

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL



# BOLETIN GEOLOGICO

VOL. IX

ENERO — DICIEMBRE 1961

NUMEROS 1—3

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL

# BOLETIN GEOLOGICO

VOLUMEN IX ENERO - DICIEMBRE 1961 Nos. 1-3

## CONTENIDO:

### NOTAS CIENTIFICAS:

- RADELLI, L.—Epoocas magmáticas y metalogenéticas en los Andes colombianos: Un cuadro preliminar ... .. 5-22

### ESTUDIOS GEOLOGICOS:

- UJUETA LOZANO, GUILLERMO.—Geología del noreste de Bogotá (con un mapa índice, siete fotografías, siete láminas y 5 figuras) .. ... 23-46
- LÓPEZ CASAS, JAIME.—Informe preliminar sobre irrigación con agua subterránea, del Municipio de Codazzi, Departamento del Magdalena (con dos mapas y tres dibujos) ... .. 47-78
- NELSON, H. WOLFGANG.—Observaciones geológicas y estudio petrográfico sobre 54 muestras colectadas por el doctor Laureano Rincón, en el Departamento de Nariño en la vía Tambo, Peñol, Policarpa (con siete fotografías) ... .. 79-96
- MORER, JEAN JACQUES y NICHOLLS V., EDUARDO.—Calizas de la región de Cartagena (con cuatro planchas) ... .. 97-114
- MORER J. J. y NICHOLLS V., E.—Levantamiento geológico de la carretera Riohacha-Puente Bomba-Río Ancho (con un gráfico) ... .. 115-124
- RESTREPO A., HERNÁN.—Informe geológico del páramo al este de Bogotá (con un mapa índice y tres planchas) ... .. 125-142
- RESTREPO A., HERNÁN.—Algunas calizas del Departamento del Tolima para la obtención de cal agrícola (con un mapa índice y tres planchas) .. ... 143-166

**EPOCAS MAGMATICAS Y METALOGENETICAS EN LOS ANDES  
COLOMBIANOS: UN CUADRO PRELIMINAR**

POR  
**L. RADELLI**

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1962

## CONTENIDO:

RESUMEN . . . . .	9
INTRODUCCIÓN . . . . .	11
I. LAS GRANDES ÉPOCAS MAGMÁTICAS DE LOS ANDES COLOMBIANOS . . . . .	13
II. LAS MINERALIZACIONES . . . . .	17
CONCLUSIONES . . . . .	21
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	21

## R E S U M E N

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

## R I A S S U N T O

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

## R É S U M É

L'A. présente ses idées sur la séquence des différentes venues magmatiques (intrusif et effusif) qui ont intéressé les Andes Colombiennes et il essaye de établir une relation entre ces-ci et les principaux minéralizations métallifères du pays.

## A B S T R A C T

The author presents his ideas concerning the succession of the different magmatic cycles (intrusive and extrusive) that have taken place in the Colombian Andes and discusses their relation with the principal metallic mineralizations in the country.

## INTRODUCCION

*Establecer un cuadro completo de los distintos fenómenos magmáticos y metalogenéticos que han interesado a las Cordilleras Colombianas, es obra prácticamente imposible en el estado actual de los conocimientos. Pero, por otra parte, me parece oportuno intentar la elaboración de un primer bosquejo en este sentido, por dos razones: a) Organizar en una visión de conjunto el complejo de nociones conocidas sobre la materia; b) Proporcionar, a los que se preocupan por la búsqueda de nuevos recursos minerales que puedan aportar un beneficio a la economía de la República, los grandes rasgos de lo que podría ser un plan de estudio racional.*

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

## I. LAS GRANDES ÉPOCAS MAGMÁTICAS DE LOS ANDES COLOMBIANOS

### 1) *El magmatismo precambriano.*

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

Hasta la fecha han sido reconocidas muy pocas trazas de un magmatismo que se pueda referir con seguridad a este tiempo geológico.

Indicaré entre éstas: las masas dioríticas y mesogábricas que afloran irregularmente en el Macizo de Garzón (Huila), las cuales han sido interesadas más o menos profundamente por el sucesivo fenómeno de anatexia al cual se debe la constitución petrográfica actual de dicho Macizo (15); con cierta reserva, las masas ahora leptiníticas del Macizo de Santa Marta (13) y los gabros serpentinizados de la península de la Guajira (11), (14).

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

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

### 2) *El magmatismo paleozoico.*

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

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

Es posible que granitos (s. l.) de igual edad geológica se hallen también en la Cordillera Central. Esta es por ejemplo la opinión de H. W. NELSON (4) acerca del batolito de Ibagué, pero los argumentos de este autor no convencen por completo y es oportuno conservar mucha prudencia a este respecto.

Las masas magmáticas paleozoicas de la Cordillera Oriental parecen referibles, por lo menos en su mayoría, a la orogénesis ercínica. Se trata de una provincia magmática de tendencia marcadamente alcalina que se desarrolla, presentando una notable constancia en el tipo de emplazamiento, desde el extremo norte del país (Guajira, Santa Marta), hasta

su extremo sur (borde occidental del Macizo de Garzón), a través de los Santanderes y de la región de Floresta. En su forma más característica esta magmatización da origen a cuerpos graníticos rodeados y cubiertos por un techo riolítico, del cual están separados por una zona de microgranitos. Es este el caso del Macizo de Santa Marta (13), del complejo ígneo de Ipapure (Guajira) (11), del batolito entre Ocaña y Sardinata (Santander del Norte). Muchas veces, por ejemplo, con gran evidencia en el batolito entre Ocaña y Sardinata, el granito aflora sólo después que la erosión ha eliminado el techo riolítico. También donde el emplazamiento de la masa ígnea no ha dado origen a la sucesión descrita (granito-microgranito-riolita), los granitos ercínicos están acompañados por rocas hipobasales y a veces de tipo riolítico, evidentemente relacionados en cuanto a su génesis con la misma masa ígnea que originó los granitos (s. l.).

Es este, por ejemplo, el caso: del plutón de Parashi (Guajira) (11) (14) que resulta de la asociación íntima de granodiorita con grandes diques microgranodioríticos; del complejo magmático del Páramo de Berlín (Santander), constituido por una masa granítica central (Páramo de Berlín) y por una corona irregular de microgranitos porfíricos que atraviesan las migmatitas más antiguas (California, Vetas), dando lugar a masas de cierta importancia y a filones, algunos de los cuales se encuentran muy lejos del centro principal y atraviesan el Carboniano de Bucaramanga (JULIVERT, comunicación privada); este es también el caso de las masas magmáticas (de tendencia sienítica y por lo general potásicas) del borde W del Macizo de Garzón (15), cuyas prolongaciones filonianas micrograníticas porfíricas atraviesan los sedimentos neríticos del Carboniano al E de La Jagua, yacientes sobre las anatexitas del Macizo (G. BOTERO, comunicación privada).

A este mismo sistema de manifestaciones magmáticas se pueden agregar las riodacitas de la Serranía de Perijá (región de Manaure-Villanueva) (12) y tal vez también las monzonitas de Dolores (Tolima), cubiertas por una serie volcánica (riolitas, dacitas, andesitas) anterior al post-Payandé, descritas por H. W. NELSON (5) en la Cordillera Central: desafortunadamente las ideas de este autor no están claramente expresadas, pues él habla antes de unos yacimientos cupríferos tipo "porphyry copper" de la región como genéticamente relacionados con las monzonitas; poco adelante de una fase de erosión anterior a la deposición de la serie volcánica, y por fin de una relación entre esta serie y la mineralización cuprífera misma.

Es posible que también las pegmatitas de Santander pertenezcan a este gran ciclo magmático.

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

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

El volcanismo, del cual se trata en este párrafo, está expresado por la presencia de andesitas, espilitas, basaltos y de sus correspondientes

hipoabisales a través de las areniscas rojas tipo La Quinta de la Perijá y Cojoro de la Guajira (12), (11), (14), las cuales representan el producto de la erosión de la paleo-cordillera andina oriental (Cordillera ercínica). Las lavas son sin duda anteriores de la transgresión cretácea (¿Hauteriviano?, ¿Albiano?) y se pueden referir por lo tanto al Jura-Triásico.

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

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

El volcanismo geosinclinal del Occidente Andino hace parte, como lo anota muy claramente T. OSPINA (8) en su obra fundamental sobre la geología de los Andes Colombianos, de uno de los más grandes y majestuosos fenómenos magmáticos reconocidos en la corteza terrestre. Se trata de rocas porfiríticas básicas, a veces diabásicas que se encuentran en continuidad a lo largo de todo el inmenso arco andino, en cuyas distintas partes han recibido nombres diferentes (formación diabásica, formación porfirítica, etc.). Su edad se puede definir como Jura-Cretácea y corresponden a la subida de magmas primarios durante sucesivas subsidencias del geosinclinal andino propiamente dicho.

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

#### 5) *El magmatismo mesozoico circumpacífico.*

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

La anatexia y la contaminación de sus productos, que se originaron en el gran geosinclinal andino circumpacífico, provocaron en ese tiempo la subida de toda una serie de masas magmáticas intrusivas de tipo alcali-cálcico. Recordaré, entre las más importantes en Colombia: el gran batolito diorítico y cuarzo-diorítico de Antioquia, las tonalitas de Cali (Farallones de Cali), las rocas similares de los Farallones de Citará (oeste de Andes y Bolívar), las dioritas de Amagá en Antioquia, las masas de Tuluá y las de Nariño. La mayoría de estas masas ígneas aparecen como tardí o post-tectónicas y parecen seguir una subida de magmas sintectónicos,

entre los cuales creo que se puedan mencionar las granititas descritas por GROSSE (2) en Antioquia y consideradas precámbricas por él, debido a su concepto errado sobre la edad de las rocas metamórficas de aquella región.

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

6) *El volcanismo eoterciario del Occidente Andino.*

El volcanismo eoterciario está localizado al margen de las grandes fosas geosinclinales del Occidente Andino. Se halla, así, en dos regiones geográficas distintas: la región del Cauca, a la altura de los Departamentos de Antioquia y Caldas, y la región litoral del norte del Chocó. Este volcanismo es prevalentemente andesítico-basáltico en la región central, en donde las lavas se hallan acompañadas por una gran cantidad de productos sub-aéreos, cenizas y a veces brechas volcánicas. A pesar de su extensión, aparece prácticamente estéril y no será mencionado más en este trabajo.

7) *Los magmas básicos eoterciarios del Chocó.*

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

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

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

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

En diferentes puntos el Cretáceo de la Cordillera Oriental está mineralizado: no hay más que recordar las universalmente conocidas mineralizaciones esmeraldíferas de Muzo, Chivor y Somondoco, y las cupríferas menos conocidas pero igualmente extensas, por lo menos en cuanto se refiere a distribución superficial de indicios, (La Palma, Yacopí, Monquirá, etc.), sin que se conozcan rocas ígneas terciarias con las cuales relacionarlas.

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

10) *El volcanismo andino cenozoico.*

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

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

Estas andesitas representan el volcanismo subsecuente de la orogénesis andina.

## II. LAS MINERALIZACIONES

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

1) *Las mineralizaciones ercínicas.*

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

Las mineralizaciones más conocidas y más importantes son las de Santander. Se trata por lo general de yacimientos de galena, blenda y pirita, que se hallan en filones encajados en las rocas hipoabisales. Uno de estos yacimientos (Filón de San Celestino, California, Santander), estudiado recientemente por P. F. PAGNACCO (9) resultó ser de tipo subvolcánico. Las piritas son por lo general auríferas, y por esto son explotadas por pequeños mineros, casi siempre en forma muy primitiva. En California se explota también uranio, que se halla esparcido en la ganga cuarzosa.

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

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

uranio, berilo, volframatos, etc., y un estudio detenido de éstas es altamente aconsejable.

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

## 2) *Las mineralizaciones del volcanismo básico del Mesozoico inferior.*

En estos terrenos existen y son bien conocidas las mineralizaciones cupríferas de la región de Valledupar (Serranía de Perijá).

A estas mineralizaciones han sido dedicados largos esfuerzos del Ministerio de Minas y Petróleos y los estudios principales se deben a R. WOKITTEL (17) y a la comisión compuesta por G. CHAMPETIER DE RIBES, P. F. PAGNACCO, L. RADELLI, G. WEECKSTEEN, la cual operó en el curso de 1961.

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

P. F. PAGNACCO (10), con base en sus estudios microscópicos, relaciona la mineralización con granitos post-jurásicos no aflorantes. Durante un tiempo esta idea ha sido también la del autor, pero hoy en día se considera que estas afirmaciones necesitan ser comprobadas por los resultados de sondeos profundos, y esto por distintas razones, a saber: el material de estudio (material aflorante) está constituido principalmente por minerales oxidados; un enriquecimiento desde las zonas geomorfológicamente más elevadas hacia las más profundas, apenas es perceptible, o no lo es del todo; falta cualquier testigo reconocible de una intrusión de rocas ígneas abisales, que puedan haber dado origen al yacimiento. Por lo tanto, creo que el problema debe ser considerado todavía como de discusión, pues es posible que la mineralización profunda no sea más importante de la visible en la superficie y que su génesis esté estrictamente relacionada con el emplazamiento de las lavas y de sus correspondientes hipoabisales, como parece sugerirlo la misma localización de los indicios mayores a lo largo de una línea que se puede considerar como la de un antiguo volcán de fisura.

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

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

El único elemento metálico que se encuentra con cierta frecuencia asociado con estas rocas es el manganeso. Este se halla en forma de óxidos

en pequeñas concentraciones, algunas de las cuales han sido explotadas esporádicamente por la industria del vidrio.

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

#### 4) *Mineralizaciones del magmatismo circumpacífico mesozoico.*

En todo el sector andino es éste el ciclo magmático con el cual están relacionadas las mineralizaciones más importantes (por ejemplo: Cerro de Pasco, Chuquicamata, etc.).

La provincia magmática circumpacífica, además de tener enorme importancia geológica, tiene también en Colombia un lugar prominente por cuanto se refiere a la metalogénesis. Las regiones históricamente mineras de la República coinciden en realidad principalmente con aquellas en las cuales aflora esta provincia magmática.

Sobrepasa los límites de este trabajo indicar todas las mineralizaciones conocidas de este grupo, que ocuparían una lista muy larga, y el interesado podrá encontrarlas entre las que cita R. WOKITTEL (18): ellas se extienden alrededor y en el interior de casi todas las masas magmáticas de este ciclo y están conocidas especialmente en la zona de la Cordillera Central, debido a que la región de la Occidental se halla en condiciones de escasa penetración.

Se trata de mineralizaciones prevalentemente de tipo filoniano, con pirita, galena, blenda con ganga cuarzosa, que parecen extenderse a través de todo el campo hidrotermal, alcanzando tal vez hacia abajo el pegmatítico-neumatolítico.

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

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

Entre las minas explotadas se menciona especialmente la mina de Segovia, la más importante, porque lo está con criterios técnicos y medios modernos.

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

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

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

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

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

6) *Las mineralizaciones de la provincia hipoabisal neoterciaria de Antioquia-Caldas.*

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

Estas mineralizaciones se hallan tanto en el interior de las masas magmáticas (por ejemplo, Marmato), como en el contacto entre éstas y las rocas metamórficas y sedimentarias encajantes (por ejemplo, Titiribí para el primer tipo, Combia para el segundo).

Las minas más conocidas y más importantes en este grupo son las de Marmato (Caldas) y Titiribí (Antioquia), mientras que otras, abandonadas o en explotación, de tipo muy primitivo, son las de Quinchía, Riosucio, etc.

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

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

Es esta una de las más importantes mineralizaciones colombianas, y el hecho de que no proporcionen hoy en día un mayor beneficio a la Nación se debe sólo a que la explotación de las minas está confiada muchas veces a la buena voluntad de pequeños y ocasionales mineros, y por lo general a un personal no bien capacitado, así que la explotación se vuelve muchas veces un saqueo. A consecuencia de esta situación, también las minas de Marmato se encuentran ya muy próximas a su muerte, y no por agotamiento de mineral, sino por la imposibilidad de continuar su aprovechamiento, perjudicado por un irracional e irreparable enredo de galerías que atraviesan la montaña en todo sentido, eliminando toda posibilidad de trabajo dentro de límites normales de seguridad.

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

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

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

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

### CONCLUSIONES

Este cuadro, a pesar de ser muy incompleto, hace ver que todas las partes del territorio nacional no presentan *a priori* el mismo interés minero. Como existe una distribución geográfica bastante bien reconocible de los diferentes ciclos magmáticos, lo dicho permite también establecer los grandes rasgos de la que podría ser una búsqueda sistemática y racional de yacimientos minerales en el país. La primera etapa tendría necesariamente que ser la del reconocimiento geológico preciso de todas las rocas ígneas de distinta edad, y al mismo tiempo tendría que ser desarrollado un estudio genético de todos los yacimientos conocidos o que se encuentren a medida que vayan adelantándose las investigaciones propiamente geológicas, para establecer en una forma precisa las relaciones entre magmatismos y metalogénesis. Principalmente estos trabajos tendrían que ser enfocados sobre las Cordilleras Central y Occidental y la región santandereana de la Cordillera Oriental, así como sobre los límites septentrionales del Macizo de Quetame. Lo mucho que se ha hecho hasta ahora en este campo por cuenta del Servicio Geológico Nacional es todavía insuficiente para elevar la búsqueda minera desde el nivel del antiguo minero que penetraba en la montaña en busca de fortuna, al de una investigación técnica modernamente evolucionada.

Los medios que se requieren para un plan de trabajo geológico fundamental no son enormes, y de todas maneras son nada con respecto a los que se desperdiciarían en una búsqueda desorganizada, que permite llegar por lo general al reconocimiento de indicios que difícilmente se pueden evaluar.

Bogotá, junio de 1962.

### BIBLIOGRAFIA

- (1) GANSSE, A.—Ein Beitrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta; Schweiz. Min. Petr. Mitt., vol. 35, 1955.
- (2) GROSSE, E.—El Terciario Carbonífero de Antioquia; Dietrich Reimer E. Vohsen, Berlín, 1926.
- (3) HUBACH, H.—Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia; Informe 1212, Serv. Geol. Nal. de Colombia (en imprenta).

- (4) NELSON, H. W.—Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia: Sección entre Ibagué y Armenia; Informe 1.000, Serv. Geol. Nal. (en imprenta).
- (5) NELSON, H. W.—Contribución al conocimiento de la región ígnea entre Prado, Dolores, Alpujarra y Natagaima, en el Departamento del Tolima; Informe 904, Serv. Geol. Nal., 1953 (inédito).
- (8) OSPINA, T.—Reseña de Geología de Antioquia; Ass. Col. Min., 1911.
- (9) PAGNACCO, P. F.—Estudio minerogenético del filón uranífero de San Celestino (California, Santander); Geol. Col. N° 1, 1962, Bogotá.
- (10) PAGNACCO, P. F.—Cupriferous mineralizations in the Serranía de Perijá between Codazzi and Molino; Geol. Col. N° 2, 1962, Bogotá.
- (11) RADELLI, L.—Las dos granitizaciones de la Península de la Guajira; Geol. Col. N° 1, 1962, Bogotá.
- (12) RADELLI, L.—Acerca de la geología de la Serranía de Perijá entre Codazzi y Villanueva; Geol. Col. N° 1, 1962, Bogotá.
- (13) RADELLI, L.—Introducción al estudio de la geología y de la petrografía del Macizo de Santa Marta; Geol. Col. N° 2, 1962, Bogotá.
- (14) RADELLI, L.—El basamento cristalino de la Península de la Guajira; Bol. Geol. (Colombia), vol. VIII.
- (15) RADELLI, L.—Introducción al estudio de la petrografía del Macizo de Garzón (Huila); Geol. Col. N° 3, 1962, Bogotá.
- (16) WOKITTEL, R.—Bosquejo geográfico y geológico de la Sierra Nevada de Santa Marta y de la Serranía de Perijá; Bol. Geol. (Colombia), vol. 5, N° 3, 1957.
- (17) WOKITTEL, R.—La formación cuprífera de la Serranía de Perijá (Intend. de la Guajira y Depto. del Magdalena), Bol. Geol. (Colombia), vol. 5, N° 3, 1957.
- (18) WOKITTEL, R.—Recursos minerales de Colombia; Comp. Est. Geol. Of. en Colombia. Tomo X, 1960.

# **GEOLOGIA DEL NORESTE DE BOGOTA**

POR  
**GUILLERMO UJUETA LOZANO**  
GEOLOGO

---

INFORME No. 1412

---

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1962

## CONTENIDO:

RESUMEN . . . . .	27
INTRODUCCIÓN . . . . .	31
ESTRATIGRAFÍA . . . . .	35
FORMACIÓN VILLETA . . . . .	35
FORMACIÓN GUADALUPE INFERIOR . . . . .	36
FORMACIÓN GUADALUPE SUPERIOR . . . . .	37
Nivel de Plaeners . . . . .	37
Nivel de Areniscas de Labor . . . . .	38
Arenisca Tierna . . . . .	39
FORMACIÓN GUADUAS . . . . .	40
FORMACIÓN BOGOTÁ . . . . .	40
CUATERNARIO . . . . .	41
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL . . . . .	41
CONCLUSIONES . . . . .	43
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	44

## R E S U M E N

Se presenta la geología del Noreste de Bogotá en un área que cubre 225 km.<sup>2</sup> y que ocupa la esquina sur occidental de la plancha K-11 del Mapa Geológico de Colombia, escala 1:200.000.

Las rocas más antiguas expuestas en la región pertenecen a la parte superior de la formación Villeta, de edad Cenomaniano alto, y a la formación Guadalupe inferior de edad Turoniano-Coniaciano. La mayor parte del área está cubierta por sedimentos marinos del Cretáceo superior, formación Guadalupe superior y sedimentos continentales del Cretáceo superior y del Terciario inferior, formaciones Guadalupe y Bogotá.

La formación Guadalupe superior se presenta bajo unidades litoestratigráficas, de acuerdo con Hubach, aun cuando se dan los límites cronológicos de ella. Se introduce una subdivisión en el llamado por él nivel de Plaeners, restringiendo la denominación a su parte inferior y llamando nivel de Areniscas de Labor a su parte superior. Los fósiles encontrados hasta ahora son escasos a través de la mayor parte del Guadalupe superior, pero localmente vienen a ser abundantes en la parte superior del nivel de las Areniscas de Labor y en el nivel de Plaeners, y comprenden: foraminíferos, gasterópodos, amonitas y lamelibranquios.

El área estuvo sujeta a fuertes perturbaciones tectónicas, acaecidas probablemente con posterioridad al Terciario inferior, lo cual explica la falta de estructuras continuas.

## A B S T R A C T

This report describes the geology NE of Bogotá, covering an area of 225 km.<sup>2</sup> located in the south west corner of the sheet K-11 of the Geologic Map of Colombia, scale 1:200.000.

The oldest exposed rocks of this area belong to the Upper Villeta Formation (Upper Cenomanian) and to the Lower Guadalupe Formation (Turonian-Coniacian). A large part of the area is covered by marine sediments of the Upper Guadalupe Formation (Upper Cretaceous) and continental sediments of the Formations Guadalupe and Bogotá (Upper Cretaceous and Lower Tertiary).

The lithostratigraphic units of the Upper Guadalupe Formation are in agreement with the studies of Hubach, although the chronological limits of the two extremes have been determined. The author introduces a subdivision of the member which Hubach refers to as the "Nivel de Plaeners", restricting this name only to the lower part and calling the upper part the "Areniscas de Labor". Fossils are generally lacking in the Upper Guadalupe, but are locally abundant in the upper part of the member "Areniscas de Labor" and in the member "Nivel de Plaeners", and are, for the most part, foraminifera, gastropods, ammonites and lamellibranchs.

This area has been subjected to strong tectonic disturbances, most probably occurring after lower Tertiary, which explains the lack of continuous structures.

## LISTA DE ILUSTRACIONES

- Figura 1. — Mapa Indice . . . . . 33
- Foto 1. Inversión de Arenisca Dura de la Formación Guadalupe Superior. Carretera Bogotá-La Calera, Km. 1,3.
- Foto 2. Punto de inversión, estratos inferiores de la Arenisca Dura. Km. 2,0 de la Carretera Bogotá-La Calera.
- Foto 3. Exposición típica de la parte inferior de las Areniscas de Labor. Quebrada del Higuero.
- Foto 4. Contacto entre la Arenisca Tierna y las Areniscas de Labor y localización del nivel fosilífero de las Láminas V, VI y VII.
- Foto 5. Meteorización típica de la Arenisca Tierna, Alto de Piedras, sobre la sierra de Bogotá.
- Foto 6. Estratificación cruzada en Arenisca de la Formación Guaduas. Valle del río Teusacá, 2 Kms. al SW de La Calera.
- Foto 7. Falla de Cabalgamiento del Teusacá.
- Lámina I. Fósiles de las Formaciones Villeta y Guadalupe Inferior.
- ” II. Fósiles de la Formación Guadalupe Inferior.
- ” III. Fósiles de la Formación Guadalupe Inferior.
- ” IV. Lamelibranchios del nivel de Areniscas de Labor, parte inferior.
- ” V. Fósiles del nivel de las Areniscas de Labor, parte superior.
- ” VI y VII. Amonitas del nivel de las Areniscas de Labor, parte superior.
- Figura 2. Columna estratigráfica del límite Guadalupe inferior y Villeta superior en la Siberia.
- Figura 3. Columna estratigráfica de la Arenisca Dura y tope del Guadalupe inferior.
- Figura 4. Columna estratigráfica de la Arenisca Tierna, Areniscas de Labor y Nivel de Plaeners.
- Figura 5. Mapa Geológico del Noreste de Bogotá.
- Figura 6. Corte Geológico al Este de Bogotá.

## INTRODUCCION

*El área estudiada se encuentra localizada al noreste del Distrito Especial de Bogotá; tiene una longitud y anchura máxima de 15 kms., con una superficie de 225 km.<sup>2</sup>, e incluye parte de los Municipios de Bogotá, La Calera y Choachí (Ver mapa índice, fig. 1).*

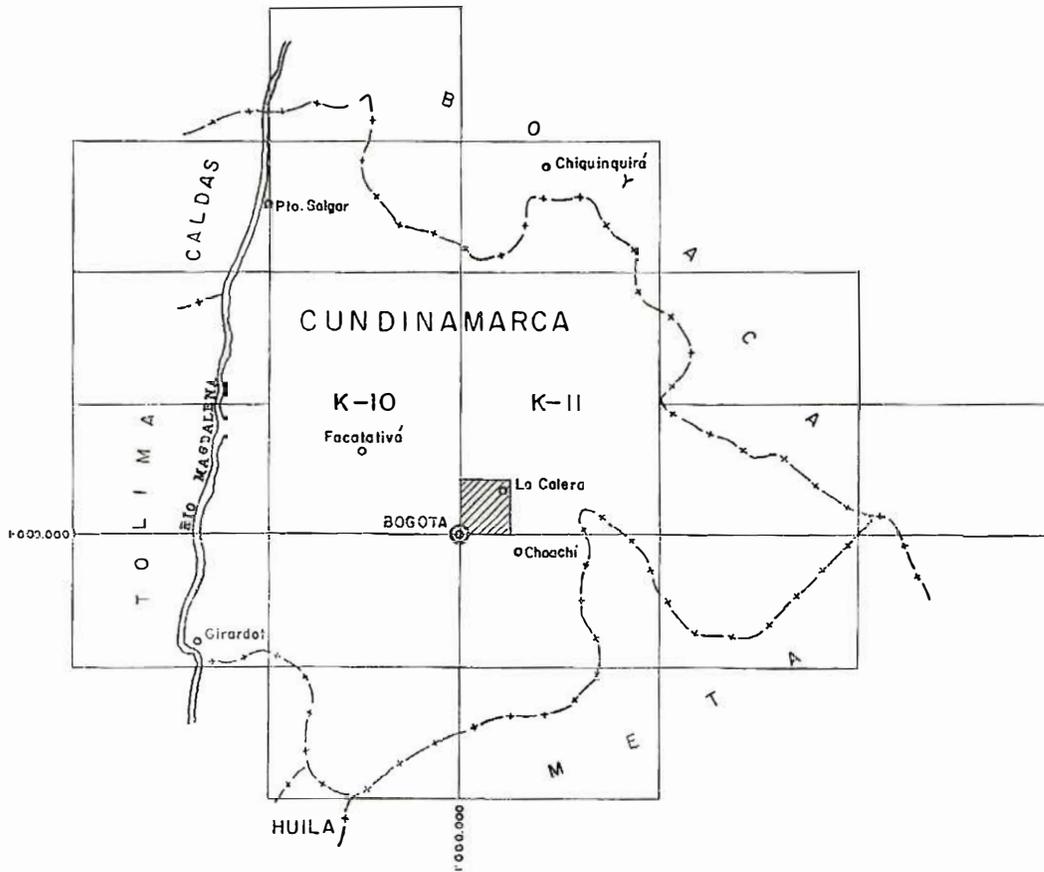
*Es un área de relieve montañoso, en la cual la zona de menor elevación corresponde en la Sabana de Bogotá a la curva de nivel de 2.600 m. de altura, y la parte más alta se encuentra sobre la diviosoria de aguas (Magdalena-Orinoco) en el Alto del Sarnoso, a 3.400 m. sobre el nivel del mar. La corriente principal de drenaje es el río Teusacá.*

*El propósito del presente informe es presentar los resultados del reconocimiento geológico del área en forma detallada.*

*Los trabajos de campo se llevaron a cabo en marzo de 1960 y septiembre de 1961. Se levantaron a brújula y cinta la carretera Bogotá-La Calera y algunos carreteables. La carta geológica se trazó usando como base las planchas topográficas 228 III C y III A a escala 1:25.000, elaboradas por el "Instituto Geográfico Agustín Codazzi".*

*El autor agradece a los señores Quintero y Miranda, fotogeólogos del Servicio Geológico, su ayuda inicial en la interpretación tectónica de las fotografías aéreas. A la señora Nuria Solé de Porta, quien hizo la determinación palinológica de las muestras colectadas, y al doctor Hans Bürgl la clasificación de algunos de los fósiles encontrados en el área.*

MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL



MAPA INDICE

▨ ZONA ESTUDIADA

INFORME N° 1412

Fig. 1

## ESTRATIGRAFIA

Los estratos que afloran en el área estudiada (Fig. 5), fluctúan en edad desde Cenomaniano Superior, hasta el Eoceno Inferior. Además, se presenta el cuaternario sin diferenciación.

Los sedimentos han sido agrupados en las siguientes formaciones:

1ª *Formación Villeta*, con sedimentos de edad Cenomaniano Superior.

2ª *Formación Guadalupe inferior*, de edad Coniaciano-Turoniano.

3ª *Formación Guadalupe superior*, que comprende: Arenisca Dura, nivel de Plaeners, nivel de Areniscas de Labor, y Arenisca Tierna; su edad fluctúa entre Coniaciano y Maestrichtiano superior.

4ª *Formación Guaduas*, de edad Maestrichtiano superior y Paleoceno.

5ª *Formación Bogotá*, de edad Paleoceno a Eoceno inferior, y

6ª Depósitos superficiales de edad cuaternaria.

Los espesores de los niveles de la formación Guadalupe superior dados en el presente informe, han sido medidos dentro del área estudiada, con excepción de la Arenisca Dura y su contacto con la formación Guadalupe inferior.

La formación Guadalupe superior abarca gran extensión y forma casi exclusivamente las rocas de las serranías, con gran predominio de las Areniscas de Labor que en esta zona se hallan muy trituradas.

## FORMACION VILLETA

Los sedimentos pertenecientes a la formación Villeta, Cretáceo inferior, afloran en la calera de La Siberia que explota "Cementos Samper". (Ver fig. 5).

La base de la formación no se observa en el área. El tope de la formación se localizó donde las arcillas del Villeta dan paso en forma normal a las areniscas de la base del Guadalupe inferior, y que a base de los fósiles allí presentes, se ha tomado también como límite Cenomaniano-Turoniano.

La sección medida allí (ver fig. 2), con un espesor visible de 120 m., representa una pequeña parte del total de la formación, y consta de:

arcillas negras piritosas, arcillas grises con intercalaciones delgadas de arenisca blanca finogranular, y hacia el tope arcillas fisibles grises oscuras que contienen nódulos calcáreos hasta de 25 cm. de diámetro, las cuales son las rocas dominantes. Intercalados en la sección se encuentran lechos delgados de caliza color gris oscura a gris clara, con pequeñas intercalaciones arcillosas, que en conjunto alcanzan a formar bancos entre 1 y 3 m. de espesor.

Los fósiles encontrados en la cantera incluyen: *Calycoceras specimen*, pertenecientes al Cenomaniano, y *Exogyra squamata D'Orbigny*, considerada como guía del límite Cenomaniano-Turoniano (ver lámina I). Parece que la *Exogyra squamata D'Orbigny* tiene un rango amplio y que pueden existir varios niveles que la contengan: se han observado cinco niveles con este fósil a 70 m., estratigráficamente encima de la Arenisca de Une (Cáceres y Barrero, comunicación verbal), por lo cual no parece acertado tomarla como fósil guía del límite Cenomaniano-Turoniano. Sin embargo, puede decirse que el nivel más alto donde ella aparece es el Turoniano.

#### FORMACION GUADALUPE INFERIOR

El contacto entre la formación Villeta y la formación Guadalupe inferior es concordante en el único afloramiento hallado en el área de estudio.

En la calera de La Siberia (fig. 2), se presenta la sucesión estratigráfica de la parte inferior de la formación, de la cual se midieron 180 m., los cuales están constituidos por una secuencia de bancos pequeños de areniscas arcillosas blancas, caliza gris a marrón clara, con un espesor apreciable de 48 m., arcillas fisibles negras que contienen capitas de yeso primario y arcillas negras deleznable. En estos sedimentos se presentan manchas de asfalto hasta de 10 cm. de diámetro.

En cuanto al límite provisional Turoniano-Coniaciano, se trazó con base en los fósiles colectados y es sólo aproximado, pues podría colocarse en cualquier punto entre un fósil Turoniano colectado (lámina I y fig. 2), y algunos fósiles Coniacianos encontrados allí. Estos fósiles (ver láminas II y III), se presentan en una capita brechosa y delgada que contiene abundantes nódulos fosfáticos de tamaño no mayor de 5 mm. de diámetro, subangulares, de color negro, brillantes en la superficie y asociados con dientes de peces, lo cual indica disconformidad o diastema, cuya magnitud no se puede precisar. Sin embargo, el hecho de que los fósiles se encuentran fragmentados y recubiertos por el material fosfático es una evidencia de retrabajo, lo cual indicaría una diastema submarina.

Dentro del área no aflora una sección completa del Guadalupe inferior; por tanto, no se hace ninguna descripción de la parte intermedia entre los sedimentos de la base antes descrita y los sedimentos presentes hacia el tope de la formación, que en los 135 m. medidos, 2 km. al SE de Soacha, sobre la quebrada "El Salero", consta de una sucesión monótona de arcillas negras deleznable y potentes que contienen algunas capitas delgadas de areniscas negras compactas y fosfáticas de grano fino. En estas arcillas negras se encuentran *Inoceramus* y *Didymotis spec.*; estos sedimentos pasan gradualmente a una sucesión de arcillas grises oscuras a claras, intercaladas con arenas arcillosas.

Dentro de la zona estudiada se presenta la parte superior del Guadalupe inferior en la hoya del río San Francisco, entre el Cerro de Monserrate y el cerro de Santa Bárbara al sur, y se extiende hasta los nacimientos de la quebrada La Vieja al norte, formando el núcleo del anticlinal invertido de Bogotá.

#### FORMACION GUADALUPE SUPERIOR

##### *Arenisca dura.*

El límite entre el Guadalupe inferior y el Guadalupe superior sería la zona en la cual se nota el cambio de la facies arcillosa y negra a la facies arenosa y clara. Este contacto queda bien definido por el cambio brusco en la topografía.

El nivel de la Arenisca Dura, medido en la quebrada de "El Salero", 2 km. al sureste de Soacha, alcanza una potencia de 380 m., (ver fig. 3), tanto su contacto inferior como su contacto superior son concordantes. Este nivel está constituido aproximadamente por un 89% de areniscas y un 11% de arcillas, arcillas silíceas y algunas capas de chert, estas últimas sobre todo concentradas hacia la base. La arenisca es típicamente gris clara a blanca, los colores amarillos claros presentes se deben a coloración causada por óxidos de hierro, es compacta, predominantemente de grano fino y ocasionalmente de grano medio, se presentan además uno o dos lechos delgados de arenisca de grano medio y friable. La arenisca es masiva, formando lechos de 2 a 5 m. de espesor, separados por capas delgadas de arena arcillosa o arcilla de colores claros con espesores de 1 a 5 cm.; localmente se presenta finamente estratificada.

El material intercalado consta de arcillas grises claras, arcillas silíceas grises a marrón claro, y capas de 5-15 cm. de espesor de chert gris claro.

La Arenisca Dura forma las cimas de los escarpes que rodean la Sabana de Bogotá dentro del área en estudio y es diferenciable de las otras unidades arenosas por su gran espesor característico. Litológicamente las areniscas de este nivel se parecen mucho a las del nivel de Areniscas de Labor.

En algunos lechos se encuentran restos de foraminíferos, y hacia la parte superior de la unidad algunos restos de lamelibranquios.

#### NIVEL DE PLAENERS

En el Guadalupe superior, el horizonte medio, comprendido entre la Arenisca Dura y la Arenisca Tierna, de acuerdo con Hubach, corresponde al nivel de Plaeners, y fue definido así: "El horizonte medio consta de los plaeners, formados de cintas planas y paralelas de lalitas arcillosas, margosas y puras (vulgarmente "Piedra panelita"), con intercalación de arcillas gredosas silíceas adherentes (Saugschiefer), de arenisca lajosa con ondaje (ripple-marks) y de la Arenisca de Labor compacta de 5 a 8 m. de gruesa, que es la que se utiliza como piedra de revestimiento en los edificios y monumentos (tipo Terreno).

Se introduce aquí una subdivisión del nivel de Plaeners descrito por Hubach, en la siguiente forma: "se restringe la denominación del nivel de Plaeners a la parte inferior de carácter arcilloso (125 m. de espesor) y se llama nivel de Arenisca de Labor a la parte superior".

Este nivel de Plaeners así diferenciado se presenta con características tales como el gran contenido de foraminíferos en sus sedimentos, su condición arcillosa y arcilloso-silíceo muy marcada y las intercalaciones frecuentes de capas de areniscas blancas porosas, causadas probablemente por solución de los foraminíferos. Estas características hacen que este nivel sea poco resistente a la erosión, por lo cual se revela topográficamente en forma de una depresión en el terreno, que se reconoce fácilmente en la Sabana de Bogotá, como ha sido comprobado por el autor en el área Tabio-Chía, al sur de Soacha, lo mismo que en la zona de estudio.

En la Sección media, en el camino que de la "Bella Suiza", 1 km. al norte de Usaquén, sale para la estación "Cuchilla" sobre la Sierra de Usaquén, y que se presenta en la figura 4, anexa a este informe, consta de una sucesión de: arcillas azulosas con abundantes foraminíferos, bancos de "chert", arcillas grises, marrones, grises y azulosas, blancas y grises verdosas.

Distribuidas en la sección se encuentran capas de areniscas porosas (solución de foraminíferos) con espesores variables entre 2 cm. y 1.30 m. Además, se presentan en este nivel capas cuarcíticas finamente bandeadas: lutitas hojosas marrones a moradas, lutitas finamente laminadas grises a marrones claras, arcillas arenosas marrones con bandas violáceas y areniscas blancas de grano muy fino en bancos de 10 cm. de espesor, con intercalaciones de arcillas arenosas de 1-5 cm. de espesor.

En zona donde por falta de afloramientos fue imposible separar el nivel plaeners del nivel de Areniscas de Labor, se cartografiaron ambos como nivel de Areniscas de Labor. Los fósiles presentes en este nivel son: Siphogenerinoides ewaldi KARSTEN, Ostrea tecticoستا CABB, Ostrea falcata MORTON, Siphogenerinoides clarki CUSHMAN & CAMPBELL, Lima? spec. vértebras y aletas de peces.

#### NIVEL DE ARENISCAS DE LABOR

Este nivel descansa conformablemente sobre el nivel de Plaeners ya descrito, y su paso se hace en forma gradual de los sedimentos arcillosos de la parte superior del nivel anterior, a sedimentos más arenosos del nivel de Areniscas de Labor.

