

# UN CUADRO PRELIMINAR DE LAS EPOCAS MAGMATICAS Y METALOGENETICAS DE LOS ANDES COLOMBIANOS

(Publicación autorizada por el Servicio Geológico Nacional)

por

LUIGI RADELLI \*

**RESUMEN.**—El autor presenta sus ideas acerca de la sucesión de los diferentes ciclos magmáticos (intrusivos y efusivos) que han interesado los Andes Colombianos y trata de poner en relación con ellos las principales mineralizaciones del país.

**ABSTRACT.**—The author exposes his ideas about the succession of the magmatic (intrusive and effusive) cycles which interested the Colombian Andes and tries to relate the chief mineralizations of the country to these cycles.

**RESUME.**—L'A. presente ses idées sur la sequence des differentes venues magmatiques (intrusif et effusif) qui ont intéressé les Andes Colombiennes et il essaie d'établir une relation entre cettes-ci et les principales mineralizations metallifères du pays.

**RIASSUNTO.**—L'A. espone le proprie idee sulla successione dei cicli magmatici (intrusivi ed effusivi) che hanno interessato le Ande Colombiane e cerca di mettere in relazione con questi le principali mineralizzazioni del paese.

## INTRODUCCION

Establecer un cuadro completo de los distintos fenómenos magmáticos y metalogenéticos que han interesado a las Cordilleras Colombianas es obra prácticamente imposible en el estado actual de los conocimientos. Pero, por otra parte, me parece oportuno intentar elaborar un primer bosquejo en este sentido, por dos razones: organizar en una visión de conjunto el complejo de nociones conocidas sobre el argumento; proporcionar, a los que se preocupan de la búsqueda de nuevos recursos minerales, los grandes rasgos de lo que podría ser un plano racional de estudio.

\* Servicio Geológico Nacional - Bogotá, Colombia.

Universidad Nacional, Departamento de Geología y Geofísica - Bogotá, Colombia.

Es cierto de por sí que, con el progreso de las investigaciones, muchas de las ideas aquí expuestas tendrán que ser cambiadas, pero esto me incita, en vez de detenerme, a la elaboración del presente trabajo, pues pienso que una crítica es tanto más útil cuanto más ella puede verter luces sobre algo concreto y sistemático.

## I — LAS GRANDES EPOCAS MAGMATICAS DE LOS ANDES COLOMBIANOS

### 1) *El magmatismo precambriano*

El Precambriano parece estar representado en el sector Andino de Colombia especialmente por rocas metamórficas (anateixitas, migmatitas) que afloran con cierta frecuencia en la Cordillera Oriental y en sus prolongaciones geológicas: Macizo de Garzón, Santander (?), Macizo de Santa Marta, Guajira (?).

Hasta la fecha han sido reconocidas muy pocas trazas de un magmatismo que se pueda referir con seguridad a este tiempo geológico. Indicaré entre estas: las masas dioríticas y mesogábricas que afloran irregularmente en el Macizo de Garzón (Huila), las cuales han sido interesadas más o menos profundamente por el sucesivo fenómeno de anatexia al cual se debe la constitución petrográfica actual de dicho Macizo (15); con cierta reserva, las masas ahora leptiniticas del Macizo de Santa Marta (13) y los gabros serpentinizados de la península de la Guajira (11) (14).

Son poco o no interesantes desde el punto de vista de la metalogénesis y por esto no volveré a tratarlas en este trabajo.

En cambio, cierto interés parecen presentar las mineralizaciones de magnetita con mucho apatito y otras titaníferas citadas por GANSER (1) en el Macizo de Santa Marta. Su emplazamiento y su origen parecen estar relacionados con el complejo de fenómenos metamórficos y movilizantes que se desarrollaron en la parte más antigua del conjunto del Macizo, probablemente durante el ciclo Caledoniano; parecen ser del tipo Kiruna.

### 2) *El magmatismo paleozoico*

Mucho más interesante desde el punto de vista del emplazamiento de masas magmáticas es el Paleozoico.

El magmatismo paleozoico está desarrollado y reconocible especialmente a lo largo del arco de la Cordillera Oriental.

