

**A N A L E S D E L A
FACULTAD DE MINAS**

**Contribución al Conocimiento
de la Geología de la Zona
Central de Antioquia**

p o r

Gerardo Botero Arango

Número 57

**MEDELLIN
- 1963 -**

GERARDO BOTERO ARANGO

**Contribución al Conocimiento
de la Geología de la Zona
Central de Antioquia**



MEDELLIN

N. 57

- 1963 -



RESUMEN

Este trabajo presenta la geología general de un área del Departamento de Antioquia, que tiene como centro la ciudad de Medellín.- Forma parte del macizo antioqueño oriental, entre los ríos Magdalena y Cauca.- Su geomorfología ha sido formada por los ríos, las lluvias, muy activas debido a su clima tropical de montaña con dos estaciones secas y dos lluviosas, y el tectonismo cenozoico.

La estratigrafía consta de varias formaciones:

a).- *Pleistoceno y reciente*, principalmente aluviones y taludes en los valles de los ríos.

b).- *Cenozoico* principalmente la formación continental terciaria carbonífera de Antioquia, atribuida en su mayor parte al oligoceno.

c).- *Cretáceo*, representado por formaciones de tipo euxínico, con lutitas silíceas, pedernales, calizas, etc., en relación con derrames de rocas verdes.- Es la formación Quebradagrande.

d).- *Paleozoico*, grupo Ayurá-Montebello; un extenso grupo compuesto por dos términos.- El superior, metasedimentario, marino, con filitas, gneises, cuarcitas y en otras zonas, calcáreos, forma el terreno más antiguo de la región.- No se han hallado fósiles en él, pero puede seguirse superficialmente hasta su unión con los metasedimentos ordovicianos del Valle del Magdalena.- Con esta base se califican como Paleozoicos, pero pueden encerrar sedimentos de otras edades.- El término inferior está formado por ortoanfilitas que son intrusivas en los metasedimentos; se trata de rocas ígneas metamorfoseadas ^{con} ~~por~~ los mismos.

e).- Diques y cuerpos tabulares de serpentinitas se hallan cortando el Paleozoico.- Su edad no ha sido claramente establecida.

f).- Las rocas plutónicas de los batolitos Antioqueño y Altavista forman el núcleo de la Cordillera.- El primero por métodos radioactivos se ha datado como cretáceo; el de Altavista es más reciente, probablemente cenozoico inferior.

Para terminar se discuten la tectónica y se bosqueja hasta donde es posible la historia geológica de la región.

A B S T R A C T

The present work describes the geology of an area centered around the city of Medellín, Antioquia, Colombia.- This, high relief country, is part of the Antioquia eastern Massif, limited to the west by the Cauca river valley and to the east by the Magdalena river valley.- This area have a tropical mountain climate, with two wet and two dry seasons.- The rivers and pluvial waters of, such climate, carved out of the elevated block of the Massif, the actual landscape.

Several rock formations are described:

a).- *Pleistocene*; mainly alluvial and talus deposits, along the river valleys.

b).- *Cenozoic*: continental formation, conglomerates, sandstones, shales and coal, oligocene, "Terciario carbonífero de Antioquia".

c).- *Cretaceous*: euxinic, neritic, marine sediments; siliceous shales, cherts, limestones, intercalated with green rocks.- Quebradagrande formation.

d).- *Paleozoic* (?).- Ayurá-Montebello group: an extensive group with two formations: an upper one, of metasedimentary character, with phyllites, gneisses, quartzites and in other outcrops, limestones; is the oldest formations of the area.- No fossils have been found to date, but can be followed to its merging with the ordovician of the Magdalena Valley; on this evidence has been placed, with doubts, in the Paleozoic.- The lower formation represents an old igneous rock, metamorphosed with the sediments to orthoanfibolites; there are dikes and silos of this rock intercalated in the metasediments.

e).- Dikes and tabular bodies of serpentine, intruded in the Paleozoic rocks.- The age of these serpentines is unknown.

f).- Plutonic rocks of the Antioquia and Altavista Batoliths; form the core of the area.- The first, of the tonalitic rocks suite has been found to be of cretaceous age by K/Ar. analysis.- The Altavista pluton is belived to be lower cenozoic in age.

The tectonic and geologic history of the area is discussed.

I. - GENERALIDADES

Introducción.- El presente trabajo, comprendiendo un plano geológico y cortes de la zona central de Antioquia, con su literatura explicativa correspondiente, se publica como una contribución general al conocimiento geológico de dicha área. Debe considerarse como un estudio preliminar, básico para otros más a fondo que incluyan entre otras cosas, la petrofábrica de los metasedimentos y rocas plutónicas que permitan conocer mejor el tectonismo de la región; sus conclusiones, especialmente las estratigráficas pueden ser modificadas substancialmente en un futuro cuando estudios detallados abarquen áreas mayores principalmente al sur de la considerada.

La utilidad práctica de los estudios geológicos es bien conocida; el factor geología es esencial en la planeación de estructuras de diversos tipos, vías de comunicación, minería, desarrollos agrícolas, etc. y es sorprendente ver cómo para muchas obras costosas y de cuya seguridad dependen vidas y propiedades, la geología no es tenida en cuenta con resultados frecuentemente lamentables. Se espera que este trabajo represente una colaboración para que futuros proyectos en las actividades anteriormente enunciadas, puedan planearse en forma más razonable y económica.

Localización.- El área estudiada con una extensión de 2.250 kms² tiene por centro geográfico a Medellín, capital del Departamento de Antioquia (fig. 1). Su forma es aproximadamente rectangular teniendo como vértices las poblaciones de El Carmen, Concepción, Amagá y San Pedro.

Métodos de estudio.- Se ha estudiado la geología aprovechando los planos topográficos levantados por el Instituto Agustín Codazzi en el año de 1.945 por contrato con el Municipio de Medellín y actualizados en algunos aspectos. Su escala es de 1:25.000 y además existe un reducido a escala de 1:50.000 que es el utilizado en el presente caso. Posteriormente podrían publicarse los mapas a escala de 1:25.000 que fueron realmente los usados en el levantamiento, pero cuya publicación no es actualmente factible por motivos económicos.

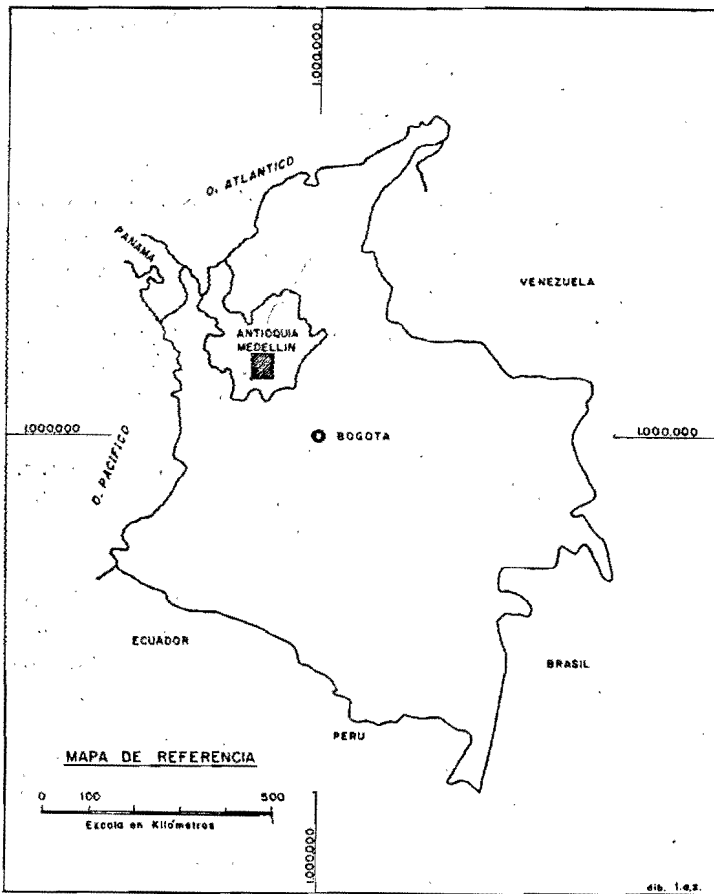


Fig. No. 1

El trabajo cartográfico del Instituto es excelente; donde fué necesario, los contactos de formaciones y otros detalles de interés geológico, se fijaron a brújula y telémetro relacionándolos con los puntos conocidos más cercanos, indicados en el mapa. En algunas zonas, por ejemplo en las vecindades de Medellín, se hicieron trabajos a plancheta con miras a obtener un plano más detallado.

El trabajo se completó con el estudio de las fotografías aéreas, especialmente en lo referente a la delimitación de aluviones, contactos que resaltan por meteorización diferencial de las rocas, lineamientos tectónicos, etc.

Agradecimientos.- El uso de los laboratorios y otras facilidades de la Facultad Nacional de Minas hicieron posible este trabajo. A

lo largo de los varios años de su duración, dado que se realizó esporádicamente, diversas entidades y personas han prestado servicios que el autor desea agradecer, muy especialmente al Ingeniero Jesús Bueno, a los profesores Eduardo Gómez y Héctor Rico y a los señores Octavio Gartner y Lino Arbeláez.

II. - ESTUDIOS GEOLOGICOS PREEXISTENTES

La historia de los estudios geológicos de esta región y vecinas, es relativamente muy corta. Exceptuando algunos estudios de geología económica local hechos por J. B. Boussingault (1.825) (1), las primeras publicaciones se remontan al año de 1.886 con el trabajo de H. Kartens (1.886) donde se clasifican estos terrenos en el mapa general que acompaña su estudio, como pertenecientes al Mesozoico y Cenozoico. Karsten no tuvo oportunidad de visitar personalmente esta región, y su mapa, en lo que a ella concierne, es completamente irreal

En 1.911 publicó Dn. Tulio Ospina (1.911) su interesante "Re-seña sobre la Geología de Colombia y especialmente de Antioquia"; en ella establece la subdivisión de las formaciones que se encuentran en esta región, distinguiendo:

Arcaico, incluyendo principalmente anfibolitas y "granitos micáceos y sieníticos" de Rionegro y Ovejas.

Paleozoico con predominio de rocas micáceas y "granitos"; estas rocas plutónicas se conocen actualmente como el Batolito Antioqueño y en él deben incluirse también las rocas de Ovejas y Rionegro que en el parágrafo anterior figuran en el Arcaico.

Mesozoico (Jura-triásico) con esquistos arcillosos, cuarzosos, gráficasos y rocas "trapeanas" (diabasas, meláfiros, porfiritas, etc.) Al Cretáceo atribuye las rocas carboníferas de las regiones sur y central de Antioquia, clasificadas hoy en el Cenozoico, amén de otras rocas sedimentarias.

Cenozoico.- Diferentes formaciones de origen marino y rocas volcánicas de la Cordillera Central.

(1) Estos números entre paréntesis se refieren a los años de publicación de la Bibliografía que puede consultarse al final de este trabajo.

Pleistoceno.- Aquí localiza los aluviones y fenómenos volcánicos contemporáneos.

En 1.919, Roberto Scheibe, geólogo Jefe de la entonces recién fundada Comisión Científica Nacional, visitó el Departamento de Antioquia con la idea de levantar el mapa geológico del mismo. tarea que en esa época no pudo llevarse a cabo y sus estudios se limitaron a un reconocimiento de la geología del sur del Departamento (Scheibe 1.933). Clasificó este autor siete formaciones sedimentarias, metasedimentarias y tres grupos de rocas ígneas, en parte coincidiendo con las de Ospina y otras como nuevas divisiones (Ver Cuadro No. 1).

Entre 1.920 y 1.923 por Ordenanza de la Asamblea de Antioquia y costeada por el Ferrocarril de Antioquia, se formó una Comisión Geológica a cargo del geólogo alemán Emil Grosse. Esta comisión estudio la vertiente occidental de la Cordillera Central entre La Pintada y Sacaoyal (hoy Olaya) con el objeto principal de estudiar la importancia económica de los carbones del Cenozoico. Aún hoy este trabajo (Grosse 1.926) es el estudio geológico más completo publicado sobre región alguna colombiana, no relacionado con industrias petrolíferas. Como resultado de sus estudios, Grosse confirmó las observaciones de Scheibe sobre la existencia del Cretáceo en Antioquia, atribuyó una serie de rocas metasedimentarias al Precámbrico y estudió a espacio el Cenozoico Carbonífero (su Terciario Carbonífero de Antioquia) y sus terrenos de cubierta.

Posteriormente, el Profesor Juan de la C. Posada (1.933) publicó un resumen de lo conocido hasta entonces sobre la Geología de Antioquia, indicando algunos nuevos descubrimientos paleontológicos, la existencia de dos períodos de magmatismo a fines del Paleozoico y Mesozoico, etc. Más recientemente se han publicado estudios locales de diversas zonas del departamento, tanto de geología económica como general, que serán comentados cuando haya lugar a hacerlo.

En el cuadro adjunto (Cuadro No. 1) se correlacionan, en la forma más aproximada posible, las ideas de los geólogos que han ocupado los comentarios anteriores, sobre las formaciones geológicas de Antioquia y se presentan las conclusiones de este estudio sobre el particular.

III. - FISIOGRAFIA

Climatología.- Los tres factores principales en el modelado de la Geomorfología de una región son: el clima, la naturaleza de las rocas que forman el subsuelo y su tectónica. Como el clima es un factor importante en la geomorfología se dan algunos datos generales sobre el mismo en la zona que se estudia.,

Entre los elementos que forman el clima y que están íntimamente relacionados entre sí, el más importante en la región que nos ocupa es la cantidad de lluvia y su distribución estacional. No deja de ser ventajoso que el estudio principal se reduzca a los datos de precipitación pluvial, pues de otro modo aún se trate de un estudio somero del clima de la región, sería empresa muy difícil por la escasez de observaciones y dudas sobre la exactitud de las existentes, si exceptuamos las efectuadas en la ciudad de Medellín. Sin embargo los datos de lluvias disponibles nos permitirán hacer un cuadro aceptable de las mismas.

La base o fondo de la climatología del centro de Antioquia (Kendrew, 1937) (Koeppen, 1.948) (Trojer, 1.954) (Riehl, 1.954) es la emigración anual de la zona intertropical, de bajas presiones, que cruza el Ecuador en ambos sentidos, dando como resultado dos estaciones lluviosas y dos estaciones secas, causadas, las últimas por las zonas de altas presiones (anticiclónicas) que siguen a las de bajas presiones (ciclónicas).

Sobre este fondo general, actúan los efectos locales de muy importante influencia en las regiones montañosas. Estos efectos locales, vientos, presiones, altimetría, etc. complican considerablemente el conjunto; caso clásico es el efecto de sombra de las cordilleras que produce variaciones casi repentinas de precipitación pluvial; ejemplo claro de esto son las zonas de Dabeiba y ciudad de Antioquia donde las variaciones de clima se suceden en unos pocos kilómetros.

Altimetría y precipitación.- Probablemente el contraste más interesante en esta región es la variación de la precipitación pluvial entre los valles de los ríos, especialmente el Porce y la alta meseta, aumentando generalmente la precipitación como puede verse en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 2

Localidad.	Altura M.S.N.M.	Registro No. años	Lluvia mm. anuales.
Medellín.			
Fac. de Agronomía.	1.475	10	1.327 (2)
Fac. de Minas.	1.570	20	1.481 (1)
Planta de Filtros.	1.720	10	1.581 (2)
Caldas	1.770	10	2.381 (3)
Rionegro	2.120	10	1.977 (3)
El Retiro	2.200	10	2.126 (3)
Mazo	2.450	10	1.713 (3)
San Pedro	2.500	9	1.709 (3)

A pesar de la mayor altura de San Pedro y Mazo su menor precipitación, se debe, posiblemente, a su situación más abierta en la meseta, en tanto que Rionegro y El Retiro en sus valles, son favorecidos por la condensación de las montañas vecinas. Caldas y en menor escala El Retiro, se benefician por la migración de nubes procedentes del valle del Río Cauca que se condensan en las cercanías de estas poblaciones.

Aun cuando los datos son incompletos, el registro de la precipitación pluvial parece mostrar un aumento al seguir el curso de los valles hacia el río Magdalena y parte baja del Porce como puede verse en los datos del Ferrocarril de Antioquia para los años 1.916-22. Ver cuadro No. 3 (4).

(1) Restrepo Uribe, 1.938

(2) Anuario Meteorológico - Ministerio de Agricultura, 1.937-54

(3) Datos de las Empresas Públicas de Medellín - Revista de Ingeniería Colombiana No. 14/15 pp. 68/69, 1.959.

(4) Datos, cortesía del Profesor Gabriel Trujillo.

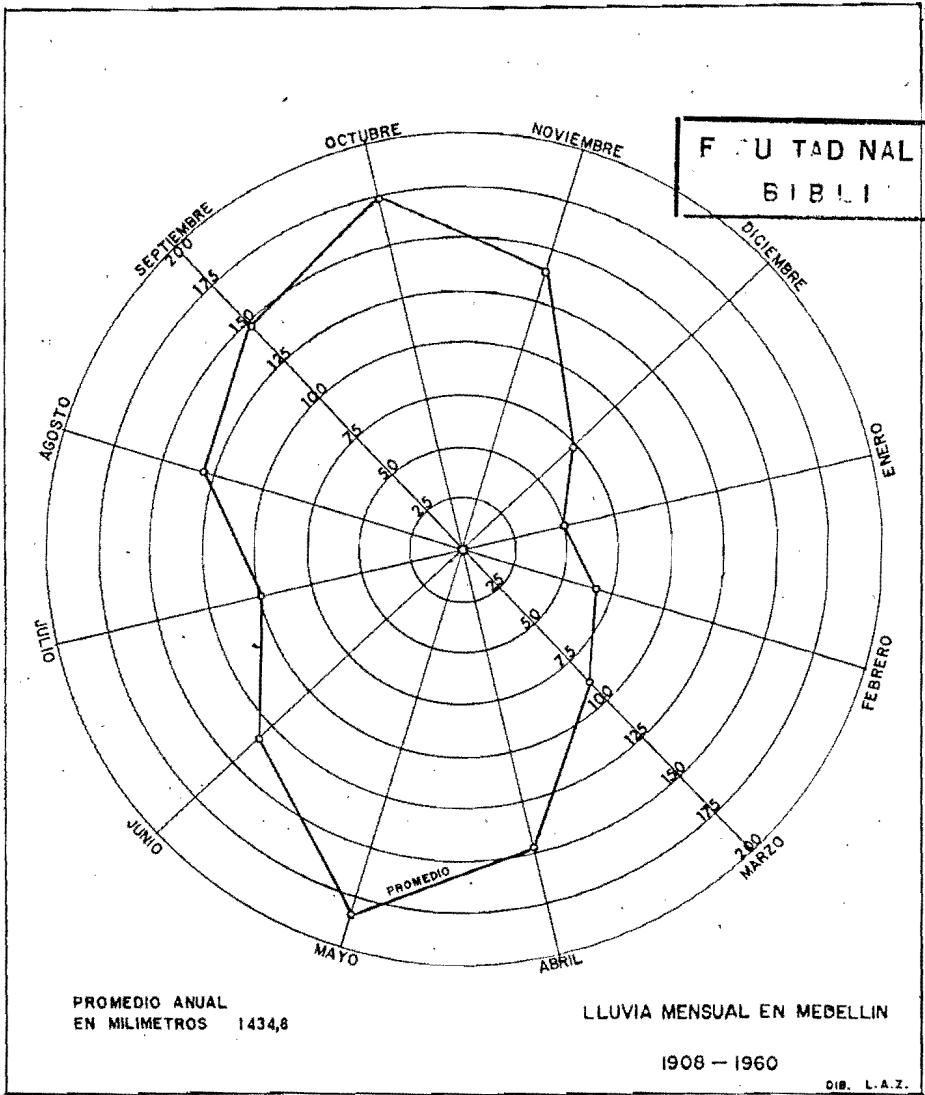


Fig. No. 2

La figura 2 (1) muestra la curva anual de lluvia en Medellín, ciudad que tiene los datos más antiguos de la región central de Antioquia. Pueden apreciarse las dos estaciones lluviosas, marzo-mayo y septiembre-noviembre y las dos secas, la más acentuada y regular de Diciembre a Marzo y una menos notoria de Junio a Agosto.

(1) Estos datos son cortesía del Ingeniero Josué Gutiérrez V.

Más al norte el carácter nortropical presenta anualmente una estación de lluvia y otra seca; al sur la cercanía del Ecuador climático hace variar considerablemente las estaciones lluviosas y secas (Schmidt, 1.952).

Cuadro No. 3

Localidad	Lluvia mm. anuales	Altura M.S.N.M.
Girardota	2.380	1.468
Estación Bótero	2.766	1.071
Cisneros	3.223	1.080
Pto. Berrío	2.924	123

En Medellín, donde los datos son un poco más completos pueden añadirse los siguientes como un promedio de los años 1.926-37: Humedad media 71.9%; presión media 637.4; promedio de los días de lluvia por año 190 (Restrepo Uribe, 1.938).

Altimetría y temperatura.- La influencia de la altimetría en la temperatura es conocida desde hace años y la división zonal de climas que desde tiempos de Humboldt (1.817), y Caldas (1.809) pasando por Hettner (1.896), Sapper (1.935) y otros autores más recientes, se ha hecho en los trópicos, es la siguiente:

	<u>Sapper</u>	<u>Otros autores</u>
Tierras cálidas	0 - 600 mts.	0 - 1.000 mts.
Tierras templadas	600 - 1.850 "	1.000 - 2.000 "
Tierras frías	1.850 - 3.100 "	2.000 - 3.000 "
Páramos	3.100 - 4.450 "	3.000 - 4.000 "
Nieves	+ 4.450 "	+ 4.800 "

La topografía influye considerablemente en esa clasificación. La región que estudiamos se encuentra comprendida en las zonas templada y fría. Como datos de dos estaciones de zona templada y fría, podemos dar a Medellín y Rionegro. La temperatura media en Medellín es de 21.4°, mínima 10° y máxima 32.5°. Rionegro, en

la zona fría tiene una media de 18.4°, mínima de 7° y máxima de 28° (1).

Zonas vegetativas. La vegetación de la región se extiende has- sus partes más elevadas y favorece la formación de regolitos prof- fundos, donde la topografía se presta a ello, que es en casi toda la extensión, pues la roca desnuda sólo se presenta en las pendientes extremas, prácticamente verticales (ver fig. 3). Muy pocos lugares del área estudiada conservan su vegetación original y correspondie- ron con su altura entre 1.500 y 3.000 mts. a las divisiones de bosque subandino y andino (Cuatrecasas, 1.934)

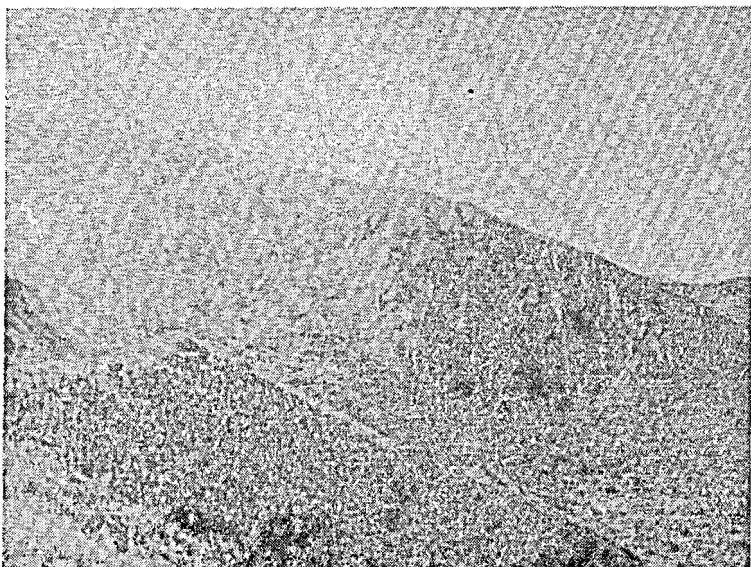


Fig. 3. Rocas desnudas en las pendientes de Matasano.
Carretera Medellín-Yarumal

Clasificación climática. La inclusión de estas regiones en el popular sistema climático de Koeppen ya ha sido hecha por su autor (Koeppen, 1.923-1.948) como Cfi., donde C corresponde a una temperatura del mes más frío, entre 18° y menos 3°C., lo que no se cumple en la inmensa mayoría del área considerada. Es preferible llevar estos climas, donde la topografía montañosa tiene gran influencia, a una sección de climas especiales de montaña (H.) como

(1) Datos tomados del Anuario Meteorológico, Ministerio de Agri- cultura 1.937-54.

lo hace Trewartha (1.943) en su estudio sobre Clasificación de climas.

Para el fin que nos ocupa, puede concluirse que el proceso exógeno dominante en estos climas, es la meteorización química producida por las soluciones alimentadas por lluvias suficientemente abundantes y modificadas por la vegetación que cubre la región; desde el punto de vista erosivo, los ríos, la pendiente y la precipitación pluvial favorecen los movimientos generales (masivos) o locales, derrumbes y otros fenómenos que van modelando el paisaje.

Geomorfología. Saliendo un poco del área que nos ocupa para ampliar la perspectiva, el tema de las divisiones geomorfológicas colombianas ha sido discutido desde años atrás (Comisión Corográfica, Vergara y Velasco, 1.901) hasta épocas más recientes (Lleras Codazzi 1.926, Denis 1.927, Vila 1.944) pero es evidente que su definición final debe aguardar un conocimiento cartográfico y geológico más completo del país.

Los elementos fisiográficos de primer orden, dividen a Colombia en dos grandes regiones, la oriental en su mayoría de bajo relieve y la occidental predominantemente montañosa. Las unidades de segundo orden en que puede subdividirse la zona occidental, traen consigo la indeterminación de la continuidad que la mayoría de ellas tienen con las regiones vecinas. En el caso de la división que directamente nos ocupa, el macizo antioqueño, podría definirse como un bloque cordillerano formado en su mayoría por rocas plutónicas y metasedimentarias en proceso activo de erosión.

Los linderos pueden, naturalmente, variarse según el interés predominante del autor: físico, geológico, climático, humano, etc. Modificando un poco los límites propuestos por Vila (1.934) podrían quedar definidos así: partiendo de la desembocadura del río Arma en el río Cauca, se sigue el valle de ese río hacia el este y pasando la cordillera se continúa en el valle del Magdalena a lo largo del río Samaná Sur hasta encontrar las tierras planas del Valle del Magdalena y siguiendo aproximadamente la cota de 500 mts. hacia el norte hasta encontrar el valle del río Tamar, el cual se abandona antes de llegar al alto del mismo nombre, (alto que puede tomarse como el origen de la serranía de San Lucas) y que gira al oeste cortando las digitaciones en que termina la Cordillera Central y que dan origen a las diversas serranías de San Jerónimo, Abibe, etc; a la altura del río Sucio se gira hacia el sur en los lindes de las

tierras bajas del río Atrato y de la Cordillera Occidental hasta encontrar las cabeceras del mismo río, donde se enrumba al este por el valle de este río hasta encontrar las cabeceras del río Bolívar y por él y el río San Juan, hasta el Cauca y luego al sureste por el curso del mismo hasta la boca del Arma (ver plancha No. 1).