Alrededor de un 40% de los 180 m. medidos para este nivel (ver fig. 4), consta de arcillas y arcillas silíceas bien estratificadas, de color pardo, gris claro con estrías violetas y a veces gris oscuro, con ocurrencia de lechos delgados (5 a 10 cm.) del mismo material, pero más endurecidos y silíceos, con apariencia de "chert" y fractura concoidea. Estos sedimentos arcillosos son más abundantes hacia la parte media y superior de la unidad. Es interesante la presencia de nódulos alargados, hasta de 70 × 20 cm. de un material blanco a muy blanco (sílice amorfa), dentro de las arcillas silíceas, 140 m. estratigráficamente encima del límite con el nivel de Plaeners, los cuales son contemporáneos con la deposición, como se nota en su relación con los planos de estratificación. Estos nódulos

los alargados han sido observados también en otras localidades (Tabio, Chía, sur de Soacha), dentro de este mismo nivel. El 60% restante de la unidad lo forman las areniscas que se utilizan como piedra para enlucir edificios, con un espesor total de 100 m., las cuales son generalmente masivas, en bancos hasta de 5 m. de espesor, y raras veces presentan estratificación delgada (ver foto número 3); su aspecto macroscópico es muy similar a las areniscas del nivel de Arenisca Dura.

Hasta ahora no se conocen fósiles guías de este nivel. Los fósiles encontrados se aprecian en las láminas IV, V, VI y VII, los cuales serán enviados a especialistas para su determinación. Entre éstos aparecen: *Exogyra aff constata* SAY, *Trigonia spec.* *Breviarcas spec.* *Sphenodiscus?*, etc.

Los fósiles anteriores fueron colectados 20 a 30 m. estratigráficamente debajo del límite con la Arenisca Tierna, en arcillas claras con estrías violetas y arcillas verdosas claras en bancos masivos de 50 a 80 cm. de espesor, e intercaladas por arenisca de grano fino, compactas, en lotes también delgados (foto número 4), sucesión que hacia la Arenisca Tierna se hace cada vez más arcillosa y consta de arcillas marrones claras, verdes claras, finamente bandeadas, y areniscas arcillosas blancas, también en capas muy delgadas. Este contacto se muestra muy bien sobre el camino del Meta, que conduce de la estación La Cuchilla, sobre la Sierra de Usaquén, a La Calera (fig. N° 5).

#### ARENISCA TIERNA

El límite entre las Areniscas de Labor y la Arenisca Tierna ha sido colocado donde se muestra un cambio brusco en la textura y estructura de las areniscas que forman los dos niveles en consideración. Las primeras son de grano fino y compactas, las segundas son de grano medio a grueso (en partes guijarrosas), friables y con estratificación cruzada muy marcada.

El máximo espesor medido para esta arenisca en el área de estudio alcanza a 90 m. (ver fig. 4), y consta de areniscas blancas en bancos de 1.5 a 3 m. de espesor, con interbancos arcillosos y arcillo-arenosos grises claros, hasta de 15 m. de espesor. En el kilómetro 21 de la carretera Bogotá-Choachí, los interbancos presentes en estas areniscas son de color gris oscuro, de 1 a 2 cm. de espesor, y las areniscas muestran allí pequeños puntos limoníticos, producto de alteración de la glauconita que contienen y que señalan su carácter marino. Probablemente una solución y redeposición de sílice endurece esta arenisca externamente, lo cual ha dado lugar a que algunos autores la consideren como muy dura. Se diferencia de las areniscas pertenecientes a la formación Guaduas y de la arenisca de Cacho, porque es más limpia (no contiene partículas oscuras carbonosas), y mejor seleccionada, y además presenta una meteorización muy típica que depende del cemento que contiene (ver foto número 5).

Su distribución dentro del área es la siguiente: aparece como pequeños remanentes en los flancos orientales de los anticlinales de Bogotá y de Usaquén y alcanza a aflorar en el flanco occidental de este último plegamiento, a la altura de la Bella Suiza. Se presenta también al norte de la Sierra de Usaquén y al este de la Estación Cuchilla, formando asimismo

la cubierta del Cerro del Sarnoso, de parte de la Cordillera de Piedra de Sal y del anticlinal de Matarredonda (ver fig. N° 5).

En este nivel no se han encontrado hasta ahora fósiles de ninguna especie.

#### FORMACION GUADUAS

Hubach dividió la formación en la Sabana en tres partes: la *inferior*, comprendida entre la Arenisca Tierna y la Arenisca "La Guía"; la *media*, entre la Arenisca "La Guía" y la Arenisca "Lajosa", y la *superior*, entre la Arenisca "Lajosa" y la Arenisca del Cacho.

El contacto de la Arenisca Tierna con la formación Guaduas, que consiste en otras localidades de una serie de arcillas oscuras con intercalaciones de lechos delgados de limolitas amarillas oscuras limoníticas, no se hace presente en la zona sino en la parte sur, sobre la Quebrada de Barroblanco.

El Guaduas inferior y medio consta de arcillas grises a marrones oscuras que incluyen lechos carbonosos y mantos de carbón de 50 cm. a 1.00 m. de espesor, que han sido explotados en algunas partes. Areniscas bien estratificadas, con marcas de olas y estratificación cruzada (ver foto N° 6), arcillas con pequeñas capas de carbón y abundantes restos de plantas (fragmentos de hojas), en la parte baja de la secuencia, indican una región de bajo relieve, probablemente cerca del nivel del mar.

El Guaduas superior, en cambio, consta de arcillas de colores verdes, grises hasta pardo-amarillas, achocolatadas y bermejas en su parte alta. Las areniscas de esta formación son friables a compactas, bien endurecidas, masivas a bien estratificadas, de grano fino a grueso, y aun conglomeráticas, de color amarillo claro hasta amarillo-pardo.

En series elaboradas en gran detalle, en la región de Guatavita se nota que los lechos de carbón explotables llegan hasta la parte superior de la formación (Nuria Solé de Porta, comunicación verbal), con un espesor aproximado de 1.000 m., espesor que en la zona estudiada no pasa de 600 m., faltando casi siempre la parte inferior de la formación.

Edad: ha sido establecida palinológicamente (Van der Hammen, 1957 b). El Guaduas inferior y medio es, en su totalidad, de edad maestrichtiana. El Guaduas superior es de edad maestrichtiana en su parte más baja, y de edad Paleoceno en su parte más alta. Dado que el límite exacto Maestrichtiano-Paleoceno no es siempre claramente visible en la litología, no se diferencié el Maestrichtiano del Paleoceno, y en el Mapa Geológico (fig. 5), aparece todo agrupado bajo un solo color.

#### FORMACION BOGOTA

Este conjunto está en sucesión concordante con la formación anterior, de la cual fue separada por Hubach, tomando como base la arenisca del Cacho y como límite superior la base de la arenisca conglomerática de la Regadera. Está compuesta en la base por 90 m. de la arenisca cuarzosa del Cacho, y formada por bancos de arenisca de color blanco y amarillo, poco coherente, de grano más o menos grueso y menudamente conglomerática, sobre todo en las capas inferiores. Con frecuencia presenta

estratificación cruzada y suele ser bastante ferruginosa, con vetas limoníticas que la hacen en parte dura en extremo, mientras que otras se pueden desmenuzar con los dedos. Está compuesta por granos subangulares de cuarzo y con un 5% más o menos de arcilla ferruginosa como material cementante. En la parte media de esta arenisca se presenta una zona arcillosa de colores diversos, es resistente a la erosión y forma cintas en la topografía. Siguen arcillas de color amarillo y verde claro y areniscas hasta de 5 a 20 m. de espesor. Los granos de las areniscas son redondeados a subangulares, de color amarillo hasta pardo y rojizo. Las arcillas están bien estratificadas en capas de 3 a 10 cm., variando el color desde blanco, gris y amarillo a rojo.

Edad: la parte inferior de la formación en la localidad típica se ha determinado como Paleoceno, y se infiere, por su gran espesor, que su parte superior alcance al Eoceno inferior.

#### CUATERNARIO

Depósitos de material inconsolidado cubren buena parte de la región; éstos consisten de: aluviones formados por fragmentos de rocas de diversos tamaños, más o menos angulares y de tipo predominantemente arcilloso, de colores variables: gris amarillento, pardo rojizo y aun abigarrados, provenientes de los materiales anteriormente descritos: depósitos fluviales constituídos por gravas de cantos rodados, arenas y arcillas; depósitos fluvio-glaciales, formados por gredas con bloques subredondeados y gredas claras con fragmentos angulosos de arenisca que muestran efectos de glaciación. Todos ellos de espesores variables, solamente se muestran en el Mapa Geológico, donde son extensos y gruesos (fig. 5).

#### GEOLOGIA ESTRUCTURAL

##### *Plegamientos.*

Antes de tratar los plegamientos mayores, conviene anotar la existencia de plegamientos de rango limitado que se observan en niveles plásticos, como resultado de fenómenos gravitativos del tipo de las "collapse structures" (fotos números 2 y 4), estudiadas por Julivert (Papel de la gravedad y la erosión en las estructuras del borde oriental de la Sabana de Bogotá, Boletín de Geología, Univ. Ind. Santander. N° 8 de 1961, en prensa). Es un hecho digno de atención que probablemente tenga una gran influencia en la tectónica de la Cordillera Oriental.

*Anticlinal de Bogotá.*—La parte occidental del área se halla ocupada por el Anticlinal invertido de Bogotá, cuyo eje tiene una dirección general N-S, con ligera desviación al Este. Corresponde la Sierra de Bogotá desde el río San Francisco hasta la quebrada de Los Molinos, en donde su eje se sumerge. El núcleo del anticlinal se halla ocupado por el Guadalupe Inferior; el resto lo constituye el Guadalupe Superior, y solamente en su flanco occidental aparecen los sedimentos terciarios. La inversión es hacia el Este, con buzamiento de 35°. La inversión está comprobada

por la sucesión de estratos, en la cual los más antiguos descansan sobre los más jóvenes. El mecanismo de inversión del anticlinal se observa claramente en la carretera Bogotá-La Calera (fotos números 1 y 2). Casi todo el Anticlinal de Bogotá está acompañado por fallas cruzadas más o menos perpendiculares al eje, que mueren en el flanco oriental.

*Anticlinal de Usaquén.*—Se encuentra en la parte N-W del área en estudio; su dirección general es aproximadamente N-S, y corresponde también con la Sierra de Usaquén; su estructura general queda establecida por los buzamientos y rumbos medidos, los buzamientos de las capas del flanco occidental del anticlinal fluctúan entre  $35^\circ$  y  $70^\circ$ ; los buzamientos de las capas del flanco oriental son en general más suaves que las del limbo occidental. Sobre este limbo se muestran inversiones parciales que parecen continuarse sobre este borde, y que en general se presentan hacia los bordes interiores de la Sabana. Este anticlinal se halla cortado en el Sur por la falla que se ha denominado en el Mapa Geológico (fig. 5), con el nombre de Falla de Usaquén.

Entre los dos anticlinales anteriormente descritos se encuentra un pequeño sinclinal con dirección general N-W — S-E, formado por la Arenisca Tierna.

*Sinclinal de Teusacá.*—A lo largo del río Teusacá se encuentra el sinclinal invertido del mismo nombre. La inversión es hacia el Este, en su flanco occidental, y se encuentra fallado en el Sur contra el Anticlinal de Matarredonda; por el Norte sigue hasta la altura del Cerro de Chocolate, donde pierde, por fallamiento complejo, su carácter de sinclinal. Continúa por el Norte hacia La Calera, como un sinclinal estrecho, pero sin evidencia de inversión. La parte central del sinclinal se encuentra ocupada por sedimentos de la formación Bogotá; en la parte norte no se tiene total evidencia de esto, pues se halla velada por material cuaternario.

*Anticlinal de Matarredonda.*—Es un anticlinal asimétrico, con buzamientos occidentales mayores que los orientales, afectado por falla en su limbo occidental.

*Sinclinal del Encenillal.*—Se encuentra localizado al sur de La Calera y está formado exclusivamente por material de la formación Guaduas.

Se presentan otros plegamientos de menor importancia, así: sinclinal formado por material de la formación Guaduas, en el Cerro de La Loma, al NE del área en estudio, y un anticlinal y sinclinal pequeños al NE del Anticlinal de Usaquén, formados sobre Arenisca Tierna.

### *Fallas.*

La mayoría de las fallas que aparecen en el Mapa Geológico (fig. 5) fueron inferidas de la evidencia estratigráfica y topográfica, y por el cambio continuo de rumbo y buzamientos de los estratos; solamente en partes se encuentran expuestas parcialmente.

*Falla de Bogotá.*—Es una falla transversal situada en la parte sur-occidental del área; se extiende desde el río San Francisco hasta la cuchilla de Santa Bárbara, y rompe la parte del anticlinal de Bogotá, con-

siderada en el presente trabajo, separándolo del sector de Guadalupe. En el primer sector (Norte) el flanco invertido es el occidental, mientras que en el segundo (Sur) es el oriental.

*Falla de Monserate.*—Donde comienza el cambio abrupto de pendiente sobre la Sierra de Bogotá, al este de la ciudad misma, se encuentra en contacto la parte inferior del nivel de Arenisca de Labor con el Guaduas medio o Guaduas superior, cuyos estratos tienen una inclinación sensiblemente menor que la de los estratos pertenecientes al Guadalupe, mostrando una aparente discordancia que el autor considera causada por falla de cabalgamiento, ya que se encuentra ausente la parte inferior del Guaduas, la Arenisca Tierna y buena parte del nivel de Arenisca de Labor, por espesor aproximado de 300 m.

Generalmente son plegamientos anticlinales invertidos; el limbo de inversión, de buzamientos más fuertes, tiende a fallarse por cabalgamiento.

*Falla de Teusacá.*—Al este del río Teusacá, el contacto entre el nivel del Plaeners del Guadalupe superior y la formación Guaduas es una falla de cabalgamiento (foto N° 7); la falla corre aproximadamente en dirección NE-SW; la evidencia topográfica muestra que el bloque levantado es el oriental.

*La Siberia.*—Una zona de fallas parece ser responsable de la aparición de los sedimentos cretáceos inferiores, presentes en un anticlinal invertido de orientación NE, fracturado longitudinalmente en el sentido del eje y diagonalmente (N-S) aproximadamente sobre la quebrada de de Soacha al Este, y en dirección NW-SE, hacia la Cuchilla de La Laja, al Oeste.

Es de interés anotar que las fallas de cabalgamiento presentes en la zona, se desarrollan a lo largo del nivel de Plaeners, que forma el lecho incompetente entre los dos lechos competentes constituídos por las areniscas Tiernas y de Labor y por la Arenisca Dura.

*Tiempo de deformación.*—El hecho de que la arenisca del (Cacho), de edad Paleoceno superior, contenga en su base una parte conglomerática que presente fragmentos típicos, correspondientes a los cherts del Guadalupe superior, autoriza a pensar en que los plegamientos y fallamientos tuvieron lugar con posterioridad al Eoceno.

#### CONCLUSIONES

Es indispensable elaborar una estratigrafía detallada del Cretáceo de Colombia, a la vez que un análisis exhaustivo de los diferentes fósiles, antes de entrar en peligrosas correlaciones de continente a continente, como ha sido ya intentado por algunos autores.

Es posible que el Santoniano se encuentre incluido en la Arenisca Dura, en su mayor parte sin fósiles. Hasta tanto no se tenga la absoluta certeza de su ausencia, no puede excluirse.

Parecen existir varios niveles que contienen la *Exogyra squamata* D'ORBIGNY; mientras no se tengan secciones detalladas a lo largo de la Cordillera Oriental, no puede pensarse que sea éste un fósil guía para separar formaciones.

## B I B L I O G R A F I A

- BÜRGL, H., 1956a. Contenido fosilífero de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. Departamento de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., inf. N° 1189; Pub.: Bol. Geol., vol. V N° 2, p. 113-185, 1957.
- BÜRGL, H., 1956c. Catálogo de las amonitas de Colombia; Serv. Geol. Nal., inf. N° 1254; Pub.: Bol. Geol., vol. IV N° 1, p. 1120, 1956.
- BÜRGL, H., 1957. Fósiles marinos maestrichtianos de Usaquén-Sopó y el desarrollo del Senoniano en los alrededores de Bogotá. Ser. Geol. Nal., inf. N° 1233.
- CLEMENTS, T., s.f. La Falla de Bogotá, Colombia, Suramérica. Serv. Geol. Nal., inf. N° 69.
- DE LA ESPRIELLA, R., 1959. Investigaciones sobre carbones maestrichtianos al sur-este de Bogotá. Serv. Geol. Inf. N° 1335.
- DE LA ESPRIELLA, R., VILLEGAS, H., 1960. Geología de la carretera Bogotá-Choachi. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 1356.
- DIETRICH, W. O., s.f. Lamelibranchias cretáceas de la Cordillera Oriental. Bogotá. Est. Geol. Pal. Cord. Or. Col., Parte 3, 1938.
- DIEZEMANN, W., 1949. Aguas subterráneas en Bogotá y sus alrededores, Departamento de Cundinamarca. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 707.
- HAMMEN T., VAN DER., 1957. Estratigrafía Palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia), Ser. Geol. Nal. Inf. N° 1220; Pub. Bol. Geol. Vol. V. N° 2, p. 189-203, 1957.
- HAMMEN, T., VAN DER, 1958. Estratigrafía del Terciario y del Maestrichtiano y tectogénesis de los Andes Colombianos. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 1279. Bogotá, inédito.
- HUBACH, E., 1927. Reconocimiento del área La Calera, Guatavita, Guasca, Cundinamarca. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 158. Pub.: Cegoc T. VII, p. 85-97, 1950.
- HUBACH, E., 1929. Informe relativo a la ubicación del banco de cal de La Siberia, perteneciente a la Compañía de Cemento Samper, Departamento de Cundinamarca. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 175.
- HUBACH, E., 1933. Apreciación geológica del Proyecto Teusacá, presupuestado para el abasto con agua a Bogotá, Departamento de Cundinamarca. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 214. Pub.: Cegoc T. VII, p. 63-75, 1946.
- HUBACH, E., 1951. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores, Departamento de Cundinamarca. Serv. Geol. Nal., N° 785. Pub. Bol. Geol. Vol. V. N° 2, p. 93-112, 1957.
- HUBACH, E., 1954. Informe preliminar sobre recursos del Páramo al este de Bogotá, en especial el carbón de La Bolsa. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 1023.
- HUBACH, E., 1955. Concepto sobre el yacimiento de carbón del Páramo de La Bolsa, al este de Bogotá. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 1078.
- JULIVERT, M., 1961. Papel de la gravedad y la erosión en las estructuras del borde oriental de la Sabana de Bogotá. Boletín de Geol. Univ. Ind. Santander. N° 3, en prensa.
- RESTREPO, H., 1954. Informe geológico del Páramo al este de Bogotá. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 1047.
- RIEDEL, L., s.f. Amonitas del Cretáceo Inferior de la Cordillera Oriental, Bogotá. Est. Geol. Pla. Cord. Or. Parte 2ª, 1938.

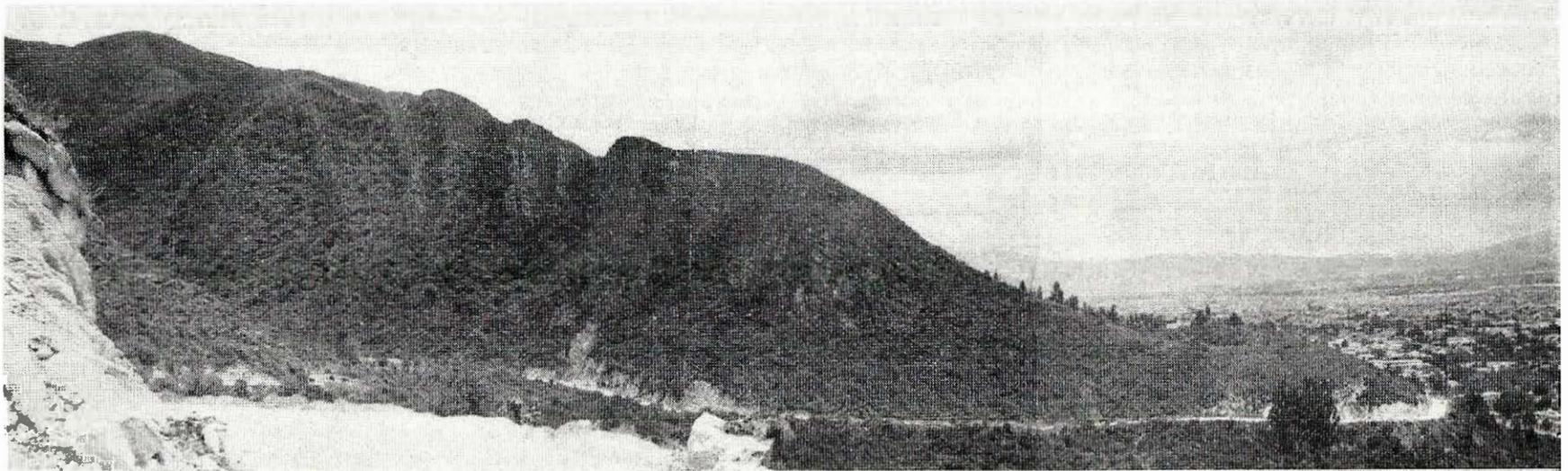


Foto N° 1. — Inversión de la Arenisca Dura de la Formación Guadalupe Superior. Los estratos de la izquierda están en posición normal, los del centro, verticales, y los de la derecha, invertidos. Carretera Bogotá - La Calera, Km. 1,3.

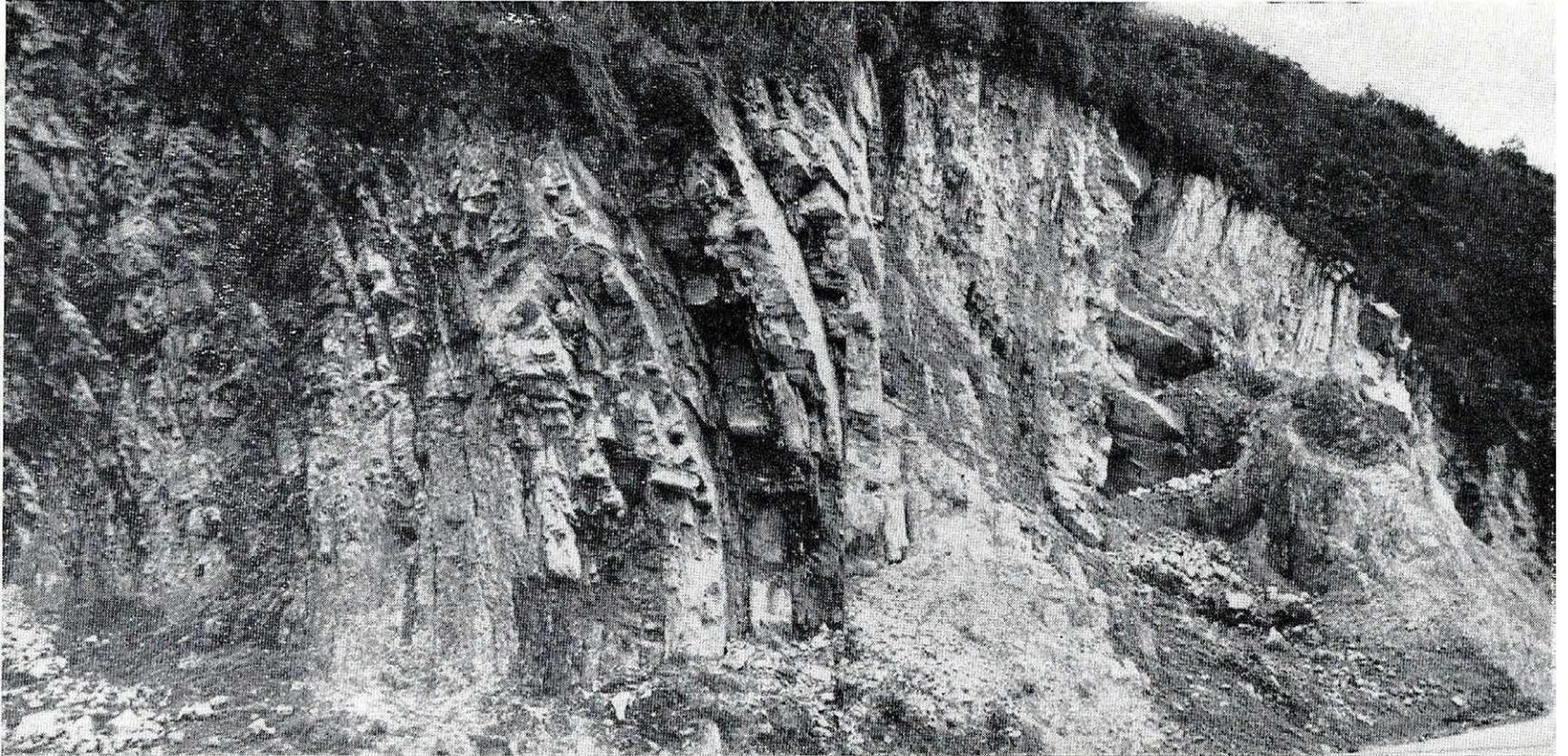


Foto número 2. — Punto de inversión, estratos inferiores de la Arenisca Dura.  
Km. 2,0 de la carretera Bogotá - La Calera.

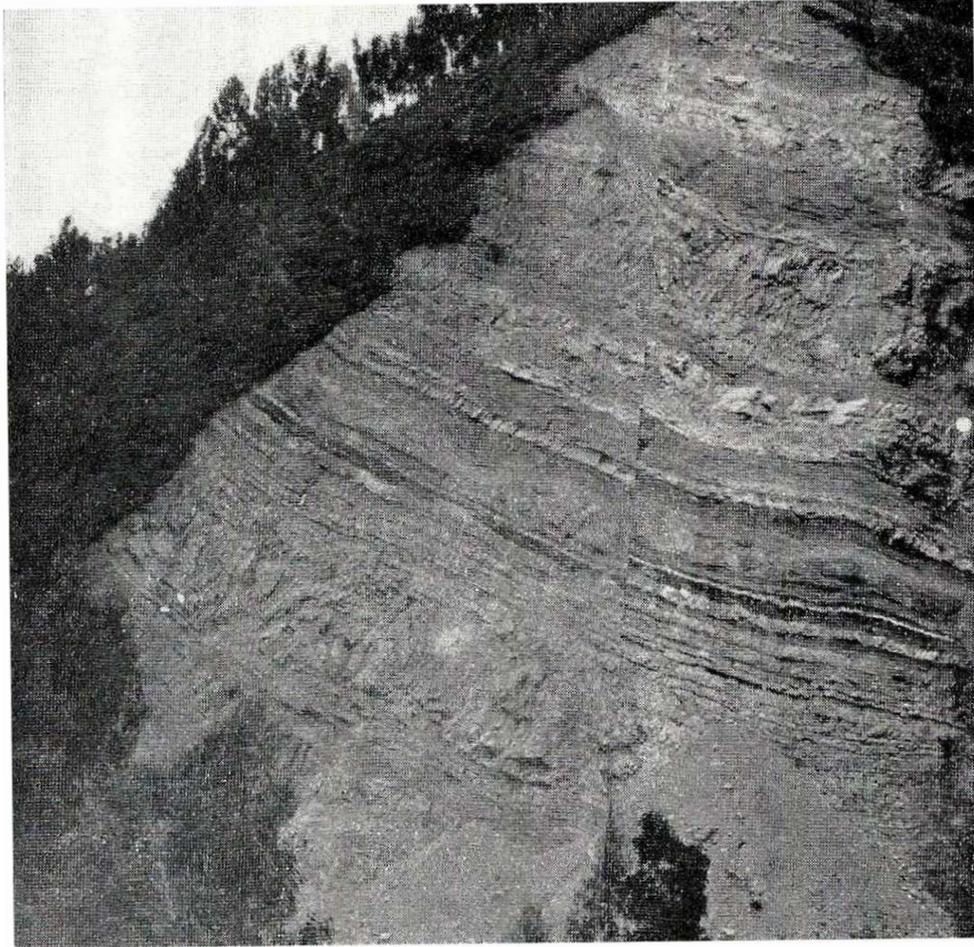


Foto número 3. — Exposición típica de la parte inferior de las Areniscas de Labor.  
Quebrada del Higuero.



Foto número 4.— 1. Contacto entre la Arenisca Tierna y las Areniscas de Labor:  
2. Nivel fosilífero de las láminas V, VI, y VII. Vereda de Barrancas, 4,2 Km. al norte  
de Usaqué, por la carretera central.

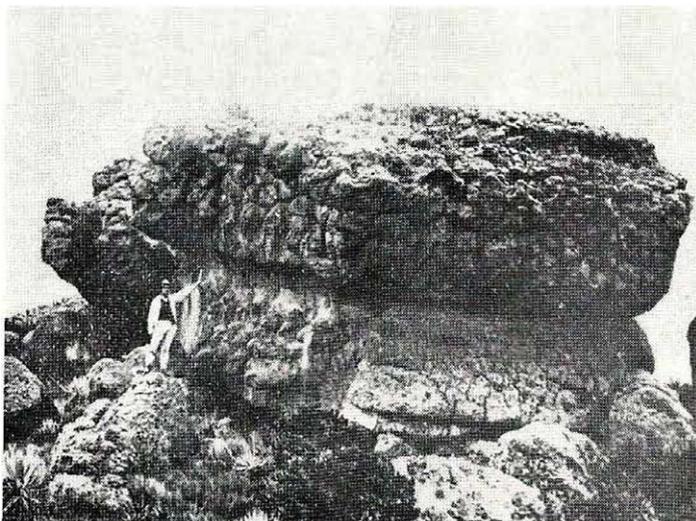
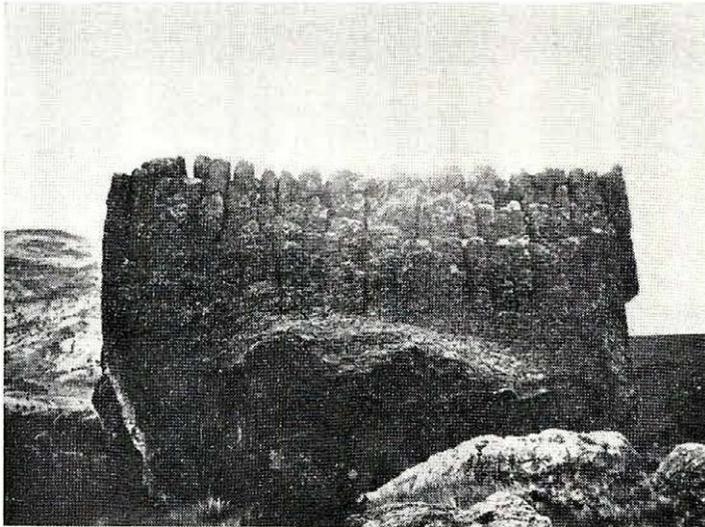


Foto número 5. - Meteorización típica de la Arenisca Tierna, Alto de Piedras, sobre la Sierra de Bogotá.

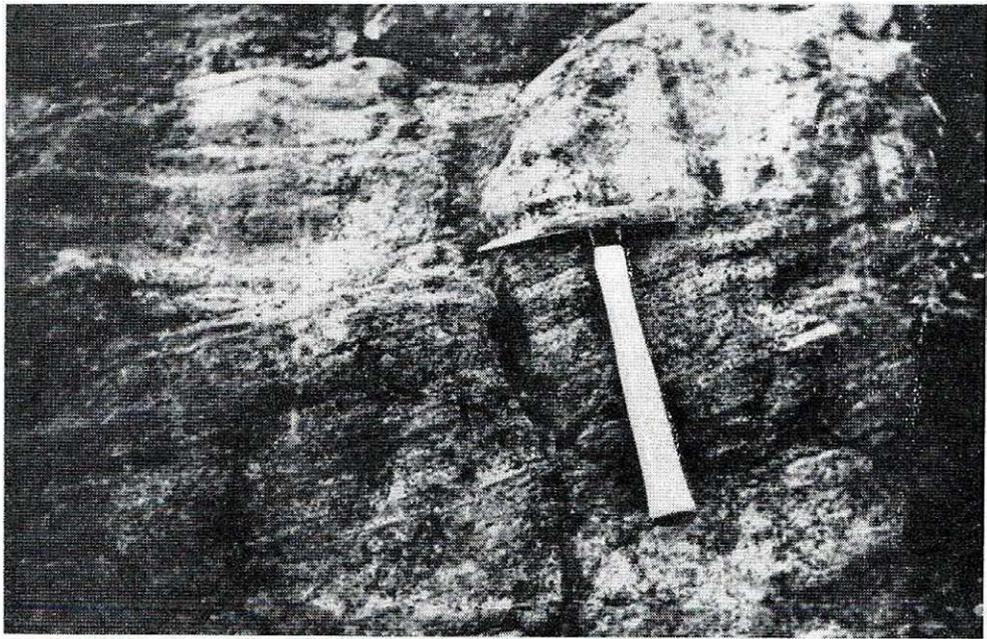
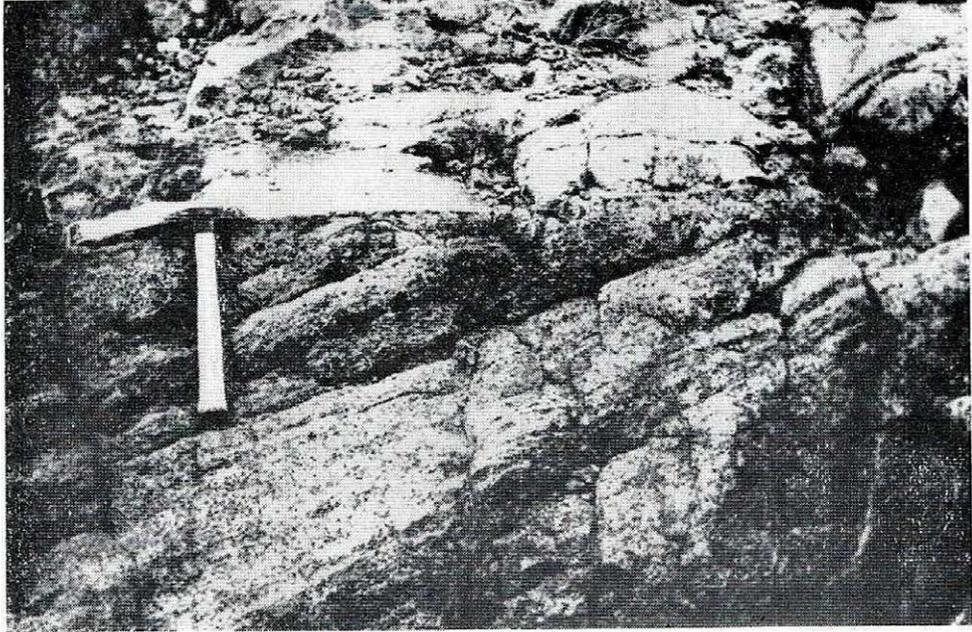


Foto número 6.— Estratificación cruzada en arenisca de la Formación Guaduas.  
Valle del río Teusacá, 2 Km. al SW de La Calera.

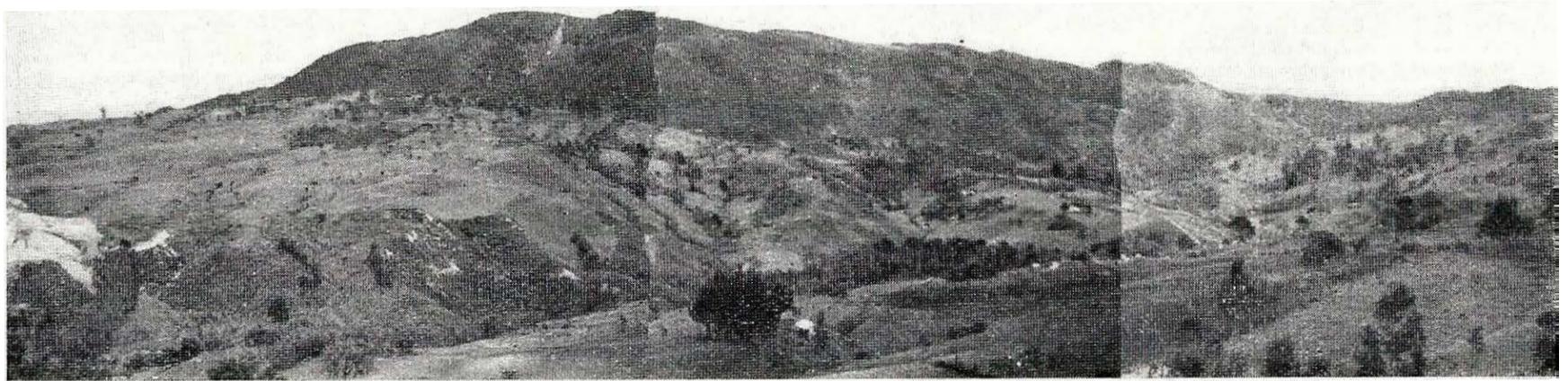


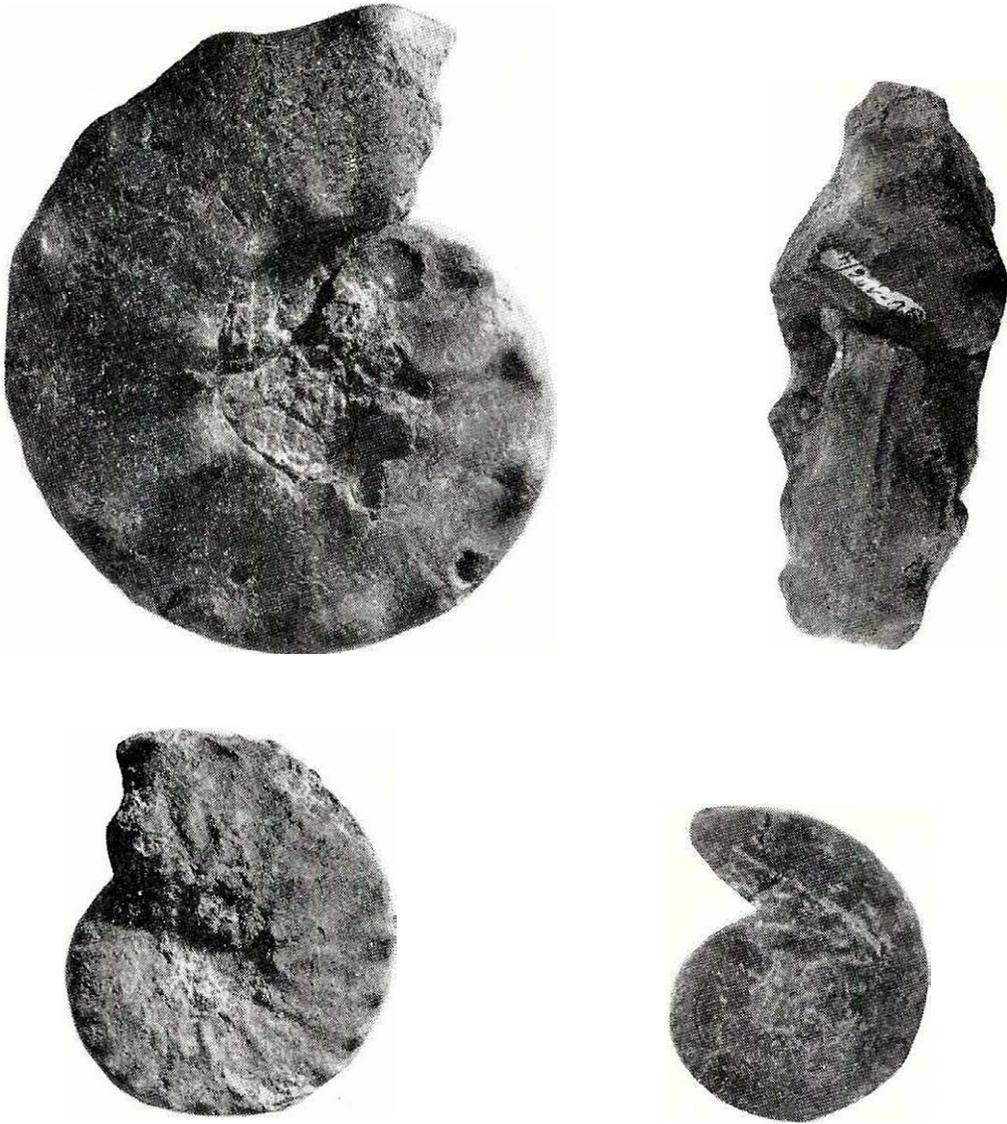
Foto número 7.— Falla de cabalgamiento del Teusacá, Gps. Formación Guadalupe Superior y Gps. Formación Bogotá.