Es posible que granitos (s.l.) de igual edad geológica se hallen también en la Cordillera Central. Esta es por ejemplo la opinión de H. W. NELSON (6) acerca del batolito de Ibagué.

Las masas magmáticas paleozoicas de la Cordillera Oriental parecen referibles, por lo menos en su mayoría, a la orogénesis ercínica. Se trata de una provincia magmática de tendencia marcadamente al-

calina que se desarrolla, presentando una notable constancia en el tipo de emplazamiento, desde el extremo Norte del país (Guajira, Santa Marta) hasta su extremo Sur (borde occidental del Macizo de Garzón), a través de los Santanderes y de la región de Floresta. En su forma más característica esta magmatización da origen a cuerpos graníticos rodeados y cubiertos por un techo riolítico, del cual están separados por una zona de microgranitos. Es este el caso del Macizo de Santa Marta (13), del complejo ígneo de Ipapure (Guajira) (11), del batolito entre Ocaña y Sardinata (Santander del Norte). Muchas veces, por ejemplo con grande evidencia en el batolito entre Ocaña y Sardinata, el granito aflora solo después que la erosión ha eliminado el techo riolítico. También en donde el emplazamiento de la masa ígnea no ha dado origen a la sucesión descrita (granito-microgranitioriolita), los granitos ercánicos están acompañados por rocas hipoabissales y a veces de tipo riolítico, evidentemente relacionadas, en cuanto a su génesis, con la misma masa ígnea que originó los granitos (s. l.). Es este por ejemplo el caso, entre otros: a) del plutón de Parashi (Guajira) (11) (14), que resulta de la íntima asociación de granodiorita con grandes diques microgranodioríticos; b) del complejo magmático del Páramo de Berlín (Santander), constituido por una masa granítica central (Páramo de Berlín) y por una corona irregular de microgranitos porfíricos que atraviesan las migmatitas más antiguas (California, Vetas), dando lugar a veces a masas de cierta importancia y a filones, algunos de los cuales se encuentran muy lejos del centro principal y atraviesan el Carboniano de Bucaramanga (JULIVERT, comunicación privada); c) este es también el caso de las masas magmáticas (de tendencia sienítica y por lo general potásicas) del borde W del Macizo de Garzón (15), cuyas prolongaciones filonianas micrograníticas porfíricas atraviesan los sedimentos neríticos del Carboniano al E de La Jagua yacentes sobre las anatexitas del Macizo (G. BOTERO, comunicación privada); d) a este mismo sistema de manifestaciones magmáticas se pueden agregar las riolodacitas de la Serranía de Perijá (región de Manaure-Villanueva) (12) y talvez también las monzonitas de Dolores (Tolima), cubiertas por una serie volcánica (riolitas, dacitas, andesitas) anterior al post-Payan-dé, descritas por H. W. NELSON (5): desafortunadamente las ideas de este autor no están claramente expresadas, pues él habla antes de unos yacimientos cupríferos tipo "porphyry copper" de la región como genéticamente relacionados con las monzonitas; poco adelante, de una fase de erosión anterior a la deposición de la serie volcánica y, por fin, de una relación entre esta serie y la mineralización cuprífera misma.

Es posible que también las pegmatitas del Santander pertenezcan a este grande ciclo magmático.

Desde el punto de vista geológico todos estos granitos (s.l.) aparecen como post-tectónicos o tardi-tectónicos y su subida no está acompañada por un metamorfismo visible de un grado más profundo que el de la epizona. Su emplazamiento parece por lo general haberse ocasionado según un esquema diapírico.

### 3) *El volcanismo básico del Mesozoico inferior (medio?) en el Oriente Andino*

El volcanismo del cual se trata en este párrafo está expresado por la presencia de andesitas, espilitas, basaltos y de sus correspondientes hipoabisales a través de las areniscas rojas tipo La Quinta de la Serranía de Perijá y Cojoro de la Guajira (12) (11) (14), las cuales representan el producto de la erosión de la paleo-cordillera andina oriental (Cordillera ercínica). Las lavas son sin duda anteriores a la transgresión cretácea (Hauteriviano? Albiano?) y se pueden referir por lo tanto al Jura-Triásico.

