ayuda de la fotointerpretación para unir puntos de control distantes los unos de los otros:

— el levantamiento de diez columnas estratigráficas convencionales sobre cortes transversales a las estructuras; algunas son columnas cuidadosamente descritas con localización topográfica de las estaciones, lo que ha permitido además el cálculo de los espesores (columnas 5, 8, 9 y, parcialmente, la 10); las otras son resultado de apreciaciones rápidas de intervalos litoestratigráficos cuyos espesores han sido estimados y por lo tanto sujetos a errores de apreciación.

Todo el material de trabajo obtenido es entregado como anexo del informe (planchas 1 a 10); para fines de presentación, la información ha sido reunida en un mapa a escala 1:30.000 acompañado de una columna estratigráfica compuesta y cortes (pl. 18).

La búsqueda de unidades granodecrecientes, expresión en lenguaje estratigráfico moderno de lo que Pretorius (1.977b: 58) define "succeeding cycles of sedimentation", es la labor fundamental entre las emprendidas y la que hoy día se cree más fructífera para futuras investigaciones. El oro eventualmente esparcido en el paisaje, desde aquél precipitado en pantanos hasta aquél diseminado como partículas detríticas en sedimentos areníticos o en terrazas rudíticas, al momento de ser removilizado, acabó por concentrarse preferentemente en el rezago de canal de un río. De aquí la necesidad de reconocer tales unidades y de recolectar muestras frescas en sus partes inferiores. Para emprender tal actividad se escogieron dos lugares que habrían indicado la ocurrencia de oro en la sucesión estratigráfica, caño Solo y caño Mechas y allí se levantaron dos columnas temáticas de 100 metros cada una, usando parámetros que la propia experiencia y la literatura geológica sugieren; a saber:

— geometría de las capas, dibujando su forma y espesor a mano alzada, tratando de conservar una escala;

— clase granulométrica modal, tamaño máximo y mínimo de los granos, redondez de los granos, armazón, composición; estas características fueron observadas con lupa de 10 aumentos y cuantificadas con la ayuda de tablas comparativas;

— estructuras internas, que se dibujaron o se representaron simbólicamente según lo permitiera o no la escala, fueron únicamente físicas; se reúnen en juegos cuya forma se trató de describir lo más objetivamente posible y cuya escala se dio de acuerdo a los intervalos propuestos por Campbell (1.967): delgados (entre 1 y 10 cm), medios (entre 11 y 30 cm), gruesos (entre 31 y 100 cm) y muy gruesos (superiores al metro).

Toda esta información fue registrada sobre hojas preparadas para el propósito: copias de éstas hacen parte de los anexos 1 y 2; para analizar la información, deducir los medios de depósito y ofrecer al lector la posibilidad de examinarla de un vistazo, se han construido seis hojas (figs. 2 a, b, c y 3 a, b, c) donde los parámetros recogidos son presentados por medio de símbolos y de registros gráficos y la idea del medio de depósito es transmitida en bloques-diagramas.

Para la reconstrucción de los medios de depósito es importante indicar a cada paso las variaciones **granulométricas**. Por tanto se ha preferido hacer uso de la nomenclatura creada para describir las rocas sedimentarias, precediendo las palabras del prefijo meta y no de aquella de las rocas metamórficas; se aprovecha por demás el hecho de que se trata de una secuencia metamórfica de muy bajo grado, en la facies de esquistos verdes que apenas ha modificado la textura y composición originales. Para la definición textural y composicional de estas rocas se sigue a FOLK (1.954). Para mayor claridad, se usa metalodolita como sinónimo de pizarra y de filita y metarenita de cuarzo como sinónimo de cuarcita. Al lector interesado en conocer la petrografía de las muestras recogidas en el área se le envía a la Tabla 1 y al trabajo petrográfico (GONZALEZ, 1.989).

Las geoformas de tipo cársico que aquí y allá salpican la serranía y, principalmente la lixiviación del cemento silíceo en casi todos los afloramientos de metarenitas — lo que de paso permite la observación de la granulometría como pocas veces se da — había sido ya comentada (RENZONI, 1.990:); era un propósito medirla dinamitando los afloramientos, aprovechando la necesidad de obtener muestras frescas; sorprende la profundidad y la constancia superficial de la meteorización; las perforaciones (N7, N8 y N9) ayudaron, en parte y localmente, a cuantificar este fenómeno tan importante no sólo para interpretar los datos analíticos, sino para planear la actividad exploratoria futura.

Los primeros hallazgos de ruditas y las respuestas positivas de sus análisis animaron a emprender una intensa actividad de seguimiento de las capas por medio de trincheras y **de muestreo de roca fresca en canales de 50 X 7 X 5 cm, previas voladuras. Se planeó** aprovechar los resultados de esa actividad, para sustentar la proposición del origen sedimentario de la acumulación del oro demostrando sobre bases amplias la relación estrecha y proporcional entre medios de depósito, granulometría y ocurrencias de oro. Esta actividad se vio afectada por la meteorización de la roca.

La removilización del oro por efecto de los diferentes procesos (metamorfismo, hidrotermal y meteorización) que han actuado a través del tiempo sobre las metasedimentitas, es otro aspecto del tema de investigación en las rocas de Naquén. Estos temas han sido considerados y debatidos en la literatura geológica y allí es posible encontrar directrices para analizar los diferentes factores que se conjugan para modificar la concentración inicial del oro. Durante la meteorización algunos factores como temperatura, precipitación, acidez de las aguas y ácidos húmicos intervienen en la disolución, transporte y reprecipitación del oro; en esta dirección se dió un primer paso cuyos resultados son interesantes.

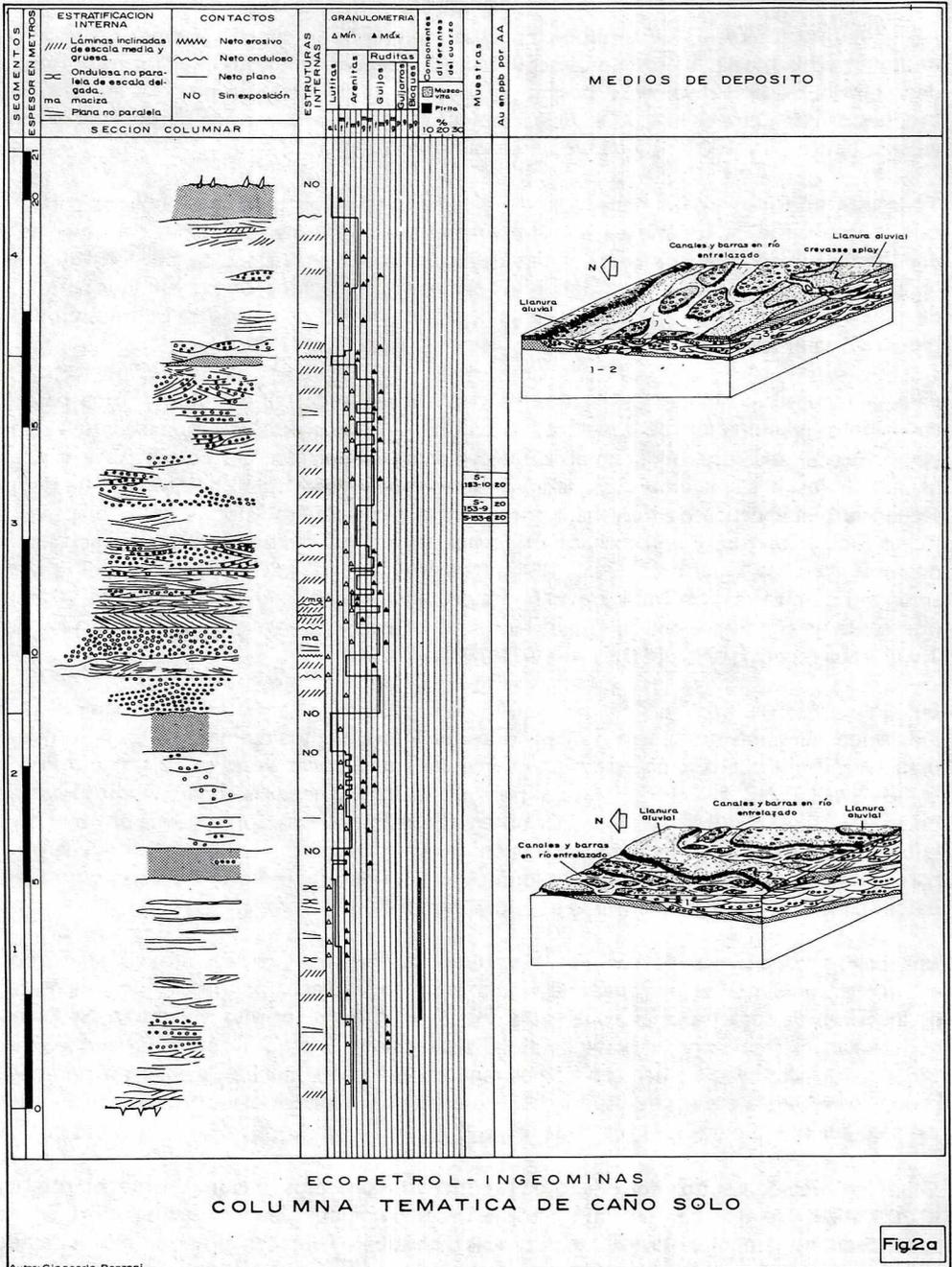


FIG. 2a: Columna temática de caño Solo (Segmentos 1 a 4).

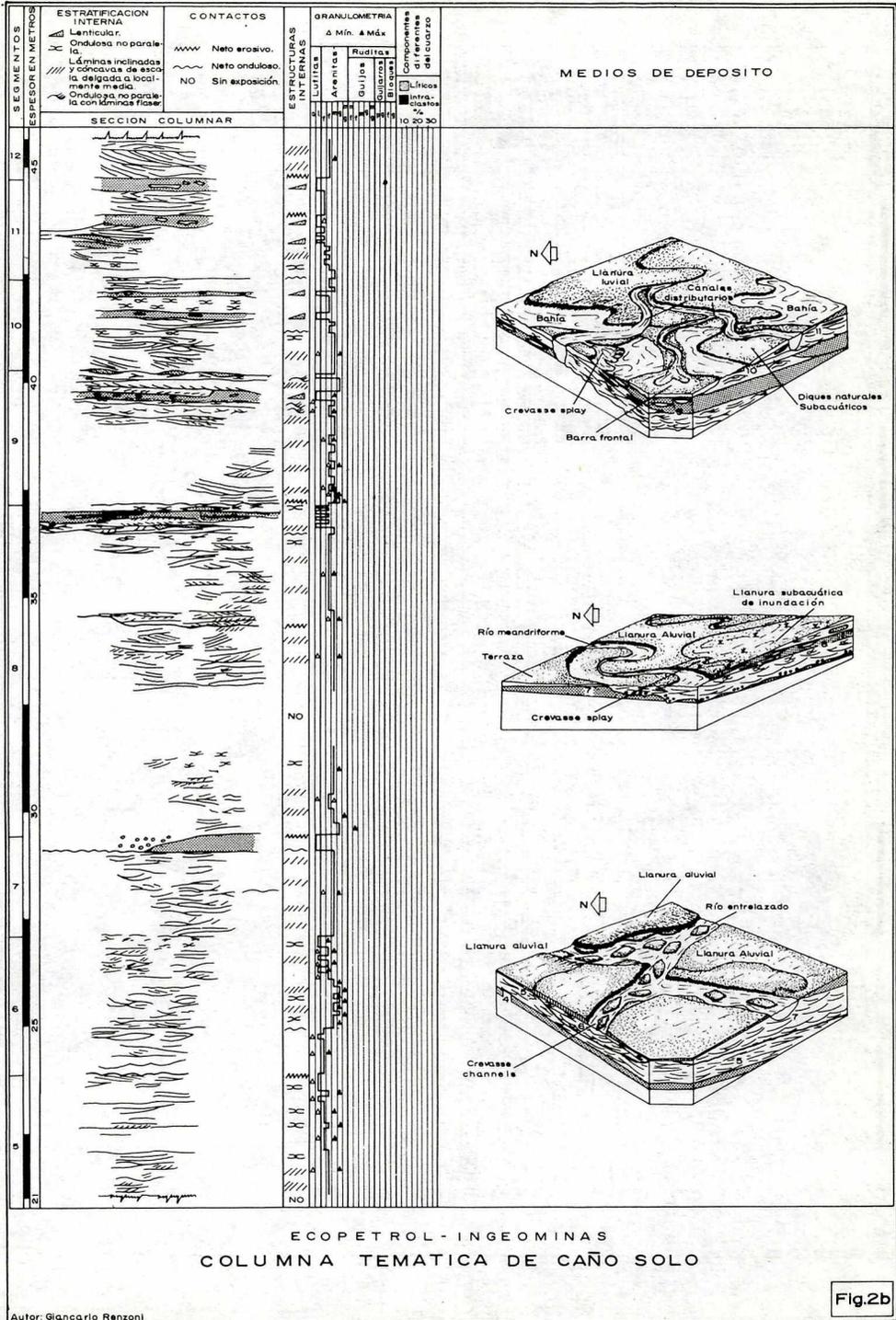


FIG. 2b - Columna temática de caño Solo (Segmentos 4 a 12).

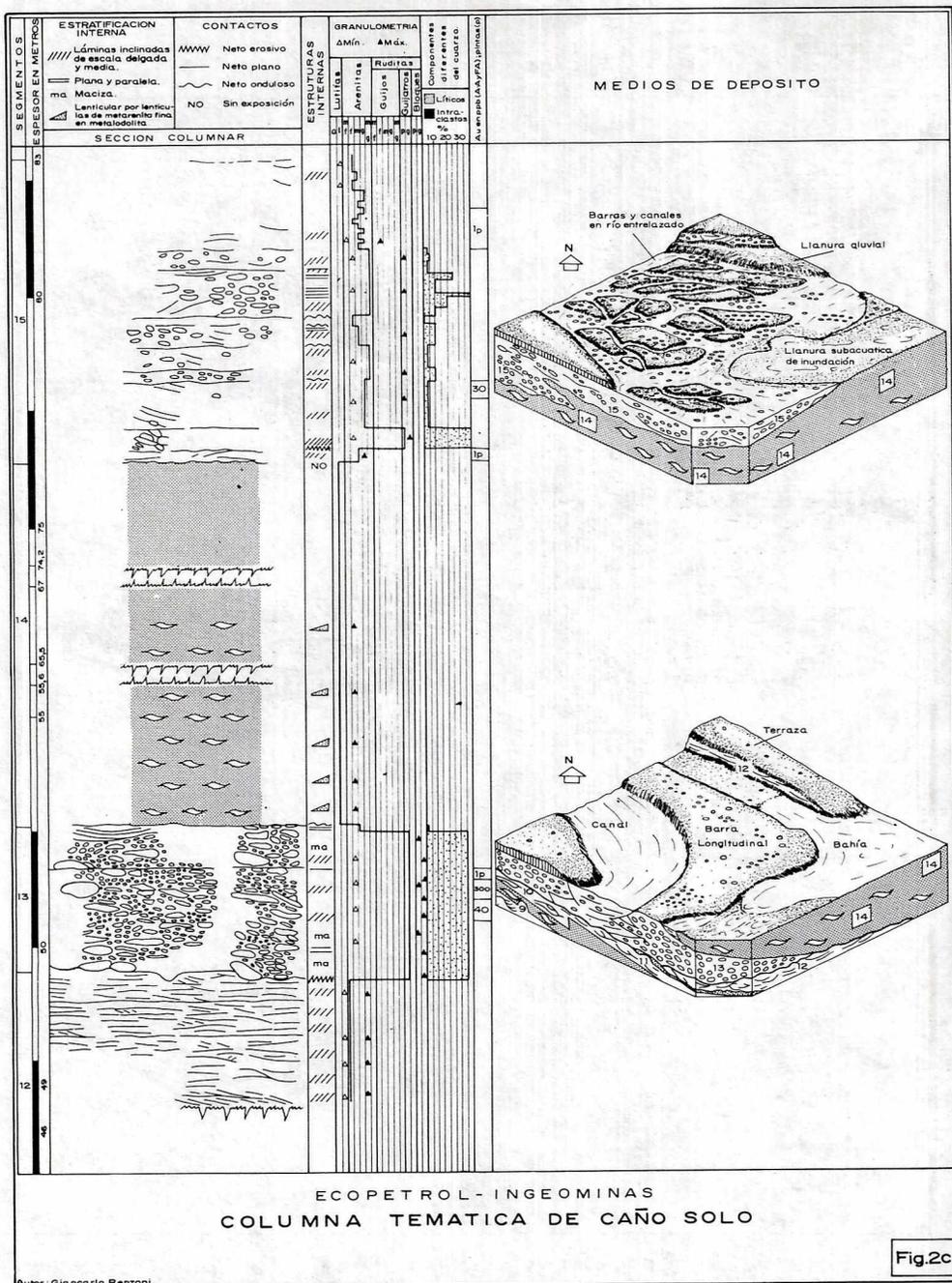


FIG. 2c: Columna temática de caño Solo (Segmentos 12 a 15).

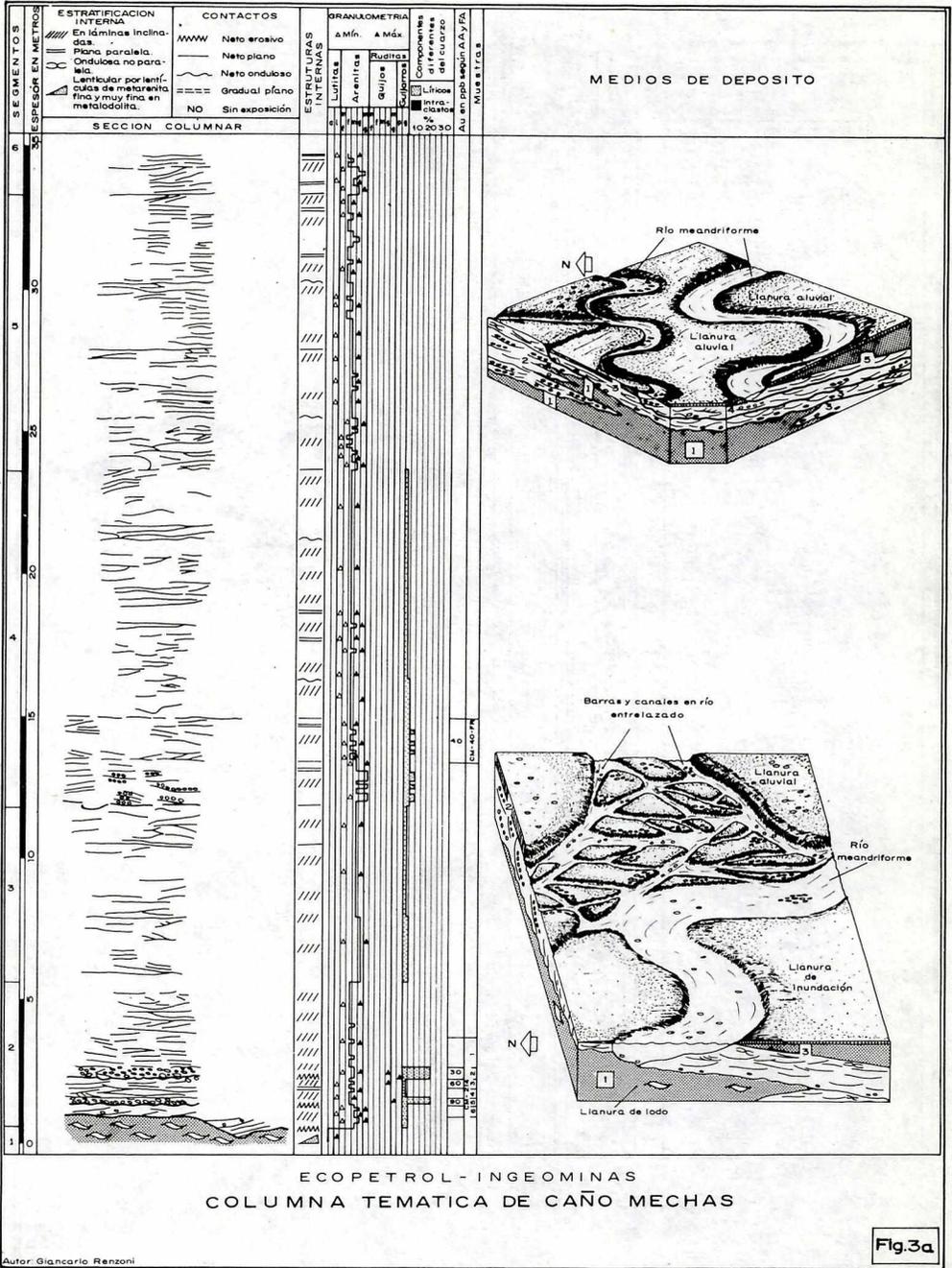


FIG. 3a: Columna temática de Caño Mechás (Segmentos 1 a 6).

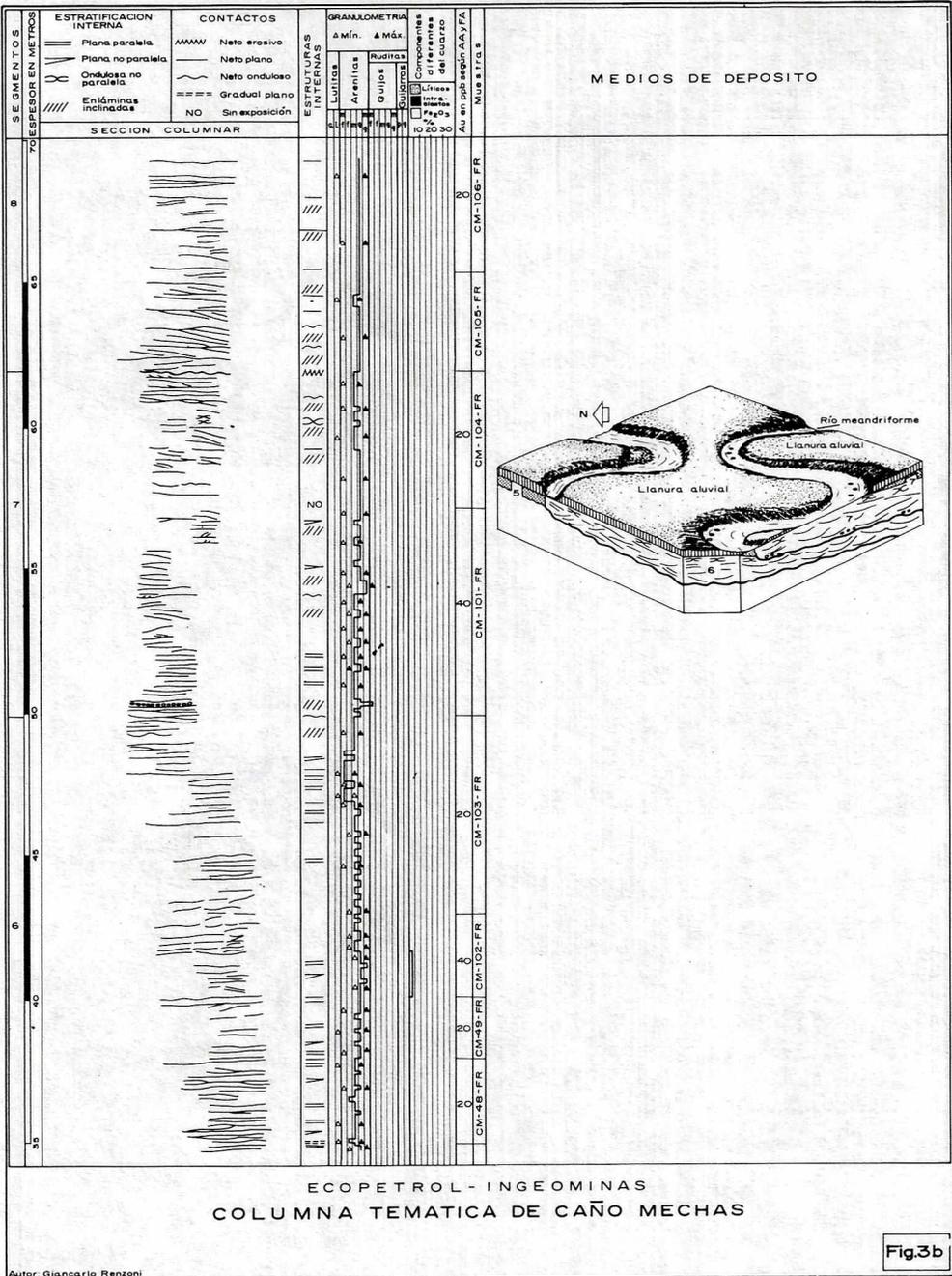


FIG. 3b: Columna temática de caño Mechás (Segmentos 6 a 8).

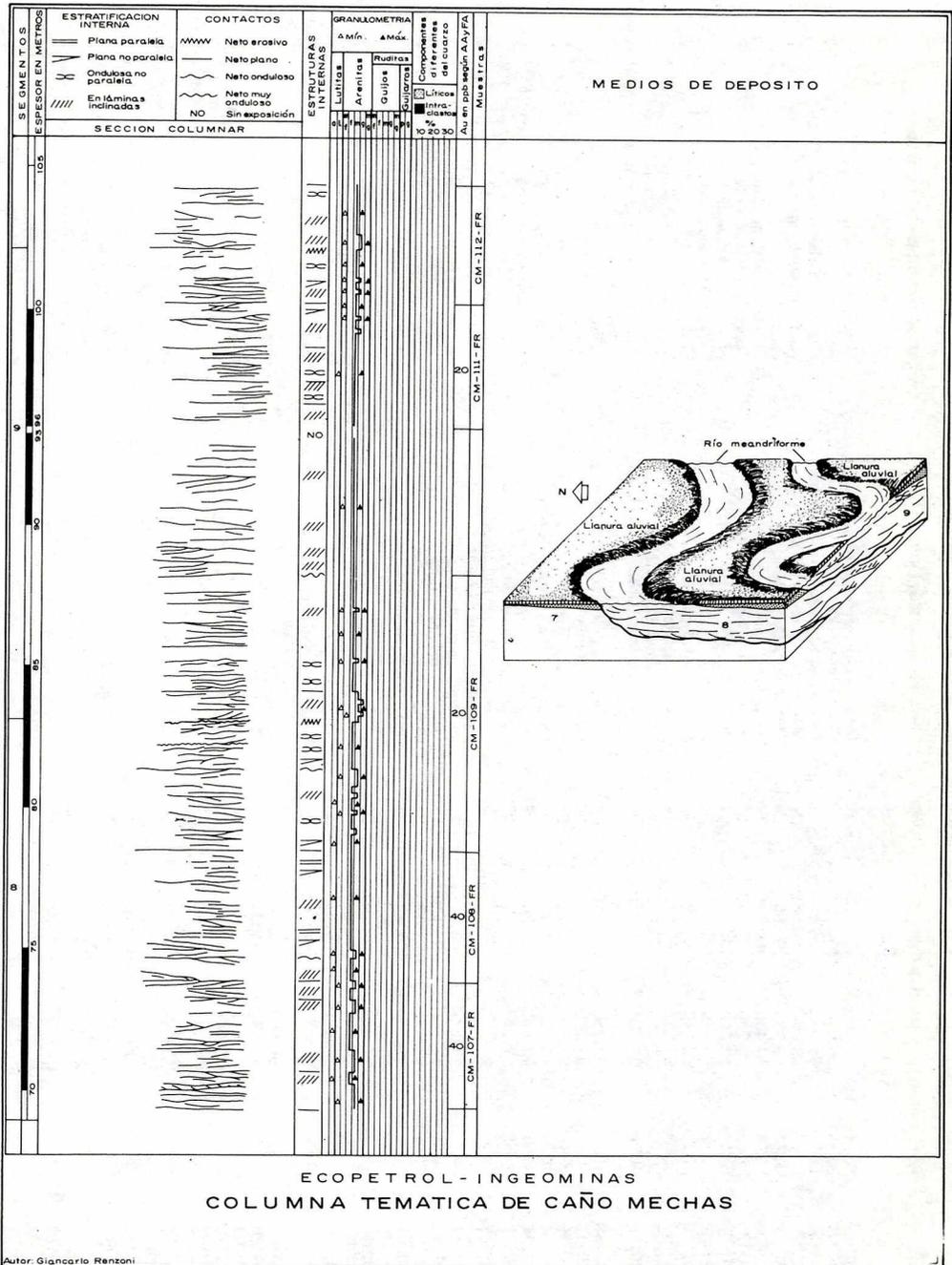


FIG. 3c: Columna temática de caño Mechás (Segmentos 8 a 9).