L A M I N A I

*Fósiles de las Formaciones Villeta y Guadalupe Inferior.*

- 1a. b, c. *Exogyra squamata* D'ORBIGNY. Estación 226, cantera de La Siberia. Tamaño natural.
- 2 *Calycoceras* spec? Espécimen GU 106 A. cantera de La Siberia. Cenomaniano. Tamaño Natural.
- 3 *Spengonoceras* cf *dumblei* GRACIN. Espécimen GU 105 cantera de La Siberia. Turoniano Inferior. Reducción 2.



LAMINA II

*Fósiles de la Formación Guadalupe Inferior.*

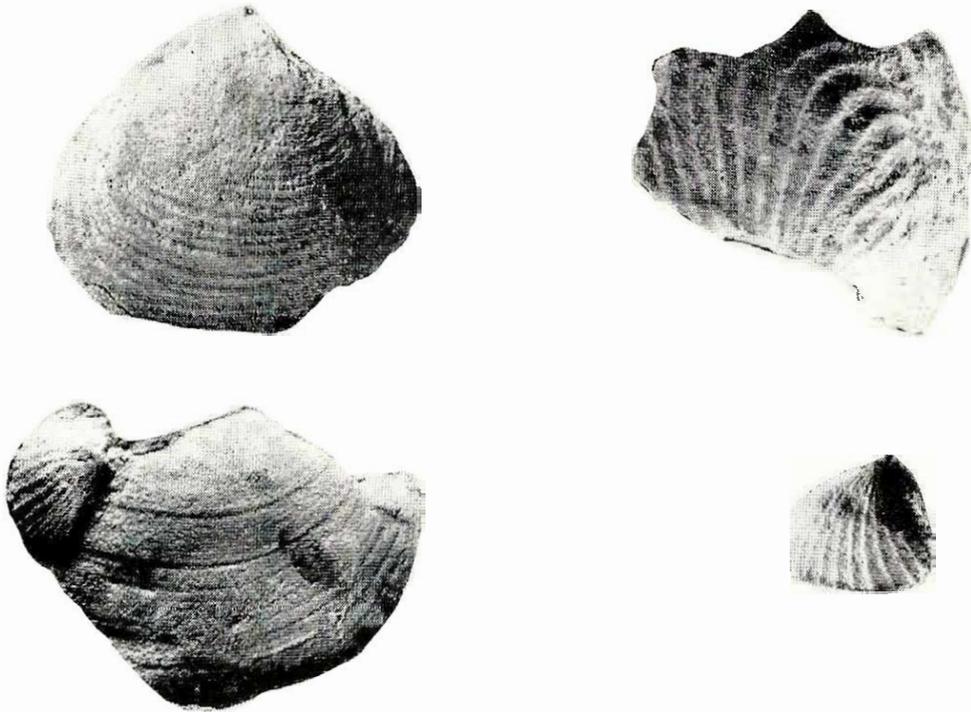
- 1<sup>a</sup>, b. *Subprionotropia Colombianus* BASSE. Espécimen GU 106/4. Cantera de La Siberia. Coniaciano Inferior. Tamaño natural.
- 2 *Prionocyloceras acutispinatus* BASSE. Espécimen GU 106/3. Cantera de La Siberia. Coniaciano. Tamaño natural.
- 3 *Protemanitis mutiscunensis* BASSE. Espécimen GU 106. Cantera de La Siberia. Coniaciano. Tamaño natural.



LAMINA III

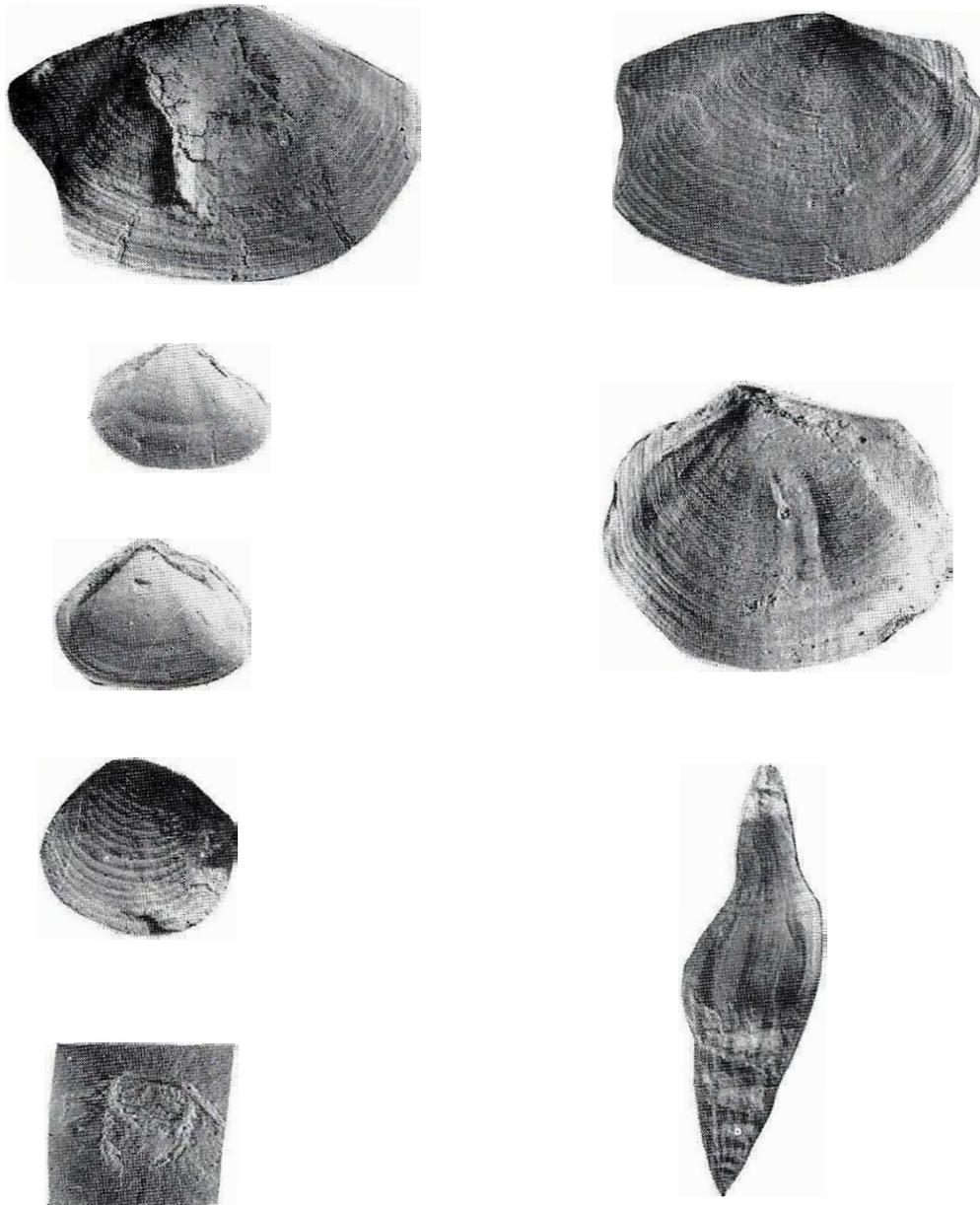
*Fósiles de la Formación Guadalupe Inferior.*

1ª, b. *Peronicetas spec. (Nov.?)*. Espécimen GU 106/2. Cantera de La Siberia. Coniaciano. Tamaño natural.



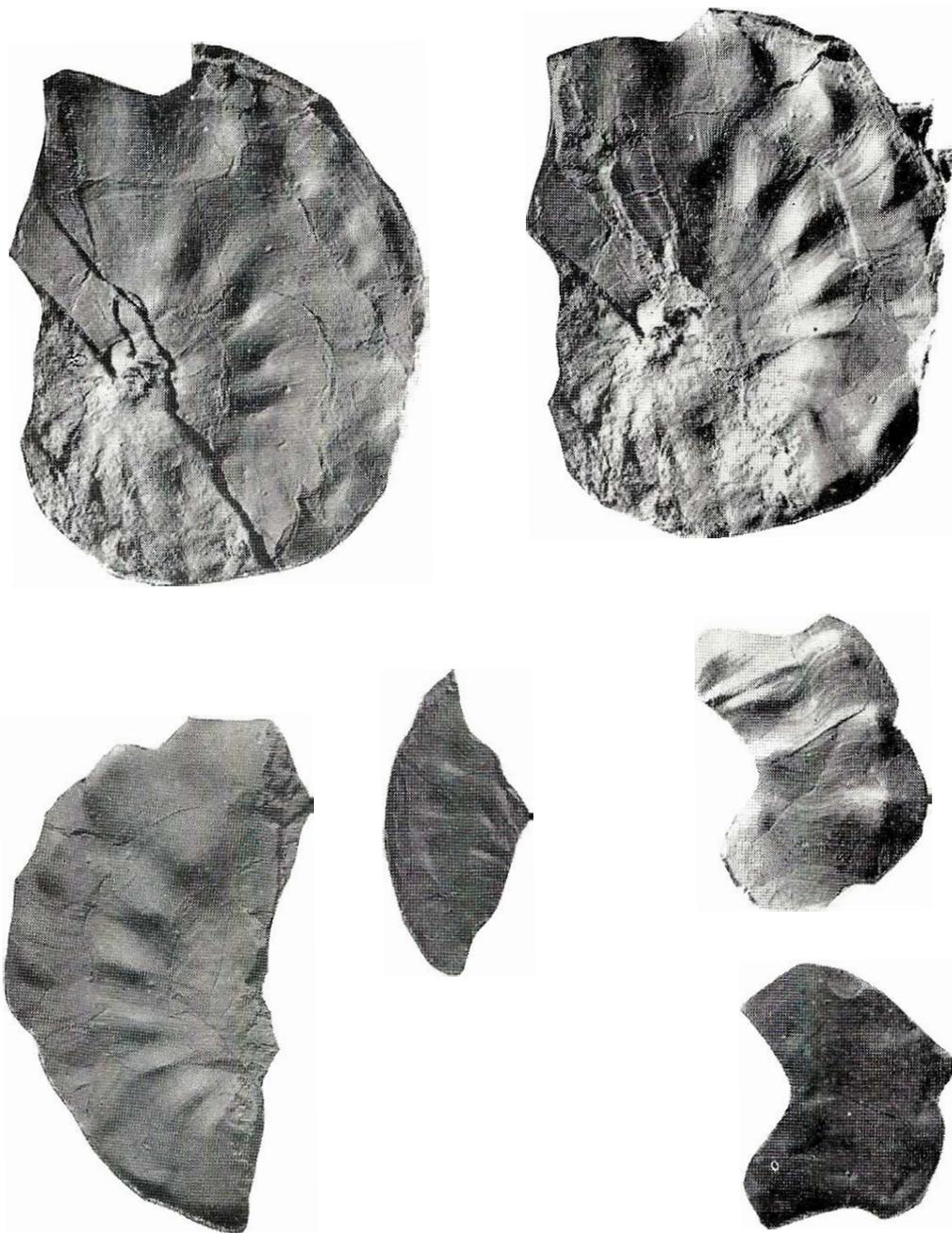
L A M I N A   I V

Lamelibranchios del nivel de Areniscas de Labor, parte inferior.  
Especímenes GU 167. Carretera Bogotá-La Calera, Km. 4,1. Tamaño natural.



L A M I N A   V

Fósiles del nivel de las Areniscas de Labor, parte superior.  
Especímenes GU 178. Vereda de Barrancas. Coordenadas 1015000,  
1006000. Tamaño natural.



L A M I N A   V I

Amonitas del nivel de las Areniscas de Labor, parte superior.  
Especímenes GU 178. Vereda de Barrancas. Coordenadas 1015000 y  
1006000. Tamaño natural.



LAMINA VII

Amonitas del nivel de las Areniscas de Labor. Parte superior.  
Especímenes GU 178. Vereda de Barrancas. Coordenadas 1015000 y  
1006000. Tamaño natural.

- 
- ROYO, J., s.f. Crustáceos y seudoterópodos del Cretáceo de Colombia. Bol. Min. Pet. Nos. 121-144, p. 207-214, 1939.
- ROYO, J., 1941. Columna estratigráfica de la Cordillera Oriental de Cundinamarca. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 135.
- ROYO, J. Mapas geológicos de Bogotá, del centro y del sur de la Sabana, y breve explicación, Departamento de Cundinamarca. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 674.
- ROYO, J., 1950. Geología de la zona sur del tanque de San Diego y seguridad del suelo de Bogotá, Departamento de Cundinamarca. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 740.
- SCHEIBE, E. A., s.f. Estudios geológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia (Cordillera de Bogotá). Bogotá. Pub. Cegoc, 1938.
- STUTZER, O., HUBACH, E., tr. 1925. Acerca de algunos restos de glaciación diluvial en la cordillera próxima a Bogotá. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 387. Pub.: Cegoc, T. II, p. 7-15, 1934.
- STUTZER, O., 1926. Contribución a la geología de la Cordillera Oriental, región cerca de Bogotá. Pub.: Cegoc, T. II, p. 141, 182, 1933
- UJUETA, G., 1959. Arenas en la hacienda "San Isidro", Municipio de La Calera, Departamento de Cundinamarca. Serv. Geol. Nal. Inf. N° 1330.

**INFORME PRELIMINAR SOBRE IRRIGACION CON AGUA SUBTERRANEA,  
DEL MUNICIPIO DE CODAZZI, DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA**

POR  
**JAIME LOPEZ CASAS**

---

INFORME No. 1289

---

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA. 1962



## INTRODUCCION

### ORIGEN DEL ESTUDIO

*En desarrollo de un plan encaminado al total y efectivo aprovechamiento de los grandes recursos de aguas del subsuelo con que cuenta Colombia, el Servicio Geológico Nacional se encuentra ahora empeñado en promover la utilización del agua subterránea para la irrigación. La primera etapa de ese plan, o sea la utilización de pozos de agua para el abastecimiento público de ciudades y pueblos, ha sido aceptada y cuenta con un impulso propio. Al promover el uso de aguas subterráneas para la irrigación, nuestra intención es la de una explotación en grande escala, técnica, económica y organizada.*

*Esta iniciativa mereció la atención del Ministerio de Agricultura, que le brindó magnífica acogida. A solicitud del Instituto de Fomento Algodonero, el Ministerio de Minas y Petróleos dictó la Resolución número 41 de 1958 para que una Comisión del Servicio Geológico Nacional se trasladara a Codazzi, Magdalena, e hiciera el estudio de las posibilidades de aprovechar los recursos de aguas subterráneas de esa zona para la irrigación de las progresistas plantaciones algodonerías de esa región.*

### AREA CUBIERTA POR EL ESTUDIO Y PLAN DE TRABAJO

*El plan de trabajo fue ejecutado de acuerdo con el IFA, que compiló los datos meteorológicos existentes para la zona de interés y señaló que el punto de estudio lo comprendían los alrededores de Codazzi, donde florece hoy, bajo el patrocinio del IFA, una de las regiones algodonerías de mayor potencialidad en el país. La zona está situada sobre la carretera Valledupar-La Jagua, en el Departamento del Magdalena.*

*La Comisión determinó unos límites naturales para el estudio, constituidos por las colinas de Pinilla y los Braziles al N.W., las estribaciones de la Serranía de Perijá al E., los afloramientos del Cretáceo en las cercanías de Becerril, y una línea vertical a unos 25 km. al W. de Codazzi, cerrando el polígono. El área en cuestión tendría unos 780 km.<sup>2</sup>, que se pueden considerar como los de mayor potencial para los cultivos por sus condiciones de suelo y clima. La limitación de tiempo en el estudio de campo hizo que la investigación se redujera a esta zona, donde es mayor la actividad en la siembra de algodón y está limitada por barreras sub-*

*terráneas que determinan el flujo de las corrientes de agua dentro del depósito cuaternario de gredas, arenas y gravas.*

*Durante el estudio de campo se visitaron los afloramientos de rocas estratigráficas más notables de la zona, se estudiaron las terrazas y materiales aluviales del suelo, se examinaron los cauces y caudales de las corrientes superficiales, especialmente en cuanto a la composición del material aluvial y el caudal de sus aguas al descender de la Serranía, y por varios kilómetros adentro de la cuenca del río Cesar; se hizo el inventario de todas las fuentes de agua que brotan en la región y de casi todos los aljibes y cualquier otra evidencia del agua subterránea. Antes de terminar el estudio, se hizo un reconocimiento aéreo de la zona, volando en avioneta por espacio de una hora.*

*Para la redacción del presente informe se han tenido en cuenta los datos suministrados por el IFA y los consignados por L. Fernando Irusta y Emilio A. Fortoul, Ingenieros Agrónomos, en su estudio de los "Suelos del Departamento del Magdalena y la Intendencia de La Guajira", publicado por el Instituto de Fomento Algodonero en 1957.*

## GEOGRAFIA GENERAL

### *Localización, topografía e hidrografía.*

El área a que se refiere el presente informe está localizada en la vertiente oriental de la hoya del río Cesar, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá, en el Noreste colombiano, Departamento del Magdalena, Municipio de Robles, poblaciones de Codazzi y Becerril. La Serranía de Perijá, al Este, limita el amplio y fértil valle, y comprende las cabeceras de todas las corrientes que de ese lado descienden hacia el río Cesar, el cual corre en dirección SW, es decir, hacia el Magdalena; todas las corrientes estudiadas pertenecen a este sistema hidrográfico.

La topografía del valle es muy suave, con pendientes en las terrazas de 1 hasta 3%. En el extremo noroccidental se levantan algunas colinas de escasa elevación pero abruptas, formando una cadena que interrumpe el valle en sentido diagonal. Las estribaciones de la Serranía de Perijá también se levantan abruptas, pero los afloramientos del Cretáceo en el extremo Sur, hacia Becerril, tienen muy poca expresión topográfica.

Las corrientes de agua que cruzan la zona tienen una dirección SW, hacia el río Cesar; las principales son, de Norte a Sur, el río Espíritu Santo, el río Siricare, y el río Maracas; pero fuera de éstos hay numerosas quebradas o caños que descienden de la Serranía y que corren por alguna distancia en el valle, para luego desaparecer por infiltración en el suelo, que es lo suficientemente permeable.

La altura de la región estudiada sobre el nivel del mar es de unos 150 metros, y el clima es esencialmente tropical.

### *Clima.*

El clima de la región de Codazzi es ardiente, con temperaturas máximas que pueden llegar hasta los 38° y mínimas de 20°; la región ha sido calificada de tropical; lluviosa, húmeda y a veces seca.

La humedad parece ser variable entre el 50 y el 90%, de acuerdo con los períodos secos y húmedos en el año. Las lluvias tienen dos períodos, de septiembre a comienzos de diciembre, y de abril a junio. El período de sequía es de diciembre a marzo.

Los datos disponibles sobre la precipitación media anual, así como todos los datos meteorológicos de la región, son muy escasos. El presente informe incluye un cuadro con los datos pluviométricos disponibles. Haciendo consideraciones de orden general para la región de Codazzi, se puede calcular que el promedio de varios años sería del orden de 1.300 mm. por año. Esta cifra, que no es excesiva, se podría aceptar para los cálculos

## DATOS PLUVIOMETRICOS ENTRE VALLEDUPAR Y EL BANCO

	C O D A Z Z I						VILLA- NUEVA	AGUACHICA	VALLEDUPAR		
	Instituto de Fomento Algodonero			Hacienda "El Porvenir"		Hacienda "La Campana"	Campamento de Intercol.				
	1 9 5 5	1 9 5 6	1 9 5 7	1 9 5 5	1 9 5 5	1 9 5 7	1 9 5 5	1 9 5 4	1 9 5 5	1 9 3 3	1 9 5 5
Enero	—	0.8	0.0	0.0	0.0	—	0.0	—	37.8	23.6	0.0
Febrero	—	135.0	10.0	0.0	7.0	—	0.0	—	48.8	—	6.5
Marzo	206.0	77.0	61.8	69.5	107.0	33.0	2.5	—	60.6	61.8	8.4
Abril	25.0	—	94.0	148.5	149.0	68.0	113.5	—	95.8	23.5	17.5
Mayo	138.0	107.2	204.0	148.5	71.0	322.0	33.0	76.5	111.3	56.5	69.0
Junio	316.0	81.0	46.0	140.5	147.0	34.0	61.0	120.5	229.0	260.5	134.0
Julio	184.0	100.0	31.0	126.0	34.0	40.0	103.3	136.4	134.0	229.2	35.0
Agosto	143.0	174.8	81.0	202.5	113.0	58.0	157.5	87.5	76.9	139.3	175.1
Septiembre	184.0	165.0	—	186.0	163.0	110.0	102.5	158.8	194.8	165.4	124.5
Octubre	302.0	346.0	145.0	326.0	301.0	164.0	182.5	332.0	290.4	64.5	224.1
Noviembre	137.0	114.0	106.0	88.0	197.0	42.0	147.0	93.6	167.3	127.5	187.5
Diciembre	86.0	17.0	37.0	30.0	53.0	37.0	0.0	30.3	27.6	—	0.0
<b>Total</b>	<b>1.721.0</b>	<b>1.317.8</b>	<b>815.8</b>	<b>1.465.5</b>	<b>1.342.0</b>	<b>908.0</b>	<b>902.8</b>	<b>1.035.6</b>	<b>1.474.3</b>	<b>1.151.8</b>	<b>981.6</b>
Días de lluvia	64	—	—	—	—	—	—	—	—	54	68

	VALLEDUPAR				EL BANCO			CHIRIGUANÁ			
								Hacienda "Santa Ana"			
	1 9 5 6	1 9 5 7	1 9 3 4	1 9 3 5	1 9 3 6	1 9 4 4 / 1 9 4 5	1 9 5 4	1 9 3 3	1 9 3 4	1 9 3 5	
Enero	54.0	0.0	36.0	70.0	0.0	9.7	0.0	4.0	46.1	46.0	
Febrero	0.0	1.0	—	29.2	0.0	26.9	0.0	0.2	3.5	12.8	
Marzo	13.0	26.2	96.4	5.5	59.0	15.5	30.0	1.5	8.0	16.0	
Abril	110.0	32.5	88.0	88.9	130.5	106.6	122.5	170.0	20.7	158.8	
Mayo	45.5	271.5	308.0	288.0	280.0	150.9	197.0	170.5	199.1	166.6	
Junio	69.0	67.5	229.0	123.5	416.9	286.1	152.0	288.7	166.4	172.7	
Julio	47.0	96.0	97.3	42.7	250.7	239.7	155.0	155.2	75.8	108.4	
Agosto	109.0	70.0	185.4	380.9	194.3	176.4	168.5	189.5	189.5	333.4	
Septiembre	94.0	139.0	143.6	249.5	235.4	149.4	192.0	230.1	230.1	—	
Octubre	93.5	179.0	583.0	140.4	590.4	67.9	500.0	302.9	302.9	—	
Noviembre	29.0	—	363.2	331.7	—	18.6	503.0	387.7	387.7	—	
Diciembre	0.0	—	30.0	—	—	0.0	23.0	42.3	42.3	—	
<b>Total</b>	<b>664.0</b>	<b>882.7</b>	<b>2.159.9</b>	<b>1.750.3</b>	<b>2.157.2</b>	<b>1.247.7</b>	<b>2.143.5</b>	<b>1.942.6</b>	<b>1.622.1</b>	<b>1.014.7</b>	
Días de lluvia	67	—	85	75	68	—	—	113	69	50	

preliminares. En cuanto a la intensidad de las lluvias, parece que con frecuencia son de carácter torrencial, lo cual tiene importancia, debido a que la infiltración es más lenta que la precipitación, y por lo tanto el escape superficial y la evaporación son más activos.

La evaporación debe ser muy variada, como lo indica la humedad relativa, pero la alta temperatura propia de la región permite pensar que sea muy activa, extendiéndose hasta los niveles freáticos, dada la porosidad del terreno y lo alto de este nivel. Las cifras situadas por Irusta y Fortoul, obtenidas en Malambo, Atlántico, de 10,6 mm. diarios como máximo y de 2,12 mm. diarios como mínimo, seguramente son excedidas en Codazzi.

### *Vegetación, cultivos y geografía humana.*

El valle del río Cesar presenta una vegetación muy variada, a veces selvática, que incluye árboles corpulentos, arbustos y plantas en general, propias de los climas tropicales húmedos. La madera es una de las principales riquezas de la zona, pero en realidad hoy es un obstáculo para el cultivo de algodón, que rápidamente se extiende. La limpieza del terreno para la agricultura se hace con maquinaria pesada, especialmente para el destronque; esta operación influye notablemente en el precio de la tierra. La madera parece que solamente se aprovecha localmente, y en mucha cantidad es quemada.

El aprovechamiento primitivo de la tierra se concentraba hasta hace unos pocos años en la ganadería y algunas siembras escasas de maíz, yuca y plátano. Pero la economía regional está siendo completamente transformada por el cultivo del algodón y por cultivos de rotación, como el ajonjolí y el frijol. En 1957 se habían sembrado unas 8.000 hectáreas de algodón, y los planes de incremento son de un ritmo acelerado. La región ha probado tener condiciones de suelo y de clima muy conveniente a este cultivo, el cual recibiría gran beneficio si fuera posible irrigar la tierra en los meses de sequía, de diciembre a marzo. A tal fin se orienta el presente estudio.

La región, que en el pasado estaba muy escasamente poblada, tiene ahora una intensa actividad humana. Los antiguos caseríos como el propio Codazzi, son hoy poblaciones permanentemente establecidas y en vía de un gran progreso. Debido a las perspectivas económicas de la región, se ha presentado una gran afluencia de gentes provenientes de todas las secciones del país, especialmente del interior de la República. Recientemente la región cubierta por el presente estudio ha sido propuesta para la creación de un nuevo Municipio, separándolo del Municipio de Robles, del cual ha formado parte hasta ahora.

En tiempos de la recolección del algodón, que es una labor manual, la afluencia de mano de obra es muy grande, y seguramente aumentará. La actividad agrícola está orientada por la mecanización, respaldada por una intensa y variada actividad humana.

No conocemos estadísticas de población de la región que nos ocupa, pero estamos seguros de que el nuevo Municipio tendrá unos 10.000 habitantes, número que continuamente irá en aumento.

## GEOLOGIA GENERAL

El valle del río Cesar es a la vez una cuenca topográfica y geológica, limitada al Oriente por la Serranía de Perijá y al Occidente por la Sierra Nevada de Santa Marta, y su prolongación subterránea hacia el SW. La historia geológica de esta cuenca ha sido intensa, y en los afloramientos en las dos sierras se presentan rocas del basamento ígneo, rocas ígneas intrusivas más jóvenes, rocas parametamórficas paleozoicas, hasta ahora pobremente diferenciadas, estratos muy endurecidos del Jura-Triásico (grupo de Girón); estratos normales del Cretáceo (equivalentes de los grupos Villeta y Guadalupe) y estratos erosionados del Terciario. La cuenca mayor se encuentra cortada por las colinas Jura-Triásicas que entre Codazzi y San Diego se prolongan hasta el río, formando hidrogeológicamente dos cuencas menores, una de las cuales es la de Codazzi que nos ocupa y cuyos límites ya hemos establecido.

El área en cuestión sólo comprende una parte del flanco oriental de la gran cuenca, hacia su zona axial, puesto que el eje de la gran estructura enterrada parece recostado contra la Serranía de Perijá. La zona visitada para el presente informe está en un 90% cubierta por sedimentos cuaternarios de terrazas y aluviones. Las rocas del Terciario no se encontraron aflorando dentro del área visitada.

## ESTRATIGRAFIA

*Cuaternario:*

*Aluvial.*—Comprende los sedimentos aluviales, es decir, los formados por arenas y arcillas con algunas gravas acumuladas por el río Cesar y sus afluentes en condiciones normales y de crecientes. El suelo producido por estos sedimentos es permeable, pues está compuesto por arcillas y lodos arenosos. Seguramente que estos sedimentos aluviales influyen en el subsuelo arenas de todos los diámetros y lentes de grava, especialmente en el contacto sobre los estratos antiguos que forman la cuenca. El material aluvial parece mantener los mejores suelos para los cultivos de algodón. Su espesor puede alcanzar más de 50 m., aun cuando ahora no hay evidencia de esto, pues en ninguna parte hay una sección de ellos expuesta a los numerosos aljibes que existen; en ese material sólo lo penetran unos pocos metros.

*Terrazas y conos de deyección.*—Se diferencian por incluir principalmente gravas y arenas y estar localizados en zonas altas, al pie de la Serranía de Perijá. Su característica principal es la gran permeabilidad. Estos depósitos en el subsuelo deben tener una forma lenticular que se extiende dentro del aluvial; es posible que el aluvial haya cubierto completamente algunas terrazas. Las gravas disminuyen en granulometría hacia el interior del valle y están compuestas por partículas redondeadas provenientes de las areniscas y arcillas silicosas duras del Jura-Triásico, cuyos colores rojizos claros y verdes pálidos los hacen fácilmente identificables, y por partículas negras o grises oscuras de las rocas metamórficas paleozoicas. En las terrazas más recientes se encuentran pedazos



desprendidos de las calizas cretácicas que afloran bien expuestas en las primeras estribaciones de la Serranía de Perijá, al oriente de Codazzi. Las gravas varían desde los 20 cm. de diámetro hasta las más finas.

*Terciario:*

Dentro del área estudiada no parecen aflorar rocas terciarias. Sin embargo, en la zona de La Duda, unos 5 km. al NE de Codazzi, por el río Espíritu Santo arriba, se encuentran afloramientos de estratos de areniscas finas, de granos de cuarzo, ferruginosas, conglomeráticas, poco duras y de color amarillento oscuro. Por sus características litológicas no creemos que estos sedimentos puedan ser cretáceos, y bien podrían ser terciarios, explicando su presencia, bien como un remanente, puesto que hay una inconformidad tanto encima como debajo del Terciario, o bien debido a un fallamiento cubierto por el Cuaternario del valle del río; el fallamiento parece ser muy común en esta cuenca.

El Terciario, como ha sido descrito en afloramientos de otras partes de la cuenca del Cesar, puede tener más de 1.000 m. de espesor. Para el estudio de las aguas del subsuelo es de interés, pues posiblemente se encuentre enterrado debajo del aluvial y de las terrazas pleistocenas. Los sedimentos que la componen, en general de areniscas y arcillas, en su parte inferior y media contienen mantos de carbón. Este gran espesor de sedimentos consta en más de un 50% de areniscas de granulometría variada y poco endurecidas.

*Cretáceo:*

Los afloramientos de calizas en las estribaciones de la Serranía, en la margen oriental del área visitada, pertenecen al Cretáceo. En las zonas donde observamos esos afloramientos, no encontramos una sucesión continua, pero es muy posible que el afloramiento que cruza la carretera unos 2 km. al norte de Becerril, hacia el Oriente, presente una sección bastante completa del Cretáceo que reposa discordantemente sobre las rocas del Girón. Probablemente el afloramiento arriba aludido comprende estratos del Cretáceo superior hasta medio.

Se trata de bancos de areniscas arcillosas de color verde amarillento; de pizarras negras calcáreas concrecionarias; las pizarras están laminadas, son algo arenosas y de color gris claro hasta oscuro. Las concreciones son muy duras y fosilíferas. Los cerros al oriente de la carretera entre Codazzi y Becerril, están formados por calizas negras en bancos potentes que al meteorizarse se parten en bloques y dejan expuestas numerosas oquedades y fracturas. Posiblemente estas calizas pertenezcan al Cretáceo medio y tienen una importancia económica, pues son el factor determinante de la feracidad de los suelos de la región. Como dato informativo, se incluye un análisis químico de estas calizas:

*Muestra procedente de La Granja, Codazzi:*

$$\text{SiO}_2 = 3,39\%$$

$$\text{R}_2\text{O}_3 = 1,03\%$$

$$\begin{aligned}\text{MgO} &= 2,57\% \\ \text{CaO} &= 49,58\% \\ \text{CO}_2 &= 41,64\% \text{ calculado.}\end{aligned}$$

El espesor del Cretáceo en la cuenca del Cesar puede ser superior a los 2.000 metros.

#### *Jura-Triásico:*

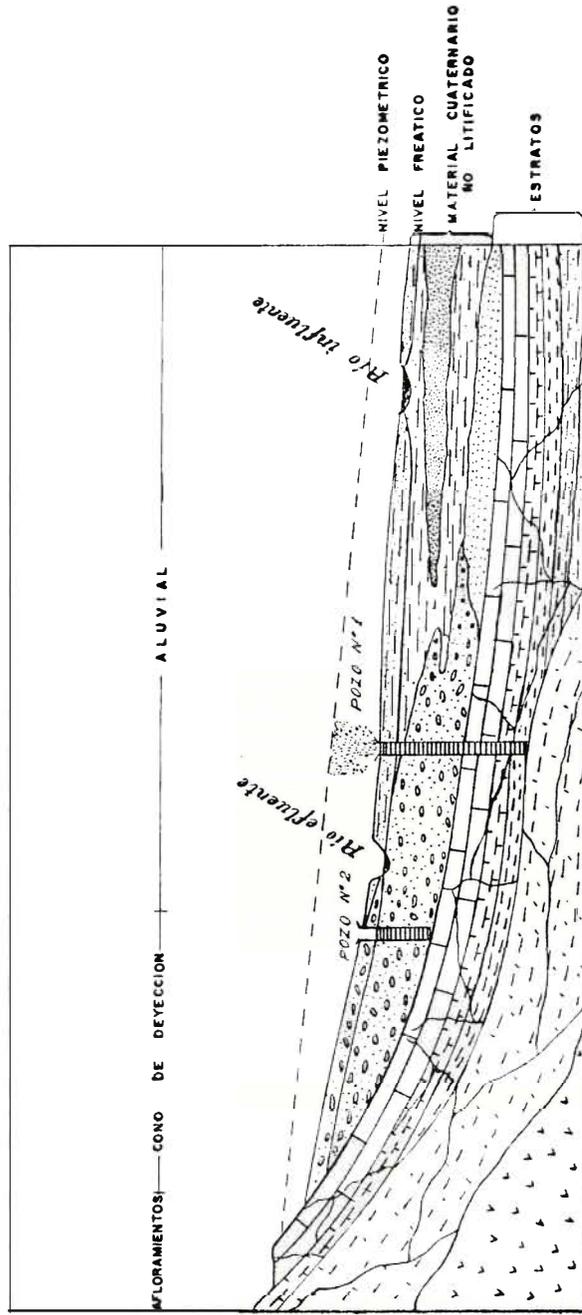
Las rocas del Jura-Triásico afloran en la Serranía de Perijá y dentro del área visitada, en los cerros que a la manera de testigos emergen del material aluvial en la parte noroccidental de la región. Se trata de estratos muy endurecidos de color rojizo marrón, compuestos por arcillolitas, arenas finas hasta gruesas y algunos horizontes de conglomerados. Estas rocas del Jura-Triásico corresponden al grupo de Girón de Santander, y para los fines de este informe se pueden considerar como el subyacente, pues dentro del área de interés posiblemente estén muy profundos y en todo caso su dureza y sus características generales no harían económica la búsqueda de aguas subterráneas en ellos.

Las rocas metamórficas paleozoicas, lo mismo que las rocas ígneas, no afloran dentro del lote estudiado y no revisten mayor importancia para el estudio en cuestión. Tanto las unas como las otras, así como los estratos de Girón, han contribuido notablemente a la formación de las terrazas Pleistocenas y a los depósitos aluviales recientes.

#### *Estructura:*

Como queda dicho, la del río Cesar es una cuenca estructural, teniendo como límites la Serranía de Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta. La región de Codazzi estaría en el flanco oriental de esa cuenca, muy cerca de su eje. Pero al noroeste del área estudiada se encuentran los afloramientos de rocas del Girón, que cortan transversalmente la estructura. La cuenca del Cesar se halla dividida en dos partes por un espolón, hoy semicubierto, que desvía ligeramente la dirección del río, abajo de La Paz. Posiblemente este espolón ha sido testigo de la historia geológica postcretácea de la cuenca. Estos afloramientos determinan dos cuencas menores: la primera sería la del río Cesar propio, y la segunda la de Codazzi, cuyo eje tiene una dirección NE, pasando al sur de esa población.

La intensa actividad tectónica del área está señalada por las numerosas inconformidades que denuncian los estratos cretáceos y terciarios. En algunas perforaciones para petróleo, al occidente de Becerril, se ha podido determinar la existencia de una falla conocida con el nombre de la falla del río Maracas, cuyo desplazamiento puede ser grande. No hay bases suficientes para definir con exactitud el fallamiento regional, pero no hay duda de que cubiertos por el Cuaternario deben encontrarse fallamientos de mayor y menor magnitud en los estratos mesozoicos y cenozoicos. Las rocas cretácicas se encuentran fuertemente levantadas contra la Serranía, y en general conservan un rumbo NE, con buzamiento al NW hasta de 20°. Los estratos del Jura-Triásico tienen menor uniformi-



CORTE IDEALIZADO PARA EXPLICAR CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS SIMILARES A LAS DE CODAZZI. EL POZO 1 SERIA ARTESIANO PUES EL AGUA DE LAS GRIETAS CAPTADAS ESTA BAJO PRESION HIDROSTATICA. EL POZO 2 CAPTA EL AGUA DE LA ZONA DE SATURACION POR DEBAJO DEL NIVEL FREATICO

dad en el buzamiento, pero conservan el rumbo NE; en el cerro de Porri-lla aparecen más o menos horizontales, y en los cerros que cruza el camino a El Porvenir, tienen una inclinación hacia el NE.

El fallamiento y fracturamiento de las rocas tiene mucha importancia, pues por ellos pueden circular aguas que alimentan las capas cuaternarias que es posible captar directamente mediante pozos profundos. Sin embargo, algunas de estas aguas, debido a contaminación magmática, pueden ser de mala calidad, y esto explicaría los fenómenos químicos de los pozos observados en las cercanías de los cerros al norte del área estudiada, así como las fuentes de agua sulfurosa al SW de Becerril.

#### HIDROGEOLOGIA

La hidrogeología, según se entiende para el presente estudio, es la ciencia de las aguas subterráneas. Las rocas, así como los sedimentos no litificados, tienen algún grado de porosidad, de lo cual depende el grado de permeabilidad, o sea la propiedad de permitir la circulación de los flúidos. En condiciones naturales, no hay roca que sea completamente impermeable, pero desde un punto de vista práctico, la permeabilidad no se comienza a considerar después de un límite tal que sea posible extraer por métodos económicos algún volumen del agua que circula por las rocas y los sedimentos.

El agua que llena los intersticios de los materiales rocosos tiende a formar un nivel natural debajo del cual todo está saturado de agua, en tanto que encima se halla agua en tránsito hacia ese nivel de saturación. El nivel natural y libre que forma el agua subterránea se conoce con el nombre de nivel freático; la zona de migración del agua meteórica hacia aquél la conocemos con el nombre de zona de aereación o zona de agua vadosa.

El nivel freático, en condiciones normales, tiende a conformarse a la topografía regional, o sea que es una superficie ondulante y casi siempre fluctuante. Los cambios del tiempo, especialmente las lluvias, las temperaturas y hasta la misma actividad humana, influyen en la fluctuación de los niveles de agua. Es el agua lluvia o meteórica la que alimenta y renueva los depósitos de agua subterránea. Tratándose de niveles freáticos, el agua lluvia influye sobre ellos percolándose a través de la zona de aereación, hasta encontrarlos. Existe otra clase de depósitos de agua subterránea. Son aquellos formados por capas permeables confinadas entre capas relativamente impermeables que restringen la circulación del agua verticalmente, obligándola a fluir lateralmente, como si se tratara de un canal inclinado. Estas capas confinadas recogen su mayor aprovisionamiento de agua en los lugares donde afloran, es decir, donde están expuestas a la acción de las lluvias. Comúnmente esos afloramientos propicios a la infiltración están en las partes altas, cuales son los pies de las montañas o las montañas mismas. Al descender el agua confinada en esas capas crea una presión hidrostática que se hace presente en dondequiera que el confinamiento de la capa acuifera se rompa. Llamamos estas condiciones artesianas, pero es necesario poner en claro que las condiciones artesianas no requieren que el agua fluya hasta la superficie; basta que fluya a una altura mayor que el límite superior de la capa que la contiene para que haya condiciones artesianas. El nivel que alcanza esa

agua a presión se conoce con el nombre de nivel piezométrico y representa la altura del punto donde entra el agua, menos la pérdida por fricción al circular el líquido por la capa acuífera. Naturalmente, el nivel freático y el nivel piezométrico no coinciden necesariamente, pero en algunos casos se complementan. Cuando hay una diferencia de permeabilidad notable entre dos capas, por ejemplo, cuando una lente de gravilla de un cono de deyección está cubierta por gredas, el agua contenida en la gravilla puede encontrarse bajo presión, y por lo tanto producir un nivel artesiano.