En una región tan extensa y variada como esta, se hace necesario la formación de subdivisiones de tercer orden que de acuerdo con Vergara y Velasco (1.904) deberían ser: el Cañón del Cauca, los valles del Nechi y las mesetas del Nare. Una agrupación que parece más conveniente sería la siguiente: el Macizo Occidental, a veces llamado "Mesa del Chocó" (Vergara y Velasco, 1.904), el valle o cañón del río Cauca y el Macizo Oriental entre éste y los rellenos sedimentarios del Valle del Magdalena.

En el sur de Antioquia, Caldas y norte del Valle del Cauca, el cañón del río Cauca presenta una serie de aspectos peculiares, producidos por la erosión de las zonas volcánicas y sedimentarias del Cenozoico, que probablemente justificaría la creación de un elemento independiente, la provincia volcano-sedimentaria, también de tercer orden y separada de las anteriores (Parsons, 1.949).

Macizo Oriental.- En este elemento de tercer orden, se encuentra la región en estudio y es interesante discutirlo más a espacio. Como todo el Macizo Antioqueño, el fondo tectónico es el levantamiento de tierras por la orogenia andina en sus distintas fases a partir del Cretáceo hasta hoy. A medida que estos levantamientos se efectuaron, en los intervalos de actividad tectónica, las tierras fueron reducidas a una topografía más o menos plana o penillanuras, en parte por erosión y en parte por relleno. El aspecto lineal de las crestas actuales, producto del levantamiento más reciente de esos antiguos niveles (fig. No. 4) fué ya interpretado por Scheibe (1.919) como remanente de una antigua penillanura. Debe notarse que el valle del Cauca entre los Macizos Oriental y Occidental es una especie de fosa tectónica producida por fenómenos tafrogénicos en las fases intermedias de la orogenia andina.

Durante la época de estabilidad relativa que precedió al paroxismo andino Plio-pleistoceno, la erosión de esas tierras esbozó una serie de valles producidos por la diferencia de resistencia a la meteorización entre las rocas plutónicas y las metamórficas. Los valles de Santa Rosa, Yarumal (fig. No. 5), la Ceja, Rionegro, Ovejas, Retiro, etc. fueron iniciados en esta época y acentuados posterior-

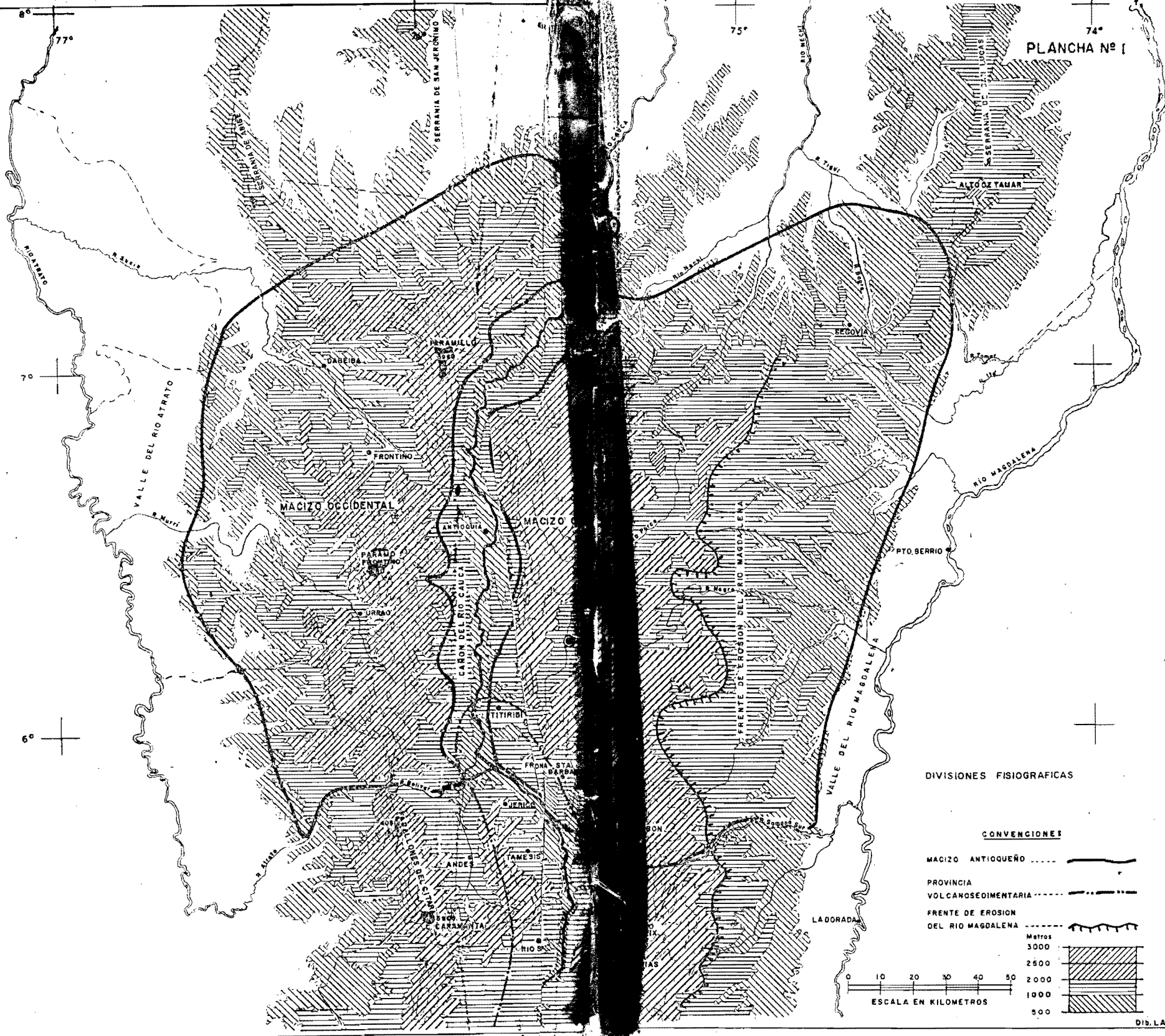
mente al aumentar, por el levantamiento tectónico, la pendiente de los ríos que los drenan y que al final los harán desaparecer al excavar valles o cañones más jóvenes.

La presencia de bauxita en los llanos de Cuiba indica una época de estabilidad relativamente larga y un clima más cálido que el que hoy existe en esa región; es probablemente un pequeño remanente de la penillanura pre-pliocena de que antes se habló.

Con los movimientos andinos del plio-pleistoceno y una precipitación pluvial quizá mayor durante las épocas glaciales de este último período, la actividad erosiva de los ríos alcanzó proporciones notables hasta el punto de que los afluentes secundarios se rezagaron en su erosión con respecto a los principales y sus valles quedaron colgantes sobre los de éstos, fenómeno común en terrenos que han tenido glaciaciones de tipo alpino; lo es menos en la erosión fluvial, testigo de este proceso es el valle de Ovejas (fig. No. 4).

Producto de esa actividad erosiva y su reciente continuidad, es el frente de erosión formado por los ríos que fluyen al Cauca y al Magdalena, siendo especialmente notable el del último (plancha No. 1) que en su parte oriental ha dejado atrás un terreno ondulado regado por los ríos Nus, Nare, Samaná, Volcán, Otú, etc., cuya altimetría oscila entre los 500 y 1.200 mts. Hacia el oeste la altimetría se levanta bruscamente entre los 2.000 y 2.500 mts. y algunos de sus puntos a más de 3.000 mts. en un frente continuo de norte a sur, prolongándose en esta forma hasta terminar la unidad fisiográfica en las vertientes del río Cauca. Las únicas tierras bajas de este bloque están formadas por los valles de los ríos que como el Porce y el Náchí son antecedentes al levantamiento de la Cordillera; debe notarse que el valle del Porce reduce esta zona alta a una estrecha faja de la quiebra del Nus hacia el norte, trayecto donde corre paralelo al frente de erosión del Magdalena.

El valle del río Cauca es de formación muy reciente, probablemente plio-pleistoceno y principalmente tectónico, acompañado de una gran actividad erosiva; forman así sus afluentes menos caudalosos que los del Magdalena, una serie de valles jóvenes y muy profundos que tratan de acomodarse a la velocidad de erosión del río principal que ha excavado un profundo cañón, estrecho en la parte de rocas cristalinas y volcánicas y más amplio en las rocas sedimentarias y piroclásticas.



DIVISIONES FISIOGRAFICAS

CONVENCIONES

- MACIZO ANTIOQUEÑO [Symbol]
 - PROVINCIA [Symbol]
 - VOLCANOSEIMENTARIA [Symbol]
 - FRENTE DE EROSION DEL RIO MAGDALENA [Symbol]
- Metros
- 3000 [Symbol]
 - 2500 [Symbol]
 - 2000 [Symbol]
 - 1000 [Symbol]
 - 500 [Symbol]
- ESCALA EN KILOMETROS
- 0 10 20 30 40 50

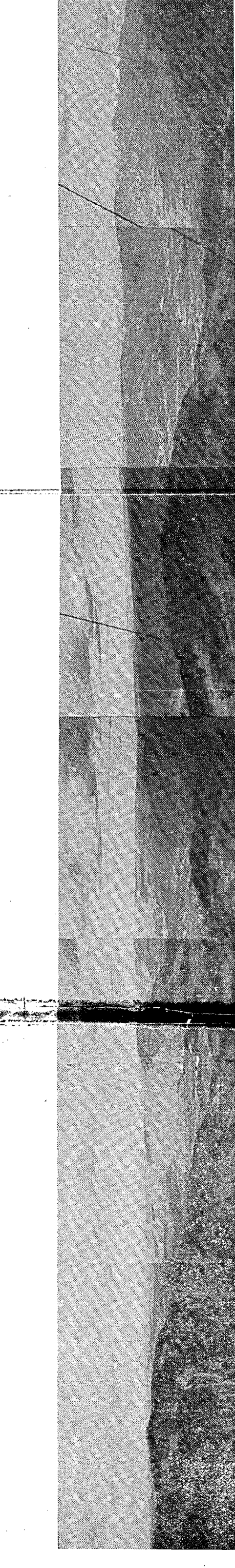


Fig. No. 4 - Cráter de Medellín hacia el este, vista de la torre de Televisión, a la izquierda el valle Ovejas.

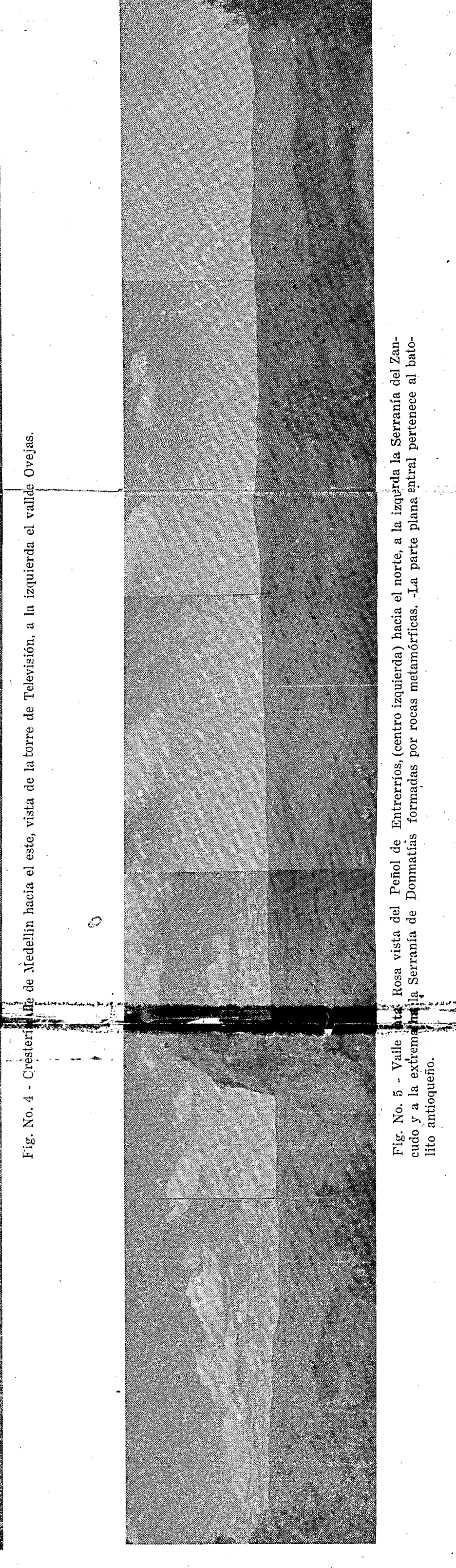


Fig. No. 5 - Valle de la Rosa vista del Peñol de Entreríos, (centro izquierda) hacia el norte, a la izquierda la Serranía del Zancudo y a la extrema derecha la Serranía de Donmatías formadas por rocas metamórficas. -La parte plana entrál pertenece al batolito antioqueño.

Red fluvial.- Los ríos Magdalena y Cauca son los destinos finales del sistema de desagüe del Macizo Oriental. El Magdalena recoge las aguas de los ríos Samaná Norte y Sur, Nare, Nus, San Bartolomé, etc. que llevan a cabo una activa erosión sobre la vertiente oriental de la Cordillera Central, dando por resultados el accidente topográfico que anteriormente se llamó frente de erosión del Magdalena. La mayoría de estos ríos tienen un curso relativamente directo desde el Macizo hasta el Magdalena con una notoria quiebra vertical donde cortan el frente erosivo.

De esta quiebra hacia el este los terrenos presentan una pendiente relativamente uniforme, lo que ha dado pie a algunos autores (Butler, 1.942) para suponer que la base geológica de este Macizo es un bloque inclinado al este; muy probablemente no se trata de un efecto tectónico de volteo sino de un bloque levantado isostáticamente y posteriormente modelado por la erosión y deposición fluvial.

Los afluentes directos del Cauca, ríos Arma, Buey, Amagá, Aurrá, San Andrés, etc. son menos caudalosos que los del Magdalena, tienen valles profundos y estrechos debidos a su acomodo a la rápida erosión del río Cauca y algunos presentan saltos (por ejemplo, río Buey) indicativos de su etapa juvenil y la imposibilidad de gradar su cauce normalmente con el río principal.

El Force es un río antecedente al levantamiento final del Macizo, constituye con su confluente el Nechí, el principal aporte indirecto del Macizo al río Cauca. Presenta en su parte baja un valle en V de rápida formación que aguas arriba se ensancha, no habiendo tenido tiempo la erosión de alcanzar esta parte y estando además demorada por la presencia de algunas llaves de rocas más duras como los Ancones de Copacabana y La Estrella. A pesar de lo anterior, la velocidad de erosión del alto Force es notable y ha dejado los valles de sus afluentes a sus antiguos niveles o sea a varios centenares de metros sobre su cauce actual, de modo que muchos de ellos forman saltos o pendientes precipitadas como los ríos Guadalupe, Grande y las quebradas de Ovejas, La García, etc. En parte estos saltos están favorecidos por la presencia de rocas más duras en la parte más alta de algunos de ellos, como los de los ríos San Andrés y Guadalupe.

El Nechí, antes de recibir al Force en Dos Bocas, desagüa parte del norte del Macizo, pero su aporte principal lo recibe del mismo

Porce, formando un río de caudal suficientemente grande para ser navegable al entrar en las partes bajas del norte de Antioquia.

Formas geomorfológicas especiales. - Los peñoles.- De los afloramientos de rocas plutónicas (Wilhelmy, 1.958), graníticas, gneísicas, etc., de características sensiblemente isotrópicas, se han descrito desde hace muchos años salientes de roca relativamente fresca, generalmente monolíticas, con los nombres de Domos de Exfoliación, Monolitos, Panes de Azúcar, "Inselberges", etc., (Cotton, 1948 Penck, 1.953); como estos nombres suponen un atributo de la roca que no siempre aparece, el autor propone, para uso castellano, la palabra *Peñol* en uso desde hace muchos años en el oriente de Antioquia para esta clase de accidente geomorfológicos; esta palabra, tan castiza como Peñón, es probablemente una forma antigua de la misma.

Los peñoles del área que nos ocupa, no tienen las dimensiones de algunos descritos de otros países como el Brasil (Friese, 1.933 - 1.938), Guayana Francesa (De la Rue, 1.953), etc., pero tienen una gran notoriedad en el paisaje por la posición topográfica saliente que ocupan sobre el nivel medio de los restos de la penillanura antioqueña. Los peñoles de mayor tamaño como Guatapé (figs. 6-7, plancha II), Entrerríos (fig. 5, plancha II), Peñolcito, El Marial, El Colmillo, etc están acompañados por numerosísimos de menor tamaño.

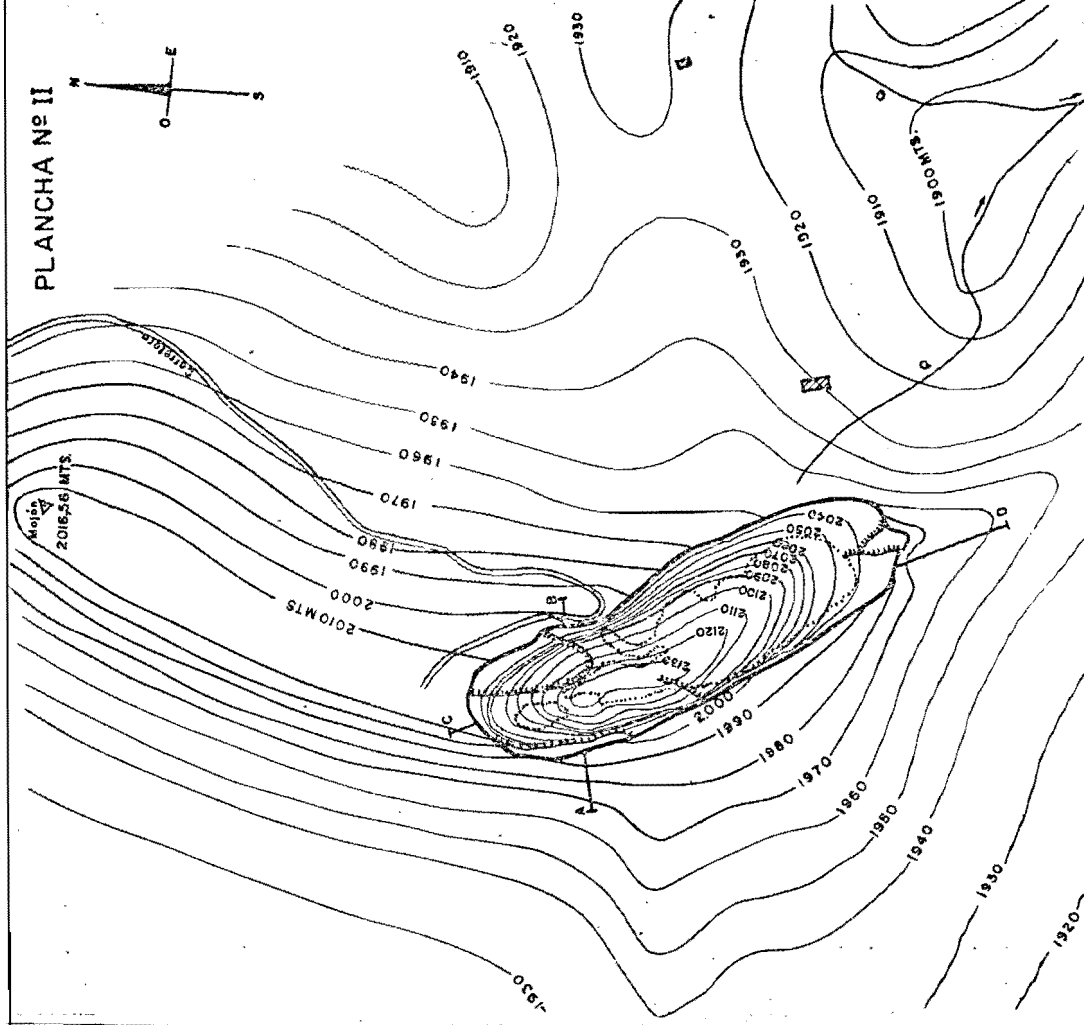
La roca del Batolito antioqueño que forma estos peñoles, es de un tipo normal como puede verse en los análisis de las muestras Nos. 2-A y 784-A (Cuadro No. 10) tomadas en los peñoles de Guatapé y Entrerríos. No es por tanto su mayor resistencia a la meteorización, debida, a variaciones de composición mineralógica. Es muy posible que todos ellos hayan sido originalmente núcleos de exfoliación, notablemente exentos de grietas o uniones y rápidamente expuestos a la intemperie por erosión.

De observaciones hechas en los peñoles y sus cercanías, puede deducirse lo siguiente:

a) La roca originaria es una roca plutónica, de características generalmente isotrópicas, pero a veces nesoide.

b) La meteorización se efectúa por medio de aguas lluvias que se filtran y descomponen la roca en varias etapas (Wilhelmy, 1.958) hasta concluir en arcillas lateríticas. Los núcleos con pocas