TABLA 1: RELACION SECCIONES DELGADAS

IGM	No.Campo	Coordenadas		Plancha	Descripción de J. Galvis	Descripción de H. González
		Norte	Sur			
187769	0311	90.130	105.800	25	Metaconglomerado, suturas, craquelado	Cuarcita
187778	3336	96.900	97.835	28	Pizarra limolítica	Filita
187790	3306a	97.590	98.270	28	Metarenisca cuarzo corroído andalucita	Cuarcita con andalucita
187791	0151	83.850	99.680	16	Metarenisca turmalina?	Cuarcita con cloritoide
187799	0129	90.750	101.695	24	Metarenisca craquelada	Cuarcita
187802	3221	94.100	100.470	24	Metarenisca sericita	Cuarcita con andalucita
430135	5015	92.290	100.710	24	Arénisca muy porosa cuarzo	Cuarcita con cloritoide
430138	5023a	92.210	100.970	24	Pizarra	Filitas con bandas de cuarcita
430139	5026	92.190	101.035	24	Metarenisca	Cuarcita con andalucita
430142	5032	92.440	100.170	24	Pizarra crenulada	Filita cuarzo sericítica
430148	5083	93.115	98.315	24	Pizarra limosa con suturas	Filita cuarzo sericítica
430149	5038a	93.115	98.315	24	Vetilla de cuarzo en pizarra	Filita de sericita y cuarzo
430150	5084	94.080	98.275	24	Metarenisca estructural de flujo; cuarzo corroído	Cuarcita ferruginosa + metalimolita brechoide ferruginosa
430153	5098	92.350	100.110	24	Metarenisca grafitosa; piritita detrítica	Cuarcita brechoide
430217	1053b	95.225	100.325	28	Pizarra; suturas	Filita
430229	0381	90.005	105.125	25	Metarenisca	Cuarcita
430234	0435a	90.550	105.460	25	Metarenisca con suturas férricas	Metalimolitas cuarzosas
430236	0448	90.130	105.800	25	Metarcilolita arenosa	Filita de cuarzo sericita
430238	0458	91.260	105.630	25	Metarenisca; turmalina	Cuarcita
430240	0472	91.040	105.220	25	Metaconglomerado; cuarzo corroído craquelado; turmalina	Cuarcita cataclástica
430241	0477	90.920	105.755	25	Metarenisca craquelada	Metarenisca cuarzo cataclástica
430295	3349	97.070	98.170	27	Metarenisca; andalucita	Cuarcita con andalucita (metarenisca)
430387	5135	92.610	101.670	24	Metarenisca con andalucita	Cuarcita con andalucita
430388	5152	92.670	102.400	24	Metarenisca conglomerática	Cuarcita (metarenisca cuarzo)
430697	5286	88.160	101.560	20	Granito migmatítico (s? v?)	Granito
430698	5286a	88.160	101.560	20		Diorita riebeckítica con cuarzo
430699	5285	88.160	101.500	20		Granito biotítico
430700	5285a	88.160	101.500	20	Granito migmatítico (s?)	Granito
430703	1371	87.670	106.420	21	Fragmento de pizarra arenosa en otra pizarra y transportado?	Metalimolita
430704	1437	88.290	106.420	21	Metarenisca	Cuarcita con andalucita
430786	0826	91.730	104.900	24	Pizarra carbonosa	Pizarra, 6% de materia carbonosa
430789	0845	91.500	104.925	24	Metalimolita grafitosa	Metalimolita cuarzo; materia carbonosa
430790	0854	91.340	105.180	25	Metadiamictita	Metarenisca cuarzo conglomerática
430792	0869	89.960	107.670	21	Metalimolita	Pizarra (filita) de sericita y cuarzo; 6% materia carbonosa
430797	0898	90.570	106.890	25	Pizarra	Metalimolita cuarzo; 3% de materia carbonosa
430901	5349a	88.130	101.450	20		Granito biotítico
430902	5349b	88.130	101.450	20		Granito biotítico
430903	5349c	88.130	101.450	20		Metarenisca (cuarcita)
430905	3746	101.380	102.340	32	Diamictita con cloritoide	Cuarcita con cloritoide
430906	5429	87.840	102.570	20	Metalimolita carbonosa	Metalimolita cuarzo; materia carbonosa
431179	3854	81.010	101.500	16	Metarenisca carbonosa	Cuarcita
431833	7705	63.860	113.380		Metarenisca en migmatización (cerca de HB2)	Granito moscovítico
433313	10141	68.940	108.190		Migmatita de metarenisca	Cuarzomonzonita biotítica

ESTRATIGRAFIA

Sobre la penillanura de la divisoria de aguas entre el Orinoco y el Amazonas, en la región donde Colombia limita con Brasil y Venezuela, se eleva la Serranía de Naquén, continuación septentrional de la Serra Caparro brasileira; con su largo de 90 km, su ancho máximo de 15 km y su elevación hasta 990 m constituye el rasgo geomórfico sobresaliente de la región (fig. 1). Esta serranía enclavada en la porción suroccidental del Escudo Guayanés participa de los rasgos geológicos generales comunes a la región: dos conjuntos petrotectónicos metamórficos precámbricos separados por una discordancia (PINHEIRO et al., 1.976:32); a saber:

— El Complejo Guayanés de la literatura geológica brasileira, formado por neises, migmatitas, granitos y granodioritas, metamorfoseado a facies anfíbolita e intensamente deformado en épocas anteriores a 1.810 m.a. y probablemente en el Arqueano (ibidem:30—33); esta unidad equivale a lo que con posterioridad se nombró en Colombia Complejo Migmatítico de Mitú (GALVIS et al., 1.979:24, pl. 2; HUGUETT et al., 1.979:36; KROONENBERG, 1.985:51, 53—55) de edad anterior a los 1.780 m.a. (KROONENBERG, 1.985:59).

— El Grupo Tunuí, formado por cuarcitas ortocuarcíticas, cuarzosericíticas, cuarcitas cataclásticas, filitas, filitas grafitosas; estas rocas fueron metamorfoseadas a facies de esquistos verdes y afectadas por plegamientos holomórficos durante el Proterozoico inferior (SANTOS, J.O.S., 1.984:62—65; PINHEIRO et al., 1.976:33); equivalen con dudas a la Formación La Pedrera creada con posterioridad por geólogos colombianos (GALVIS et al., 1.979:51—53) y a la Formación Cinaruco que los geólogos venezolanos reconocieron en la región de Casiquiare (PINHEIRO et al., 1.976:60—61; SANTOS, J.O.S., 1.984:65).

Otros rasgos geológicos de esta región son la ocurrencia de granitos rapakivi de Parguaza, con edad aproximada de 1.500 m.a. y el intenso cizallamiento y cataclisis de las rocas anteriores durante el Episodio Nickeriense a lo largo de anchas franjas (PINHEIRO et al., 1.976:32).

LA CUESTION DE LA NOMENCLATURA

Durante este estudio se ha encontrado la verificación de los conjuntos petrotectónicos antes mencionados. Sobre rocas graníticas migmatíticas y, localmente, sobre un delgado conjunto de metalodolitas verdes, descansan discordantemente capas de metaconglomerado y de metarenita gruesa conglomerática pertenecientes a la parte más baja de una secuencia que abarca la Serranía de Naquén. Para esta secuencia metamorfoseada en la facies de esquistos verdes, conformada por una sucesión ininterrumpida de capas de metarenitas prevalecientes sobre metalodolitas y sobre metaconglomerados, así como para su subyacente migmatítico, se ha preferido adoptar la nomenclatura propuesta por los geólogos brasileiros, por las siguientes razones: la continuidad entre las capas de la serranía de Naquén y aquellas de la Serra Caparro; la corta distancia de 20km que separan la serra Caparro de la serra Tunuí (PINHEIRO et al., 1.976, mapa geológico Pico da Nieblina Folha NA. 19) y, principalmente, la definición del Grupo Tunuí perfectamente válida para describir las características composicionales y texturales fundamentales de la secuencia de la Naquén y sus relaciones estratigráficas: "Esta sequência é representada por um pacote de psamitos com impurezas pelíticas, que através do metamorfismo regional exhibe a facies xisto verde. Os metamorfitos são constituídos por quartzitos, itabiritos, quartzitos a muscovita, clorita — muscovita — biotita quartzitos e quartzitos a muscovita — andaluzita, filitos grafitosos e ardósias. ". . . "Na Serra Caparro. . . ocorren, em toda a seção, quartzitos, clorita muscovita — biotita quartzitos e filonitos. . . O Grupo Tunuí repousa discordantemente sobre os polimetamorfitos do Complexo Güianense" (ibidem:61). En cuanto a la edad, "Rocha vulcânica, com idade convencional Rb/Sr em torno de 1.500 MA, afeta os epimetamorfitos do Grupo Tunuí na

folha SA.19 Ica e não apresenta metamorismo, concludo-se a anterioridade dos metamorfitos" (ibidem:63) . . . "O posicionamento dos grupos Tunuí e Cauarane no Proterozóico Inferior é meramente especulativo. A possibilidade de sua colocação futura no Arqueano. . . não deve ser descartada" (SANTOS, J.O.S., 1.984:65). Este autor añade luego: "Dispõe-se de poucas datações dos Grupos Tunuí e Cauarane admitindo-se sua correlacionabilidade com os grupos Mazaruni (2200 Ma—WALROND, 1.980), Marowijne (2000 Ma—ROEVER y BOSNA, 1.975) e Pastora (2270 Ma—BELLIZZIA, 1972)". (ibidem:65).

Se juzga inconveniente introducir al área de Naquén la nomenclatura propuesta por los autores que actuaron en el proyecto "Proradam", porque implicaría la equivalencia con rocas cuyos afloramientos, poco conocidos, a lo largo del río Caquetá en cercanías del corregimiento de La Pedrera, distan 400 km al suroeste de la Naquén (GALVIS et al., 1.979:51, pls. 2 y 4): Igualmente se encuentra poco justificada la creación de una nueva nomenclatura local (Formación Maimachi) que comete de antemano el pecado de sinonimia con el Grupo Tunuí.

LA DESCRIPCION DE LA SECUENCIA

Los datos estratigráficos provienen en su mayoría del área que se extiende entre el H95 y el H17 (pl.18); se obtuvieron a lo largo de trochas trazadas normalmente al rumbo de las capas; el levantamiento cartográfico de las unidades individualizadas se vio facilitado por la nítida expresión geomórfica que dan las rocas al paisaje y por las sencillas deformaciones tectónicas sufridas.

El Complejo Guayanés (pCgu)

La mayor parte del área peniplana que contorna el occidente de la serranía, está ocupada por un conjunto de rocas entre las cuales prevalecen granitos sobre neises locales. Secciones delgadas de muestras recogidas en el núcleo del anticlinal que pasa cerca del H16 (pl. 18) demuestran la ocurrencia de migmatitas (430.901, 430.902, 430.700), granito biotítico (430.699) migmatita granitoide (430.697) (tabla 1, pls. 1, 2, 10, 18).

Se trata del mismo conjunto que en los mapas brasileiros se ha llamado "Complexo Güianense" referido al Arqueano (PINHEIRO et al., 1.976, Pico da Nieblina Folha 19.NA). El proyecto Proradam reconoció estas rocas en esa área (GALVIS et al., 1.979: , pl.2) y las nombró Complejo Migmatítico de Mitú, en clara sinonimia con el nombre brasileiro pre-existente.

Es difícil observar la superficie que constituye el contacto con las rocas suprayacentes: un depósito de detrito de pendiente y la tupida vegetación normalmente la enmascaran. Sólo se aprecia que estas rocas están superpuestas por un conjunto de metalodolitas verdes (pl. 18) en el núcleo del anticlinal del H16 (pl.1), en caño Esperanza (pl.2), en Planadas (pl.18) y en el H94 (fuera del mapa, al noroeste de la serranía) o por las metarenitas conglomeráticas de la parte inferior del Grupo Tunuí, como, por ejemplo, en cercanías del H113 a lo largo de un afluente de derecha del río Guainía (fuera del mapa, al norte).

Las Metalodolitas Verdes (pCmv)

Con este nombre informal se hace referencia a una delgada sucesión de capas de metalodolita arenosa verde, con granos redondeados de cuarzo de tamaño hasta arena gruesa flotantes en la matriz; localmente los granos son más frecuentes y dan lugar a capas de metarenita gruesa lodosa de cuarzo; al microscopio se ven granos redondeados de cuarzo flotantes en sericita. Esta unidad tiene un espesor que varía entre 2 y 20 m; suprayace las rocas del Complejo

Guayanés y subyace a las del Grupo Tunuí siendo este contacto marcado por nítida superficie erosiva de discordancia aparentemente angular, en cercanías del H94 (fuera del mapa, al norte); allí mismo se puede observar que las metalodolitas están cizalladas y ocurren como clastos en el metaconglomerado suprayacente; tal situación se repite en proximidad del H16, de Planadas y de caño Esperanza (pls. 1, 2, 8, 10, 18). Al parecer esta unidad falta en algunos tramos. Con estos últimos datos es todavía difícil optar por una de las siguientes posibilidades de correlación:

— La ocurrencia de clastos —que no de intraclastos— de metalodolita en el metaconglomerado suprayacente indica que los sedimentos iniciales habrían sufrido un proceso de litificación antes de llegar a suministrar material a los sedimentos del Grupo Tunuí; esto conduce a ver en estas capas los últimos restos de una secuencia sedimentaria de grano fino post-Complejo Guayanés y pre-Tunuí, depositada en las márgenes de la cuenca durante la fase subsidente inicial de suave doblamiento cortical;

— Por otro lado, el débil metamorfismo, de igual grado al de las rocas del Grupo Tunuí, sugiere que estas metalodolitas verdes forman parte estrecha de la sedimentación del Tunuí y que por lo tanto convendría incluirlas en este grupo.

En espera de nuevos datos que aportan claridad al asunto, se consideran aceptables ambas posibilidades y se mantienen, por el momento, las Metalodolitas Verdes separadas del Grupo Tunuí.

El Grupo Tunuí (p€Tu)

El Grupo Tunuí en la Serranía de Naquén está formado por una sucesión ininterrumpida de capas de metaconglomerados, metarenitas y metalodolitas; los diferentes espesores, frecuencias e interrelaciones de estos tres tipos de roca han permitido individuar en esta sucesión unidades litoestratigráficas de rango menor, que por el momento se prefiere presentar con los nombres y rangos informales de niveles 1 a 10 desde la base hacia el techo y que corresponden a los miembros Shanon (niveles 1 y 2), Piedras (nivel 3) e Ima (niveles 4 a 10) de la Formación Maimachi. Esto, no obstante se haya comprobado su continuidad a lo largo de toda el área entre Cerro Minas y el H17 y no obstante que rápidas inspecciones a las fotos aéreas hayan permitido observar la ocurrencia de estas mismas unidades en toda la serranía; se deja sin embargo para trabajos futuros el comprobarlo y la colocación de estas unidades en los rangos formales de formaciones. Las relaciones estratigráficas con las rocas subyacentes se observan en una serie de pequeños afloramientos dispuestos en la penillanura que se extiende al occidente de las estribaciones de la serranía desde el H113 en el norte hasta caño Raimundo en el sur (fuera del mapa); estas relaciones son de discordancia entre las Metalodolitas Verdes (p€mv) subyacentes y las capas de metaconglomerado y de metarenita conglomerática superpuestas, a lo largo de una superficie erosiva e irregular. En esta superficie, al occidente del Cerro Minas, los metaconglomerados parecen estar en contacto directo sobre las migmatitas del Complejo Guayanés (p€gu); mas, la mala exposición impide observar la zona de contacto con el necesario detalle (pls. 1, 2, 8, 10, 18).

Nivel 1–2 (p€tu 1–2): Se dio este nombre a una sucesión de unos 670 m de espesor (pls. 8, 18) formada por prevalecientes capas de metarenita media y fina de cuarzo que, por lo menos en el corte entre H95 y H101, se subdivide en tres horizontes bien definidos gracias a la ocurrencia en posición intermedia de capas de metalodolita. En detalle se vio:

— Un horizonte inferior de metarenita de cuarzo donde sobresalen dos metaconglomerados: el inferior es de cuarzo y líticos (metalodolita verde y metarenita de cuarzo); el superior

únicamente de cuarzo. Lateralmente ambos metaconglomerados pasan a metarenita gruesa conglomerática. Se observaron dos unidades granodecrecientes incompletas (pls. 8, 18) de origen en canales fluviales rápidamente migrantes; visto que esta parte de la secuencia fue descrita de manera convencional, sólo se quiere señalar la ocurrencia de este medio de depósito sin pretender extenderlo a la totalidad del horizonte. Este intervalo estratigráfico, que cruza completamente brechado al oriente de Planadas y Maimachi, se juzga "a priori" aurífero por los cochanos de oro extraídos por los mineros de los coluviones que lo recubren; ha sido poco muestreado. Sin embargo, algunas muestras de fragmentos de roca, recogidas en posición estratigráfica muy baja en las inmediaciones del H16, han arrojado resultados de 20 y 40 ppb de Au (pls. 1, 18). Estos datos provienen de roca ligeramente rudítica, meteorizada y muestreada de manera continua cubriendo un espesor de 3 metros con 5 kilos de roca (comunicación verbal: Timoleón Garzón).

— Un horizonte intermedio formado por capas gruesas planas y paralelas de metalodolita con estratificación interna lenticular y de metalimolita de cuarzo con estratificación interna ondulosa no paralela con locales láminas flaser. Estas características granulométricas y estructurales indican claramente que estas rocas tuvieron origen en medios de depósito localizados en el paisaje de llanuras de marea probablemente dentro de bahías. Este horizonte cruza al oriente de Planadas por el campamento de Ecominas y prosigue hacia el sur hasta por lo menos caño Zamuro, donde se recolectó una muestra de metalimolita grafitosa (pls. 8, 10, 11, 18). Se señala al lector que una muestra de fragmentos de roca recolectada en metalodolitas de cuarzo ha dado 40 ppb de oro (pl. 10).

— Un horizonte superior, normalmente mal expuesto, constituido por capas de metarenita media y fina de cuarzo; su mejor exposición se observó en las cascadas de caño Piedras donde se vio una unidad granodecreciente con patronamiento vertical de las estructuras internas significativo de la paulatina disminución hacia arriba de las condiciones energéticas del medio de transporte. La ocurrencia de esta unidad significa que dentro de los posibles medios de depósito que participaron en la construcción de la pila sedimentaria de este horizonte, hay el testimonio de una sedimentación en canales fluviales, probablemente meandriformes, rápidamente migrantes (pl. 8). Este horizonte conserva, al parecer, estas características en el área del caño Shanon sobre el corte H8—Maimachi (pl. 10). No se pudo observar el contacto superior de este horizonte, que no ha sido muestreado; se recomienda hacerlo comenzando por las cascadas de caño Piedras (pl. 18).

Nivel 3 (pEtu 3): Con este nombre se hace referencia a una sucesión de metalodolitas piritosas negras con intercalaciones, localmente importantes, de metarenita muy fina y de metalimolita de cuarzo; su espesor varía entre los 80 m sobre el corte de caño Piedras y 160 m en el corte entre H18 y Maimachi (pls. 9, 10, 18); está cubierto entre H95 y H101 (pl.8). No se pudo observar el contacto superior del nivel. Las metalodolitas se presentan en capas gruesas, planas y paralelas con estratificación interna lenticular por lentículas de metarenita fina de cuarzo. Las limolitas y las metarenitas presentan estratificación interna ondulosa no paralela con láminas flaser y en láminas claras y oscuras (por abundante metarcillolita entre los granos): su geometría se manifiesta bien sea como capas gruesas planas y paralelas o como capas mediás y delgadas cuneiformes. Estas características granulométricas, texturales y estructurales se dan en la actualidad en medios de depósitos ligados a pantanos de marea en cercanía de la desembocadura de ríos donde, probablemente en conexión con salidas de madre (crevasse splay), se observa la llegada del material fino arrastrado sobre el tondo por corrientes suaves provenientes del río (crevasse channel) o retrabajado por el mar en las llanuras de arena (sand-flats). El adelgazamiento que sufre esta unidad hacia el norte está en conexión con la ocurrencia de capas de grano grueso de origen fluvial encima del techo en cercanías del H11. En este intervalo estratigráfico sólo se recogieron algunas pocas muestras sobre el corte del H1 a caño Esperanza (pl.2).

Nivel 4 (pĒtu 4): Esta unidad forma el filo más bajo y occidental que se extiende desde caño Piedras en el norte hasta el área de caño Zamuro en el sur (pl.18). Tiene un espesor variable entre 90 y 120 m; sus mejores exposiciones se consiguen en el trayecto de H8 a Maimachi (pl.10), en el corte H1 a caño Esperanza (pl.2) y al occidente del filo donde está localizado el H11 (pls. 9, 18). Está formada enteramente por metarenitas gruesas a finas de cuarzo en capas de geometría cuneiforme; en cercanía del H11 se observó, en posición estratigráfica más bien baja dentro del nivel, una unidad granodecreciente incompleta. Dentro de las limitaciones impuestas por la exposición, se asume, en espera de ulteriores datos, que toda esta unidad estratigráfica representa el registro de sedimentación dejada en canales fluviales rápidamente migrantes. Una muestra de fragmentos de roca, recogida al azar en posición estratigráfica alta dentro del nivel, en el corte que pasa por el H8 (pl.10) dio valores de oro (D-72-5-C, 60 ppb). No se pudo observar el contacto superior de esta unidad.

Nivel 5 (pĒtu 5): Esta unidad litoestratigráfica, espesa entre 230 y 160 m, está compuesta por un horizonte inferior de metalodolitas prevalecientes y por un horizonte superior de metarenitas (pls. 3, 8, 9). Se ha cartografiado como una sola unidad debido al derrubio de bloques de metarenitas que normalmente cubre no sólo el contacto entre los dos horizontes sino también buena parte del horizonte inferior. La variación de espesor, que se acompaña a cambios de facies, se realiza a expensas del nivel inferior (pĒtu 4) y del nivel superior (pĒtu 6). En detalle se vio:

— Un horizonte inferior de metalodolitas piritosas negras, localmente grafitosas, en capas gruesas, muy gruesas, planas y paralelas, con estratificación interna lenticular por lentículas de metarenita fina y muy fina de cuarzo; se les intercalan capas planas y paralelas de metalimolita de cuarzo con estratificación interna ondulosa no paralela con láminas flaser esparcidas; se refiere el origen de estas capas a un medio de depósito colocado en una llanura de lodo mareal en cercanía de la llanura limosa de marea. El menor espesor de este horizonte en sus afloramientos septentrionales (pl. 9) con respecto a los meridionales (pl. 3) es forzoso referirlo a la llegada más temprana, en este lugar, de la facies arenítica de origen fluvial que caracteriza el horizonte suprayacente; esto, contemporáneamente, indica la **proveniencia** local de los sedimentos desde una dirección que tiene una fuerte componente norte y probablemente desde el noreste. Muestras de fragmentos de roca han dado valores de oro, especialmente la 3336 con 80 ppb (pl.9) y la A-73-12-C con 40 ppb (pl. 4).

— Un horizonte superior de metarenitas de cuarzo. Los afloramientos septentrionales de esta unidad, entre H95 y H101 (pl. 8), muestran una unidad granodecreciente incompleta y en general capas cuneiformes y una granulometría en la porción arenítica gruesa con franjas de metaconglomerado muy fino y fino de cuarzo que se vuelven más frecuentes hacia la parte alta; no obstante la escasez de datos sobre la textura y estructura interna de estas capas, es posible considerar su origen en ríos rápidamente migrantes. Hacia el sur, sobre la trocha que conduce del H4 a caño Piedras (pl. 9), los afloramientos muestran que la granulometría arenítica gruesa sólo ocurre en los metros superiores; al parecer, igual suerte ocurre al granodecrecimiento. Más aún, afloran delgadas intercalaciones de metalodolita entre capas planas y paralelas de metarenita fina de cuarzo con estratificación interna que localmente es ondulosa no paralela con láminas claras y oscuras (por la abundante matriz arcillosa entre los granos) y localmente con láminas flaser (estación A-83; pl.4); no se tiene claridad sobre el medio de depósito que originó estas capas, pero se puede afirmar que era de muy baja energía y alejado de los canales fluviales; sólo la parte más alta revela la instalación de un río. Fragmentos de roca recogidos al azar dentro de la parte superior arenítica gruesa de origen fluvial han proporcionado indicios de oro (muestra 3341-FR con 140 ppb; pl.9). Igualmente en otras posiciones estratigráficas (pls. 4,9) se han obtenido valores de oro (A-76-1-C, 40 ppb; A-57-1-C, 60 ppb; A-127-3-FR, 40 ppb) significativos si se tiene

presente que ocurren acompañados de numerosos otros datos que, dentro de las limitaciones impuestas por la exposición, ocupan posiciones estratigráficas próximas. Para este propósito se sugiere al lector la consulta de la plancha 2 del Informe Final. Esta posición estratigráfica amerita ser detenidamente explorada al sur; sobre las trochas que conducen del H3 al H1 y del H7 al H8 este horizonte aparece con un espesor menor (50–60 m) y con arenitas gruesas siempre hacia la parte alta (pl. 3).

Las consideraciones anteriores sobre el sentido de las variaciones granulométricas a gran escala, paralelo a los cambios ambientales vislumbrados, confirman lo susodicho acerca de la proveniencia local de los sedimentos desde el noreste, dirección desde la cual se produjo la progradación de las facies areníticas gruesas de significado fluvial sobre aquellas lutíticas originadas en el paisaje mareal; se pone en relieve que el intervalo fluvial del techo es portador de oro.

Nivel 6 (pEtu 6): Esta unidad litoestratigráfica presenta variaciones de espesor entre los 80 y los 110 m acompañadas de cambios de facies que se manifiestan al comparar sus afloramientos del noréste con los del suroeste; en efecto, mientras en los alrededores de caño Solo, H101 y de caño Lata (pls. 5, 6, 18,) la mayor parte de su espesor está compuesta de metarenitas localmente conglomeráticas, a partir de caño Eulogio hacia el sur empiezan a predominar metalodolitas que finalmente, en el trayecto desde H3 hacia caño Ima, interdigitadas con metalimolitas, ocupan la totalidad de los 80 m de espesor (pls. 3, 18).

En detalle se vieron, en el área septentrional, unidades granodecrecientes completas e incompletas con patronamiento vertical de las estructuras internas, significativas de la paralela disminución de la energía del medio que trasladaba una carga de fondo de arena guijosa; se han interpretado como el registro dejado por ríos con canales entrelazados muy cercanos a su desembocadura en una bahía con aguas tranquilas, poco profundas, influenciadas por mareas (con base en la estructura interna lenticular presente en algunas de las intercalaciones metalodolíticas); el área con influencias marinas más claras, en facies arenítica-limolítica-lodolítica, se encuentra en caño Eulogio y caño Piedras (intervalo estratigráfico entre A–61 y A–68; pl. 18).

En el área septentrional ocurre el metaconglomerado "Cuarzoso", cuya granulometría, sólo inferior a la de los metaconglomerados del Nivel 1–2, pone en relieve la progradación de las facies arenítico-rudíticas traídas por los ríos, ya iniciada y registrada en las capas del Nivel 5; y, por segunda vez, estas facies arenítico-rudíticas progradantes son las que manifiestan la ocurrencia de oro. El pozo Naquén 9 (pl. 14), que recuperó muestras lixiviadas infra y suprayacentes al "Cuarzoso", muestra en numerosas capas indicios de oro (N9–11, 140 ppb; N9–33, 100 ppb; N9–38, 30 ppb; N9–57 40 ppb; N9–68, 50 ppb) y con eso, la presencia de este metal en los sedimentos del entorno.

El conocimiento de la estratigrafía del área no permite todavía distinguir si fueron factores intrínsecos o factores extrínsecos al sistema fluvial los que causaron la progradación; es más probable que haya sido desencadenada por un solo levantamiento general del área fuente teniendo presente que los metaconglomerados líticos no pueden tener sino origen en la tectónica del área. En efecto, en la parte alta de este intervalo, por debajo de un horizonte metalodolítico (pl. 6) aparece una capa gruesa de metaconglomerado (el "Mamoludo") compuesto por guijarros y bloques redondeados de metarenitas de cuarzo. La composición lítica y el tamaño de los clastos (hasta de 84 cm) obliga a tomar en consideración la idea de una fuente "especial y cercana" de suministro de materiales; el contraste granulométrico con el infra y el suprayacente evidencia condiciones hidrodinámicas extremas y excluyentes al

tiempo que impone la idea de la abrupta formación de desniveles topográficos alargados a lo largo de una falla. Este evento expuso a la erosión una sucesión sílici-clástica ya litificada y por lo tanto pre-Tunuí: en efecto es improbable que el suministro de bloques de arenitas de cuarzo al metaconglomerado "Mamoludo" provenga de una parte baja del mismo Grupo Tunuí, visto que este metaconglomerado yace apenas 1.300 m encima de la base de esta secuencia que es continua, ininterrumpida y sin compacidad en ese entonces. En cuanto a la localización del área fuente se hacen las siguientes consideraciones: bloques de hasta 84 cm provenientes de la denudación de un área con rocas sedimentarias, transportados en un medio acuoso fluido, pueden haberse trasladado por distancias máximas del orden de kilómetros y sólo al noroeste de los afloramientos de caño Solo (pl. 18) se tienen áreas cercanas con afloramientos de migmatitas; un bajo topográfico contemporáneo se volvió receptor tanto de la sedimentación marina que se extendió hacia el norte, como de los productos traídos por ríos escurrentes en cortos abanicos aluviales. Ocurre oro en este metaconglomerado.

Por último, siempre para la parte alta metalodolítica de este intervalo en sus afloramientos septentrionales, se pone de relieve el resultado obtenido en el pozo Naquén 7 (pl. 18) en muestras frescas: N7-36, 600 ppb y N7-41, 800 ppb (pl. 12).

Nivel 7 (pĈtu 7): Esta unidad litoestratigráfica que forma Cerro Minas y el filo más alto de la serranía entre H4 y H10 (pl. 18), es una sucesión ininterrumpida de metarenitas de cuarzo. Examinada sobre la trocha que conduce desde caño Cachirri hasta caño Piedras pasando por el H4 (pls. 7, 9), muestra un espesor de 270 m; en tres posiciones estratigráficas se han reconocido unidades granodecrecientes incompletas originadas en canales fluviales desplazantes una carga de arenita gruesa a conglomerado fino; con esto no se quiere excluir la participación de otros medios de depósito en la construcción de la pila sedimentaria de esta unidad. Su espesor es constante a través de toda el área.