Las fallas, y principalmente los agrietamientos de las rocas endurecidas, son un caso particular y crítico de las aguas confinadas, puesto que en realidad obran como una red de vasos comunicantes, o sean canales de óptima permeabilidad. No toda el agua de lluvia que cae sobre una región se infiltra. La cantidad que se evapora, ya sea por razones climáticas de la región, o por la actividad de la vegetación, y la cantidad que fluye superficialmente sin llegar a alcanzar los niveles freáticos, varían de acuerdo con la temperatura del lugar, los vientos, la humedad de la atmósfera, la cubierta vegetal del suelo, la permeabilidad de éste y la altura del nivel freático del agua subterránea; con tan variados factores no es posible generalizar *a priori* sobre el porcentaje de agua de lluvia que se infiltra en el subsuelo, pero existen sistemas de investigación que permiten determinar con alguna exactitud el porcentaje de aguas lluvias infiltradas.

Los niveles de agua subterránea buscan un balance entre la cantidad infiltrada y la cantidad descargada por fuentes, cauces superficiales, cauces subterráneos y evaporación de la parte superior en la tabla de agua o nivel freático. En la evaporación efectuada sobre el nivel freático del agua no sólo intervienen las razones climáticas, considerándose que éstas no pueden actuar a profundidades mayores de los 60 cm., sino principalmente la absorción o transpiración vegetal, cuyas raíces a veces se profundizan en persecución de los niveles freáticos, por lo cual las plantas que esto hacen reciben el nombre de freatofitas. Los cauces de agua superficial, o sea los ríos y quebradas, generalmente están íntimamente relacionados a la posición del nivel freático de las aguas subterráneas; en el invierno los cauces se llenan de tal manera que su nivel alcanza una mayor altura que el nivel freático; entonces por los sedimentos permeables de los cauces se infiltra el agua superficial, buscando establecer un balance con él; en el verano los cauces se secan, pero las corrientes subterráneas establecen un flujo hacia ellos que mantiene la corriente superficial hasta que el nivel freático esté por debajo del cauce: esto sucede en las corrientes intermitentes que se secan en los últimos períodos del verano.

La explotación de aguas subterráneas mediante sistemas artificiales como son pozos de cualquier tipo, ya sea que fluyan espontáneamente en condiciones artesianas, o sean explotados mediante bombas, introduce un factor de alteración del balance entre el recargue y descargue natural del agua subterránea. Especialmente para la irrigación, los pozos deben extraer una gran cantidad de agua, y los niveles freáticos y aun los artesianos, según que sean explotados, tienden a descender notablemente; esto quiere decir que, por ejemplo, los cauces intermitentes se hacen más intermitentes y los niveles piezométricos no alcanzan a la altura inicial. Una parte del agua subterránea extraída y usada para la irrigación se infiltra nuevamente, o sea que vuelve hacia los niveles freáticos; esto

señala que la explotación de niveles freáticos para la irrigación sea ventajosa. El agua artesisiana, o sea la extraída de capas confinadas o semi-confinadas que se extrae en los valles no puede ser devuelta al acuífero de donde proviene, pero la cantidad que se infiltra aumenta los niveles freáticos.

Para la zona de Codazzi, a que se refiere este informe, se justifican ampliamente las condiciones previstas y que se han descrito con el ánimo de ilustrar y definir los términos.

#### *Aguas subterráneas en los sedimentos cuaternarios.*

Por caracterizarse el Cuaternario de sedimentos clásticos jóvenes, no consolidados y compuestos de granulometría que va desde las gravas gruesas hasta las arcillas finas, cuenta con una permeabilidad notable. En los sedimentos cuaternarios que generalmente están en contacto directo con la atmósfera, el agua se puede encontrar en condiciones artesianas cuando capas permeables se encuentran cubiertas por sedimentos menos permeables; tal cosa puede acontecer en los conos de deyección que afloran al pie de la Serranía y que en forma subterránea se prolongan a la manera de lentes cubiertos por material aluvial arcilloso. En los sedimentos cuaternarios la tabla de agua o nivel freático es la condición normal del agua subterránea, y por consiguiente la importancia de este depósito no sólo está en razón directa de la permeabilidad de los sedimentos, sino del espesor de ellos por debajo del dicho nivel.

El nivel freático en el Cuaternario de Codazzi está representado por los numerosos aljibes y aun las fuentes que hemos enumerado en un cuadro adjunto y localizado aproximadamente en un mapa de la región. El valor matemático de la permeabilidad de estos sedimentos no es posible calcularlo, pero está en relación a la granulometría del material que compone el depósito, y por consiguiente puede ser muy alto debido a la abundancia de gravas y arenas, descomposición natural de las rocas endurecidas del material Jura-Triásico, del Paleozoico e ígneas que afloran en la Serranía. Su espesor tampoco se puede por ahora aproximar, pero se espera que en algunos sitios, especialmente hacia el centro del material aluvial, pueda alcanzar espesores hasta de 50 metros.

#### *Estratos terciarios.*

Los estratos terciarios están en general formados por arenas relativamente endurecidas, de granos gruesos hasta finos, y que por consiguiente podrían facilitar la circulación de agua en esas capas. Aun cuando estos estratos no afloran conspicuamente dentro del área visitada, es posible que se encuentren enterrados bajo los sedimentos cuaternarios. Esta suposición se apoya en el hecho de que se trata de una cuenca estructural, que tanto debajo como encima del terciario hay inconformidades y que estratos terciarios afloran en los alrededores de La Jagua, más o menos sobre el eje de la cuenca, al sur del área aquí considerada.

*Rocas mesozoicas y paleozoicas.*

Los estratos compactos del Cretáceo, los muy endurecidos del Jura-Triásico, las rocas metamórficas del Paleozoico y el basamento y las intrusiones ígneas, desde el punto de vista hidrogeológico tienen características similares, por cuanto en conjunto no son ni contienen capas permeables. Las aguas que por ellos circulan lo hacen por grietas, oquedades, comisuras estratigráficas y fallas, las cuales introducen una porosidad secundaria en esas rocas y que puede tener gran valor para la conducción y captación de agua subterránea. Estos canales generalmente forman una red intercomunicada por la cual el agua circula libremente, y algunas veces en gran cantidad.

En las capas de calizas puede desarrollarse la porosidad secundaria por disolución del carbonato de calcio por acción de las mismas aguas; en esta forma la capacidad de conducción se incrementa permanentemente. En los afloramientos de calizas en el borde de la Serranía se puede constatar una gran cantidad de oquedades en esas rocas, debidas a esta acción.

Estas rocas duras generalmente tienen su mejor zona de captación en las laderas de las serranías en donde están expuestas. Al concentrarse el agua en las grietas, fallas y comisuras estratigráficas, se forma un nivel alto que corresponde al nivel freático del lugar, pero que representa el nivel superior de una columna de agua, y por lo tanto produce una presión hidrostática en los canales intercomunicados en el fondo de los valles. Un escape natural o artificial de esa agua por debajo de la zona de captación marca el nivel piezométrico del lugar.

Las rocas mesozoicas y paleozoicas que afloran en la Serranía de Perijá, y cuyas características generales hemos descrito en la Geología, pueden ser conductoras de agua en la cuenca del río Cesar, por cuanto en ellas se presentan fracturamientos de muchos tipos y han sido sujetas a una historia geológica muy intensa.

*Cantidad de agua necesaria para la irrigación en Codazzi.*

En los "Estudios Preliminares de Suelos del Departamento del Magdalena y de la Intendencia de la Guajira" de los ingenieros agrónomos L. Fernando Irusta y Emilio S. Fortoul, se concluye que para la irrigación de la zona de Codazzi se necesita una cantidad de agua de un litro por segundo por hectárea, continuamente durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Esto quiere decir que se necesitaría, durante este tiempo, de unos diez mil trescientos sesenta y ocho (10.368) metros cúbicos de agua por hectárea. Para que cada hectárea pueda suplir su propio requerimiento, el espesor de la capa acuífera debe ser de unos 5 metros de espesor, con una porosidad efectiva de un 20 por ciento. De lo expuesto hasta aquí se deduce que hay fundadas esperanzas de encontrar tal cantidad de agua en el subsuelo de Codazzi, pero esto no es suficiente, pues es necesario comprobar que tal cantidad se renueva anualmente por hectárea.

Cualquier cálculo, por aproximado que fuera, en cuanto a la cantidad real que se pueda extraer del subsuelo de Codazzi, es demasiado aventu-

rado. Es necesario hacer perforaciones de ensayo que determinen el espesor de las capas acuíferas cuaternarias, la posibilidad de extraer agua de las rocas endurecidas, y mediante ensayo de bombeo determinar la cantidad real de agua que se puede extraer de un pozo, sin causar detrimento al depósito de agua.

*Existencia de agua en el subsuelo de la región.*

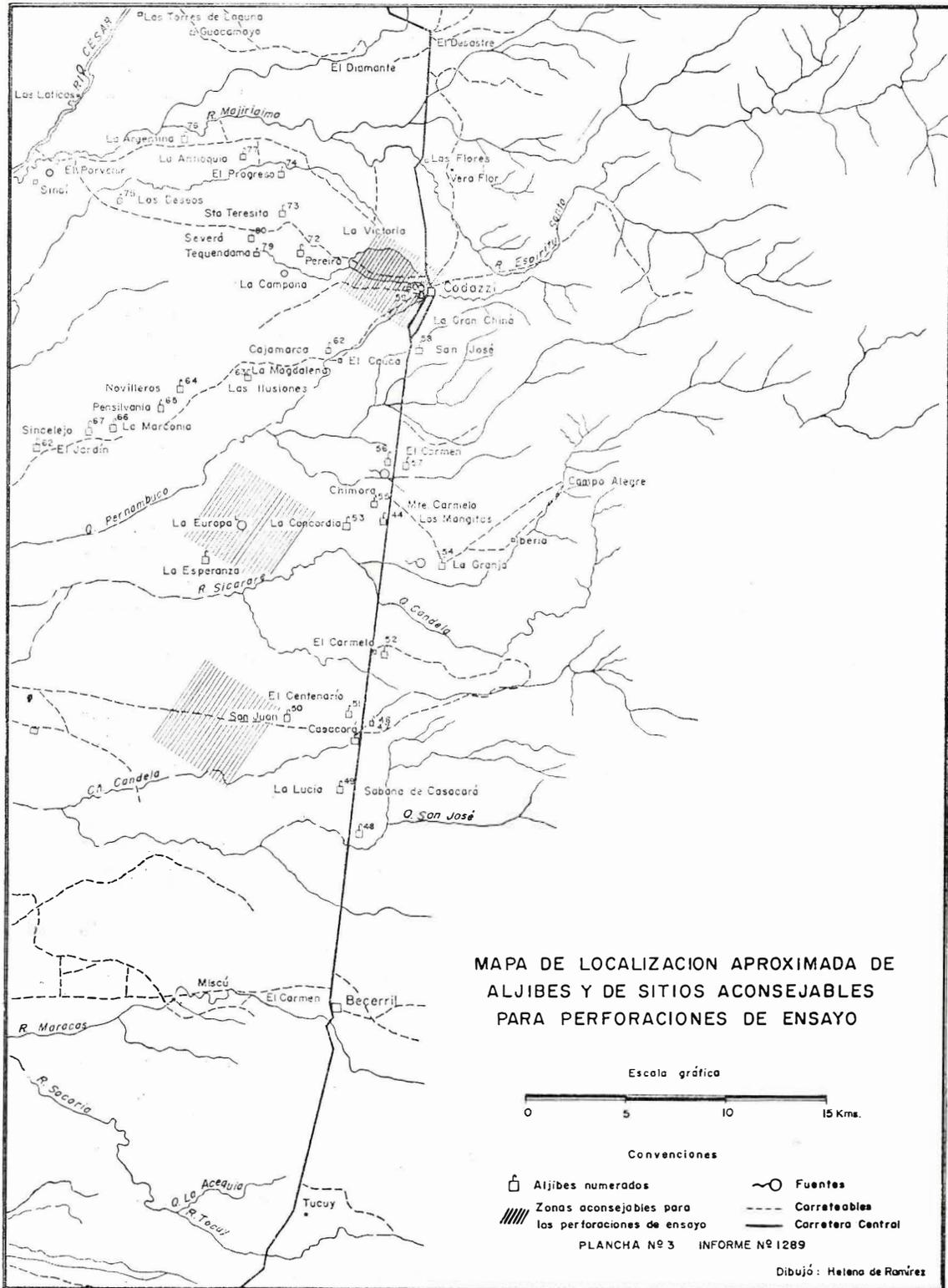
En la plancha número 3 se han localizado aproximadamente los aljibes y fuentes que fueron visitados por la Comisión en el curso del presente estudio. En cuadro anexo se han tabulado la profundidad de esas captaciones, la profundidad del nivel estático y las observaciones en cuanto a su construcción, seguidos del resultado de los análisis químicos efectuados en sus aguas. Del estudio de esas captaciones se pueden deducir varios hechos confirmatorios de las observaciones hechas en la Geología y en la Hidrogeología, especialmente en lo que se refiere a los sedimentos cuaternarios.

Es decir, que debajo de la cubierta de suelo se encuentran lentes de arenas y material permeable. Estas captaciones dan una idea fija en cuanto a la existencia de aguas subterráneas en el cuaternario, pero por ser demasiado superficiales no permiten aproximar la verdadera capacidad del depósito acuífero. En la esquina noroccidental del lote estudiado, cerca a los afloramientos de las rocas Jura-Triásicas, se evidencia que hacia el fondo del Cuaternario aluvial existen gravas y arenas en mayor profusión que en la superficie.

Como ya lo hemos dicho, el suelo del área estudiada es notablemente permeable, y debe anotarse que casi todas las corrientes superficiales que descienden de la Serranía se menguan al entrar en el valle o se pierden en su curso al recorrerlo. En el tiempo de nuestra visita en febrero, o sea después de unos tres meses de verano, todas las corrientes menores estaban secas, y aun el río Sicarare se comprobó que desaparecía a unos 30 kms. adentro del valle, en la finca Platanal. El agua absorbida por estos sedimentos tiene que continuar su curso subterráneamente, y como la cuenca tiene un eje en dirección al río Cesar, la zona más indicada para la explotación de aguas en esta cuenca está cercana a su eje. Como la cuenca también es estructural y las calizas del borde de la Serranía buzan hacia el N-NW, también la explotación de aguas subterráneas en los estratos es aconsejable hacia ese eje.

Teniendo en cuenta que verticalmente puede haber variaciones de permeabilidad en el Cuaternario, mediante perforaciones, por debajo del nivel freático que aprovechan todos los aljibes estudiados, podrían encontrarse acuíferos sometidos a presión y que producirían un nivel piezométrico en los pozos. El agua encontrada en grietas y fisuras de los estratos debe tener presiones artesianas, por cuanto el origen de esta agua muy probablemente está en los afloramientos de estas rocas, al pie de la Serranía.

Debemos advertir que son muchas las razones que hacen aconsejable un estudio cuidadoso en cuanto al sistema más apropiado para la irrigación. La economía del agua, cuyo volumen disponible aún no conocemos, y la calidad de los suelos fácilmente erosionables, como se ve en los cauces



de las corrientes superficiales, nos inclinan a pensar que el método de irrigación por lluvia artificial parece el más conveniente.

### *Hidroquímica.*

La calidad de las aguas analizadas para el presente estudio tienen características muy propias de las aguas subterráneas, pero debe tenerse en cuenta que los aljibes interceptan la zona de oscilación del nivel freático y allí se presenta una concentración de sales mayor que en las aguas subterráneas más profundas.

La dureza de las aguas es provocada por el contenido del calcio, magnesio, hierro y otros elementos cuya cantidad total se expresa en los análisis, por su equivalencia a una cantidad de carbonato de calcio. Para el consumo humano la dureza admitida en general es de unas 300 ppm., pero para la irrigación el límite es mucho mayor. La dureza total en las aguas de los aljibes de Codazzi parece ser del orden de 250 hasta 1.000 ppm. Esta dureza puede ser mayor en aguas contenidas en grietas y fisuras de estratos calcáreos, así como en sedimentos de regular permeabilidad, donde el agua circula con alguna lentitud. En las zonas de mejor permeabilidad la dureza tiende a disminuir.

El dióxido de carbono libre es un gas que se encuentra comúnmente en las aguas subterráneas, debido generalmente a la descomposición de la materia orgánica común a los sedimentos jóvenes. Algunas veces este gas procede también de fenómenos geoquímicos ocurridos a mayor profundidad.

La atmósfera es poco lo que puede contribuir al contenido de dióxido de carbono en el agua, pues la cantidad de este gas en el aire es menor de 0.04%. La corrosión es el principal efecto causado por este gas, puesto que da un carácter ácido al agua. No se puede establecer un límite de potabilidad en cuanto a la cantidad de CO<sub>2</sub> en el agua; todo depende de la forma y asociaciones en que se encuentre. Su actividad más notable está en producir la solución de carbonatos en la forma bicarbonatos.

El valor pH, un factor que es la expresión logarítmica recíproca de la concentración de hidrógeno, teóricamente comienza en 0 y puede subir hasta 14; la cifra intermedia 7 representa un carácter neutro, por debajo de 7 un estado ácido y por encima un estado alcalino. El pH del agua subterránea debe ser 7 o ligeramente alcalino. El agua con un pH inferior a 7 es ácida, y por consiguiente más o menos corrosiva.

La alcalinidad de las aguas generalmente es causada por bicarbonatos, carbonatos, hidratos, fosfatos y silicatos contenidos en ella. Existe una relación entre la alcalinidad total en el agua, su valor pH y su contenido de anhídrido carbónico; conociendo dos de estos factores se puede aproximar el tercero, mediante el uso apropiado de gráficas. Generalmente la alcalinidad, exceptuando ciertos usos industriales, no es más importante que el contenido de CO<sub>2</sub> y el valor pH del agua.

Los cloruros se encuentran por lo general en alguna cantidad disueltos en el agua subterránea; las sales de cloro son comunes en la naturaleza. Para la irrigación no deben exceder de unos 350 ppm. en el agua, expresadas como Cl.

Los óxidos de hierro también son comunes a las aguas subterráneas, pues están presentes en las rocas en mayor o menor cantidad. El conte-

nido de las aguas generalmente es bajo, pero se considera 0.3 ppm. como el máximo en condiciones de potabilidad. El hierro es soluble en su estado férrico; por el simple contacto con el aire se precipita, dejando un sedimento rojizo.

Los sólidos totales en el agua comprenden los en suspensión y los disueltos. Los primeros pueden ser filtrados, los segundos están en solución verdadera y por consiguiente deben ser tratados químicamente. Los sólidos en suspensión no introducen necesariamente gran turbidez en el agua y muy comúnmente están representados por silicatos insolubles. Con fines de potabilidad se puede admitir una cantidad de sólidos totales hasta de 1.000 ppm., pero para la irrigación este límite puede ser mayor.

El doctor Murcia Aguilera, miembro de la Comisión de Estudios Hidrogeológicos en Codazzi, efectuó análisis químicos de las aguas en 33 de los aljibes visitados por la Comisión. En el cuadro se presentan los resultados de esos análisis, y a continuación el doctor Murcia Aguilera discute las características y conclusiones del estudio hidroquímico:

#### *Interpretación de los resultados.*

De la observación de los resultados de los análisis, se deduce que las aguas subterráneas de la región de Codazzi están caracterizadas por:

- a) Anhídrido carbónico libre ( $\text{CO}_2$  libre), expresado en partes por millón (ppm.).
- b) Valor pH.
- c) Alcalinidad total, expresada en partes por millón de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$  ppm.).
- d) Dureza temporal, expresada en partes por millón de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$  ppm.).
- e) Dureza permanente, expresada en partes por millón de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$  ppm.).
- f) Dureza total, expresada en partes por millón de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$  ppm.).
- g) Cloruros (Cl ppm.), expresados en partes por millón.
- h) Hierro total, expresado en partes por millón (ppm.).
- i) Propiedades para irrigación.

a) El contenido de  $\text{CO}_2$  libre, que varía desde 0,00 hasta 95,00 ppm., es el causante de que 14 de las muestras analizadas sean claramente corrosivas, es decir, que atacan y dañan las tuberías metálicas; en otras 14 muestras de las 33 analizadas, se encontró que las aguas no son corrosivas, no por ausencia del anhídrido libre, sino porque gracias a su alto contenido de alcalinidad total, el efecto corrosivo del gas es neutralizado por los carbonatos y bicarbonatos causantes de la alcalinidad; también se puede observar que el valor pH de casi todas las muestras está afectado en parte por la presencia de gas.

El origen del gas en el agua se puede explicar como resultado de la descomposición parcial de los bicarbonatos propios del terreno de la re-

gión y de la materia orgánica y residuos vegetales contenidos en los sedimentos jóvenes. En la zona de Verdecia puede tener un origen diferente.

b) El valor pH de estas aguas varía desde 5,9 hasta 13,5. De acuerdo con las normas establecidas por el Código Sanitario Nacional, Decreto número 1371 de 1953, los valores límites de variación aceptados para el pH de las aguas potables va desde 7 hasta 10,6.

Los diferentes valores encontrados en los análisis anteriores se pueden explicar como consecuencia del efecto que sobre este factor tienen la presencia del anhídrido carbónico libre y de carbonatos y bicarbonatos de calcio; solamente en uno de los sitios visitados se encontró que el valor pH del agua estaba fuertemente afectado por contaminación y abandono del pozo; en los otros 9 casos, en donde se dice que el agua está contaminada, el valor de pH encontrado sólo está afectado en parte por la contaminación.

c) Los valores encontrados para la alcalinidad total varían desde 45,10 hasta 1.455,50 ppm. de carbonato de calcio, pero manteniéndose en general entre las 200 y las 500 ppm.; la presencia de las sales causantes de este factor se explica probablemente por la naturaleza del terreno a través del cual tiene que circular el agua.

El efecto que la presencia de las sales causantes de la alcalinidad tiene sobre el agua es grande, además de intervenir sobre la corrosividad del agua y sobre el valor pH, son las causantes de la llamada dureza temporal de las aguas.

d) La dureza temporal en las aguas se debe a la presencia de carbonatos y bicarbonatos de calcio. En las muestras analizadas la dureza temporal encontrada es generalmente alta.

e) La dureza permanente es causada por la presencia de cloruros y sulfatos de calcio y magnesio; en la mayor parte de las muestras analizadas se encontró que este factor es nulo y sólo se halló presente en tres de las muestras.

f) La dureza total es la suma de las durezas temporales y permanentes. En la gran mayoría de las muestras analizadas se encontró que el factor dureza es el característico de las aguas subterráneas de la región de Codazzi. De las 33 muestras analizadas, solamente una se encontró blanda, en la casa del señor M. A. García; en todas las demás, este valor varía desde medianamente hasta muy dura.

Con el objeto de facilitar la comprensión de las expresiones usadas para definir el carácter de la dureza, a continuación se puede ver una tabla en donde se hallan las diferentes expresiones con su valor respectivo en partes por millón como carbonato de calcio y en grados alemanes:

Carácter	ppm. como CaCO <sub>3</sub>	Grados alemanes	Estándares norteamericanos
Muy blanda . . . . .	0,71,6	0-4	0-15 ppm
Blanda . . . . .	71,6-143,2	4-8	15-50
Medianamente dura . . . . .	143,2-214,8	8-12	15-100
Casi dura . . . . .	214,8-322,2	12-18	
Dura . . . . .	322,2-537,0	18-30	100-200
Muy dura, sobre . . . . .	537,0	sobre 30	200

g) El contenido de cloruros encontrados en las aguas de la región de Codazzi varía desde 12,05 hasta 525,33 ppm.; de acuerdo con las normas del Código Sanitario Nacional, el contenido máximo de cloruros para las aguas potables es de 250 ppm.; con base en esto se ve solamente que 5 de las 33 muestras analizadas son salobres; las demás se pueden considerar como dulces, excepción hecha del agua del pozo de la finca Amazonas, en donde al hacer la determinación correspondiente se encontró que el agua, además de los cloruros, contiene otra sustancia que reacciona con el nitrato de plata; para definir bien este componente, es necesario un análisis más completo.

h) El contenido de hierro total encontrado en las aguas subterráneas de la región de Codazzi varía desde 0,15 ppm. hasta 0,80; el límite máximo aceptado por el Código Sanitario Nacional es de 0,30 ppm. De acuerdo con esto, en 7 de las muestras analizadas se ve que están por encima del máximo; la explicación de esto está probablemente en contaminación del pozo, la cual es debida generalmente a la falta de protección.

i) Las propiedades para irrigación se determinan con base en el diagrama ideado por L. Wilcox "The quality of water for irrigation use-U. S. Dept. Agriculture Tech. Bull, 1962, 1948". Por medio de este diagrama se pueden clasificar las aguas para irrigación desde el punto de vista de la calidad química, basándose en el porcentaje de sodio y el contenido total de sólidos disueltos.

Para poder utilizar la gráfica fue necesario hacer los siguientes cálculos:

1) Na calculado = (aniones-cationes)  $\times$  23 en ppm., en donde los cationes y aniones se expresan en equivalentes por millón.

$$\text{Equivalentes por millón} = \frac{\text{ppm.}}{\text{peso equivalente}}$$

2) Sólidos totales disueltos (cationes + aniones + Na calculado) ppm., en donde los cationes y aniones y sodio calculado se expresa en ppm.

$$3) \text{ Porcentaje de sodio} = \frac{100 \text{ Na}}{\text{Na} + \text{Ca}}$$

en donde Na y Ca están expresados en equivalentes por millón.

De las 33 muestras analizadas, sólo en 28 se puede hacer el estudio correspondiente para irrigación.

Entre 28 muestras se encontraron:

- 12 excelentes para irrigación;
- 11 buenas para irrigación, y
- 5 dudosas para irrigación.

#### *Observaciones.*

En términos generales, la mayoría de las aguas parece estar dentro de los límites de potabilidad, excepción hecha de unos pocos casos; con el objeto de evitar molestias causadas por la dureza y prever consecuencias

debidas a posible contaminación de los pozos para el consumo humano, el mejor tratamiento consiste en hervir el agua. Para usar el agua industrialmente en calderas y maquinaria, sería aconsejable tratarla cuando su contenido de dureza sobrepase los 100 ppm., pero para irrigación el agua de Codazzi no ofrece problemas en este respecto.

CLAVE QUE SEÑALA LA PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS  
CLASIFICADAS SEGUN EL DIAGRAMA DE WILCOX

1. Finca La Esperanza . . . . .	Mg. 43	2. Finca Las Ilusiones . . . . .	Mg. 63
2. Finca Los Manguitos . . . . .	Mg. 44	16. Finca Novilleros . . . . .	Mg. 64
3. Finca Chimora - Fuente.		17. Finca Marconia . . . . .	Mg. 66
4. Casa de M. A. García . . . . .	Mg. 45	18. Finca Sincelejo . . . . .	Mg. 67
5. Finca San Juan . . . . .	Mg. 50	19. Finca El Jardín . . . . .	Mg. 68
6. Finca Centenario . . . . .	Mg. 51	20. Finca Las Conchitas . . . . .	Mg. 69
7. Finca La Concordia. Casa . .	Mg. 53	21. Finca La Habana . . . . .	Mg. 71
8. Finca La Granja . . . . .	Mg. 54	22. Finca Pereira . . . . .	Mg. 72
9. Finca Monte-Carmelo . . . . .	Mg. 55	23. Finca El Progreso . . . . .	Mg. 74
	Cult.		
10. Finca El Carmen. Cultivo . .	Mg. 57	24. Finca Amazonas . . . . .	Mg. 75
11. Finca San José . . . . .	Mg. 58	25. Finca Antioquia . . . . .	Mg. 77
12. Silos de Ina. . . . .	Mg. 59	26. Finca Los Deseos . . . . .	Mg. 78
13. Edif. de la Caja Agraria . . .	Mg. 60	27. Finca Tequendama . . . . .	Mg. 79
14. El Líbano. Pista aérea . . . .	Mg. 61	28. Finca Severá . . . . .	Mg. 86

*Conclusiones.*

De lo expuesto hasta aquí se concluye que hay justificadas razones para agotar los medios de comprobar la existencia en cantidad de aguas subterráneas en la región de Codazzi, aprovechables para la irrigación.

Como consecuencia general de este estudio, se deben efectuar perforaciones de ensayo que determinen:

- a) El espesor y calidad acuífera de los sedimentos cuaternarios.
- b) La posibilidad de extraer agua de los estratos subyacentes Terciarios y Cretáceos.
- c) Ensayos de bombeos apropiados para definir las características hidráulicas del depósito cuaternario de los acuíferos estratificados y de ambos en conjunto. Esto con el fin de calcular la máxima capacidad de los pozos y su efecto en los niveles regionales.
- d) Los diseños y posibles costos de la construcción de pozos definitivos.

Estas perforaciones deben ser localizadas transversalmente al eje de la cuenca para definir las características acuíferas regionales. En la plancha número 3 se señalan los sitios que creemos aconsejables para esas perforaciones.

Para el buen desarrollo del programa, deben tenerse en cuenta las observaciones que hacemos en las consideraciones generales de este informe.

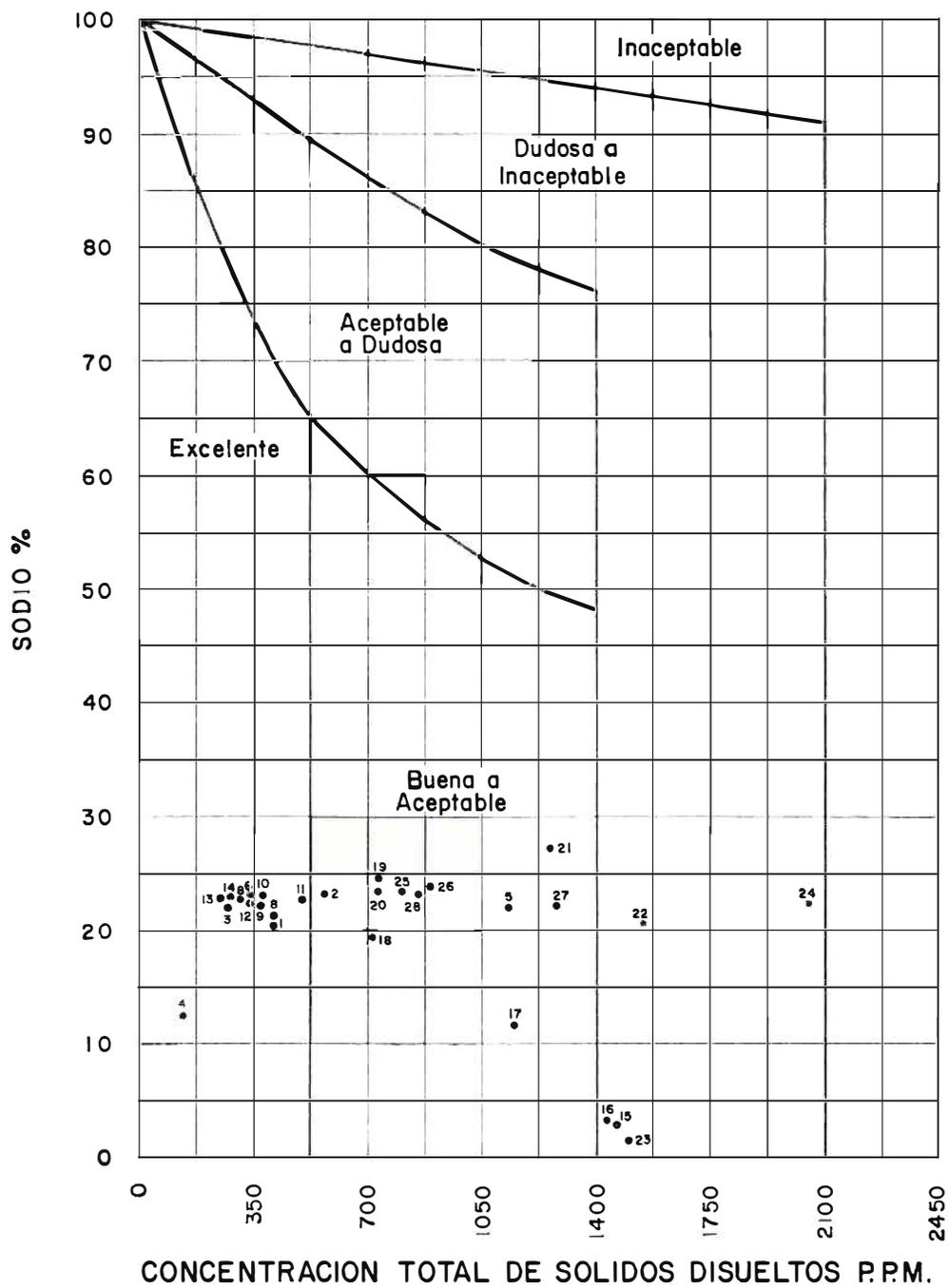


DIAGRAMA IDEADO POR WILCOX PARA LA CLASIFICACION DE AGUAS EN CUANTO A SU ACEPTABILIDAD PARA LA IRRIGACION. LOS PUNTOS DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS ANALIZADOS EN CODAZZI.

Dibujó: G. LaRolle A.

## CONSIDERACIONES GENERALES

*Perforaciones de ensayo.*

Para que estas perforaciones tengan un significado cabal que responda a los intereses de todos los cultivadores de la región de Codazzi, deben hacerse con la mejor técnica posible y con un control dirigido a lograr exacta respuesta a todos los interrogantes planteados en el informe hidrogeológico preliminar. *La finalidad primordial de las perforaciones debe ser ésta, y no la construcción de pozos definitivos para la explotación de agua.*

El Servicio Geológico Nacional, por intermedio de la Sección de Hidrogeología, facilitaría el personal técnico necesario, así:

- 1º Un Hidrogeólogo encargado de la dirección y control del proyecto;
- 2º Un Jefe de perforación, encargado del control permanente de los trabajos, y
- 3º Dos perforadores y un chofer.

La maquinaria de perforación puede constar de:

- 1º Un taladro rotatorio, con capacidad no menor de 250 m. en 8" de diámetro, con todos los elementos de perforación y 200 m. en tubería de prueba de 4";
- 2º Un carro-tanque, con capacidad no menor de unos 2 m<sup>3</sup>;
- 3º Compresor para desarrollo y pruebas menores;
- 4º Bomba de profundidad para ensayos de bombeo;
- 5º Un vehículo, que puede ser un jeep, para el transporte de personal.

Los tres primeros pueden ser facilitados por el Servicio Geológico Nacional o por el Instituto de Fomento Algodonero, por alquiler que hagan de ellos o por colaboración de entidades como el Banco de la República.

Las perforaciones deben ser hechas empleando un lodo, el menos espeso que sea necesario, para mantener las paredes del pozo. Cada zona acuífera encontrada debe ser probada antes de seguir perforando, y se recolectarán muestras de agua para análisis químicos. Es aconsejable probar el Cuaternario en conjunto, antes de penetrar los estratos; éstos deben ser probados también por separado, y luego el pozo en conjunto.

Durante estas pruebas, que deben durar de dos a diez horas, según la reacción del pozo, es necesario no sólo determinar la cantidad de agua extraída, sino también el tiempo exacto de la prueba y los niveles del agua previos a la prueba si es posible, durante la prueba y en todo caso inmediatamente al terminar el bombeo. Luego las mediciones deben continuarse por el tiempo necesario, hasta que los niveles se recuperen a su altura original. El sistema de estas mediciones se explica en el Informe número 1204 del Instituto Geológico Nacional, publicado en el vol. 5, N<sup>o</sup> 1, del *Boletín Geológico*.

También al iniciar la prueba, así como al finalizar, se han de tomar muestras de agua en cantidad no menor de un litro y en recipiente debidamente limpio. Estas muestras deben ser analizadas químicamente.

*Construcción de captaciones de agua para el consumo humano.*

Está plenamente comprobado que en la mayoría de los sitios de la región de Codazzi se pueden construir aljibes y pozos perforados para el consumo humano de agua.

Los aljibes son captaciones muy eficientes para un abastecimiento en pequeñas cantidades. Hay la tendencia a considerar este sistema como anticuado y antihigiénico; en realidad pueden ser ambas cosas, pero la técnica moderna tiene especificaciones y diseños que hacen de esta forma de explotación el ideal en determinados casos, siempre y cuando se guarden los siguientes requisitos:

1. El aljibe debe localizarse en lugares distantes por lo menos de 100 m. de pozos sépticos, chiqueros, caballerizas o cualquier otro lugar que permita la infiltración rápida de aguas contaminadas.

2. Unos veinte metros en contorno, el aljibe debe estar debidamente cercado para que a él no puedan arrimar los animales mayores.

3. El aljibe debe ser tan profundo como sea necesario para mantener la máxima exigencia de agua. Con este fin, una vez comprobada la existencia de agua en abundancia, se puede adquirir la bomba con que se ha de explotar el aljibe, según las especificaciones de capacidad y presión necesarias para llenar las exigencias requeridas. Esta bomba puede ser usada para achicar el aljibe hasta un punto en que éste produce tanta agua cuanto extrae la bomba; entonces será necesario suspender la excavación, pues no será posible achicar el aljibe lo suficiente para continuarlo. Es conveniente que los aljibes sean construídos en los últimos días de los veranos más fuertes de la región.

4. El aljibe, que normalmente no debe tener un diámetro menor de un metro, debe estar revestido totalmente, y el espacio entre las paredes de la excavación y el revestimiento debe haber sido llenado por un material impermeable, como arcilla apisonada o cemento.

5. El contorno superior del aljibe debe rodearse de una plancha protectora que esté sellada contra el revestimiento. Esta plancha se extenderá por no menos de un metro en contorno y tendrá una inclinación hacia afuera, de suerte que el agua que caiga sobre ella escurra en dirección opuesta a la captación.

6. El aljibe debe estar cubierto mediante una tapa de concreto o de metal que lo proteja completamente de la entrada de animales de cualquier especie y de aguas lluvias o aguas superficiales en general, pero debe tener una ventilación apropiada.

7. Una vez terminada la construcción del aljibe y de instalada la bomba para su explotación, se puede hacer la limpieza de la captación poniendo en el aljibe, durante unas 10 horas, una solución concentrada de hipoclorito de sodio. En un balde con unos cinco galones de agua se disuelve media libra de hipoclorito de sodio, asegurando la disolución

completa por medio de agitación; se deja reposar durante unos minutos y se vierte en el aljibe, agitando el agua de modo que la solución se mezcle completamente con el agua de la captación; después de dejar la solución durante el tiempo indicado, se procederá a bombear, hasta que el agua salga sin sabor a cloro. Los pozos perforados, ya sea por rotación o percusión, tienen un diámetro más reducido, pero una profundidad mayor que la de los aljibes.

Con el fin de ilustrar los anteriores puntos, hemos incluido un diseño típico de un aljibe técnico.

Los equipos de percusión permiten la terminación de pozos para agua, en condiciones de control más favorables que los equipos rotatorios. Esto se debe a que los equipos normales de rotación inyectan lodo en el pozo con el fin de lubricar la broca, mantener las paredes del pozo y sacar a la superficie el material taladrado. Esta circulación del lodo en el pozo dificulta la obtención de muestras exactamente representativas de la roca o sedimentos que encuentra la broca en determinado momento, y algunas veces el lodo invade los horizontes acuíferos disminuyendo notablemente su capacidad específica. Para sondeos de prueba, es aconsejable el uso de taladros rotatorios, por la gran rapidez en la ejecución del trabajo, lo cual redundaría en economía de los costos, pero ese trabajo debe ser controlado estrictamente; los resultados obtenidos en perforaciones de prueba ejecutados con equipos normales de rotación, generalmente expresan un mínimo de las capacidades acuíferas probadas. Es siempre aconsejable que las captaciones definitivas sean construídas con equipos de percusión, los cuales permiten revestir el pozo a medida que se perfora, no necesitan de la inyección de lodo y permiten determinar con mayor exactitud la profundidad, espesor y características de las capas acuíferas.