PLANCHA Nº II

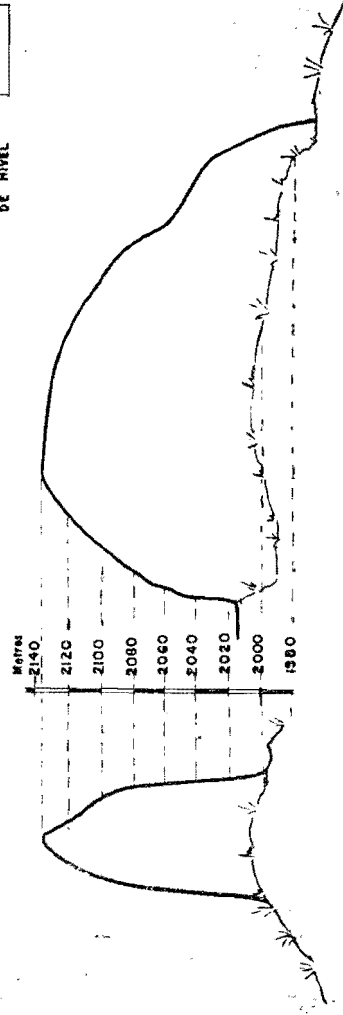


- CONVENCIONES
- CONTORNOS DE VEGETACION
 - GRUETAS
 - CONTORNOS DEL PEÑOL
 - CURVAS DE NIVEL

0 20 40 60 80 100 MTS.
ESCALA EN METROS

PEÑOL DE GUATAPE

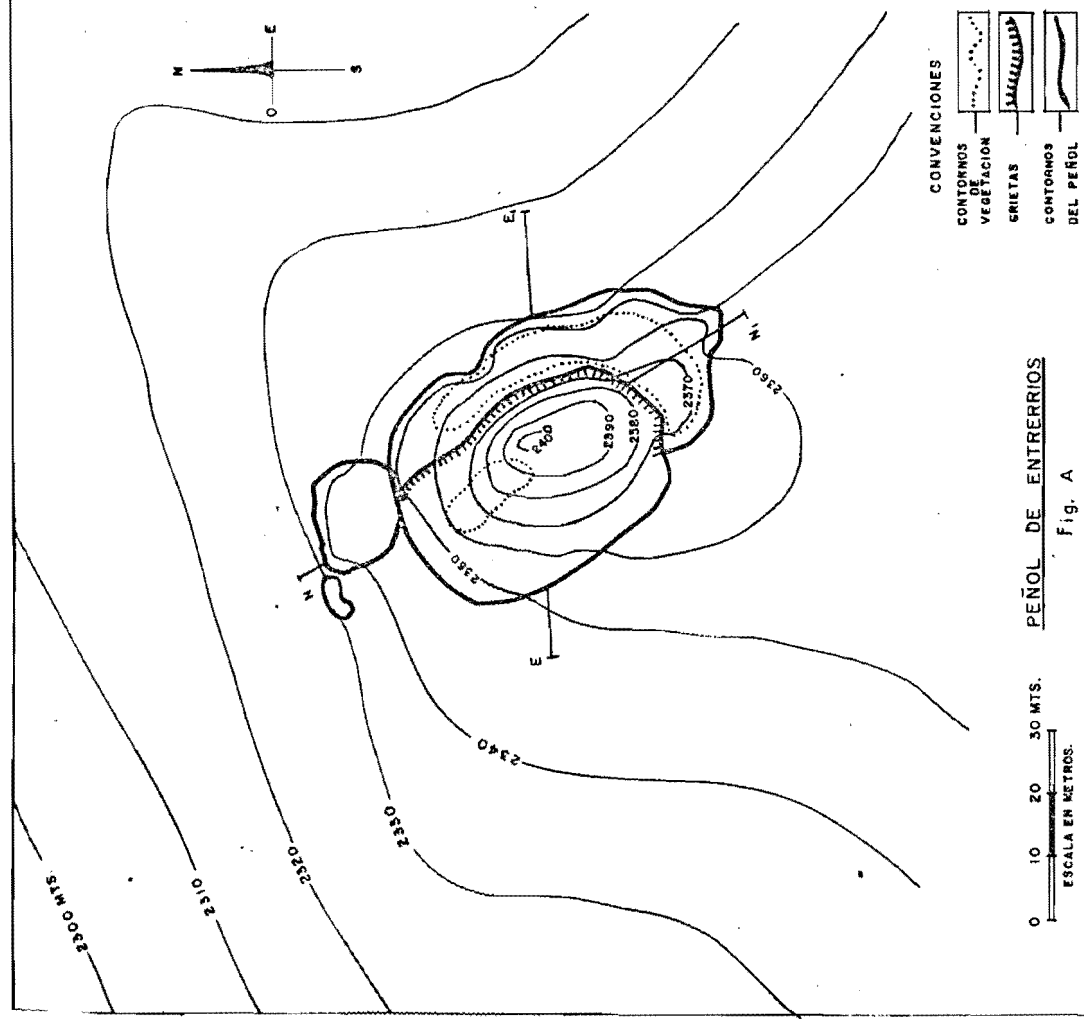
Fig B



SECCION TRANSVERSAL A B

SECCION LONGITUDINAL C D

DIB. LAZ

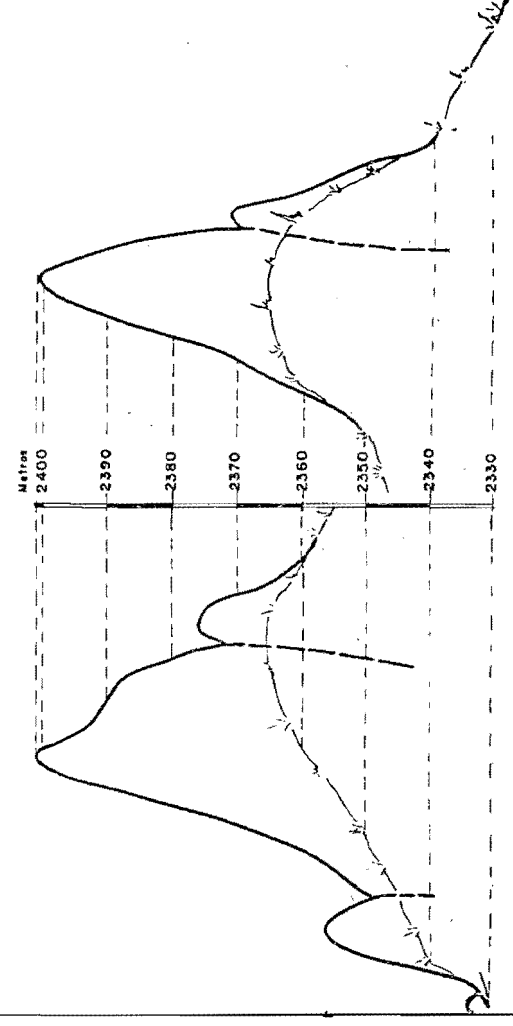


- CONVENCIONES
- CONTORNOS DE VEGETACION
 - GRUETAS
 - CONTORNOS DEL PEÑOL
 - CURVAS DE NIVEL

0 10 20 30 MTS.
ESCALA EN METROS

PEÑOL DE ENTRERRIOS

Fig. A



SECCION LONGITUDINAL N N1

SECCION TRANSVERSAL E E1

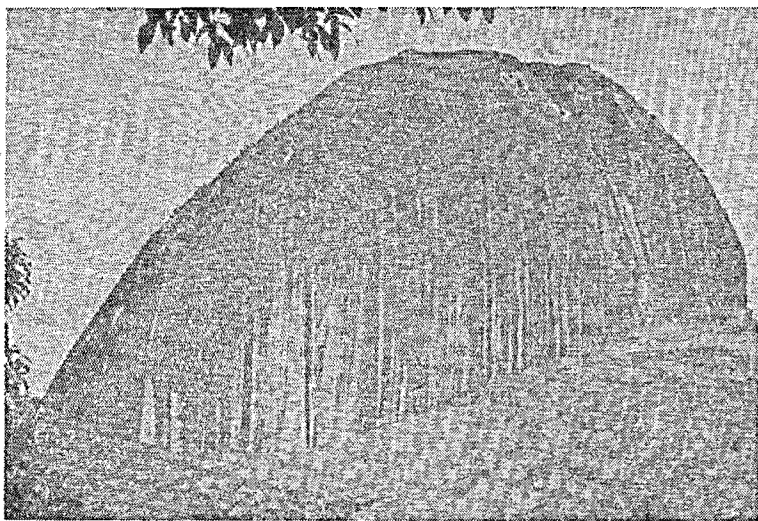


Fig. 6 - Peñol de Guatapé visto del Noroeste

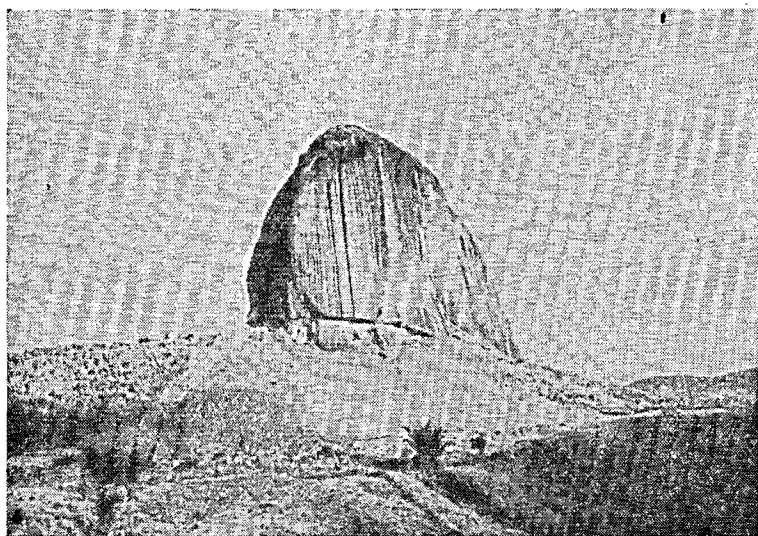


Fig. 7 - Peñol de Guatapé visto del Oeste

grietas se conservan relativamente frescos encerrados por capas concéntricas de exfoliación, producida bien sea por hidratación (Branner, 1.896) o por remanentes de esfuerzos mecánicos (Blackwelder, 1.925). La teoría de la formación de bloques exfoliados por cambios de temperatura (Gilbert, 1.904) puede ser operante en climas extremos, pero no en esta región donde hay bloques exfoliados a profundidades a las cuales los cambios de temperatura son mínimos.

c) Los bloques, rodeados de materias descompuestas, arenas, arcillas, etc., son atacados por una erosión activa, en el caso que nos ocupa; flúvio-pluvial, que mueve las materias livianas y descubre los núcleos de roca fresca que van quedando como notorias salientes del paisaje, y se van individualizando a medida que los agentes transportadores excavan sus alrededores; su forma general depende en gran parte de la original del bloque. Otros peñoles medianos y pequeños son llevados por los movimientos en masa del terreno, siguiendo la pendiente hacia hondonadas donde se acumulan formando los llamados *organales* que serán considerados más tarde.

d) Una vez el peñol expuesto a las lluvias cargadas en su curso a lo largo de la roca por los ácidos orgánicos; producto de la descomposición de las plantas que crecen en la misma, atacan el peñol modelando canales que le dan un aspecto peculiar. Estos canales son más profundos en las salientes del peñol y se van ampliando hacia la base, al llegar a la cual se suavizan hasta desaparecer casi por completo (fig. 8).

Los cambios de temperatura que desprenden cáscaras delgadas, sumados al trabajo de las lluvias, ya mencionado, tienden a darle al peñol una forma aguda hacia arriba, pero conservando siempre los lineamientos generales del mismo.

e) Las formas y dimensiones de los peñoles como conclusión de lo anterior, son muy variables, pero están siempre determinadas por las grietas preexistentes en la roca y que guiaron las soluciones meteorizantes.

f) Algunos factores como vientos, radiación solar, etc., no tienen importancia en esta región pero pueden tenerla bajo otros climas (Friese, 1.933-1.938).

g) Los peñoles son elementos típicos de los afloramientos del batolito antioqueño, especialmente en zonas de topografía relativamente suave.



Fig. 8. — Acanaladuras en el peñol de Guatapé. (1)

Organales.— Esta palabra designa en Antioquia acumulaciones de rocas, generalmente en cañadas u hondonadas del terreno dándoles una topografía muy abrupta.

(1) ancho de la canal central, en su parte más baja: 1.20 mts.

La mayor parte de dichas acumulaciones se presentan en afloramiento de rocas plutónicas y están formadas por bloques residuales de exfoliación que bien sea por erosión de los cursos de agua que mueven materiales a lo largo de las grietas en donde la descomposición es mayor, por movimientos del manto hacia las partes más bajas de la topografía, llevando consigo los bloques residuales o por una combinación de los dos procesos, los concentra usualmente en cañales por las cuales corren aguas permanentes u ocasionales. En este proceso de concentración, los bloques actúan como obstáculos naturales que favorecen la sedimentación de minerales pesados y no pocos de los organales han sido explotados como pacimientos auríferos (ver contracarátula).

Además de las rocas plutónicas también se presentan organales en otros tipos de rocas y son especialmente notorios en los calcáreos cuya topografía producida por fenómenos de solución, (Karrren) es particularmente áspera. En este caso el mecanismo de formación es muy diferente del descrito para las rocas plutónicas. Las acumulaciones de peñascos en organales pueden llegar a ser suficientemente grandes para que ríos de buena aguada como el Por-

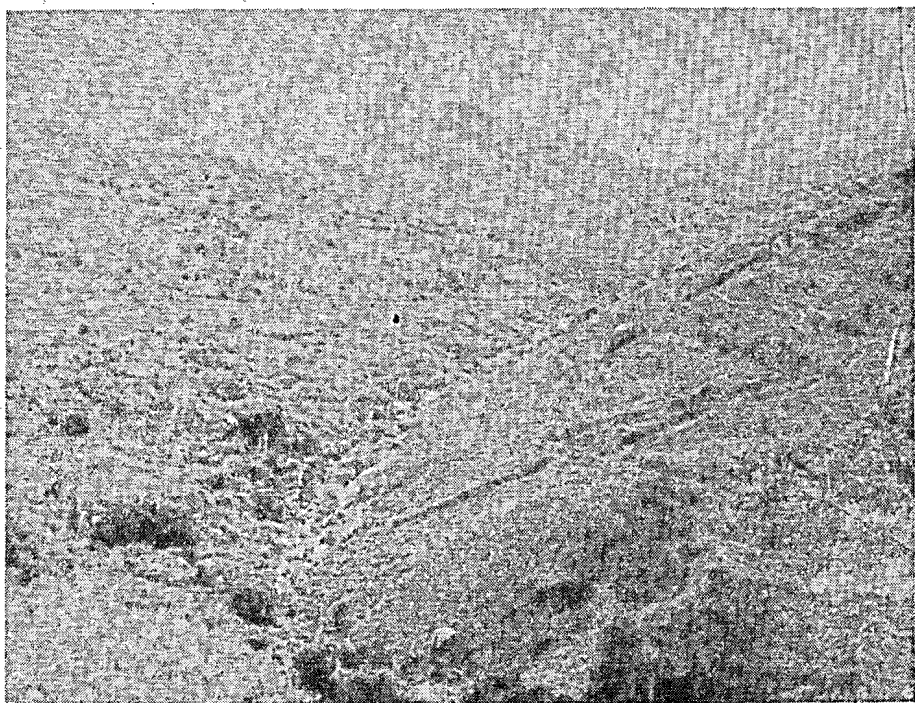


Fig. 9. — Organal del río Nechí cerca a Angostura

ce en "Puente de Tierra" y el Nechí cerca de Angostura (figs. 9 y 10) corran enteramente bajo ellos en longitudes considerables. El mismo fenómeno se presenta en pequeñas quebradas que desaparecen ocasionalmente bajo organales para reaparecer a su terminación.



Fig. 10. — Salida del río Nechí del organal de la fig. 9

IV.- DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA

Generalidades.- En el cuadro No. 1 se compararon las divisiones que han propuesto distintos autores como base de la estratigrafía antioqueña. En la última columna de ese cuadro se indican las usadas en este trabajo correlacionándolas con las ya propuestas; como esta región estudiada no presenta afloramientos de algunas formaciones que se encuentran en áreas mayores del Departamento, éstas no han sido discutidas. Se tratan en este trabajo seis formaciones principales de las cuales se dá a continuación un somero resumen:

Grupo Ayurá-Montebello.- Esta formación de rocas metasedimentarias y metaígneas se presenta bajo distintas facies una de las cuales puede observarse en el camino que va de Envigado al Retiro

por la quebrada Ayurá y consiste en una serie de ortoanfíbolitas basales que se instruyen[?] como diques en la parte superior compuesta de gneises, micacitas, cuarcitas, etc. Otra facies más rica en filitas y cuarcitas puede verse en la carretera Versalles-Montebello, facies que se extiende al norte y sur del departamento en forma muy extensa.

Esta formación por razones que se darán más adelante se considera al menos parcialmente, como paleozoica.

Formación Quebrada Grande.- Son rocas sedimentarias de facies pónitita, alternada con rocas ígneas verdes. Liditas, pizarras síliceas, delgados bancos de conglomerados, calizas, todo con abundante materia orgánica, indican la petrografía de esta formación. Las rocas verdes se intercalan en su parte inferior y hacia arriba se encuentran macizas, salvo pequeñas intercalaciones de lidita. Esta formación se considera cretácea superior.

Formación Terciaria Carbonífera.- Aflora en una pequeña zona en la margen suroeste del área considerada. Son conglomerados, areniscas y arcillas con mantos de carbón, todo de origen continental. Su edad es terciaria, oligocena, según datos palinológicos.

Aluviones y Taludes.- Forman los rellenos de valles, bien sea como terrazas, vegas o taludes alcanzando en algunos lugares considerable extensión. Están compuestos de cascajos, arenas, arcillas y ocasionalmente delgadas capas de turba. Su edad es plio-pleistocena.

Rocas plutónicas.- Constituyen el Batolito Antioqueño, sus satélites y el Batolito de Altavista. El Batolito Antioqueño principalmente de carácter tonalítico se considera cretáceo, a base de una identificación de edad por el método K/Ar. que debe sujetarse a una confirmación posterior con mayor número de análisis. El Batolito de Altavista, intrusivo en las rocas verdes, se considera más joven, probablemente contemporáneo con la orogenia cretácea más superior a terciaria inferior.

Serpentinitas.- Diques de peridotitas serpentinizadas atraviesan el grupo Ayurá-Montebello; sus relaciones con las otras formaciones parecen indicar que son más antiguas que ellas.

PLIO-PLEISTOCENO

Aluviones y Taludes.- Depósitos detríticos de estos tipos de rocas se presentan en los valles que con un área de 260 kms² existen en la región. A continuación algunas observaciones sobre estos depósitos:

Aluviones.- En su distribución geográfica los aluviones pueden agruparse en varias zonas: a) Los aluviones de la región de Ovejas, restos de un antiguo valle que hoy tiene su desagüe hacia el occidente (río Cauca) y al oriente (río Porce). Los afluentes de estas dos cuencas han modelado en los antiguos aluviones una serie de terrazas que actualmente erodan con gran rapidez.

b) El sistema Medellín-Force en el cual como en casi todos, pueden distinguirse los aluviones levantados sobre el curso actual del río, terrazas, de los que están prácticamente al nivel del actual curso de agua, vegas. De las terrazas existen muy notables ejemplos en la región de Envigado - Poblado - Medellín (fig. 11); estas poblaciones y además Itagüí, Belén, Bello, Girardota, etc., están situadas en las numerosas terrazas localizadas a lo largo del río; presentan distintos niveles siendo el más común de 20 a 25 mts. sobre el curso actual del río, pero en las pequeñas quebradas afluentes se encuentran también a alturas de 100 a 120 mts. Las vegas ocupan áreas considerables en la zona entre Itagüí y Medellín, Girardota y Barbosa. Es indudable que la preservación de estos extensos aluviones en el alto curso del Porce se debe como se dijo, a la presencia de algunas rocas más duras como el Ancón de Copacabana que no han permitido al río extender hasta sus cabeceras el profundo valle joven que posee en la parte central y baja de su curso.

c) El Rionegro y sus afluentes presentan otro grupo de vegas y terrazas interesantes, especialmente en El Retiro, el área del Tablazo, la Ceja, en toda la parte baja del río Pantanillo y en las quebradas de la Mosca y Marinilla. En la quebrada de la Mosca, y en algunas otras, los aluviones han sido trabajados como mineral aurífero en otras épocas; estos trabajos se notan en las vertientes completamente desprovistas de suelos, de escasa vegetación, y en los montones de cascajo dejados como residuos en las vegas.

d) Otro aluvión de interés, aun cuando nó tan extenso como los anteriores, está formado por las quebradas que ocupan las cabeceras del río Piedras; esta región tiene como centro la población de la Unión.

La topografía plana de vegas y terrazas en una región altamente montañosa como el Macizo Antioqueño, es muy favorable, y ya se comentó anteriormente, para la localización de poblaciones, y una gran cantidad de localidades urbanas antioqueñas las han aprovechado.

Litología.- Los materiales corrientes de estos aluviones son especialmente cuarzo, rocas ígneas y metamórficas de las localidades vecinas. Estas rocas forman los cascajos, las arenas y en el extremo de su descomposición, las arcillas, que en algunos aluviones producidos por la meteorización del batolito antioqueño (Ovejas, Rionegro, La Unión, etc.) forman arcillas blancas de valor industrial. Muchos de estos aluviones están profundamente descompuestos, de modo que a primera vista sus cascajos parecen estar formados exclusivamente de cuarzo; examinándolos cuidadosamente pueden aún identificarse rodados de anfibolitas, dioritas, gneises, etc. casi totalmente descompuestos pero que originalmente formaron parte de los clásticos del aluvión.

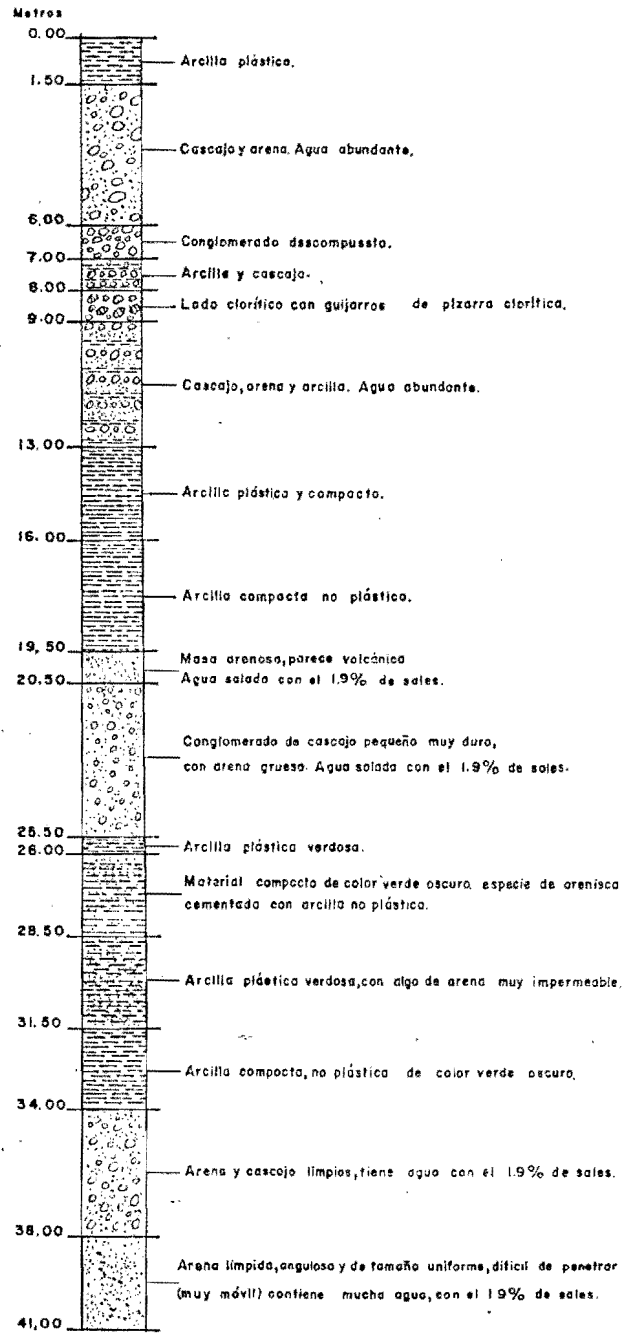
Algunos de estos aluviones, por ejemplo las terrazas de la zona de Envigado y sur de Medellín, son prácticamente oligomícticos, con un predominio prácticamente total de rodados de rocas verdes más o menos meteorizadas.

Altura y espesor de los depósitos aluviales.- La mayor parte de los depósitos aluviales tienen un espesor menor de 20 mts. pero algunos son considerablemente más gruesos como puede verse en la Plancha III que muestra las columnas estratigráficas de algunos pozos hechos en el Valle de Medellín para efectos de provisión de aguas.

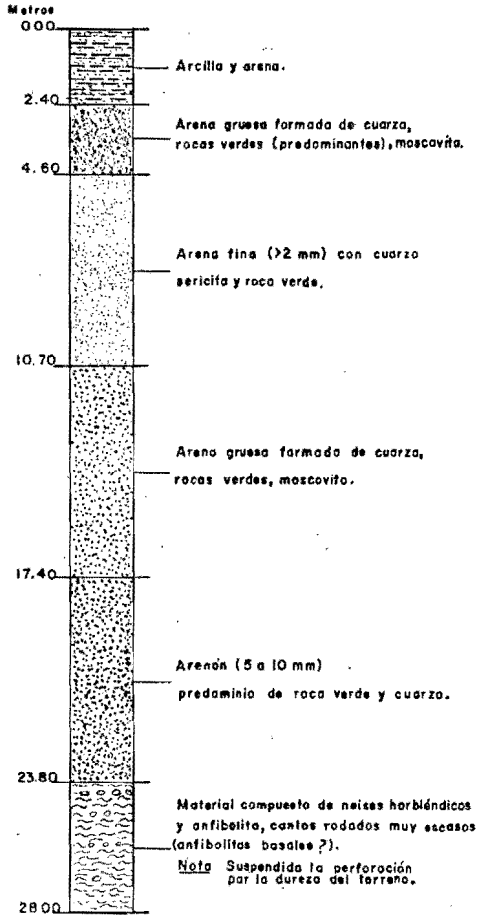
La altura de las terrazas sobre los aluviones de vega es muy variable y en algunos lugares hay varias escalonadas entre sí. Ya se hizo notar que las terrazas principales del Valle de Medellín tienen alturas que oscilan entre 20 y 25 mts. pero que en las cabeceras de algunos afluentes del río Medellín, por ejemplo, la Quebrada Doña María, se encuentran pequeñas terrazas a 100 y 120 mts. sobre el cauce actual de dichas aguas que dan una idea de la rapidez de erosión en esta zona montañosa. Para alturas de terrazas en los valles de Rionegro, La Unión, etc., los mismos valores aproximados tienen vigencia.

Origen y edad.- Normalmente se cree que los orígenes de las formaciones aluviales son variaciones de nivel del terreno que aumentan o retardan el trabajo erosivo de las aguas; cambios de cli-

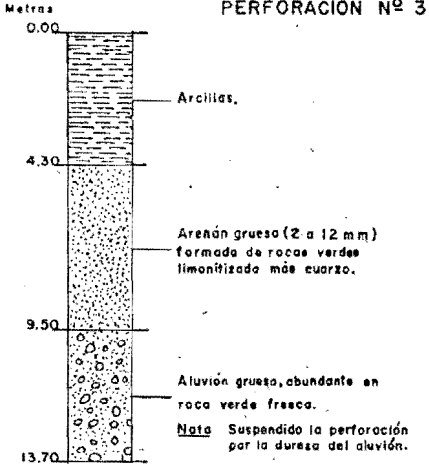
PERFORACION Nº 1



PERFORACION Nº 2



PERFORACION Nº 3



PERFORACION Nº 4

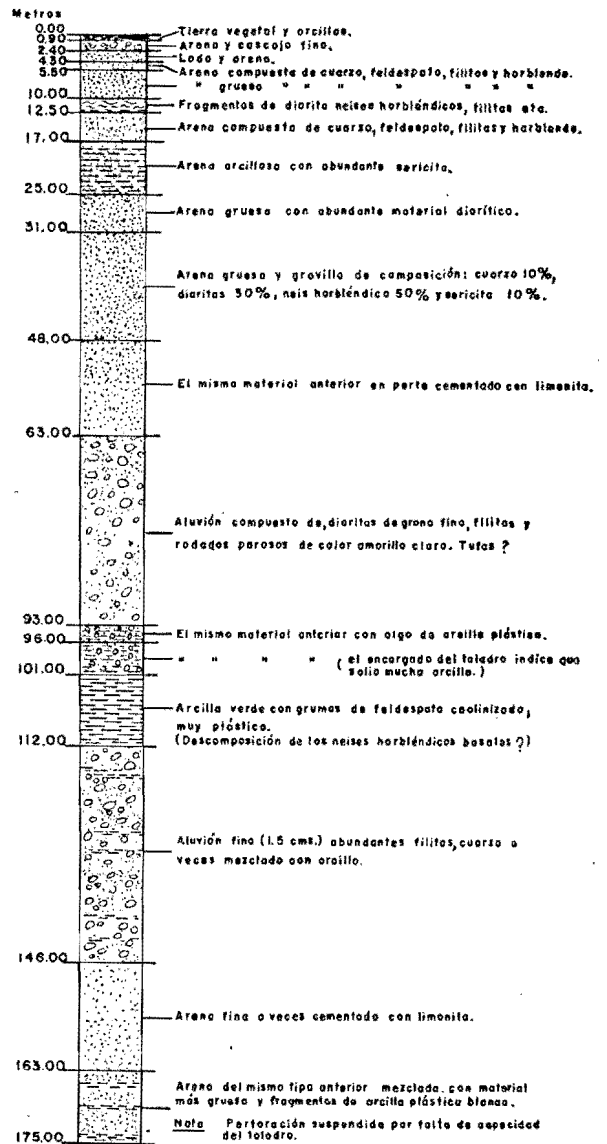


Fig 1

ma que al variar el flujo de las corrientes, las hacen más o menos competentes para transportar su carga. La deficiencia de flujo causada por períodos de sequía es particularmente importante en la formación de depósitos de relleno; en algunos lugares de los Andes (Gartner, 1.959) se han logrado identificar períodos de sequedad correspondientes a la formación de depósitos y períodos de humedad durante los cuales se erodan activamente, con la probable ayuda de variaciones del nivel topográfico. Es posible que los depósitos aluviales entre nosotros estén principalmente condicionados en su formación por las variaciones de humedad y sequía durante las glaciaciones pleistocenas que indudablemente se hicieron sentir en los trópicos como lo atestiguan los restos de morrenas a alturas mucho menores que las de nieves y glaciares de la cordillera actual. La edad geológica de esos depósitos debe ser principalmente pleistocena, pero algunos de ellos presentan una descomposición tan profunda en sus materiales que pueden ser un poco más antiguos, llegando hasta el plioceno. Restos de mastodontes encontrados en los aluviones de Belén (Medellín) dejan el punto sin definir, pues sus fósiles pueden encontrarse tanto en el plioceno como en el pleistoceno.

Taludes.- Los depósitos de talud son importantes en las vertientes de algunos valles, entre los cuales podemos citar la zona entre Medellín (Robledo) y Bello en la margen occidental del río Medellín, las vecindades de Bello hacia el oeste, algunos lugares de la carretera de Medellín a las Palmas, la banda oriental del río Medellín en la ciudad del mismo nombre, etc. Estos taludes están formados por bloques de muy distinto tamaño, provenientes de las rocas vecinas (fig. 12) y que en ciertos casos llegan a tener una gran consolidación dando cortes verticales estables, característica que es muy notoria especialmente cuando los clásticos proceden de serpentina. Se reconocen espesores de más de 60 mts. y muchas de estas masas de talud se mueven lentamente pendiente abajo, por fenómenos de soliflucción presentando problemas de fundaciones para estructuras civiles en áreas de densa población como en la zona Robledo-Bello y área oriental de Medellín.