Durante este tiempo, la pre-cordillera Oriental estaba ya consolidada, mientras que el Occidente Andino se hallaba en condiciones de geosinclinal o en fase de tectogénesis: la paleo-cordillera Oriental constituía entonces, respecto a este último, un ante-país y el volcanismo del cual se trata podría por lo tanto ser visto como un "volcanismo continental del ante-país" más bien que como "volcanismo subsecuente".

### 4) *El volcanismo geosinclinal mesozoico del Occidente Andino*

El volcanismo geosinclinal del Occidente Andino hace parte, así como lo anota muy claramente T. OSPINA (7) en su obra fundamental sobre la geología de los Andes Colombianos, de uno de los más grandes y majestuosos fenómenos magmáticos reconocidos en la corteza terrestre. Se trata de rocas porfiríticas básicas, a veces diabásicas, que se encuentran en continuidad a lo largo de todo el inmenso arco andino, en cuyas distintas partes han recibido nombres diferentes (formación diabásica, formación porfirítica etc.). Su edad se puede definir como Triásico-Jura-Cretácea (especialmente Cretáceo inferior) y corresponden a la subida de magmas primarios durante la subsidencia del geosinclinal andino propiamente dicho.

En Colombia afloran en grande abundancia a lo largo de la Cordillera Central (Antioquia, Caldas, Tolima, etc.) y de la Occidental (Valle, Chocó, etc.), en donde alcanzan su máximo desarrollo. Han sido estudiadas por distintos autores entre los cuales recordaré a OSPINA, a GROSSE, a NELSON, algunos de los cuales han tratado de subdividirlas en grupos de diferente edad, no siempre con resultados convincentes.

### 5) *El magmatismo mesozoico circumpacífico*

De importancia igual y talvez superior a la del ciclo magmático orogénico ercínico de la Cordillera Oriental es el grande ciclo circumpacífico, que ha interesado profundamente las Cordilleras Central y Occidental hacia el final del Mesozoico.

La anatexia y la contaminación de sus productos que se originaron en el grande geosinclinal andino circumpacífico provocaron en ese tiempo la subida de toda una serie de masas magmáticas intrusivas de tipo álcali-cálcico. Recordaré, entre las más importantes en Co-

lombia: el grande batolito diorítico y cuarzo-diorítico de Antioquia, las tonalitas de Cali (Farallones de Cali), las de Anchicayá, las rocas similares de los Farallones de Chitará (W de Andes y Bolívar), las dioritas de Amagá en Antioquia, las masas de Tuluá y las de Nariño. La mayoría de estas masas ígneas aparecen como tardi o post-tectónicas y parecen seguir una subida de magmas sintectónicos, entre los cuales creo se puedan mencionar las granititas descritas por GROSSE (2) en Antioquia y por este autor consideradas precámbricas, debido a su concepto errado sobre la edad de las rocas metamórficas de aquella región.

Hay que anotar que estas intrusiones no están, por lo general, acompañadas por rocas efusivas o hipoabisales.

#### 6) *El volcanismo eoterciario del Occidente Andino*

El volcanismo eoterciario está localizado al margen de las grandes fosas geosinclinales del Occidente Andino. Constituye así dos regiones geográficas distintas: la región al W del Cauca, a la altura de los Departamentos de Antioquia y Caldas, y la región litoral del Norte del Chocó. Este volcanismo es prevalecientemente andesítico-basáltico en la región central en donde las lavas se hallan acompañadas por una grande cantidad de productos sub-aéreos, cenizas y a veces brechas volcánicas. Este conjunto de lavas y tobas puede ser considerado desde el punto de vista geológico como "volcanismo de las fosas laterales". A pesar de su extensión aparece prácticamente estéril y no será mencionado más en este trabajo.

#### 7) *Los magmas básicos eoterciarios del Chocó*

En la parte Norte del Chocó, al Este de la zona volcánica de la cual se trató en el párrafo anterior, afloran rocas intrusivas (?) básicas, de las cuales desafortunadamente existen muy pocos datos, a pesar de que con toda probabilidad son estas las rocas madres del platino.