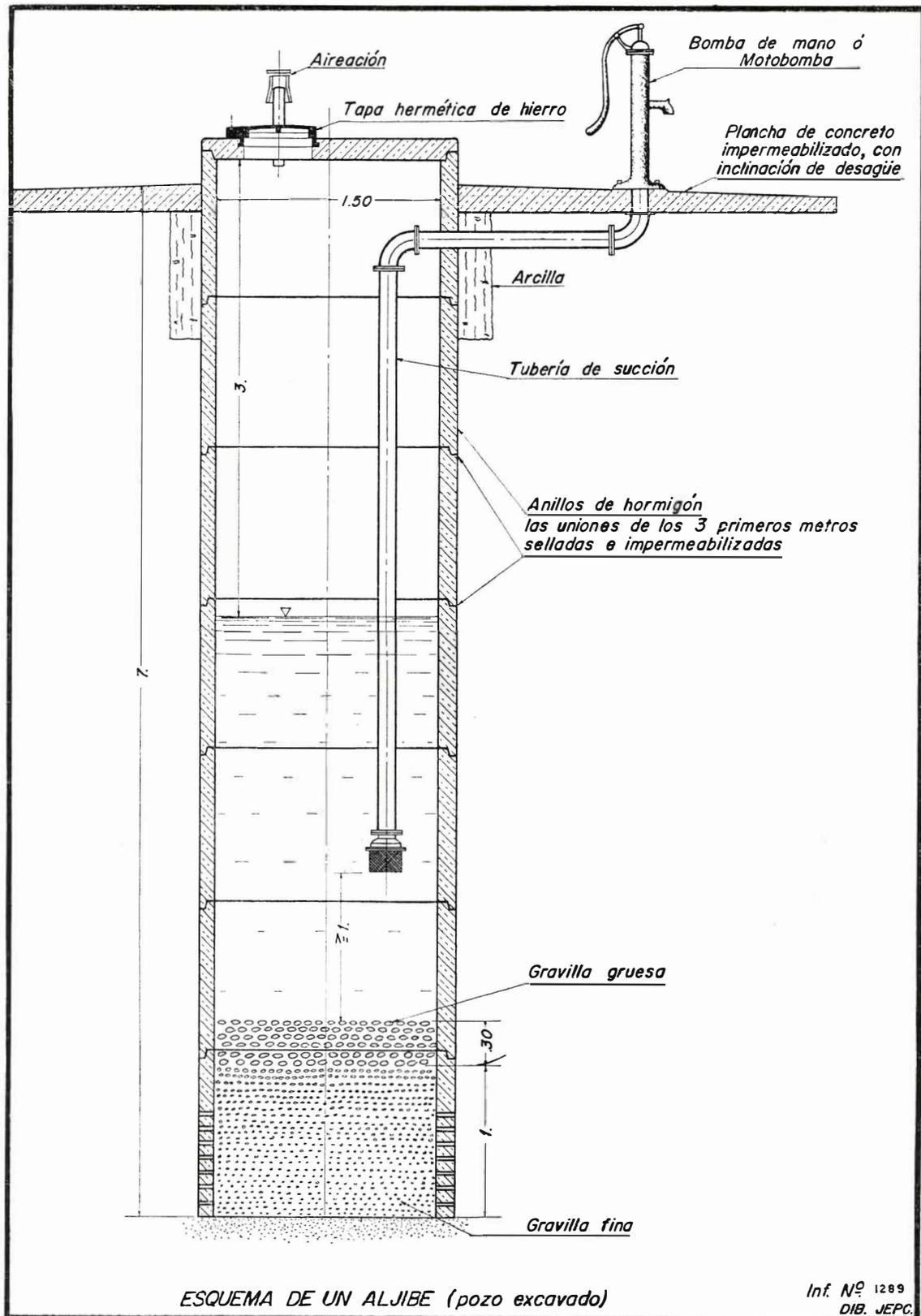
Los pozos perforados no necesitan de una localización exacta como los aljibes, en lo que respecta a las condiciones superficiales, sino a las condiciones geológicas. Muchas veces en esta localización se debe sacrificar la comodidad en busca de un sitio apropiado para las perforaciones profundas. Generalmente se considera que la infiltración natural del agua a través de 15 m. de sedimentos como gravas y arenas, no en el caso de grietas o fisuras en que hay una infiltración directa, es suficiente para purificar bacteriológicamente el agua. Por lo demás, todos los requisitos sugeridos para los aljibes en cuanto a protección, terminación y esterilización deben ser seguidos en los pozos.

La dotación de las bombas para los pozos profundos sólo debe hacerse después de construído totalmente el pozo, previo conocimiento de la capacidad específica y de los niveles de la o las capas acuíferas captadas.

La posibilidad de perforar pozos para el abastecimiento público de las poblaciones de la región de Codazzi será definida por los resultados de las perforaciones propuestas en el presente informe.

#### NECESIDAD DE UNA LEGISLACION SOBRE LA EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

Hasta el presente en Colombia no existe una legislación propia sobre los derechos y deberes ciudadanos en cuanto a la explotación de las aguas subterráneas. Debido a que esa explotación está siendo apenas ahora tomada en toda su seriedad, tampoco ha sido necesario legislar sobre los proble-



mas que pueda presentar esa actividad. En otras naciones en donde la explotación de las aguas subterráneas es intensa y representa un gran valor público y económico, existen legislaciones propias, algunas de las cuales tienen varios siglos de existencia.

En el siglo pasado, en los Estados Unidos se tenía la idea de que el origen y movimiento de las aguas subterráneas eran tan desconocidos que no era posible formular ninguna reglamentación legal que la gobernase; esta idea hoy está completamente abandonada, y en ese país existen legislaciones sobre las aguas subterráneas, una por cada Estado de la Unión. Como culminación del estudio y solución de diversos problemas legales, se ha establecido que el derecho de un propietario a usar del agua subterránea en los terrenos de su propiedad, está limitado por los mismos derechos que a ella tienen sus vecinos; pero algo más se agregó luego: este derecho debe ser correlacionado o equilibrado de acuerdo con la disponibilidad global del agua en una provincia hidrológicamente determinada.

No es el aspecto puramente jurídico del problema el que nos incumbe a los hidrogeólogos. El suscrito profesa la creencia de que *el uso del agua subterránea debe ser ajustado a las normas que gobiernan su existencia en la naturaleza y explotadas como bien común. Esta explotación debe en un todo ajustarse a necesidades reales encaminadas a producir beneficio social o económico, dando prioridad a los intereses públicos sobre los particulares, todo de acuerdo con la disponibilidad que haya del agua en el subsuelo.* La definición de términos técnicos, la explicación de los fenómenos anaturales y la determinación de la existencia en calidad, cantidad y cualidades propias de cada acuífero, es la contribución necesaria de la hidrogeología y la reglamentación de las aguas del subsuelo.

Los anteriores puntos plantean un problema altamente complejo, cuyo conocimiento no es fácil. Por esto es necesario también reglamentar y calificar la capacidad técnica de quienes se dedican a la construcción de las captaciones, mediante la protección y organización estatal de las profesiones relacionadas a estas actividades. Cada problema hidrogeológico es individual y pertenece intrínsecamente a los fenómenos dinámicos de la naturaleza, con factores de influencia decisiva que no pueden ser medidos en un término de tiempo predeterminado, pues serán más exactos de acuerdo con la duración y la calidad de las observaciones. Planteado así el problema y por tratarse del agua subterránea de un bien común de imprescindible valor económico, sólo el Gobierno de una nación, por intermedio de oficinas especializadas, puede adelantar el control y la investigación necesarios al buen uso y conservación de las aguas subterráneas.

Sería necio pensar que el Estado hiciera todas las perforaciones y obtuviera todos los datos necesarios al conocimiento, control y conservación de las aguas del subsuelo; mediante la reglamentación por los técnicos dedicados a la construcción de captaciones para aguas subterráneas y una estrecha colaboración de asesoría y de intercambio de datos, se puede llegar a una compilación suficiente que permita conocer en su verdadero valor los recursos de la Nación en aguas subterráneas.

La explotación de pozos de agua para la irrigación requiere del legislador normas concretas y claras que definan el derecho que cada individuo tiene de explotar el agua del subsuelo de sus tierras. Uno de los

errores que han provocado mayores dificultades, es la creencia de que el agua subterránea va por corrientes encauzadas, parecidas a las que podemos observar en la superficie; este es un caso particular, en realidad muy raro, del agua subterránea. Es verdad que el agua subterránea tiene una dirección de flujo, pero lo común en hidrogeología son los mantos acuíferos y no los cauces. La dirección del flujo subterráneo puede ser fácilmente alterada mediante un pozo o captación que extraiga suficiente cantidad de agua como para hacer converger hacia él el flujo natural, provocando un cono de depresión del nivel freático; el descenso provocado teórica y prácticamente, tiende a extenderse hasta los límites naturales del depósito de agua subterránea.

La extracción inmoderada de agua en un pozo en Codazzi podría privar a los vecinos del lote en explotación de la cantidad de agua necesaria a su propia irrigación, causando un descenso grande en los niveles de agua; el valor real, en metros, de ese descenso del nivel freático, no es previsible de antemano sino mediante ensayos de bombeo altamente técnicos.

Será necesario un gran conocimiento de las reservas de agua de la región antes de poder decidir sobre la cantidad global disponible para la irrigación, sin detrimento del depósito; es necesaria mucha investigación antes de saber la cantidad de agua que por concepto de percolación de las lluvias e infiltración de agua proveniente de otras regiones entra en la cuenca, y la cantidad disponible para extraer y ser usada en la irrigación. Otro criterio al respecto podría provocar la ruina total del depósito con un aprovechamiento sólo transitorio para unos cuantos.

Probada la posibilidad de explotar aguas subterráneas mediante pozos para la irrigación, la tendencia de los intereses económicos será la de construir captaciones y obtener agua en grandes cantidades. Es por lo tanto necesario que mientras se tenga el conocimiento debido del depósito, alguna reglamentación al respecto sea prevista. Sugerimos que de acuerdo con las técnicas agrícolas propias, se defina la cantidad de agua que se necesita por hectárea para la irrigación y se fije esa cantidad como límite de derecho de explotabilidad para cada propietario; es decir, que el propietario de doscientas hectáreas tendrá, por ejemplo, derecho a doscientos litros por segundo, continuos, durante la época de sequía.

Otro problema importante será el de la distancia de uno a otro pozo, especialmente cuando estén a cortas distancias de límites entre propiedades.

Finalmente, certificamos que la explotación de aguas subterráneas para el uso público, la irrigación y la industria en Colombia, está tomando un ritmo acelerado, con un aumento notable del número de entidades particulares dedicadas a la construcción de pozos, y que es un todo necesario que el Gobierno Nacional avoque la reglamentación de la profesión de perforadores de pozos para agua y la legislación sobre la explotación, conservación y usos del agua subterránea.

**OBSERVACIONES GEOLOGICAS Y ESTUDIO PETROGRAFICO SOBRE 54 MUESTRAS  
COLECTADAS POR EL Dr. LAUREANO RINCON, EN EL DEPARTAMENTO  
DE NARIÑO EN LA VIA TAMBO, PEÑOL, POLICARPA**

POR  
**H. WOLFGANG NELSON**  
PETROLOGO JEFE

---

INFORME No. 1074

---

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1962

## CONTENIDO:

1. INTRODUCCIÓN . . . . .	83
2. ANOTACIONES SOBRE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA . . . . .	85
3. LOS ESTRATOS DE CHITA . . . . .	86
4. EL "CRETÁCICO EN LA FACIES PORFIRÍTICA" . . . . .	90
5. LAS SERPENTINAS AL NORTE DE EL TAMBO . . . . .	91
6. LAS FORMACIONES MÁS MODERNAS (TERCIARIAS) . . . . .	92
OBSERVACIONES GEOLÓGICAS A BASE DEL PRESENTE ESTUDIO PETROGRÁFICO . . . . .	94

## 1. INTRODUCCION

*Con el objeto de aumentar los datos sobre las formaciones en la cuenca del Patía, y con base en un levantamiento de ruta, fue colectada una serie de muestras por el ingeniero Laureano Rincón Orbezo, del Servicio Geológico y Minero de Pasto, a lo largo de la ruta Tambo-Peñol-Policarpa. Parte de éstas fue enviada a este Departamento para practicar el examen petrográfico; otra parte fue estudiada en el Departamento de Paleontología, sobre el posible contenido de microfósiles.*

*En el año de 1930 practicó un estudio detenido el doctor Emil Grosse, quien visitó la región entre Popayán y la ruta mencionada (El Tambo-Policarpa) durante más de tres meses, y consignó sus observaciones en el tomo III de la Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, con el croquis geológico correspondiente. Otro estudio de Nariño y Alto Putumayo fue realizado por el doctor José Royo y Gómez durante cuatro meses del año de 1940; tal estudio tenía especialmente un objeto económico, y sus resultados están consignados en el tomo V de la misma Compilación; a lo largo del presente informe nos referiremos con frecuencia a estos dos autores.*

*El presente estudio se limita principalmente a la descripción petrográfica de las muestras. Por no conocer la región personalmente, y además por la falta de datos precisos sobre la extensión, variación, posición geológica, etc., sería muy dudosa una interpretación geológica. Así parece, por ejemplo, que ciertas muestras pueden corresponder tanto a una formación hipoabisal como a una formación extrusiva. La clasificación en estos casos hemos tenido que darla arbitrariamente, según la idea que sugirió el croquis del levantamiento o la literatura mencionada arriba. Otras muestras pueden proceder tanto de guijos de un conglomerado como de bombas de un aglomerado volcánico o de una lava.*

*A pesar de esto, se trató la materia ordenándola según las formaciones geológicas de posible procedencia. En el último capítulo se ha hecho el esfuerzo de deducir algunas observaciones geológicas. El anexo contiene el estudio de todas las muestras según el orden del levantamiento.*

## 2. ANOTACIONES SOBRE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACION PETROGRAFICA.

En atención a las obras citadas en la introducción, de Grosse y de Royo y Gómez, y teniendo en cuenta los párrafos siguientes del presente informe, nos parece conveniente insertar unas palabras sobre la clasificación de las rocas ígneas. A esa clasificación se debe atender, porque sólo ella permite la comparación con rocas descritas por otros autores, e informarnos sobre la igualdad o las diferencias con rocas de diferentes lugares.

Toda clasificación se basa sobre una o más de las siguientes características:

- a) La clase y la cantidad proporcional de los minerales constituyentes.
- b) El modo como ellos están agregados, o sea su estructura.
- c) La composición química de la roca.

Las clasificaciones más adecuadas para reflejar la génesis y las modificaciones posteriores de una roca, son aquellas que contienen las primeras dos características, a) y b), es decir, los factores que, en general, se pueden determinar, ya macroscópicamente, ya con la ayuda del microscopio. En ciertas ocasiones, precisamente en rocas parcial o enteramente vítreas, los datos mineralógicos y estructurales pueden ser completados por datos químicos.

A pesar de este juicio bastante universal sobre la base de una clasificación petrográfica, se desarrollaron varios sistemas distintos, los cuales —en verdad—, a grandes rasgos van muy paralelos, pero para ciertos tipos de rocas se desvían en sus conceptos, dando como resultado una nomenclatura distinta. No se trata aquí de entrar en una discusión sobre los varios sistemas que por fin no son más sino meras convenciones.

La confusión se aumentaba por la opinión de ciertos autores de que era conveniente distinguir entre rocas paleovolcánicas (preterciarias) y rocas neovolcánicas, y expresar esa edad en la nomenclatura. De modo que rocas exactamente iguales (fuera de una posible y mayor descomposición en las rocas antiguas) recibieron dos nombres distintos, según su edad geológica. Este sistema rige especialmente en los países germánicos, aunque los motivos originales ya no se consideran válidos.

Conforme a esto, se observa que Grosse en su obra citada distingue entre “porfiritas” y “andesitas” para indicar una roca semejante, pero de distinta edad geológica, a saber paleovolcánica y neovolcánica; igualmente se hace la distinción entre “meláfiro” (paleovolcánica) y “basalto” (neovolcánica); entre “pórfido cuarzoso” y “riolita”; entre “porfirita cuarzosa” y “dacita”.

Fuera de que es poco deseable esta subdivisión y que a veces no puede realizarse porque se desconoce la edad geológica, debe tenerse en cuenta que los nombres "pórfido" y "porfirita" se utilizan por otros autores para indicar ciertos tipos de rocas hipoabisales ricas en ortoclasa y plagioclasa, respectivamente.

La nomenclatura empleada por el suscrito es la de P. Niggli, propuesta en los años de 1931 y 1935 (véase Schweiz. Min. Petr. Mitt., de los mismos años). En ella se prescinde de la subdivisión mencionada, empleando una sola clasificación para determinado tipo de roca, independientemente de su edad geológica. Lo mismo acontece en sistemas semejantes, usados en Inglaterra y en los Estados Unidos por el U.S. Geological Survey (véase A. Johannsen, a descriptive Petrography of igneous roks, vol. I/IV).

De acuerdo con esto, en adelante se hablará de riolitas, dacitas, andesitas, basaltos, etc., y de pórfidos y porfiritas para rocas hipoabisales.

Recorriendo la publicación citada de Royo y Gómez, el suscrito observó que este autor también distingue "porfiritas", "porfiritas cuarzosas" y "pórfido cuarzoso" de sus respectivas andesitas, dacitas y riolitas, pero en un sentido muy distinto al de Grosse. Se deduce de sus descripciones petrográficas que todas pueden referirse a rocas extrusivas (también a rocas hipoabisales) de cualquier edad geológica, pero que difieren en cuanto a la constitución de la pasta que es granuda en las primeras y vítrea en las últimas.

Me parece que esta diferencia subordinada no justifica una separación en las rocas. El desarrollo de la pasta depende primordialmente de la magnitud del cuerpo efusivo y además del lugar dentro de este mismo, con respecto a sus bordes. De modo que una pasta granuda a menudo pasa gradualmente a una pasta vítrea, y no sería muy conveniente aplicar dos clasificaciones para estos dos tipos, por lo demás exactamente iguales. En las riolitas, una sola sección delgada ya puede demostrar dos o más tipos de pasta, causados por la gran viscosidad de la fusión silicosa, que no permite una cristalización uniforme.

El concepto "*espilita*", usado por Grosse, también necesita una aclaración. Actualmente este nombre se utiliza únicamente para indicar ciertas rocas basálticas que contienen albita en vez de plagioclasas básicas ordinarias; esta albitización se debe a procesos metasomáticos. El concepto antiguo, sin embargo, es diferente; se utilizó el nombre para rocas basálticas muy densas o de un grano finísimo, a menudo con textura amigdaloides. En este sentido antiguo lo usa aparentemente Grosse. Aunque en el informe sobre la cuenca del Patía no da una descripción detallada de esta roca, la encontramos en la obra *Terciario Carbonífero de Antioquia*, del mismo autor (1926). Las descripciones de las "espilitas" en esta obra, se refieren todas a rocas básicas muy densas, y confirman nuestra suposición sobre el significado de este nombre petrográfico.

### 3. LOS ESTRATOS DE CHITA

Los estratos cubren una gran parte del terreno levantado, y el mayor número de muestras debe proceder de ellos; de esas muestras hablaremos en seguida, ordenadas según su carácter y su localidad.

A) *Las muestras entre Policarpa (Chita) y puente La Guasca.* Fuera de la muestra número 42, están representadas únicamente por rocas volcánicas y tobáceas. La falta de datos de campo no permite afirmar si las primeras se presentan como intercalaciones extrusivas entre las segundas o si representan sólo partes de bombas en estas tobas. En todo caso, forman una unidad petrográfica bien definida que consta de derrames volcánicos bastante básicos, precisamente andesíticos. De su edad paleovolcánica habla el hecho de que se presentan muy compactas y duras, a veces algo apizarradas; además, prevalece un color verde, por alteraciones a epidota, clorita, etc.; de modo que a veces son verdaderos "greenstones" en los que es difícil reconocer a simple vista el carácter original, tobáceo o extrusivo. El microscopio revela las siguientes extrusivas:

*Andesita augítica* (Nº 49-a), con sólo fenocristales de augita, a veces de estructura zonar; se destacan difícilmente en la masa, la cual es holocristalina y está constituida por plagioclasas y antigorita (derivada de augita); también es algo amigdaloides.

*Andesita hornbléndica* (Nº 44-b), en la que sólo hay pequeños fenocristales de hornblenda que se dejan observar también con un lente como agujas finas y negras. La masa está muy alterada, especialmente a sericita que se desarrolló en estructura más o menos paralela, demostrando así cierto dinamometamorfismo; la débil esquistosidad se aprecia también en la muestra.

*Andesita augítico-hornbléndica* (Nº 46), con fenocristales de estos dos elementos melanocratos y de plagioclasas. La masa es hialocristalina y algo amigdaloides.

*Andesita plagioclásica* (Nº 47), con fenocristales principalmente de plagioclasas y muy pocos de hornblenda y augita. La masa es hialocristalina y amigdaloides.

Las rocas tobáceas y compactas están integradas por los mismos elementos; por el tamaño muy diverso de sus componentes se clasifican como *tobas aglomeráticas andesíticas*; son las muestras 43, 44-a, 45, 48 y 49-b. Los componentes en general no pasan de 2 centímetros de tamaño; no se destacan fácilmente, y las rocas parecen más bien densas, a veces algo apizarradas; tienen color verdoso o abigarrado.

Sin embargo, el microscopio revela inmediatamente el carácter piroclástico; se observan fragmentos de una o más de las extrusivas mencionadas arriba, junto con fragmentos de cristales de las mismas, especialmente plagioclasas, augita y hornblenda o sus productos de alteración. El cemento es escaso y está constituido por productos secundarios o material cinéreo.

Finalmente, se anota una roca muy densa, de color gris verdoso, procedente de las inmediaciones de Policarpa (Chita): macroscópicamente no se pueden distinguir sus componentes. Al microscopio se observa su naturaleza clástica; está constituida por material volcánico en granos angulosos, bastante seleccionados en cuanto a sus dimensiones (varían entre 50 y 300  $\mu$ .); se distinguen plagioclasas alteradas y augita; además unos pocos granos de hornblenda y restos de rocas extrusivas ande-

síticas; tienen un cemento de productos de descomposición verdoso oscuro (clorita y leptocloritas). Debe haberse originado la roca en la redeposición de material tobáceo o en andesitas desintegradas. Se la clasificó *toba andesítica densa redepositada* (Nº 50).

La misma roca fue señalada por Grosse, del mismo lugar, como “roca densa, verdosa, porfirítica (es decir: andesítica!), sin señales exteriores de metamorfismo”. Está interpuesta entre las tobas aglomeráticas descritas. También Bergt (1899) describe rocas semejantes (clasificadas como “tobas diabásicas”); parecen estar bastante difundidas en esta región.

Merece anotarse que el carácter andesítico de este conjunto volcánico se refleja también en el modo de alteración de los cristales de plagioclasas, los cuales en las rocas examinadas se alteraron principalmente a sericita, luego a albita, epidota, etc.; se deduce de esto la composición poco básica de las plagioclasas.

B) *Las muestras entre puente La Guasca y El Peñol.*—Revisando las muestras de esta región, por cuanto se refiere a los estratos de Chita, se anota inmediatamente la preponderancia de *pizarras arcillosas*; son en su mayoría bien esquistosas y además bastante compactas; en general, el color varía del gris verdoso al gris oscuro o casi negro; son las siguientes muestras: 42, 41, 39, 35, 33, 31, 29-a, 28, 21 y 18.

Bajo el último número de esta serie (18), hay también *pizarras silíceas*; en ellas se observa un alineamiento fino que recuerda una estratificación sedimentaria antigua; es más o menos perpendicular a la esquistosidad metamórfica. Una observación semejante se puede hacer para el número 29-a.

De las pizarras arcillosas se elaboraron dos secciones delgadas correspondientes a las muestras 33 y 35; están constituidas principalmente por minerales arcillosos; una de ellas (Nº 35) demuestra además pequeños fragmentos de plagioclasas, en su mayor parte sericitizadas, rara vez también fragmentos de augita; su relación con las andesitas y tobas andesíticas mencionadas arriba, es evidente.

Las pizarras arcillosas parecen tener *interposición de esquistos abigarrados*, como los tenemos en las muestras números 37 y 40; en la sección delgada de la primera, un esquisto rojo violáceo muy duro, y al parecer algo silicificado, se comprobó una fina distribución de hematita como materia de pigmento. Bajo el número 40 se hallan esquistos rojos y verdes bastante blandos, a veces suaves y grasosos al tacto. El examen microscópico del esquisto verde demuestra su riqueza en minerales magnésicos, tales como talco, clorita y brucita (?), formando un agregado fibroso en el cual hay nidos de un carbonato (probablemente magnesita); otros componentes son cuarzo secundario y albita.

Luego se encuentra entre las muestras una *lidita* (Nº 29-b), bastante agrietada y de color negro.

Las demás muestras, que probablemente representan estos estratos de Chita (*desgraciadamente faltan datos más precisos del levantamiento*), son más bien arenosas y no arcillosas; entre ellas se anotan:

Una *toba andesítica redepositada* (Nº 34): es una roca gris verdosa y compacta, muy dura; tiene una débil esquistosidad; es de grano fino, y con una lente apenas se distinguen sus elementos. La sección delgada

demuestra su naturaleza clástica de material tobáceo; está constituida por plagioclasas bastante frescas y por fragmentos de rocas volcánicas andesíticas, en cantidades más o menos iguales y en estructura densa. Accesoriamente hay augita; no se encontró cuarzo.

Aparentemente es la misma roca que describe Royo y Gómez del conjunto verdoso-porfirítico como “roca cuarcífera verde” o como “areniscas duras de grano fino, verdosas” y que allá están bastante difundidas. Aunque es una roca arenosa (sedimentaria), se recomienda no denominarla “arenisca” o “cuarcita”, por la ausencia o escasez de cuarzo y por prevalecer en su constitución un material derivado de andesitas o sus tobas; esta circunstancia explica también el color verdoso y el hecho de que este “greenstone” sea tan semejante a extrusivas básicas de grano fino alteradas, precisamente a este tipo de roca que llama Grosse “espilita”. Royo y Gómez presume que Grosse confundió esas “rocas cuarcíticas verdes” con espilitas, error muy fácil en determinación macroscópica. Hay que anotar, sin embargo, que Grosse menciona ciertamente interposiciones de “areniscas túficas y de tobas porfiríticas (?) duras” en los estratos de Chita (página 152) y luego anota del “Cretácico porfirítico”: “entre las tobas porfiríticas (andesíticas!), las que son densas y cenizas tienen la mayor difusión en todas partes” (página 156).

Encontramos luego un *esquisto calcáreo pardusco-violáceo* (Nº 32), que, según el croquis del levantamiento, parece provenir también de los estratos de Chita; contiene cerca de 50% de calcita; luego granos de cuarzo y unos pocos de feldespato; el color se debe al material opaco ferruginoso o grafitico.

Finalmente, encontramos una roca arenosa de grano menudo, muy compacta y pesada, de color negro-azulado por impregnaciones metalíferas; es débilmente esquistosa. Se trata de la muestra número 22, *arenisca túfica negra, ferruginosa*; contiene, fuera de los componentes sedimentarios comunes (cuarzo y feldespatos), abundantes fragmentos pequeños de rocas volcánicas andesíticas.

En el cemento se hallan numerosas cintas o películas finas de material ferruginoso, orientadas paralelamente, curvándose por los granos mayores; parece a veces un sistema de grietas orientadas causadas por ligera presión tectónica, rellenas con un material ferruginoso y tal vez en parte con manganeso; tiñen la roca de color oscuro.

Ostentan ser rocas iguales a las encontradas por Royo y Gómez en la sierra de La Espada, entre Pasto y El Tambo, y descritas como “areniscas de grano muy fino, limoníticas”; parecen ser la roca constituyente o principal de esta sierra y, según este autor, pertenecen allí al conjunto verdoso porfirítico.

La última muestra de la zona aludida es una *diabasa augítica* (Nº 38). El croquis hace sospechar que no tiene relación directa con las pizarras arcillosas, sino que se trata probablemente de un dique que las corta. Está compuesta por plagioclasas y augita en estructura ofítica.

Resumiendo los tipos de rocas examinadas, se anota una gran concordancia con las descripciones dadas por Grosse sobre estos estratos de Chita.

Las muestras implican la idea de que existe una zona, precisamente entre puente La Guasca y Policarpa, en la que rigen, casi exclusivamente, rocas volcánicas compuestas especialmente por andesitas augíticas, luego

por andesitas hornbléndicas y por las mismas tobas aglomeráticas; además, anotamos una toba más densa de la misma composición; es obvio que esta zona corresponde a lo que Grosse llama "tercer conjunto".

Asimismo, hay coincidencia de la zona vecina entre el puente La Guasca y El Peñol, con los conjuntos II y I. Predominan entre las muestras las pizarras arcillosas oscuras, en parte silíceas (además, una lidita); parecen estar intercaladas por esquistos abigarrados y rocas arenosas tobáceas y duras.

En tanto que las pizarras arcillosas hacen sospechar cierta relación con las rocas volcánicas del conjunto III, por tener ocasionalmente fragmentos de plagioclasas y augita, se impone la idea de una relación íntima por el estudio de las intercalaciones. Las areniscas tobáceas son indudablemente prueba de una fuente volcánica del sedimento, especialmente cuando la contaminación con detritus común (cuarzo) es tan poca que transitan a tobas redepositadas de composición andesítica. Detritus más fino y semejante originó los esquistos verdes, ricos en minerales magnésicos.

Se impone ciertamente la idea de que estos estratos arcillosos tobáceos se derivaron del conjunto III o volcánico. Por consiguiente, desde este punto de vista petrográfico, deben representar estratos más modernos que éste y superiores a él. El abastecimiento del material volcánico fue variable, no sólo en cuanto a su grano promedio, sino también en cuanto a la proporción integrante del sedimento.

#### 4. EL "CRETACICO EN LA FACIES PORFIRITICA"

En lo que se refiere al levantamiento en cuestión, esta formación aflora entre El Tambo y El Peñol, según los datos de Grosse. Está constituido esencialmente por rocas efusivas básicas y sus tobas, las cuales se deben a derrames volcánicos, tal vez submarinos. Los sedimentos parecen desempeñar un papel subordinado.

Las muestras de la colección estudiada que se reparten a lo largo del perfil cretácico porfirítico, son las siguientes:

*Diabasa augítica* (Nº 6), de estructura ofítica muy típica, constituida por plagioclasas y augita. Es de grano fino a medio.

Igual en cuanto a la composición es la muestra número 9, pero ésta demuestra claramente fenómenos de dislocación que dieron como resultado una cierta trituración de sus componentes.

Algo distinta es la muestra número 5, también *diabasa augítica*, de aspecto muy denso. Microscópicamente tiene más bien una estructura intersertal, con algo de vidrio. Nos parece el equivalente a lo indicado por Grosse como "espilita".

Como sedimentos encontramos los siguientes:

*Esquisto arcilloso*, de color gris oscuro casi negro (Nº 7) y *arenisca táfica negra* (ferruginosa) (Nº 8). Recuerda a la muestra número 22 (estratos de Chita) por su impregnación metálica. Está constituida por los mismos componentes, es decir, cuarzo y productos tobáceos, pero es de un grano más fino y por consiguiente más densa que la número 22; la superficie está cubierta por una película con débil brillo metálico par-

usco. Ya anotamos que Royo y Gómez encontró la misma roca bastante difundida en la Sierra de La Espada y la atribuye al conjunto verdoso porfirítico (Cretácico?).

Estas muestras no nos dan una impresión general del "Cretácico porfirítico". No figuran, por ejemplo, las extrusivas andesíticas que deben integrar esta formación, y entre las cuales distinguió Grosse: "porfiritas" augíticas, hornbléndicas, labradóricas y amigdaloides.

Observamos solamente "diabasas legítimas", como las llama Grosse. Estas diabasas nos parecen pasar a tipos de grano muy fino, densas, como lo encontramos en la muestra número 5; seguramente es la misma roca que denominó Grosse "*espilita*", en el sentido antiguo de ese nombre. Según sus observaciones, se extiende este tipo de roca desde el sur de El Tambo hasta El Peñol; en otras palabras, predomina a lo largo del perfil en cuestión. Esta observación explica muy bien la monotonía entre las rocas ígneas levantadas en esta región. Además, un motivo de duda es la suposición de Royo y Gómez de que Grosse tomó las "areniscas de grano fino verdoso" por "*espilitas*"; tal suposición se hace aún menos probable si se tiene en cuenta la circunstancia citada en el capítulo anterior de que Grosse menciona ciertamente rocas clásticas y tobáceas de otras partes.

Como se puede esperar después de lo dicho arriba, tampoco los sedimentos se presentan completos; así, no observamos lilitas ni esquistos violáceos entre las muestras en discusión. Anotamos aquí que los últimos sí fueron señalados por Grosse en combinación con las pizarras oscuras, a lo largo del perfil discutido.

## 5. LAS SERPENTINAS AL NORTE DE EL TAMBO

Dentro del "Cretácico porfirítico" discutido anteriormente, al norte de El Tambo se halla un macizo de serpentina. De él provienen las muestras números 1, 2 y 4; según el examen microscópico, parece que estas serpentinas están compuestas principalmente por el mineral antigorita al cual se asocia un poco de crisotilo, de manera especial en las grietas, y accesoriamente una hornblenda fibrosa, calcita y menas metalíferas. Sería interesante examinar estas últimas por medio de un diagrama de rayos X, para averiguar la posible existencia en ellas de elementos valiosos como Cr o Ni.

Las rocas son de color verde oscuro azulado; están bastante agrietadas y demuestran una esquistosidad débil. Según las observaciones de Grosse, la roca madre de esta serpentina es una peridotita que, en otro macizo cerca de Los Azules, se ha conservado en forma de núcleos en la masa serpentinizada. La edad de estos macizos no es conocida con seguridad; es probablemente postcretácica.

Entre las muestras examinadas hay un fragmento interesante: es de color blanco grisáceo (bajo el N<sup>o</sup> 1), que se distingue por su gran tenacidad y dureza; al microscopio parece tratarse del anfíbol *nefrita*, el cual a menudo se halla incorporado como masas nodulosas o como filoncitos en los macizos de serpentina. La misma sección delgada contiene también prehnita. A veces se tiene la idea de que la nefrita se desarrolló a expensas de la prehnita.

También Grosse menciona estas inclusiones, pero las denomina (según clasificación macroscópica) "jadeitita". Esto indica su integración por otro mineral, igualmente fibroso, a saber: el piroxeno jadeíta, el cual puede formar una roca muy semejante a la nefrita, en cuanto a la dureza y tenacidad; para ambas rocas se emplea el nombre genérico de "jade", que por sus propiedades especiales constituía una materia prima para el hombre primitivo en la elaboración de ornamentos, utensilios, etc.

Aparentemente, del mismo macizo de serpentina es la muestra número 3; *por falta de datos de campo precisos* se la tomó como procedente de un dique, y de conformidad con eso fue clasificada como "*aplita diorítica*"; tal vez es un equivalente de los bloques de "pegmatita gábrica" encontrados por Grosse en el macizo de serpentina de Los Azules.

## 6. LAS FORMACIONES MAS MODERNAS (TERCIARIAS)

A juzgar por su naturaleza y su localidad, el resto de la colección debe provenir de estratos más modernos. Es imposible, sin conocimiento del terreno, discutir su posición geológica. En seguida tratamos brevemente sobre estas muestras, agrupadas según su clase:

### a) *Conglomerados y graywackes.*

Tales rocas provienen del punto El Perejil. Refiriéndonos a los datos de Grosse, deben representar los estratos distinguidos como "piso medio de la sección inferior del Medioterciario" (b m i 2).

Es una serie muy interesante representada por las muestras números 12, 13, 14 y 17; tienen en común el carácter de ser rocas sedimentarias muy compactas y duras. El desarrollo varía de conglomerático a arenoso grueso o fino; forman una unidad en cuanto a su composición. En los conglomerados encontramos cantos poco redondeados hasta de 1 o 2 centímetros de material diverso en un cemento arenoso.

Al estudiar al microscopio la muestra número 13, se distinguen cantos pequeños y granos de liditas y de esquistos, luego de rocas volcánicas, especialmente andesitas básicas alteradas, pero también unos fragmentos de dacitas y de otras rocas más ácidas; cristales rotos de cuarzo y feldespatos y accesoriamente de augita y hornblenda; además, granos muy descompuestos.

Estas rocas conglomeráticas pasan, por la disminución de su grano, a rocas arenosas de color sucio, gris verdoso. Por su composición típica, en la que prevalecen productos de desmoronamiento de otras rocas sobre el contenido en cuarzo, las denominamos graywackes.

Es posible que la muestra número 11 pertenezca a la misma formación; la roca arenosa gris verdosa se presenta muy alterada y poco coherente; se distinguen granos de cuarzo, feldespatos alterados y productos secundarios (clorita, saussurita, etc.).

### b) *Cuerpos intrusivos neovolcánicos (dacitas y andesitas).*

El afloramiento del "Cretácico porfirítico" está atravesado por cuerpos intrusivos de rocas neovolcánicas, al parecer dacitas y andesitas (véase el mapa de Grosse). Probablemente la muestra número 10 pro-

viene de uno de tales cuerpos, los cuales en sus tamaños parecen ser muy diferentes, variando de diques a lacolitos o cuerpos busiformes. Esta *dacita* tiene pequeños fenocristales de feldespato (hasta de cerca de 2 mm.) y de cuarzo. En la sección delgada se observan los mismos fenocristales; el feldespato es principalmente oligoclasa; en cantidad muy restringida se presenta también ortoclasa (perítica); los fenocristales de cuarzo pueden demostrar fenómenos de corrosión magmática; la masa es finamente granuda, constituida por los mismos elementos, junto con unas pocas escamas de biotita, el único melanocrato encontrado.

Anotamos aquí que las dacitas y andesitas descritas por Grosse son más ricas en melanocratos. Es interesante la observación de que las andesitas y dacitas forman una serie continua en la cual los tipos más básicos tienen principalmente hornblenda como melanocrato, mientras que en los tipos más ácidos llega a predominar la biotita hasta que finalmente en dacitas bastante cuarzosas constituye el único melanocrato. La muestra examinada (Nº 10), puede verse como continuación de esta serie a un tipo muy cuarzoso y leucocrato en el cual también la biotita llega a ser muy escasa; químicamente se aproximará a una riolita.

c) *La cubierta piroclástica "neoterciaria"*.

Algunas muestras provienen de localidades entre La Toma y Yuracueva o de lugares más al Norte, hacia el río Patía; son las señaladas con los números 23, 24, 25, 26 y 27, 30 y 36. Este terreno lo considera Grosse como Neoterciario; él anota, sin embargo, que la posición estratigráfica queda insegura y que el desarrollo es algo diferente que el del neoterciario más al Norte, en la cuenca del Patía.

Del total de siete muestras se clasifican cuatro como *andesitas hipersteno-augíticas*, a saber: los números 24, 26, 30 y 36; son rocas de estructura porfirítica, en las que se observan fenocristales pequeños de plagioclasas, blancas por alteración, sobre un fondo oscuro en el que se destacan más difícilmente los fenocristales de piroxeno; al microscopio las plagioclasas parecen ser andesina-labrador, de estructura zonar; tienen a menudo fenómenos de corrosión magmática y a veces inclusiones de vidrio.

El piroxeno es tanto ortopiroxeno (hiperstena) como clinopiroxeno (*augita* o más bien diópsido); en general, parece predominar el primero; muy accesoriamente se encuentran fenocristales de hornblenda basáltica, casi totalmente oxidados. La masa es de textura hialopilitica y está constituida por microlitos y vidrio volcánico.

*La escasez de datos del levantamiento no permite sacar conclusiones sobre estas andesitas.* El doctor Jesús A. Bueno, quien conoce esta ruta muy bien, me aseguró que se trata de afloramientos clásticos, es decir, aglomerados volcánicos y conglomerados; por consiguiente, estas muestras representan probablemente partes de bombas o de guijos.