EXPLICACION A LA PLANCHA No. III - Perforación No. 1. Apique abierto por el Ingeniero Julián Cock A., Carrera 52 x Calle 41. - Perforaciones Nos. 2-3-4. Pozos abiertos por el Municipio de Medellín para provisión de aguas; los perfiles fueron hechos a base de las muestras, como la perforación fué por sistema de percusión, la exactitud del perfil deja que desear. - Perforación No. 2 Avenida Bolivariana x Calle 38, probablemente llegó a la anfíbolita basal. - Perforación No. 3 Aproximadamente 500 mts. al sur de la glorieta de entrada al aeropuerto Olaya Herrera, carretera a Guayabal. - Perforación No. 4 Calle Colombia x Carrera 73 (vecindades del Estadio A. Girardot). Probablemente encontró peña descompuesta a los 93 mts.

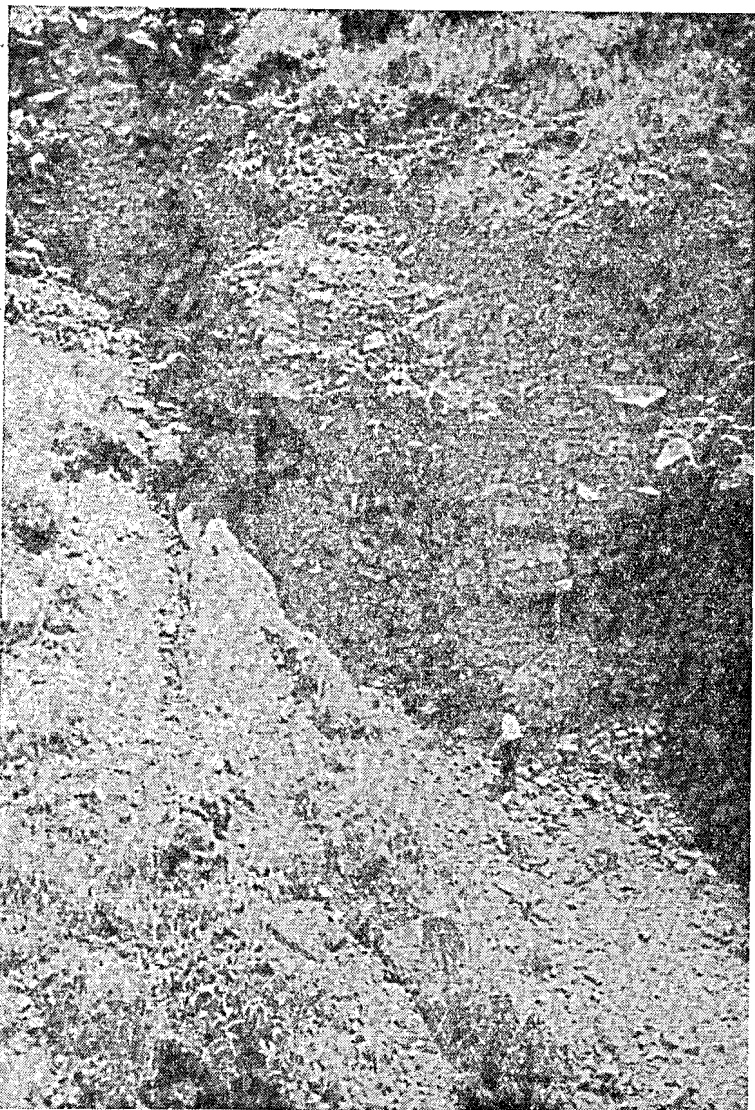


Fig. 12 - Taludes - Quebrada al Este de Bello

CENOZOICO

Terciario Carbonífero — Generalidades.- Al terminar el Cretáceo y a lo largo del Paleoceno y Eoceno, se inició la orogenia que se desarrolla a lo largo del Cenozoico con el último levantamiento de la Cordillera Central, predominando las condiciones de erosión

de las tierras levantadas; hacia el Oligoceno y Mioceno se produjeron zonas de hundimiento a lo largo de lo que es hoy el valle del río Cauca con deposición de sedimentos, continentales en su mayoría, estando restringidos los depósitos marinos a las vecindades de Cali donde esta cuenca comunicaba con el Pacífico. Dichos depósitos se presentan hoy en una serie de cuencas limitadas por macizos cristalinos a lo largo de fallas y una de ellas, la cuenca Amagá-Angelópolis, aparece en una pequeña parte del área estudiada; en su extremo suroeste. Estos sedimentos fueron descritos por Ospina (1.911) Scheibe (1.933), y Grosse (1.926) quien dió una descripción muy completa de ellos.

Litología.- Grosse (1.926) divide esta formación en tres miembros; a) Miembro inferior cuyas rocas dominantes son conglomerados de grano fino, hasta grueso, de colores claros, areniscas de colores claros, a veces blancas, de grano medio a grueso y arcillas laminares que pueden llegar a ocupar hasta el 50% de la sección. b) El miembro medio se caracteriza por la presencia de mantos de carbón, algunos de ellos comercialmente explotables y la ausencia casi total de conglomerados. c) Por último el miembro superior, no posee mantos de carbón explotable aun cuando existe en capas muy delgadas; ausencia de conglomerados y predominio de areniscas de grano fino y arcillas. Esta típica formación continental en parte lagunar y en parte torrencial, aparece en el área en estudio en la forma descrita por Grosse.

Espesor y límites.- El espesor de esta formación según Grosse es de unos 1.500 mts. distribuidos así: piso inferior 200 mts., medio 200-250 y superior 1.000 mts. El yacente del Carbonífero son las formaciones de rocas verdes, metasedimentos y rocas plutónicas que formaron la cuenca y las vertientes de alimentación de las mismas en la época de la deposición de estos estratos. El pendiente esta formado por la llamada formación Combia (Grosse 1.926) de origen fluvio-volcánico y por terrenos aluviales.

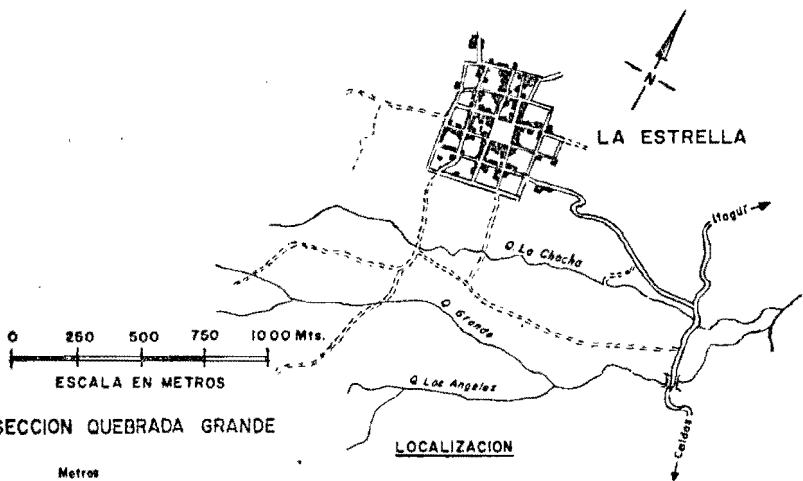
Edad y correlaciones.- Ospina (1.911) consideró estos sedimentos como Cretáceos, Scheibe (1.933) y Grosse (1.926) como Cenozoico inferior. Recientemente Van der Hammen (1.957), con el nombre de formación Antioquia le encuentra una edad Oligoceno superior-Mioceno inferior y equivalente a la formación Cauca-superior del sur del país, mediante estudios palinológicos.

Formación Quebradagrande — Generalidades.- La formación Quebradagrande debe su nombre a este curso de agua situado al sur de la Población de La Estrella (ver plancha IV) y que es un afluente del río Medellín. Se ha tomado este lugar como sección tipo porque hasta hoy es el afloramiento que representa mejor las relaciones entre las rocas verdes y los sedimentos que se intercalan en su base y que componen esta formación. Se estudian separadamente los sedimentos y las rocas verdes.

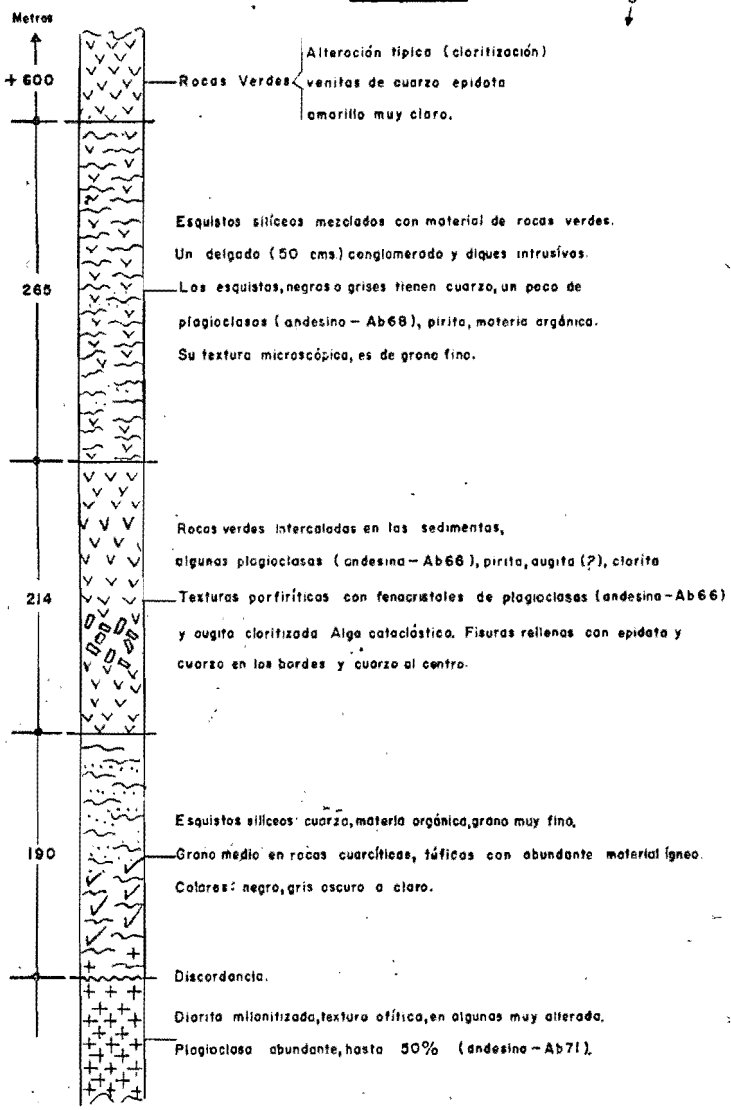
a) *Sedimentos.- Litología.*- La formación Quebradagrande en su aspecto sedimentario está compuesta de esquistos silíceos negros (con pequeños cristales de cuarzo angular, arcilla rica en material orgánico que le dá su coloración, a veces lenticular y con abundante contenido de manganeso en algunas localidades), filitas grafitosas, liditas, algunas cuarcitas de grano fino y color negro, diques de andesita y dacita probablemente derivados del batolito de Altavista; en la zona de Cañada Honda, carretera Versalles-Montebello se encuentran delgadas capas (10 a 30 cms) de calizas clásticas negras con fósiles marinos.

En la sección de Quebradagrande un derrame de rocas verdes se intercala entre dos formaciones sedimentarias (plancha IV) y como pendiente de la más superior existe un espesor considerable de rocas verdes con pequeñas intercalaciones lenticulares de liditas; es interesante un conglomerado relativamente delgado (40 cms.) cuyos cantos subangulares están derivados de las rocas verdes, y de los mismos sedimentos silíceos, todo cementado con arcilla conteniendo abundante materia orgánica. Es un conglomerado intraformacional, grauváquico que indica notables actividades erosivas en la costa cercana durante los intervalos de actividad ígnea. Los sedimentos que cubren la roca verde intercalada tienen indudablemente un aporte de material ígneo tomando un color verdoso oscuro hasta negro, cuando la materia orgánica predomina.

Espesor y límites.- La formación Quebradagrande, al sur y al norte de la sección típica tiene un espesor muy variable, bien sea por no deposición, por accidentes tectónicos y también por el hecho de ser una formación litoral muy irregular. El espesor en la sección tipo como puede verse en la plancha IV tiene un total en sedimentos de 455 mts. de espesor, una roca verde intercalada de 214 mts. y el pendiente tiene como residuo de erosión 600 mts. de rocas ver-



SECCION QUEBRADA GRANDE



des o sea un total de 1.270 mts. El yacente de la formación es roca ígnea del Batolito de Altavista en un contacto de falla; en las quebradas La Culebra y La Valeria al sur de la sección tipo, hay en el yacente rocas verdes instruídas por el Batolito de Altavista. En el área de Cañada Honda en la carretera Versalles-Montebello el yacente son los metasedimentos de la formación del grupo Ayurá-Montebello (Plancha IV).

b) *Rocas Verdes- Generalidades.*- Se prefiere dar este nombre al grupo de rocas llamadas por Grosse (1.926) "Formación de Porfiritas", por Nelson (1.957) "Formación de Diabasas" y que otros autores llaman "Ofiolitas" cuando están acompañadas de un cortejo de serpentinitas y radiolaritas, como resultado de la sedimentación y volcanismo de un eugeosinclinal. En el caso de Antioquia existen las tres rocas, siendo las relaciones entre rocas verdes y radiolaritas muy claras, pero no así con las serpentinas que parecen anteceder a las rocas verdes. En otros países como en Siria (Dubertret, 1.955) es posible seguir la diferenciación magmática de las rocas verdes desde peridotitas hasta tufas volcánicas y sus relaciones con los grupos de radiolaritas.

Es realmente el color verde producido por cloritización de ferromagnesianos la única cualidad común a estas rocas, pues su estudio petrográfico indica numerosas variedades de rocas andesíticas y basálticas, como pueden verse en los trabajos de Grosse (1.926) y Nelson (1.957).

En el área en estudio afloran en la región divisoria entre las aguas del río Medellín y el Cauca en su parte suroccidental cubriendo un área de 76 kms²; algunos detalles de su petrografía se describen a continuación:

Litología.- 1). - *Textura.*- Predominan las texturas félsicas, porfiríticas y en raros casos ofíticas. Es evidente que muchas de las texturas que macroscópicamente parecen porfiríticas son realmente texturas felsíticas con amígdulas rellenas de calcita, cuarzo, clorita, etc. que imitan fenocristales. En las texturas porfiríticas típicas la pasta y los fenocristales de plagioclasa y augita tienen porcentajes aproximadamente iguales, pero la alteración de las plagioclasas le dá un predominio a la pasta muy grande sobre los fenocristales no alterados. A veces son abundantes las brechas cuyos guijarros son variedades de la misma roca, de textura porfirítica siendo la pasta que los une generalmente granular. Los fenocristales oscilan entre $\frac{1}{2}$ y 1 cms. en su mayor dimensión.

2). *Color.*- Es generalmente verde (5 G 5/2) (1) pero en las brechas es variable de verde a rojizo según el color de los guijarros encerrados.

3). *Composición Mineralógica - Plagioclasas.*- Están generalmente muy alteradas, tanto en los fenocristales como en la pasta; donde ha sido posible identificarlas son Ab_{70} hasta Ab_{90} indicando una posible sodificación (espiritización) de las plagioclasas que originalmente debieron ser mucho más cálcicas en rocas de abundantes máficos como la presente. Aún puede reconocerse que originalmente tuvieron numerosas maclas de albita.

Augita.- Es el máfico predominante, especialmente notable en fenocristales a veces de una frescura que contrasta con la alteración general de la roca. Tiene maclas polisintéticas, su ángulo de extinción oscila entre 44 y 46° y tiene un color verde amarilloso. En algunos casos sus ángulos axiales equivalen a los de pigeonita, variedad de piroxeno que no es muy abundante en rocas ígneas.

Alteración.- Alteración de carácter deutérico, muy probablemente, es el rasgo predominante en esta roca; la cloritización es la principal alteración presentándose como una masa verdusca que le da su color típico a la roca; acompañando a los fenocristales se encuentran amígdulas rellenas de penninita, calcita y cuarzo (calcedonia) y estos dos últimos rellenan a menudo grietas de la roca (Plancha V, fig. 1-2). Además de los procesos de alteración, es probable que hubo una sodificación de las plagioclasas como anteriormente se mencionó y que aparece en algunos de los análisis químicos que más adelante se indican.

La meteorización de las rocas verdes las convierte en arcillas de color amarillo a rojizo y las grietas se cubren de una capa de limonita, carmelita oscura a negra; esta meteorización es muy notoria y sirve para distinguirla en los afloramientos donde no está fresca, de las rocas plutónicas y sedimentos que la acompañan.

Contactos.- Los contactos normales de las rocas verdes son los sedimentos sobre los cuales se derramaron y que se intercalan con ellos en la formación Quebradagrande. En algunas partes (camino Retiro-Alto de Minas) las rocas verdes aparecen sobre los metasedi-

(1) Los números entre paréntesis corresponden a la "The Rock-Color Chart" publicada en 1948 por The National Research Council - Washington, D. C.

0 1mm
Escala

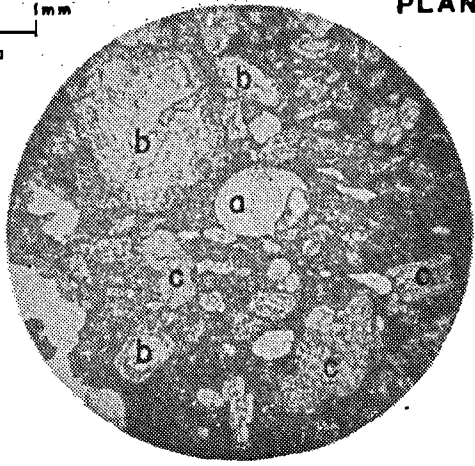
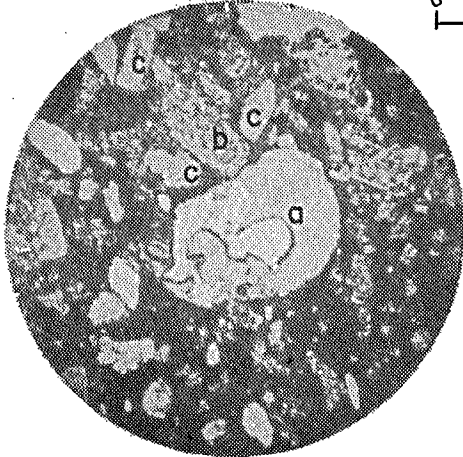


Fig.1-Roca Verde. Roca N° 536-A.
a- Amigdula con penninita y calcedonia.
b- Fenocristal de plagioclasa.
c- Fenocristal de augita.

Fig.2-Roca Verde. Roca N° 536-A.
a- Amigdula con penninita y calcedonia.
b- Plagioclasa.
c- Augita.

Nic. II

Nic. II

SECRETARIAL DE MINERÍA
BIBLIOTECA

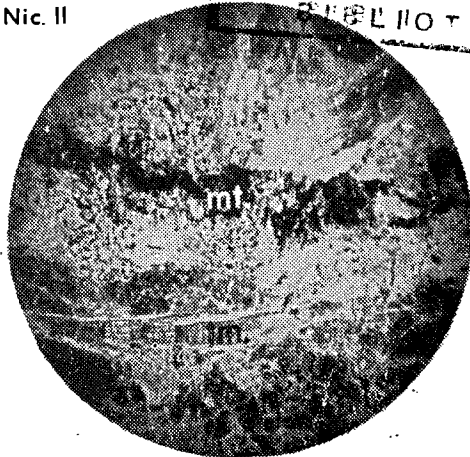
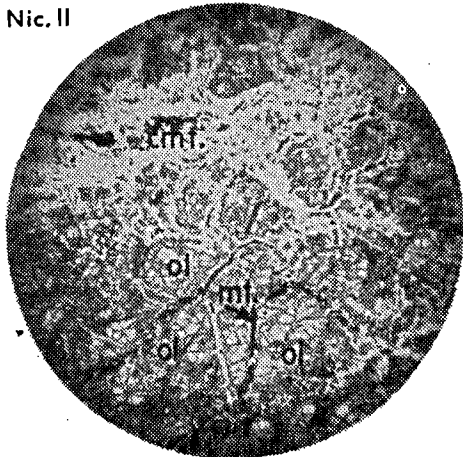


Fig.3 Serpentinita. Roca N° 650-A.
Magnetita (mt.) delineando antiguos cristales de olivino. Restos de los mismos (ol.). Masa de antigorita.

Fig.4- Serpentinita. Roca N° 314-A.
Tremolita (tm.) magnetita (mt.) relleno de fisura. Masa de antigorita.

Nic. II

Nic. II

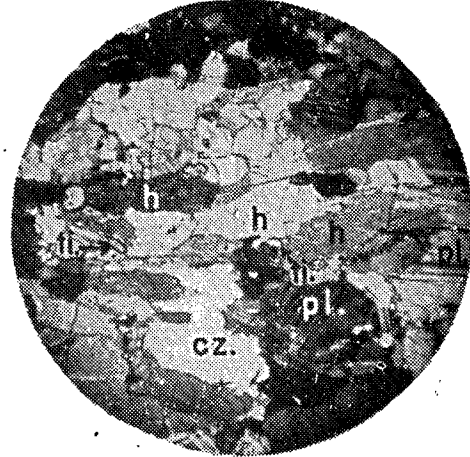
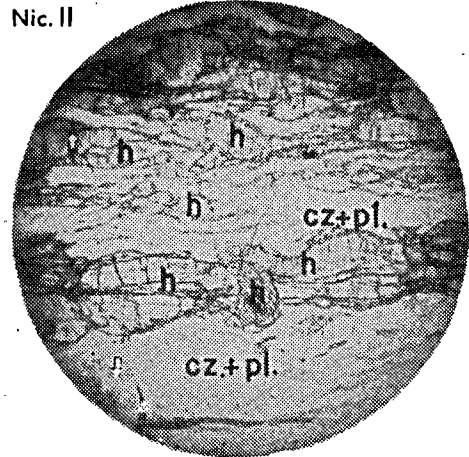


Fig.5-Contacto Serpentinita-Anfibolita. Roca N° 658-A.
Efectos cataclásticos del contacto en cuarzo, plagioclasa (cz.+pl.) y hornblenda (h.).

Fig.6- Anfibolita. Roca N° 255-A.
Titanita (ti.), hornblenda (h.) plagioclasa (pl.) y cuarzo (cz.)

Nic. II

mentos del grupo Ayurá-Montebello, aparentemente sin discordancia tectónica. En el camino de Ebejico a Medellín por Belén, puede verse un contacto intrusivo del Batolito de Altavista en las rocas verdes; en varios otros lugares (parte alta de la Quebrada Doña María) hay contactos de falla entre las rocas verdes y la serpentinita.

Composición química.- A continuación se dan los análisis de dos muestras de las rocas verdes con su correspondiente clasificación de acuerdo con el sistema C.I.P.W. y también de acuerdo con la clasificación de Niggli. Cuadro No. 4.

Clasificación y Petrogenia.- Al hablar del nombre de estas rocas ígneas, se expresó la variedad de tipos que la componen; en efecto, Nelson (1.957) trabajando en la Cordillera Occidental a la altura del Valle del Cauca, habla de diabasas, piroclásticos, pórfiros andesíticos, y rara vez picritas; Grosse (1.926) menciona principalmente andesitas augíticas, lo que él llama porfiritas labradoricas, diabasas y tobas. En este estudio, los tipos principales encontrados, de textura usualmente porfirítica, son pórfiros andesíticos, piroxénicos, escasos ejemplares de diabasas, tobas aglomeráticas y espilitas. Es pues un cortejo de rocas volcánicas considerablemente alterado.

Al estudiar los análisis químicos de las rocas, especialmente la muestra No. 536 que no presenta el cuarzo secundario de la No. 735, dá de acuerdo con la clasificación de Niggli, un magma andesítico con transición a toleítico; el analizado por Nelson (1.957) es un poco más básico que el que se presenta a este estudio y de acuerdo con la clasificación de Niggli sería un magma toleítico. Podría admitirse, mientras se hace una serie de análisis más completa, que el magma original de estas rocas fué de tipo toleítico, diferenciado localmente a andesítico. En la zona de la quebrada Sabaletas entre las poblaciones de Sta. Bárbara y Montebello, y más al norte en la carretera de Versalles a Montebello, puede observarse una serie de diques que cortan los metasedimentos del grupo Ayurá-Montebello y apófisis del Batolito. Estos diques presentan las siguientes características: petrográficamente son pórfiros andesíticos felsófiro de color gris verdoso; este color se debe a cloritización de ferromagnesianos, en algunos lugares bastante avanzada.

El ferromagnesiano dominante es augita (pigeonita), la plagioclasa es andesina (Ab_{60}) con amígdulas rellenas de calcita, calcedo-

CUADRO No. 4

Muestra No. 536-A- (1)

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	52.14	.869	or 7.78	Pasta cloritizada ... 79.6%
Al ₂ O ₃	17.34	.170	ab 45.6	Amígdulas 6.8
Fe ₂ O ₃	3.02	.019	an 19.46	Fenocristales:
FeO	3.33	.046	Salic 72.30	Plagioclasa 4.5
MnO	.04	...	di 10.14	Augita (Pigeonita) 9.0
MgO	5.49	.140	hy 6.06	Parámetros de Niggli:
CaO	7.43	.132	ol 1.98	al 27.2
Na ₂ O	5.34	.086	mt 4.41	fm 35.8
K ₂ O	1.26	.014	il 1.98	c 21.0
TiO ₂	1.06	.013	ap ..... .34	alk 16.
P ₂ O ₅	.08	.001	Femic 24.91	si 138
SO ₃	.....	.....		qz 26
H ₂ O ⁺	2.97	.....		(Minerales no saturados)

Clase II. - Orden 5. - Rango 3. - Subrango 4. - Andosa.

Muestra No. 735-A-

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	52.09	.868	Q 20.34	Pasta cloritizada ... 93.4%
Al ₂ O ₃	17.03	.167	ab 7.86	Amígdulas rellenas 6.6
Fe ₂ O ₃	6.29	.039	an 41.42	
FeO	3.52	.049	C ..... .31	Parámetros de Niggli:
MnO	.06	---		al 27.8
MgO	5.63	.140	Salic 69.93	fm 45.0
CaO	8.53	.152		c 25.1
Na ₂ O	.92	.015	hy 14.13	alk 2.4
K ₂ O	.06	---	mt 9.05	si 146.5
TiO ₂	0.73	.009	il 1.37	qz 36.5
P ₂ O ₅	13	.001	ap ..... .34	
SO ₃	---	---		(Muestra con fisuras rellenas de cuarzo secundario).
H ₂ O ⁺	4.48	---	Femic. 24.89	

Clase II. - Orden 4. - Rango 5.

(1) Estos números, a menos que se indique lo contrario, corresponden a muestras de la colección de la Facultad Nal. de Minas. Su localización geográfica puede verse en la lista al final de este trabajo.

nia y cloritoides; son abundantes los óxidos de hierro (Cuadro 4-A) Es pues, propiamente un pórfiro andesítico piroxénico.