Se ha encontrado oro en fragmentos de roca recogidos en la parte baja de la sucesión (A-119-1-FR, 40 ppb; A-118-FR 40 ppb) (pl. 9), como en la parte alta (CM-76-FR, 120 ppb) (pl. 7); por la insuficiente exposición no se pudo comprobar si estos indicios de oro pertenecen o no a unidades granodecrecientes y por tanto no se puede asegurar que por tercera vez, el oro ocurra como respuesta a la progradación de facies arenítico-rudíticas; pero esta interesante probabilidad sí induce a recomendar para la exploración futura el reconocimiento de unidades granodecrecientes y su muestreo en estas dos posiciones estratigráficas. No fue posible observar base y techo de esta unidad; están siempre muy cubiertos por detrito de pendiente y por la vegetación.

Examinada en el área situada al norte de caño Piedras, se muestra compuesta allí también por una sucesión ininterrumpida de metarenitas de cuarzo; además, desde el área de caño Solo hasta la de caño Eulogio pasando por caño Lata (pls. 5, 6, 18) se ha reconocido encima de la base de la unidad una capa rudítica que ha sido llamada "Capagrande". Localmente es una metarenita muy gruesa de cuarzo con guijarros pequeños líticos esparcidos (S - 150 en las pls. 15, 18), o es un metaconglomerado de guijarros grandes líticos (S-156 en las pls. 15, 18), o es un metaconglomerado de guijos medios de cuarzo y de líticos en las cabeceras de caño Lata (pls. 5, 18), o una metarenita gruesa de cuarzo conglomerática por guijos medios de cuarzo y de intraclastos metalodolíticos en caño Eulogio (estación 1119 de la pl. 18). El adelgazamiento de "Capagrande" mostrado en la columna compuesta de la plancha 18 es la idea más probable mas no una observación y debe ser estudiada en detalle. En efecto, en casi todas las trincheras donde se han tomado muestras, se ha encontrado oro no obstante la profunda meteorización.

Por último un breve comentario sobre el significado tectosedimentario del metaconglomerado "Capagrande". En la estación S-157 (pls. 15, 18) el metaconglomerado se intercala con la metalodolita que normalmente lo subyace, mostrando la abertura de un canal fluvial de muy alta energía que de improviso abrió una brecha en el entorno de llanuras subacuáticas de inundación preanunciando el cambio de paisaje en el área causado, probablemente, por el levantamiento de un área fuente ocupada por rocas sedimentarias con removilización de terrazas rudíticas. Este evento fue seguido por una progradación de facies areníticas más que rudíticas que dejaron su registro en esta unidad.

Nivel 8 (pCtu 8): Esta unidad también es constante en espesor y en tipo de roca; mide unos 110 m y está formada por capas muy gruesas planas y paralelas de metalodolita piritosa negra con lentículas onduladas no paralelas de metarenitas finas de cuarzo (pls. 7, 18).

Probablemente se extiende por toda la serranía, pero ha sido examinada sólo entre caño Rabopelao y caño Cachirri. El contacto superior con la unidad suprayacente es irregular y erosivo. Su medio de depósito es el pantano de marea en una gran bahía y probablemente el pro-delta y, de nuevo, el pantano de marea. Esta unidad debe ser explorada detalladamente. Ha sido muestreada en el fondo de caño Mechas sobre las rocas que quedaron a la vista después de que los mineros extrajeron las delicadísimas filigranas arborescentes de oro, lavando el detrito allí depositado; el resultado de muestreo fue negativo; sin embargo, en una muestra de oro obtenida de los mineros se ha encontrado paladio: esto no demuestra nada pero sí da a pensar en la posibilidad de que esas esferas y dendritas de oro "secundario" (véase anexo 3) sean un indicio de oro y paladio precipitado en las lodolitas del Proterozoico inferior, que ahora se ha extraído mezclado con el oro supergénico. Por último y para mayor claridad, se relata que se ha visto oro dentro de estas metalodolitas, pero como partículas sueltas entre las diaclasas de la roca en los 30 cm más cercanos a la superficie actual de meteorización.

Nivel 9 (pCtu 9): Capas de metaconglomerado lítico (con guijarros de metarenitas de cuarzo) y de metarenitas conglomeráticas de cuarzo y de líticos marcan el comienzo de una sucesión de metarenitas de cuarzo, en los 100 m inferiores de la cual se han reconocido numerosas unidades granodecrecientes con paralelo patronamiento vertical de las estructuras internas que indican medios de depósito en canales fluviales rápidamente migrantes (pls. 7, 18). Los 130 m superiores, aunque observados de manera rápida, están compuestos al parecer por unidades areníticas granodecrecientes. Se ha observado oro no sólo en las capas conglomeráticas suprayacentes a la superficie basal (CM-214-5, 90 ppb; CM-214-3, 60 ppb; CM-214-2, 30 ppb), sino también en fragmentos de roca provenientes de tres posiciones stratigráficas más altas (CM-102-FR, 40 ppb; CM-101-FR, 40 ppb; CM-107-FR, 40 ppb y CM-40-FR, 40 ppb). Hacia el norte, en esta misma posición stratigráfica, cerca del H24b, se han obtenido estos resultados: F-14-FR, 120 ppb; 3763-FR, 80 ppb; F-17-FR, 160 ppb.

Este metaconglomerado, al cual se puso el nombre de "Mechas", y la sucesión metarenítica superpuesta son de origen fluvial y se superponen a un nivel depositado en condiciones de muy baja energía. Como en el caso de la base del nivel 7, la nueva progradación se manifiesta con la llegada de materiales suministrados por una fuente cercana constituida por rocas sedimentarias, transportadas por aguas muy fluidas de alta energía, en canales de ríos; probablemente fue removilizado el material de terrazas rudíticas. La sucesiva progradación de facies areníticas muy gruesas, trae de nuevo, por cuarta vez, el oro. Se pone de relieve la profunda meteorización de este intervalo.

Nivel 10 (pCtu 10): Recorriendo aguas abajo el caño Cachirri, (pls. 7, 18), a partir de la segunda cascada, se tiene una sucesión de más de 160 m de capas muy gruesas (hasta 5 m de

espesor) cuneiformes y cubetiformes de metarenitas medias y finas de cuarzo con estratificación interna formada por juegos de escala muy gruesa de láminas cóncavas a inclinadas angulares y tangenciales. Estos pocos datos no permiten su colocación en un medio depósito; sólo se comentará que estas capas registran la llegada de carga de fondo arrastrada por un medio muy fluido. Este intervalo no ha sido muestreado.

Las fotografías aéreas indican que la sucesión prosigue por otros centenares de metros.

Area de caño Loco: En el extremo suroriental del mapa geológico (pl. 18) están indicadas unas unidades litoestratigráficas; desdichadamente, el corto tiempo impidió que se pudieran hacer las equivalencias entre estas unidades y aquellas que llegan desde el norte y se estrellan por debajo de la falla cabalgante de Api. Por esto, en el mapa no hay símbolos que especifiquen los nombres de las unidades.

Esta área es interesante no sólo porque es la que más oro supergénico ha producido por la amplitud de sus explotaciones y la concentración del oro, sino porque en una zona restringida y aurífera se tiene la posibilidad de estudiar los diferentes orígenes del oro sin excluir la eventualidad de que la roca fresca ofrezca algo más que indicios de oro. En efecto, aquí hay:

— **Metalodolitas** en diferentes posiciones litoestratigráficas; las de caño Polvo son subyacentes (?) a las de caño Ventura, Lilia, Peste, Loco y **Minavieja**, que a su vez subyacen a las de caño Cochana.

— Niveles de metarenitas infra y suprayacentes a estos niveles de metalodolitas, algunos de los cuales presentan unidades auríferas según demuestran los resultados analíticos sobre muestras de fragmentos de roca: 533—FR, 70 ppb; K—5—C, 40 ppb; 12438—FR, 200 ppb; B—81—AP, 40 ppb; B—63—FR, 160 ppb; 691—FR, 110 ppb). Al parecer, todos estos valores provienen de la parte inferior del Nivel 4 (p ϵ u 4).

— Capas de arenita muy gruesa conglomerática por guijarros líticos y guijos de cuarzo; observadas en las cabeceras de caño Polvo, al parecer prosiguen en dirección a caño Loco. En caño Polvo se machacó un kilo de matriz y se concentró en batea observándose dos pintas de oro.

— Venas de cuarzo con probable removilización de oro; en caño Polvo se observaron, con lupa de 10 aumentos, dos muestras con oro. Naturalmente la ocurrencia de venillas de cuarzo no es exclusiva de esta zona, al contrario, venas delgadas (< 2 cm) y cortas (<100 cm) entrecruzadas se observan en cualquier nivel metarenítico y raramente en las metalodolitas; venas de cuarzo anchas (algunos centímetros) y largas (algunos metros) son raras. Durante el trabajo estratigráfico no se hizo un muestreo sistemático de estas venas.

Vista de conjunto

El cuadro resumen que se presenta con la Tabla 2, ha sido logrado reuniendo los datos que aparecen en las columnas y en el mapa geológico (pls. 1 a 10 y 18), con base en los cuales se pueden hacer las siguientes observaciones:

— Los horizontes rudíticos muestreados tienen oro, al parecer independientemente de su mayor o menor contenido en líticos; hasta el momento se han hallado entre 6 y 7 horizontes profundamente meteorizados; de estos, el "Mamoludo", "Capagrande" y "Mechas" han sido muestreados de forma sistemática:

TABLA 2 : RESUMEN DE LAS RELACIONES ORO/GRANULOMETRIA/ MEDIOS DE DEPOSITO

Posiciones estratigráficas muestras auríferas	Granulometría y composición	Estaciones con muestras anómalas	Referencia	Medios de deposito	Observaciones
NIVELES					
Horizontes, y conjuntos de capas					
Los 100 metros inferiores	Arenita gruesa de cuarzo	F-14, F-15, F-17, 3763	Fig. 2	Canal de rfo meandriforme	Roca meteorizada
9	Metaconglomerado del "Mechas"	CM-102, CM-101, CM-40, CM-107, CM-214-5, CM-214-3, CM-214-2.	Fig. 2 Pl. 7 Pl. 7	Canal del rfo meandriforme Canales del rfo entrelazado	Roca meteorizada Roca meteorizada
8	Metalodolita de Caño Mechas	Lodolita	Anexo 3	Llanura de lo- do	Oro con paladio
Parte alta	Arenita muy gruesa de cuarzo a conglomera- do fino de cuarzo	3632, C58, C75, C77, CM-76, 3269	Fig. 2 Pl. 7	Canal del rfo meandriforme	Roca meteorizada
7	Parte baja	Arenita muy gruesa a conglomerado muy fino de cuarzo	Pl. 9	Canal del rfo meandriforme	Roca meteorizada
Metaconglomerado "Capagrande"	Arenita muy gruesa de cuarzo a conglomera- do por guijjarros líficos	S-156, S-157, S-159, S-162 S-150 *	Fig. 2 Pl. 6	Canales y barras en rfo entrelazado de abanico aluvial	Roca meteorizada
6	Metalodolita	Lodolita	Anexo 4	Llanura subacuá- tica de inundación	Roca fresca
Metaconglomerado "Mamoludo"	Conglomerado de guijarros y bloques de líficos	S-154, S-155, S-158, S-160 *	Pl. 6	Rfo entrelazado en abanico aluvial	Roca meteorizada
Metaconglomerado "Cuarzoso"	Conglomerado me- dio y fino de cuarzo, meta. muy gruesa conglom. de cuarzo	Pozo Naquén 9 S-153, S-161 *	Pl. 6	Rfos entrelazados cerca a su desembo- cadura en bahía	Roca fresca Roca meteorizada

Continúa:

Continuación Tabla 2:

Posiciones estratigráficas muestras auríferas		Estaciones con muestras anómalas	Referencia	Medios de deposito	Observaciones
Horizontes y conjuntos de capas		Granulometría y composición			
5	Horizonte superior de metarenitas	Arenita gruesa de cuarzo	Pl. 9 Pl. 4 Pl. 10	Canales de ríos meandriformes?	Roca meteorizada
	Horizonte inferior de metalodolita	Arenita de cuarzo	Pl. 4 Pl. 9	?	Roca meteorizada
4	Metarenita conglomer. en la parte inferior	Arenita muy gruesa conglomerado de cuarzo y líficos	Fig. 2 Pl. 10	Canales de río meandriforme	Posición estratigráfica dudosa
1-2	Horizonte intermedio de metalodolita	Arenita de cuarzo	Pl. 10		Roca meteorizada
	Metaconglomerado "Segundo" ciente	Arenista muy gruesa de cuarzo con glomerática por guijos de cuarzo	Pl. 8	Canales de río entrelazado	Roca meteorizada
	Metaconglomerado "Basal" ciente	Arenita muy gruesa de cuarzo conglomerática por guijos de cuarzo y líficos	Pl. 1	Canales de río entrelazado	Roca meteorizada

* Sobre estas posiciones estratigráficas, véanse los resultados del muestreo sistemático en las planchas 12 a 17.

- Las unidades areníticas auríferas, son granodecrecientes (la mayoría claramente), de grano grueso, muy grueso y de cuarzo; el reconocimiento de estas unidades ha sido local y su muestreo ocasional; la roca está profundamente meteorizada.
- En las metalodolitas el muestreo no fue sistemático y por lo tanto quedan abiertas las posibilidades de que se traté de oro proterozoico o de oro supergénico. Interesante es el resultado obtenido en el pozo N7.
- Con excepción de los niveles 3 y 10 (no muestreados sistemáticamente) todos los niveles tienen intervalos auríferos.
- En conclusión, el oro está presente en varios intervalos de la columna; ocurre con mayor frecuencia en granulometrías rudíticas y areníticas gruesas sedimentadas en medios de depósito de canales fluviales. Los indicios de oro mezclado con paladio apoyan la posibilidad de oro precipitado en las metalodolitas. De acuerdo a los criterios de la reconstrucción ambiental es necesario examinar al microscopio electrónico las pintas de oro y hacer un remuestreo de los intervalos.
- El mapa geológico muestra unidades litoestratigráficas constantes sobre el área considerada; sin lugar a dudas éstas continúan hacia el norte y hacia el sur. En los detalles se notan variaciones en algunos niveles (pEtu 4, pEtu 5, pEtu 6, pEtu 7) hacia términos más areníticos y de granulometría más gruesa en sentido noreste.
- En cuanto a la reconstrucción de los medios de depósito registrados por estas unidades, la labor realizada permitió deducir medios de depósito aislados los unos de los otros y los más fácilmente reconocibles; lo ideal es llevar a cabo una labor, parecida a la conducida para obtener columnas temáticas, sobre todo el espesor de la columna previamente destapada.
- La alternancia y, parcialmente, la interdigitación entre rocas de origen en llanuras arenosas y lodosas de marea con rocas de origen fluvial es una simplificación que se origina en el tiempo asignado a las tareas de levantamiento; sin duda, las actividades futuras demostrarán una gama de medios de depósito más variada y completa; sin embargo, las deducciones iniciales son suficientes para afirmar que el paisaje dominante donde se depositaron los 1.900 m iniciales del Grupo Tunuú fue deltaico y se caracterizó por avances fuertes y perdurables de un mar bajo hacia el entrotierra y fuertes y perdurables progradaciones de las facies fluviales hacia el mar.

LOS MEDIOS DE DEPOSITO

Las premisas que sugirieron realizar la labor encaminada a deducir los medios de depósito de la parte alta del nivel 6 (pEtu 6) y de la parte baja del nivel 7 (pEtu 7) en los afloramientos de caño Solo, así como los de la parte baja del nivel 9 (pEtu 9) en caño Mechas, fueron:

- Los modelos sobre el origen sedimentario de la acumulación del oro en los yacimientos de Witwatersrand (PRETORIUS, 1.977a y 1.977b) y de la Jacobina (SIMS, 1.975);
- El hallazgo de afloramientos aislados de metaconglomerados con algunos valores de oro.

Se juzgó que el reconocimiento de los mecanismos de transporte y de acumulación de los sedimentos auríferos, combinado con el muestreo de roca fresca sobre afloramientos adyacentes a los de las columnas, podía comprobar la validez de los modelos surafricanos y brasileros para la secuencia de Naquén y la utilidad del método de investigación propuesto.

La columna temática de caño Solo:

Esta corta sucesión de capas está localizada en el caño Solo desde aproximadamente la estación S—30 hasta casi la divisoria de aguas con caño Pava y de allí hasta la estación S—150 (pl. 18, anexo 1). Las características de las rocas levantadas en el campo se consignan en el anexo 1, pero, para el proceso de análisis e interpretación, se hará referencia únicamente a las figuras 2a, 2b y 2c; para fines de exposición de la secuencia se procederá por unidades de rango menor llamadas segmentos, que se han individualizado por la presencia o variación de algún parámetro o grupo de parámetros y se han indicado con números progresivos de intervalos. En este aparte se hará uso de términos puramente sedimentarios.

Segmentos 1 y 2: La unidad inferior (fig. 2a.) es una secuencia granodecreciente incompleta (por falta de exposición de su parte inferior). Se observa que la clase granulométrica modal y el tamaño máximo de los granos de cuarzo se desplazan verticalmente hacia términos más finos; las estructuras internas se distribuyen según un patrón en el cual los juegos de láminas pasan de escala media a delgada. Con estos parámetros, significativos de niveles energéticos aminorantes hacia arriba (HARMS et al., 1.975:68—76), se puede afirmar el origen fluvial de esta secuencia (ALLEN, 1.970a, 1.970b), con la particularidad que el transporte de la carga de fondo dentro del canal sufría breves aceleraciones que traían láminas de guijos gruesos esparcidos o erosionaban el fondo limoso para depositar lentes de arena; la parte superior de lodolita, con la lente de conglomerado intercalada, muestra que el lugar de baja energía quedaba expuesto al regreso de condiciones energéticas altas y por tanto era muy cercano al flujo principal.

En la unidad superior (fig. 2a.) la variación granulométrica de la clase modal se manifiesta como una alternancia entre valores extremos sin tendencia en sentido vertical; el tamaño máximo, sin embargo, primero disminuye y luego vuelve aumentar; esta observación es decisiva para considerar esta secuencia como el registro de la migración por este lugar de un segundo río. Queda abierta la posibilidad de interpretar esta secuencia como la reactivación del primer canal temporalmente ocupado por depósitos de baja energía. En conclusión, variaciones en la descarga, aguas estancadas al lado del flujo principal, con reactivación del canal o con ocurrencia de un nuevo canal que muestra granocrecimiento con el tamaño máximo de los granos, son características de las condiciones sedimentarias observadas en barras y canales longitudinales de ríos entrelazados (COLLINSON et al., 1.977:2—11; RUST, 1.972:232).

Segmento 3: Esta unidad, de ocho metros de espesor, ha sido llamada metaconglomerado "Cuarzoso"; encima de una superficie ondulosa erosiva (fig. 2a.) se desarrollan capas, prevalentemente gruesas y medias, convergentes, de conglomerado medio a fino de cuarzo y de arenita gruesa a fina de cuarzo; verticalmente se nota un granocrecimiento poco acentuado pero claro tanto de la clase modal como de los tamaños mínimo y máximo; la estructura interna es en láminas inclinadas angulares y tangenciales en juegos que son sólo de escala media y delgada y que por tanto no evidencian un claro patronamiento vertical; con estos datos se puede interpretar esta secuencia como el registro de sedimentos depositados en el canal de un río (ALLEN, 1.970a: 128, 129) que trasladó, en condiciones de gran fluidez, la carga de fondo de arena guijosa bajo forma de dunas migratorias. La alternancia de las capas areníticas con las rudíticas, marcada por acentuadas superficies de erosión en la base de estas últimas, y la existencia de capas con estratificación interna maciza (con algunas láminas horizontales locales) por el fuerte aventeamiento, completan el cuadro de un transporte de carga de fondo por medio de flujos múltiples de corriente que reelaboraban el fondo (COLLINSON, 1.978:43). Estas condiciones de sedimentación son comparables con las del modelo de río entrelazado (COLLINSON, 1.978:43—46).

Al techo, el depósito de lodolita negra es el de menor energía dentro de las deducibles de las demás partes de la sucesión y se compara con los sedimentos que actualmente ocurren encima de las márgenes de un río, fuera del canal (ALLEN, 1.965a: 124, 125, 128) en la llanura aluvial. El oro, por análisis de AA en muestras relativamente frescas del pozo N9 (pl. 14) ocurre con mucha mayor frecuencia en esta misma unidad entre los 22 y los 39 metros de profundidad; al contrario, en posiciones infra y suprayacentes, la ocurrencia de oro es esporádica. Este hecho sugiere claramente una relación estrecha entre oro y granulometría arenítico-rudítica y por ende entre oro y progradación de facies rudíticas de origen fluvial provenientes del noreste.

Segmento 4: Sobre una superficie ondulosa erosiva (fig. 2a.) se desarrolla una unidad que se caracteriza por el granocrecimiento de la clase modal; los tamaños máximos señalan descargas momentáneamente más elevadas; las estructuras internas confirman estas condiciones hidrodinámicas al mostrar láminas planas y paralelas en el tamaño de arena media significativas de lechos planos superiores (HARMS et al., 1.975, fig. 2-5). Por esta razón se prefiere considerar esta secuencia como el registro de un depósito encima de la llanura aluvial (COLLINSON, et al., 1.977:3-13) causado por salidas de madre provenientes de un río cercano y actuantes por descargas fuertes, cortas y explayadas (crevasse splay); los lentes con tamaños rudíticos, cuya base es erosiva, se interpretan como resultado de cortos episodios de formación de canales. En la parte más alta, aparece una capa de lodolita negra que indica el regreso de condiciones energéticas de muy baja energía características también de la llanura aluvial.

Segmento 5: No está expuesto el contacto inferior de este segmento (fig. 2b); una superficie de discontinuidad ondulosa erosiva lo limita al techo. Se trata de una secuencia de grano marcadamente más fino que el grano de la subyacente: capas gruesas planas y paralelas son de arenita fina y muy fina en la parte inferior y de limolita alternante con arenita muy fina en la parte superior; los tamaños máximos y mínimos siguen los desplazamientos de la clase granulométrica modal; las estructuras internas son láminas onduladas no paralelas y láminas inclinadas reunidas en juegos cuneiformes y cubetiformes de pequeña escala. La composición es de cuarzo. La geometría plana y paralela de las capas y su neta separación se han interpretado, dentro de las limitaciones impuestas por la amplitud del afloramiento, como indicativas de un medio sedimentario lateralmente persistente (VISHNER, 1.965:42); la secuencia facial representa el registro de la migración de lechos de ondulitas de arena y de limo de escala delgada trasladados por flujos en régimen inferior (HARMS et al., 1.975, fig. 2-2 y 2-5), aunque con aceleraciones y desaceleraciones del medio acuoso muy fluido. Estas deducciones, comparadas con procesos análogos y productos actuales (COLLINSON et al., 1.977:3-10 a 3-15 y fig. 3-11), permiten concluir que esta secuencia facial constituye el relleno de una llanura aluvial producido por inundaciones por encima de los malecones (overbank floodings).

Segmento 6: Encima de una superficie de discontinuidad ondulosa erosiva (fig. 2b) se desarrolla una corta sucesión de capas medias y delgadas, cuneiformes y convergentes, cuya clase granulométrica modal, inicialmente granocreciente y luego granodecreciente, se desplaza desde arenita muy fina a arenita gruesa y luego a arenita fina alternante con limolita; los tamaños mínimo y máximo siguen los desplazamientos de la clase modal; las estructuras internas son láminas inclinadas reunidas en juegos cuneiformes de escala media y láminas onduladas no paralelas. La composición es de cuarzo. Estos datos, desde el punto de vista de la energía del medio, significan que al inicio las condiciones hidrodinámicas eran las correspondientes al régimen inferior, similares a aquellas que caracterizaron el segmento subyacente, pero en un flujo confinado; luego estas condiciones pasan a las correspondientes a la parte alta del régimen inferior (REINECK y SINGH, 1.975, fig. 2) para de nuevo bajar;

esto es análogo a las condiciones que se dan en las llanuras aluviales cuando el material desbordado se encausa en un canal donde se desarrolla la secuencia granodecreciente (COLLINSON et al., 1.977:3-13 y fig. 3-11).

Segmento 7: El contacto inferior de esta capa muy gruesa, plana y paralela (fig. 2b) es plano e irregular en detalle, pero poco marcado; la granulometría se mantiene en la fracción arenítica dentro de la porción media con tamaño máximo en arena gruesa; estructuras internas son juegos cuneiformes y cubetiformes de láminas inclinadas de escala media y delgada. La parte superior del segmento es una capa cuneiforme de lodolita negra. Se está en presencia de un lecho migrante de dunas de arena, cuya fuerte diferencia granulométrica, con respecto a la clase del subyacente, fue motivo para separar esta secuencia de la anterior no obstante la superficie de discontinuidad poco marcada. La uniformidad textural de la secuencia no se compagina con los productos dejados por súbitas incursiones de arena traída por los desbordamientos desde un río cercano; se prefirió por lo tanto considerar esta secuencia como el producto de otro canal de desborde no completamente desarrollado; el depósito lodolítico en el techo de la secuencia indica el alejamiento definitivo del río y la consecuente instalación del medio de depósito que representa la menor energía dentro de la llanura aluvial.

Los segmentos 5, 6 y 7 registran un sistema semipermanente de salidas de madre por medio del cual se llegó a la colmatación de depresiones adyacentes al río, pertenecientes al paisaje de la llanura aluvial. Se cree que secuencias de este tipo son las menos favorables para la ocurrencia de oro.

Segmento 8: La secuencia comprendida por este segmento (fig. 2b) con espesor de 8 m, está formada por arenitas de cuarzo con excepción de los 80 cm. superiores donde ocurren intercalaciones de lodolita negra. En detalle, se observa: sobre una superficie de discontinuidad fuertemente irregular y erosiva, una sucesión de capas gruesas, medias y delgadas cuneiformes y cubetiformes, de arenitas de cuarzo, caracterizada por granodecrecimiento vertical tanto de la clase granulométrica modal como del tamaño máximo; las estructuras internas están constituidas por láminas inclinadas reunidas en juegos cuneiformes de escala media y delgada. El significado hidrodinámico de esta facies es el de la migración de lechos iniciales de dunas de arena y luego de ondulitas de arena y demuestra niveles energéticos, aminorantes hacia arriba, de un fluido que transportó una capa arenítica en el fondo de un canal meandriforme migrante lateralmente (HARMS et al., 1.975:68-76; HARMS y FAHNESTOCK, 1.977:109-111, fig. 9; ALLEN, 1.970a:128, 141, 144 y figs. 1 y 9); los guijos finos de cuarzo indican la zona de mayor energía del canal donde se quedan los granos de mayor tamaño: el rezago de canal; estos intervalos estratigráficos, de espesor variable, son los más favorables para el hallazgo de oro.

En los 80 cm superiores, capas delgadas y lentes de arenita fina y de lodolita arenosa (localmente arenita lodosa) se intercalan e interdigitan sin presentar verticalmente tendencia alguna ni en las variaciones del tamaño de grano ni en las estructuras internas. En cuanto al significado hidrodinámico y ambiental de esta facies, el depósito de lodolita es él de menor energía, dentro de las deducibles de las demás partes de la sucesión y es comparable con aquellos sedimentos que actualmente ocurren fuera del canal sobre las márgenes de un río, en una llanura subacuosa de inundación. La base erosiva de las arenitas y la interdigitación con las lodolitas indican que este medio de depósito de baja energía era sometido a cortas y pequeñas entradas de corrientes portadoras de lechos de arena, según una modalidad que actúa encima de los malecones (levee) por expansión de material desbordado en depresiones inundadas adyacentes a un río (COLEMAN, 1.969:231-232; COLLINSON, et al., 1.977:3-13 y fig. 3-11).

Segmento 9: Sobre una superficie de discontinuidad ondulosa y erosiva (fig. 2b) se desarrolla una corta sucesión, poco expuesta, de capas medias y delgadas, cuneiformes; en la mayor parte de su espesor, la sucesión está constituida por arenitas de cuarzo, granodecrecientes en sentido vertical, que pasan de la porción gruesa a la fina; en la parte alta, lentes de lodolita negra se intercalan con capas delgadas cuneiformes de arenita gruesa de cuarzo, cuyas bases son superficies de erosión. Estos parámetros, similares a los del segmento anterior, registran los depósitos dejados por un río tanto dentro del canal meandriforme como en las depresiones inundadas adyacentes. Sin embargo, en esta sucesión hay dos tipos de estructuras internas sumamente dicentes para refinar la imagen del paisaje con sus medios de depósito: en la capa de arenita fina de la parte alta de la sucesión, depositada dentro del canal, hay láminas flaser simple, flaser ondulosa y flaser ondulosa bifurcada de lodolita (REINECK y SINGH, 1.975, figs. 164, 165, 166, 167 y 172), lo que demuestra la influencia del mecanismo peculiar de las mareas dentro del canal (DÖRJES y HOWARD, 1.975:150, 151); en las capas de lodolita hay una estructura interna definida como lenticular por lentículas de arenita fina de cuarzo (REINECK y SINGH, 1.975, figs. 173, 176, 184), que demuestra la influencia de las mareas, esta vez en las depresiones adyacentes al río. De esta forma se llegó a la conclusión del paisaje de ríos distributarios y bahías (fig. 2b). Esto concuerda con lo observado anteriormente, de un cambio de facies que afecta el nivel 6 (p ϵ tu 6) (pl. 18), al comparar los afloramientos del sur (pls. 9, 3) de metalodolita negra de origen en llanuras mareales, con los afloramientos del noreste (pls. 6, 8, 5) de origen fluvial y en cercanía de bahías. Estos ambientes de baja energía, salobres y estuarinos se han indicado como favorables al crecimiento de los procariotes y por lo tanto a la precipitación de oro durante el Proterozoico (PRETORIUS, 1.977a: 1, 10, 11, 12, 16, 18; PRETORIUS, 1.977b: 58–60, 65).