#### 8) *Las rocas hipoabisales neoterciarias de Antioquia-Caldas*

Hacia final del Terciario y de todos modos sucesivamente a la deposición de la formación carbonífera de Antioquia (Oligoceno?) se emplazaron en esta parte del país toda una serie de rocas porfíricas hipoabisales, que se encuentran constituyendo las montañas agudas entre Quinchía al Sur y Titiribí al Norte aproximadamente, a lo largo del curso del río Cauca. Se trata por lo general de magmas de composición diorítica, a veces cuarzosa.

#### 9) *El problema de un magmatismo terciario en la Cordillera Oriental*

En diferentes puntos el Cretáceo de la Cordillera Oriental está mineralizado: no hay más que recordar las universalmente conocidas mineralizaciones esmeraldíferas de Muzo, Chivor y Somondoco y las cupríferas menos conocidas pero igualmente extensas, por lo menos en cuanto se refiere a distribución superficial de indicios, (La Pal-

ma, Yacopí, Moniquirá, etc.) sin que se conozcan rocas ígneas terciarias con las cuales relacionarlas.

Se debe pensar por lo tanto que existen magmas terciarios también en esta parte del país pero que ellos han permanecido profundos, alcanzando solo con sus manifestaciones pegmatíticas-neumatolíticas e hidrotermales los terrenos de la cubertera sedimentaria.

#### 10) *El volcanismo andino cenozoico*

Bajo este título comprendo toda la serie de volcanes recientes, apagados o en actividad, que se encuentran prácticamente a lo largo de todo el arco andino y que constituyen gran parte de las mayores elevaciones del Occidente Andino de Colombia: Nevado del Ruiz (Caldas), Nevado del Tolima, Nevado del Huila, volcán Puracé (Cauca), Doña Juana, Galeras, Chiles, Cumbal (Nariño).

Esta actividad magmática ha sido prevalecientemente andesítica y en la parte Sur de la República (Nariño) las efusiones han sido acompañadas por abundantes emisiones de tobas. La erosión y la resedimentación de estas ha dado origen a las altiplanicies que se extienden al Sur de Pasto y continúan por largo trecho en el Ecuador, prácticamente hasta la región del Chimborazo, imprimiendo una fisonomía particular al paisaje.

Estas andesitas representan el volcanismo subsecuente de la orogénesis andina.

## II — LAS MINERALIZACIONES

Concluida así la reseña de las principales épocas magmáticas que han contribuido a la constitución de los Andes Colombianos, se puede pasar al examen de las mineralizaciones conocidas y al estudio de sus relaciones genéticas con los diferentes magmas.

### 1) *Las mineralizaciones ercínicas*

Los complejos magmáticos paleozoicos de la Cordillera Oriental aparecen como el producto de una removilización del zócalo antiguo, ocurrida según el esquema aceptado por un número siempre creciente de geólogos para el magmatismo peri-adriático terciario de los Alpes y esto explica la escasez y la poca importancia de los yacimientos metalíferos con ellos relacionados.

Las mineralizaciones más conocidas y más importantes son las de Santander. Se trata por lo general de yacimientos de galena, blenda y pirita, que se hallan en filones encajados en las rocas hipoabisales. Uno de estos yacimientos (Filón de San Celestino, California; Santander), estudiado recientemente por P. F. PAGNACCO (8), resultó ser de tipo subvolcánico. Las piritas son por lo general auríferas y por esto son explotadas por pequeños mineros, casi siempre en forma muy primitiva. En California se explota también uranio, que se

halla esparcido en la ganga cuarzosa. De todas maneras parece tratarse de pequeños filones, que podrían permitir, si fueren bien explotados, el desarrollo de una industria limitada de tipo artesanal.

“A priori”, por el contrario, cierto interés presentan las pegmatitas de Santander, muy difundidas alrededor de Pamplona (Bochalema, Durania, etc.), que podrían contener minerales raros, como niobiotantalatos, uranio, berilio, volframatos, etc.

Ningún indicio de mineralizaciones metálicas es conocido en relación con los cuerpos magmáticos del borde W del Macizo de Garzón (Huila) y tampoco parecen existir indicios interesantes en relación con los granitos (s.l.) ercínicos del Norte de la República (Santa Marta, Guajira).