Esa clase de andesita hipersteno-augítica no fue mencionada ni por Grosse ni por Royo y Gómez. El primer autor describe la composición del neoterciario como compuesto principalmente por estratos de tobas aglomeráticas entre cuyas bombas prevalecen andesitas de color gris claro o rojo; parecen ser andesitas distintas de las muestras muy oscuras; luego se asocian a estas tobas aglomeráticas, según ese autor, tobas ordinarias, areniscas túficas y conglomerados con guijos de andesitas, cuarcitas os-

curas, filitas, etc. También describe rocas semejantes de cerca del puente La Toma y hacia El Peñol; del sur del río Guambuyaco describe conglomerados con guijos gruesos preterciarios, a saber: de liditas, pizarras arcillosas, diabasas, tobas aglomeráticas cretácicas, etc.

Aunque por falta de un conocimiento más amplio de la región no podemos sacar conclusiones definitivas, nos parece que las andesitas hipersteno-augíticas pertenecen a *productos del volcanismo neoterciario*. No observamos sus equivalentes en los estratos del "Cretácico porfirítico".

Un producto semejante encontramos en la muestra número 27, *toba aglomerática* gris-amarillenta, con fragmentos de rocas extrusivas entre los cuales se anotan varios de andesita hipersteno-augítica, luego de cristales de plagioclasas, augita e hiperstena y unos pocos de hornblenda basáltica; todo unido por bastante cemento cenizoso.

Luégo vienen, de la región del "Neoterciario", un conglomerado con cantos de lidita (Nº 23) y una toba pulverulenta (Nº 25).

#### OBSERVACIONES GEOLOGICAS A BASE DEL PRESENTE ESTUDIO PETROGRAFICO

Ya se han hecho algunas observaciones en los capítulos anteriores. Así, se habló, durante la discusión sobre los "estratos de Chita", de ciertos motivos petrográficos por los cuales es muy probable que las formaciones arcillosas interpuestas por formaciones arenosas y túficas estén integradas por gran parte del material derivado de las formaciones volcánicas andesíticas. En otras palabras, los conjuntos I y II de Grosse se originaron probablemente en una parcial redeposición del conjunto III, y por eso constituyen estratos más modernos y superiores.

Este concepto está apoyado por una observación tectónica del mismo Grosse, cerca del puente La Guasca, que hace probable que las formaciones estén invertidas y por consiguiente también el orden de los conjuntos.

Recapitulando los datos sobre los "estratos de Chita" y sobre el "Cretácico porfirítico", se impone la gran semejanza entre estas dos formaciones. Las andesitas que describimos del "conjunto III" son exactamente iguales a las mencionadas por Grosse del cretácico porfirítico, a saber: andesitas ("porfiritas"), augíticas, hornbléndicas, labradóricas y amigdaloides. Lo mismo se puede decir en cuanto a las tobas aglomeráticas y densas intercaladas. Entre los sedimentos, ambas formaciones tienen en común: areniscas túficas negras, pizarras arcillosas oscuras, pizarras silíceas, esquistos violáceos y liditas.

Otro factor importante es que aparentemente el grado de metamorfismo es igual en ambas formaciones, precisamente de un efecto bastante ligero. En una palabra, las rocas de ambas formaciones se asemejan tanto que nos parece suficiente motivo para suponer sobre estas razones petrográficas que se trata de una sola formación.

La ausencia de fósiles fue especialmente lo que indujo a Grosse a ver los "estratos de Chita" como diferentes del Cretácico, generalmente fosilíferos. Esta escasez o ausencia de fósiles en los conjuntos I y II se debe posiblemente a circunstancias especiales regionales o a una fácil descomposición de restos animales durante la sedimentación, debido a la clase del material depositado. En todo caso, el metamorfismo es tan débil que

también hay que buscar explicaciones a la falta o escasez de fósiles en estas pizarras arcillosas cuando se las atribuye a otro período geológico.

Según la suposición hecha anteriormente, el basamento de esta parte de la cuenca patiana está constituido por el "Cretácico porfirítico". Parecen existir unas dislocaciones importantes en este basamento, posiblemente con carácter de subescurrimientos; tienen rumbo más o menos norte-sur. Una de estas líneas tectónicas pasa por El Peñol hacia El Rosario, en la cual está el contacto entre el "conjunto porfirítico" y el "conjunto pizarroso túfico". Dislocaciones de importancia secundaria están indicadas también por diabasas trituradas (entre El Tambo y El Peñol). Es notorio que a lo largo de la gran falla El Peñol-El Rosario, el "conjunto porfirítico" está constituido aparentemente sólo por diabasas y "espilitas" (diabasas de grano muy fino). Las anotamos entre El Tambo y El Peñol, y Grosse las menciona del sur y del norte de El Rosario. Las andesitas augíticas, etc., se hallan, al parecer, más al este de esas diabasas. Resolver la relación entre los varios tipos de rocas ígneas será de gran importancia.

Interesante es también la transición del "conjunto III" al "conjunto IV", como lo deducimos de los datos de Grosse. Mientras que este último conjunto está constituido casi exclusivamente por liditas y pizarras negras silicosas, transitan hacia arriba al "conjunto III" por interposiciones de tobas andesíticas. Son indudablemente los precursores de la acción volcánica.

En tal caso, parece muy probable que el perfil del "conjunto IV" (base) al "conjunto III", represente estratos más o menos completos. Por consiguiente, se iniciaría la actividad volcánica con derrames tobáceos y extrusivas andesíticas. No se observaron aquí diabasas.

Los componentes del "cretácico porfirítico" volvemos a encontrarlos en los conglomerados y graywackes muy compactos y duros que afloran cerca del punto El Perejil; tales afloramientos los atribuye Grosse al "medioterciario". La composición de estas formaciones difiere bastante de la del "conjunto pizarroso y túfico", también relacionado con el "conjunto porfirítico", pues en los conglomerados y en sus equivalentes más finos, los graywackes, se observan los productos de destrucción de toda la formación "cretácico porfirítica"; es decir, encontramos tanto cantos de liditas y de esquistos como de rocas volcánicas andesíticas; luego se asocian a ellos detritus de fuentes distintas, constituyendo fragmentos de dacitas, bastante cuarzo, etc.; se pueden explicar estas rocas sólo por aceptar un levantamiento o plegamiento de los depósitos "cretácicos" (tal vez a principios del terciario) y su erosión subsecuente.

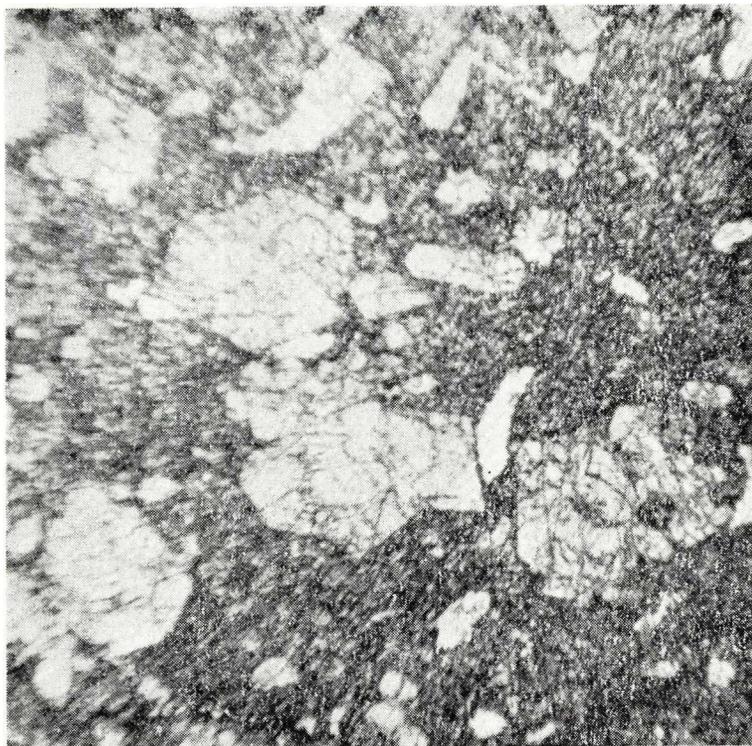
El estudio de los aglomerados volcánicos del "neoterciario" demuestra para esta época un volcanismo distinto del volcanismo del cretácico, mencionado arriba. Los productos piroclásticos "neoterciarios" se caracterizan por la presencia de un ortopiroxeno (hiperstena), luego por hornblenda basáltica; ninguno de los dos minerales fue observado en las extrusivas y aglomerados del "cretácico".

Finalmente, debemos decir algunas palabras sobre el grado de metamorfismo sufrido por el basamento. En el cuadro de la página siguiente, la primera columna contiene las varias clases de rocas distinguidas, y la segunda columna menciona la transformación sufrida.

<i>R o c a</i>	<i>Transformación sufrida</i>
Andesitas augíticas y hornbléndicas . . . . .	Efecto muy poco; sólo los fenocristales de hornblenda están fracturados y los de augita bastante agrietados. En una muestra la masa está sericitizada y algo apizarrada.
Toba aglomerática . . . . .	Se efectuó una compresión de la masa más fina, dándole forma de cintas caprichosas alrededor de los componentes mayores. A veces se abrieron grietas rellenas con productos secundarios. Epidotización y cloritización de la masa (pueden deberse también a meteorización). Las rocas compactadas pueden demostrar una débil esquistosidad.
Tobas andesíticas densas.	Son compactas; se presentan densas o ligeramente esquistosas. Formación de epidota, etc.
Diabasas . . . . .	Transformación no perceptible. Tienen unas pocas grietas. (La trituración de la muestra número 9 se debe a una dislocación local).
Pizarras arcillosas . . . . .	Los depósitos arcillosos se transformaron a pizarras bien esquistosas. Hay aún probables huellas de la estratificación sedimentaria.
Esquistos verdes . . . . .	Recristalizaciones importantes en el sedimento magnesico-carbonático original a talco, clorita, brucita (?), magnesita, etc.
Areniscas túficas negras.	Débil esquistosidad. Los fragmentos de minerales no se rompieron más después de la deposición.
Liditas . . . . .	Bastante agrietadas.

Se anota que el metamorfismo se restringe principalmente al apizarramiento de las rocas blandas y a la fractura de las rocas más duras. Transformaciones de importancia en la composición mineralógica se anotan sólo en las arcillas, ricas en elementos carbonato-magnésicos, cuya substancia es la más susceptible para recristalizaciones.

Es posible que también la epidotización y cloritización de la masa fina en las tobas densas y aglomeráticas hayan sido favorecidas por tal metamorfismo. Pero hay que tener en cuenta que la sola meteorización puede originar semejantes productos secundarios, como lo observamos en numerosas rocas ígneas básicas, sin señales de metamorfismo. El metamorfismo sufrido por esta serie del basamento, por consiguiente, fue de un efecto muy débil y corresponde apenas a la llamada "epi-zona".

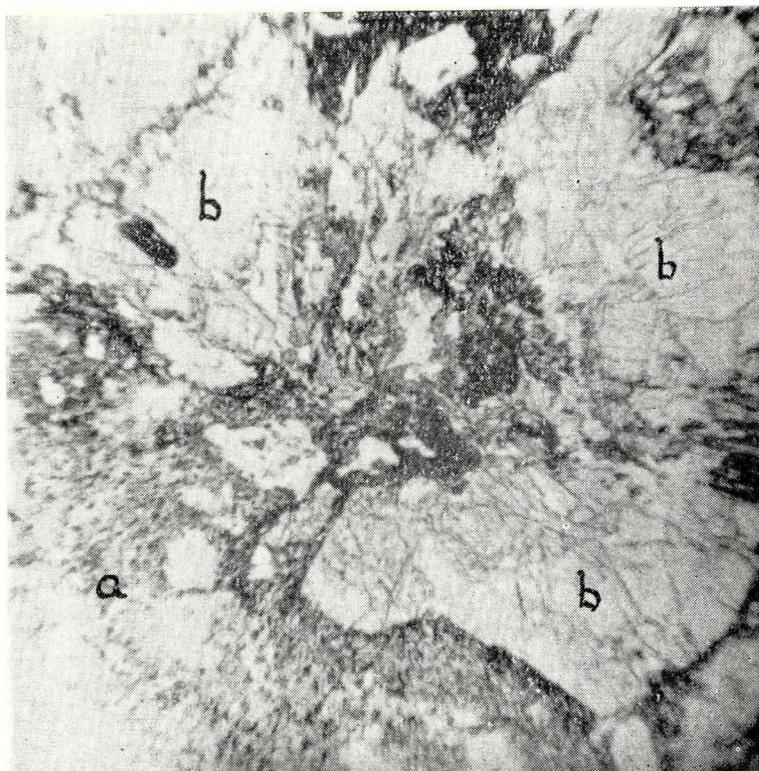


Microfoto de la muestra 49-a.

Andesita augítica.

Fenocristales de augita en una pasta fina y descompuesta.

(Nic. //, 35 X).



Microfoto de la muestra 43.

Toba aglomerática.

En el aglomerado volcánico se observan fragmentos de andesitas (a) y cristales de augita (b) en una masa volcánica más fina y descompuesta.

(Nic. //, 35 X).

Microfoto de la muestra 48.

**Toba aglomerática.**

Se ve un aglomerado de fragmentos de andesita augítica. Nótese las bandas curvadas debidas a la compresión de la masa fina (izquierda) y las grietas abiertas por el movimiento y rellenas con clorita. (a).

(Nic. //, 35 X).



Microfoto de la muestra 6.

**Diabasa augítica.**

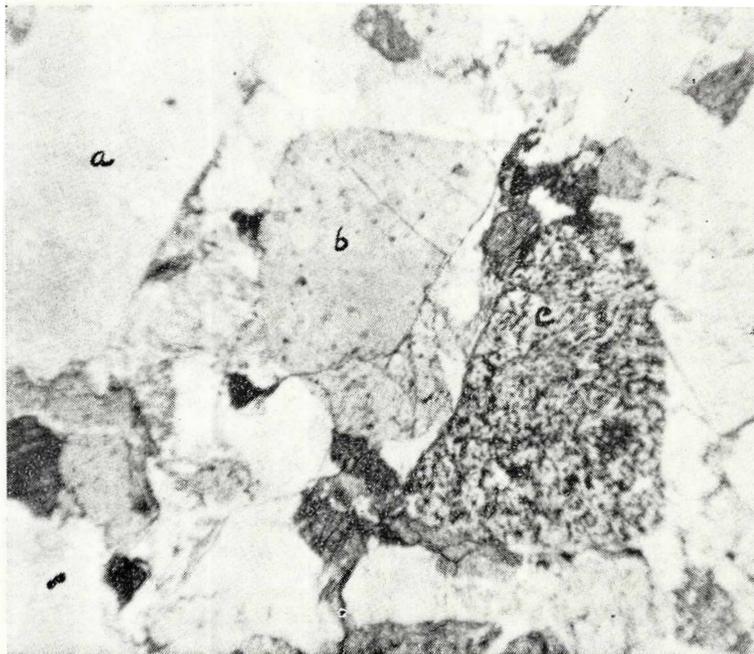
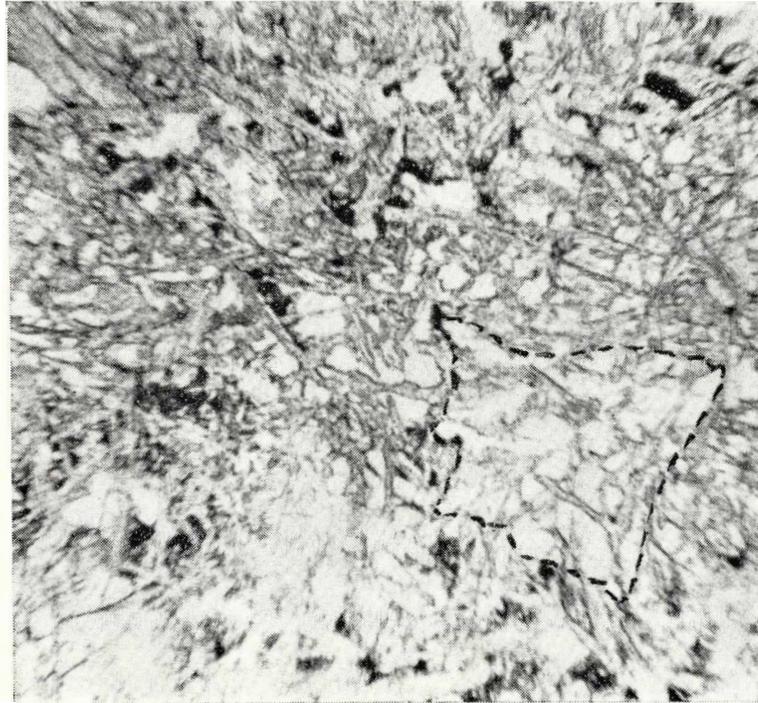
Estructura ofítica, en la cual prismas finos de plagioclasas cortan a los cristales mayores de augita. Estos últimos forman ópticamente una unidad y son coherentes en sentido tridimensional; uno de ellos está marcado por las líneas. Accesoriamente hay menas de hierro en granos pequeños.

(Nic. //, 35 X).

Microfoto de la muestra 5.  
Diabasa augítica ("espilita").

La roca densa tiene estructura intersertal, formada por agujas finas de plagioclasas, entre las cuales hay cristales pequeños de augitas y una masa vítrea.

(Nic. +, 100 X).

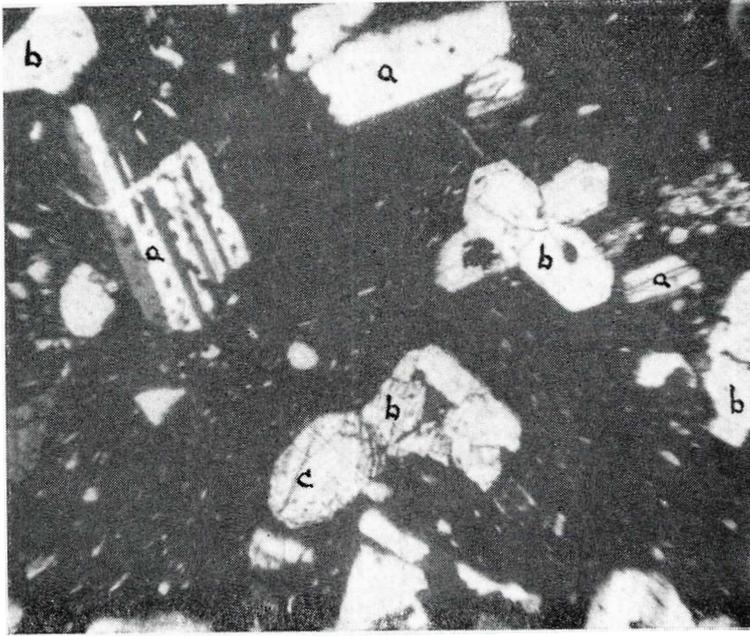


Microfoto de la muestra 13.

Conglomerado (graywacke).

Se pueden ver cantos pequeños de cuarzo (a), lilita (b) y roca volcánica (c) dentro de granos más finos y semejantes.

(Nic //, 35 X).



Microfoto de la muestra 24.

Andesita hipersteno-augítica.

Fenocristales de plagioclasas (a) con inclusiones pequeñas de vidrio y corrosión magmática; luego fenocristales de hiperstena (b) (nótese la macla de penetración) y de augita (c), (macla de repetición lamelar).

(Nic. +, 35 X).

## **CALIZAS DE LA REGION DE CARTAGENA**

POR

**JEAN JACQUES MORER**

Y

**EDUARDO NICHOLLS V.**

---

**INFORME No. 1343**

---

**SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1962**

## CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN ... ..	103
CALIZAS DE ALBORNOZ ... ..	105
YACIMIENTOS DE LA FINCA PLAN PAREJO ... ..	109

## A N E X O S

*Plancha 1:* Finca Albornoz, Municipio de Cartagena.

*Plancha 2:* Cortes Geológicos AA', BB', CC' y DD'.

*Plancha 3:* Esquema de Cantera en explotación, escala aproximada 1:500.

*Plancha 4:* Esquema de localización de la finca Plan Parejo, Municipio de Albornoz.

Análisis químicos de las muestras recolectadas.

## INTRODUCCION

*El Consorcio Minero Colombiano había solicitado la ayuda técnica del Servicio Geológico Nacional, para el estudio de los dos yacimientos de calizas en la región de Cartagena. El Ministerio de Minas y Petróleos comisionó a Jean Jacques Morer, Ingeniero de Minas del Bureau Minier de la France D'outre Mer, quien estuvo en Colombia durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, en cumplimiento del programa de cooperación técnica entre los gobiernos de Francia y Colombia. El doctor Morer fue acompañado por el geólogo Eduardo Nicholls V., del Servicio Geológico Nacional. El estudio de los yacimientos calcáreos de la Finca de Albornoz, Municipio de Cartagena, y de la finca Plan Parejo, en jurisdicción de Turbaco, fueron ordenadas mediante la Resolución número 1298 de noviembre 6 de 1958. En cumplimiento de dicha comisión, estuvimos durante los días 17, 18 y 19 de noviembre del pasado año en los sitios anteriormente citados.*

EL PRESENTE INFORME NOS PERMITIMOS DIVIDIRLO EN DOS PARTES:

A. Calizas de Albornoz.

B. Calcáreos de la finca Plan Parejo, en los alrededores de Turbaco.

#### A. CALIZAS DE ALBORNOZ

*Estas calizas se encuentran en un terreno de unas 360 hectáreas, aproximadamente a 8 kilómetros de Cartagena, sobre la carretera que comunica a Mamonal, donde funciona una refinería de petróleo de la International Petroleum Company, con la capital del Departamento de Bolívar. La finca en donde se ven los mejores afloramientos pertenece al señor Elías Juan Reyes.*

Esta finca se encuentra bordeando el mar. La costa es baja y pantanosa. Al Norte está limitada por terrenos de pertenencia de la Andian National Corporation, y al Occidente por la carretera y por los linderos de un terreno rectangular de  $500 \times 200$  metros; en este último terreno se encuentran varias canteras en explotación; el material proveniente de ellos se utiliza como material de construcción para mezclas de concreto y para el macadam de las carreteras. El dueño de una de tales canteras amablemente nos permitió estudiarla y *tomar algunas muestras.*

#### *Topografía - Hidrografía - Clima.*

Las calizas forman colinas de poca elevación, en tanto que las arcillas y areniscas han sido erodadas dando a la topografía forma de vallecitos donde las aguas han labrado numerosos arroyos.

Estos arroyos estaban secos en la época de nuestro estudio; sólo subsistían en las partes bajas de las aguas estancadas provenientes de la marea; son utilizadas por los moradores para sus necesidades domésticas.

Los vallecitos arcillosos están bien cultivados, generalmente con maíz, a la par que las colinas calcáreas han conservado su vegetación de floresta salvaje.

El clima es cálido pero ligeramente suavizado por efecto de las brisas marinas. En el año se presentan períodos de lluvias y de sequía bien definidos: época seca de mediados de noviembre a marzo; período lluvioso de septiembre a mediados de noviembre. En el resto del año alternan los días lluviosos con los de intenso sol; el régimen es variable.

### *Geología.*

Todos los sedimentos que afloran en la finca pertenecen, de acuerdo con levantamientos geológicos anteriores, y especialmente a los levantamientos del doctor Bürgl, al Mio-Plioceno.

Este piso está constituido por arcillas pardas o grises, con intercalaciones de delgados bancos calcáreos, y sobre todo intercalaciones de calizas coralinas en lentes que pueden alcanzar gran extensión.

En la finca, excepto un pequeño lente que aflora al Norte, la gran mayoría de las calizas forman la colina de Albornoz. Este lente no se extiende hacia el W de la carretera, y muy posiblemente está limitado del lado Este con los terrenos de la Andian National Corporation. Al Norte las calizas reposan casi horizontalmente sobre arcillas subyacentes bastante plegadas que afloran en los valles y en la parte baja de las vertientes. Hacia el Sur, y en terrenos de la Andian donde se pueden observar algunas canteras abandonadas, los calcáreos tienen una dirección E-W y buzamiento de 45° sur, enterrándose por lo tanto por debajo del nivel del suelo.

En la cantera que estudiamos, situada al NW de la colina, las calizas son casi horizontales, con muy ligeras ondulaciones. En la base pueden verse calcáreos blancos vacuolares, sin una estratificación bien definida, con numerosos restos de estromatoporos, esponjas y otros organismos constructores. Encima de estas calizas se ven capas mejor estratificadas, en las que se hallan conchas de lamelibranquios, dándole en tramos aspecto de verdadera lumaquela; las capas calcáreas están separadas por estratos arcillosos.

Todas estas calizas están muy descompuestas superficialmente, transformándose a una especie de tierra friable en la que subsisten nódulos calcáreos de diámetro variable, siempre inferior a unos diez centímetros.

### *Tonelaje y tenores.*

Los tenores en CaO varían poco de uno a otro sitio. De acuerdo con el informe de los análisis químicos adjuntos, las calizas arrecifales vacuolares, muestras JM-7, JM-8 y JM-9, que presentan espacios rellenos con arcillas, tienen tenores en CaO superiores a los de los calcáreos estratificados (muestra JM-8B) y a las calizas descompuestas (JM-9).

Sin lugar a dudas, se trata de calizas de excelente calidad para la fabricación de cemento portland y para la producción de cal.

Los tres cortes, numerados BB', CC' y DD', marcados de Oeste a Este, dan idea de la magnitud del lente calcáreo; su ancho es mayor al Occidente, donde las pendientes son menos pronunciadas. Hacia el Este el ancho del lente disminuye y termina en cuña en el extremo oriental.

La forma de los afloramientos en la colina de Albornoz parece indicar claramente que se trata de un lente.

Es factible que a profundidad también sea lenticular el yacimiento, pero no es posible precisar a qué nivel se encuentra el contacto con las arcillas. De todas maneras, por debajo del nivel del mar, es probable que la caliza vacuolar se encuentre en gran parte llena con agua.

Hemos limitado el cálculo del tonelaje al nivel 0 que se encuentra de 9 a 10 metros por debajo de la cota correspondiente a la carretera. Además, no hemos tenido en cuenta para tal cálculo, las calizas que se extienden a los terrenos de la Andian por el Sur, cubriendo solamente los calcáreos que afloran dentro de la finca Albornoz.

Los tres cortes arriba mencionados nos permitieron trazar los límites del lente calcáreo en las cotas 0,20 y 40; y, por lo tanto, medir las superficies a estos niveles.

Para la porción que aflora, medimos las superficies comprendidas por las curvas 20, 40, 60, 80 y 100, admitiendo tales curvas como ciertas, puesto que han sido restituidas de fotografías aéreas.

Las superficies cubiertas por las calizas a los niveles diferentes son:

Nivel 0	559.000 mts. <sup>2</sup>
Nivel 20	574.000 "
Nivel 40	466.000 "
Nivel 60	248.000 "
Nivel 80	64.000 "
Nivel 100	16.000 "

Los volúmenes entre dichos niveles se han calculado por la fórmula de la pirámide truncada:

$$V = \frac{h}{3} (S + S + S + S) \text{ donde}$$

h = altura entre curvas de nivel (aquí 20 metros).

S = superficie de las calizas en el nivel inferior.

S = superficie de las calizas en el nivel superior.

Redondeando los datos, los resultados de estas calizas son los siguientes, en mts.<sup>3</sup>:

V entre 0 y 20	=	11.300.000 mts. <sup>3</sup>
V entre 20 y 40	=	10.400.000 "
V entre 40 y 60	=	7.000.000 "
V entre 60 y 80	=	2.900.000 "
V entre 80 y 100	=	800.000.000 "

$$\text{Total} = 32.400.000 \text{ mts.}^3$$

Restamos del anterior total el volumen comprendido en la concesión rectangular de 500 × 200 metros, donde están situadas las actuales canteras en explotación, aproximadamente 1.900.000 mts<sup>3</sup>—Quedan, pues, 30.500.000 mts<sup>3</sup>. Teniendo presente que hay apreciable porcentaje de vacíos en las calizas arrecifales, suponemos una densidad media de dos, que es bastante conservadora.

$$30.500.000 \times 2 = 61.000.000 \text{ de toneladas.}$$

Tentativamente apreciamos que el pequeño lente situado al norte de la finca puede tener unos 15.000.000 de toneladas, aunque su exacta

magnitud no la apreciamos por no existir cortes en él, ya que no hay canteras en esta zona.

En total, podemos decir que las reservas probadas, de Albornoz, suman unos 75.000.000 de toneladas con un porcentaje promedio de CaO de 52, lo cual representa un 93% en carbonato total.

Contamos además con la ventaja de que el Magnesio apenas si representa trazas.

Encontramos, a grosso modo, que los resultados de los análisis dados en el anexo 1 nos hacen suponer algunos errores, aunque no de mucha importancia, ocurridos en el laboratorio.

Por ejemplo, para los análisis JM-11 y JM-12, el porcentaje de CaO es de 56,15 y 56,55 respectivamente, que corresponden a 100,3 de  $\text{CaCO}_3$  y a 100,9% en su orden, lo cual es imposible porque el máximo porcentaje de CaO en un carbonato de calcio químicamente puro, es de 56%. Se pudiera pensar que el CaO no está completamente saturado por el  $\text{CO}_2$  si se pudiera encontrar en otra forma, pero en la naturaleza no se encuentra el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  liberado, y también creemos que es preciso excluir toda posibilidad de un metamorfismo de cualquier clase que hubiera transformado el carbonato de calcio en silicatos o aluminosilicatos. En el primer caso (JM-11) tenemos además 2.55% de  $\text{R}_2\text{O}_3$  y 0.84% de  $\text{SiO}_2$ , todo esto nos sumaría:  $100.3 + 2.55 + 0.84 = 103.69\%$ .

En el segundo caso (JM-11) :

$$100.9 + 1.14 \text{ R}_2\text{O}_3 + 1.24 \text{ SiO}_2 = 103.28\%$$

El total máximo admisible en un análisis químico es 101% y el mínimo 99%.

A pesar de las deficiencias ya anotadas, aceptamos un valor promedio en CaO de 52%. Por debajo del nivel O hay un tonelaje posible, cuya explotación será dificultosa y costosa. No se puede decir cuál es la extensión del lente calcáreo a dicho nivel. Lo único que podemos decir es que los calcáreos por debajo del nivel O, representan un tonelaje aproximado de 1.000.000 de toneladas por metro de profundidad. Como puede verse en la plancha I, se podría considerar como reservas probadas en los terrenos de la Andian un total de 75 millones de toneladas ya que la magnitud de las calizas en esta parte es más o menos igual a la de los calcáreos en la finca de Albornoz.

### *Conclusiones.*

Dentro de los linderos de la finca Albornoz existe por encima del nivel del mar un tonelaje de 75 millones de toneladas, con un tenor de carbonato de calcio de 93% (alrededor de 52% en CaO), calidad excelente para la fabricación de cemento Portland. Este tonelaje se doblaría por las existencias en los terrenos de la Andian para el aprovechamiento de esta parte habrá que negociar con la Andian; se podría lograr un arreglo satisfactorio.

## B. YACIMIENTO DE LA FINCA PLAN PAREJO

*Situación geográfica.*

Esta finca, de propiedad del señor Elías Juan Reyes, de Cartagena, es actualmente parte de la actual finca llamada Loma de Piedras. Está situada a unos  $17\frac{1}{2}$  kilómetros de Cartagena, sobre la carretera Cartagena-Medellín, muy cerca de la cabecera de Turbaco, a unos 1.700 metros de la propia entrada a esa población.

Tal como aparece dibujada en la plancha 4, su situación nos parece correcta. Sin embargo, queremos hacer algunas observaciones a la plancha preliminar elaborada por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", cuyos datos no están muy exactos: la carretera *no es rectilínea*; en la realidad describe varias curvas como aparece en la plancha, antes de llegar a Turbaco.

*Geología.*

El lente calcáreo de Turbaco está comprendido dentro las arcillas Mio-Pliocenas; es muy interesante por su extensión, ya que cubre varias decenas de kilómetros cuadrados. Según el doctor H. Bürgl (1), que ha estudiado sus afloramientos, las reservas probadas son del orden de 1.000.000.000 de toneladas. Muy cerca de la finca que visitamos, pudimos ver en los cortes de las carreteras, en los alrededores del kilómetro 17, varios bancos de calizas casi horizontales. En algunas zonas son más compactos que en la colina de Albornoz, pero la presencia de restos de organismos constructores prueban que corresponden a la misma formación. Por tanto, las calizas de Albornoz y las de Turbaco son del mismo origen arrecifal.

*Tonelaje y tenores.*

Las muestras JM-11 y JM-12, de las cuales se habló atrás, proceden de esta finca. No queremos discutir más acerca de los tenores 56,15% y 56,53% en CaO, dados por el Laboratorio Químico Nacional. A pesar de estos errores, creemos que tales muestras representan  $\text{CaCO}_3$ , casi químicamente puro.

Debido a los escasos cortes que se pueden apreciar en la finca, sería aventurado hacer cálculos de tonelaje (reservas probadas), de manera exacta. La siguiente apreciación dará una idea de la cantidad de material que se puede extraer de la finca: La finca tiene unas 25 hectáreas de extensión; la diferencia entre el punto más alto y el más bajo es de 40 metros aproximadamente. Tomando una densidad de dos por la porosidad de la caliza, tendremos:

$$2 \times 250.000 \times 40 = 20.000.000 \text{ de toneladas de calizas.}$$

Nota: Las zonas de Albornoz y Plan Parejo, estudiadas en el presente informe, pertenecen a la Plancha 1:100.000 D 8.

Bogotá, junio de 1959.

Jean Jacques Morer.—Eduardo Nicholls V.

(1) Informe número 1221: Materia prima para la fabricación de cemento en los alrededores de Cartagena. Departamento de Bolívar. Febrero, 1957.

## A N E X O

Bogotá, 23 de diciembre de 1958

Muestras: Números 36.762 a 36.768.  
 Remitente: Instituto Geológico Nacional.  
 Dirección: Ciudad Universitaria.  
 Referencia: Oficio N° 783 de diciembre 1° de 1958.

*Resultado del análisis:*

Muestras números	H	PPC	SiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	CaO	MgO
36762 JM 7	0.06	42.38	0.38	1.99	55.17	Tr
36763 JM 8 A	0.10	40.94	0.92	1.49	55.07	"
36764 JM 8 B	0.38	38.89	4.63	3.99	50.12	"
36765 JM 9	0.44	39.35	4.98	3.79	50.35	"
36766 JM 10	0.35	39.96	3.67	2.34	52.13	"
36767 JM 11	0.10	39.43	0.84	2.55	56.15	"
36768 JM 12	0.16	40.78	1.24	1.14	56.53	"

## SERVICIO QUIMICO NACIONAL

Firmado:

**Emigdio Rincón Gómez,**  
 Químico Jefe de la Sección de Carbones.

**Eleonora Duque M.,**  
 Químico Tercero.

# FINCA ALBORNOZ

## CORTES GEOLOGICOS

ESCALAS H y V 1:10.000

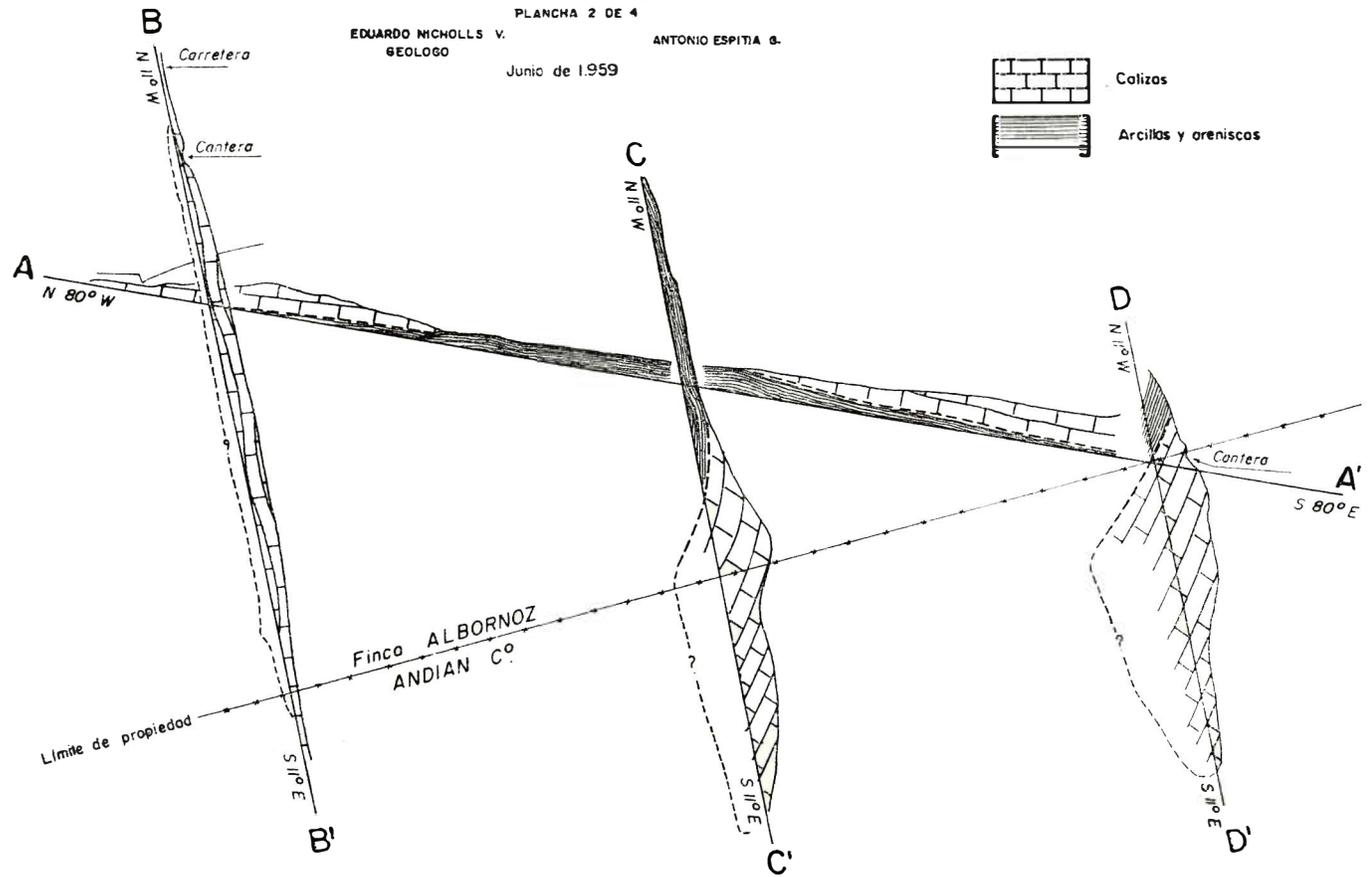
INFORME N° 13 43

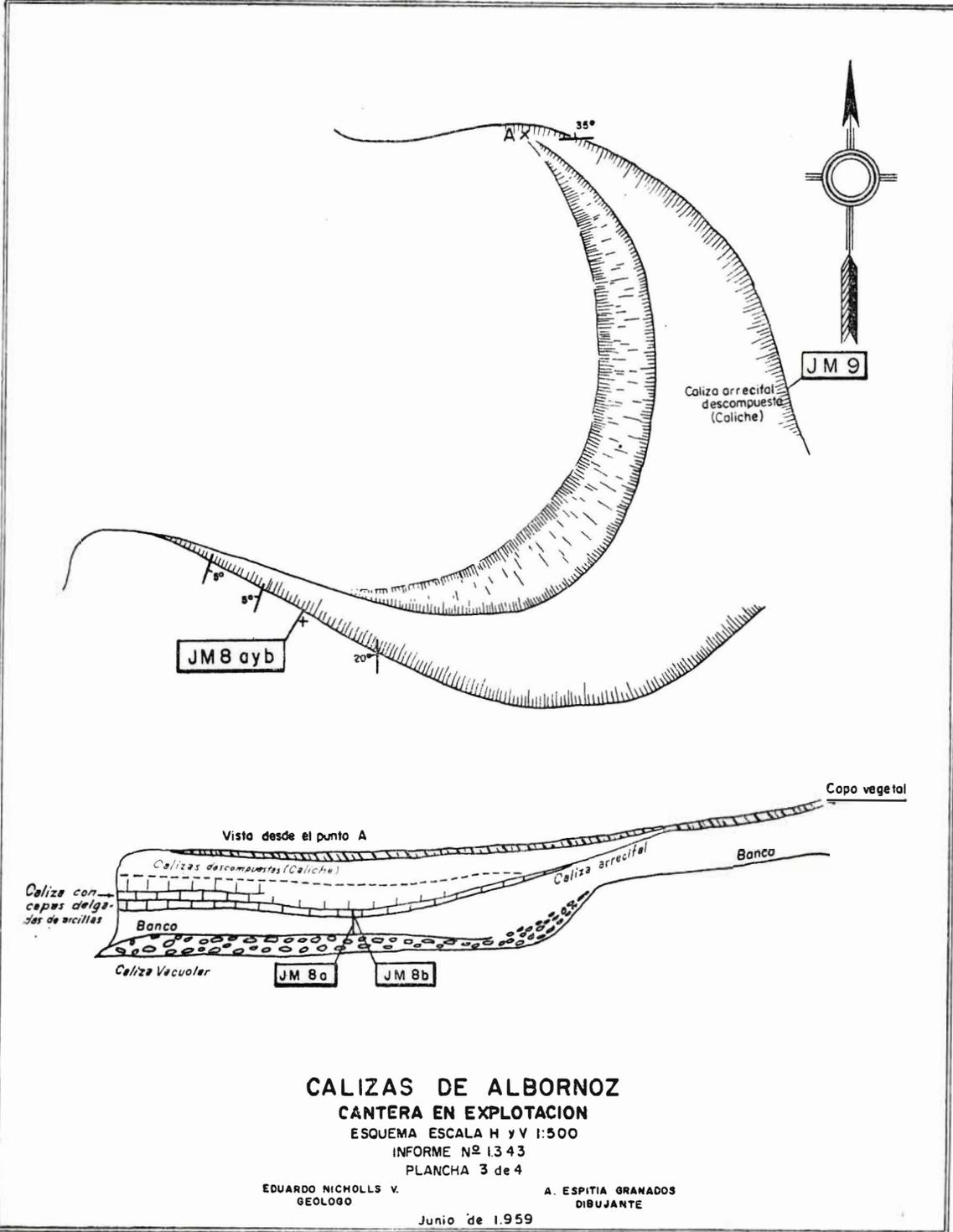
PLANCHA 2 DE 4

EDUARDO NICHOLLS V.  
GEOLOGO

ANTONIO ESPITA B.