Segmento 10: Sobre una superficie erosiva (fig. 2b) alternan capas medias y delgadas, planas y paralelas de arenita media y fina de cuarzo y de lodolita; la estructura interna de las arenitas es ondulosa no paralela y en láminas inclinadas reunidas en juegos cuneiformes de escala delgada; la estructura interna de las lodolitas es la lenticular por lentículas de arenita muy fina de cuarzo. La geometría de las capas sugiere un medio abierto de flujo no confinado donde la migración de lechos de ondulitas de arena prevalecía sobre la ocurrencia de aguas quietas con influencias mareales. Por comparación de estas características con aquellas que existen en barras menores frente a la desembocadura de pequeños ríos (COLLINSON, 1.977, fig. 3-11), se llega a definir esta sucesión como un registro de barra frontal (mouth bar) acompañado de una pequeña bahía interdistributaria.

Segmento 11: Sobre una superficie suavemente ondulante (fig. 2b) reposan capas de arenitas de cuarzo granodecrecientes en la clase modal; encima, se intercalan lentes y capas de lodolita negra dentro de capas de arenita muy fina. Estas mismas características se han reconocido e interpretado en el segmento 9; por lo tanto este segmento también registra el depósito en un canal de río distributivo, cubierto por los depósitos de malecón (o dique natural), probablemente subacuáticos allí donde estos se interdigitan con los depósitos dentro de la bahía adyacente.

Segmento 12: Sobre una superficie ondulosa erosiva (figs. 2b y 2c), se desarrolla una sucesión de capas gruesas y media en la parte inferior, por debajo del intervalo cubierto, y de capas gruesas, planas y paralelas encima del intervalo cubierto (fig. 2c). Se reconoce un granodecrecimiento en la vertical desde arenita fina a arenita muy fina de cuarzo: las estructuras internas pasan de láminas inclinadas reunidas en juegos grueso y medio, a láminas inclinadas reunidas en juegos delgados cuneiformes.

Las condiciones hidrodinámicas, deducibles de estos datos, indican migración de lechos de

dunas y de ondulitas de arena impulsados por fluidos en régimen inferior (REINECK y SINGH, 1.975, fig. 2) pero probablemente con ligera disminución de la velocidad de la corriente (HARMS et al., 1.975, fig. 2-5). Estas secuencias faciales, con sus significados hidrodinámicos pueden referirse a un medio de depósito de canal de un río; de otro lado, la geometría plana y paralela de las capas sugiere la persistencia lateral y la constancia del proceso sedimentario (VISHER, 1.965:42). En conclusión, se amplía la gama de medios de depósito que tienen estas características: canal ancho y profundo de un río, barra frontal, playa, barra de barrera (barrier bar), llanura mareal de arena, entre otros; por demás, el paisaje subyacente se caracteriza por presentar una variada serie de medios de depósito. Esto impidió que se pudiera reconstruir el medio de este segmento.

Segmento 13: Sobre una superficie irregular (fig. 2c), yace una capa convergente de conglomerado lítico "Mamoludo" por granos rudíticos (60%) de arenitas de cuarzo y de intraclastos lodolíticos en matriz (40%) de líticos y de cuarzo; se tomaron los siguientes datos complementarios: los granos son redondeados; la clase prevaleciente es la de guijarro pequeño a grande; el tamaño máximo de los granos cae en la clase de bloque grande (la dimensión máxima medida fue de 84 cm); la armazón es de bloques y guijarros en contacto longitudinal, tangencial y localmente flotantes en matriz de amplio rango granulométrico que va de arenita fina hasta guijo grueso; la composición es de líticos (70%), intraclastos (5%) y cuarzo (25%); la estratificación interna es maciza, con pocos clastos inclinados y horizontales; unos guijos están imbricados encima de la superficie de reactivación cercana al techo; en la parte alta, entre el conglomerado y la lodolita, se intercala una capa gruesa de arenita gruesa de cuarzo con estratificación interna en láminas cubetiformes reunidas en juegos de escala media. Estas facies indican condiciones energéticas elevadas del medio de transporte acuoso, confinado, fluido y pulsante que lograba momentáneamente el movimiento libre de los bloques. Un medio de transporte, que actúa localmente seleccionando algunos de los granos rudíticos más gruesos disponiéndolos de forma horizontal, inclinada e imbricada es comparable con aquél que lleva al crecimiento vertical y a la progradación aguas abajo de una gran barra longitudinal (HARMS et al., 1.977:139) en un río entrelazado que desplaza una carga de fondo guijarrosa (COLLINSON, 1.978:21-25). Encima de la barra, tuvo lugar una sedimentación arenosa que explica, por infiltración posterior, la presencia de los granos de arenita fina dentro de la matriz del conglomerado. La gran energía necesaria para obtener, **aunque sea localmente, un conglomerado** de guijarros clasto-soportado de origen fluvial, es concebible únicamente si se sitúa a este río entrelazado sobre la superficie inclinada de un abanico aluvial en cercanías de su apex (COLLINSON, 1.978:42-48, fig. 3-36). Lateralmente, en el pozo N8 (pl. 13) y en los afloramientos al noreste y al suroeste del S-154 (pl. 15), la facies cambia a arenita muy gruesa de cuarzo, conglomerática por guijos y guijarros líticos flotantes; estas variaciones granulométricas laterales se obtienen con pequeñas fluctuaciones en la energía del flujo (WALKER, 1.975, figs. 7a, 7b) que hacen rodar y concentran los bloques suspendiendo las arenas o sedimentan las arenas gruesas rezagando los guijarros (HARMS et al., 1.975: 139). Estos dos tipos de depósito son por lo tanto efectuados por el mismo río en un solo cauce y pasan lateralmente del uno al otro (fig. 2c). Un segundo tramo donde el río creó otra barra longitudinal de conglomerado de guijarros clasto-soportado se observa en la trinchera S-158 (pl. 15).

La composición lítica de los tamaños rudíticos y la cuarzosa de los tamaños areníticos —no se ha observado cuarzo en la fracción rudítica— indica claramente que el material lítico proviene de una fuente colocada, como se dijo, al noroeste y diferente a las que han estado suministrando materiales a esta área de sedimentación; el producto final es una mezcla de materiales provenientes de dos fuentes.

El oro participa de estos procesos sedimentarios. Ya se había puesto en relieve que el oro

ocurre en numerosas posiciones estratigráficas de composición cuarzosa. Ahora bien, si se observan las columnas estratigráficas del conglomerado "Mamoludo" (pl. 15) se ve que se obtuvieron valores de oro más frecuentes y más altos en los conglomerados clasto-soportados que en los conglomerados matriz-soportados; despreciando por el momento el efecto de la meteorización que puede en teoría cambiar por completo las concentraciones iniciales de oro, es forzoso concluir:

- La energía concentró los clastos del conglomerado y el oro que estaba en los sedimentos cuarzosos.
- Los mecanismos de acumulación del oro son sedimentarios.
- Hay que buscar el oro en aquellas partes de las unidades sedimentarias que fueron depositadas bajo condiciones de alta energía.

Segmento 14: Sobre una superficie ondulosa (fig. 2c) ocurren 24 m de lodolita negra observada en el fondo de una trinchera hecha para apreciar en detalle sus características: en la mitad inferior hay estructuras internas lenticulares por lenticulas de arenita muy fina de cuarzo, lo que permite referir esta parte a un medio de depósito de llanura mareal de lodo; en la mitad superior, no se apreció estructura interna alguna, lo que sugiere que ésta puede haberse sedimentado en una llanura subacuática de inundación. Esta parte contiene una lente espesa de conglomerado de guijarros líticos clasto-soportado (S-157; pl. 15), cuyo significado ambiental es similar al descrito para el conglomerado "Mamoludo". La variación del medio de depósito se relaciona con un avance marino hacia el norte seguido por un retroceso que preanuncia el nuevo levantamiento en el noroeste de esta área con proyección de una nueva capa de conglomerado, producto de una creciente instantánea.

Segmento 15: Sobre una superficie irregular erosiva (fig. 2c) se desarrolla el metaconglomerado "Capagrande", que es una sucesión de capas de conglomerado, de arenitas conglomeráticas y de arenitas; examinada en detalle, se tomaron los siguientes datos: la unidad mide 4,60 m y empieza con una arenita de grano medio de cuarzo superpuesta por una capa de conglomerado de guijarros pequeños, redondeados, de líticos (por arenitas de cuarzo); sin embargo, la mayor parte del espesor está formado por capas gruesas, medias y delgadas, onduladas a planas y paralelas de arenitas muy gruesas y medias de cuarzo alternativamente más o menos conglomeráticas por guijos gruesos hasta guijarros pequeños de líticos, flotantes en la matriz o en contacto tangencial; la base de las capas conglomeráticas es siempre reactivada; onduloso y poco marcado el techo; la estratificación interna de la parte arenítica es en láminas inclinadas; los guijos y guijarros no están orientados pero, si esparcidos, aparecen según láminas inclinadas; unos pocos están alineados horizontalmente y otros están reunidos formando pequeños grupos aislados donde los clastos están en contacto tangencial el uno encima del otro; donde los granos rudíticos están cerca no se nota la estratificación interna; no existe relación entre espesor de las capas y tamaño de los granos rudíticos. Esta secuencia facial tiene un significado hidrodinámico diferente al del anterior conglomerado: se trata en efecto de numerosos actos de sedimentación con varias fases de retrabajamiento del material recién depositado por un medio acuoso fluido que a menudo no podía desplazar los clastos y los dejaba amontonados uno contra el otro. Es una excepción la parte inferior del conglomerado donde la energía del medio fue suficiente para dar libre movimiento a los clastos de manera que se amontonaron según láminas inclinadas a formar una pequeña barra en el fondo del canal. Esta observación conduce además a concluir que las condiciones hidrodinámicas disminuían en sentido vertical, lo que está confirmado por las arenitas media y fina de la parte más alta. Una vez más, la composición lítica de los clastos contrasta con la cuarzosa de la matriz: esto induce a pensar que la fuente de los líticos eran terrazas que caracterizaban el paisaje aguas arriba (fig. 2c).

Esta secuencia facial con sus significados hidrodinámicos indica un río que escurre en las partes distales de un abanico aluvial (BLUCK, 1.967: 158, 159) al contacto con las partes medias del mismo abanico, del cual probablemente erosionaba las geoformas aterrazadas. Esta secuencia facial representa el inicio de un episodio ulterior de progradación de las facies de significado fluvial sobre las de origen marino.

El oro se vuelve a presentar en las capas que fueron depositadas bajo condiciones de alta energía (pls. 15, 18); sin embargo, en este caso, la meteorización de las capas, aún más profunda, dificulta la interpretación detallada de los datos:

La Columna Temática de Caño Mechas

Esta columna fue levantada por caño Mechas (pl. 18) afluente de derecha de caño Rico que, aguas abajo, toma el nombre de Quebrada Monas, Quebrada Grande y luego de caño Rabopelao; desde la desembocadura se sube primero por el cauce del caño y luego por la base de un escarpe sobre la ribera derecha de caño Mechas.

Los mineros extrajeron de una cubeta de unos 100 m de largo por 2 m de ancho y 2 m de profundidad, dentro del coluvión suelto yacente sobre las metalodolitas negras en el fondo del caño, unos 2.500 gr de oro en forma de delicadísimas filigranas, esferitas, dendritas (comunicaciones verbales, observaciones con lupa de 10 aumentos; anexo 3). La explotación terminó en material derrumbado de gran espesor; los mineros hallaron oro con esas mismas formas en la matriz del detrito derrumbado. Aunque estos datos no son una comprobación del origen supergénico del oro extraído, pueden tomarse como base de una hipótesis de trabajo para futuras investigaciones.

Desde el punto de vista de la posición estratigráfica, la columna empieza en la parte alta del nivel 8 (pEtu 8) y abarca los 100 m inferiores del nivel 9 (pEtu 9) (pls. 7, 18).

Segmento 1: En la figura 3a se ha dibujado sólo la parte alta de una sucesión de capas observadas desde la estación CM-30 hasta el derrumbe y luego en la estación CM-214 donde aflora el contacto superior. Se trata de una sucesión de lodolitas negras, localmente piritosas, en capas gruesas planas y paralelas, con estratificación lenticular por lentículas planas no paralelas, a ondulosas no paralelas, de metarenita fina y muy fina de cuarzo; ocurren ejemplos locales de estratificación interna convoluta, de pequeñas fallas sinsedimentarias, de pequeños calcos de carga y de pseudonódulos. Con estos ejemplos de estructuras sedimentarias físicas, idénticas a las descritas en el Mar del Norte (REINECK y SINGH, 1975, figs. 173, 176, 184) dentro del medio de depósito de las llanuras mareales de lodo, se refiere esta sucesión al mismo medio.

Se han muestreado 50 m de espesor de estas lodolitas, encontrándose algunos valores de oro pero no es claro su origen; de otro lado, de este sitio proviene el oro con paladio (anexo 3), que en vía hipotética se considera precipitado en estas lodolitas durante el Proterozoico inferior.

Segmento 2: Esta unidad descrita en el afloramiento CM-214, se ha llamado metaconglomerado del "Mechas". Sobre una superficie de discontinuidad erosiva muy irregular (fig. 3a.), yace una sucesión de capas gruesas, medias y delgadas, cuneiformes, convergentes, a localmente ondulosas y paralelas; la clase granulométrica modal sube desde arena gruesa a arena muy gruesa para luego bajar hasta arena media donde los granos de tamaño rudítico, flotantes en la matriz, suben hasta un 20% y llegan a tener 25 cm de dimensión máxima; las capas conglomeráticas yacen sobre superficies de discontinuidad erosiva y pasan gradualmente, o con contactos sólo localmente marcados, a las arenitas superpuestas; las estructuras

internas dentro de las arenitas son láminas inclinadas reunidas en juegos medios y delgados, convergentes y cuneiformes, mientras que en las arenitas conglomeráticas sólo se notan láminas inclinadas esparcidas, guijos inclinados, vagas disposiciones horizontales de un grupo de clastos e imbricación de los guijos que están en contacto tangencial; en los constituyentes de las arenitas se ha encontrado hasta un 5% de líticos (metarenitas finas y muy finas de cuarzo), mientras que los granos rudíticos son únicamente de líticos (20%) y todos de metarenitas de cuarzo.

Esta secuencia facial, desde el punto de vista de las condiciones hidrodinámicas, revela, empezando por la forma de la superficie basal, la actuación de un medio de transporte acuoso, fluido, confinado, de energía aminorante hacia arriba, con la particularidad de sufrir aceleraciones que erosionaban y retrajaban el fondo; tales corrientes sin embargo, no podían seleccionar y acumular los guijos y guijarros que quedaban dispuestos confusamente sobre superficies horizontales, inclinados e imbricados en el fondo de los canales; luego seguían desaceleraciones que producían la migración de dunas de arena; en conclusión, estos sedimentos fueron acumulados por flujos múltiples de corrientes. Estas condiciones son comparables a las que rigieron la sedimentación de los conglomerados "D" de Bluck (1.967:154-159, fig. 2) que fueron depositados por corrientes entrelazadas de ríos migrantes en la parte superior de la llanura aluvial, o sobre un abanico aluvial en posición distal.

Aquí también, como en los metaconglomerados "Mamoludo" y "Capagrande", se tienen dos lugares de proveniencia de los materiales; el hecho de que haya un pequeño porcentaje (5%) de líticos entre los tamaños areníticos no cambia en esencia el cuadro: un río entrelazado escurriente en las partes distales de un abanico aluvial y portador de carga lítica removiliza los sedimentos cuarzosos del paisaje (o desemboca en un río que trae carga cuarzoza) (fig. 3a.: bloque-diagrama inferior). Otra vez, la llegada de este tipo de depósito sobre otro de muy baja energía anuncia el inicio de una progradación de facies de significado fluvial que, de nuevo, trae oro.

Al observar los resultados del muestreo sobre el metaconglomerado del "Mechas", conducido de forma acorde con las variaciones granulométricas de la roca, se nota que los mecanismos sedimentarios de intenso lavado y removilización de los depósitos del cauce, por efecto de fuertes corrientes en el fondo del canal, han causado la concentración de las partículas de oro; esto se ha comprobado por la relación directa existente entre porcentaje de guijos y guijarros, y ocurrencia de oro, no obstante que la meteorización puede haber variado las concentraciones originales. Las trincheras CM-209, CM-206, CM-205, CM-214, CM-215, CM-216, CM-218 y CM-220 (pl. 16) manifiestan claramente tal relación; las demás trincheras, donde las rocas están más meteorizadas, han dado resultados esporádicos que no pueden ser interpretados. El metaconglomerado del "Mechas" no ha sido destapado en toda su prolongación hacia el norte y el sur (pl. 18); sin embargo, no hay duda alguna de que el metaconglomerado destapado en Quebrada Grande es este mismo metaconglomerado. Ahora bien, en los datos analíticos de muestras obtenidas en este segundo sitio (QG-5, QG-1, QG-16; QG-14, QG-21, QG-8, QG-9, QG-7, de la plancha 17) hay relación directa entre la ocurrencia de oro y la frecuencia del tamaño rudítico; además, las arenitas portadoras de oro son conglomeráticas (QG-7, QG-20, QG-12, QG-21, QG-14, QG-15, QG-16, de la plancha 17); mientras que es rara la presencia de oro en arenitas y en lodolitas (QG-18, QG-13, QG-11, QG-10, QG-20, QG-7). El oro ocurre en las capas conglomeráticas; más precisamente, en la matriz compuesta por 95% de cuarzo y 5% de líticos; por lo tanto es más probable que el oro provenga de un área con sedimentos cuarzosos.

En la plancha 17 se puede observar que hay oro en muestras diferentes a las de venas de cuarzo. La meteorización de la roca está muy avanzada en Quebrada Grande.

Segmentos 3 y 4: Para proseguir la descripción de la columna fue necesario desplazarse, según el rumbo de las capas, desde el CM-214 hasta el CM-37 (pl. 18, anexo 2).

Sobre un intervalo cubierto, se desarrolla una sucesión de capas areníticas de cuarzo, de 18 m de espesor y caracterizada (fig. 3a) por el contenido de líticos (metarenitas de cuarzo) que llega hasta el 10%. Se ha subdividido en dos segmentos, de 6 y 12 m respectivamente, gracias a una superficie plana a lateralmente ondulosa erosiva (anexo 2), a lo largo de la cual se verifica la más pronunciada diferenciación granulométrica de todo el intervalo, tanto de la clase modal como de los tamaños máximos; es así como quedan individualizadas dos unidades granodecrecientes incompletas. Ambas unidades están conformadas por capas gruesas y medias, cuneiformes y convergentes; la inferior pasa verticalmente de arenita muy gruesa a arenita gruesa y la superior, de conglomerado muy fino a arenita media. La estructura interna no manifiesta una tendencia clara en sentido vertical; ambas muestran en todo su espesor, láminas cóncavas y láminas inclinadas angulares y tangenciales reunidas en juegos medios y delgados.

En ambas unidades, la posición de los granos rudílicos orientados, de tamaño máximo dentro de la secuencia, indica la facies más baja que, aún sin llegar a ser un rezago de canal, marca el transporte del detrito más grueso dentro del canal por un flujo fluido y sugiere niveles energéticos máximos en relación con los de las capas suprayacentes. Sigue una facies que por su granulometría, geometría y estructuras internas, sugiere migración de dunas y de ondulitas de arena dentro del canal (HARMS et al., 1.975:69, 73-75; HARMS y FAHNESTOCK, 1.977:104-110, fig. 9, pls. 4, 5, 6; ALLEN, 1.970a: 128, 141, 144, figs. 1 y 9). En conclusión, estos registros del proceso sedimentario y de sus productos coinciden con los análogos obtenidos actualmente en ríos sinuosos (VISHER, 1.965:47-49) cercanos a su nivel de base (ALLEN, 1.970b: 311, fig. 12) que discurren en llanuras aluviales (ALLEN, 1.965: 152-153). La presencia constante de 3 a 10% de granos líticos y la ocurrencia de facies de significado fluvial indican que estos se derivaron de la removilización de granos en sedimentos de terrazas que constituían el paisaje tierra adentro.

El oro aparece en la posición estratigráfica indicada en la figura 3a.; es decir en una posición que no corresponde a la de mayor energía; pero no es claro su origen y por tanto es necesario un muestreo sistemático en este tramo.

Segmentos 5, 6 y 7: Esta sucesión de unos 33,5 m de espesor (figs. 3a y 3b) está formada por 50% de arenita media, 34% de arenita gruesa, 14% de arenita fina y muy fina y 2% de arenita muy gruesa. La escasa amplitud del rango granulométrico y la baja frecuencia de las clases muy gruesas y muy finas dificultan la individualización de unidades significativas por sus variaciones granulométricas; tampoco existe un ordenamiento evidente en cuanto a la distribución vertical de las estructuras internas. Sin embargo, si se toman en consideración las clases modales más gruesas y los tamaños máximos, se puede notar que estos, a veces, ocurren encima o muy cerca de superficies de discontinuidad netas. De esta forma un poco arbitraria se logra reconocer tres unidades granodecrecientes incompletas; se examinará en detalle la segunda, indicada como segmento 6 (figs. 3a y 3b) y se extenderá la validez del modelo a las otras unidades.

Sobre una superficie neta plana yace una roca de composición cuarzosa, con clase granulométrica modal que en sentido vertical oscila entre muy gruesa y gruesa, luego entre gruesa y media y finalmente oscila entre media y muy fina; la geometría se mantiene en capas gruesas y muy gruesas, planas a ligeramente convergentes, con estructuras internas en juegos medios y delgados, planos paralelos y no paralelos con láminas prevalecientemente planas paralelas y no paralelas a subordinadamente inclinadas tangenciales.

Esta secuencia facial, comparable con la de modelos ideales y experimentales indicativos de la migración lateral de ríos (ALLEN, 1.970a:141, modelo A de la fig. 9), empieza con una facies que sin tener el significado de rezago de canal, indica un flujo inicial confinado, máximo dentro de aquellos que se deducen de las demás facies; siguen luego facies caracterizadas por granulometría y estructuras internas de lechos planos que hablan en favor de un flujo tranquilo correspondientes al régimen inferior (ALLEN, 1.970a, fig. 5). La gran proporción de lechos planos inferiores ha sido relacionada con ríos de baja sinuosidad migrantes en una llanura aluvial cercanos a su nivel de base.

Aparece oro en todas las muestras recogidas en los segmentos 6 y 7; fue usado un sistema de muestreo que permitió obtener una tira continua de roca debido a que la meteorización la vuelve deleznable; los resultados están en la figura 3b. Por la posición de las rocas sobre un filo, es poco probable un enriquecimiento secundario por aguas percolantes y es más probable que se trate de oro que no alcanzó a ser lavado. Los intervalos de muestreo fueron demasiado amplios y por lo tanto ésta es un área que debe ser muestreada nuevamente con criterios de estratigrafía física y en roca fresca. Por el momento se interpretan estas ocurrencias como la constatación de la existencia de oro en el entorno sedimentario. La distancia de 4 km que separa estos afloramientos de los del H24B (pl. 18) es demasiado grande para que se pueda hablar de equivalencias, sólo se pretende atraer la atención del lector sobre los resultados positivos de otras muestras (F-17-FR-1, 160 ppb; F-14-FR, 120 ppb; véase pl. 18) recogidas en posición estratigráfica muy cercana.

Segmentos 8 y 9: En las figuras 3b y 3c está dibujada una sucesión de 44 m de espesor de capas gruesas y medias, planas y paralelas o convergentes de arenitas gruesas hasta finas de cuarzo que se suceden sin interrupción. El rango granulométrico tan estrecho a lo largo de grandes espesores dificulta el reconocimiento de unidades caracterizadas por variaciones granulométricas y estructurales. Ahora bien, aproximadamente en la mitad de la sucesión, una superficie plana, erosiva en detalle pone en contacto un subyacente de arenita fina con estructuras ondulosas no paralelas y un suprayacente de arenitas muy gruesas con láminas inclinadas reunidas en juegos de escala media. De esta forma se han individualizado dos unidades granodecipientes incompletas, cuyas características geométricas y estructurales son tan parecidas a las del segmento 6 que por ello se extiende a estos segmentos el significado ambiental deducido para éste.

Vista de Conjunto

En esencia, la reconstrucción de los medios de depósito hace resaltar:

- La acumulación del oro es de origen sedimentario.
- La removilización de sedimentos recién depositados, efectuada por corrientes fuertes que reelaboraban el cauce migrante de ríos entrelazados, fue el proceso inmediato, responsable de la mayor frecuencia y al parecer de la mayor concentración de oro en las capas rudíticas. Tal acción tuvo lugar en un ambiente de llanura aluvial, registrado por el "Cuarzoso", en un ambiente de abanico aluvial (en situación proximal), correspondiente al "Mamoludo", en un ambiente de abanico aluvial en posición distal correspondiente al "Capagrande" y en un ambiente de abanico aluvial en posición distal registrado por el "Mechas". Las posiciones estratigráficas correspondientes al "Capagrande" y al "Mechas" son interesantes por las elevadas energías originadoras de los conglomerados líticos; la proveniencia de estos clastos desde el noroeste obliga a explorar estas posiciones en dirección norte por unos 25 km a partir de caño Eulogio; el "Mechas" entra en la penillanura al oriente de la serranía.

— El oro ha viajado junto con sedimentos cuarzosos de granulometría entre arena gruesa y guijo medio, durante la progradación de las facies de origen fluvial hacia las de origen marino del suroeste. Por eso: a) la posición estratigráfica ocupada por el "Cuarzoso" es favorable para hallazgos de oro, lo que implica explorarla por un trecho de unos 20 km hacia el norte a partir de caño Solo; b) no obstante que el "Capagrande" no sigue al sur de caño Eulogio y que el "Mechas" sólo puede llegar hasta caño Loco, estas dos posiciones estratigráficas pueden ser ocupadas por facies cuarzosas de tamaño guijoso progradadas hacia el suroeste. Esto implica explorarlas sobre un tramo de unos 25 km desde el H4 hacia el sur-sureste.

— La sucesión que reposa encima del "Mechas" es aurífera, está formada por unidades granodecrecientes y presenta granulometría en el límite entre arena y guijó. Estas condiciones la vuelven uno de los objetivos más interesantes para su estudio en toda la serranía, desde caño Rabopelao hacia el sur, sobre el largo de unos 30 km; el muestreo deberá ser conducido en forma acorde al reconocimiento previo de los rezagos de canal.

— La técnica de la reconstrucción de los medios de depósito es de gran interés en la búsqueda de yacimientos sedimentarios de oro porque permite deducir los mecanismos de acumulación de las partículas.

PLIEGUES Y FALLAS

Un vistazo a la cartografía geológica que aparece en la Plancha 18, muestra:

— En la porción septentrional, una serie de pliegues anticlinales y sinclinales con rumbo N40E (anticlinal de Rabopelao), E-W y luego N60E (anticlinal de Centro Minas), E-W (sinclinal de Cachirri) y otros pliegues, menores con respecto a la escala de los anteriores, de rumbo N50E; estos rumbos son paralelos a ligeramente angulares con el rumbo de la falla de Rabopelao (N70E) que por su traza rectilínea, tiene plano subvertical.

— En la porción meridional, otra serie de sinclinales y anticlinales de rumbo subparalelo a angular con el rumbo de la falla de Api (N20E); esta falla, en buena parte de su recorrido, corta la topografía de una forma que indica un plano inclinado hacia el sureste. Otra falla, con rumbo subparalelo a la anterior, limita el flanco noroccidental del anticlinal que pasa por el H16; una tercera falla trunca la prolongación hacia el sur del mismo anticlinal.

— Al occidente, la falla de Maimachi, con rumbo N20W, acompañada por una ancha franja brechada, constituye el límite occidental de la serie de pliegues y fallas arriba citados; al occidente de esta falla, sólo afloran las capas más bajas del Grupo Tunuí, dispuestas sobre el flanco, muy inclinado hacia el oriente, de una estructura que no se manifiesta en superficie; se desconoce la inclinación del plano de esta falla.

Lo reducido del área no permite la interpretación exhaustiva de los movimientos relativos de los bloques, previa reconstrucción de la situación pre-deformación; al parecer, todo el flanco oriental de la falla de Maimachi se ha arrugado y corrido hacia el noreste gracias: a) al movimiento lateral derecho cabalgante del flanco meridional de la falla de Rabopelao b) al movimiento cabalgante de todo el anticlinal del H16 a lo largo de la falla allí presente y c) al movimiento cabalgante del flanco meridional de la falla de Api. Tales desplazamientos se efectuaron gracias al movimiento lateral izquierdo cabalgante a lo largo de la falla de Maimachi y de la falla que trunca el anticlinal del H16.