CUADRO 4-A - %de Minerales en 2 muestras de rocas verdes

Muestra No.	% pasta	Pigeonita	Plags	Cuarzo	Calcita
949-A	86.4	7.4	5.6	—	.6
1422-A	91.5	6.4	—	1.0	1.3

Los diques, con espesores entre 5 cms. y varios metros tienen dirección N.30E., siendo paralelos a la dirección general de la roca verde y en algunos lugares muy numerosos. En ningún otro lugar de la región se presentan diques de este tipo que con las variaciones naturales al pasar de tipos intrusivos a derrames lávicos (acentuación de cloritización), minerales secundarios en amígdulas, variaciones de textura, etc., llenan las características necesarias para ser los conductos alimentadores de los derrames de rocas verdes. Las rocas verdes tienen su predominio en la zona de Antioquia, en la vertiente occidental de la Cordillera Central; en la Cordillera Occidental se ejerce un predominio considerable de las radiolaritas y sedimentos sílico-arcillosos sobre las rocas verdes. En cambio al sur de Colombia las principales exposiciones de rocas verdes se encuentran en la Cordillera Occidental.

Casi todos los autores en materia de petrogenia asignan un papel importante al contacto de los derrames volcánicos submarinos con las aguas de mar en el proceso de sodificación y cloritización de estas rocas. En el caso presente, mucha parte de los derrames fué submarino, pero es probable que hubo también parte sub-aérea como parece indicarlo la ausencia de intercalaciones de rocas sedimentarias en la parte alta de esta formación. La presencia de la roca verde parcialmente alterada en los canales alimentadores mencionados anteriormente obligaría a explicar la alteración del magma original, al menos parcialmente, como un autometasomatismo.

Edad y relaciones de la formación Quebradagrande.- Los sedimentos de la formación de Quebradagrande son de origen marino, depositados en un medio nerítico, euxínico como lo atestigua la abundante materia orgánica, los conglomerados intraformacionales y algunas calciruditas conteniendo *Archaeolithotamnion* y espinas de equinoides.

La combinación de Archaeolithothamnion con otros fósiles marinos es común en el cretáceo superior de las Antillas, México y Centro América. H. Bürgl (Nelson 1.957) determinó algunas faunas halladas en los sedimentos intercalados en las rocas verdes al oeste y sur de Cali, como coniacianas-santonianas. Los diques mencionados en el párrafo anterior cortan apófisis del Batolito Antioqueño sobre cuya edad cretácea se hablará más adelante.

Es razonable asignarle a la formación Quebradagrande una edad cretácea superior y correlacionarla hacia el sur del país con la parte superior del grupo Dagua (Nelson 1.957) o la inferior del grupo diabásico.

Las relaciones de esta formación con el cretáceo de San Jerónimo datado como barreniano-aptiano por Grosse (1.926) están por determinarse; es ésta una formación euxínica con pizarras, cuarcitas y calcáreos de color negro. En estudios preliminares se ha encontrado que las rocas verdes cubren esta formación pero no se intercalan en ella. En la quebrada Tinajitas se encuentran delgadas intercalaciones de caliza y liditas en las rocas verdes, semejantes a las que se encuentran en la parte alta de la formación Quebradagrande. Entre la población de Abejorral y Pantanillo en discordancia sobre las filitas del grupo Ayurá-Montebello, se encuentra un cretáceo compuesto de conglomerados basales, lutitas (1) carbonosas, peder-nales y hacia su parte superior, rocas verdes. Un estudio preliminar de algunos ammonites mal conservados, indica una edad probablemente albiana (2). Estos dos cretáceos más antiguos que la formación Quebradagrande merecen un estudio en detalle, especialmente en lo que toca en sus relaciones con las rocas verdes, pues podría presentarse el caso de diferentes actividades extrusivas de estas rocas en el cretáceo antioqueño.

(1) El autor usa la palabra lutita como equivalente al término inglés "shale" a falta de un término castellano más apropiado, conciente del origen textural de esta palabra.

(2) Estando este trabajo en prensa conoció su autor un estudio de Hans Bürgl y Luigi Radelli: "Nuevas localidades fosilíferas de la Cordillera Central de Colombia (S. A.)", Geología Colombiana No. 3 Págs 133-38. En este trabajo, el Dr. Hans Bürgl atribuye edad Albiana Media a los fósiles de Pantanillo.

La localidad fosilífera que contiene los ammonites aludidos fué hallada originalmente por el geólogo Luigi Radelli, al servicio del Instituto Geológico Nacional.

PALEOZOICO (?)

Grupo Ayurá-Montebello.- Abarcando un área de unos 250 km² se encuentra un grupo de rocas metasedimentarias principalmente gneises micáceos, micacitas, cuarcitas y filitas que corresponden a lo que Grosse (1.926) considera Pre-cámbrico. El nombre compuesto que se dá a este grupo se debe a la sección basal del mismo y sus relaciones con las anfibolitas subyacentes, relaciones que pueden observarse en el camino de Envigado-El Retiro (Fig. No. 13) por la quebrada La Ayurá y a una exposición relativamente completa de la parte media y alta de la misma formación alrededor de la población de Montebello, que, aun cuando está fuera del área del presente estudio se menciona como un complemento al mismo.

La base de este grupo está compuesta por una formación de ortoanfibolitas que afloran en una extensión de 525 km² y se prefiere clasificar este conjunto de rocas como grupo porque un estudio posterior puede llevar a su subdivisión en más formaciones.

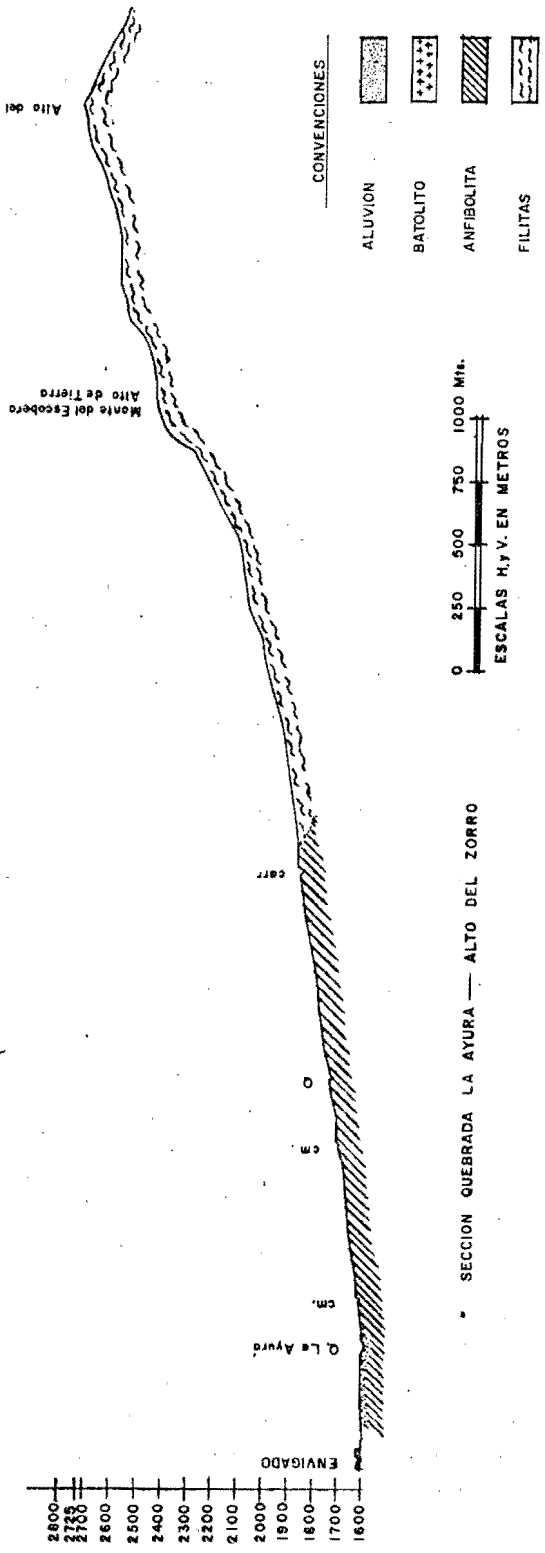
La repartición geográfica de los metasedimentos se concentra principalmente en la parte suroccidental donde se extiende en una amplia faja entre las poblaciones del Retiro y Caldas; de ahí se dirige al noroeste hasta alcanzar las cabeceras de la quebrada Doña María y la región del boquerón hacia Palmitas; en el noreste se encuentra otra zona más pequeña que cruza el valle del río Medellín a la altura de la Estación Isaza y luego se prolonga por la región de Concepción hasta las vecindades de la población del Peñol. Debe hacerse notar que hacia el sur de la región estudiada esta formación adquiere un gran desarrollo, sobre lo cual se comentará más adelante.

Las ortoanfibolitas tienen su afloramiento principal en una amplia faja que cruza hacia la parte central de la región estudiada, coincidiendo con las cumbres más altas de la Cordillera y terminando hacia el noreste con algunos pendientes situados sobre el afloramiento del Batolito antioqueño. En la parte occidental las ortoanfibolitas ocupan una zona relativamente amplia entre la fracción de Robledo, El Boquerón y los llanos de Ovejas; desaparecen hacia el noreste donde ya no forman el yacente de los metasedimentos.

a) *Metasedimentos - Generalidades.* Es la formación geológica más antigua encontrada y la razón de que hasta hoy no se hayan hallado fósiles en ella, ha hecho que los geólogos le asignen distintas edades; así Ospina (1.911) la intitula como Paleozoica, Scheibe



SECCION QUEBRADA LAS PALMAS — CERRO GALLINAZO



SECCION QUEBRADA LA AYURA — ALTO DEL ZORRO

(1.933) la asigna en parte al paleozoico y en parte al arcaico y Grosse (1.926) la subdivide como anteriormente se dijo en tres formaciones que localiza en el pre-cámbrico.

Litología.- La formación de metasedimentos principia generalmente en su zona basal con un neis lenticular, micáceo, con plagioclasas de tipo andesínico (ver cuadro No. 5) en proporción del 20 al 45% de la roca, cuarzo, a veces mecánicamente deformado del 25 al 50% y micas (biotita y moscovita) del 10 al 30%; este neis lenticular encierra los diques de anfibolitas que se metamorfosearon al mismo tiempo que los sedimentos que hoy forman el neis, correspondiendo así a un metamorfismo de la zona de anfibolita. Una buena exposición de este neis puede verse en la carretera de Medellín a las Palmas, en las cercanías de este último lugar. En la zona de metasedimentos del noreste el elemento basal es una cuarcita de grano medio a fino que tiene una importancia considerable en esa área. Otras rocas de esta formación son micacitas y filitas a veces grafitosas, esquistos cloríticos, delgadas capas de lidita, cuarcita a veces ricas en anfíboles, cuarcitas micáceas (sección de Cañada Honda) (Plancha IV) y más al sur en la zona del Cairo, mármoles encajados en esquistos anfibólicos.

Espesor y límites.- El espesor de esta formación debè ser de varios miles de metros pero el tipo de afloramiento y la tectónica sólo permitirán esta mensura cuando se estudie en más detalle la parte este y sur del departamento. El pendiente de los metasedimentos está generalmente ocupado por rocas de la formación de Quebradagrande, el Terciario Carbonífero y aluviones o taludes del Pleistoceno. El yacente es generalmente el Batolito antioqueño o las ortoanfibolitas.

b) *Ortoanfibolitas - Generalidades.* De estas rocas ya se indicó su repartición geográfica; ha sido una formación muy notoria en la parte central de Antioquia y de la cual se han ocupado entre otros, Ospina (1.911), Scheibe (1.933), Grosse (1.926) y Posada (1.933) estando todos acordes en presentarla como la formación más antigua, arqueozoica, pero estudios de campo más detallados muestran que es posterior a los metasedimentos, como se verá un poco más adelante.

Litología - 1) Textura. Varía entre neísica y esquistosa, siendo la primera corriente en la parte inferior de la formación, algunas veces bandeada por segregación diferencial de feldespatos y hornblenda. Las texturas migmatíticas son relativamente raras y se en-

cuentran en la vecindad de los contactos con las rocas plutónicas. El tamaño de los minerales componentes de la roca varía entre $\frac{1}{2}$ y 2 mm., pero en algunos neises estas dimensiones se amplían considerablemente. (Plancha V, fig. 6)

2) *Color.* El color negro predomina en las ortoanfibolitas con manchas o fajas blancas según la forma de presentación de los feldespatos. Cuando se cloritiza o uralitiza, toma un tinte verdoso oscuro.

3) *Composición mineralógica.* En el Cuadro No. 6 pueden verse análisis modales de las distintas variedades de ortoanfibolitas, todas ellas pertenecientes a la facies clásica de anfibolita con hornblenda y plagioclasa como minerales dominantes. La posición en el diagrama A.C.F. de 3 muestras de ortoanfibolitas, puede verse en la fig. 14.

Cuadro No. 5

Análisis Modales de las Rocas del Grupo Ayurá-Montebello

(Volumen)

Muestra No.	Plagioclasas	Orto-sa	Cuarzo	Biotita	Mosc. seri-	Accesorios	Roca
648-A	19.9	—	52.6	7.0	20.0	.33	Neis cuarzo diorítico
718-A	Ab ₆₈ 34.0	—	39.0	14.8	14.4	.80	" "
688-A	Ab ₆₄ 27.5	—	43.0	22.5	6.9	.18	" "
729-A	—	4.65	82.5	—	7.9	—	Cuarcita

Análisis Químico

Oxidos	Muestra No.	
	731-A	400-A
SiO ₂	56.89	67.23
Al ₂ O ₃	22.84	17.08
Fe ₂ O ₃	5.08	2.43
FeO	2.87	3.30
MnO	.085	.837
MgO	1.82	1.86
CaO	.14	1.87
Na ₂ O	1.02	1.79
K ₂ O	3.71	2.67
TiO ₂	.55	.83
P ₂ O ₅	.16	Tr.
SO ₃	.10	.18
H ₂ O†	2.68	.82

La muestra No. 400-A corresponde a un neis cuarzo diorítico y la muestra No. 731-A a una micacita.

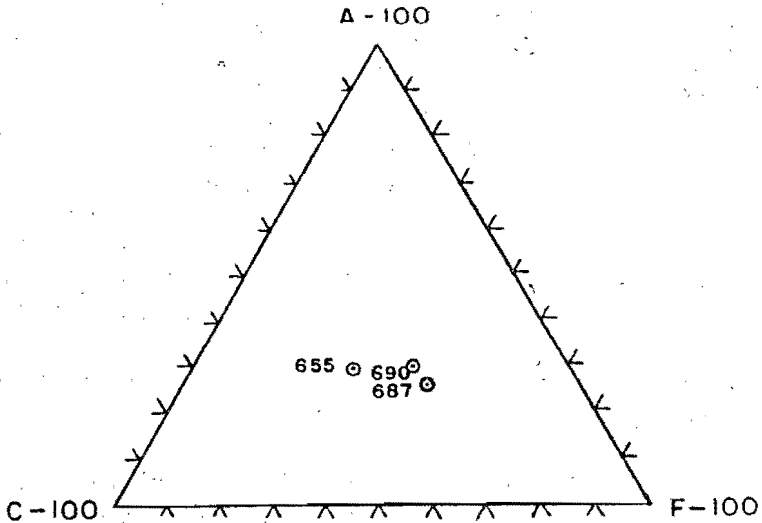


Fig. 14

Diagrama A.C.F. para ortoanfibolitas del grupo Ayurá-Montebello.

Hornblenda. Forma entre el 50 y el 75% de la roca, de color verde, a veces irregularmente repartido por variaciones en la concentración del Fe, corrientemente pleocrónica dando, por ejemplo, los siguientes colores:

X - verde-amarillo	amarillo-verdoso	amarillo
Y - verde oscuro	verde oliva	verde-amarillo oscuro
Z - verde azulado	verde oscuro	verde oscuro

La extinción máxima es de 20-25°; se presenta en cristales tabulares a veces euhedros, frecuentemente cataclásticos.

Plagioclasas. Forman del 25 al 50% de la roca; andesinas correspondientes a $Ab_{55} - Ab_{65}$; comunmente macladas al tipo de albíta, su alteración a caolín no es rara y muchas veces tienen textura helicítica.

Diópsido. Muy raro, se presenta en pequeños cristales de color verde claro, casi blanco.

Titanita. A menudo abundante hasta formar un 4% de la roca, presenta cristales típicos uniformemente repartidos en la roca o concentrados en racimos.

Oxidos de Hierro. En su mayoría magnetita, alcanzan a formar en algunos casos el 8% de los minerales presentes. A veces están en relación con los anfíboles formando coronas alrededor de sus cristales y otras veces repartidos indistintamente en la roca.

Cuarzo. Es un mineral generalmente accesorio, en proporción menor del 5%, pero que en algunos casos llega hasta el 15% de la roca. A menudo rellena fisuras y otras veces está uniformemente repartido, presentando en algunos casos extinción ondulatoria.

Accesorios. Circón, apatita y biotita son accesorios ocasionales en estas rocas.

Alteración. Alteraciones hidrotermales corrientes para los minerales ferromagnesianos son cloritas y actinolitas; las plagioclasas algunas veces están caolinizadas. Las anfíbolitas son rocas resistentes a la meteorización y en general forman las mayores salientes topográficas; se meteorizan a arcillas de colores amarillos y rojizos.

Espesor y límites. El espesor de las ortoanfibolitas es muy variable, pero en la faja central puede apreciarse entre 200 y 300 mts. que disminuye hacia el noroeste hasta desaparecer completamente.

El pendiente de las anfibolitas está generalmente formado por los metasedimentos o por terrenos aluviales recientes. El yacente esta formado por rocas plutónicas con las cuales presentan distintos fenómenos de contacto. La asimilación de la anfibolita o de la ortoanfibolita por la roca plutónica, da origen a rocas híbridas de contacto, dioritas y gabros hornbléndicos. Estos últimos a veces se presentan como rocas granulares de color verde oscuro a negro, con delgadas capas de pegmatita, depositadas a lo largo de fisuras de menos de 2 cms. de espesor con cristales de hornblenda típicamente de gran tamaño; uno de estos contactos puede estudiarse en la región de Miraflores al este de Medellín. En la mayor parte de los contactos, sin embargo, la asimilación se nota principalmente en la multitud de xenolitos que invaden el plutón en las vecindades del contacto. Otra roca que se intercala intruyendo las anfibolitas y presentando también fenómenos de contacto, es la serpentinita y de ella se comentará más adelante.

Cuadro No. 6
Análisis Modales de Anfibolitas (Volúmen)

Muestra No.	Hornblenda	Plagioclasa	Cuarzo	Dióxido	Titanita	Oxs. de Fe.	Accesorios
694-A	77.6	26.5	.4	—	—	—	.39
664-A	67.8	28.6	.85	2.8	—	—	—
255-A	60.0	35.0	1.5	3.0	—	—	—
722-A	87.0	10.7	—	—	—	—	2.5
655-A	72.5	26.0	—	—	—	—	—
646-A	45.2	43.0	11.8	—	—	—	—
897-A	72.0	5.5	16.4	—	—	5.8	—
898-A	73.5	21.0	.6	—	—	4.5	—
896-A	86.0	8.5	.6	—	—	4.6	—
894-A	60.0	18.5	5.6	12.4	—	3.6	—
890-A	79.0	13.6	—	—	—	7.4	—
1016-A	72.0	23.0	1.9	—	—	3.0	—

Nota.- La muestra No. 644-A corresponde a un contacto con serpentinita.

La muestra No. 1016-A corresponde a un dique de anfibolita dentro de los metasedimentos.

Origen y edad del grupo Ayurá-Montebello. Los metasedimentos son el producto de metamorfismo de una serie sedimentaria en la cual predominaron las rocas arcillosas, dando la gran abundancia de micacitas y filitas, y secundariamente areniscas, calcáreos, etc. Esta sedimentación fué probablemente marina.

Las anfibolitas tienen muy seguramente un origen ígneo, hecho que se desprende de los siguientes datos:

a) La ausencia de metasedimentos intercalados en las anfibolitas.

b) Un criterio comunmente usado es el contenido de TiO_2 (Lapadu-Hargues, 1.953-1.958-1.959) fijado generalmente en un mínimo de .80 para las anfibolitas de origen ígneo y que en las rocas que nos ocupan tienen un valor más bajo de 1.13%.

c) Son sin embargo las observaciones de campo las que dan mayor certeza del origen ígneo de esta roca al revelar diques y silos de la misma intruidos y metamorfoseados con los metasedimentos que las cubren; son fácilmente observables en la carretera de Agua Linda a las torres de Televisión al oeste de Bello; en numerosos puntos del camino del Retiro al Alto de Minas, por el Alto del Oso, en el camino de Envigado al Retiro etc. Estos diques se hallan en la parte inferior de los metasedimentos y su composición es similar a la del cuerpo principal de anfibolitas (ver muestra 1.016, Cuadro No. 6). Son pues, intrusiones de rocas ígneas que se han metamorfoseado simultáneamente con los elementos encajantes.

La idea de que las anfibolitas representan el frente básico producido por una granitización relacionada con el Batolito Antioqueño, es a primera vista atractiva pero no es muy sostenible por diversas razones que aparecen a lo largo de este trabajo.

Si se estudian los análisis químicos de esta roca (ver Cuadro No. 7) puede deducirse que el magna original fué de tipo gábrico (o basáltico), aluminoso, que se intruyó en la parte basal de los sedimentos mencionados. Es probable que en parte representó rocas verdes similares a las que pueden estudiarse en otros sinclinales posteriores.

La edad del grupo Ayurá-Montebello es pre-cretácea por la localización en discordancia del cretáceo de Abejorral-Pantanillo sobre las filitas del grupo que se estudia; otro dato mas preciso no es posible darlo por la ausencia de fósiles en este grupo. En todo o en parte ha sido considerado por los autores que lo han estudiado de edad pre-cámbrica o paleozoica. La existencia de sedimentos pa-

leozoicos (Harrisson, 1.930, Botero Arango, 1.940) ha sido probada por el hallazgo de fósiles ordovicianos en los metasedimentos que dan al Valle del Magdalena en la ^{parte oriental} central de Antioquia. Estos metasedimentos se prolongan al norte y al sur y pueden correlacionarse con los que nos ocupan en la zona de Cocorná, al sur, San Andrés - Belmira al norte y hacia el este por los remanentes dejados sobre el batolito al oeste de Dn. Matías, al este de Santa Rosa y que por la zona de Guadalupe se unen a los metasedimentos de Amalfi y otras regiones del valle del Magdalena.

Los metasedimentos catalogados como Ordovicianos también presentan en algunos lugares (Segovia) anfibolitas basales. Es lógico suponer que el basamento de la Cordillera Central está formado por esas rocas del paleozoico inferior en las cuales se intruyeron posteriormente plutones y se depositaron formaciones más recientes. Por eso se asigna como probable edad el paleozoico a este grupo, sin ocultar el hecho de que en rocas de un metamorfismo relativamente avanzado y situadas en zonas orogénicas, pueden también incluir sedimentos de edades relativamente recientes.

Cuadro No. 7

Muestra No. 655-A

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	47.20	.787	Q	0.90 Hornblenda 72.5%
Al ₂ O ₃	18.49	.181	or	6.12 Plagioclasa 26.0
Fe ₂ O ₃	5.26	.033	ab	20.96 Ox. y sulf. de Fe.. 1.85
FeO	4.59	.064	an	36.14
MnO	.06	....	
MgO	4.32	.108	Salic.	64.12
CaO	12.86	.229		
Na ₂ O	2.47	.040	di	19.44
K ₂ O	1.05	.011	hy	2.96
TiO ₂	1.66	.020	mt	7.66
P ₂ O ₅	.40	.003	il	3.04
SO ₃	.39	.005	ap	1.01
H ₂ O+	.76	....	pr .....	.84
			Femic.	34.85

Parámetros de Niggli:

al	25.7
fm	34.6
c	32.5
alk	7.2
si	111
qz	17.8

(magma ossipítico)

Cuadro No. 7 - (Continuación)

Muestra No. 687-A

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	51.07	.851	Q	Hornblenda 48.2%
Al ₂ O ₃	16.65	0.163	or	Plagioclasa 48.2
Fe ₂ O ₃	4.62	.029	ab	Cuarzo ..... .2
FeO	5.03	.069	an	Titanita 2.0
MnO	.06	.....		Ox. de Fe..... .8
MgO	7.38	.184	Salic. 60.78	
CaO	10.28	.184		Parámetros de Niggli:
Na ₂ O	2.56	.040	di	al 23.3
K ₂ O	0.01	.001	hy	fm 44.5
TiO ₂	1.13	.014	mt	c 26.4
P ₂ O ₅	.07	.....	il	alk 5.8
SO ₃	.....	.....		si 120
H ₂ O ⁺	.95	.....	Femic. 37.89	qz 3.2
				(magma gabroide piroxénico)

Clase III - Orden 3 - Rango 4 - Subrango 3

Muestra No. 690-A

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	46.65	.777	Q	Hornblenda 71.0%
Al ₂ O ₃	18.69	.183	ab	Plagioclasa 27.3
Fe ₂ O ₃	4.66	.029	an	Titanita 2.2
FeO	5.17	.072		
MnO	.06	.....	Salic. 61.81	Parámetros de Niggli:
MgO	7.25	.181		al 25.8
CaO	10.22	.182	di	fm 44.0
Na ₂ O	1.97	.032	hy	c 25.7
K ₂ O	.02	.....	mt	alk 4.5
TiO ₂	1.59	.020	il	si 110
P ₂ O ₅	.16	.001	ap	qz 8
SO ₃	.....	.....		(magma gabroide piroxénico)
H ₂ O ⁺	3.42	.....	Femic. 35.97	

Clase II - III, Orden 4, Rango 4, Subrango 3 - Bandosa.

El grupo de rocas de que se habla debe correlacionarse con el grupo de Cajamarca definido por Nelson (1.957) como formando el núcleo de la Cordillera Central entre el Tolima y Caldas. Sus mármoles, micacitas, esquistos verdes, etc., presentan una sección semejante a la que se halla a lo largo del río Buey en la región del Cairo. El autor mencionado atribuye el grupo de Cajamarca al Paleozoico.

SERPENTINITAS

Generalidades. Las serpentinitas son rocas relativamente abundantes en las Cordilleras Central y Occidental de Colombia y a ellas pertenecen cuerpos que afloran en unos 70 kms². de la región que nos ocupa. Se presentan en dos afloramientos principales: el mayor, con dirección 15° noroeste entra al área un poco al sur de la población de San Pedro, cruza el valle del río Medellín al este de Bello y termina, ampliándose considerablemente, en las cabeceras de la quebrada de Las Palmas; su probable continuación hacia el sur está representada por un pequeño afloramiento en el camino del Retiro a Envigado. El otro cuerpo es un dique de 20 a 30 mts. de espesor salvo donde accidentes tectónicos o erosivos lo hacen aflorar en áreas un poco mayores; está principalmente representado en las cabeceras de la quebrada Doña María y con interrupciones sigue al sur hasta las vecindades de Caldas.