Junio de 1959





**CALIZAS DE ALBORNOZ  
CANTERA EN EXPLOTACION**

ESQUEMA ESCALA H y V 1:500  
 INFORME N° 1343  
 PLANCHA 3 de 4

EDUARDO NICHOLLS V.  
 GEOLOGO

A. ESPITIA GRANADOS  
 DIBUJANTE

Junio de 1959

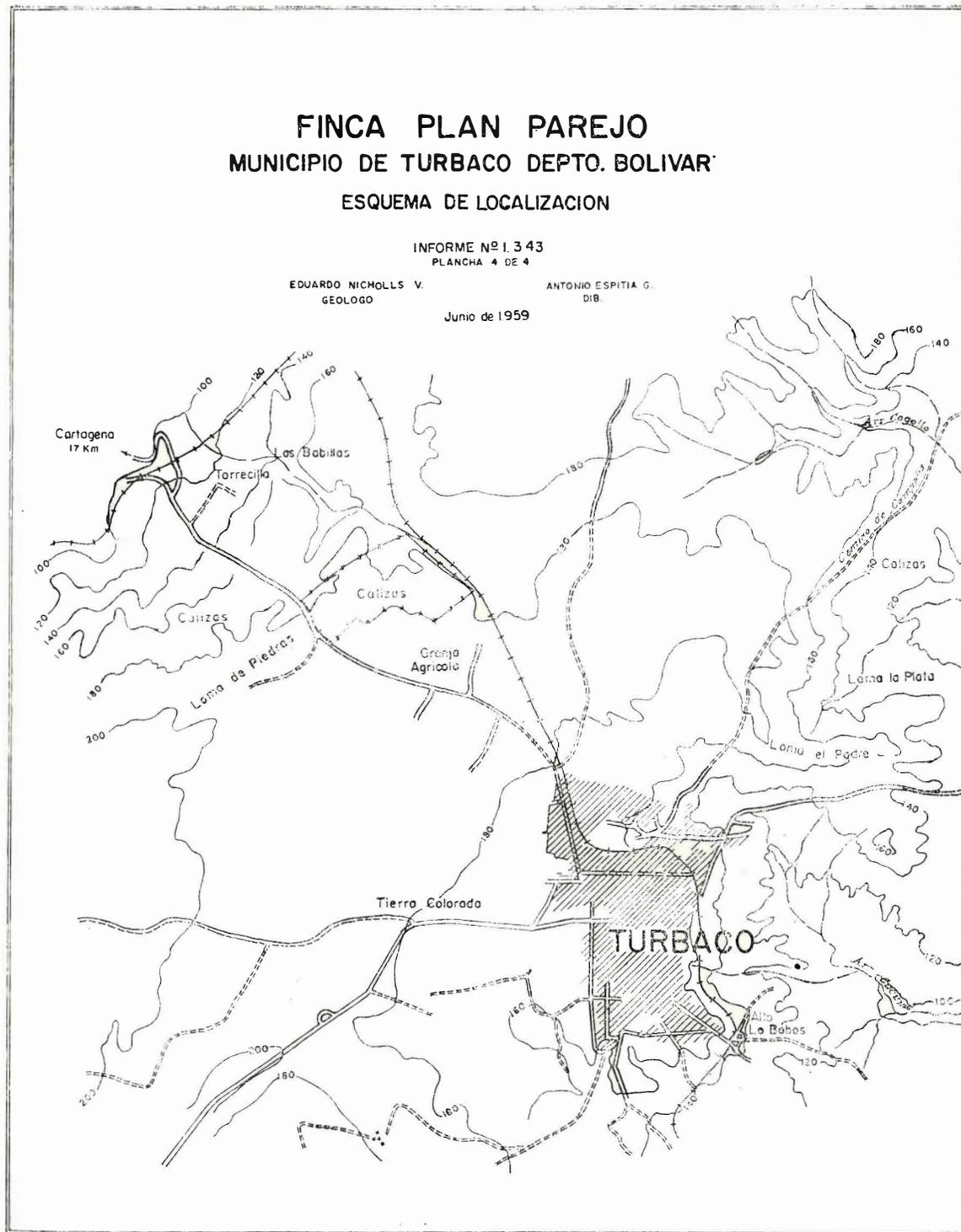
**FINCA PLAN PAREJO**  
**MUNICIPIO DE TURBACO DEPTO. BOLIVAR**  
**ESQUEMA DE LOCALIZACION**

INFORME N° 1.343  
PLANCHA 4 DE 4

EDUARDO NICHOLLS V.  
GEOLOGO

ANTONIO ESPITIA G.  
DIB.

Junio de 1959



**LEVANTAMIENTO GEOLOGICO DE LA CARRETERA  
RIOHACHA - PUENTE BOMBA - RIO ANCHO**

POR  
**J. J. MORER**  
Y  
**E. NICHOLLS V.**

---

INFORME No. 1344

---

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1962

## CONTENIDO:

SITUACIÓN GEOGRÁFICA . . . . .	119
TOPOGRAFÍA, HIDROGRAFÍA, VEGETACIÓN ..	119
GEOLOGÍA GENERAL . . . . .	120
CONCLUSIÓN .. . . .	122
DETERMINACIÓN DE LAS SECCIONES DELGADAS . . . . .	122

## INTRODUCCION

Este levantamiento fue hecho por Jean Jacques Morer, Ingeniero de Minas del Bureau Minier de la France d'Autre Mer, quien estuvo prestando servicios en el Servicio Geológico Nacional, dentro del programa de Cooperación Técnica entre los Gobiernos de Francia y Colombia durante los meses de octubre a fines de diciembre de 1958, y Eduardo Nicholls V., Geólogo del Servicio Geológico Nacional, durante los días 18, 19 y 20 de noviembre de 1958.

Esta comisión fue ordenada por la Resolución número 1298, emanada del Ministerio de Minas y Petróleos, con fecha noviembre 6 de 1958.

### *Agradecimientos.*

Queremos dejar aquí expresa constancia de nuestro agradecimiento con el doctor Pablo Agudelo, Ingeniero Director en la construcción de la carretera Riohacha-Puente Bomba-Río Ancho por el gentil hospedaje que nos brindó en su campamento del río Jerez.

### *Situación geográfica.*

Riohacha, capital de la Intendencia de la Guajira, está comunicada con Santa Marta, capital del Departamento del Magdalena, por una carretera de 483 kilómetros de longitud que bordea la Sierra Nevada de Santa Marta por el Sur. Una carretera mucho más corta, puesto que su longitud total será de unos 170 kilómetros, está actualmente construída hasta el kilómetro 85, partiendo de Riohacha. Esta vía será de gran interés turístico, ya que bordea la costa; en la mitad de su trayecto irá por acantilados, puesto que las últimas estribaciones de la Sierra Nevada, por su costado norte, se hundien casi verticalmente en el mar, dándole al paisaje una extraordinaria belleza. Sobre el tramo construído de esta vía fue donde concentramos nuestras observaciones, porque sus cortes presentan excelentes afloramientos de las rocas de la región.

La elevación máxima de Colombia situada en la Sierra Nevada de Santa Marta es el pico Colón; su altura aproximada es de 5.800 metros.

### *Topografía - Hidrografía - Vegetación.*

El tramo de carretera Riohacha-Puente Bomba-Río Ancho puede dividirse en tres partes:

1) De Riohacha a Puente Bomba, la carretera que, saliendo de Riohacha, comunica a esta ciudad con Dibulla, tiene varios años de cons-

truída. Esta vía atraviesa una región plana muy seca. No se ven sino pequeñas lagunas cerradas, donde las aguas estancadas están bordeadas por una vegetación compuesta de arbustos espinosos (cactus). Los ríos se caracterizan por su escasa pendiente y su poco caudal durante gran parte del año. Esta zona puede clasificarse como de semiárida a árida. La principal riqueza de ella es la cría de ganado cabrío. Actualmente se encuentran algunos criaderos de ganado vacuno de raza cebú.

La costa en dicho tramo es sumamente baja, inundable en parte apreciable por las mareas.

2) De Puente Bomba parte la nueva carretera que está terminada hasta el río Caña y en construcción entre el río Caña y el río Ancho. Hasta unos 6 kilómetros al oeste de Puente Bomba, la llanura pertenece al mismo tipo descrito en 1). De repente comienzan a verse las primeras colinas, últimas estribaciones de los flancos de la Sierra Nevada de Santa Marta, por su costado norte, por donde corren ríos de régimen perenne y de abundante caudal, tales como el río Dibulla o Jerez, el río Lagarto, el río Caña y el río Ancho con sus afluentes.

La vegetación se va volviendo progresivamente más y más verde al pasar de la llanura baja al bosque primario. La región está casi por completo deshabitada al sur de la carretera, donde las vertientes son de considerable pendiente. Los pocos moradores que se encuentran del lado norte de la vía se ocupan en el cultivo de pastos para la crianza de ganado y en cultivos de maíz; aunque aparentemente se trata de terrenos ácidos, éstos son fértiles.

Muy posiblemente, la construcción de la carretera favorecerá en gran parte el desarrollo agrícola y pecuario en esta zona.

3) En el trayecto al oeste del río Ancho, existe el trazado de la carretera, hecho hace varios años. La trocha del trazado está perdida por completo debido a la abundante vegetación, a tal punto que sólo pudimos recorrerla en un pequeño trayecto. Además, los afloramientos allí prácticamente no existen, porque están recubiertos por una gruesa capa de humus y el levantamiento geológico de terreno sólo podrá hacerse cuando puedan observarse los cortes en la carretera, una vez construída ésta.

### *Geología general.*

La planicie seca descrita en el párrafo 1) muestra pocos afloramientos, consistentes en arenas arcillosas y gravillas con pequeños granos redondeados que se han atribuído al Mio-Plioceno. No encontramos ningún argumento ni en favor ni en contra de tal aseveración, por lo cual tendremos que darla por cierta.

Nos ocupamos preferencialmente de terrenos metamórficos e ígneos que atraviesa la nueva carretera, desde el río Salamanca hasta el río Ancho (margen izquierda). En este trayecto pudimos distinguir dos tipos de formaciones a las cuales corresponden diferentes formas morfológicas:

1) Desde el río Salamanca hasta la quebrada Fabián, se encuentra una formación metamórfica constituída por neises leucocráticos con intercalaciones de anfibolitas, o mejor, de neises plagioclásicos con anfibolita o con piroxeno. La dirección de la esquistosidad varía alrededor de EW (N 65° W a N 70° E magnéticos), con buzamientos variables hacia el Sur

(predominante, 45°). Esta formación se encuentra cortada por filoncitos de pegmatitas, leucocráticos la mayoría de las veces, ortogonales a la estratificación; igualmente, observamos pequeñas fallas de poco desplazamiento (máximo 1 metro), y a menudo con débil pendiente (una decena de grados). Cuatro muestras de estas rocas fueron colectadas. El estudio de sus secciones delgadas se anexa al presente trabajo. Estas rocas forman colinas de escarpadas vertientes, que se elevan rápidamente hacia el sur de la vía. En ellas la erosión fluvial ha labrado agudos valles en V. Los arroyos que descienden de las cimas, para caer a los ríos adonde rinden su caudal, han sido trazados en dirección Este-Oeste, como puede verse en la carta adjunta (afluentes del río Dibulla y de la quebrada La Pavita), así como en las fotografías aéreas que reposan en el archivo del Servicio Geológico Nacional.

2) Desde la quebrada Fabián hasta el río Ancho, se manifiesta el sistema ígneo compuesto por granitos biotíticos gruesos granulares, muy alterados. Esta meteorización revela aspectos muy diversos, como puede observarse en diferentes puntos de la carretera:

a) Meteorización esferoidal; el centro de las esferas es relativamente más duro que su periferia, debido a que los feldespatos se han caolinizado y la biotita se ha cloritizado, mientras que los bordes son arenáceos.

b) Alteración completa de los feldespatos a caolín y de la biotita a clorita; la roca conserva su estructura granítica, pero se reduce fácilmente a arena, moliéndola fácilmente con la mano.

c) Lateritización que se traduce primeramente por la formación de parches blanquecinos debidos a la concentración de los elementos caolinizados a lo largo de fisuras, en medio de una masa ferruginosa, parches que desaparecen a medida que uno se aleja sobre la roca madre. La última etapa de este proceso es una arcilla laterítica roja, de aspecto homogéneo.

Las formas topográficas que originan estos granitos son diferentes a las que dan los neises, como hemos podido apreciarlo en el terreno y aún mejor en las fotos aéreas. Tales formas son redondeadas, con una tendencia de sus arroyos a ordenarse radialmente a partir de las cretas. En los flancos donde la erosión es más activa, el número de los arroyos se ha multiplicado, dibujando una especie de montículo redondo cuyo vértice es un pico. Las alturas de las colinas graníticas son por regla general inferiores a las de las colinas néisicas.

Estas indicaciones geomorfológicas pueden permitir dibujar los contactos entre las dos formaciones, si las necesidades del Mapa Geológico así lo aconsejan, como lo hicimos a partir de las fotos aéreas en la zona norte de la carretera estudiada.

En realidad, parece, *a priori*, que se puedan considerar a la escala de la plancha de reconocimiento, estas dos formaciones como parte de un mismo sistema ígneo-metamórfico, predevónico y muy posiblemente precámbrico, como lo ha supuesto A. Gansser (1), quien estudió especialmente las zonas sur y occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta. No pudimos deducir las relaciones entre el granito y el neis, puesto que

(1) Gansser, A. (1955). "Ein Betrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta", Schweiz. Min. Petr. Mitt. Vol. 35.

los afloramientos más cercanos que observamos se encuentran aproximadamente a unos 500 metros, y la parte comprendida entre estos afloramientos está bastante erodada, por lo cual es poco lo que se puede observar.

Sin embargo, la presencia de filoncitos pegmatíticos dentro de los neises, hace suponer que los granitos sean posteriores a la formación metamórfica, siempre y cuando que dichas pegmatitas sean parte de una facies neumatolítica en la consolidación del magma granítico. Esta aseveración se corrobora por el hecho de que los granitos no están orientados como lo estarían los granitos de anatexis (fusión diferencial de las rocas preexistentes por ultrametamorfismo), debido a un metamorfismo regional de catazona. Admitiremos como hipótesis que estos granitos son contemporáneos de la primera orogénesis que pudo haber afectado las capas metamórficas que según A. Gansser serían caledonianas y quizás más antiguas; todo lo anterior quiere decir que el sistema ígneo sería de la misma época de la orogénesis.

#### *Conclusión.*

El tiempo tan escaso que tuvimos, así como la carencia en hombres, medios y material, no nos permitieron deducir exactamente las relaciones entre los granitos y la formación néisica y, de manera especial, la edad de cada una de estas formaciones que nosotros tentativamente admitimos como predevónicas, y muy posiblemente precámbricas, motivo por el cual se las puede figurar como tales en conjunto, en el mapa de reconocimiento.

Bien es cierto que nuestro trabajo apenas se ha limitado a un esbozo geológico sujeto a posterior revisión, de manera especial cuando se haga el estudio de la zoneografía de las rocas metamórficas y sobre todo la determinación de las edades de estas rocas y de los granitos, relacionados con terrenos sedimentarios de edades bien definidas, si ello fuere posible.

Dichos estudios podrán comenzarse probablemente cuando se termine la actual carretera en construcción que comunicará a Santa Marta con Riohacha, favoreciendo la penetración humana en la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta.

#### *Determinación de las Secciones Delgadas.*

##### Muestra JM-1.

Roca leucocrática.

Estructura: granoblástica orientada.

Cuarzo en granos de contorno irregular de extinción a menudo ondulatoria.

Microclina frecuente en proceso de pertización, dándole aspecto de Micropegmatita.

Biotita escasa, dispuesta frecuentemente en los intersticios de los granos; en proceso de cloritización y de decoloración; en algunos puntos bastante rica en productos ferruginosos.

Epidota: algunos granos.

Esfeno: algunos granos.

Apatita: muy escasa.  
Mineral de hierro pardo.  
*Neis leucocrático con microclina y biotita.*

Muestra JM-2.

Roca mesocrática.  
Estructura granoblástica, orientada.  
Plagioclasa, de índice grande, sericitizadas y epidotizadas; andesina.  
Hornblenda verde en proceso de uralitización.  
Limonita.  
*Neis plagioclásico de hornblenda.*

Muestra JM-3.

Estructura granoblástica de orientación débil.  
Plagioclasas: andesina-ácida.  
Uralita con restos de piroxeno (augita).  
Sustancia ferruginosa de alteración de minerales, negra.  
Clorita en las fisuras.  
Apatita - raro.  
Mineral con visos de uralita y de clorita: probablemente hierro titanífero.  
*Neis plagioclástico alterado a piroxeno.*

Muestra JM-4.

Roca leucocrática.  
Estructura: granoblástica, vagamente orientada.  
Cuarzo en granos de irregulares contornos, de extinción frecuente ondulatoria y de dimensiones variables pero predominando los granos finos. A menudo inclusiones en los feldespatos.  
Microclina en proceso parcial de pertización.  
Pertita.  
Mirmequita rara.  
Plagioclasas raras, ligeramente sericitizadas: oligoclasa.  
Hornblenda verde en proceso de uralitización.  
Apatito raro.  
Esfeno escaso.  
Un poco de epidota de Neoformación.  
*Neis leucocrático con microclina y hornblenda.*

Bogotá, junio de 1959.

*Jean Jacques Morer — Eduardo Nicholls V.*

# **INFORME GEOLOGICO DEL PARAMO AL ESTE DE BOGOTA**

FOR  
**HERNAN RESTREPO A.**  
**GEOLOGO**

---

INFORME No. 1047

---

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1962

## CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN .. . . . .	133
Objeto y naturaleza del estudio .. . . . .	133
Localización y extensión del área .. . . . .	133
Investigaciones previas .. . . . .	133
FISIOGRAFÍA .. . . . .	135
Topografía .. . . . .	135
Acceso y comunicaciones .. . . . .	135
Clima .. . . . .	135
ESTRATIGRAFÍA .. . . . .	135
Sumario generalizado de la estratigrafía .. . . . .	135
Cuaternario (Depósitos glaciales o fluvio-glaciales) .. . . . .	136
Terciario (Formación Bogotá). . . . .	136
Transición Terciario-Cretáceo (Formación Guaduas). . . . .	136
Cretáceo Superior (Formación Guadalupe). . . . .	136
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .. . . . .	137
Estructura regional .. . . . .	137
Estructuras locales de los depósitos de carbón .. . . . .	138
DEPÓSITOS ECONÓMICOS .. . . . .	138
Yacimientos de carbón .. . . . .	138
Depósitos de arena .. . . . .	140
Triturados y piedra de labor .. . . . .	141
Arcillas para la fabricación de ladrillos. . . . .	141

## GRAFICOS

### MAPA INDICE

Plancha Número 1.

Plancha número 2. — Columna estratigráfica de las diferentes vetas de carbón, expuestas en la hacienda “La Bolsa”.

Plancha número 3. — Columna estratigráfica de las rocas expuestas en el camino al “Alto de la Cruz”.



## INTRODUCCION

### OBJETO Y NATURALEZA DEL ESTUDIO

*Con motivo de la terminación próxima de la carretera que conduce de Bogotá a Choachí, que abre un nuevo campo de materias primas del subsuelo de Bogotá, y por Resolución número 561 de 1954, se nombró una Comisión para hacer el estudio de los yacimientos de carbón y de materiales de construcción de la zona del páramo entre Bogotá-Choachí y definir las posibilidades de su aprovechamiento económico.*

*Fueron medidas dos secciones que comprenden las diferentes clases de rocas que aparecen en la región y de ellas se dedujeron las correspondientes columnas estratigráficas, que pueden servir de comparación para otros trabajos.*

*Para el mapa geológico fueron utilizadas las planchas en escala 1:25.000, 228-III-C y 247-I-A, editadas por el Instituto Geográfico, las fotografías aéreas correspondientes y un plano en escala 1:2.500 de la hacienda La Bolsa, situada en el páramo.*

### LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA

*La zona estudiada comprende aproximadamente unos 150 kilómetros cuadrados, desde 4 kilómetros al oriente de Bogotá, incluyendo la hoya alta del río Teusacá y el terreno contiguo que limita con el borde escarpado de las areniscas de la formación Guadalupe, al occidente de Choachí. En dirección norte-sur, el área tiene unos 16 kilómetros de longitud, comprendida entre las veredas del Salitre y de Sabanilla.*

### INVESTIGACIONES PREVIAS

*En recorrido previo a la hacienda La Bolsa, E. Hubach colaboró a la investigación de la región, datos que sirvieron de guía en el trabajo.*

## FISIOGRAFIA

### *Topografía.*

A pesar de su elevación, la región presenta algunas zonas, si no planas, por lo menos de una inclinación suave en más de la tercera parte. El resto se puede considerar montañoso. Los bancos de areniscas de las formaciones Guadalupe y Bogotá, que son buenos almacenes de agua, proveen de este líquido una gran cantidad de quebradas y riachuelos que riegan toda la región con caudales más o menos constantes.

### *Acceso y comunicaciones.*

Dos caminos de herradura comunican a Choachí con Bogotá (el de Mata Redonda y el del Alto de la Cruz o de la Caja). Existe también el ramal carreteable que pasa por Ubaque y que se une a la carretera Bogotá-Villavicencio. La actual carretera que pasa por el boquerón de la Clueca, sigue más o menos el camino de Mata Redonda. Esta carretera, al tiempo que beneficiará la región por la facilidad de extraer sus productos, incrementará el movimiento de turistas a Choachí y Fómeque, y acortará la vía en un 40%.

### *Clima.*

El clima es frío, característico de la zona llamada páramo; la temperatura media es de 12°. La época de verano corresponde a los meses de diciembre y marzo; el resto del tiempo es más o menos lluvioso. Durante el tiempo gastado en el trabajo de campo, las dos terceras partes correspondió al período de lluvias.

## ESTRATIGRAFIA

Todas las rocas existentes en el área estudiada y las que se encuentran más al E de Choachí son sedimentarias y las formaciones no muestran discordancia entre sí.

### *Sumario generalizado de la estratigrafía.*

Entre Choachí y Bogotá se encuentran las siguientes formaciones:

## CUATERNARIO.

*Depósitos glaciales o fluvioglaciales*; depositados irregularmente y constituidos por grandes bloques sub-redondeados de areniscas (de las formaciones anteriores). Consisten en arcillas de colores diferentes, desde amarillo claro a pardo rojizo. Edad: Pleistoceno. 0-100 M.

## TERCIARIO.

*Formación Bogotá*: Compuesta en la base por 90 metros de la arenisca cuarzosa Cacho, de color blanco a amarillo con algunas manchas rojas (óxidos de hierro), de grano medio hasta grueso en la parte superior, volviéndose más gruesa y conglomerática abajo; luego 520 metros de arcilla de color amarillo y verde claro, y finalmente hay en la parte superior 150 metros de arenisca y arcillas en bancos de 5 a 20 metros de grueso. Los granos de las areniscas son redondeados a subangulares de color amarillo claro hasta pardo rojizo. Las arcillas están bien estratificadas en capas de 3 a 10 cm., variando el color desde blanco, gris y amarillo a rojo. Edad: Oligoceno - Eoceno. 760 M.

## TRANSICION TERCARIO-CRETACEO.

*Formación Guaduas*: Medida en el camino al Alto de la Cruz; está formada en la base por unos 250 metros de arcilla regularmente estratificada, la cual muestra en algunas partes láminas de 1 a 2 cm. Su color es gris, variando al meteorizarse a amarillo rojizo; viene luego una serie de 180 metros de arcilla semejante a la anterior, en la cual están distribuidas alrededor de 12 vetas de carbón, lignito y arcillas negras bituminosas, cuyo espesor varía de 20 a 60 cm., existiendo además algunos lechos pequeños de arenisca; el resto de la formación son arcillas y dolitas bien estratificadas, de color amarillo a pardo. Edad: Paleoceno - Maestrichtiano. 630 M.

## CRETACEO SUPERIOR

*Formación Guadalupe*: Por estar constituida por areniscas compactadas y de Plaeners, en posición poco inclinada, y ser éstos resistentes ambos a la erosión, forma escarpes en el borde oriental del área, donde fue medido, en el camino de la Caja. Está formada en la base por 250 metros, de los cuales la mayoría son areniscas de color gris, laminadas, estratificadas y a veces con apariencia 900 M.

masiva, teniendo intercalaciones delgadas de arcillas pizarrosas. Entre estas areniscas hay un nivel de 80 metros de arcillas pizarrosas o Plaeners, bien estratificado, de color gris oscuro, que contiene pequeñas concreciones ovulares de arenisca; siguen hacia arriba otros 250 metros de arenisca, siendo la parte inferior areniscas similares a las anteriores, las cuales poseen fósiles de *Ostrea Abrupta* y aproximadamente 60 metros de la parte superior son Plaeners, de arcillas pizarrosas, color gris, silíceas y de lilitas con foraminíferos; vienen luego 270 metros de arenisca gris a gris clara, intercalada con pocos estratos pequeños de arcilla pizarrosa de color gris; los 130 metros restantes son Arenisca Tierna y arcilla pizarrosa gris abajo. La Arenisca Tierna es de grano medio a grueso; en algunas partes es muy pura y en otras tiene manchas de óxidos de Fe, fácilmente desmenuzable; posee pequeñas intercalaciones de arcilla pizarrosa y de lilitas con foraminíferos.

Edad: Maestrichtiano - Coniaciano.

Nota: 1.350 metros estratigráficamente debajo de la formación Guadalupe, se encuentra un manto de carbón de edad Cenomaniano.

## GEOLOGIA ESTRUCTURAL

### *Estructura regional.*

De Bogotá al Oriente tenemos las siguientes estructuras: en primer lugar, el *Anticlinal invertido de Bogotá*, que en el lado oriental de la hoya del río San Francisco se encuentra invertido y buzando al Occidente sus sedimentos, de la formación Guadalupe, teniendo una dirección aproximada de Norte-Sur; luego viene un conjunto de sedimentos de las formaciones Guaduas y Bogotá (superiores a la formación Guadalupe), formando el *Sinclinal invertido del Teusacá*, en la hoya del río del mismo nombre, estando su plano axial inclinado al Occidente y su dirección aproximada Norte-Sur; los sedimentos de la formación Bogotá se encuentran en la vereda El Salitre, en el lado oriental del río Teusacá, al mismo nivel de los sedimentos de la formación Guadalupe, buzando ambas formaciones al Oriente, indicando esto la *Falla del Teusacá*, que sigue más o menos la dirección del río y ha hecho que los sedimentos más jóvenes estén en posición baja con relación a los antiguos; en la parte sur del área se encuentra el *Anticlinal de Mata Redonda*, el cual es asimétrico (buzamientos occidentales mayores que los orientales) y es luego cortado por la mencionada falla, está formado por los sedimentos inferiores de la formación Guaduas; sigue después el *Sinclinal de Une*, de suaves inclinaciones, bastante ancho y con pocas ondulaciones, formado por sedimentos de la formación Guaduas arriba y en la parte baja con los de la formación Guadalupe, que da origen al borde escarpado que limita al Oriente la zona de páramo; debajo siguen en sucesión las formaciones de La

Planta, Chipaque, Une y Villeta, formando esta última un poco al oriente de Choachí el *Anticlinal del Río Negro*.

*Estructuras locales de los depósitos de carbón.*

El sinclinal invertido del Teusacá posee las diferentes vetas de carbón de la formación Guaduas, de las cuales dos de ellas son explotables en la vereda del Salitre, del Municipio de La Calera, unos cuatrocientos metros antes del puente sobre el río Teusacá, de la carretera que va a dicho Municipio. En la parte sur del sinclinal, cerca del boquerón de la Clueca, las vetas de carbón son tan delgadas que hacen imposible su explotación.

El anticlinal de Mata Redonda posee las vetas inferiores de la formación Guaduas.

El sinclinal de Une, a su vez, en la región de la hacienda de La Bolsa, posee las diferentes vetas de la misma formación.

Entre el sinclinal de Une y el anticlinal invertido del Río Negro, existe una veta de edad cenomaniense en la formación Chipaque.

#### DEPOSITOS ECONOMICOS

*Yacimientos de carbón.*

a) El yacimiento del sinclinal invertido del Teusacá, por su condición estructural y la falta de afloramientos visibles, es difícil de avaluar sin la ayuda de perforaciones o trincheras. La mina visitada, propiedad del señor Antonio Casas, comprende dos mantos explotables. El superior, constituido por dos vetas de carbón de 40 y 50 centímetros de espesor, separadas por 10 a 15 centímetros de solapa formada de arcilla bituminosa, foliada y de color negro. El inferior, constituido a su vez por dos vetas de carbón de 30 y 55 centímetros de espesor, separadas por 10 centímetros de una solapa de igual constitución a la de la anterior. Ambos mantos tienen de respaldos, arcillas grises bien estratificadas (2 a 3 cm.), y algunas veces laminadas; al meteorizarse estas arcillas, se vuelven amarillas rojizas a pardas.

La dirección observada fue de N 20° E, y el buzamiento de 45° al Noroccidente. En 50 metros que se han explotado estos mantos, en la dirección del buzamiento, la inclinación ha aumentado notablemente, presentándose además pequeñas fallas en el depósito. Por unos 200 metros de extensión, posiblemente el depósito será explotable, teniendo un espesor total de carbón en los dos mantos de 1,75 metros, y considerando que fuese recuperable un 75%, la cantidad de carbón posiblemente extraíble, siendo 1,3 la densidad, sería:

$$\text{Cantidad posible} = 1,75 \text{ (Fz)} \times 50 \times 200 \times \frac{75}{100} \times 1,3 = 17.062,5 \text{ toneladas.}$$

Aproximadamente 17.000 toneladas.

Durante el mes de mayo del presente año tuvo lugar un accidente dentro de la mina, con la muerte de dos trabajadores, motivado por los

gases exhalados de un motor a gasolina, que se depositaron en la parte inferior, a pesar de existir un tambor de ventilación en la mina. Por esta razón, se aconseja que la explotación se efectúe por medio de dos apiques paralelos, separados por una distancia conveniente, los cuales se fueran uniendo por galerías, a medida que se avanzara el frente. Esta sugerencia implicaría solamente la apertura de otro apique paralelo al existente.

b) El yacimiento del anticlinal de Mata Redonda, por estar cubierto con la arenisca inferior de la parte carbonífera de la formación Guaduas, es imposible determinar su valor económico sin la ayuda de perforaciones; los pocos afloramientos observados corresponden a pequeñas vetas, pero siguiendo la secuencia de los afloramientos en la hacienda La Bolsa, induce a creer que debajo de la arenisca exista una zona explotable, en una área de 10 kilómetros cuadrados, aproximadamente.

c) Los yacimientos de la hacienda La Bolsa, propiedad de los señores Luis Roca B. e Ignacio Romero, comprenden dos zonas explotables separadas por 75 metros de arcillas amarillas pardas, con intercalaciones de pequeñas vetas de carbón y de areniscas, tal como se muestra en la plancha número 2.

La zona superior consiste de dos vetas de 25 a 45 centímetros de carbón, separadas por 30 centímetros de solapa de arcilla foliada carbonácea de color negro. Esta zona es únicamente explotable en la parte noroccidental de la hacienda, variando su dirección y buzamiento desde N 35 W buz. 30 W en la bocamina N° 3 y N 35 E - buz. 4 W en la bocamina N° 4. Por no tener seguridad respecto a la continuidad del espesor en el área explotable (aproximadamente 50.000 metros cuadrados) no se considerará como válida la cantidad posiblemente extraíble de 34.000 toneladas, dato obtenido al hacer los cálculos considerando un espesor de 70 cm. de carbón.

La zona inferior consiste también de dos vetas de 25 y 45 cm., separadas por 20 a 30 cm. de solapa de arcilla foliada carbonácea de color negro. Esta zona en las excavaciones hechas al sur-oriente de la casa y en la parte oriental de la hacienda se adelgaza de tal manera, que es imposible su explotación económica en la parte septentrional, donde forma un salto la quebrada El Chuscal; la solapa intermedia de las vetas de carbón aumenta considerablemente hasta 70 cm., haciendo imposible su explotación, pues implicaría un gran movimiento de material estéril. Solamente es explotable en la parte sur-occidental, en la vecindad de la antigua mina, en una área de aproximadamente 40.000 metros cuadrados en la hacienda La Bolsa, pudiendo continuar posiblemente al yacimiento del anticlinal de Mata Redonda. Por esta razón se recomienda que para la explotación de la mina se haga un túnel de sección apropiada (1.2 m. de ancho por 1.7 m. de alto, mínimos), empezando en la antigua mina con una dirección de S 30 W a salir al borde escarpado, donde afloran las vetas con el mismo espesor. Este túnel serviría: 1º de extracción en su primera etapa y luego de transporte del mineral sacado por galerías hechas a distancias convenientes (60 metros) en dirección E-W, las cuales se extenderían principalmente al W, para así estudiar la continuación al yacimiento del anticlinal de Mata Redonda, y 2º de ventilación y desagüe, por tener una pendiente positiva de 5º aproximadamente hacia el SW.

d) El yacimiento en la formación Chipaque (2.250 metros estratigráficamente debajo de la formación Guaduas, de edad Cenomaniano),

consiste de una veta de 90 a 110 cm. de carbón, con dirección N 35 E y buzando 35 W, en propiedad del señor Fritz, cerca del camino El Raizal, que baja de Mata Redonda a Choachí. Esta veta hace algunos años fue trabajada, y hoy se encuentra una mina abandonada, la cual está completamente inundada a causa de las filtraciones de agua en la fuerte inclinación de la veta, agregando a esto la dificultad que hay en el terreno para un túnel de desagüe, que sería de 1 a 2 kilómetros. La veta fue buscada 3 kilómetros al Norte, en el camino de la Caja, donde no se encontró. Esta mina podría ser explotada con una fuerte inversión en equipos de bombeo o la construcción de un túnel largo de desagüe, lo cual recargaría desde un principio el costo de explotación, impidiendo la competencia con los carbones de otros depósitos en mejores condiciones. Sin embargo, la cercanía con la cual quedará unida a zonas de consumo, por la nueva carretera, podría justificar la inversión inicial.

Para el futuro, las pequeñas vetas de carbón que hoy no justifican su explotación servirían, mediante perforaciones y combustión incompleta para una industria de gas que podría abastecer en especial a Bogotá.

#### *Depósitos de arena.*

Para la extracción de la arena se utilizan aquellas areniscas poco consolidadas, las cuales exigen poco trabajo para desintegrarlas; actualmente se emplean como tales:

a) La arenisca Tierna de la formación Guadalupe, que es medio a grueso granular, en algunas partes es muy pura y en otras tiene manchas de óxidos de Fe; posee un espesor aproximado de 60 metros. Explotada actualmente cerca del boquerón de la Clueca y en la vecindad de los Patios, en la carretera que va a La Calera.

b) La arenisca Cacho, de un espesor de 90 metros, que corresponde a la base de la formación Bogotá, la cual es cuarzosa color blanco a amarillo, con algunas manchas rojas de los óxidos de Fe, medio a grueso granular en la parte superior, volviéndose en la base más gruesa y conglomerática, fácilmente desmenuzable y regularmente estratificada. Este banco se explota en la actualidad al lado oriental del río Teusacá, en el punto denominado Santa Rosa, perteneciente a la vereda El Salitre.

c) Las areniscas pertenecientes a la parte superior de la formación Bogotá, las cuales suman 58 metros de espesor de 4 bancos expuestos y son cuarzosas, grueso a medio granular, de granos redondeados, conteniendo 15% de arcilla y óxidos de Fe, irregularmente estratificada, color blanco a amarillo con algunas manchas rojas. No explotadas aún.

Estas areniscas se extienden en el área estudiada en dirección nortesur, desde la vereda El Salitre hasta la vereda Sabanilla, a lo largo de la hoya del río Teusacá, rigiendo para su explotación, condiciones topográficas favorables para trabajos a tajo abierto y facilidad de comunicación a las zonas de consumo. Areniscas puras utilizables en la industria de vidrio, hállanse principalmente en la arena Tierna, pero no siguiendo estratos sino en zonas pequeñas. El avalúo de estos depósitos es innecesario, ya que menos de una centésima parte es explotada actualmente y el consumo de Bogotá no alcanzaría a agotarlos en muchos años. Obsérvese mapa geológico adjunto.

*Triturados y piedra de labor.*

Las diferentes areniscas de la formación Guadalupe, a excepción de la Arenisca Tierna, son suficientemente compactas y resistentes para dar un buen triturado, como lo ha demostrado la práctica de los explotados en la vecindad de Bogotá. Encontrándose alrededor de 630 metros de arenisca de los 900 metros que constituyen la formación Guadalupe, la cual abarca cerca de la mitad del área en estudio.