## 2) *Las mineralizaciones del volcánico básico del Mesozoico inf.*

En estos terrenos existen y son bien conocidas las mineralizaciones cupríferas de la región de Valledupar (Serranía de Perijá). A estas mineralizaciones han sido dedicados largos esfuerzos del Ministerio de Minas y Petróleos y los estudios principales se deben a R. WOKITTEL (18) y a la comisión compuesta por G. CHAMPE-TIER DE RIBES, P. F. PAGNACCO, L. RADELLI, G. WEECKSTEEN, la cual operó en el curso de 1961.

WOKITTEL considera estos yacimientos como de tipo “disseminated copper” o “porphyry copper” y, basándose en las afirmaciones de GANSSER (1) sobre la edad de las intrusiones del Macizo de Santa Marta, los pone en relación con las masas ígneas de este mismo Macizo: pero esta relación no se puede sostener, pues, como le he probado en nota anterior (13), las magmatitas de Santa Marta son más antiguas que la mineralización.

P. F. PAGNACCO (9), con base en sus estudios microscópicos, relaciona la mineralización con granitos post-jurásicos no aflorantes. Durante un tiempo esta idea también fue la mía, pero hoy en día considero que estas afirmaciones necesitan ser comprobadas por los resultados de sondeos profundos, y esto por distintas razones, a saber: el material de estudio (material aflorante) está constituido principalmente por minerales oxidados; un enriquecimiento desde las zonas geomorfológicamente más elevadas hacia las más profundas apenas es perceptible o no lo es del todo; falta cualquier testigo reconocible de una intrusión de rocas ígneas abisales, que pueden haber dado origen al yacimiento. Por lo tanto pienso que el problema debe ser considerado todavía como de discusión, pues es posible que la mineralización profunda no sea más importante que la visible en la superficie y que su génesis esté estrictamente relacionada con el emplazamiento de las lavas y de sus correspondientes hipoabisales, como parece sugerirlo la misma localización de los indicios mayores a lo largo de una línea que se puede considerar como la de un antiguo volcán de fisura (12).

### 3) *Las mineralizaciones del volcanismo geosinclinal mesozoico*

Como en la casi totalidad de los casos similares reconocidos en las distintas partes del mundo, el magmatismo inicial básico de las grandes fosas andinas es casi completamente estéril.

El único elemento metálico que se encuentra con cierta frecuencia asociado con estas rocas es el manganeso. Este se halla en forma de óxidos en pequeñas concentraciones, algunas de las cuales han sido explotadas esporádicamente por la industria del vidrio.

Los yacimientos mejor conocidos son los de los alrededores de Medellín, pero yacimientos del mismo tipo están esparcidos en muchos puntos a todo lo largo de esta formación.

### 4) *Las mineralizaciones del magmatismo circumpacífico mesozoico*

En todo el sector andino es este el ciclo magmático con el cual están relacionadas las mineralizaciones más importantes (p. e. Cerro de Pasco, Chuquicamata, etc.).

La provincia magmática circumpacífica además de tener enorme importancia geológica, tiene también en Colombia un lugar prominente por cuanto se refiere a la metalogénesis. Las regiones históricamente mineras de la República coinciden en realidad principalmente con aquellas en las cuales aflora esta provincia magmática. Sobrepasa los límites de este trabajo indicar todas las mineralizaciones conocidas de este grupo, que ocuparían una lista muy larga y que el interesado encontrará entre las que cita R. WOKITTEL (19): ellas se extienden alrededor y en el interior de casi todas las masas magmáticas de este ciclo y están conocidas especialmente en la zona de la Cordillera Central, debido a que la región de la Occidental se halla en condiciones de escasa penetración.

Se trata de mineralizaciones prevalecientemente de tipo filoniano, con pirita, galena, bastante arsenopirita, calcopirita, blenda, con ganga cuarzosa, que parecen extenderse a través de todo el campo hidrotermal, alcanzando talvez, hacia abajo, el pegmatítico-neumatolítico.

La pirita es casi siempre aurífera con tenores de plata. El oro constituyó el objetivo principal de casi todas las explotaciones adelantadas hasta los últimos años (y muchas veces en forma muy primitiva), pero actualmente por lo menos las compañías más importantes empiezan a interesarse en el aprovechamiento del plomo y del zinc.