Las serpentinitas antioqueñas han sido mencionadas por diversos autores, entre ellos Ospina (1.911) en relación con su terreno arcaico, Grosse (1.926) las halló en la vertiente occidental de la Cordillera Central en cuerpos alargados y aproximadamente en la misma dirección de los mencionados en este estudio. Landenberger (1.926) describió la petrografía de algunas muestras de serpentinitas de los alrededores de Medellín y Botero Restrepo (1.945) las estudió en sus relaciones con yacimientos de cromita en la quebrada de Las Palmas.

Litología - 1) Textura. Macroscópicamente esta roca es maciza, de grano fino, a veces bandeada; para reconocer su aspecto néfítico es necesario el estudio microscópico donde esta característica puede apreciarse claramente.

2) *Color.* El color varía de gris medio a oscuro (No. 4 a 2) y al verde oscuro (SGY 3/2). Durante la meteorización se muestran numerosos tonos de gris claro, verde, amarillo y rojo, bien sean parejos o a manchas.

3) *Composición mineralógica.* La mayoría de estas rocas está compuesta por ~~anfíbelita~~ ^{antigorita} y serpofita en proporción hasta del 90%; generalmente ~~predomina~~ ^{predomina} la antigorita. Comúnmente esos minerales reemplazan olivina, reliquias de la cual se conservan entre una redícula de antigorita y a menudo los cristales de olivina son delineados por magnetita formada a expensas del hierro de la misma olivina durante su transformación a antigorita y serpofita. Los cristales residuales de olivina forman del 15 al 35% de la roca y solamente en el pequeño afloramiento en el camino de Envigado a El Retiro (muestra No. 724-A) la serpentización ha sido completa y no se ven remanentes de olivina (Plancha V figs. 3 y 4).

La tremolita es abundante en cristales típicos, a veces acompañada de una hornblenda ~~en color~~ ^{incolora}. Diálaga y broncita citadas por Grosse (1.926) en las serpentinitas de Cantarrana (Angelópolis) formando harzburguitas no se presentan en esta región. A estos minerales hay que añadir magnetita y cromita hasta en un 10% y que localmente son concentradas en los productos de meteorización.

Alteración. Los productos de alteración hidrotermal son los típicos de estas rocas: clorita que en algunos lugares llega a formar zonas de esquistos cloríticos, actinolita, esteatita, talco, y a veces pequeñas cantidades de magnesita rellenando grietas.

Esta roca es considerablemente resistente a la meteorización como lo indica su presencia en las partes altas de la Cordillera. El hecho de estar bastante fracturada ayuda sin embargo a los fenómenos de hidratación, oxidación y solución, etapas que recorre durante su meteorización hasta dejar un suelo residual muy rico en hierro y con pequeñas cantidades de sílice, alúmina, cromo, níquel y cobalto; estos últimos metales son en algunos casos suficientemente abundantes para hacer esos regolitos económicamente explotables. Sobre la economía de estos suelos rojos, muy aparentes en la parte oriental de Medellín y vecindades de Bello, véase un estudio por Cock Arango (1.938).

Tanto los óxidos de hierro, cuyo representante en la roca fresca más notorio es magnetita, en algunos casos suficientemente abundante para hacer la roca altamente magnética, como los de cromo, níquel, etc., se encuentran como componentes primarios de la roca; aun cuando sólo los dos primeros son macro y microscópicamente visibles; en Las Palmas han llegado a explotarse en pequeña escala concentraciones de cromita.

Desde el punto de vista agrícola los suelos de serpentina son conocidos por su notoria esterilidad y los que se forman en las serpentinitas del centro de Antioquia no son excepción a esta regla; debe anotarse, sin embargo, que en algunas tierras frías y en topografía relativamente plana, los suelos de serpentinita pueden incluir materia orgánica suficiente para sostener abundante vegetación.

Contactos. Grosse (1.926) cita contactos de serpentina con pizarras y la conversión de éstas a cornubianas y esquistos manchados. Ya se ha hecho notar el interés del contacto de la serpentinita con las anfibolitas, bien expuesto en la cuchilla de La Ahumada (camino Sta. Helena a las Palmas), antiguo camino de Santa Helena a Medellín, etc. La textura de las anfibolitas del contacto es muy característica por la perfecta alineación de las plagioclasas y hornblendas que es especialmente notoria en la roca parcialmente meteorizada. Al microscopio (Plancha V - fig. 5) son muy notorios los efectos cataclásticos con rotura y desplazamiento de cristales en forma lenticular y flujo de la masa alrededor de ellos; la segregación de los minerales componentes (hornblenda y plagioclasa) en bandas, es notoria, antecediendo a la deformación mecánica, lo que indica el efecto de la temperatura que precede al esfuerzo mecánico de intrusión del magma serpentinoso. Este magma probablemente en estado cristalino y lubricado por los líquidos residuales, tuvo la rigidez suficiente en la fase final de intrusión para producir los efectos cataclásticos ya anotados. A medida que se aleja del contacto, los efectos de rotura y flujo de los cristales desaparece, pero su textura lineal característica persiste por algún tiempo. La influencia química de las serpentinitas sobre las anfibolitas en estos contactos, es prácticamente nula (muestra No. 664-A, cuadro No. 6)

Composición química y modal. En el cuadro No. 8 pueden verse análisis químicos y modales de las serpentinitas.

Relaciones y edad. Fijar la edad de los cuerpos serpentinosos es uno de los problemas de la geología, debido principalmente a su gran movilidad durante los fenómenos tectónicos. En el caso que nos ocupa, las serpentinitas son posteriores al grupo de metasedimentos y ortoanfibolitas que son intruídos por ellas con los correspondientes fenómenos de contacto. Sus relaciones con las rocas verdes no están claras, pues aun cuando existe un contacto directo en las cabeceras de la quebrada Doña María (Mpio. de Itagüí) es un contacto de falla. No se ha visto que la serpentinita corte las rocas

verdes y hacia el sur del contacto mencionado anteriormente las serpentinitas desaparecen debajo de ellas.

Cuadro No. 8

Análisis modales de Serpentinitas (Volumen)						Análisis químicos de Serpentinitas.			
Muestra No.	Olivi- na.	Antigo- rita + Serpofita	Ox. Fe + Cr.	Tremo- lita.	Clori- ta.	Oxidos.	No. 650-A	No. 665-A	No. 724-A
650-A	7.95	84.7	7.10	—	—	SiO ₂	38.56	45.14	29.64
665-A	34.9	61.0	2.0	2.0	—	Al ₂ O ₃	2.81	8.90	1.16
314-A	14.7	54.5	9.9	1.0	19.8	Fe ₂ O ₃	5.27	4.50	6.49
724-A	—	95.5	2.8	—	1.5	FeO	1.87	2.86	2.15
						MnO	.03	.02	.03
						MgO	40.97	30.61	38.64
						CaO	.61	1.75	.05
						Na ₂ O	.47	.41	.35
						K ₂ O	Tr.	Tr.	.05
						TiO ₂	Tr.	Tr.	Tr.
						P ₂ O ₅	Tr.	Tr.	Tr.
						SO ₃	—	—	.30
						H ₂ O+	8.76	9.0	19.15

Respecto a sus relaciones con el Batolito Antioqueño tampoco se conoce que lo atraviesen; las serpentinitas terminan en los límites de los metasedimentos que intruye el batolito. En la región de los Caunces y las Estancias, al oriente de Medellín, cúpulas del batolito intruyen la base de las serpentinas y las anfíbolitas presentando las primeras una extensa silicificación; en la misma región existe un filón brechoso en las vecindades de las apófisis batolíticas mencionadas, en el cual la brecha está formada por fragmentos de serpentinita; lo anterior indica una antigüedad mayor en las serpentinitas con respecto a las rocas plutónicas. Es indudable que en la Cordillera Central existen diversas edades en las intrusiones plutónicas y serpentinosas; por ejemplo en el departamento de Caldas, en el camino de Neira a Marulanda y en las cercanías del río Tapias, existe un dique de serpentinitas que atraviesa dioritas petrográficamente idénticas a las del Batolito Antioqueño; son pues varias las relaciones que existen entre las dos rocas a lo largo de la Cordillera Central.

ROCAS PLUTONICAS

Las rocas plutónicas abarcan áreas muy considerables de la zona estudiada; como sus relaciones estratigráficas con sus rocas encajantes son inconclusivas en cuanto a su edad, ésta podrá aclararse cuando exista una buena serie de análisis K/Ar. Por el momento podemos considerar estas rocas divididas en dos grupos.

- 1) El Batolito Antioqueño y sus cuerpos satélites y
- 2) El Batolito de Altavista.

Batolito Antioqueño y sus cuerpos satélites. - Generalidades. Probablemente la primera mención de rocas plutónicas en la parte central de Antioquia, apareció en el trabajo de Zujovic (1.884) quien menciona granitos anfibólicos y biotíticos de Sonsón y Rionegro analizados en muestras llevadas a Europa por Boussingault. Ospina (1.911) en su estudio geológico de Antioquia dá una idea sobre las áreas ocupadas por los plutones y sus muestras enviadas a Landenberger (1.926) fueron identificadas por éste como dioritas y granitos.

R. Scheibe en 1.917 visita a Antioquia y macroscópicamente identifica estos plutones como dioríticos y graníticos. Grosse (1.926) localiza la roca normal de este plutón en sus dioritas de Poaleal y a sus numerosas variedades marginales les dá diferentes nombres geográficos. Lleras Codazzi (1.928) estudia microscópicamente varias muestras principalmente de La Quebra. Posada (1.936) le ascribe edades geológicas a los varios períodos de actividad plutónica en Antioquia. Botero Arango (1.940-42) fija el carácter batolítico del plutón, su petrografía y extensión aproximada; por último Liégeois (1.958) dá indicaciones sobre yacimiento y meteorización de estas rocas.

El área en estudio muestra el afloramiento del plutón, principalmente en su parte oriental, la cual referida al total del mismo viene a ser una parte de su contacto sur-occidental con una extensión de 850 kms² que debe comprender además el Batolito satélite de Ovejas con una extensión de 115 kms² y algunas cúpulas menores como las del Retiro, La Unión, parte media de la quebrada Santa Helena, etc.

El Batolito satélite de Ovejas es, en todos sus detalles, idéntico al principal y se conecta con éste a lo largo de los contactos presentes en la vertiente norte del valle del río Medellín, al este de Bello.

La cúpula de la Unión está, topográficamente, más alta que el afloramiento principal del batolito y presenta una segregación ácida probablemente pegmatítica, en avanzado estado de meteorización; su riqueza en caolín la hace objeto de una activa explotación industrial; hacia el sur de la población la roca recobra el aspecto habitual del cuerpo principal.

Litología - 1) *Textura*. La textura normal es granular media a gruesa; a veces monzonítica; el índice de Chayes (I.Ch.) (Chayes, 1956) para cuatro muestras y en 40 milímetros de longitud es el siguiente:

Muestra No.	I.Ch.	Muestra No.	I.Ch.
689-A	54.5	784-A	53.0
707-A	49.5	2-A	51.
746-A	50.0		
884-A	47.0		

En las zonas de contacto las texturas son variadas desde granulares finas pasando por porfiríticas en los xenolitos en proceso de asimilación, hasta fuertemente nesoides y de grano grueso antes de pasar a los tipos normales.

2) *Color*. Generalmente blanco, moteado de negro por los ferromagnesianos, en los contactos presenta todos los tonos de gris hasta prácticamente negro. En algunos casos los feldespatos la colorean de rosado. Los índices de coloración en los tipos normales varían de 5 a 30 (cuadro No. 9)

3) *Composición mineralógica*. Los minerales más abundantes en esta roca son: plagioclasas, ortosas, cuarzo, hornblenda y biotita; algunas de las características comunes en estos minerales se indican a continuación.

Plagioclasas. La plagioclasa típica oscila entre Ab_{60} y Ab_{68} (Botero Arango 1.942); más silíceas se presentan en zonas pegmatíticas o aplíticas y en pequeñas diferenciaciones; menos silíceas en zonas de contacto con asimilación de materiales encajantes especialmente anfibolitas.

La plagioclasa es de color blanco, rara vez rosado y es el mineral más abundante; generalmente por encima del 40% del total

de la roca. Es comunmente euhedra en texturas monzoníticas con abundantes maclas de albita y menos comunes de periclina y Carlsbad. Muy comunmente zonada y a veces con efectos cataclásticos visibles en las maclas y en la extinción ondulatoria; regularmente se alteran a caolín.

Ortosas. La importancia de las ortosas en esta roca radica en la variación de clasificación entre tonalitas y granodioritas; se incluye en las ortosas la microclina que es localmente abundante. Es uno de los últimos minerales en cristalizar, rellenando los intersticios dejados por las plagioclasas, ferromagnesianos y accesorios. Rara vez maclada, es muy sensible a los fenómenos deutéricos presentando exsolución y mirmequitas.

Cuarzo. Presente en casi todas las muestras, su desaparición a menudo indica una contaminación del plutón o rocas encajantes; estando a este respecto en proporción directa con la mayor o menor abundancia de biotita e inversamente proporcional a la hornblenda. Con las ortosas, es el último mineral en cristalizar, siendo muy afectado por los fenómenos mecánicos que se traducen en extinciones ondulatorias, fracturas, y contactos suturados. Se presentan intrusiones de burbujas gaseosas o líquidas y algunas agujas probablemente de rutilo.

Biotita. La biotita se halla presente en cantidades del 5 al 15% aumentando con el tenor en sílice de la roca, mediante reemplazamiento de hornblenda; este reemplazamiento procede a lo largo de los clivados de la hornblenda y es visible en muchas secciones delgadas (Plancha VI - fig. 1).

El color de la biotita es comunmente marrón, a veces rojizo y cuando se cloritiza pasa de amarillo verdoso a verde; esta cloritización procede a lo largo de los clivados de la biotita hasta alterarla completamente (Plancha VI - fig. 2). Es mineral muy sensible a la cataclasis, presentándose plegada y rota cuando los otros componentes de la roca no muestran alteración mecánica.

Hornblenda. Forma con la biotita los máficos más notorios de la roca y como anteriormente se indicó es más abundante en las zonas menos silíceas. Su color en sección delgada es generalmente verde, teniendo un pleocroismo notorio y variable como puede verse en los casos siguientes:

X

Y

Z

1. Amarillo marrón	Amarillo claro	Amarillo.
2. Amarillo claro	Amarillo marrón	Amarillo marrón oscuro
3. Amarillo verdoso claro	Amarillo verdoso	Verde muy claro
4. Amarillo verdoso	Amarillo verdoso oscuro	Verde oscuro

La extinción tiene los valores acostumbrados para hornblendas típicas entre 12 y 25°; las maclas son raras pero a veces se ven en algunas secciones a lo largo de 100. En las texturas nesoides del contacto, las hornblendas son sus indicadoras en cristales alargados y orientados. Se alteran a epidota y clorita. El contenido de hierro es variable y cuando la hornblenda es reemplazada por biotita, el hierro sobrante se recristaliza en magnetita en las vecindades del cristal reemplazado.

Pirita. Como mineral secundario se presenta especialmente a lo largo de fisuras de enfriamiento donde se encuentra en delgadas capas.

Accesorios. Son los corrientes en estas rocas: apatita, común en casi todas, lo mismo que circón, muy notorio por halos pleocroicos en las biotitas. Magnetita y titanita a veces son suficientemente abundantes para ser ponderables en los análisis modales, especialmente en lamprófidos y contactos.

Contactos. En las zonas marginales y numerosos pendientes existentes, la acción mutua del batolito y las rocas encajantes se manifiesta bajo diversas formas:

Con anfíbolitas. El contacto típico empieza con venas del batolito que invaden la anfíbolita tomando un aspecto lechoso y migmatítico; las partes de la brecha a veces desplazada, indican notable fluidez en el magma invasor. La asimilación sigue en las inclusiones de anfíbolita cuyas aristas se redondean, la textura pierde su esquistosidad pasando a granular con granulación muy irregular, a veces porfirítica, con grandes fenocristales de feldespato.

En las fases preliminares la proporción de anfíboles es mayor del 50%; pero en las porfiríticas (Muestra 901-A, Cuadro No. 9) las proporciones son las normales de la diorita. En algunos contac-

0 1mm
Escala

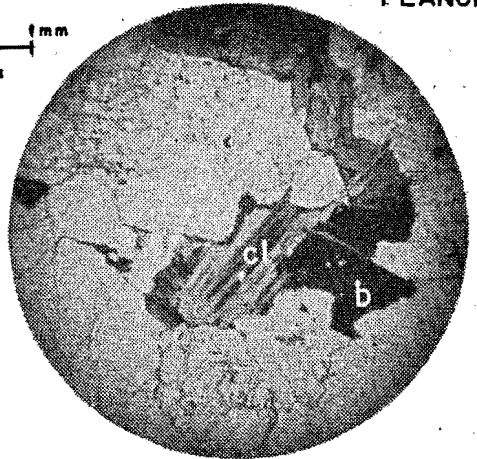
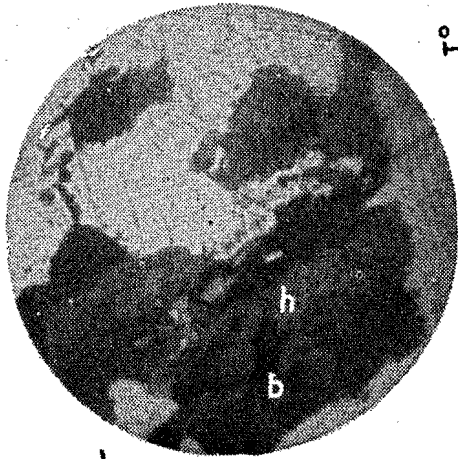


Fig.1-Batolito Antioqueño. Roca N° 689-A.
Biotita (b) reemplazando hornblenda. (h).
Nic. II

Fig.2-Batolito Antioqueño. Roca N° 746-A.
Biotita (b) en proceso de clorización. (cl.)
Nic II

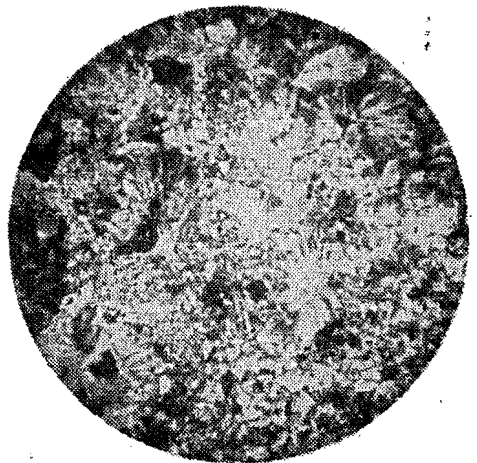
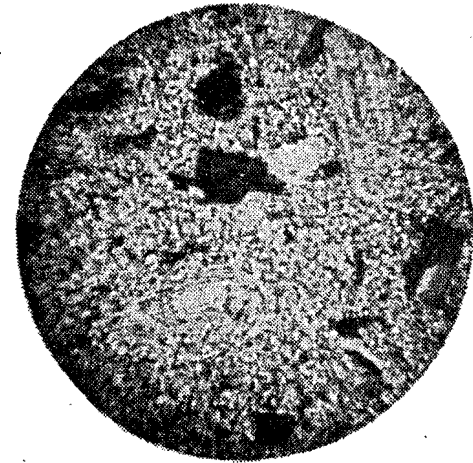


Fig.3-Batolito de Altavista. Roca N° 1052-A.
Roca porfirítica normal.
Nic.+

Fig.4-Batolito de Altavista. Roca N° 1123-A.
Granófiro esferulítico.
Nic. II

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MENDOZA
BIBLIOTECA

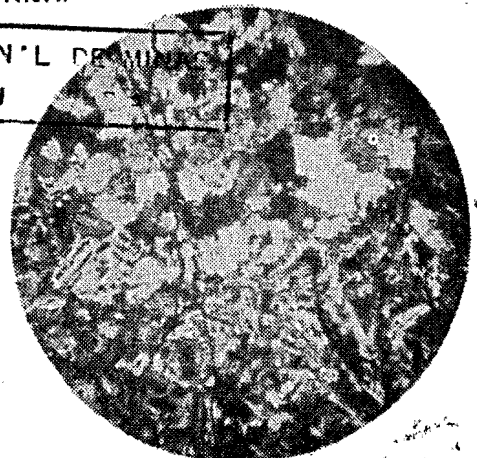
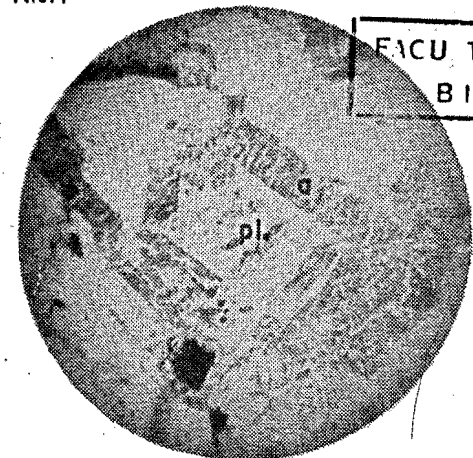


Fig.5-Batolito de Altavista. Roca N° 1063-A.

Fig. 6-Batolito de Altavista. Roca N° 1049-A

Análisis modales del Batolito Antioqueño (Volúmen)

Muestra No.	Plagioclasas	Ortosa+ Microclina	Cuarzo	Biotita	Hornblenda	Accesorios	Indice de coloración	Observaciones
2-A	Ab ₆₀ 55.4%	4.8	21.8	7.6	8.4	....	16.0	Granodiorita. Peñol de Entreríos.
419-A	Ab ₅₀ 46.2	....	1.4	....	52.5	.16	52.6	Gabro hornbléndico Contacto batolito-anfibolita.
649-A	Ab ₄₆ 31.6	....	....	....	54.5	2.9	...	Espesartita. Dique. Contiene además 10.7% augita-titanífera.
689-A	Ab ₆₀ 48.4	....	24.2	17.2	9.8	.5	27.5	Tonalita.
705-A	Ab ₆₈ 88.5	....	7.9	3.7	....	....	3.7	Aplita. Biotita cloritizada, incluye moscovita
707-A	Ab ₆₆ 57.4	....	27.2	8.4	6.7	.65	15.7	Tonalita.
717-A	....	72.5	27.6	....	....	....	....	Pegmatita gráfica.
746-A	Ab ₆₅ 49.5	1.5	37.6	8.6	2.5	....	11.1	Tonalita.
747-A	Ab ₆₄ 71.0	....	13.3	8.8	7.0	....	15.8	Tonalita.
784-A	Ab ₆₄ 50.3	3.2	30.0	13.7	3.1	....	16.8	Tonalita. Peñol de Guatapé.
854-A	Ab ₆₀ 63.0	....	22.6	5.3	9.0	....	14.3	Tonalita. Contacto Batolito-anfibolita.
866-A	Ab ₆₈ 59.5	6.2	18.1	6.3	10.0	.15	16.3	Granodiorita.
868-A	Ab ₆₇ 42.1	13.1	36.4	7.8	.8	....	8.6	Granodiorita. Microclina reemplazando ortosa.
884-A	Ab ₆₆ 26.8	32.6	32.6	5.5	2.0	....	7.5	Granito.
887-A	Ab ₆₆ 21.0	....	1.9	2.9	11.0	.27	....	Orbita. Dique porfirítico. Pasta 62.5%
889-A	Ab ₆₄ 48.3	25.2	6.3	14.0	6.4	....	20.4	Granodiorita.
893-A	Ab ₆₄ 49.2	5.4	23.4	10.5	11.3	....	21.8	Granodiorita.
899-A	Ab ₆₄ 35.2	....	5.8	0.53	57.8	.56	58.3	Cuarzo-diorita. Contacto batolito-anfibolita.
901-A	Ab ₆₀ 43.2	....	31.8	18.8	5.9	....	24.7	Tonalita porfirítica del contacto con anfibolita.
1008-A	Ab ₆₀ 53.0	5.6	13.5	9.2	18.2	.4	27.4	Granodiorita.
1009-A	Ab ₆₀ 49.7	2.5	11.5	21.5	14.1	.6	35.6	Tonalita.
1011-A	Ab ₆₂ 50.0	4.7	29.4	13.5	2.3	....	15.8	Granodiorita.
1302-A	Ab ₆₄ 50.5	6.1	17.7	9.8	15.7	....	25.5	Granodiorita, usada para el análisis de K/Ar.

tos (Miraflores-Loreto, muestra No. 419-A, Cuadro No. 9) los feldspatos llegan hasta labradoritas, la biotita desaparece y la roca presenta grandes hornblendas en delgadas capas de pagmatita que ocupan las grietas de enfriamiento de la roca. Se nota que la asimilación de las anfibolitas es relativamente fácil y a unas pocas decenas de metros del contacto los xenolitos han desaparecido y sólo se ven inclusiones de origen indefinido.

Con filitas. El Batolito intruye las filitas en diversos lugares, por ejemplo, en el camino del Retiro a Caldas por el alto Pláteros, zona del Boquerón, quebrada del Hato, etc., dando en todas partes las típicas zonas de andalucitas y chistolitas, en algunos casos hasta de 10 cms. de largas y muchas en racimos de disposición radial. En el contacto del alto Plateros, las filitas han adquirido una coloración amarilla clara, pero en los otros contactos conservan sus colores grises a negros.

Con serpentinitas. Como ya se mencionó anteriormente por los magros datos que se tienen del contacto de estas dos rocas, el Batolito intruye las serpentinas con notorios efectos de silificación como puede verse en la región de La Toma y las Estancias al oriente de Medellín.

Clasificación. La clasificación promedia de la roca componente del Batolito Antioqueño apenas puede hacerse en forma muy aproximada con los análisis disponibles. Whitten (1.961) en su estudio de los plutones irlandeses encuentra, que para seguir convenientemente las variaciones de composición en masas graníticas, se debería disponer por lo menos de una muestra cada $\frac{1}{2}$ km². Si tratáramos de aplicar esta escala al plutón que nos ocupa, se necesitarían muchos miles de muestras, la mayoría de las cuales habría que obtenerlas de perforaciones, debido a la profunda meteorización de la roca, convirtiéndose este muestreo en labor de costo prohibitivo.