METEORIZACION

La degradación meteórica que afecta las metarenitas de Naquén había sido puesta de relieve en el trabajo anterior (RENZONI, 1990:p.37); las geoformas de tipo cársico como las dolinas del H117 y de La Batea, y los puentes naturales del H115, observadas sobre las fotografías aéreas y sobre el terreno, no son exclusivas de la serranía sino más bien una característica degradacional de las metarenitas precámbricas esparcidas sobre el Escudo Guayanés. La estabilidad geológica del área, la gran precipitación, la alta temperatura, el bajo pH, y, al parecer, el largo período de exposición son los factores causantes de las geoformas cársicas en rocas silíceas (SZCZERBAN, 1.973: 1059—1060, 1070—1071). Pero, espectacularidad aparte, hay otra manifestación de degradación meteórica, más extendida e importante para la interpretación de los resultados obtenidos y para la concepción de cualquier actividad exploratoria futura: la disolución del cemento silíceo de estas rocas sílici-clásticas y la disolución parcial del oro. Los datos de las perforaciones indican que la roca presenta una gran lixiviación hasta 20 m de profundidad en el N7, hasta 39 m en el N8 y hasta a 40 m en el N9; además, las voladuras mostraban con frecuencia una roca porosa y, localmente, suelta como un sedimento. En cuanto a la disolución del oro, se han investigado poco los factores físicos y bioquímicos que influyen en el proceso mediante el cual las partículas de oro son disueltas, transportadas y reprecipitadas como cochanos entre los sedimentos del detrito de pendiente que yacen directamente encima de la roca "in situ" por debajo del cauce. Un primer paso se dio con la muestra de agua (IGM—437.615) obtenida en caño Solo en el punto N8 (pl. 18) recogida de la que percolaba a través de los sedimentos sueltos; se obtuvo un resultado de 50 ppb de Au. Esto indica la necesidad de tomar muestras de roca fresca para evitar el efecto de la lixiviación que puede estar modificando los contenidos originales de oro; además se sugiere observar al microscopio electrónico la forma de las partículas de oro obtenidas en la preparación de las muestras. Sin embargo, se está todavía lejos de poder contestar a las preguntas: este proceso, en últimas, concentra o diluye la cantidad de oro originalmente presente en la roca? y en cualquier caso, cuáles son las condiciones y los lugares más favorables para la reprecipitación?

COMPARACION ENTRE LA SECUENCIA DE LA JACOBINA Y LA DE NAQUEN

La comparación entre estas dos secuencias fue hecha en un trabajo anterior (RENZONI, 1990:p.37) cuando el conocimiento sobre la estratigrafía del Grupo Tunuú en la Serranía de Naquén era menor; por esta razón, se ha juzgado necesario expresar un punto de vista actualizado sobre el tema.

En la Plancha 19 se representan las columnas estratigráficas generalizadas de las secuencias metasedimentarias aflorantes en la Serra da Jacobina y en Naquén.

Se ha obtenido la columna de la izquierda gracias a la colaboración recibida de los geólogos de la Compañía Morro Velho durante los reconocimientos efectuados sobre la carretera Jacobina—Capím Grosso y sobre carretables que cruzan las colinas circundantes a la mina en dirección a Morro do Vento y João Belo; sin embargo, la columna está basada principalmente en la de Sims (1.975, fig. 4) limitándose el aporte del autor a la definición de los medios de depósito de alguno tramos considerados significativos y a extenderla a las restantes partes de la columna por medio de rápidas visitas.

Sobre migmatitas y diatexitas se desarrolla una secuencia formada por capas de metarenitas de cuarzo que predominan sobre capas de metaconglomerado de cuarzo; en un solo nivel, ocurren esquistos sercíticos. En esta sucesión se han reconocido dos formaciones: la

Formación Serra do Corrego de unos 700 m de espesor, que contiene las capas auríferas de metaconglomerados intercalados con capas de metarenitas de cuarzo y la Formación Rio do Ouro, de 2.000 m de espesor, constituida casi totalmente por capas de metarenitas de cuarzo.

Examinando las dos formaciones en detalle, se observa (pl. 19):

- Un primer nivel de conglomerado en la base del conjunto llamado Quartzito inferior; probablemente lenticular, con un espesor de 5 m, contiene clastos redondeados de cuarzo que prevalecen sobre los angulares y subangulares de metarenitas, esquistos sericíticos y cuarzo-sericíticos, en matriz de arenita muy gruesa y gruesa de cuarzo.
- Un segundo nivel de conglomerado, en la mitad del Quartzito inferior; se ha denominado Basal Reef, es lenticular, aurífero, de composición cuarzosa y mide unos 3 m de espesor.
- Un tercer conglomerado es más bien una sucesión de 150 m de espesor y de 35 km de longitud, formada por cuatro niveles de conglomerados de 10 m de espesor cada uno intercalados con capas de metarenitas; está colocada dentro de la unidad llamada Conglomerado inferior; los conglomerados son de guijos medios y pequeños en una matriz arenosa y piritosa; la capa aurífera "Main Reef" consiste de lentes de conglomerado de guijos pequeños y medios intercalados con metarenitas guijosas (SIMS, 1.975:240, figs. 4 y 5).
- Un cuarto conglomerado, localizado en la unidad "Conglomerado intermediario", es una sucesión de 325 m de espesor, formada por 3 horizontes conglomeráticos: el inferior, de 100 m de espesor, el intermedio y el superior de unos 30 m cada uno; cada horizonte está formado de unidades de conglomerados y de metarenitas ambas granodecrecientes; cada unidad de conglomerado tiene varios (sic!) metros de espesor, es continua centenas de metros y está formada de guijos medios y gruesos de cuarzo bien seleccionados y empaquetados en matriz de arena piritosa; el oro está más concentrado en la parte superior del horizonte inferior, donde se está abriendo una mina.
- Un quinto conglomerado, ubicado en la base de la Formación Rio do Ouro, es una sucesión de 20 m de espesor formada por capas de metaconglomerado de menos de 2 m de espesor intercaladas con metarenitas; el conglomerado es de guijos pequeños y medios de cuarzo, de metarenitas de cuarzo y de esquistos, bien empaquetados en matriz de arena piritosa; es aurífero.

Tal como afirman otros autores, estos niveles tienen la característica común de que el tamaño máximo de los granos rudíticos se afina hacia arriba.

Según los geólogos de la Compañía Morro Velho:

- a) Todas las capas de metaconglomerado contienen oro aunque sean pocas pintas.
- b) Una capa cualquiera de metaconglomerado tiene más oro en profundidad que en la superficie con lo que se corrobora el "lavado" del oro por las condiciones físico-químicas en superficie.
- c) No hay oro en las capas de metarenitas de cuarzo.

En un tramo del Quartzito inferior y en dos tramos de la espesa y monótona sucesión de capas de metarenitas de cuarzo de la Formación Rio do Ouro ocurre la siguiente secuencia

facial: superficie basal irregular erosiva, capas medias convergentes, cuneiformes y cubéti-formes de metarenitas de cuarzo de grano medio y fino, con estratificación interna en láminas inclinadas reunidas en juegos de escala media, capas medias y gruesas, convergentes a planas y paralelas de metarenitas finas y muy finas de cuarzo con estratificación interna en láminas inclinadas reunidas en juegos de escala media y delgada, superficie irregular erosiva al techo. El patronamiento vertical de las estructuras internas, paralelo con el granodecrecimiento y con la variación de la geometría de las capas hacia arriba indica la existencia de unidades granodecrecientes. Es de anotar que nos fueron mostrados dos tipos de estructuras internas como significativos de influencias marinas; la primera no era una "herringbone structure" sino dos juegos de láminas inclinadas cuyos respectivos sentidos no fue posible medir y cuyo significado ambiental no es en consecuencia demostrable; la segunda era una rizadura sobre la superficie de una capa: no habiendo sido posible ver la disposición interna de los granos, tampoco se pudo comprobar si se trataba de una estructura simétrica de origen en olas marinas. La sucesión está cruzada, tanto paralelamente como normalmente al rumbo, por diques verticales de rocas máficas con espesores entre 50 y 200 m.

En la Plancha 19, a la derecha, está la columna estratigráfica compuesta del Grupo Tunuí obtenida en el área de Naquén; las características geológicas comunes a las dos secuencias y aquellas que las diferencian, son las siguientes:

- Ambas secuencias son discordantes sobre migmatitas y diatexitas del Arqueano; han sido depositadas, plegadas y metamorfoseadas en el Proterozoico inferior.
- Ambas secuencias son posteriores a otra secuencia sedimentaria que les aportó granos rudíticos de arenitas de cuarzo.
- La secuencia de la Jacobina contiene pirita dentro de la matriz de capas auríferas y no auríferas; la secuencia de Naquén contiene metalodolitas negras piritosas, metalodolitas verdes, localmente metarenitas piritosas y en ningún lugar capas rojas; aunque pueda por discutirse el valor probatorio de estas características, éstas por lo menos son acordes con la hipótesis de una atmósfera anóxica durante el tiempo de depósito de los sedimentos.
- Las metalodolitas grafitosas halladas en el Grupo Tunuí concuerdan con la actividad algácea reconocida en estos períodos geológicos.
- El Grupo Jacobina es una secuencia arenítica con intercalaciones decamétricas de conglomerados; en síntesis, es una pila sedimentaria acumulada por acción de ríos que redistribuían clásticos arenosos en una cuenca intracratónica basculada y alargada paralelamente a fallas de dirección norte-sur (SIMS, 1.975:225); desde la margen oriental llegaban espesas cuñas clásticas gruesas auríferas de abanicos aluviales; de estos, la parte conservada es aquella que se depositó en posición media dentro de los abanicos (COLLINSON, 1.978, fig. 3-30).
- El Grupo Tunuí es una secuencia arenítica con importantes intercalaciones lodolíticas y con seis a siete intercalaciones métricas de conglomerado; en síntesis, es una pila sedimentaria acumulada en ambiente deltaico por la interacción entre ríos progradantes que traían clásticos arenosos desde este-noreste y un mar que avanzaba en sentido contrario hospedando clásticos muy finos y vida algácea; desde el **noroeste** le ha llegado en tres ocasiones ("Mamoludo", "Capagrande" y "Mechas") depósitos originados en ríos escurrientes en delgados abanicos aluviales tanto en posición proximal como distal; los demás conglomerados (el "Basal", el "Segundo", el de "caño Loco" y el "Cuarzoso"; pl. 18 y tabla 2) son registros de proyecciones hacia el oeste de facies más gruesas, auríferas,

provenientes del este-noreste. Los abanicos aluviales son respuestas locales a eventos tectónicos activos sobre grandes áreas según lo indican las progradaciones faciales causantes de la removilización de los sedimentos cuarzosos auríferos.

PERSPECTIVAS

La estrecha relación entre granulometría e indicios de oro deja pocas dudas sobre el origen sedimentario de la mayoría de las manifestaciones halladas; sin embargo, la separación y observación al microscopio electrónico de partículas de oro será de valiosa ayuda para aclarar el origen de ocurrencias locales.

Esta conclusión abre nuevas perspectivas sobre la potencialidad aurífera de esta región y permite enfocar objetivos precisos para la exploración futura. En concepto del autor, estos son (tabla 2):

— Metaconglomerado "Basal" (en pĒtu 1–2): esta unidad sedimentaria, ahora de metaconglomerado, ahora de metarenita muy gruesa conglomerática, ha dado valores de oro; no sólo ocurre en el área de Maimachí (pl. 18), sino también en el norte de la serranía (en cercanía del H113) y en el sur (caño Raimundo); probablemente está también al oriente de la serranía (al este del H57A). Es un objetivo interesante.

— Metaconglomerado "Segundo" (en pĒtu 1–2): esta unidad de metarenita muy gruesa conglomerática ha sido observada cerca del H95 (pls. 8, 18, 11); no se han tomado muestras de este nivel, pero la producción de oro supergénico en el área de Planadas, colocada encima del intervalo estratigráfico entre este conglomerado y el anterior, obliga a su cartografía y muestreo. Es un objetivo interesante.

— Horizonte de metalodolita (en pĒtu 1–2): en la metalodolita que ocupa una posición intermedia en el nivel 1–2, ocurre una metarenita que ha dado una respuesta positiva; aunque es difícil apreciar el valor exacto de este dato, se llama la atención sobre esta posibilidad adicional.

— Horizonte metaconglomerático de "caño Loco" (en pĒtu 4): esta unidad de metarenita muy gruesa conglomerática de cuarzo se extiende por el área de caño Polvo y en general por el área de caño Loco: no se ha podido establecer con claridad la posición estratigráfica de estas capas, lo cual no les quita importancia en cuanto a su potencial como portadoras de oro; se extienden sobre un área grande y es probable que continúen en el sur de la serranía.

— Horizonte de metalodolita del nivel 5 (en pĒtu 5): fragmentos de roca obtenidos en una metarenita intercalada en este nivel, han dado valores de oro que se deben considerar teniendo en cuenta la posibilidad que estas metarenitas registren la miración lateral de ríos: Es una posibilidad adicional.

— Horizonte superior de metarenitas del nivel 5 (en pĒtu 5): en este conjunto, ocurren unidades granodecrecientes, valores de oro en fragmentos de roca y granulometrías rudíticas hacia el norte; es conveniente seguirlo en todo su desarrollo a lo largo de la serranía y, donde su granulometría se vuelva rudítica, reconocer unidades granodecrecientes y muestrearlas. Este horizonte es un objetivo adicional interesante.

— Metaconglomerado "Cuarzoso" (en pĒtu 6): esta unidad de metaconglomerado medio y de metarenita muy gruesa conglomerática de cuarzo ha dado valores de oro; es un objetivo interesante para la parte de la serranía localizada hasta unos 20 km al norte de caño Solo.

- Metaconglomerado "Mamoludo" (en pEtu 6): esta unidad de metaconglomerado lítico y de metarenita muy gruesa de cuarzo conglomerática por líticos ha dado valores de oro y es un objetivo fundamental en la exploración de la parte septentrional de la serranía.
- Horizonte de metalodolita (en pEtu 6): en el pozo N7 hay dos valores relativamente altos de oro en roca fresca que es conveniente comprobar para seguir investigando las posibilidades de estas rocas; es un objetivo adicional.
- Metaconglomerado "Capagrande" (en pEtu 7): esta unidad de metarenita muy gruesa de cuarzo conglomerática por líticos ha dado valores de oro; es un objetivo fundamental para la exploración de la mitad septentrional de la serranía.
- Nivel 7 de metarenitas (en pEtu 7): son varias las posiciones estratigráficas dentro de este nivel (pl. 18, tabla 2) que han resultado con oro dentro de fragmentos de metarenitas gruesas conglomeráticas de cuarzo; se le considera un buen objetivo, previa cartografía de la unidad en toda la serranía para individualizar tramos rudíticos.
- Nivel 8 de metalodolitas (pEtu 8): el oro con paladio encontrado en caño Mechas es un indicio que conviene investigar a fondo como objetivo adicional.
- Metaconglomerado del "Mechas" (en pEtu 9): esta unidad de metarenita muy gruesa de cuarzo y de líticos conglomerática por líticos ha dado valores de oro; es un objetivo fundamental para toda la serranía.
- Nivel 9 de metarenitas (en pEtu 9): los 100 m inferiores de este nivel han dado numerosos valores de oro; estos resultados aconsejan repetir el muestreo con criterios estratigráficos y en roca fresca; tal actividad deberá ser acompañada por la cartografía de la unidad en toda la serranía para individualizar tamaños rudíticos. Es un objetivo adicional interesante.

En conclusión, esta lista de objetivos es el resultado de la actividad exploratoria efectuada con criterios estratigráficos; la profunda meteorización ha modificado las concentraciones iniciales bloqueando, en último análisis, los conocimientos en un nivel que posterga la evaluación del potencial que no puede ser ignorado en vista de la magnitud superficial registrada o esperada por las solas capas conglomeráticas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La acumulación del oro por mecanismos sedimentarios, su estrecha relación con unidades rudíticas y areníticas granodecrecientes situadas al inicio de progradaciones de facies de origen fluvial, en respuesta a movimientos tectónicos diferenciales de orden regional, es un modelo prometedor de hallazgos económicos de oro en la Serranía de Naquén.

El reconocimiento de objetivos específicos de investigación como son los seis a siete niveles rudíticos y los cuatro niveles areníticos agiliza cualquier proyecto futuro de investigación y garantiza una respuesta al esfuerzo investigativo.

La profunda meteorización enmascara las concentraciones iniciales de oro en la roca.

Se recomienda un programa de exploración a largo plazo para obtener las dimensiones superficiales de los seis a siete niveles rudíticos, reconocer, en detalle, los niveles areníticos gruesos con sus tramos rudíticos y efectuar siempre el muestreo en rocas frescas; igual labor se sugiere ejecutar sobre las lodolitas empezando por las áreas de caño Sólo y caño Mechas.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J.R.L. — A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments, *Sedimentology* 5:89–191. Oxford — London. 1965.
- , A quantitative model of grain size and sedimentary structures in lateral deposits, *Geol. J.* 7:128–146. Liverpool. 1970a.
- , Studies in fluvial sedimentation: a comparison of fining upward cyclothems with special reference to coarse member composition and interpretation, *J. Sediment. Petrol.* 40:298–323. Tulsa Oklahoma. 1970b.
- BLUCK, B., Deposition of some Upper Old Red Sandstone conglomerates in the Clyde area: a study in the significance of bedding, *Scott. J. Geol.* 3(2), 139–167, Glasgow, 1967.
- COLLINSON, J.D., Alluvial sediments, in: Reading H.G. (Editor) *Sedimentary environments and facies*, Elsevier Publishers, New York. 1978.
- COLLINSON, J.D., ELLIOT, T. READING. H.G., Facies models of fluvial deltaic and submarine fan environments, *Sediment. Research Associates* 1.1–5.6 1977.
- CAMPBELL, C.V., Lamina, laminaset, bed and bedset, *Sedimentology*. 8:7–26, 1967.
- DORJES J.; HOWARD, J.D., Estuaries of the Georgia coast, U.S.A.: sedimentology and biology. IV. Fluvial-marine transition indicators in an estuarine environment, *Ogeechee River-Ossabaw sound. Senkembergiana marit.* 7, 137-179. 1975.
- GALVIS, J., Informe sobre la visita a la Serranía de Naquén (Guainía), Informe inédito presentado a ECOPETROL—Proyecto Minero Guainía, Octubre de 1988.
- GALVIS, J., HUGUETT A., RUGE, P., Geología de la Amazonía colombiana, *Bol. Geol., Inst. Nal. Inv. Geol. Min.* 22, 3: 3–86, Bogotá 1979.
- GONZALEZ — IREGUI, H., Descripción petrográfica de las unidades litológicas de la Serranía de Naquén y posibles correlaciones estratigráficas, 1989. Anexo 2, Informe Final, Bogotá, 1989.
- FOLK, R.L., The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature, *J. Geol.*, 62: 344-359, 1954.
- HARMS, J.C., FAHNESTOCK, R.K., Stratification, bed forms, and flow phenomena (with an example from the Río Grande), *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec Publ.* 12:84–115, Tulsa, Oklahoma, 1977.
- HARMS, J.C., SOUTHARD, J.B., SPEARING, D.R., WALKER, R.G., Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences. Lecture notes for short course No. 2 sponsored by the Society of Economic Paleontologists and Mineralogists and given in Dallas: 1–161, 1975.

- HATCHER, P.G., SPIKER, E.C. OREM, W.H. Oxidative origin of sedimentary humic acids, important carriers of metals, in: Walter, E.D. (ed.) *Organics and ore deposits, Denver region exploration geologists Society, Denver, Colorado, 1985.*
- HUGUETT; A., GALVIS, J., RUGE, P., *Geología*, in: *La Amazonia colombiana y sus recursos, Proradam, Bogotá, 1979.*
- KESLER, S. E. KETTLER, R.M., MEYERS, P.A., DUNHAM, K.W., RUSSE, N., SEAWARD, M., McCURDY, K., *Relation between organic material and precious metal mineralization in the Moore ore body, Pueblo Viejo, Dominican Republic*, in: Walter, E.D. (ed.) *Organics and ore deposits, Denver region exploration geologists Society, Denver, Colorado, 1985.*
- KROONENBERG, S.B., *El borde occidental del Escudo de Guayana en Colombia*, in: *Mem. I Simposio Amazónico, Bol. Geol. Publ. Esp. 10:51–63, Caracas, 1985.*
- MOSSMAN, D.J., DYER, B.D., *The Geochemistry of Witwaterstand-type gold deposits and the possible influence of ancient prokaryotic communities on gold dissolution and precipitation*, *Precambrian Research* 30: 303–319, Amsterdam, 1985.
- PINHEIRO, S. da S. et alii, *Geología*, in: *Brasil, Proyecto Radambrasil. Folha NA. 19 Pico da Nieblina, Río de Janeiro, DNPM. 1976.*
- PRETORIUS, D.A., *Gold in proterozoic sediments of South Africa: Systems, paradigms, and models*, in: Wolf (editor) *Handbook of strata bound and stratiform ore deposits*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, York; 1977a.
- *The nature of the Witwatersrand gold-uranium deposits*. in: Wolf (ed.) *Handbook of stratabound and stratiform ore deposits*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 1977b.
- REINECK, H.E., SINGH, I.B., *Depositional sedimentary environments*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer, Verlag. 439 p. 1975.
- RENZONI, G., *Comparación entre las secuencias metasedimentarias de la Serranía de Naquén y de la Serra de Jacobina*, (*Bol. Geol.* 30 (2) 1990).
- RUST, B.R., *Structure and process in a braided river*, *Sedimentology* 18:221–245, Oxford, London, 1972.
- SANTOS, J.O.S., *A parte setentrional do cráton amazónico (Escudo das Guianas) e bacia amazónica*. in: *Geología do Brasil, Brasília, 1984.*
- *Exploração de ouro na Serra Naquén, Informe Inédito presentado a ECO-PETROL—Proyecto Minero Guainía, Octubre de 1988*
- SEVERSON, R.C., CROCK, J.G., McCONNEL, B.M., *Processes in the formation of crystalline gold in placers*, in: Waler, E.D. (ed.) *Organics and ore deposits. Denver region exploration geologists Society, Denver, Colorado, 1985.*
- SIMS, J.F., *A Geología da série Jacobina aurífera nas vizinhanças de Jacobina; Bahía, Brasil, 1975.*

SZCZERBAN, E., Cavernas y simas en areniscas precámbricas del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolívar, in: Memoria del Segundo Congreso Latinoamericano de Geología, Publ. Esp. 7, t. II, Caracas, 1976.

VISHER, G.S., Use of vertical profile in environmental reconstruction, Am. Assoc. Pet. Geol. Bull. 49: 41-61, Tulsa, 1965.

WALKER, R.G., Generalized facies models for resedimented conglomerates of turbidite association, Geol. Soc. Am. Bull. 86: 737-748, Boulder, Colorado, 1975.



ANEXO No. 1
REGISTRO DE INFORMACION ESTRATIGRAFICA SOBRE
LA COLUMNA DE CAÑO SOLO

(Se muestran como ejemplo 2 hojas de un total de 15)

LEYENDA UNIDADES DESCRITAS EN LA SECCION

PE tu5 → nivel 5 del Grupo Tunuí

FECHA LEVANTAMIENTO GEOLOGICO: del 1o. al 11 de Febrero de 1989

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO (Método cinta y brújula)

SECCION COLUMNAR No. 6 o de caño Solo

LOCALIZACION EN MAPA GEOLOGICO: A-11

LOCALIZACION EN MAPA TOPOGRAFICO: Sadec, plancha 32-A7

COORDENADAS PLANAS DE LA SECCION:

X 104,540 m. Y 103,320 m. Z 270 m.

X 104,500 m. Y 103,600 m. Z 320 m.

LA SECCION EMPIEZA: en la confluencia entre caño Solo y otra quebrada de derecha, a pocos metros al NW del punto S-30; sigue por caño Solo hasta S-28, luego al S-78-FR, al S-80-FR.

LA SECCION TERMINA: en la estación S-150.

ACCESO: en helicóptero hasta el helipuerto H101-C y de allí por trocha en 5 minutos hasta S-30

SECCION LEVANTADA POR: Giancarlo Renzoni

INTERPRETADA POR: Giancarlo Renzoni

LA SECCION EMPIEZA: en la confluencia entre caño Solo y otra quebrada de derecha, a pocos metros al NW del punto S-30; sigue por caño Solo hasta S-28, luego al S-78-FR, al S-80-FR.

LA SECCION TERMINA: en la estación S-150.

Convenciones:

Ecode Código Estructural

(1) Rumbo y buzamiento de las capas

(2) Rumbo y buzamiento de las diaclasas

(3) Rumbo y buzamiento de ejes anticlinales, sinclinales y de fallas

(4) Rumbo y buzamiento de indicadores de corriente

Tial Tipo de alteración hidrotermal

Color Definición según la "rock-color chart" distribuida por la "Geological Society of America".

ANEXO No. 2
REGISTRO DE INFORMACION ESTRATIGRAFICA SOBRE
LA COLUMNA DE CAÑO MECHAS
 (Se muestran como ejemplo 2 hojas de un total de 19)

LEYENDA UNIDADES DESCRITAS EN LA SECCION

PEtu9 → nivel 9 del Grupo Tunuí

PEtu8 → nivel 8 del Grupo Tunuí

FECHA LEVANTAMIENTO GEOLOGICO: del 16 al 20 de Febrero de 1989

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO (Método cinta y brújula)

SECCION COLUMNAR No. 7 o de caño Mechás

LOCALIZACION EN MAPA GEOLOGICO: G - 8

LOCALIZACION EN MAPA TOPOGRAFICO: Sadec, plancha 28-B4

COORDENADAS PLANAS DE LA SECCION:

X 98.350 m.	Y 100.750 m.	Z 325 m.
X 98.160 m.	Y 100.800 m.	Z 370 m.

LA SECCION EMPIEZA: desde la desembocadura de caño Mechás en caño Rico.

LA SECCION TERMINA: en el CM-112-FR a los 5 m del camino que va sobre el filo de caño Mechás y conduce al helipuerto 18 alaterno (H18a).

ACCESO: en helicóptero hasta el helipuerto H18a, luego por la trocha durante 15' hasta la desembocadura de caño Mechás en caño Rico.

SECCION LEVANTADA POR: Giancarlo Renzoni

INTERPRETADA POR: Giancarlo Renzoni

Convenciones:

Ecode Código Estructural

(1) Rumbo y buzamiento de las capas

(2) Rumbo y buzamiento de las diaclasas

(3) Rumbo y buzamiento de ejes anticlinales, sinclinales y de fallas

(4) Rumbo y buzamiento de indicadores de corriente

Tial Tipo de alteración hidrotermal

Color Definición según la "rock-color chart" distribuida por la "Geological Society of America".

ANEXO No. 3

ANALISIS DE PARTICULAS DE ORO AL MICROSCOPIO ELECTRONICO

April 27, 1989

Dr. Mario Yory,
Technical Manager,
ECOPEPETROL.
Cra. 12 No. 26-45, Piso 14,
BOGOTA, COLOMBIA

Dear Dr. Yory

Enclosed are some data on gold grains that I got from the miners on Cano Mechas. There are basically 2 gold shapes - spheres and dendrites. I have enclosed Xerox copies of the scanning electron microscope photos and copies of the reports I received from the GSC. The high purity of the gold suggests that it is secondary in origin (Kerogene type?). The presence of Pd in the gold is rather interesting but its significance is not yet understood.

You might want to show these data to your geologist for discussion. When I get more information I shall send it to you, best wishes.

Yours sincerely, show discussion.

Christopher F. Gleeson PhD, P. Eng.

CFG/mg
ENCL:

601 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E8

13 April 1989

Dr. C.F. Gleeson
C.F. Gleeson and Associates
Lakeshore Drive
R.R. 1, Iroquois, Ontario
KOE 1 KO

Dear Chris,

Enclosed are prints of SEM photos of the gold grains from Cano Mechas, Guainía, Colombia, for you to keep. Two shapes are represented, spheres and dendrites. The largest grain in the sample (not used) is clearly a dendrite, showing branching clusters of elongated skeletal segments. Each segment looks like a grain of grass seed (creeping red fescue?) having raised ribs along the long axis, separated by elongated troughs. These segments are present in the sample as individual grains (photos 1602-5,6,8,12), presumably broken off larger dendrites. Photos 1602-9,10,11 show small intact dendritic grains. The spheres in the sample (photos 1602-1,2,3,4,7) are fairly smooth, having a slightly dimpled surface and no sign of "melt" textures. Smooth flat spots on the top of some grains were made by

the steel needle. I used to press the grains onto the grain mount. Assuming that the spheres were not mechanically rounded by natural (or human) processes at the site, they should have formed in the same way as the dendrites. A full study of the site and its surroundings is needed.

I haven't done the probe work yet, but the colour of the grains suggests a high fineness and similar compositions for both shapes. Any internal structures in the spheres will also be useful.

Yours sincerely,

R N W. DiLabio
Terrain Sciences Division

RNWD: ms
Encl.

THE GEOCHEMISTRY OF GOLD AND ITS DEPOSITS

Medium depths and for Sb, Sn, Zn and Mn during the passage from medium to surface depths. This regularity was thought to be caused mainly by diffusion upwards of isomorphous and mechanical admistures from gold during the process of recrystallization at high temperature.

Research based on polished sections and spectrographic, chemical and electron-probe analyses of native gold from primary deposits and placers carried out by the writer indicates that most of the metallic and semimetallic elements may be lattice constituents of native gold. However, many of the metals and other elements are often contaminants, being present in minute inclusions of the minerals commonly associated with native gold, particularly quartz, carbonates, sericite, sulphides, arsenides, tellurides, selenides, etc. In my experience the following elements exhibit a frequency which suggests that they are predominantly lattice constituents when they are present in pure samples of native gold: Ag, Cu, Fe, Ni, Hg, As, Sb, Bi, Te, Pd, and Pt.