Me parece muy probable que también la génesis del mercurio y del cinabrio que en distintos puntos (por ejemplo Aranzazu) se encuentran en la Cordillera Central, especialmente en el Departamento de Caldas, y que en la superficie presentan buenas perspectivas económicas, debería ser puesta en relación con el mismo ciclo magmático, del cual representarían un producto teletermal.

Entre las minas explotadas recordaré sólo la mina de Segovia, la más importante, porque está explotada con criterios técnicos y medios



modernos. Las minas pequeñas se cuentan por docenas en la sola región de Antioquia.

Resulta claro por lo anteriormente dicho que es esta una de las regiones geológicas más importantes del país para una investigación con finalidades económicas. Una gran parte de su territorio se halla cubierta por abundante suelo y por lo tanto habría que prever campañas geoquímicas y geofísicas como ayuda a la exploración de superficie.

##### 5) *Los magmas básicos eoterciarios y sus mineralizaciones*

Como ya lo apunté, esta fase magmática está muy poco conocida y su misma presencia ha sido reconocida solo por visitantes ocasionales. A pesar de esto, se puede razonablemente pensar que ella es la verdadera fuente del platino, explotado desde largo tiempo en los aluviones.

Es muy probable que una campaña extensa de investigaciones geológico-mineras dedicada a su estudio aportaría importantes resultados económicos, pues no se puede excluir que junto con el platino se podrían encontrar otros minerales metálicos pesados, como por ejemplo níquel.

##### 6) *Las mineralizaciones de las provincia hipoabisal neoterciaria de Antioquia-Caldas*

En relación con el emplazamiento de las masas hipoabisales de Antioquia-Caldas se conoce un importante número de mineralizaciones metalíferas.

Estas mineralizaciones se hallan tanto en el interior de las masas magmáticas (por ejemplo Marmato) como en el contacto entre estas y las rocas metamórficas y sedimentarias encajantes (por ejemplo: Titiribí para el primer tipo, Combia para el segundo). Las minas más conocidas y más importantes de este grupo son las de Marmato (Caldas) y Titiribí (Antioquia), mientras que otras, abandonadas o en explotación de tipo muy primitivo, son las de Quinchía, Riosucio, etc.

La mineralización es por lo general de tipo filoniano y la paragenesis comprende los siguientes minerales metálicos: pirita, blenda (marmática), poca galena, a veces algo de arsenopirita (P. F. PAGNACCO) (10). Los yacimientos parecen ser de tipo sub-volcánico, pero existe también un yacimiento de tipo skarn de contacto que yo observé cerca de la Estación Pácora a lo largo del Ferrocarril Medellín-Cali.

Pirita y blenda son auríferas y las minas son explotadas por este mineral, mientras que se desperdician todos los restantes.

##### 7) *El volcanismo cenozoico andino y sus posibilidades mineras*

Este importantísimo volcanismo aparece estéril por lo que se refiere a mineralizaciones metálicas.

Ha dado origen en cambio a buenos yacimientos de azufre, algunos de los cuales se encuentran en explotación (por ejemplo el Puracé) y es posible que con la prosecución de las investigaciones se descubran otros yacimientos económicos de este mineral.

Un problema interesante es el de conocer si existen en esta grande provincia volcánica diferenciaciones potásicas que puedan producir buenas cantidades de este elemento, del cual tiene grande urgencia la industria agrícola nacional: es un problema que solamente las investigaciones directas de campo podrán solucionar.

## CONCLUSIONES

Este cuadro, a pesar de ser muy incompleto, hace ver que todas las partes del territorio nacional no presentan "a priori" el mismo interés minero. Como existe una distribución geográfica bastante bien reconocible de los diferentes ciclos magmáticos, lo dicho permite también establecer los grandes rasgos de la que podría ser una búsqueda sistemática y racional de yacimientos mineros en el país. La primera etapa tendría necesariamente que ser la del reconocimiento geológico preciso de todas las rocas ígneas de distinta edad y al mismo tiempo tendría que ser desarrollado un estudio genético de todos los yacimientos conocidos o que se encuentren a medida que vayan adelantándose las investigaciones propiamente geológicas, para establecer en una forma precisa las relaciones entre magmatismos y metalogénesis. Principalmente estos trabajos tendrían que ser enfocados sobre las Cordilleras Central y Occidental, la región Santandereana de la Cordillera Oriental así como sobre los límites septentrionales del Macizo de Quetame.