Resumiendo los análisis hechos hasta hoy que comprenden los de Botero Arango (1.942), Michot-Liégeois (1.958) y los de este trabajo, se obtiene un número de muestras como sigue:

Botero Arango (1.942)	34
Michot-Liégeois (1.958)	13
Botero Arango (este trabajo)	22
	69

Suprimiendo los análisis correspondientes a rocas de contacto, diques, pegmatitas, aplitas, etc., el número queda reducido a lo siguiente:

Botero Arango (1.942)	31
Michot-Liégeois (1.958)	11
Botero Arango (este trabajo)	15
	<hr/>
	57
	<hr/>

De acuerdo con los análisis publicados en los trabajos citados, la distribución por tipos de rocas y porcentajes, quedaría así:

Tonalitas y leucotonalitas	32	52.2%
Granodioritas	18	31.6%
Dioritas	3	5.2%
Granitos	3	5.2%
Gabros Crabos	1	1.8%

Liégeois (1.958) indica como rocas dominantes granodioritas y cita para ello 117 muestras de la familia granítica, de las cuales 85 son granodioritas y 32 tonalitas; sin embargo en su trabajo sólo menciona los dos grupos de muestras que aquí se llaman Botero Arango (1.942) y Michot-Liégeois (1.958), 48 en total; es probable que los otros análisis no hayan sido publicados y sería muy interesante que lo fueran.

Otro factor importante, la diferenciación entre granodiorita y tonalita está basado en el contenido de ortosa en estas rocas; el que este escribe ha clasificado sus muestras de acuerdo con el sistema de Johansenn (1.931) quien divide las granodioritas en "básicas" (familia 227) y en "alcalinas" (familia 7"). La gran mayoría de las granodioritas cae en el sector de "básicas" con un contenido mínimo de 4-5% de ortosa. Johansenn dice que el límite mínimo de ortosa propuesto originalmente por Lindgren del 13.5% es muy alto y que antes de llegar a ese límite de ortosa, la roca toma un aspecto demasiado peculiar para ser considerado todavía como una cuarzo diorita. No obstante en su sección "alcalina" puede haber granodioritas hasta con un 15% de ortosa. En general, la mayoría de los petrógrafos dan un porcentaje mayor de ortosa a los admitidos por Johansenn en su clasificación de granodioritas.

Este problema de la definición de la roca promedia del batolito antioqueño debe esperar un mayor acopio de análisis antes de definirse.

Composición química. En el cuadro No. 10 pueden verse dos análisis químicos de la roca del Batolito Antioqueño con su clasificación correspondiente por los sistemas C.I.P.W. y de Niggli.

Diques. El cortejo de diques del batolito es relativamente escaso. Los diques melanocráticos son los más raros, de poco espesor (rara vez mayores de 1 mt.), texturas granulares o porfiríticas y su composición los clasifica como espesartitas y orbitas (Cuadro No. 9, muestras Nos. 649-A y 887-A). Se hallan tanto en las rocas encajantes como en el propio batolito donde son muy ricos en hornblenda y quizá representan diferenciación en zonas profundas del cuerpo magmático y luego intruídos en las fases finales.

Los diques leucocráticos (pegmatitas y aplitas) son más comunes y a veces se presentan en enjambres (regiones de Sabaneta y Montebello) pero los más abundantes son delgados y en las cercanías de los contactos. Las pegmatitas son comunmente gráficas y su mineralización es sencilla: plagioclasas, ortosas predominantemente microclina (Royo y Gómez, 1.939) y biotita. Algunas de las pegmatitas (Sabaneta) pasan en la profundidad a diques cuarzo dioríticos, de composición semejante a la del batolito antioqueño. La fase final de filones cuarzosos, estériles o mineralizados, es abundante, pero su aspecto económico no se estudia en este trabajo. El autor sólo desea hacer notar los rodados de lo que fué un gran filón de cuarzo estéril, que actualmente son explotados en los alrededores de la carretera Sitio-Berrío-San Vicente, para diversas industrias cerámicas.

Edad y Relaciones. El Batolito Antioqueño es intrusivo en todas las formaciones que lo limitan, excepto en la de Quebradagrande y posteriores; sus relaciones más interesantes se efectúan con el miembro de las rocas verdes de la formación Quebradagrande a las cuales se atribuyeron los diques descritos anteriormente y que atraviesan algunos de los cuerpos satélites aun cuando no se conocen en el plutón principal. La edad de las rocas verdes ha sido fijada en lugares del sur del país como cretáceas superiores (Santoniana-coniaciana) (Nelson, 1.957) con posibilidades de llegar al Maestrichtiano (Van der Hammen, 1.958). Respecto a la edad absoluta del Batolito Antioqueño pueden citarse dos datos: Pinzón y otros

Cuadro No. 10

Muestra No. 689-A

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	58.20	.970	Q	6.42 Hornblenda 9.08
Al ₂ O ₃	18.05	.176	or	8.34 Plagioclasa (Ab60)... 48.04
Fe ₂ O ₃	1.89	.012	ab	40.35 Cuarzo 24.02
FeO	4.24	.059	an	23.35 Biotita 17.2
MnO	.03	—		Accesorios ..... .5
MgO	3.31	.083	Salic	78.46
CaO	6.24	.112		
Na ₂ O	4.80	.077	di	5.65 al 32.2
K ₂ O	1.41	.015	hy	10.29 fm 30.4
TiO ₂	.92	.011	mt	2.78 c 20.5
P ₂ O ₅	.10	.001	il	1.67 alk 16.5
SO ₃	.02	—	ap .....	.34 si 177.5
H ₂ O ⁺	.64	—		qz 9.8
			Femic.	20.73 magma diorítico

Clase II - Orden 5 - Rango 3 - Andosa.

Muestra No. 747-A

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	62.60	1.043	Q	19.44 Hornblenda 7.0
Al ₂ O ₃	19.06	.186	or	5.56 Plagioclasas
Fe ₂ O ₃	2.62	.016	ab	36.15 (Ab64) 71.0
FeO	2.08	.029	an	23.91 Cuarzo 13.3
MnO	.3	.004	c	2.14 Biotita 8.8
MgO	2.30	.056		
CaO	5.03	.089	Salic.	87.20
Na ₂ O	4.26	.069		
K ₂ O	.91	.010	hy	7.84 al 38.2
TiO ₂	.56	.007	mt	3.71 fm 25.4
P ₂ O ₅	.18	.001	il	1.06 c 19.2
SO ₃	—	—	ap .....	.34 alk 17.2
H ₂ O ⁺	.47	—		si 232
			Femic.	12.95 qz 63.2
				magma Cuarzodiorítico

Clase II - Orden 4 - Rango 3 - Subrango 5 - Placerosa.

(1.962) dan como edad determinada por el sistema K/Ar. para el basamento del campo petrolífero de Cicuco, 110 millones de años, es decir Cenomaniana de acuerdo con Kulp (1.961). Debe notarse que el basamento de Cicuco está en la prolongación noreste de la Cordillera Central. La otra edad es de una muestra (No. 1.302-A) colectada en La Toma de la Planta Eléctrica de Riógrande y enviada para su análisis de K/Ar. al Observatorio Geológico de Lamont (Columbia University) y cuyo resultado fué el siguiente (1):

<u>% K</u>	<u>Ar₄₀ scc/g</u>	Edad M. A. 79±3
6.73	2.15x10 ⁵	

Según la escala ya mencionada de tiempo geológico (Kulp 1.961) la edad sería Campaniana-Santoniana; los dos datos indicados tienden a localizar la edad de los plutones de la Cordillera Central en el Cretáceo medio a superior; sin embargo las edades pueden ser mucho más variadas en el basamento de la misma Cordillera. De acuerdo con los datos determinados bio-estratigráficamente para las rocas verdes y sus intercalaciones sedimentarias, y la edad del plutón por métodos radioactivos, los magmatismos dioríticos y de rocas verdes estuvieron separados por intervalos relativamente cortos, geológicamente hablando.

Debe anotarse que la actividad plutónica en el cretáceo medio y superior fué activa a lo largo de las cordilleras americanas (Baadsgaard y otros, 1.961), (Lomnitz, 1.962) (2) y, además algunas lagunas estratigráficas en el Cretáceo del Valle del Magdalena, podrían indicar levantamientos acompañados de intrusión de rocas plutónicas en la Cordillera Central, sin llegar a ser movimientos orogénicos considerables.

El Batolito Antioqueño por sus contactos bien delimitados, abundancia de plagioclasas zonadas, movimiento de las rocas encajantes con orientación de xenolitos, indica una fase magmática predominante y pertenecería a la categoría de los macizos circunscritos de Raguin (1.946) y al tipo mesotermal de Buddington (1.959).

(1) El autor desea agradecer al Dr. J. Laurence Kulp del Lamont Geological Observatory, por su interés en este análisis y a Cristalería Peldar por haber sufragado los gastos del mismo.

(2) Halpern (1962) encuentra edades de 75-100 m.a. para el plutón patagónico.

Es evidente que este notable plutón requiere estudios más abundantes y detallados antes de tener conclusiones ciertas sobre los puntos discutidos anteriormente.

El Plutón de Amagá. Este plutón aflora parcialmente en el rincón suroccidental de la zona en estudio. Fué descrito por Grosse (1.926) en unión de otros pequeños cuerpos intrusivos con el nombre generalizado de "granitos tipo Amagá" asignándoles una edad eoterciaria.

Su petrografía, contactos y gran variabilidad de tipos pueden consultarse en el trabajo de ese autor. El análisis químico y modal (Cuadro No. 11) que se acompaña, muestra un tipo más ácido que el del batolito antioqueño, pero si nos atenemos a sus relaciones con las rocas verdes, de las cuales lo cruzan numerosos diques que pueden verse en la Carretera Primavera-Amagá, es lógico concluir que se trata de una diferenciación ácida, marginal, del mismo batolito.

Cuadro No. 11

Muestra No. 681-A

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	70.42	1.173	Q 25.74	Hornblenda 1.0%
Al ₂ O ₃	14.31	.140	or 20.02	Plagioclasa (Ab64) . 23.2
Fe ₂ O ₃	1.87	.012	ab 43.49	Ortosa 18.3
FeO	1.22	.017	c 2.14	Cuarzo 45.5
MnO	.02	....		Biotita 11.4
MgO	1.10	.03	Salic. 91.39	I. de coloración.... 12.4
CaO	.23	.004		
Na ₂ O	5.15	.083	hy 3.0	Parámetros de Niggli:
K ₂ O	3.40	.036	mt 2.78	al 41.9
TiO ₂	.40	.005	il ..... .76	fm 21.3
P ₂ O ₅	.18	.001	ap ..... .34	c 1.2
SO ₂	.18	....		alk 35.6
H ₂ O+	1.11	....	Femic. 6.88	si 350
				qz 107.6
				(magma granítico-sódico)

Clase I. - Orden 4. - Rango 1. - Subrango 4. - Kalleradosa.

2) *Batolito de Altavista - Generalidades.* Se denomina en este trabajo Batolito de Altavista a la roca plutónica que se presenta al oeste de Medellín y que en su parte central es recorrida por la que-

brada del mismo nombre. Scheibe (1.933) notó la presencia de la facies intrusiva marginal en la quebrada Altavista, donde la roca normal forma brechas de contacto con la zona perimetral híbrida por asimilación de rocas encajantes (anfíbolitas), como ya lo hizo notar Grosse (1.926), quien bautizó esta intrusión con el nombre de "dioritas tipo Boquerón".

Aflora en el área estudiada en una extensión de 95 kms² a la cual se suman pequeñas áreas exteriores a la misma, completando así el área mínima (100 kms²) de afloramiento para denominarla batolito. Se supone su continuidad bajo las áreas cubiertas de depósitos aluviales o de talud que en algunos sitios lo ocultan.

Litología. A diferencia de la uniformidad, casi monótona, del Batolito Antioqueño, el de Altavista tiene una gran variedad petrográfica y es un típico plutón de la epizona de Buddington (1.959).

1) *Textura.* Las texturas son variadas; hay una fase porfirítica (alto de Manzanillo, cuchilla del Corazón, etc.) en su parte superior, felsófira con fenocristales de plagioclasa, cuarzo y ortosa; la pasta en una proporción de 75 a 95%, formada por los mismos minerales de los fenocristales, presenta a veces texturas fluidales. En muchos casos las plagioclasas son el núcleo de zonas granófiras, con coronas de reacción que a veces toman aspecto esferulítico dentro de una pasta de crecimiento granófiro que se extiende por toda la roca (plancha VI fig. 4). Esta fase porfirítica es de cubierta; en zonas más profundas las sustituye una roca granular fina (índice de Chayes hasta 163) que tiene interesantes fenómenos de contacto con las anfíbolitas al norte del cuerpo principal, donde abundan las brechas formadas por las dos rocas (Plancha VI fig. 3 y 6).

2) *Color* Desde casi negro en tipos híbridos de contacto, hasta gris claro (No. 8) en las zonas normales. En las rocas porfiríticas existen los grises, grises verdosos (por ejemplo, 10 G4/2, 5 GY7/1, 5 GY4/1, etc.) verdes y en raros casos tonos cremas. Índices de coloración de algunas muestras pueden verse en el Cuadro No. 12.

3) *Composición mineralógica.* En el Cuadro No. 12 se dan una serie de análisis modales de las rocas de este plutón que muestran una variabilidad mayor que en los ya considerados; siguen algunos comentarios sobre los minerales que componen dicha roca:

Plagioclasas. Su composición oscila entre Ab_{08} y Ab_{90} , dándole un carácter eminentemente sódico a la roca, excepto en los contactos donde algunas llegan hasta labradoritas (Ab_{42}). Cristalizan antes del cuarzo y las ortosas y frecuentemente están orladas por coronas de reacción (Plancha VI fig. 5). Su proporción en la roca es muy variable; pueden formar el total del feldespato o bajar hasta menos de un 15% del mismo. Están frecuentemente alteradas a caolín o silicificadas. Maclas de albita y periclina son comunes, pero las plagioclasas zonadas son raras.

Ortosas. Ocasionales en este plutón, muestran fenómenos de exsolución y las pastas granófiras son mezclas de cuarzo y ortosa. Comúnmente alteradas a sericita y caolín, aún pueden distinguirse maclas de Carlsbad en algunas de ellas.

Cuarzo. Se encuentra en las pastas como intercrecimiento con ortosas; también en las rocas granulares, especialmente rellenando fisuras; este félsico no es tan abundante como en los anteriores y en muchos casos es sólo un accesorio microscópico, indicando un magma normalmente saturado. Es muy escaso en fenocristales en la fase porfirítica y mas abundante en los tipos granulares normales.

Hornblenda. En masas o en cristales tabulares bien definidos, es el máfico más abundante. Su color oscila entre carmelita y verde amarilloso, es pleocróica y las variaciones más comunes son:

X	Y	Z
Verde amarillo	Marrón	Verde sucio
Marrón muy claro	Marrón oscuro	Marrón claro

Su extinción máxima es de 18° . Es reemplazada por biotita y epidota y probablemente a su vez, reemplazó a piroxenos, reliquias de los cuales se conservan en algunos cristales.

Biotita. De tipo normal, tabular, color marrón a verde, alterada a clorita y reemplazando la hornblenda en ocasiones, es el segundo máfico en importancia en esta roca.

Accesorios. Oxidos de hierro, apatita, circón y en una sección de contacto (carretera a Pueblito y Armenia) con las rocas verdes, atribuída a esta intrusión, clinozoisita abundante, son los accesorios más comunes en este plutón.

CUADRO No. 12

Análisis Modales del Batolito de Altavista (Volúmen)

Muestra No.	Plagioclasas	%	Textura	% Fenocristales o Granular				I.C.	Observaciones
				Plags.	Cuarzo	Hornbl.	Biotita		
1019-A	Ab ₄₂	....	Granular fina	67.2	....	32.8	....	32.8	Contacto. - Gabro
1049-A	Andesina	....	Granular fina	58.1	4.4	37.5	....	37.5	Roca de contacto, fase ácida Diorita.
"	"	"	"	24.6	1.5	74.0	....	74.0	Roca de contacto, fase básica. Diorita.
1051-A	Ab ₆₂	87.5	Porf. felsófira	50.0	2.4	47.3	....	...	Oxido de hierro. 0.3% Andesita porfírica.
1052-A	Ab ₇₀	74.5	"	75.4	1.4	20.8	2.4	....	Andesita sódica.
1061-A	Ab ₉₀	82.	"	12.5	2.2	....	3.3	....	Andesita sódica.
1081-A	Andesina	....	Granular fina	60.0	12.0	10.3	....	22.3	Roca de contacto, fase ácida Cuarzo diorita.
"	"	"	"	40.0	2.0	58.	....	58.	Roca de contacto, fase básica. Diorita.
1112-A	Ab ₈₈	98.	Porf. felsófira	62.5	24.3	....	8.1	...	4.8% Moscovita. - Dacita.
1123-A	Ab ₈₆	93.	Granófira	....	....	....	....	....	Granófiro con pasta esferulítica.
1125-A	Ab ₉₀	91.4	Porf. felsófira	89.5	.4	10.1	....	....	Andesita sódica.
1130-A	Ab ₉₂	77.	"	21.0	1.2	....	4.3	....	Mirmequita 74.5% Riolita sódica.
1236-A	Andesina	....	néisica	69.0	1.4	23.3	....	24.7	Ortoneis de este plutón.

Alteraciones. Muy abundantes como silicificación, cloritización y epidotización de ferromagnesianos, caolinización y sericitización de plagioclasas. En algunos casos la silificación es acompañada de abundante piritita y clorita que hacen de la roca una propilita.

Contactos. Están en su mayoría cubiertos por rocas descompuestas o fallados, pero es notable el del norte (quebrada Iguaná) con anfibolita que ha sido asimilada, dando una fase básica de color negro que posteriormente fué intruída por magma más silíceo, dando brechas de contacto abundantes en dicho lugar. La composición modal de los dos tipos de roca puede verse en el cuadro No. 12, muestra No. 1081-A (Plancha VI fig. 6).

Composición química. En el cuadro No. 13 pueden verse análisis químicos de esta roca, sus normas y correspondientes modos, que indican un tipo de roca predominantemente sódica y cuya localización más lógica parece ser con los magmas trondhjemiticos, como también lo indican los parámetros de Niggli. En la clasificación C.I.P.W. todos los análisis están comprendidos en la clase I, a diferencia de los del Batolito Antioqueño comprendidos en su mayoría en la clase II.

Clasificación de la roca. Los tipos de roca encontrados son muy variables como puede verse en el cuadro No. 12. Esta variabilidad hace poco práctico tratar de buscar un tipo medio o representativo de la roca. En los tipos porfiríticos las variedades más abundantes corresponden a pórfiros andesíticos sodaclásicos. (Johanssen, 1.931) que en ciertos casos son realmente pórfiros traquíticos sódicos. Las rocas granulares van desde cuarzo diorita hasta granito, estos representados especialmente por tipos granófiros. En general, es un magma sódico relativamente pobre en cuarzo y que por asimilación de rocas encajantes, ha dado tipos dioríticos y gábricos en zonas marginales.

Edad y relaciones. El Batolito de Altavista como ya se hizo notar, es un tipo de epizona, con una mineralogía muy diferente del Batolito Antioqueño. Debe dejarse constancia, sin embargo, que su composición podría provenir de una diferenciación del Batolito Antioqueño hacia una fase más sódica.

Las relaciones entre esta roca intrusiva y las rocas verdes, indicadas por Grosse (1.926) al este de Ebejico, muestran que la intrusiva pertenece muy seguramente al plutón de Altavista, lo mis-

mo que las ya indicadas de la carretera a Pueblito - Armenia, Quebradas La Culebra y La Valeria. Por lo demás, es claramente intrusivo en el grupo Ayurá-Montebello (quebrada Doña María). El autor prefiere dejar este plutón, hasta que análisis radioactivos localicen su edad más exactamente, aparte del Batolito Antioqueño, como un magmatismo más joven probablemente correlativo con la orogenia del eoterciario.

Cuadro No. 13
Muestra No. 1063-A

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	70.20	1.170	Q	Plagioclasa (Ab68).. 48.0%
Al ₂ O ₃	16.88	.166	or	Cuarzo
Fe ₂ O ₃	1.74	.011	ab	Ortosa
FeO	1.43	.019	na	Hornblenda
MnO	.06	....	c	Biotita
MgO	.46	.011		granular fina-granito
CaO	1.77	.031	Salic. 94.21	
Na ₂ O	5.14	.083		Parámetros de Niggli
K ₂ O	.01	.011	hy	al
TiO ₂	.39	.005	mt	fm
P ₂ O ₅	.06	....	il	c
SO ₂	.05	....		alk
H ₂ O+	.44	....	Femic. 4.81	si
				qz
				(magma trondhjémítico)

Clase I - Orden 4 - Rango 2 Subrango 3 - Maripososa

Muestra No. 1109-A

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	73.46	1.224	Q	Plagioclasa (Ab82) . 14.8%
Al ₂ O ₃	15.14	.148	or	Cuarzo
Fe ₂ O ₃	.99	.006	ab	Ortosa
FeO	.96	.014	an	Hornblenda
MnO	.03	....	c	Biotita
MgO	.21	.005		Granular fina-granito
CaO	.86	.015	Salic. 95.53	
Na ₂ O	4.78	.077		Parámetros de Niggli:
K ₂ O	1.81	.019	hy	al
TiO ₂	.20	.003	mt	fm
P ₂ O ₅	.01	....	il	c
SO ₃	.21	....		alk
H ₂ O+	.57	....	Femic. 2.65	si
				pz
				(magma trondhjémítico)

Clase I - Orden 3 - Rango 2 - Subrango 4 - Alsbachosa

Cuadro No. 13

Muestra No. 1111-A

Oxidos	% peso	Mol.	Norma	Modo (Volumen)
SiO ₂	68.84	1.147	Q	Pasta 93.5%
Al ₂ O ₃	17.70	.174	or	Fenocristales
Fe ₂ O ₃	2.18	.014	ab	Plagioclasas (Ab90) 17.9
FeO	1.61	.022	an	Cuarzo 1.6
MnO	.06	....	c	Biotita 11.60
MgO	.64	.016		Ortosa + Mirmequi-
CaO	1.95	.035	Salic. 92.42	ta 68.4
Na ₂ O	4.21	.068		Riolita sódica
K ₂ O	.77	.008	hy	
TiO ₂	.49	.006	mt	Parámetros de Niggli:
P ₂ O ₅	.07	....	il	al 51.6
S ₂ O ₃	.05	....		fm 15.4
H ₂ O ⁺	.72	....	Femic. 6.02	c 10.4
				alk 22.6
				si 340.1
				qz 149.7
				(magma leucocuarzodiorítico)

Clase I - Orden 3 - Rango 2 - Subrango 5 - Yukonosa

V TECTONICA

La tectónica de la región estudiada debe verse dentro del marco de un área mayor que incluye al este el valle del Magdalena, variablemente considerado por diversos autores como una fosa tectónica o como un bloque inclinado y fallado hacia el este (semi-fosa), la Cordillera Central, formada en su mayor parte por rocas metamórficas reforzadas por plutones que forman un elemento básicamente positivo y la zona de fracturas del río Cauca, generalmente considerada como una fosa tectónica compleja.

El área considerada se halla en la transición del elemento positivo con las zonas fracturadas del Cauca. Esta fractura se continúa en la parte occidental con fallas en las cabeceras de la quebrada Doña María que afectan las diversas formaciones y tienen las serpentinitas como medio más favorable para desarrollarse, prolongándose en una dirección prácticamente norte-sur, pero cuya continuidad no puede seguirse positivamente por la meteorización y la cubierta de aluviones y taludes.

Hacia el este, se va entrando en el elemento positivo, formado por el núcleo de la Cordillera Central, van desapareciendo los sedi-

mentos y aflorando en forma cada vez más extensa las rocas plutónicas. Las fracturas son muy difíciles de seguir en estas rocas por su profunda meteorización, pero en algunos lugares, entre el Hatillo y Matasano (carretera troncal de occidente), alto de las Palmas (carretera Medellín-Cocorná), etc. son aparentes y los alineamientos de que se hablará más adelante parecen confirmar la existencia de fallas abundantes.

Todas las formaciones presentes a excepción de los aluviones, han sufrido afectos tectónicos. El grupo Ayurá-Montebello, el más antiguo presente, debió tener su metamorfismo dinámico en conexión con una orogenia de edad desconocida, pero anterior a la intrusión de las rocas plutónicas encajadas. Posteriormente las orogénias terciarias le dieron a la región su aspecto actual en repetidos movimientos, afectando las formaciones más recientes como el Terciario Carbonífero y Combia (Grosse, 1.926), dejando además su huella en los plutones donde muchos elementos mineralógicos están plegados y rotos, aun cuando macroscópicamente la roca parece sana; también en la presencia de pequeñas fosas tectónicas que insertan las rocas metasedimentarias en las plutónicas (zona entre Matasano y Barbosa). Es claro que el tectonismo terciario, a pesar de pequeños sobreescurrecimientos, descritos por Grosse (1.926) es predominantemente isostático, con fallas de ángulos casi verticales, que delimitan bloques de distinta competencia mecánica.

Alineamientos. Estudiando los planos topográficos y las aereofotografías de la región, se notan alineamientos preferidos, especialmente en los cursos de agua y algunos accidentes topográficos; más salientes en los terrenos relativamente planos, en las pendientes abruptas la rápida erosión los borra casi por completo.

Los alineamientos son mas claros en las rocas plutónicas; en los metasedimentos son erráticos o se confunden con las direcciones generales andinas.

El gráfico adjunto (fig. 15) muestra que existe una dirección predominante 30-50° noreste y una secundaria también 30-50° noroeste. El origen de estos alineamientos no es muy claro, pero en general coincide con las direcciones de diques, filones y algunas fallas. Las uniones o grietas de enfriamiento, medidas en los plutones son generalmente muy variables para permitir deducciones generales. Es pues probable, que los alineamientos representen accidentes tectónicos; por lo demás, las direcciones predominantes halladas son reconocidas en muchas regiones terrestres.

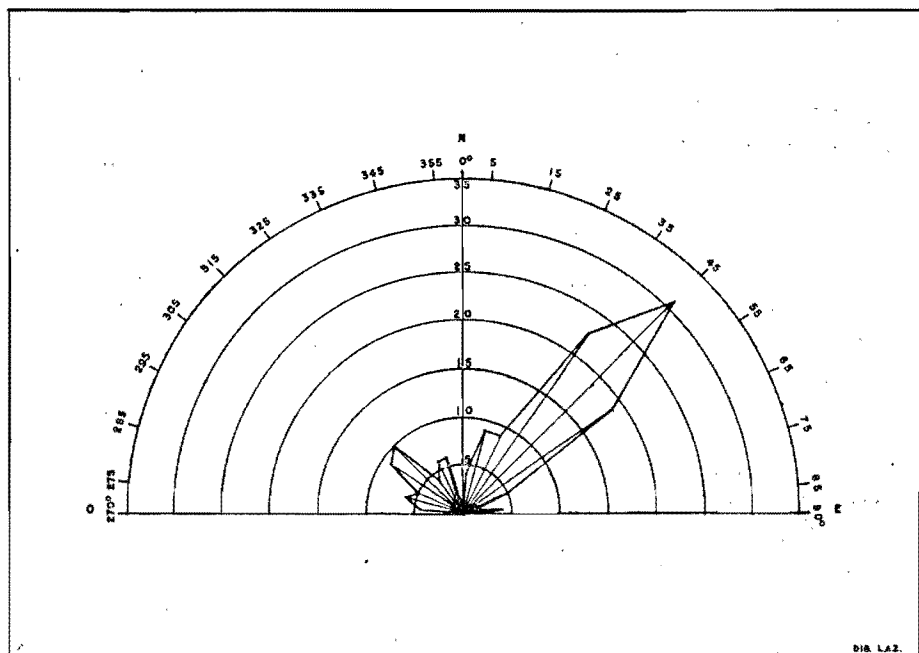


Fig. 15 - Alineamientos en el Batolito Antioqueño.
Gráfico de 142 medidas.