Several varieties of native gold are known which contain significant amounts of other metals. These have been given specific mineral names in some cases. But more generally they are referred to by a prefix indicating the contained element, e.g. argentian gold, palladian gold etc.

Argentian Gold: Normally all native gold contains some silver generally in the range 5-15 per cent Ag. Most of this silver is a lattice constituent, and there is a complete (?) substitutional series from gold through argentian gold to aurian silver (Kustelite) to native silver. Electrum has been applied to gold containing 20 per cent or more silver. The name is an ancient one and has been used for centuries. Apparently being first applied to the gold won from the famous placers of the Pactolus a small river of ancient Lydia which joined the Hermus (modern Gediz) after flowing through Sardis. Pliny, in his *Historia Naturalis*, said "when the proportion of silver in gold is one-fifth, it is called electrum and possesses a pale yellow colour".

The range and significance of the Au/Ag ratio in native gold and in gold deposits is discussed in chapter III.

Cuprian Gold. Most samples of native gold contain only traces to minor amounts of copper probably substituting in the lattice in most cases. Cases are known, however, where the copper is apparently plated on the gold (Ferguson, 1950). Some samples of gold mentioned in the literature contain from 0.10 to 20 per cent Cu. One of the copper varieties has been named cuproauride and given the formula AuCu. According to Ramdohr (1.960) it is rare and requires further investigation. The compound AuCu containing some 40 per cent gold, named auricupride is reported by Ramdohr to occur frequently. It has a high metallic lustre and a yellow colour with a reddish tint. Den and Kieft (1.974) describe a new copper-gold alloy with a formula approximating CuAu₂. The alloy occurs in the chromitenicolite are from Beni-Boussera, Morocco, as irregular grains mostly along grain boundaries of niccolite and loellingite. In the auriferous areas of the Karabashsk deposit Novgorodova and Tsepín (1976) observed the following phases among the auricuprides, Cu₂, Au, CuAu and CuAu₂. The artificial isomorphous series Cu-Au is complete, but in nature the copper end members with high contents of gold (>3% Au) have not been recognized.

Palladian gold termed porpezite in the gold literature is said to contain 5 to 10 per cent Pd in solid solution but samples of this type of gold require restudy to ensure their homogeneity. It has been reported from Porpez, Taguaril and other localities in Minas Geraes and Goyaz Brazil. Recently, palladium gold (Au, Pd) has been described from the Stillwater Complex in Montana by Cabri and Laflamme (1.974). The mineral is face-centered cubic ($a = 4.047$ (1) a) and is cream-coloured with a metallic pinkish cast under reflected light in air. It is associated with a number of other rhodium and platinum alloys and minerals including platinian rhodium, rhodian, platinum, platinum-iron, and braggite/vysotskite.

Rhodian gold, also referred to as rhodite, is said to contain 34 to 43 per cent Rh. It requires restudy to determine its homogeneity. Rhodian gold is reported from Colombia and Mexico.

Iridic Gold, is reported in the old literature to contain up to 10 per cent Ir. It requires reexamination. Some of the reported occurrences may be intergrowths of gold and osmium-iridium and platinum as described by Syrovatskii et al., (1969).

Gold amalgam is reported by Palache et al., (1944) to occur in grains and lumps of white to yellowish colour with metallic lustre in the Mariposa region, California, with platinum in Colombia and in the vicinity of Pleiari, Borneo. The composition of some of the samples analyzed corresponds well with the composition Au, Hg, suggesting a compound homologous with the silver mineral, moschellandsbergite, Ag, Hg.

Maldonite or bismuthic gold. Some samples of native gold contain traces to minor amounts of bismuth (up to 3% Bi) possibly in solid solution. The mineral maldonite was early reported to be an intermetallic compound with the formula Au, Bi. However, microscopic examination of the maldonite from Maldon, Victoria, the type locality, shows a fine myrmekitic intergrowth of gold and bismuth, derived apparently from the breakdown of Au, Bi, which is said to be stable only at high temperatures (Ramdohr, 1953a, 1960).

The maldonite from Salsigne (Aude) in France described by Boyer and Picot (1963) averages 64.58 per cent Au and 35.72 per cent Bi, approximating the formula Au, Bi. The sample in this case appears to have been homogenous. Boyer and Picot confirm Ramdohr's opinion that the mineral is formed within a relatively narrow temperature interval and think the mineral is a reliable geothermometer. From the Au-Bi phase diagram they suggest a temperature of deposition below or equal to 373°C.

According to Razin et al., (1971) there is some doubt about the existence of auricupride, $AuCu_2$. These same authors describe a new mineral, palladium cuproauride, in the ores of the Talnakh copper-nickel deposit, U.S.S.R. The mineral is an intermetallic compound with formula (Cu,Pd), Au. It contains traces and minor amounts of Th, Ag, Bi and Ni.

The physical properties of native gold, the morphology of gold crystals and particles in deposits and the relationship of these parameters to the depositional conditions in gold deposits have been extensively studied by many investigators.

601 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E8

21 April 1989

Dr. C.F. Gleeson
C.F. Gleeson and Associates
R R 1
Iroquois, Ontario
KOE 1K0

Dear Chris:

Don Harris has completed analysis of the grains from Caño Mechas, Colombia. A couple of grains were lost and the photo numbers do not correspond with his numbers for the dendritic grains any more, because the grains were rearranged during mounting.

The table of data (attached) is quite interesting. First, there is essentially no difference between the dendritic and spherical grains. Second, the gold is very pure (secondary?); finenesses are mostly over 995. Third, the gold contains significant amounts of palladium. On page 18 of his gold volume, Boyle describes gold that contains PGE. It is noteworthy that one area known to have PGE-bearing gold is Colombia, I also have a sample of Au-Pt spheres from Ecuador. Note that Boyle says palladian gold is Pd in solid solution in the gold, and detailed examination of the gold is required to ensure that it is homogeneous. Don Harris says that these grains are not homogeneous. We found the same thing in the grains from Ecuador. They were a eutectic mixture of separate phases (Au-Ag and Pt-Fe). When I get back on the SEM, I will be looking at the grains from both places to see their internal structure in detail.

R.N.W. DiLabio
Terrain Sciences Division

RNWD: jb
Encl.

Average Composition of Gold Grains from Caño Mechas, Guainía, Colombia

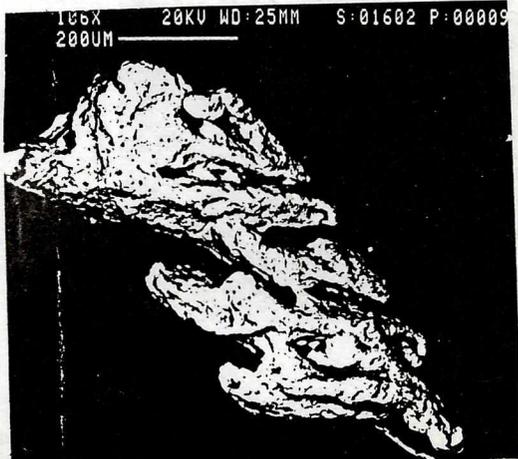
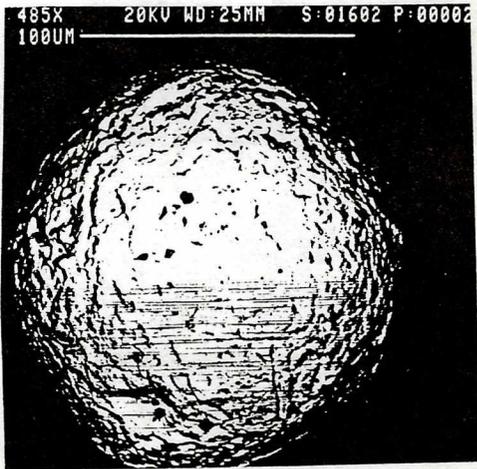
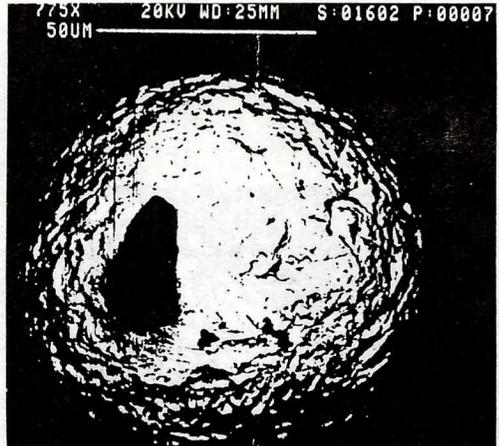
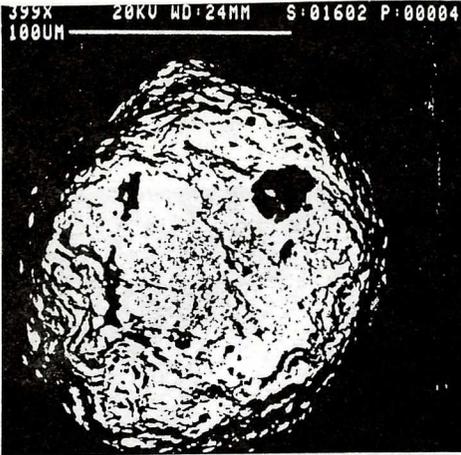
Dendritic Grains

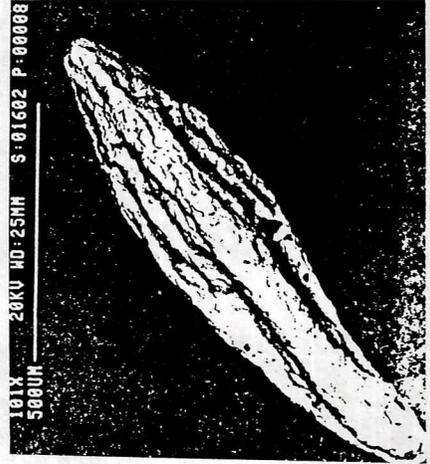
Grain	No. of Analyses	Au	Ag	Pd	Total	Photo
1	4	97.32	0.36	2.92	100.73	?
2	3	100.34	0.11	0.37	101.01	?
3	4	99.95	0.11	0.63	100.83	?
4	6	97.19	0.40	3.26	100.98	?

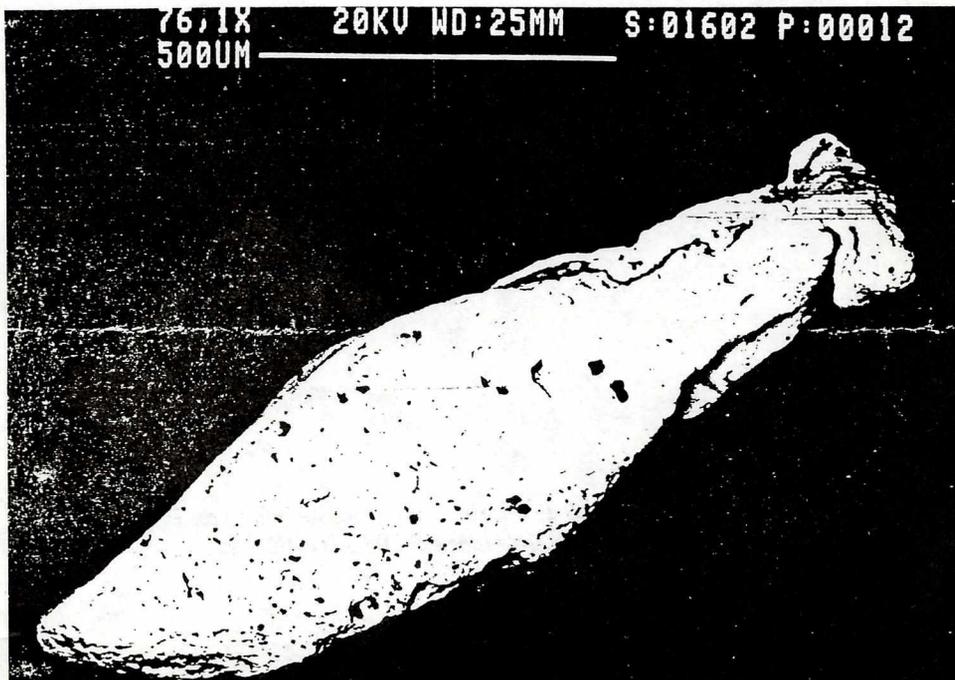
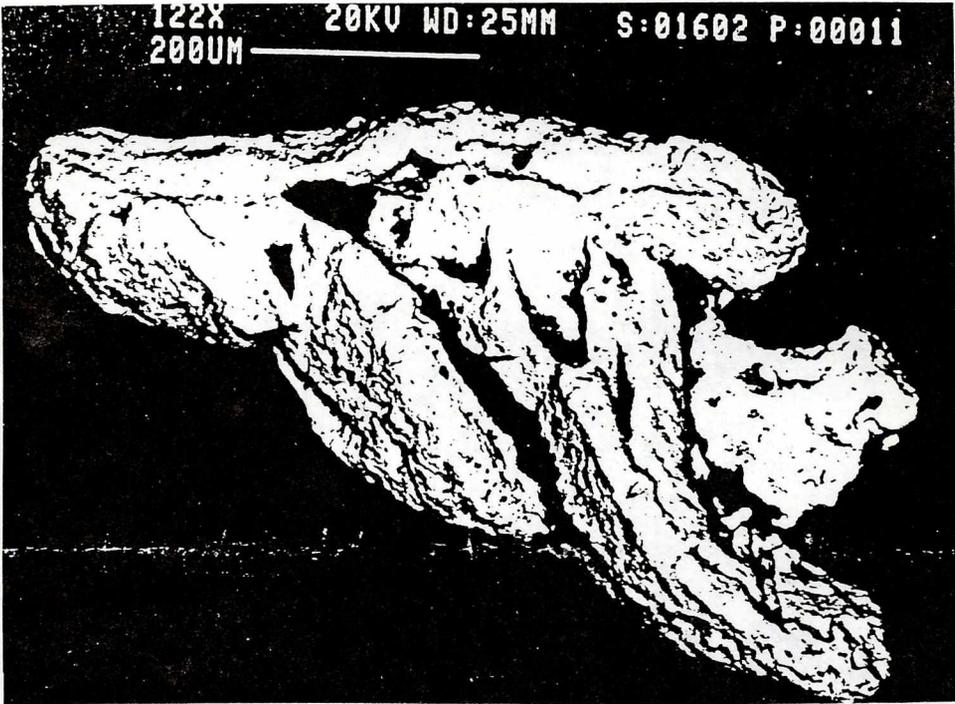
Spherical Grains

Grain	No. of Analyses	Au	Ag	Pd	Total	Photo
1	3	98.73	0.14	1.35	100.35	1602-1
2	2	97.96	0.21	1.34	99.57	1602-2
3	2	93.83	0.82	7.16	101.82	1602-3

Analyses by Dr. D.C. Harris
GSC Mineralogy Laboratory
(Sample 1602)



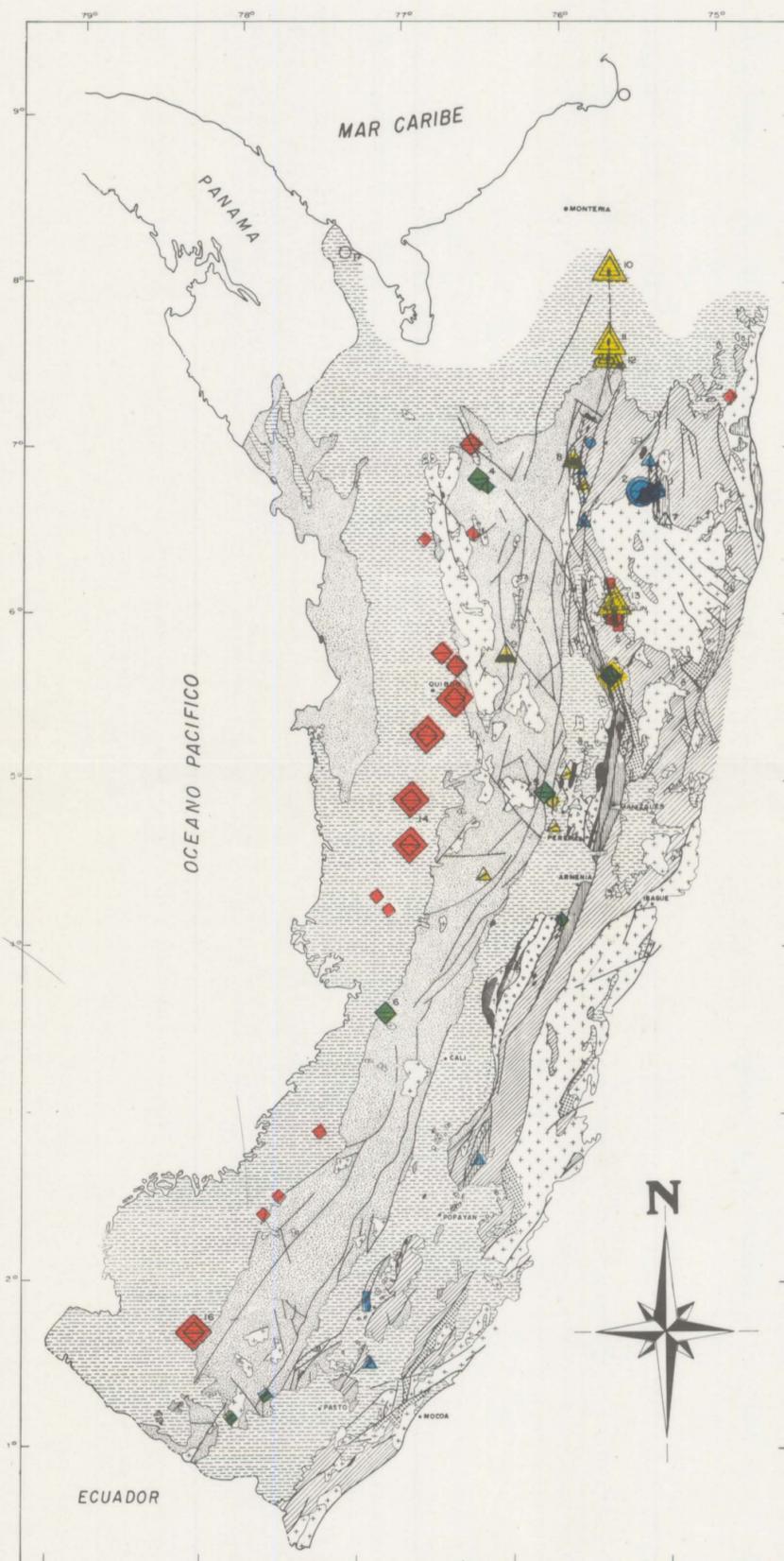




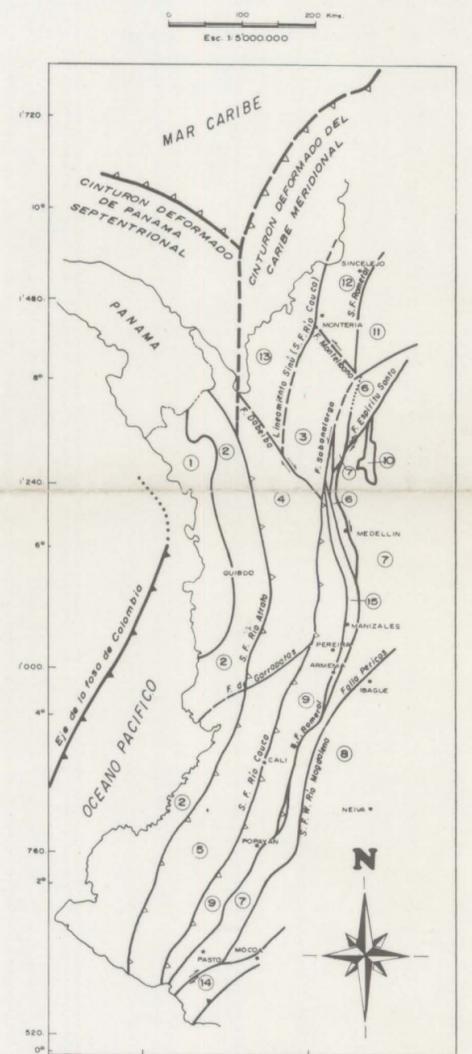
*Esta publicación se terminó de imprimir en el mes de marzo de 1991
en la Sección de Publicaciones del INGEOMINAS*

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

Por:
 JAIRO ALVAREZ A.
 1986



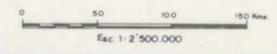
MAPA PRELIMINAR DE TERRENOS GEOLOGICOS DE COLOMBIA



- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Terreno Baudó | 2 Terreno Ataró - San Juan - Tumaco |
| 3 Terreno Buriticá | 4 Terreno Cañasgordas |
| 5 Terreno Dagua | 6 Terreno Pugal |
| 7 Terreno Cajamarca | 8 Terreno Payaná |
| 9 Terreno Cauca - Romenal | 10 Terreno Campamento |
| 11 Terreno San Jorge - Pital | 12 Terreno San Jacinto |
| 13 Terreno Sinú | 14 Terreno Garzón |
| 15 Terreno Pácora | |

Tomado de Etayo et al. 1983. INGEOMINAS, con modificaciones del autor.

FUENTES DE INFORMACION: 1. Geología Cuadrángulo H-8, y parte de H-7, planchas 130, 146, 166, 167, 187, 243, 261, 262 y 280, Alvarez, (1984, 1985), Alvarez, y Burgoth, 1986. 2. Mapa Minero de los Departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío INGEOMINAS, 1972. 3. Mapa Geológico de Colombia, INGEOMINAS, 1976. 4. Mapas Geológicos Generalizados de los Departamentos de Cauca y Nariño, INGEOMINAS, 1979, 1982. 5. Mapa de Recursos Minerales del Departamento de Antioquia, INGEOMINAS, 1980. 6. Ocurrencias Minerales en el Departamento del Chocó, Ingominas, 1977.

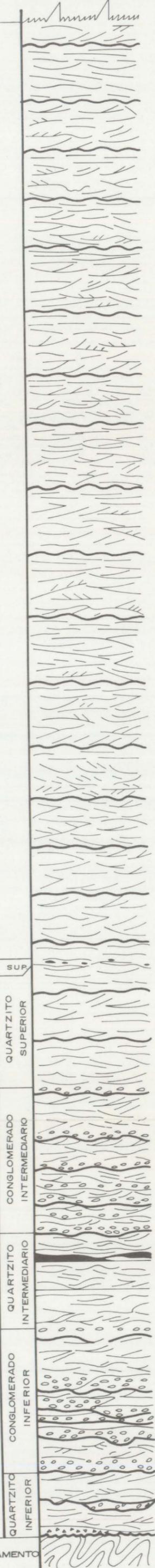


SERRA DA JACOBINA

FORMAÇÃO RIO DO OURO ± 2.000 metros

FORMAÇÃO SERRA DO CORREGO 600 a 900 metros

EMBASAMENTO



Mina en preparación
Xisto verde
Main reef
Basal reef
Migmatitas, granulitas

SERRANIA DE NAQUEN

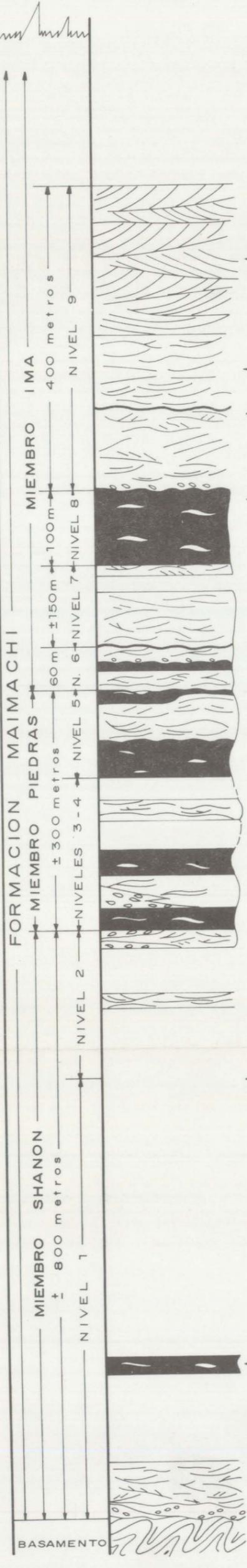
FORMACION MAIMACHI

MIEMBRO SHANON ± 800 metros

MIEMBRO PIEDRAS ± 300 metros

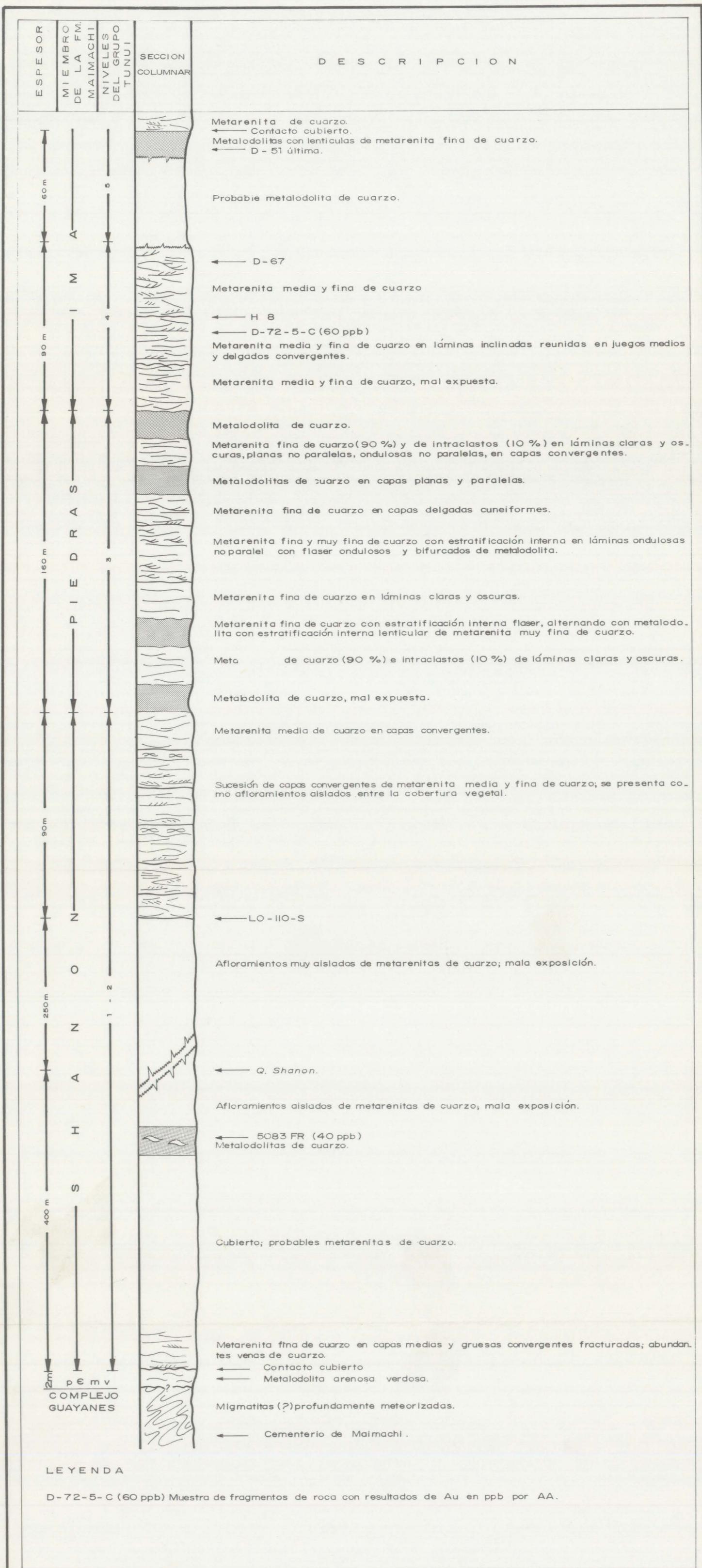
MIEMBRO IMA 400 metros

BASAMENTO



Caño Cachirri
Caño Cachirri
H-18 a Caño Sal-sa
Caño Mechas
A-83
5024
A-78
Caño Yocota
A-73 F
Camp de Caño Piedras
H-1
5032
5037
Caño Solo
5044
Campamento Ecominas
H-16
Caño Raimundo
G137, H93, Planadas
H113, C. Esperanza
Migmatitas, migmatitas granitoides.

ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS GENERALIZADAS



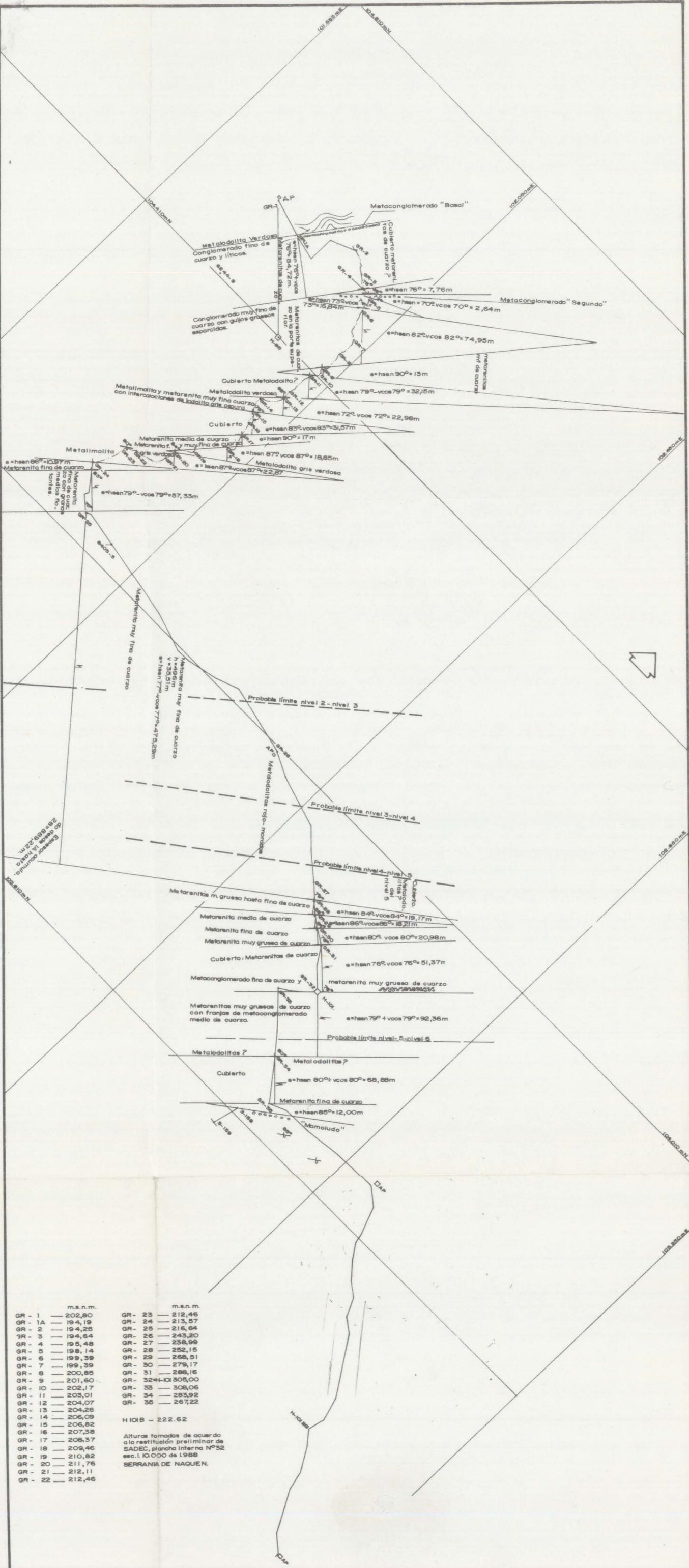
LEYENDA

D-72-5-C (60 ppb) Muestra de fragmentos de roca con resultados de Au en ppb por AA.

ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA 10
DEL D-51 A MAIMACHI (PLANCHA 24-B1.C1)

0 25 50 75 100m.

PL-10



GR	m.s.n.m.
GR - 1	202,80
GR - 1A	194,19
GR - 2	194,25
GR - 3	194,64
GR - 4	195,48
GR - 5	198,14
GR - 6	199,39
GR - 7	199,39
GR - 8	200,85
GR - 9	201,60
GR - 10	202,17
GR - 11	203,01
GR - 12	204,07
GR - 13	204,26
GR - 14	205,09
GR - 15	205,82
GR - 16	207,38
GR - 17	208,37
GR - 18	209,46
GR - 19	210,82
GR - 20	211,76
GR - 21	212,11
GR - 22	212,46

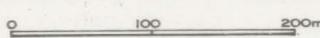
GR	m.s.n.m.
GR - 23	212,46
GR - 24	213,57
GR - 25	216,64
GR - 26	243,20
GR - 27	238,99
GR - 28	252,15
GR - 29	268,51
GR - 30	279,17
GR - 31	288,16
GR - 32+101	305,00
GR - 33	308,06
GR - 34	283,92
GR - 35	267,22

H IOIB - 222.62

Alturas tomadas de acuerdo a la restitución preliminar de SADEC, planchas interna Nº32 esc. 1:10.000 de 1988

SERRANIA DE NAQUEN.

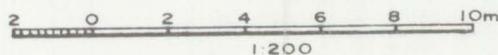
**ECOPETROL - INGEOMINAS
POLIGONAL H 95, H 101 Y
TRINCHERA S-159, CON CALCULOS
DE ESPESORES**



EDAD	FORMACION	MIEMBRO	ESPESOR MUESTREADO (m)	LITOLOGIA	N° DE MUESTRA	RESULTADO ANALISIS		DESCRIPCION	LITOLOGICA
						ORO (ppb)			
						AA	Copelac.		
O C H I B C A M A M A I M A I P R E C A M A I			1	A A A A A	N-7	*	*	Arena suelta, color café oscura, con raices.	
					1	*	*	Cuarcita blanca, grano medio, muy deleznable.	
					2	*	*	Cuarcita parda, grano medio algunos gruesos, muy deleznable, presenta cuarzos azules.	
					3	*	*		
					4	*	*	Cuarcita gris parda, muy deleznable, grano medio a grueso, con abundantes cuarzos grises oscuros; venillas de cuarzo de 2mm., en sectores agujas de turmalina(?)	
					5	*	*		
					6	*	*	Cuarcita gris, grano medio, compacta.	
					7	*	*	Cuarcita gris clara a blanca, grano medio a grueso, con cuarzos azules, hasta 1cm. venas de cuarzo.	
					8	*	*	Cuarcita gris, grano medio, estratificación cruzada, venas de cuarzo perpendiculares a la estratificación; sericita local.	
					9	*	*	Cuarcita gris clara, grano medio a grueso, con sericita, algo de clorita, drusas de cuarzo de 1 a 3 mm., minerales cúbicos negros (pirrotita?)	
					10	*	*	Cuarcita gris, grano grueso, con bandas de cuarzos oscuros, contiene clorita, sericita y hematita.	
					11	30	*	Cuarcita gris, grano medio a grueso, con sericita, clorita, hematita.	
					12	*	*		
					13	30	*	Cuarcita gris, grano grueso, en la base grano medio, contiene sericita, clorita, hematita.	
					14	*	*		
					15	*	*	Cuarcita gris, grano medio a grueso, presenta venillas de cuarzo, contiene sericita, clorita, y hematización fuerte local.	
					16	*	*		
					17	*	*		
					18	*	*		
					19	*	*		
					20	20	*		
					21	*	*	Metaconglomerado con clastos redondeados de cuarcita fina (99%) y filita (1%), matriz de color gris, arenosa, gruesa, con cuarzos lechosos, grises oscuros y algunos azules, contiene sericita, clorita y localmente hematización fuerte, presenta manchas café oscuro por turmalina (?) o materia orgánica (?)	
					22	*	*	Entre 19.5 - 21.3 m. venillas de cuarzo con drusitas, abundante sericita.	
					23	20	*		
					24	*	*		
					25	*	*		
					26	*	*		
					27	*	*		
					28	*	*		
					29	20	*		
					30	40	*		
					31	*	*		
					32	*	*	Metaarcillolita ligeramente verdosa con sericita, turmalina(?); hematización fuerte local; contiene venillas de cuarzo, de 1mm de espesor, perpendiculares a la estratificación.	
					33	*	*		
					34	*	*		
					35	*	*		
					36	*	600	Metalimolita roja, hematización fuerte local. En 26.5 m, venillas de cuarzo de 1mm. perpendiculares a la foliación. Entre 27.2 - 27.3m venas ferrosas de 1cm de espesor.	
					37	*	*		
					38	20	*		
					39	*	*		
					40	*	*		
					41	*	800	Metaarcillolita ligeramente verdosa con sericita y presencia de un mineral pequeño, tabular y color negro turmalina(?) o magnetita(?)	
					42	*	*		
					43	*	*		
					44	*	*		
					45	*	*		
46	*	*							

* Au inferior al límite de detección (AA=10 ppb; copelación = 100ppb)

ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA
SECTOR CAÑO SOLO POZO N 7



Autor: Aifonso Arias T.

Altura: 297 ms n.m.
X= 104 154
Y 103 367
Azimut 316°
Inclinación 84°
Profundidad 36.60m.

PL-12

EDAD	FORMACION	MIEMBRO	ESPESOR MUESTREADO (m)	LITOLOGIA	Nº DE MUESTRA	ANALISIS				DESCRIPCION	LITOLOGICA	
						ORO		PLATA				
						AA	Cope. lac.	AA	Cope. lac.			
P R E M A M B R A R I C C O H I					N-8	*	**	+	-	Suelo areno-arcilloso, color negro a café oscuro, con abundantes raíces.		
					N-8	50	**	+	-	Suelo areno-arcilloso, color negro a café oscuro, con raíces y algunos fragmentos de filita grafitosa de color gris claro.		
					N-8	*	**	+	-			
					N-8	*	**	+	-	Filita color gris claro, talcosa y grafitosa, con buena foliación, contiene sericita. Vena de cuarzo de 1mm., paralela a la foliación se encuentra a 55m. Hacia la base se presentan lenticulas arenosas y aumenta la cantidad de venas de cuarzo de 1mm. de espesor.		
					N-8	20	**	+	-			
					N-8	*	**	+	-			
					1.15	N-8	*	100	+	20	Cuarcita de color blanco, grano fino, muy meteorizada y deleznable, contiene algunas raíces; presenta sericita.	
					1	N-8	20	40	+	-		
					f	N-8	50	**	+	-	Cuarcita totalmente meteorizada, deleznable, color blanco grano fino, contiene sericita.	
					1.2	N-8	80	**	+	-		
					1	N-8	40	**	+	-	Filita talcosa de color gris claro y gris plomo, muy meteorizada; presenta hematización.	
					f	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-		
					f	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	20	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	50	+	20	Filita grafitosa, muy meteorizada en el tope y meteorización moderada en la base, contiene sericita y tonalidades rojizas por hematización. Localmente presenta bandas de cuarcita hasta de 1cm. de espesor y se observan estructuras sedimentarias. Se encuentran venas de cuarzo ocasionales; en 23m. existen pequeñas drusas, hasta de 5cms. de diámetro, con cristales euhedrales de cuarzo. La foliación es bien definida y el color de la filita va de gris claro en el tope y gris oscuro en la base acentuado, en esta última parte, por la presencia de grafito abundante. La hematización está en bandas.	
					1	N-8	*	*	+	20		
					1	N-8	*	50	+	20		
					1	N-8	*	50	+	80		
					1	N-8	*	40	+	20		
					1	N-8	*	50	+	20		
					1	N-8	50	40	+	200		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	80	+	20		
					1	N-8	20	50	+	20		
					1	N-8	20	**	+	-		
					0.8	N-8	20	40	+	200		
					0.4	N-8	40	**	+	-		
					0.4	N-8	*	40	+	-		
					0.4	N-8	*	**	+	20		
					0.5	N-8	*	**	+	-		
					0.5	N-8	*	**	+	20		
					0.5	N-8	*	**	+	-		
					0.5	N-8	30	**	+	-	Metaconglomerado con guijos escasos y pequeños, flotantes en matriz de cuarcita de grano fino, color blanco muy fracturada. La roca moderadamente meteorizada, está recrystalizada y con abundantes venas de cuarzo; presenta manchas de limonita.	
					0.5	N-8	30	40	+	200		
					0.5	N-8	*	40	+	200		
					0.5	N-8	*	40	+	60		
					0.5	N-8	30	40	+	80		
					0.5	N-8	*	40	+	60		
					0.5	N-8	30	**	+	60		
					0.5	N-8	*	50	+	60		
					0.5	N-8	*	**	+	60		
					1	N-8	*	**	+	80		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-	Cuarcita fresca, masiva, fracturada, de grano fino, color blanco rosado por la hematización; presenta abundantes venas de cuarzo con sericita asociada. La hematización ocurre a través de las fracturas, turmalina se presenta en venas muy discretas; trazas de pirita en hedrales se ve en las venas de cuarzo y sericita; en sección delgada se identifica andalucita.	
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-	En 41m. se encuentran venas de cuarzo hasta de 4cms. de espesor con drusas de cuarzo euhedral. A partir de 50,15m. hacia la base la cuarcita está intensamente fracturada continuando la alteración hematítica, sericitización, silicificación e intenso venamiento.	
					1	N-8	20	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	-		
					1	N-8	*	**	+	200		
					1	N-8	20	50	+	-		
					1	N-8	20	**	+	-		
					1.35	N-8	*	200	+	20		

* , ** Au, inferior al límite de detección 10ppb por AA y copelación
 - Ag, inferior al límite de detección 10ppb
 + No analizado.

ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA
SECTOR CAÑO SOLO POZO N 8

Altura: 286 m.s.n.m.
 X= 104.180
 Y= 103.292
 Azimut: 330°
 Inclinación: 70°
 Profundidad: 53.35m.



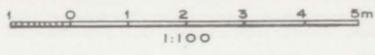
Autor: Alfonso Arias T.

PL-13

EDAD	FORMACION	MIEMBRO	ESPESOR MUESTREADO(m)	LITOLOGIA	Nº DE MUESTRA	ANALISIS			DESCRIPCION	LITOLOGICA
						ORO		PLATA		
						AA (ppb)	Copelac. (ppb)	Copelac. (ppb)		
					N-9	*	**	-	Suelo arenoso arcilloso, color café, presenta raíces y materia orgánica.	
					1	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					2	*	**	-		
					N-9	*	**	-	Cuarcita de grano medio, totalmente meteorizada dando lugar a suelo arenoso con óxidos de hierro; entre los granos se aprecian algunas láminas de sericita.	
					3	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					4	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					5	*	**	-		
					N-9	20	**	-		
					6	*	**	-		
					N-9	*	**	-	Cuarcita de grano medio, color rojizo con tonalidades grisáceas y amarillentas, está meteorizada pero permite obtener muestras de núcleos.	
					7	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					8	*	**	-		
					N-9	*	40	-	Filita color gris claro, talcosa, muy meteorizada, en el tope intercalaciones cuarcíticas de 1 a 2 mm. de espesor, en la base toma color rojizo; venas de cuarzo ocasionales, presenta bandas oscuras posiblemente de especularita, contiene sericita diseminada.	
					9	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					10	*	**	-		
					N-9	140	100	-		
					11	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					12	*	**	-		
					N-9	*	**	-	Cuarcita de grano medio bastante meteorizada, es de color rojizo con tonalidades grisáceas y amarillentas.	
					13	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					14	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					15	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					16	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					17	*	**	-		
					N-9	X	XX	-		
					18	*	**	-		
					N-9	20	**	-		
					19	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					20	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					21	*	**	-		
					N-9	20	**	-	Cuarcita de grano grueso a conglomerática con cantos ocasionales hasta de 0.5 cm. el color es rojizo a blanco amarillento; venas de cuarzo esporádicas hasta 2 cm. de espesor; contiene sericita y se observan cavidades de óxidos de hierro posiblemente de pirita oxidada.	
					22	*	**	-		
					N-9	20	**	-	Entre 21,10 m. hasta 22,20 m. nivel de conglomerado con cantos hasta de 2 cm. de diámetro de cuarzo lechoso y cuarcos azules.	
					23	*	**	-	Entre 23,0 a 23,20 m. conglomerado cruzado por venas de cuarzo.	
					N-9	20	**	-		
					24	*	**	-		
					N-9	*	**	-	Conglomerado intercalado en cuarcita de grano grueso.	
					25	*	**	-		
					N-9	*	**	-	Nivel conglomerático interestratificado con cuarcita de grano grueso.	
					26	*	**	-		
					N-9	20	**	-	Cuarcita conglomerática, color rojizo, fuertemente hematizada.	
					27	*	**	-		
					N-9	100	80	-		
					28	*	**	-		
					N-9	20	40	-		
					29	*	**	-		
					N-9	20	40	-	Nivel conglomerático intercalado en cuarcita conglomerática.	
					30	*	**	-		
					N-9	30	40	-		
					31	*	**	-		
					N-9	30	40	-	Conglomerado con cantos de cuarzo hasta de 3 cm. de diámetro, cruzado por venas de cuarzo. En sección delgada presenta abundante cloritoide.	
					32	*	**	-		
					N-9	20	**	-		
					33	*	**	-		
					N-9	*	**	-	Cuarcita conglomerática, color rojizo, con abundantes óxidos de hierro, esporádicos cantos de cuarzo.	
					34	*	**	-		
					N-9	30	50	-		
					35	*	**	-		
					N-9	20	50	20	Conglomerado de 14 cm. de espesor, intercalado con cuarcita conglomerática.	
					36	*	**	-		
					N-9	20	40	-		
					37	*	**	-		
					N-9	20	30	-	Cuarcita de grano grueso con hematización fuerte, contiene sericita y óxidos de hierro. En 34,50 m. de profundidad se observan cristales de pirita blanca (arsenopirita?) cuhedral y diseminada, relacionada principalmente a niveles de grano más grueso; limonita es común en la zona de fracturas derivada seguramente de la pirita. Cantos de cuarzo azul hasta de 3 mm. de diámetro están dispersos dentro de la cuarcita en forma ocasional. Pirita cuhedral diseminada es continua hasta 39,0 m.	
					38	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					39	*	**	-		
					N-9	20	**	-		
					40	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					41	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					42	*	**	-		
					N-9	30	50	-		
					43	*	**	-		
					N-9	20	50	20		
					44	*	**	-		
					N-9	20	40	-		
					45	*	**	-		
					N-9	20	30	-		
					46	*	**	-		
					N-9	20	**	-		
					47	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					48	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					49	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					50	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					51	*	**	-		
					N-9	20	**	-		
					52	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					53	*	**	-		
					N-9	20	**	-		
					54	*	**	-		
					N-9	20	**	-		
					55	*	**	-		
					N-9	40	40	-		
					56	*	**	-		
					N-9	40	40	-		
					57	*	50	-		
					N-9	20	**	-		
					58	*	**	-		
					N-9	20	**	-		
					59	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					60	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					61	*	**	-		
					N-9	*	**	-	Cuarcita de grano fino a medio, color rosado, con hematización, sericita y ocasionales venas de cuarzo; presenta pirita muy fina, cúbica (euhedral), diseminada en todo el intervalo.	
					62	*	**	-	En 42,50 m. se observó nivel de conglomerado de 5 cm. de espesor.	
					N-9	*	**	-		
					63	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					64	*	**	-		
					N-9	*	**	-		
					65	*	**	-		
					N-9	20	50	-		
					66	*	**	-		
					N-9	*	**	-	Cuarcita de grano fino, fresca, con ocasionales venas de cuarzo, contiene pirita fina diseminada.	
					67	*	**	-		
					N-9	50	40	-		
					68	*	**	-		
					N-9	20	**	-		
					69	*	**	-		

* , ** Au, inferior al límite de detección ppb por AA y copelación.
 - Ag, inferior al límite de detección 10 ppb

ECOPETROL - INGEOMINAS
 COLUMNA ESTRATIGRAFICA
 SECTOR CAÑO SOLO POZO N 9

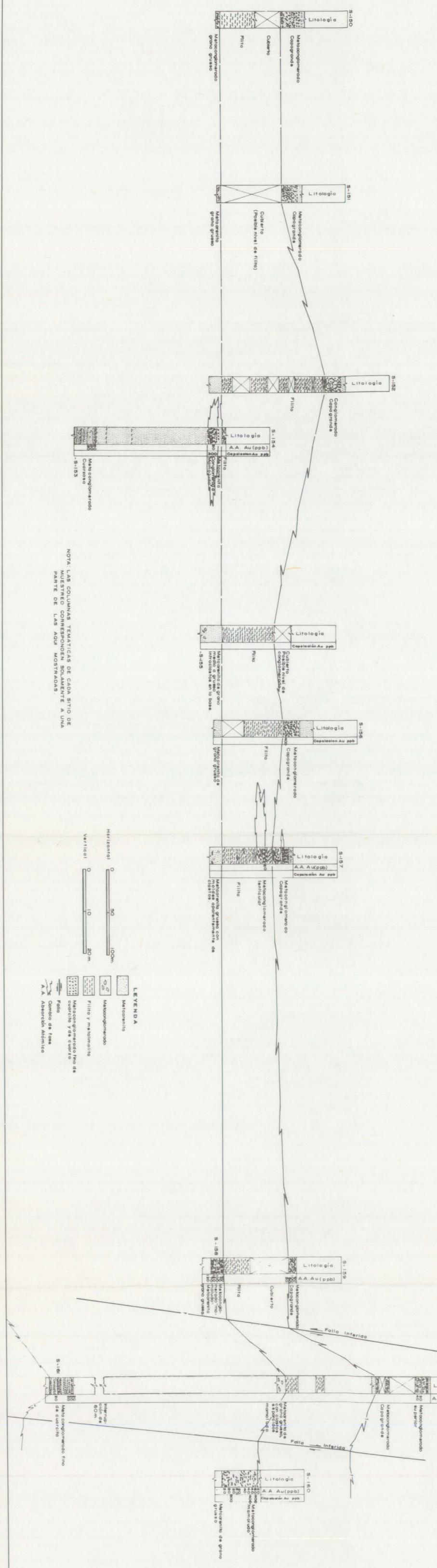


Altura: 277 ms.n.m.
 X= 104.256
 Y= 103.298
 Azimut: 132°
 Inclinación: 73°
 Profundidad: 50.35m.

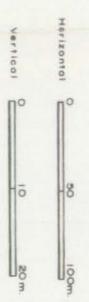
Autor: Alfonso Arias T.

NE

S.W.



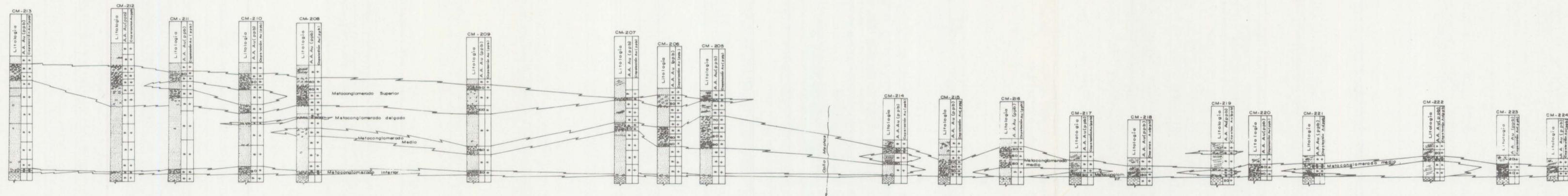
NOTA: LAS COLUMNAS TEMATICAS DE CADA SITIO DE MUESTREO CORRESPONDEN SOLAMENTE A UNA PARTE DE LAS AQS MOSTRADAS.



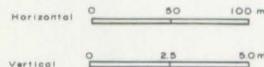
- LEYENDA**
- Metaconglomerado
 - Metaarenita
 - Filio y masamolite
 - Mataconglomerado fino de cuarzo y de cuarzo
 - Filio
 - Cambio de fase
 - A.A. Absorcion Atomica

ECOPETROL - INGEOMINAS
 CORRELACION NIVELES
 METACONGLOMERATICOS
 AREA DE INTERES S
 CAÑO PAVA - CAÑO SOLO

Autor: Orlando Pulido



NOTA: LAS COLUMNAS TEMÁTICAS DE CADA SITIO DE MUESTREO CORRESPONDEN SOLAMENTE A UNA PARTE DE LAS AQUÍ MOSTRADAS

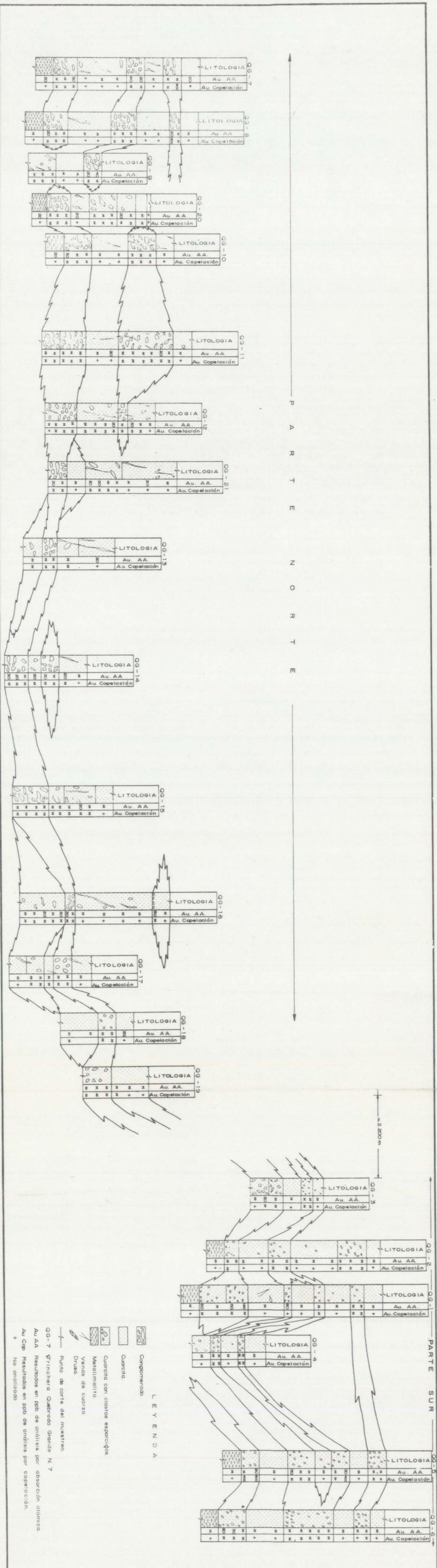


- LEYENDA**
- Cuarcita con niveles gritosos
 - Metaconglomerados
 - Metaconglomerados
 - Metaconglomerados
 - Cambio de fase

- CONVENCIONES**
- Limite de detección
 - Copelación + 100 ppb
 - AA = Absorción Atómica + 10 ppb
 - * Interior al limite de detección
 - + No Analizado

ECOPETROL - INGEOMINAS
 CORRELACION NIVELES
 METACONGLOMERATICOS
 AREA DE INTERES
 CAÑO MECHAS

Autor: Timoleón Garzón



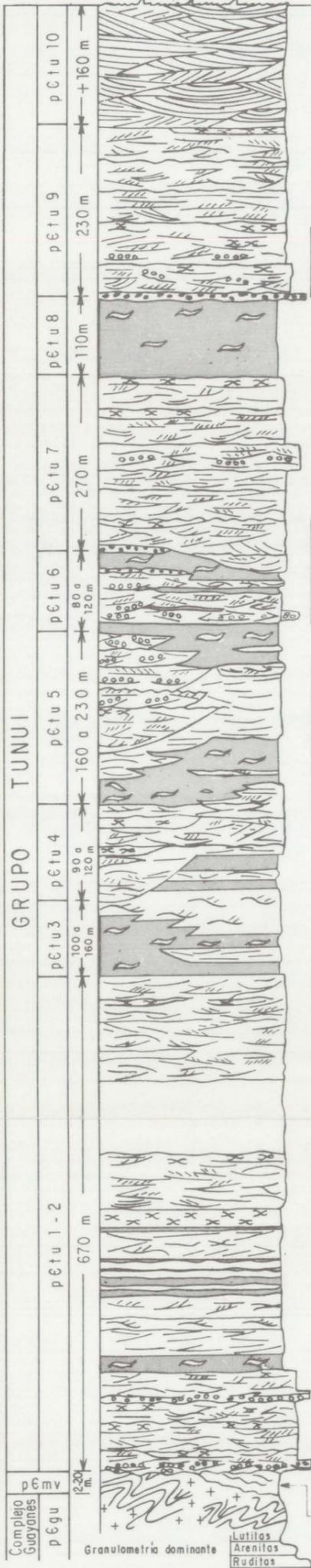
ECOPETROL - INGEOMINAS
CORRELACION ESTRATIGRAFICA DE
LOS NIVELES DE METACONGLOMERADO EN EL
SECTOR DE CAÑO GRANDE

Autor: Luis Barnal
 Myrlam Mora

FORMAÇÃO RIO DO OURO ± 2.000 metros

FORMAÇÃO SERRA DO CORREGO 600 a 900 metros

EMBASAMENTO



- ← 2a cascada en caño Cachirri
- ← 1a cascada en caño Cachirri
- ← Mechas
- ← Metaconglomerado "del Mechas" Espesor=2,60 a 9m
- ← H 4
- ← 3350
- ← Metaconglomerado "Capagrande", esp=5 a 8m
- ← Metaconglomerado "Mamoludo" esp=3m
- ← S-28
- ← S
- ← Metaconglomerado "Cuarzoso" esp hasta 8m
- ← A-63
- ← GR-34 — A-61
- ← A-83
- ← GR-30
- ← 3339
- ← D51 Ultima — A-81
- ← A-77
- ← 3335
- ← D-67
- ← D
- ← H 8
- ← H1
- ← H11
- ← 5632
- ← Puerto Ayacucho
- ← 1209
- ← LO-37
- ← I
- ← caño Piedras
- ← 5038 FR
- ← Cascadas de caño Piedras
- ← LO-110 S
- ← 5044
- ← GR 25
- ← GR 23
- ← GR 18
- ← GR 13
- ← GR 8
- ← Campamento Ecominas 5083
- ← GR 6
- ← GR 5
- ← Metaconglomerado "Segundo", esp=1,00 m
- ← H16
- ← G
- ← Metaconglomerado "Basal", esp=1,50m
- ← H13, H93, H95, Planadas, caño Esperanza, 6137, caño Raimundo, pozos N-2 y N-4
- ← H94, H95, Planadas, caño Esperanza, entre H16 y H17

Mina en preparación

Xisto verde

Main reef

Basal reef

Migmatitas, granulitas

- Metadolita y metadolita grafitosa sin estructuras internas visibles.
- Metadolita con lenticulas de metarenita fina y muy fina de cuarzo.
- Metarenita fina y muy fina y metalimolita de cuarzo con láminas finas de metadolita.
- Metarenita fina y muy fina en láminas claras y oscuras.
- Metarenita muy fina y metalimolita de cuarzo con estratificación interna ondulosa no paralela.
- Metarenita media y fina de cuarzo en capas muy gruesas (hasta 5 metros de espesor) cuneliformes y cubetiformes con estratificación interna en láminas concavas e inclinadas angulares y tangenciales.
- Capas gruesas medias y delgadas cuneliformes y cubetiformes de metarenita de cuarzo con estratificación interna en láminas inclinadas y concavas.
- Metaconglomerado y metarenita conglomerática de líticos y de cuarzo.
- Metaconglomerado y metarenita conglomerática de cuarzo.
- Granitos sensu lato, migmatitas.
- Intervalo con unidades granodecrecientes hacia arriba.
- Intervalo con unidades granocrecientes hacia arriba.