Lo mucho que se ha hecho hasta ahora en este campo es todavía insuficiente para elevar la búsqueda minera desde el nivel del antiguo minero que penetraba en la montaña en busca de la fortuna al de una búsqueda técnica modernamente evolucionada. Los medios que se requieren para un plano de trabajo geológico fundamental no son enormes y de todas maneras son nada con respecto a los que podrían ser desperdiciados en una búsqueda desorganizada, que permite llegar por lo general al reconocimiento de indicios que difícilmente se pueden evaluar.

Bogotá, junio de 1962.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) GANSSER A. — Ein Beitrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta; Schweiz. Min. Petr. Mitt. vol. 35, 1955.
- (2) GROSSE E. — El Terciario Carbonífero de Antioquia; Dietrich Reimer E. Vohsen, Berlin 1926.
- (3) HUBACH E. — Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia; Informe 1212 Serv. Geol. Nal. de Colombia (en imprenta).
- (4) NELSON H. W. — Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia: Sección entre Ibagué y Armenia; Informe 1000 Serv. Geol. Nal. de Colombia (inédito).
- (5) NELSON H. W. — Contribución al conocimiento de la región ígnea entre Prado, Dolores, Alpujarra y Natagaima, en el Departamento del Tolima; Informe 904 Serv. Geol. Nal. de Colombia (inédito).
- (6) NELSON H. W. — Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali; Overdruk uit Leidse Geologische Mededelingen, 1955.
- (7) OSPINA T. — Reseña de Geología de Antioquia; Ass. Col. Min. 1911.
- (8) PAGNACCO P. F. — Estudio minerogenético del filón uranífero de San Celestino (California, Santander); Geol. Col. N<sup>o</sup> 1, 1962, Bogotá.
- (9) PAGNACCO P. F. — Cupriferous mineralizations in the Serranía de Perijá between Codazzi and Molino; Geol. Col. N<sup>o</sup> 2, 1962, Bogotá.
- (10) PAGNACCO P. F. — Studio minerogenetico delle miniere aurifere della regione di Marmato; Geol. Col. N<sup>o</sup> 3, 1962, Bogotá.
- (11) RADELLI L. — Las dos granitizaciones de la Península de la Guajira; Geol. Col. N<sup>o</sup> 1, 1962, Bogotá.
- (12) RADELLI L. — Acerca de la geología de la Serranía de Perijá entre Codazzi y Villanueva; Geol. Col. N<sup>o</sup> 1, 1962, Bogotá.
- (13) RADELLI L. — Introducción al estudio de la geología y de la petrografía del Macizo de Santa Marta; Geol. Col. N<sup>o</sup> 2, 1962, Bogotá.
- (14) RADELLI L. — El basamento cristalino de la Península de la Guajira; Bol. Geol. (Colombia) vol. VIII (en imprenta).
- (15) RADELLI L. — Introducción al estudio de la petrografía del Macizo de Garzón (Huila); Geol. Col. N<sup>o</sup> 3, 1962, Bogotá.
- (16) RADELLI L. — Les formations éruptives hercyniennes de la Cordillère Orientale de Colombie; Geol. Col. N<sup>o</sup> 3, 1962, Bogotá.
- (17) WOKITTEL R. — Bosquejo geográfico y geológico de la Sierra Nevada de Santa Marta y de la Serranía de Perijá; Bol. Geol. (Colombia), vol. 5, N<sup>o</sup> 3, 1957.
- (18) WOKITTEL R. — La formación cuprífera de la Serranía de Perijá (Intend. de la Guajira y Depto del Magdalena); Bol. Geol. (Colombia), vol. 5, N<sup>o</sup> 3, 1957.
- (19) WOKITTEL R. — Recursos minerales de Colombia; Comp. Est. Geol. Of. en Colombia. Tomo X, 1960.