VI. GEOLOGIA HISTORICA

Una presentación de la historia geológica de esta región es hoy altamente especulativa por el metamorfismo de la mayoría de las formaciones y la escasez de informaciones en áreas más extensas adyacentes; estos factores predominarán por bastante tiempo y la posibilidad de superarlos estriba casi exclusivamente en la medida de edades por medios radioactivos o el hallazgo afortunado de fósiles.

Antes de intentar esa descripción de la historia geológica, es conveniente hacer un resumen de las formaciones encontradas y sus relaciones.

- 1) Grupo Ayurá-Montebello. - a) Ortoanfibolitas - b) Sección metasedimentaria con neises lenticulares, micacitas, filitas y cuarcitas, etc.
- 2) Serpentinitas.
- 3) Batolito Antioqueño.

- 4) Formación Quebradagrande - a) Filitas grafitosas, liditas, lutitas silíceas, calizas y cuarcitas - b) Rocas verdes.
- 5) Batolito de Altavista.
- 6) Terciario carbonífero de Antioquia.
- 7) Rocas volcánicas neo-terciarias. Andesitas, basaltos, tufas, (formación Combia).
- 8) Aluvionse y taludes.

Sobre las características de estos grupos de rocas y sus relaciones ya enunciadas anteriormente, se puede resumir lo siguiente:

Al grupo 1), es lo más antiguo de la zona y equivale a las llamadas por Read (1.955) "filitas universales". Tienen probable origen marino y las anfibolitas representan rocas ígneas metamorfoseadas posteriormente; este metamorfismo ya estaba efectuado cuando la intrusión del Batolito Antioqueño. Grupo probablemente paleozoico.

Las serpentinitas (2) son de edad desconocida, se intruyen en 1 y son intruídas por 3.

El batolito antioqueño (3) es intrusivo en 1 y 2. Su edad por métodos radioactivos sería, Cretácea media a superior.

La formación Quebradagrande (4) representa una sedimentación cretácea y hacia arriba de la cual predominan las rocas verdes.

El batolito de Altavista por sus contactos intrusivos con 4 es más joven que ésta y probablemente pertenece a la orogenia eoterciaria.

La formación (6) es típicamente continental, representa la erosión de las tierras levantadas en la orogenia eoterciaria, en una cuenca de origen tafrogénico y de edad oligo-miocena.

Las rocas (7) no aparecen en el área estudiada, siendo muy abundantes al sur de la misma. Su presencia indica principalmente el volcanismo andino del mioceno superior al pleistoceno.

Los aluviones y taludes (8) se originan en los valles de los ríos durante los cambios climáticos del pleistoceno.

Dadas las premisas anteriores se podría proponer una serie de eventos, así:

A) Deposición de sedimentos en un sinclinal que según los fósiles de Cristalina (Harrisson 1.930, Botero 1.940) sería, al menos en parte, paleozoico inferior. Los sedimentos de este geosinclinal aumentan en tamaño hacia el este y su origen probablemente estuvo en los antiguos bordes del escudo Guayanés. El levantamiento de este sinclinal pudo efectuarse en varias épocas; el no hallazgo de fósiles distintos del ordoviciano indicaría la orogenia caledoniana como la más probable. Las ortoanfíbolitas representan rocas basálticas o gábricas intercaladas con los sedimentos y metamorfoseadas con ellos. Este grupo representa el basamento de la Cordillera Central; donde ha sido erodado, rocas plutónicas de diversas edades afloran extensamente. En la zona que nos ocupa esta cubierta debió ser considerable al tiempo del magmatismo del Batolito Antioqueño; posteriormente a lo largo del terciario fué extensamente erodada.

B) El episodio siguiente es el emplazamiento del Batolito Antioqueño. Este plutón se ha mirado como bastante antiguo por algunos geólogos (Ospina 1.912, Scheibe 1.933) y por otros eoterciario (Grosse, 1.926) y correspondiente a los "Granitos andinos" de los geólogos alemanes. Desde el paleozoico, edad probable de las rocas que lo encajan, hasta las rocas verdes cretáceas que lo cubren, hay un gran lapso de tiempo. En este trabajo se indican dos fechas deducidas por métodos radio-activos que fijan este magmatismo de mediados a finales del cretáceo. En la sedimentación cretácea del valle del Magdalena, hay varias lagunas de importancia en esa época, pero sin que signifiquen la presencia de una orogenia de importancia en la Cordillera Central. Más posiblemente este magmatismo se debió a una reactivación del zócalo del elemento positivo situado entre los dos sinclinales cretáceos, oriental y occidental. Debe anotarse también que Harrington (1.962) indica que entre el coniaciano medio y el santoniano inferior, se efectuaron las fases iniciales del ciclo orogénico andino, con levantamientos desde Colombia hasta la Argentina.

C) Durante el Cretáceo hubo probablemente varios ciclos de sedimentación y uno de ellos, quizá el último, sirve de base de la llamada "formación Quebradagrande" que se intercala con rocas verdes; estos derrames apresuran su ritmo hacia la parte superior permitiendo únicamente delgadas capas de lilitas. Hacia el oeste las rocas verdes pierden su importancia y son lilitas silíceas, radiolaritas y arcillas a veces con intercalaciones subordinadas de rocas verdes, los conjuntos predominantes.

D) El eugeosinclinal cretáceo termina con los derrames de lavas de rocas verdes y comienza el terciario con una extensa orogenia que somete a erosión las formaciones antiguas; hacia el oligoceno, fenómenos tafrogénicos se presentan al relajarse las presiones orogénicas, formando una extensa cuenca a lo largo de lo que hoy es el valle del Cauca y más al sur. Esta cuenca recoge los materiales erodados de las cordilleras Central y Occidental durante el oligoceno y probablemente parte del mioceno; es una típica sedimentación continental acompañada de carbones y con salida al Pacífico en la región de Cali, donde muestra intercalados sedimentos marinos de las mismas épocas.

E) A partir del Mioceno superior y especialmente durante el plio-pleistoceno, la orogenia se renueva en el paroxismo andino y las tierras son plegadas, falladas y elevadas a sus dimensiones modernas; activo volcanismo acompaña a esta parte del ciclo, depositando gruesas masas fluvio-volcánicas (formación Combia) sobre terrenos más antiguos. Durante este levantamiento se cierra la salida de desagüe de la cuenca situada entre las dos cordilleras, que había servido en épocas anteriores a la altura de Cali y se forma el río Cauca el cual labra su curso actual erodando activamente las masas de tufas, sedimentos, etc., hasta alcanzar las rocas de basamento que hoy forman la mayoría de su cauce en el sector cordillerano al norte de la Virginia.

F) Durante el pleistoceno, oscilaciones tectónicas y climáticas cambiaron repetidamente la competencia de los cursos de agua, sedimentando aluviones y volviéndolos a erodar con la formación de terrazas y en algunos casos cuando las pendientes de los valles lo han permitido, taludes.

VII. - *PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS USADAS EN ESTE TRABAJO*

Muestra No.	Procedencia
2-A.	Peñol de Entrerríos.
255-A.	Bocatoma antigua.- (Acueducto de Medellín).- Piedras blancas.
314-A.	Carretera Medellín-Rionegro, km. 19.
400-A.	Carretera Las Palmas-Loreto.- 3.8 km. de Las Palmas.
419-A.	Carretera Loreto-Las Palmas.- 500 mts. de Loreto.- Contacto Batolito anfibolitas.
536-A.	Carretera Prado-Heliconia.- 500 mts. de Prado.
646-A.	Carretera La Fé-Rionegro.- 500 mts. de La Fé.

- | Muestra No. | Procedencia |
|-------------|---|
| 648-A. | Carretera Loreto-Las Palmas. 2 kms. antes de Las Palmas. |
| 649-A. | Carretera Loreto-Las Palmas.- 2 kms. antes de Las Palmas.- Dique. |
| 650-A. | Carretera Medellín-Rionegro.- Los Caunces. |
| 655-A. | Carretera Medellín-Rionegro.- Km. 16. |
| 664-A. | Camino Sta. Helena-Las Palmas.- Cerro La Ahumada. |
| 665-A. | Carretera Loreto-Las Palmas.- 2 kms. de Loreto. |
| 681-A. | Carretera Caldas-Amagá.- Puente sobre La Amagá. |
| 687-A. | Carretera Medellín-Guarne.- Quebrada Piedrasblancas. |
| 688-A. | Carretera Medellín-Guarne.- 200 mts. antes del Alto de La Sierra. |
| 689-A. | Carretera Medellín-San Vicente.- Puente quebrada "La Compañía". |
| 690-A. | Carretera La Ceja-La Unión, al noreste del Cerro Las Peñas. |
| 694-A. | Carretera Don Diego-La Ceja, frente a la antigua Planta eléctrica de Rionegro (Tequendamita). |
| 705.- | Acequia acueducto Piedrasblancas, 1.700 mts. de la Represa. |
| 707-A. | Carretera Guarne-Rionegro, primer camino a la derecha, 100 mts. de la carretera. |
| 717-A. | Carretera a Palenque (Sabaneta) quebrada "La Sucia". |
| 718-A. | Carretera Medellín-Las Palmas.- 12 kms. de Loreto. |
| 722-A. | Camino Retiro-Caldas, entre Alto Platero y Alto Peladeros. |
| 729-A. | Camino Sabaneta-La Miel.- 200 mts. de quebrada "Gusano". |
| 731-A. | Quebrada La Valeria x acueducto Caldas (M. de Caldas). |
| 735-A. | Camino Caldas-Angelópolis.- Alto "El Quinto". |
| 746-A. | Carretera San Vicente-Concepción.- km. 3. |
| 747-A. | Carretera Medellín-San Vicente.- Entrada a San Vicente, alto del "Socavón". |
| 784-A. | Peñol de Guatapé. |
| 836-A. | Camino del Carmen Santo Domingo, 3.5 kms. plaza del Carmen. |
| 854-A. | Camino El Retiro-La Ceja.- Fuente sobre el río Pantanillo. |
| 866-A. | Camino Carmen de Viboral-Santuario x quebrada Guarinó. |
| 868-A. | Camino Santuario-Ursula.- Alto "Las Pavas". |
| 884-A. | Carretera Concepción-Alejandría, a 5 kms. de Concepción. |

Muestra No.	Procedencia
887-A.	Carretera Concepción-Alejandría, frente a la Escuela de la Piedad.
889-A.	Camino Concepción-El Peñol, puente sobre quebrada "La Magdalena".
890-A.	Camino Concepción-Alto Calvajal, sitio La Magdalena, quebrada Barroblanco, 800 mts. antes de Q. Gualí.
893-A.	Camino Concepción-Barbosa, 2 kms. antes quebrada "El Tigre".
894-A.	Camino Alto del Colmillo-San Vicente.- Sta. Ana, 1.5 km. de San Vicente.
896-A.	Camino de Sitio Canelo a Sitio Corrientes, quebrada Guarín"- Mpio. de Concepción.
897-A.	Camino Sitio Corrientes a Sitio San Pedro, quebrada "Los Chorros" Mpio. de Concepción.
898-A.	Camino San Vicente a la Cruz (Planta eléctrica de Rionegro).- Alto de La Cruz o del Cristo.
899-A.	Planta eléctrica nueva del Mpio. de Rionegro.
901-A.	Camino Alto Girardota a Girardota, 1 km. del alto.
1008-A.	Camino a El Tambo, Mpio. Bello-San Jerónimo, alto Poleal.
1009-A.	Camino del Alto Poleal al Alto Montañita, quebrada "Los Arias"- Mpio. Bello-San Jerónimo.
1011-A.	Carretera Medellín-San Pedro, km. 20 (Quebrada "El Hato").
1016-A.	Carretera de Agua Linda a las torres de Televisión, 6 km. de Agua Linda.- Mpio. de Bello.
1019-A.	Carretera al mar, 400 mts. del Boquerón hacia Palmitas.
1049-A.	Camino del Boquerón a San Cristóbal, a 100 mts. del encuentro del camino con la Carretera al mar.
1051-A.	Camino de San Cristóbal al Boquerón, quebrada "Iguaná"
1052-A.	Camino de Boquerón a San Cristóbal, encuentros de la Quebrada "Iguaná" con la quebrada "Yarumos".
1061-A.	Camino Palmitas-San Cristóbal, cerro La Popa.
1063-A.	Carretera vecinal de Itagiúf al alto Manzanillo, sifón de la acequia de Cervecería Unión.
1081-A.	Camino de Quebrada "Doña María" al Astillero.- Quebrada "San Francisco".
1109-A.	Camino Alto de las Cruces a Belén, entre la quebrada "Sorbetana" y el Alto.
1111-A.	Camino Boquerón a San Cristóbal, quebrada "La Puerta"
1112-A.	Margen derecha de la quebrada Iguaná.

- | Muestra No. | Procedencia |
|-------------|--|
| 1123-A. | 50 mts. abajo de la desembocadura de "Quebradalarga" en la quebrada "Doña María". |
| 1125-A. | Alto de Manzanillo, camino hacia la Cuchilla del Barcino a 1 km. del alto.- Mpio. de Itagüí. |
| 1130-A. | Alto del Manzanillo.- Mpio. de Itagüí. |
| 1203-A. | Quebrada "Las Despensas" 1 km. abajo de su cruce con la carretera Prado-Heliconia. |
| 1302-A. | Bocatoma de la Planta eléctrica de Rionegro ^{Riogrande} al lado de las rejas de limpieza al terminar el canal de concreto. |
-

VIII - BIBLIOGRAFIA

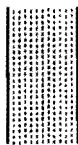
- “Anuario Meteorológico” (1.938-1.954).- Publicación del Ministerio de Agricultura.- Bogotá.
- Baadsgaard H. Folisbee R. E. Lipson J. (1.961).- “Potassium-Argon dates of Biotites from Cordilleran Granites”.- Geological Society of America, Bulletin, Vol. 72, pgs. 689-702, Nueva York.- Mayo.
- Blackwelder E. (1.925).- “Exfoliation as a Phase of Rock Weathering”.- Journal of Geology, Vol. 33, pp. 793-806.
- Botero Arango G., (1.940). “Sobre el Ordoviciano de Antioquia”.- Proceedings Sth. American Scientific Congress, Vol. IV, pp. 19-25.- Washington.
- Botero Arango G. (1.942).- “Contribución al conocimiento de la Petrografía del Batolito Antioqueño”.- Revista “Minería”, Vol. XX, No. 115-117, pp. 9318-9330.- Medellín.
- Botero Restrepo G. (1.945).- “Yacimiento de Cromo “El Carmelo”.- Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia.- Tomo VI, pp. 321-334.- Bogotá.
- Boussingault, J. B. (1.825).- “Sur l’existence d’iode dans l’eau de une saline de la Province d’Antioquia”.- Ann. de Chi., et Phys. Vol. 30, pp. 91-96.- Paris.
- Branner J. C. (1.896). “Decomposition of Rocks in Brazil.- Bulletin Geological Society of America, Vol. 7, pp. 255-314.- Nueva-York.
- Buddington A. F. (1.959).- “Granite emplacement with Special Reference to N. America” Bull. Geological Society of America, Vol. 70, pp. 671-747.- Nueva York.
- Butler J. J. (1.942).- “Geology of the Honda district”.- Bull. Amer. Asso. of Petrology and Geology.- Vol. 26, pp. 829 y sigs.- Tulsa.- (Usa).

- Caldas F. J. (1.809).- Prefacción a la Geografía de las Plantas. Obras de Caldas.- Recopiladas y publicadas por Eduardo Posada.- Biblioteca de Historia Nacional, Vol. IX.- pp. 353 y sigs.
- Cock Julián (1.938).- "Estudio de una Empresa Siderúrgica en Medellín".- Tipografía Industrial.- Medellín.
- Cotton C. A. (1.948).- "Landscape".- John Wiley & Sons.- Nueva York.
- Cuatrecasas, J. (1.934).- "Observaciones geobotánicas en Colombia".- Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales.- Serie Botánica, No. 27.- Madrid.
- Chayes F. (1.956).- "Petrographic Modal Analysis".- John Wiley & Sons.- N. Y.
- Chubb L. J. (1.959).- "Upper Cretaceous of Central Chiapas, México".- Bull. Amer. Asso. of Petr. Geologic.- Vol. 43, No. 4, pp. 725-756.- Tulsa.- U.S.A.
- De la Rue, Aubert. (1.953).- "Reconnaissance Géologique de la Guyane Francaise Méridionale".- Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer.- Librairie Larose.- Paris.
- Denis Pierre. (1.927).- "Amérique du Sud".- Géographie Universelle, Tomo -XV.- Armand Colin.- Paris.
- Dubertret, L. (1.955).- "Géologie des Roches vertes du Nor-Ouest de la Syrie et du Hatay".- (Turquie).- Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient.- Paris.
- Freise F. W. (1.933-35).- "Brasilianische Zuckerhütberge".- Zeitschr. für Geomorph.- VI - VIII. pp. 49-66.
- Freise F. W. (1.936-38).- "Inselberge und Inselberge-Landschaften im granit und Gneisgebiete Brasiliens".- Zeitschr. für Geomorph, Vol. XI, pp. 137-168.
- Garner H. F. (1.959).- "Stratigraphic-Sedimentary Significance of Contemporary Climate and Relief in four regions of the Andes Mountains".- Bull. Geol. Soc. of Am.- pp. 1327-1368.- Nueva York.
- Gilberto G. K. (1.904).- "Domes and Dome Structures in the High Sierras".- Bull. Geol. Soc. of America.- Vol. 15, pp. 29-36.- Nueva York.
- Grosse Emil. (1.926).- "El Terciario Carbonífero de Antioquia".- Berlín.
- Halpern M. (1.962).- Potassium-Argon dating of Plutonic bodies in Palmer peninsula and Southern Chile.- Science Vol. 138 No. 3546 p. 1261.- Washington.
- Harrington H. S. (1.962).- Paleogeographie Development of South America.- Bull. Amer. Association of Petroleum Geologist. Vol. 46 No. 10 pp. 1773-1.814.

- Harrison J. V. (1.930).- "The Magdalena Valley, Colombia.- S. América".- 15th. International Geological Congress.- South Africa, 1.929.- Comptes Rendus.- Vol. II.- pp. 399-409.- Pretoria.
- Hess, H. H. (1.955).- "Serpentine Orogeny and Epeirogeny". Geol. Soc. of Amer. Special Paper, 62, pp. 391-408.- Nueva York.
- Humboldt A. (1.817).- "De distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium".- Extractos traducidos por J. Acosta.- Biblioteca Popular de Cultura Colombiana. Tomo 22, pp. 162 y siguientes.- Bogotá.
- Ingeniería Colombiana.- (1.956-57).- "Órgano de la Sociedad Antioqueña de Ingenieros". Nos. 8 y 9.- pp. 60.- Medellín.
- Johannsen A. (1.931).- "A descriptive Petrography of the Igneous Rocks".- The University of Chicago Press.- Chicago.
- Karsten Hermann. (1.886).- "Géologie de L'ancienne Colombie Bolivariennne".- Vénézuéla, Nouvelle Grenade et Ecuador".- Berlin.
- Kendrew W. G. (1.937).- "The climates of the Continents".- 3rd. ed.- Oxford University Press.
- Koeppen, W. (1.923-1.948).- "Climatología".- Traducción al castellano de P. R. Hendrichs Pérez.- Fondo de Cultura Económica. Mexico.
- Kulp J. Laurence. (1.961).- "Geologic Time Scale".- Science, Vol. 133, pp. 1105-1114.- Nueva York.
- Landenberger E. (1.926).- "Beitrag zur Petrographie der Republik Colombia".- Leipzig.
- Lapadu-Hargues P. (1.953).- "Sur la Composition Chimique Moyenne des Amphibolites".- Bul. de la Soc. Géol. de France.- (6). III, pp. 153-173.- Paris.
- Lapadu-Hargues P. (1.958).- "Observation á propos des amphibolites".- Comptes Rendus Sommaire de la Soc. Géol. de France.- p. 132.- Paris.
- Lapadu-Hargues P. (1.959).- "A propos des massifs d'amphibolites du Limousin et de la Haute Vienne".- Comptes Rendus Sommaire de la Soc. Géol. de France. p. 10.- Paris.
- Liégeois P. G. (1.958).- "Structure et morphologie de la Cordillère Centrale des Andes".- Bull. de la Soc. Belge de Géologie.- Tomo LXVII, fascículo 3.- Bruxelles.
- Lleras Codazzi, R. (1.926).- "Notas geográficas y Geológicas". Imprenta Oficial.- Bogotá.
- Lleras Codazzi, R. (1.928).- "Las Rocas de Colombia".- Imprenta Oficial.- Bogotá.

- Lomnitz C. (1962).- "On Andean Structure".- *Journal of Geophysical Research*.- Vol. 67, No. 1.- pp. 351 y siguientes.- Washington.
- Nelson H. W. (1957).- "Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali".- *Leidse Geologische Mededelingen*, Vol. 22, pp. 1-76.- Leiden.- Holanda.
- Ospina Tulio. (1911).- "Reseña sobre la Geología de Colombia y especialmente de Antioquia".- Imprenta La Organización.- Medellín.
- Parsons J. J. (1949).- "Antioqueño colonization in Western Colombia".- University of California Press.- Berkeley, U.S.A.
- Penck W. (1953).- "Morphological Annalysis of Land Forms".- Mc. Millan Co. Nueva York.
- Pinson Jr. H. Hurley P. M., Mencher E., Fairbairn H. W. (1962) K/Ar. and Pb/Sr Ages of Biotites from Colombia, South America".- *Bull. of Geol. Soc. of Amer.* pp, 907-910.- Vol. 73.
- Posada Juan de la Cruz. (1936).- "Bosquejo Geológico de Antioquia".- *Anales de la Escuela Nacional de Minas*.- No. 38.- Medellín.
- Raguin E. (1946). "Géologie du Granite".- Masson et Cie. Paris.
- Read H. H. (1955).- "Granite series in Mobile Belts".- *Geol. Soc. of Amer.*- Special paper, No. 62, pp. 409-430.- Nueva York.
- Restrepo Uribe Octavio. (1938).- "Meteorología".- (Tesis de grado inédita).- Escuela Nal. de Minas.- Medellín.
- Riehl H. (1954), "Tropical Meteorology".- Mc. Graw Hill Co.- Nueva York.
- Royo y Gómez J. (1939-40).- "Dique de Pegmatita existente en la quebrada "Cienpesos", (Envigado Antioquia).- *Boletín de Minas y Petróleos*, No. 121, 144, pp. 137-146.- Bogotá.
- Sapper, Karl. (1935).- "Geomorphologie der Feuchten Tropen".- *Geographische Schriften-Heft*, 7.- Leipzig.
- Scheibe, R. (1933).- "Informe sobre los resultados de la Comisión Científica Nacional en Antioquia".- *Compilación de los Estudios Geológicos Nacionales en Colombia*.- Tomo I., pp. 97-167.- Bogotá.
- Schmidt, R. D. (1952). "Die Niederschlagsverteilung im Andinen Kolumbien".- *Bonner Geographische Abhandlungen*. Heft, 9, pp. 99-119.- Bonn.
- Trewartha G. T. (1943).- "An Introduction to Weather and Climate".- 2nd. ed. Mc. Graw Hill. Book Co.- Nueva York.

- Trojer, Hans. (1.954).- “El tiempo reinante en Colombia”.- Boletín Técnico.- Vol. II, No. 13.- Federación Nacional de Cafeteros.- Chinchiná, Caldas.
- Uribe Angel M. (1.885).- “Geografía y Compendio Histórico del Estado de Antioquia en Colombia”.- Paris.
- Van der Hammen, Th. (1.958).- “Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos”.- Boletín Geológico.- Vol. VI, No. 1-3, pp. 67-128.- Bogotá.
- Vergara y Velasco F. J. (1.901).- “Nueva Geografía de Colombia”.- Bogotá.
- Vila Pablo. (1.944).- “Regiones Naturales de Colombia”.- Revista “Colombia”. No. 1-2-3-4-5.- Bogotá.
- Whitten, E. H. T. (1.961).- “Quantitative Areal Modal Analysis of Granitic Complexes”.- Bull. Geol. Soc. of Amer.- Vol. 72, No. 9, pp. 1331-1359.- Nueva York.
- Wilhelmy H. (1.958).- “Klimamorphologie der Masengesteine”. Georg. Westermann Verlag.- Braunschweig.
- Zujovic J. M. (1.884).- “Les Roches des Cordilleres”.- Paris.



Fe de Erratas

<u>Página</u>	<u>Línea</u>	<u>Se lee</u>	<u>Debe leerse:</u>
7	13	representando por..	representado por..
7	25	metamorfoseadas por..	metamorfoseadas con..
8	9	aluvial..	alluvial..
11	11	Kartens..	Karsten..
28	26	Cuadro No. 10..	Cuadro No. 9..
34	8	cañalas..	cañadas..
34	11	pacimientos..	yacimientos..
36	10	póntica..	póntica..
36	18	carbón..	carbón..
37	16	(fig. 11)..	No existe esta figura
53	31	Archaelithotamnion..	Archaeolithotamnion..
62	28	los largo..	lo largo..
63	3	en la central..	en la parte oriental de..
66	2	compuesto por anfi- bolita..	compuesto por antigorita..
66	13	en color..	incolora..
70	25	pagmatíticas..	pegmatíticas..
77	18	silificación..	silicificación..
78	10	Grabos..	Gabros..
78	20	que esto escribe..	debe suprimirse el que..
87	3	silificación..	silicificación..
88	Cuadro No. 13 Muestra 1.063-A Muestra 1.109-A	na..	an..
89		pz.. Cuadro No. 13..	qz.. Cuadro No. 13 (con- tinuación)..
90	24	aereofotografías..	aerofotografías..
91	4	escacéz..	escasez..
92	4	Al grupo..	El grupo..
93	30	efectuaron..	efectuaron..
96	16	98-A..	898-A..
97	9	Rionegro..	Riogrande..