GR5, H93, A-61, D-67, Planadas, 6244-S

A S

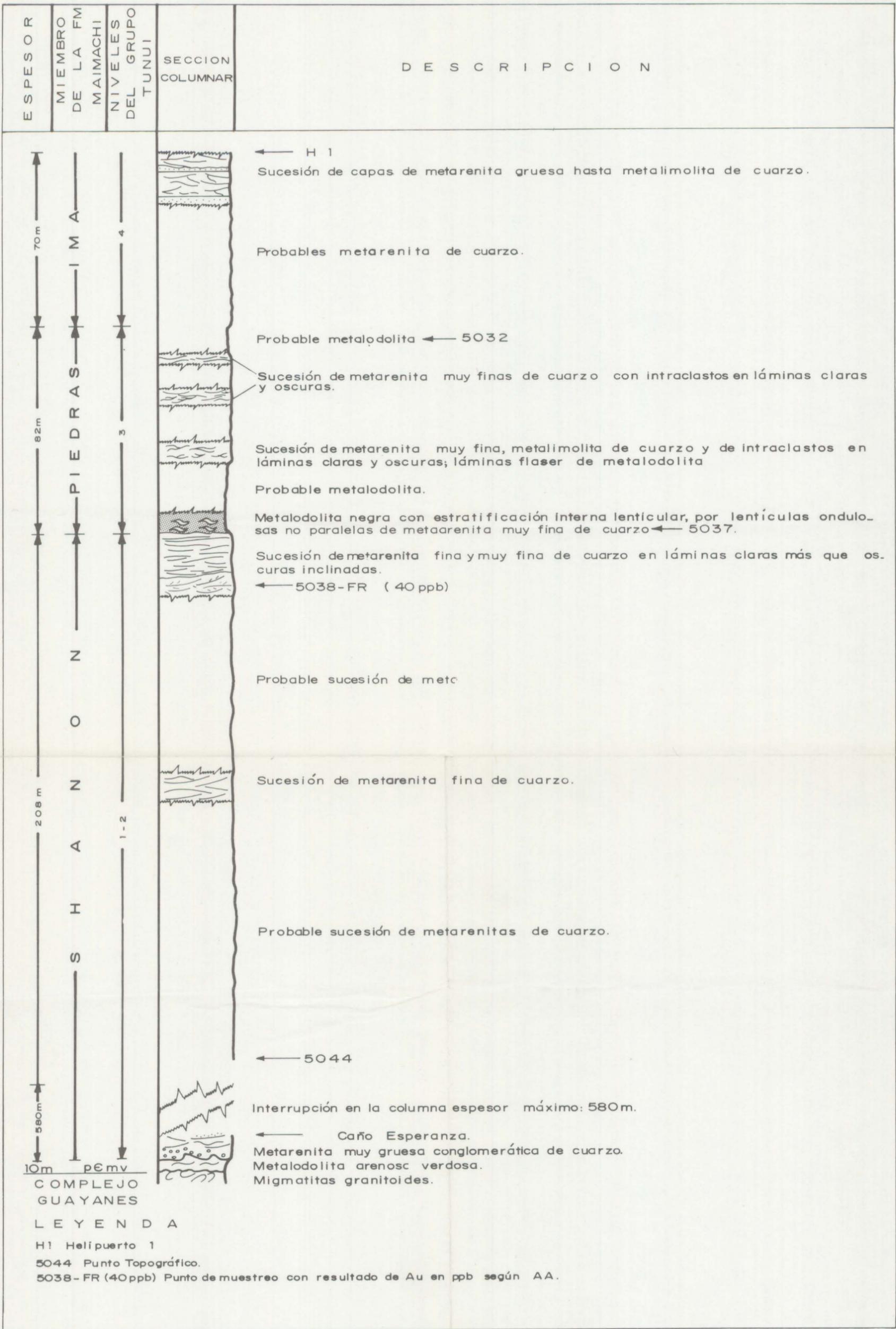
Localidad, punto topográfico o punto de muestreo donde se observa el fenómeno geológico señalado.

Dispersión estratigráfica de los fragmentos de roca (FR) auríferos, véanse anomalías A y S

ECOPETROL - INGEOMINAS

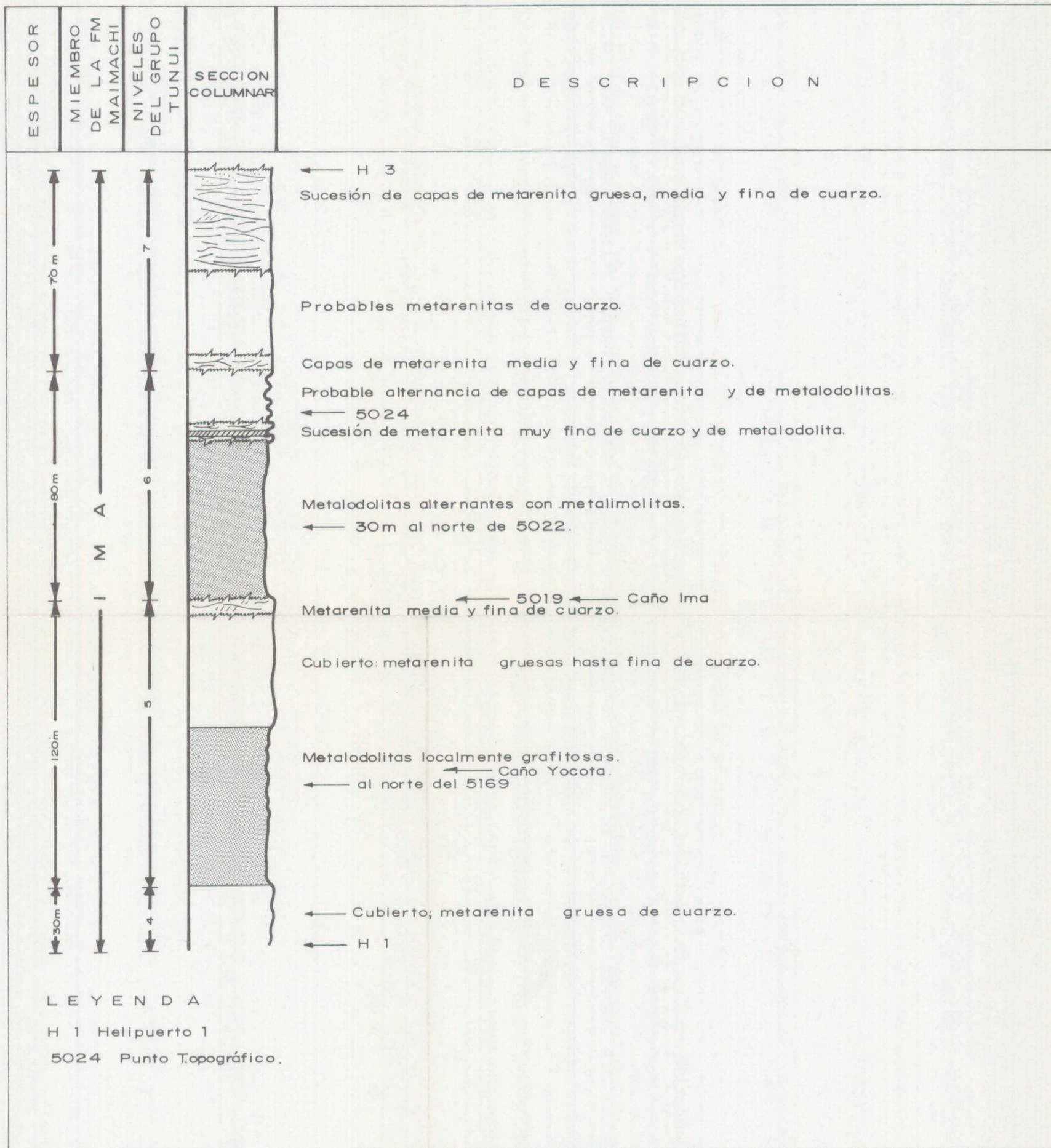
COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DE LAS SERRANIAS DE NAQUEN Y DE LA JACOBINA

JUNIO 1989



ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA 2
DEL H 1 A CAÑO ESPERANZA (PLANCHA 24-C3)

0 25 50 75 100m

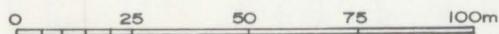


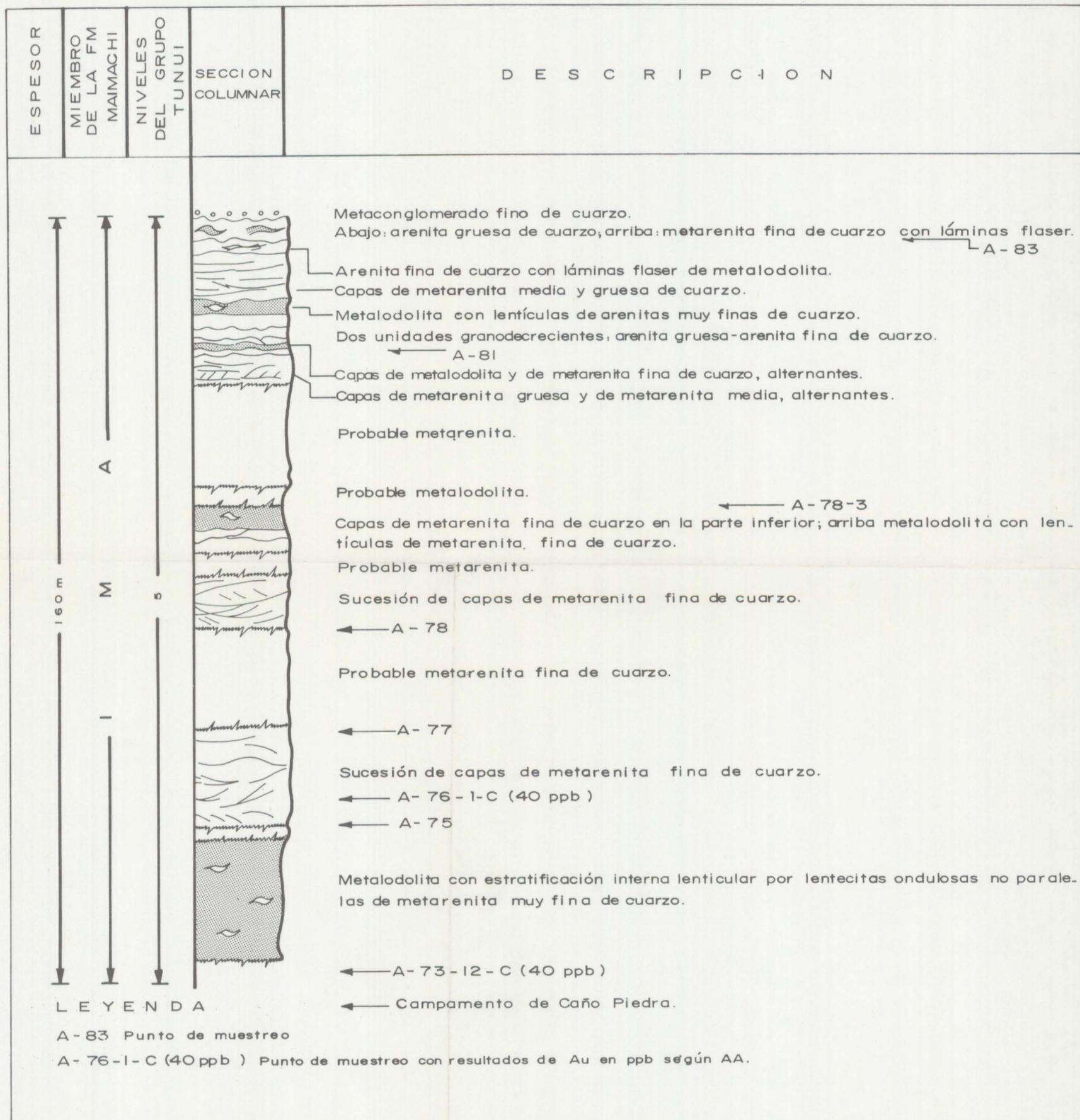
LEYENDA

H 1 Helipuerto 1

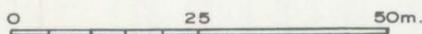
5024 Punto Topográfico.

ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA 3
 DEL H 3 AL H 1 (PLANCHA 24-B4)

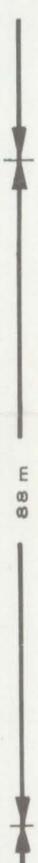




ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA 4
 DEL H 11 A-83 (PLANCHA 28 - B4)



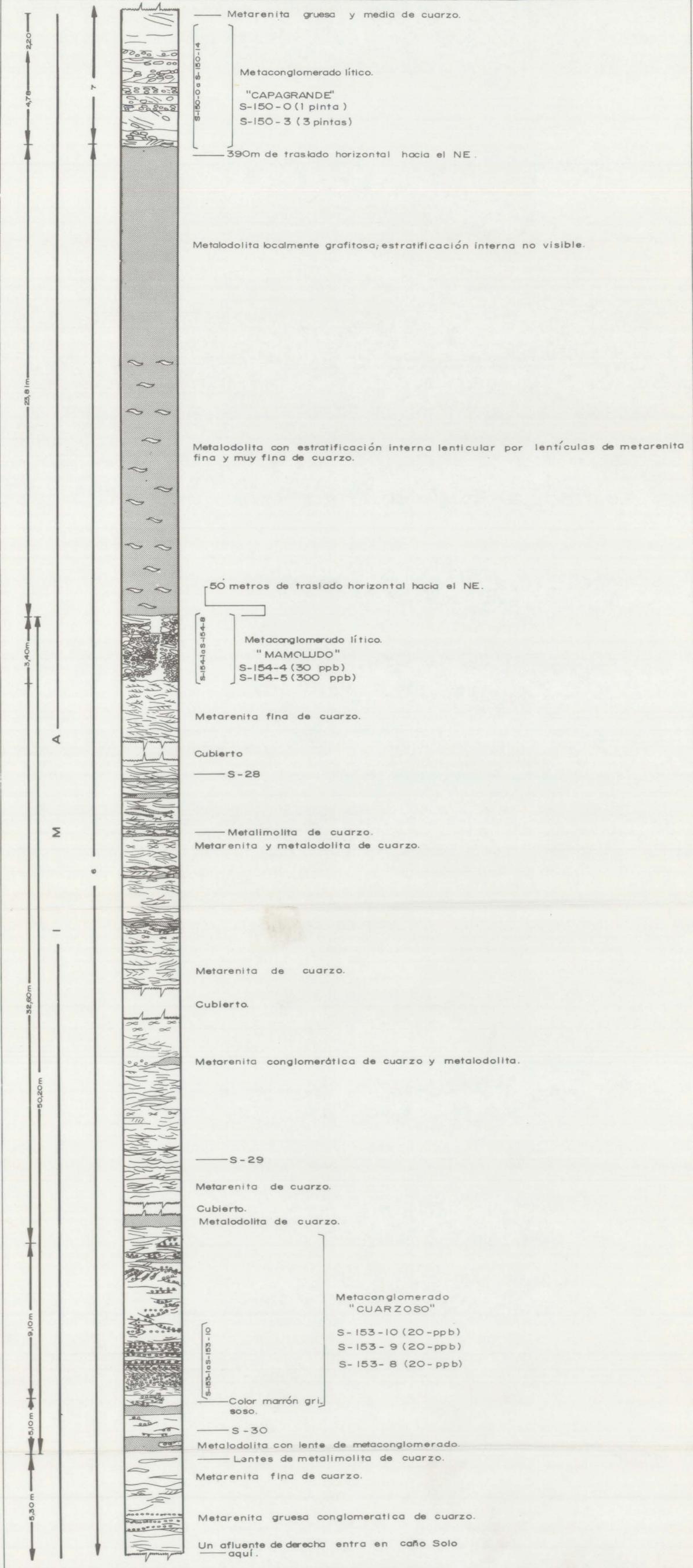
PL-4

ESPEJOR	MIEMBRO DE LA FM MAIMACHI	NIVELES DEL GRUPO TUNUI	SECCION COLUMNAR	DESCRIPCION
				<p>Capas de metarenita gruesa de cuarzo, conglomerática en la base por guijos gruesos líticos "Capagrande"</p> <p>Probable metalodolita.</p> <p>Metalodolita con lentículas de metarenita muy fina de cuarzo.</p> <p>Metarenita muy fina de cuarzo en láminas claras y oscuras ondulosas no paralelas.</p> <p>Metalodolita: lentículas de arenita muy fina de cuarzo; venillas de cuarzo.</p> <p>Probable metalodolita.</p> <p>Metalodolita grafitosa con esporádicas lentículas de arenita muy fina de cuarzo.</p> <p>Capas de metarenita muy fina de cuarzo con láminas claras y oscuras planas na paralelas y ondulosas no paralelas.</p> <p>Metalodolita grafitosa con lentículas de arenita muy fina de cuarzo.</p> <p>Capas de metarenita muy fina de cuarzo con láminas ondulosas no paralelas. Venillas de cuarzo.</p> <p>Metalodolita con lentículas de metarenita fina de cuarzo.</p> <p>Capas de metarenita media y fina de cuarzo en láminas inclinadas.</p>

ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA 5
 DESDE 101A HASTA CAÑO LATA
 PLANCHA 32 - B5

0 ————— 25 ————— 50m

ESPESOR	MIEMBRO DE LA FM. MAMACHI	NIVELES DEL GRUPO TUNUI	SECCION COLUMNAR	DESCRIPCION
---------	---------------------------	-------------------------	------------------	-------------

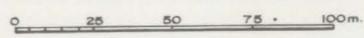


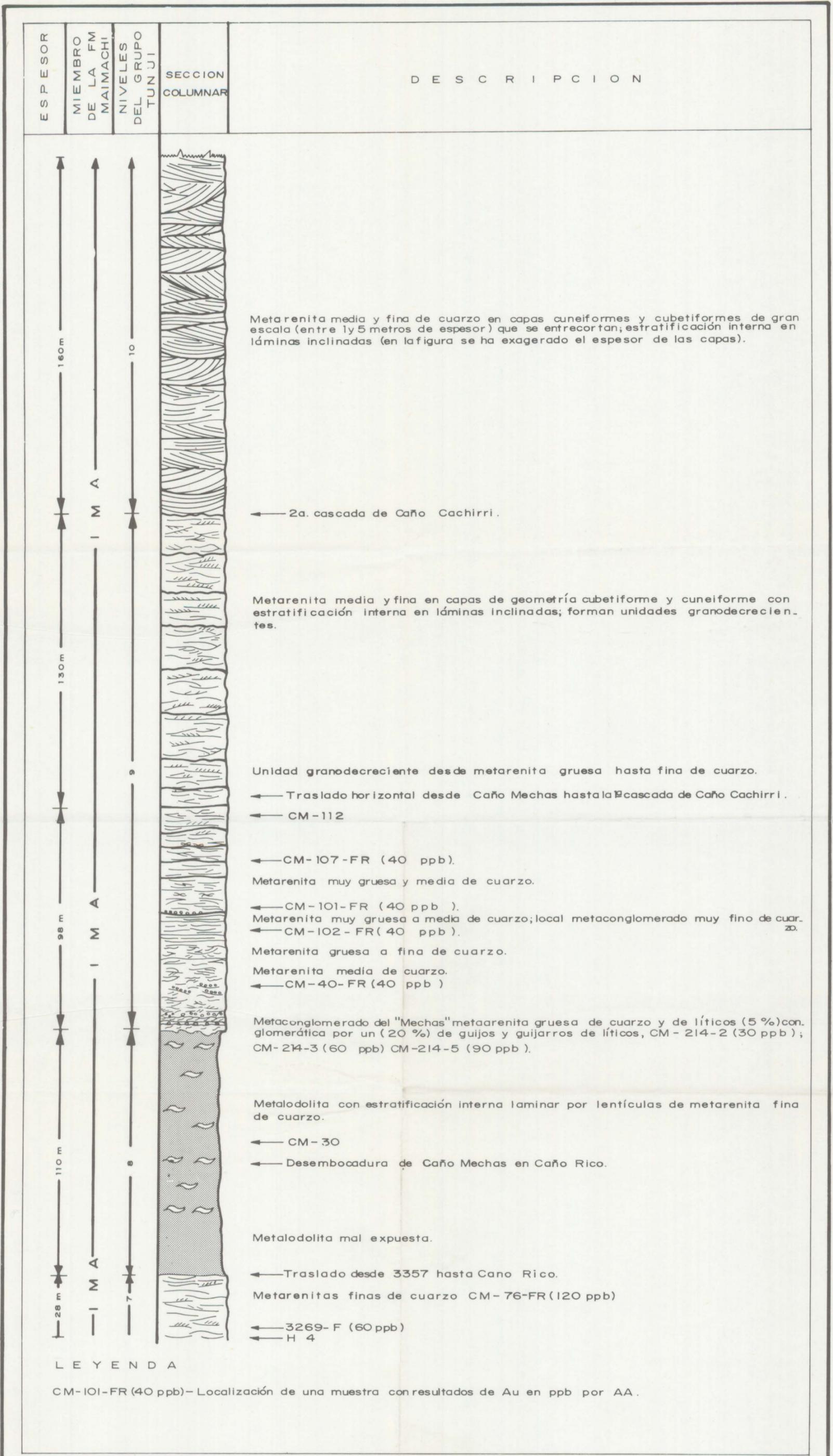
LEYENDA

- S - 30 Punto topográfico
- S - 153-1a10 Punto de muestreo

-  Metalodolitas
-  Meta
-  Metarenita conglomeráticas a metaconglomerado

ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA 6
 DESDE S-30 a S-154 Y DE ALLI a S-150 (PLANCHA 32 -A7)

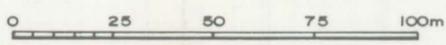


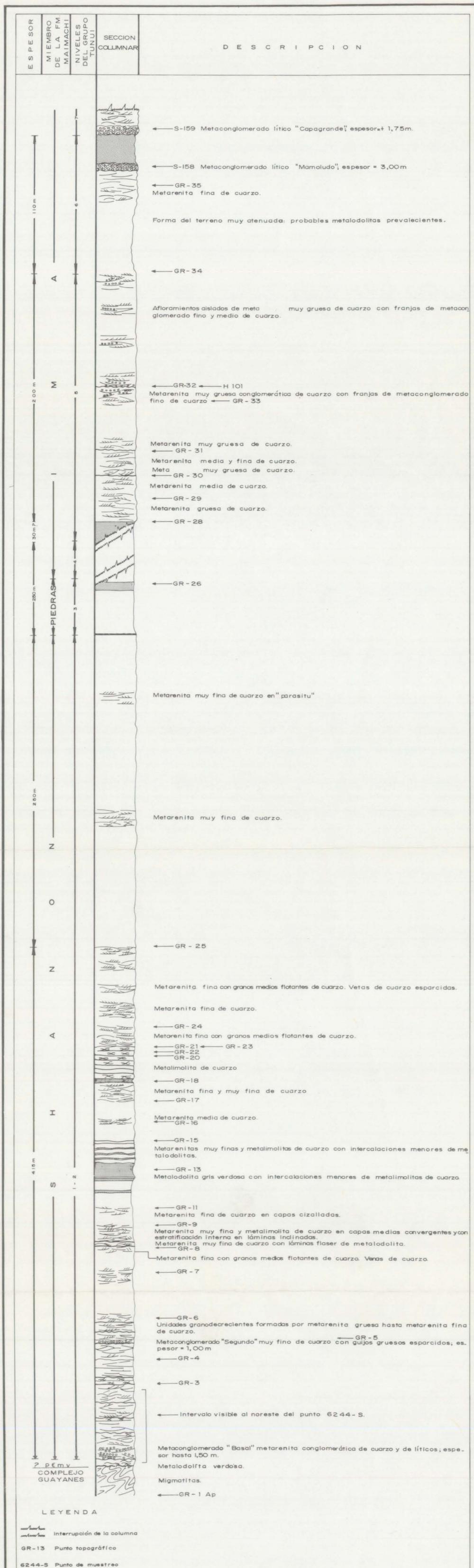


LEYENDA

CM-101-FR (40 ppb) - Localización de una muestra con resultados de Au en ppb por AA.

ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA 7
 DESDE H 4 A 3357, LUEGO POR CAÑO
 MECHAS Y POR ULTIMO CAÑO CACHIRRI

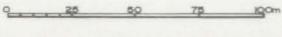


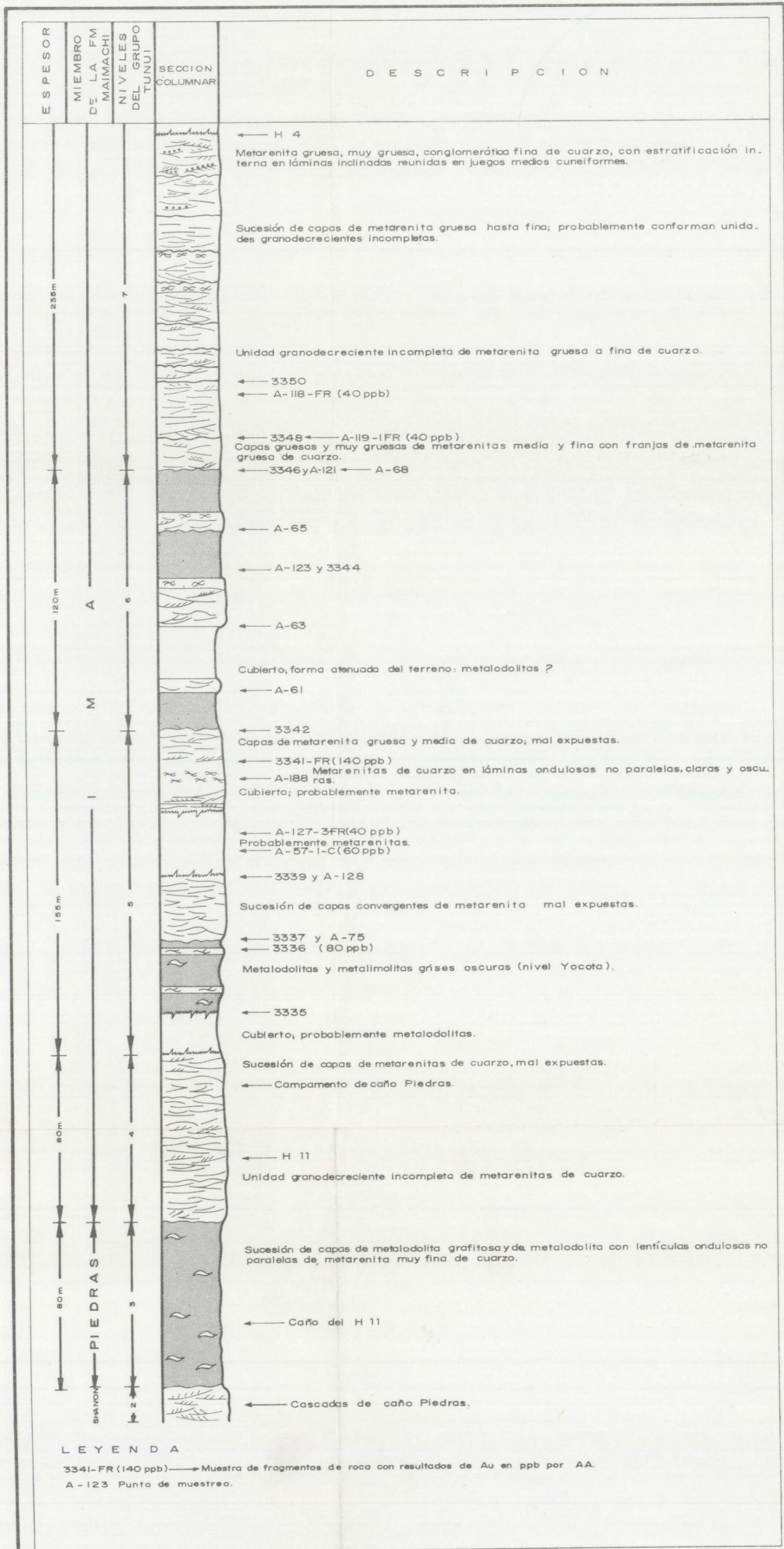


LEYENDA

- Interrupción de la columna
- GR-13 Punto topográfico
- 6244-S Punto de muestreo

ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA 8
 DEL H 95 AL H 101 Y DE ALLI AL S-159





LEYENDA

3341-FR (140 ppb) → Muestra de fragmentos de roca con resultados de Au en ppb por AA.
A-123 Punto de muestreo.

ECOPETROL - INGEOMINAS
COLUMNA ESTRATIGRAFICA 9
DEL H 4 (28-D2) AL H-11 (28-D1) Y
LUEGO A CAÑO PIEDRAS (27-C8)