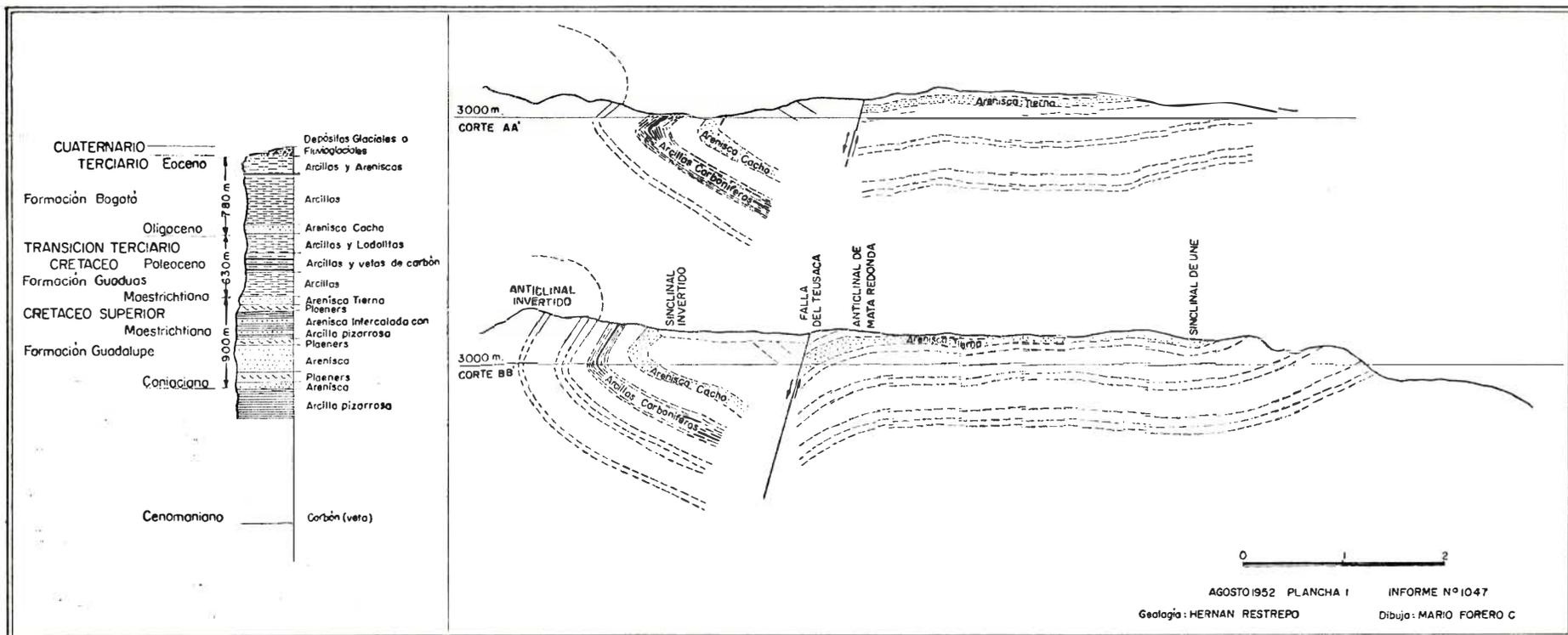
Para la explotación de piedra de labor, en especial para enchapados, se utilizan areniscas bien estratificadas de 2 a 4 cm., las cuales se separan fácilmente en lajas rústicas y bancos de areniscas de apariencia masiva de 1 a 2 metros, explotados, mediante pólvora, en bloques que luego son aserrados. Areniscas de estas cualidades son las de la formación Guadalupe, hallándose las zonas de estratificación delgada inmediatamente encima o debajo de los Plaeners.

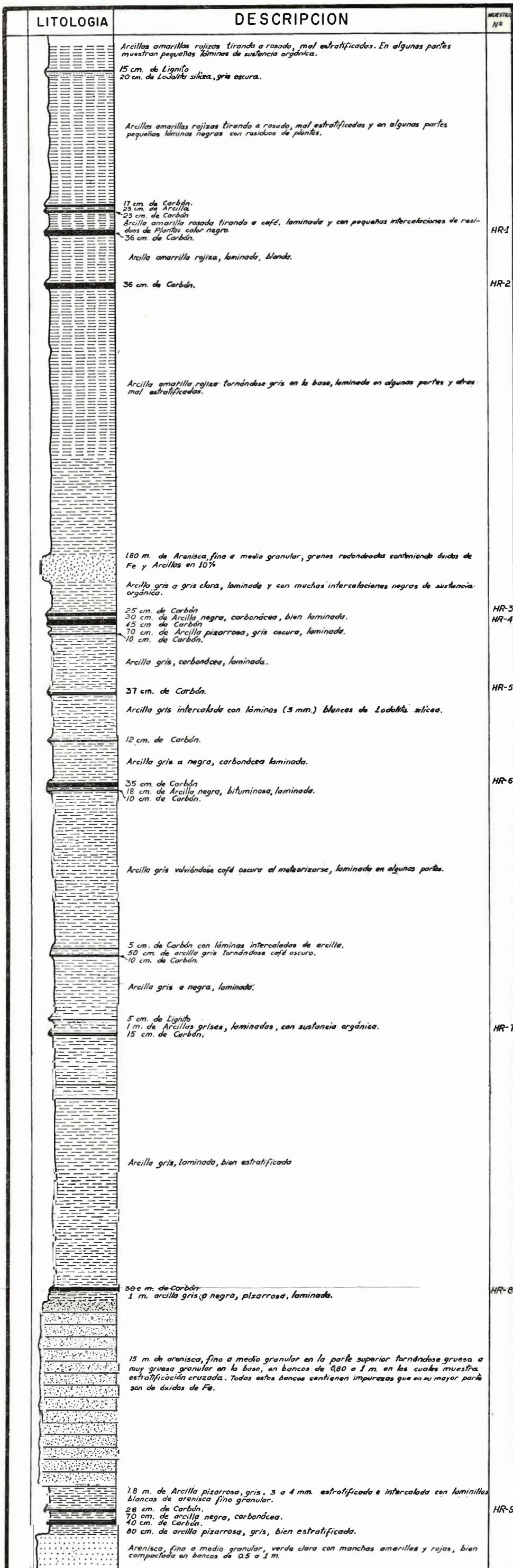
*Arcillas para la fabricación de ladrillos.*

Las arcillas utilizadas por los "chircales" de San Cristóbal, en Bogotá, se extraen de aquellas correspondientes a las formaciones Guaduas y Bogotá. Ambas formaciones se encuentran bien expuestas en el área estudiada, a lo largo de la hoya del río Teusacá, tal como se muestra en el mapa geológico, constituyendo así una inmensa reserva para la industria alfarera, la que es de vital importancia para el desarrollo de todas las zonas vecinas.

Bogotá, agosto de 1954.

*Hernán Restrepo A.*  
*Geólogo.*





MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL  
SECCION DE GEOLOGIA MINERA

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA  
DE LAS DIFERENTES VETAS DE CARBON  
EXPUESTAS EN LA HACIENDA  
"LA BOLSA"**

REGION : FLANCO ORIENTAL DEL SINCLINAL DE CHIPAQUE MPIO. CHOACHI DEPTO. CUND.

AGOSTO DE 1.952

PLANCHA 2

INFORME Nº 1047

AUTOR : HERNAN RESTREPO A., GEOLOGO

DIBUJO : A. CORTES P.  
CARTOGRAFO

REVISO :



**ALGUNAS CALIZAS DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA  
PARA LA OBTENCION DE CAL AGRICOLA**

POR  
**HERNAN RESTREPO A.**  
GEOLOGO

---

INFORME No. 1316

---

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1962

## CONTENIDO:

RESUMEN . . . . .	149
INTRODUCCIÓN . . . . .	153
Objetivo . . . . .	153
Distribución geográfica de las calizas . . . . .	153
Investigaciones geológicas anteriores . . . . .	153
Trabajos de campo . . . . .	154
I. CALIZAS AL OCCIDENTE DE IBAGUÉ . . . . .	155
Geología general . . . . .	155
1º Calizas de Perico . . . . .	155
Situación . . . . .	155
Reservas . . . . .	155
Calidad . . . . .	156
Otros datos . . . . .	156
2º Calizas de La Palmilla . . . . .	156
Situación . . . . .	156
Reservas . . . . .	156
Calidad . . . . .	157
Otros datos . . . . .	157
3º Margas en la carretera Ibagué-Villa Restrepo . . . . .	157
Situación . . . . .	157
Reservas . . . . .	157
Calidad . . . . .	158
4º Calizas de Cay . . . . .	158
Situación . . . . .	158
Reservas . . . . .	158
Calidad . . . . .	158
Otros datos . . . . .	158

II. CALIZAS DE PAYANDÉ . . . . .	159
Situación . . . . .	159
Geología general . . . . .	159
Formación Payandé (o Zona C) . . . . .	160
Reservas . . . . .	160
Calidad . . . . .	161
III. CONCRECIONES CALCÁREAS EN DOIMA . . . . .	161
Situación . . . . .	161
Geología general . . . . .	161
Estratigrafía . . . . .	161
Sección A-B . . . . .	162
Estructuras . . . . .	163
Concreciones calcáreas . . . . .	163
Reservas . . . . .	163
Calidad . . . . .	163
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	163
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	164
ANEXO I . . . . .	165

## I L U S T R A C I O N E S

Mapa del Departamento del Tolima (mapa índice). Plancha N° 4.

Plancha N° 1. Calizas al occidente de Ibagué, Escala 1:100.000.

Plancha N° 2. Plano Geológico de Payandé, Escala 1:25.000.

Plancha N° 3. Plano Geológico de Doima, Escala 1:25.000.

## R E S U M E N

En el presente informe se describen algunos depósitos de calizas existentes en el Departamento del Tolima (Colombia), que podrían aprovecharse para la obtención de cal y en especial de la utilizable para fines agrícolas (corrección del pH o acidez de los suelos).

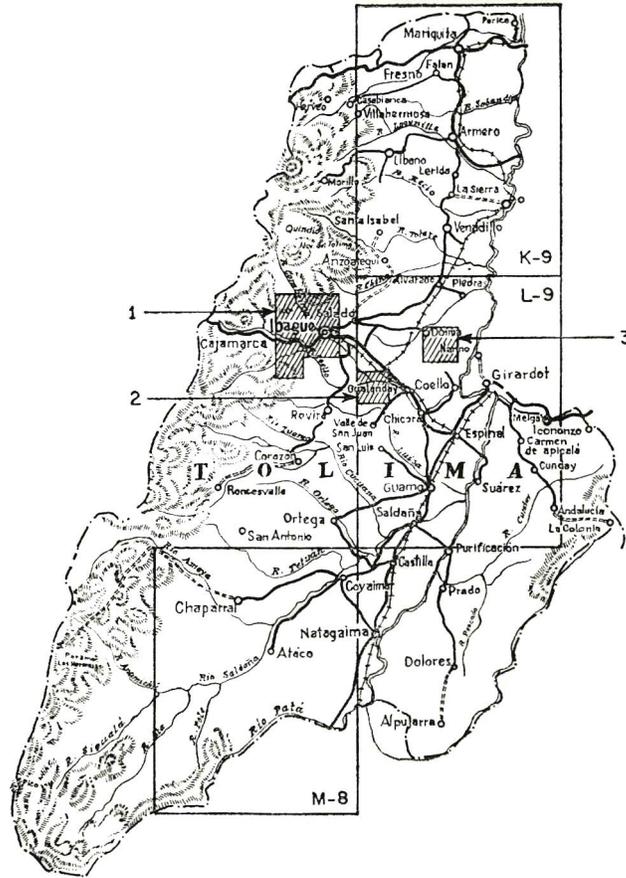
Se rectifica la información dada en la Plancha L-9 "Girardot", del Mapa Geológico de Colombia, publicada por el Servicio Geológico Nacional (1956) (K3b - Calizas presentes únicamente en la región Girardot-Doima), no existiendo calizas en el límite del Santoniano y Campaniano en la región de Doima.

Se concluye en que las calizas de Payandé, las cuales se extienden hasta cerca de Rovira, en el Area Central del Departamento, son las reservas de calizas más abundantes del Tolima.

Se adjuntan análisis químicos, un mapa índice y 3 planchas ilustrativas; además, otros anexos.



COLOMBIA



ESCALA EN KILOMETROS  
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

### MAPA DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

Indicando la localización de las Planchas litografiadas ARMERO (K-9), GIRARDOT (L-9), ATACO (M-8) y las planchas ilustrativas N<sup>o</sup>. 1-2 y 3

GEOLOGO: Hernán Restrepo A.

INFORME N<sup>o</sup> 1316

DIBUJANTE: A. Espitia G.

REFERENCIA ARCHIVO

Bogotá, Febrero de 1.959

PLANCHA N<sup>o</sup> 4 de 4

## INTRODUCCION

### OBJETIVO

*La Secretaría de Agricultura del Departamento del Tolima cuenta en la actualidad con un equipo mecánico útil para la preparación de cal (trituradora, molinos, equipo de ciclones, etc.; véase anexo). Con el objeto de proyectar una Planta de Cal Agrícola, solicitó al Servicio Geológico Nacional, División del Ministerio de Minas y Petróleos, el estudio geológico de las calizas existentes alrededor del Municipio de Ibagué, el cual se llevó a cabo durante los primeros días de septiembre, en cumplimiento de la Resolución número 836 de 1958.*

### DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS CALIZAS

*En el Departamento del Tolima existen numerosas manifestaciones de calizas, mármoles y margas calcáreas, que podrían utilizarse para la producción de cal agrícola, las cuales se hallan distribuidas en las siguientes áreas:*

- A. Area Noroccidental, que comprende los Municipios de Armero, Lérida, Libano e Ibagué.*
- B. Area Central, que comprende los Municipios de Rovira, Valle y San Luis (Corregimiento de Payandé).*
- C. Area Oriental, que comprende los Municipios de Piedras (Corregimiento de Doima), Coello y Suárez.*

*En todas estas áreas se encuentran establecidas explotaciones de algunas canteras que al mismo tiempo producen cal en pequeña y regular escala. En Buenosaires, Corregimiento del Municipio de Ibagué, se termina actualmente el montaje de una fábrica de cemento para una capacidad de 250 toneladas diarias, la cual utilizará las calizas existentes en Payandé.*

### INVESTIGACIONES GEOLOGICAS ANTERIORES

*Entre los estudios llevados a cabo en el Departamento por el Servicio Geológica Nacional y el Servicio Minero de Ibagué sobre calizas,*

se destacan los de los siguientes geólogos e ingenieros de minas: Gilberto Botero (1946, varios); Carlos Cardona (1944, 1952); H. W. Nelson (1952, 1957); Darío Suescún (1947, 1949, 1950), y Bernardo Taborda (1949, 1950); sin embargo, existe otro gran número de informes de los estudios relativos a diferentes depósitos minerales y a la geología general del Departamento (véase Bibliografía), los cuales sirvieron de base para el presente estudio.

Los trabajos aerofotogramétricos efectuados por el Instituto Geográfico de Colombia "Agustín Codazzi", y las Planchas a escala 1:200.000 (del Mapa Geológico de Colombia), elaboradas por la Sección de Foto-geología del Servicio Geológico Nacional, correspondientes al Departamento del Tolima, son una contribución invaluable para llevar a cabo cualquier trabajo de estudio en el Departamento.

#### TRABAJOS DE CAMPO

Se visitaron los siguientes lugares:

a) Las calizas al occidente de Ibagué; b) La región de Doima (Corregimiento del Municipio de Piedras), y c) El área de Payandé (Corregimiento del Municipio de San Luis). (Véase Mapa del Departamento del Tolima).

Se efectuaron medidas y se tomaron muestras representativas de los diferentes afloramientos. La región de Doima se exploró en busca de mantos de calizas.

No se visitaron otros lugares donde se conocen datos sobre yacimientos de calizas, debido al término de la comisión y a ciertos factores externos y económicos: vías de acceso, distancia a Ibagué o a otros centros de posible localización de la Planta en mención.

## I. CALIZAS AL OCCIDENTE DE IBAGUE

*Geología General* (véase Plancha N° 1).

Estas calizas no están constituídas por horizontes continuos sino por cuerpos aislados muy variables (en tamaño y composición química), que se extienden en dirección NE. Son similares a las que se explotan en las canteras al occidente de La Sierra (Corregimiento del Municipio de Lérica) y al oriente de El Convenio (Corregimiento del Municipio de Líbano). Dichas calizas se encuentran situadas, geográficamente, en el borde oriental de la Cordillera Central, y, geológicamente, en la zona de rocas metamórficas correspondientes a la serie de Cajamarca, muy cerca del contacto con el batolito de Ibagué (macizo ígneo de granodioritas).

La serie de Cajamarca (Nelson, 1954), consiste en una secuencia epimetamórfica de esquistos verdes (Prasinitas) y grafíticos, con filitas cuarzosas y esquistos cuarcíticos néisicos subordinados a los primeros. Al lado de los anteriores se han observado unas pocas intercalaciones de diabasas metamorfoseadas y de anfibolitas. Para los esquistos verdes se asume un origen tufáceo, y para las diabasas, probablemente los flujos inter-estratificados del mismo volcanismo que produjo los esquistos verdes; esto sucedió en una cuenca sedimentaria marina, donde se precipitaron las anfibolitas calcáreas y los lentes más o menos aislados de la caliza; posteriormente, vino el levantamiento y el metamorfismo originado por la intrusión de las granodioritas. Se ha tratado de correlacionar la edad de esta serie con la de las rocas metamórficas de la Cordillera Oriental, pertenecientes al Paleozoico Inferior.

### 1º CALIZAS DE PERICO

#### *Situación.*

Estas calizas están situadas aproximadamente a 15 kilómetros de Ibagué, por la carretera Ibagué-Armenia, y en línea recta a unos 9 kilómetros en dirección S 70° W. Las calizas se encuentran en ambos lados del río Coello, un poco al occidente de la desembocadura de la quebrada Perico, afluente de la margen derecha del río Coello (véase localización 1, en la Plancha N° 1).

#### *Reservas.*

Estas calizas tienen un espesor medido en el río Coello, de 45 metros; su dirección es N 40° E, inclinándose 75° al SE. El afloramiento en el

río está 250 metros por debajo del nivel de la carretera. Se avalúan sus reservas en la margen derecha del río Coello en una cantidad superior a 50.000 toneladas.

#### *Calidad.*

El análisis de una muestra representativa (ver análisis HR-251), es de aproximadamente 83% de  $\text{CaCO}_3$  y 13% de  $\text{SiO}_2$  el cual corresponde petrográficamente al tipo de las *calizas-cuarcíticas*. La caliza es cristalina, casi un mármol muy denso, de color blanco a gris azulado; bajo el microscopio se distinguen micro-fallas y maclas curvadas de calcita (Nelson, 1954). Su calidad es apropiada para la fabricación de cal agrícola.

#### *Otros datos.*

Estas calizas se han explotado en pequeña escala para la producción de cal quemada de muy buena calidad; en la actualidad existe un horno vertical pequeño intermitente, y en construcción otro horno similar de 4 metros de diámetro. En la época de la visita no había trabajos.

#### 2º CALIZAS DE LA PALMILLA

Esta cantera no fue visitada, por considerar suficiente las informaciones dadas por Cardona (1944) y Suescún (1947 y 1950).

#### *Situación.*

Estas calizas se hallan en línea recta, aproximadamente a 5 kilómetros al occidente de Ibagué. Yendo por la carretera Ibagué-Villa Restrepo, después de pasar sobre el puente de la quebrada Cay, y un poco antes de llegar a la fábrica de Bavaria, se aparta un carreteable hacia el SW, el cual cruza el río Combeima; de este punto se sigue a pie por la quebrada Animas hasta llegar a la casa de la hacienda San Miguel. Las calizas se extienden desde la quebrada Palmilla, al SE de la casa de San Miguel, hasta la quebrada Calera, al NW de la casa citada (ambas quebradas son afluentes noroccidentales de la quebrada Animas, la que a su vez es afluente del río Combeima). (Véase localización 2, en la Plancha N° 1).

#### *Reservas.*

El espesor de la caliza, medido en la quebrada Calera, es de 9 metros. Su dirección es N 35° E, inclinándose 65° al SE. Cardona (1944) da para una distancia de 1 kilómetro y una profundidad de posible explotación de 150 metros, 3 millones de toneladas. Suescún (1950) da para una distancia de 2,5 kilómetros y una profundidad de posible explotación de 150 metros, 7,5 millones de toneladas. Estos datos se deben considerar

como de reservas posibles, pudiendo solamente garantizar el afloramiento cercano a la quebrada Calera en la distancia que se encuentre actualmente descubierta (en 1944 era de 25 metros).

#### *Calidad.*

La caliza presenta las mismas características de las existentes en Perico, variando su color de negro oscuro hasta blanco grisáceo. Suescún (1950) da los siguientes resultados del análisis efectuado en una muestra de la cantera La Palmilla:

CaO	35.1 %
CO <sub>2</sub>	27.9
SiO <sub>2</sub>	28.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.9
MgO	4.8

De acuerdo a los anteriores datos químicos, se clasifica petrologicamente el mineral como una *caliza-cuarcítica*. Su calidad es poco apropiada para la fabricación de cal agrícola.

#### *Otros datos.*

Suescún (1947) analiza las condiciones de beneficio para cal quemada, dando un costo unitario por tonelada de \$ 12.30 m/c. en la hacienda San Miguel, sin incluir los gastos de explotación de la cantera. El horno funcionaba con quemadores de A.C.P.M., y era para una capacidad de 300 cargas (¿carga de 100 kilos?), por cada operación, que demoraba tres días.

### 3º MARGAS EN LA CARRETERA IBAGUE-VILLA RESTREPO

#### *Situación.*

Aproximadamente 1 kilómetro al occidente de la fábrica de Bavaria, por la carretera Ibagué-Villa Restrepo, donde existe una alcantarilla marcada 5K-010, aflora un banco de material calcáreo. (Véase localización 3, en la Plancha N° 1).

#### *Reservas.*

El espesor que aflora en la carretera es de aproximadamente 7 metros; el banco muestra menos estratificación que el existente en Perico; su dirección es N 40° E, buzando hacia el SE aproximadamente 80°. Hacia el NE se puede extender el mencionado banco, no habiéndose podido efectuar ninguna medida por la capa vegetal que lo cubre; hacia el

Sur no se observó su continuación. No se dan datos sobre su posible volumen por carecer de medidas, las cuales sólo se podrían efectuar mediante el descubrimiento del banco en algunos sitios señalados para tal fin.

#### *Calidad.*

Este material calcáreo de color gris oscuro contiene apreciable cantidad de  $\text{SiO}_2$  - 44% y aproximadamente 49% de  $\text{CaCO}_3$  (véase análisis HR-253), por lo cual se le debe clasificar petrográficamente como una caliza cuarcítica (casi una cuarcita calcárea). A pesar de su poco contenido en  $\text{CaO}$  (27%), puede suplir regionalmente para corregir la acidez de los suelos.

En la actualidad no se explotan estas calizas.

#### 4º CALIZAS DE CAY

#### *Situación.*

Estas calizas se hallan en línea recta, aproximadamente a 5 kilómetros al NW de Ibagué (véase localización 4, en la Plancha N° 1). Su acceso es por la carretera Ibagué-Villa Restrepo hasta el puente sobre la quebrada Cay; de aquí, subiendo por un carretable en la margen izquierda de dicha quebrada, aproximadamente 1 kilómetro, donde se cruza la quebrada, pudiendo continuar en automotor hasta la casa La Palestina; luego se continúa unos 2,5 kilómetros por un camino de herradura hasta llegar a la escuela La Cascada, al NW, y unos 75 metros arriba (de diferencia de nivel) de esta escuela, se encuentran unos socavones donde se explota la caliza.

#### *Reservas.*

El volumen de estas calizas es pequeño; su espesor es variable de 0,50 a 1,50 metros; presenta una dirección de N 60° E, variando su buzamiento hacia el NW de 40° a 65°. No es apta para una explotación regular.

#### *Calidad.*

La gran importancia de este pequeño depósito es el color del material, lo cual lo hace utilizable para la fabricación de granitos artificiales. El análisis de la muestra representativa (ver análisis HR-252) con 17,9% de  $\text{SiO}_2$  y aproximadamente 75% de  $\text{CaCO}_3$ , lo hace clasificar como una *caliza-cuarcítica*.

#### *Otros datos.*

Estas calizas se encuentran en terrenos (ejidos) pertenecientes al Municipio de Ibagué. La explotación se efectúa por socavones, arrojando

el material a la quebrada Inmediaciones (afluente de la margen derecha de la quebrada Cay); de allí se transporta en mulas 2,5 kilómetros a la casa La Palestina, donde se acumula la caliza hasta completar un viaje para un camión. Los mercados son Ibagué y Bogotá por unas 6 toneladas al mes.

## II. CALIZAS DE PAYANDE

La región fue visitada rápidamente por la Comisión con el objeto de efectuar algunas observaciones y localizar las actuales explotaciones. Las descripciones que se presentan adelante corresponden a una síntesis de los trabajos de Trumpy (1943), Suescún y Taborda (1949), y Nelson (1957), quienes llevaron a cabo las investigaciones geológicas en un área de unos 200 kilómetros cuadrados. La Plancha N<sup>o</sup> 2, de este informe, cubre solamente un área de aproximadamente 50 kilómetros cuadrados, que se consideran los de más fácil comunicación; en ella se señala la concesión solicitada al Ministerio de Minas y Petróleos por la empresa de cementos cuya fábrica se monta actualmente en Buenosaires.

### *Situación.*

La población de Payandé (Corregimiento del Municipio de San Luis), dista 6 kilómetros por carretera y unos 4 kilómetros en línea recta al S 30<sup>o</sup> W de la estación de Buenosaires (Corregimiento del Municipio de Ibagué). Buenosaires se halla a unos 22 kilómetros al SE de Ibagué por la carretera que conduce a Girardot, siendo además la bifurcación de las líneas de los ferrocarriles Ibagué-Girardot e Ibagué-Ambalema.

El área donde se encuentran las calizas de la formación Payandé se extiende desde cerca de la población del mismo nombre al WSW unos 15 kilómetros, aflorando unos pocos kilómetros al norte de la población de Rovira y hacia el SW unos 23 kilómetros, casi hasta llegar al río Cuana.

### *Geología General.* (Véase Plancha N<sup>o</sup> 2).

El nombre de la formación Payandé fue usado primeramente por Renz (geólogo de la Compañía Shell de Colombia), para designar un banco de calizas marinas del Triásico Superior presente en el área al occidente de la población del mismo nombre. Estas calizas fosilíferas yacen sobre una serie de conglomerados consolidados, areniscas arcillosas, etc., que se denominan formación pre-Payandé. Sobre la formación Payandé yacen a su vez una serie de estratos rojos volcánicos compuestos de dacitas, andesitas y tufas, llamada formación post-Payandé. Hacia el fin de este período de volcanismo se produjeron las intrusiones de granodioritas y monzonitas, formando silicatos de calcio, típicos en la zona de contacto con las calizas de la formación Payandé.

Las denominaciones de las formaciones mencionadas anteriormente son las utilizadas por Trumpy y Nelson, mientras que Suescún y Taborda describen por orden de antigüedad las Zonas A, B, C, D y E, correspondiendo la formación Payandé de aquéllos a la Zona C de éstos.

Los sedimentos del Cretáceo Inferior (K1 - Aptiano, K2 - Albiano, Cenomaniano y Turoniano), cubren inconformemente las formaciones de Payandé y las intrusiones mencionadas de granodioritas y monzonitas.

Los estratos de las formaciones de Payandé buzan con moderados ángulos al Este, y constituyen el flanco oriental de los filos de las montañas entre los ríos Coello y Cucuana. Los escarpes más altos de estas montañas están formados por la resistente formación pre-Payandé. Las formaciones de Payandé se hallan cortadas por diques de pórfidos cuarcíticos y augíticos-hornbléndicos, relacionados probablemente a las intrusiones de las granodioritas y monzonitas.

#### *Formación Payandé (o Zona C).*

La formación Payandé se desarrolló principalmente en facies calcáreas, reflejando una ingesión marina durante el Triásico Superior. Presenta apreciables cambios laterales, volviéndose más masiva al SW, donde adquiere un considerable desarrollo. El contacto con los sedimentos terrestres subyacentes de la formación pre-Payandé (Nelson), está expuesto muy mal. En la quebrada Aguirre afloran ambas formaciones en un trayecto relativamente corto, buzando con ángulos moderados al SE.

La formación Payandé se depositó en un mar poco profundo, con frecuentes influjos de sedimentos clásticos, derivados de la denudación progresiva de la Cordillera Central, la que debió haber sido una gran masa de tierra emergida. Dicha formación fue intruída posteriormente por rocas granodioríticas de edad Jurásica (?), las que produjeron extensas zonas de contactos termales; esta fase intrusiva fue seguida posteriormente por soluciones hipogénicas que causaron mineralizaciones en los bancos de caliza (minas de cobre).

Litológicamente la formación consiste en una serie de 600 a 800 metros de espesor, de calizas oscuras a azules grisáceas. En algunos horizontes la caliza se halla intercalada con esquistos pizarrosos y liditas negras; ocurren además mantos de brechas calcáreas. Ocasionalmente la caliza contiene nódulos de liditas negras; frecuentemente es arenosa, y la asociación con sedimentos terrosos puede ser muy alta algunas veces. Dentro de las calizas se observan muchas grietas rellenas de calcita blanca, y en la parte superior de la quebrada Juntas presenta, por acción de las intrusiones, un potente desarrollo de mármoles, en una extensión aproximada de 300 metros. A causa de las intrusiones, la caliza fue metamorfoseada a mármoles de color blanco a gris oscuro, mientras que las intercalaciones de esquistos y areniscas se compactaron y endurecieron (hornfels).

#### *Reservas.*

Las reservas de calizas existentes en la formación Payandé son inmensas. Fueron calculadas por Suescún y Taborda (1949) en 680 millones de toneladas. Ellas se encuentran distribuidas en el Area Central del Departamento del Tolima, en los Municipios de Rovira, Valle y San Luis.

*Calidad.*

Suescún (1946) presenta una serie de análisis en los cuales se observan las siguientes variaciones:

CaCO <sub>3</sub>	80 a 90%
SiO <sub>2</sub>	15 a 3,5
MgO	0,9 a 0,4

Una muestra representativa tomada por la Comisión (ver análisis HR-255) da para CaCO<sub>3</sub> - 84% y para SiO<sub>2</sub> - 9,7%. Su calidad para la obtención de cal agrícola ha sido por mucho tiempo demostrada.

### III. CONCRECIONES CALCAREAS EN DOIMA

La región fue visitada y explorada por la Comisión debido a las informaciones de Cardona (1952) y a la dada por la Plancha L-9 "Girardot" del Mapa Geológico de la República de Colombia, publicada por el Servicio Geológico Nacional (1956), en el Esbozo de la Estratigrafía (K3b - *Calizas*, presentes únicamente en la región Girardot-Doima).

*Situación.*

La población de Doima (Corregimiento del Municipio de Piedras) se encuentra a unos 30 kilómetros en línea recta al este de Ibagué, en el área conocida con el nombre de "los Llanos del Tolima". A unos 4 kilómetros al oeste de la población de Doima se encuentra la estación del ferrocarril del mismo nombre, en la vía Ibagué-Ambalema. Varios carretables convergen en Doima, dos de los cuales comunican a la población con la carretera Ibagué-Girardot, en los sitios Picaleña y Buenosaires; otro ramal que la comunica a la estación del ferrocarril, continúa hacia el Norte lateralmente a éste, uniéndose a la carretera Ibagué-Armero, un poco antes de la población de Alvarado.

En las vecindades de Doima existen algunas caleras consistentes en pequeños hornos para quemar cal.

*Geología General.*

En la Plancha N<sup>o</sup> 3 de este informe se indican las formaciones existentes al este y al sur de la población de Doima. Ellas corresponden a las series que van desde el Cretáceo Medio al Cuaternario, presentes en la región mencionada.

*Estratigrafía.*

La presente descripción ha sido tomada en su gran mayoría de la Plancha L-9 "Girardot" (1956). (Véase la Plancha N<sup>o</sup> 3).

- <sup>5</sup>  
K— Piso inferior (medio) de la formación Guadalupe, correspondiente al *Coniaciano*,  
<sup>6</sup> así: Coniaciano Inferior, constituido por esquistos calcáreo-arcillosos con bancos de caliza silicosa y algunas liditas en la base; los mismos esquistos con *grandes concreciones* (ruedas de carreta) en la parte media, y esquistos pizarrosos muy delgados (hojosos) en la parte superior; Coniaciano Superior, constituido por la segunda lidita.
- <sup>3</sup>  
K— Pisos medios de la formación Guadalupe, correspondientes al *Santoniano* y al  
<sup>4</sup> *Campaniano Medio*, así: en la base margas y arcillas margosas; en el centro areniscas calcáreas (véase adelante, *Sección A-B*); y en la parte superior, la “primera lidita”.
- <sup>1</sup>  
K— Pisos superiores de la formación Guadalupe, correspondientes al *Campaniano*  
<sup>2</sup> *Superior* y al *Maestrichtiano Inferior*, así: en la base arcillas esquistosas, a menudo calcáreas; y en la parte superior, areniscas y conglomerados finos con granos de cuarzo.
- T1 Piso del *Paleoceno*, correspondiente a la parte inferior del período Terciario, compuesto de arcillas rojizas y amarillentas, con pocas areniscas.
- T2 Piso inferior de la formación Gualanday, correspondiente al *Eoceno Medio*, compuesto de arcillas arenosas con lentes de conglomerados.
- T3 Pisos medios de la formación Gualanday, correspondientes al *Eoceno Superior* y al *Oligoceno Medio*, formada en la base y en la parte superior por arcillas rojizas, amarillentas o azulosas; y en el centro, por un horizonte de areniscas.
- T4 Piso superior de la formación Gualanday, correspondiente al *Oligoceno Superior* y constituido por un potente horizonte de conglomerados, presentes en las Tetras de Doima.
- Q Terrazas pleistocenas del período cuaternario.

### Sección A-B.

Obsérvese su localización en la parte central de la Plancha N° 3. En la zanja El Higuierón, afluyente de la quebrada La Gallina, aproximadamente 300 metros al este de la casa (de aluminio) de La Escuela y hacienda La Gallina (4,5 kilómetros al S 60° E de la población de Doima),

se midió una sección en la parte media de los pisos (K<sup>3</sup>—<sub>4</sub>), correspondientes

al *Santoniano* y *Campaniano Medio* (K3b - Calizas, presentes en la región Girardot-Doima). Obteniéndose la siguiente descripción (de arriba hacia abajo) :

“Primera lidita”.

- 8 mts. Conglomerados cementados con areniscas calcáreas, algunas pequeñas concreciones calcáreas.
- 27 mts. Arenisca calcárea, granular, de grano semiangular, 45% de CaCO<sub>3</sub> en forma de cemento. Bien estratificadas de 0,5 a 1 metro de espesor? Dirección N 20° W, buzando 30° al W. Muestra HR-248.
- 24 mts. Arenisca calcárea, medio granular, 35% de CaCO<sub>3</sub> en forma de cemento. Estratificación de 20 a 40 centímetros. Dirección N 30° W, buzando 25° al W. Muestra HR-247.

14 mts. Arenisca calcárea, bien estratificada, fino granular, ferruginosa, con 50% de  $\text{CaCO}_3$  en forma de cemento. Se presentan algunas concreciones calcáreas hasta de 1 metro de diámetro, provenientes del Coniaciano Inferior. Dirección N 30° W, buzando 20° al W. Muestra HR-246.  
Continúan esquistos arcillosos margosos.

#### *Estructuras.*

Al este de la población de Doima se presentan los plegamientos anticlinales y sinclinales de un gran anticlinorio. Obsérvense los ejes respectivos marcados en la Plancha N° 3.

#### *Concreciones calcáreas.*

En las quebradas Doima, La Vieja, El Castaño, La Gorda, La Gallina y El Cogollito (Cardona, 1952), aparecen concreciones calcáreas oblongas hasta de 3 metros de diámetro. Estas concreciones provienen de la parte media del Coniaciano Inferior (ver K<sup>5</sup>—<sub>6</sub> Coniaciano), y las cuales, debido a las continuas erosiones producidas por las aguas lluvias, han sido arrastradas y acumuladas en algunas áreas (quebradas).

#### *Reservas.*

Es muy difícil efectuar un cálculo del volumen de estas concreciones por hallarse diseminadas, y otras veces cubiertas, en una gran extensión; algunas concreciones pueden llegar a pesar 15 toneladas o más. Con estas concreciones se puede llevar a cabo una explotación, que aunque no totalmente mecanizada por impedirlo su distribución, podría ser de regular consideración.

#### *Calidad.*

Un análisis representativo de estas concreciones (ver análisis HR-245), dio aproximadamente 85% de  $\text{CaCO}_3$  y un 10% de  $\text{SiO}_2$ . Contiene además una pequeña cantidad de sustancia orgánica (no analizada), pues al partir algunos pedazos se nota un olor característico a petróleo natural. Su color es gris oscuro.

La calidad de estas concreciones calcáreas es apropiada para la obtención de cal.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del presente informe, sobre algunas calizas del Departamento del Tolima, se puede concluir:

1. Que las calizas existentes en Payandé, las cuales se extienden hasta cerca de Rovira, en el Area Central del Departamento, son las reservas más abundantes del Tolima;

2. Que en dicha área se puede obtener una zona para explotar calizas con destino a la fabricación de cal agrícola, y

3. Que es aconsejable llevar a cabo un estudio sobre el posible mercado de cal agrícola, con miras a determinar: a) si es más económico el montaje de pequeñas plantas que aprovechen los depósitos de calizas distribuidos en el Departamento, o b) si es preferible el montaje de una sola planta central que distribuya el producto, señalando su mejor localización.

Bogotá, febrero de 1959.

*Hernán Restrepo A.*

#### BIBLIOGRAFIA

- BOTERO, G. (1946). *Ingeniería geológica de los trazados del ferrocarril Ibagué-Armenia*. Inédito. Inf. 533. Serv. Geol. Nal.
- BOTERO, G. (1946). *Yacimiento de mármol Guasimal, Municipio de Lérída, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 559. Serv. Geol. Nal.
- BOTERO, G. (1946). *Yacimiento de mármol La Calera, Municipio de Lérída, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 609. Serv. Geol. Nal.
- BUTLER, J. W. (19..). *Report on a Reconnaissance geological examination on the río Coello: A preliminary study of some dam sites. Depto. Tolima*. Inédito. Inf. 58. Serv. Geol. Nal.
- BUTLER, J. W. (1942). *Geology of Honda District, Colombia*. Bull., Am. Ass. Petr. Geol., Vol. 26, pp. 793-837, Tulsa, Okl., U.S.A.
- CARDONA, C. (1952). *Informe oficial sobre calizas y arcillas del Corregimiento de Doima, Municipio de Piedras, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 361. Serv. Geol. Nal.
- CARDONA, C. Y ARANGO, R. (1944). *Informe sobre la calera La Palmilla, Municipio de Ibagué, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 597. Serv. Geol. Nal.
- HERRERA, E. (1951). *Fósiles cretácicos de San Luis, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 786. Serv. Geol. Nal.
- HUBACH, E. Y ALVARADO, B. (19..). *Estudios practicados en los Municipios de Rovira y El Valle, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 241. Serv. Geol. Nal.
- HUBACH, E. Y SARMIENTO, R. (1947). *El yacimiento del río Luisa, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 537. Serv. Geol. Nal.
- HUBACH, E. (1951). *El mármol de la hacienda La Esmeralda, Municipio de Payandé (?), Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 727. Serv. Geol. Nal.
- NELSON, H. W. (1954). *Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia, Sección entre Ibagué y Armenia*. Inédito. Inf. 1.000. Serv. Geol. Nal.
- 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. 176, Leyden (Holanda).
- PABA, F. (1950). *Yacimientos de hierro de Rovira y El Valle, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 629. Serv. Geol. Nal.
- SANDOVAL, J. Y OTROS (1936). *Informe relativo a los pabellones de minas en la Feria Exposición del Tolima*. Inédito. Inf. 343. Serv. Geol. Nal.

- SANDOVAL, J. (1951). *Explotaciones de yeso en el cerro de La Chapa, Municipio de Rovira, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 728. Serv. Geol. Nal.
- SUESCÚN, D. (1946). *Informe sobre las calizas de Payandé, Municipio de San Luis, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 556. Serv. Geol. Nal.
- SUESCÚN, D. Y CARDONA, C. (19..). *Geología del Municipio de Ibagué, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 600. Serv. Geol. Nal.
- SUESCÚN, D. Y OROZCO, G. (1947). *Informe de la calera La Palmilla, Municipio de Ibagué, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 605. Serv. Geol. Nal.
- SUESCÚN, D. Y TABORDA, B. (1949). *Geología del área de Payandé, Departamento del Tolima*. Inédito. Inf. 770. Serv. Geol. Nal.
- SUESCÚN, D. (1950). *Contribución al conocimiento de la geología económica del Tolima*. Bol. Geol., N° 2, pp. 1-125, Bogotá, 1953.
- TABORDA, B. (1950). *Contribución al conocimiento de la geología del Tolima*. Inédito. Inf. 712. Serv. Geol. Nal.
- TRUMPY, D. (1943). *Pre-Cretaceous of Colombia*. Bull-Geol., Soc. Amer., Vol. 54, pp. 1281-1304.

## A N E X O I

Ministerio de Minas y Petróleos.—Servicio Geológico Nacional.—Laboratorio Químico.

Análisis N° M-248-249-250-251-252-253-254-255

Enviados por: *Subdirección*.

Interesado: *Doctor Hernán Restrepo*.

Procedencia: Tolima.

Minerales: Calizas.

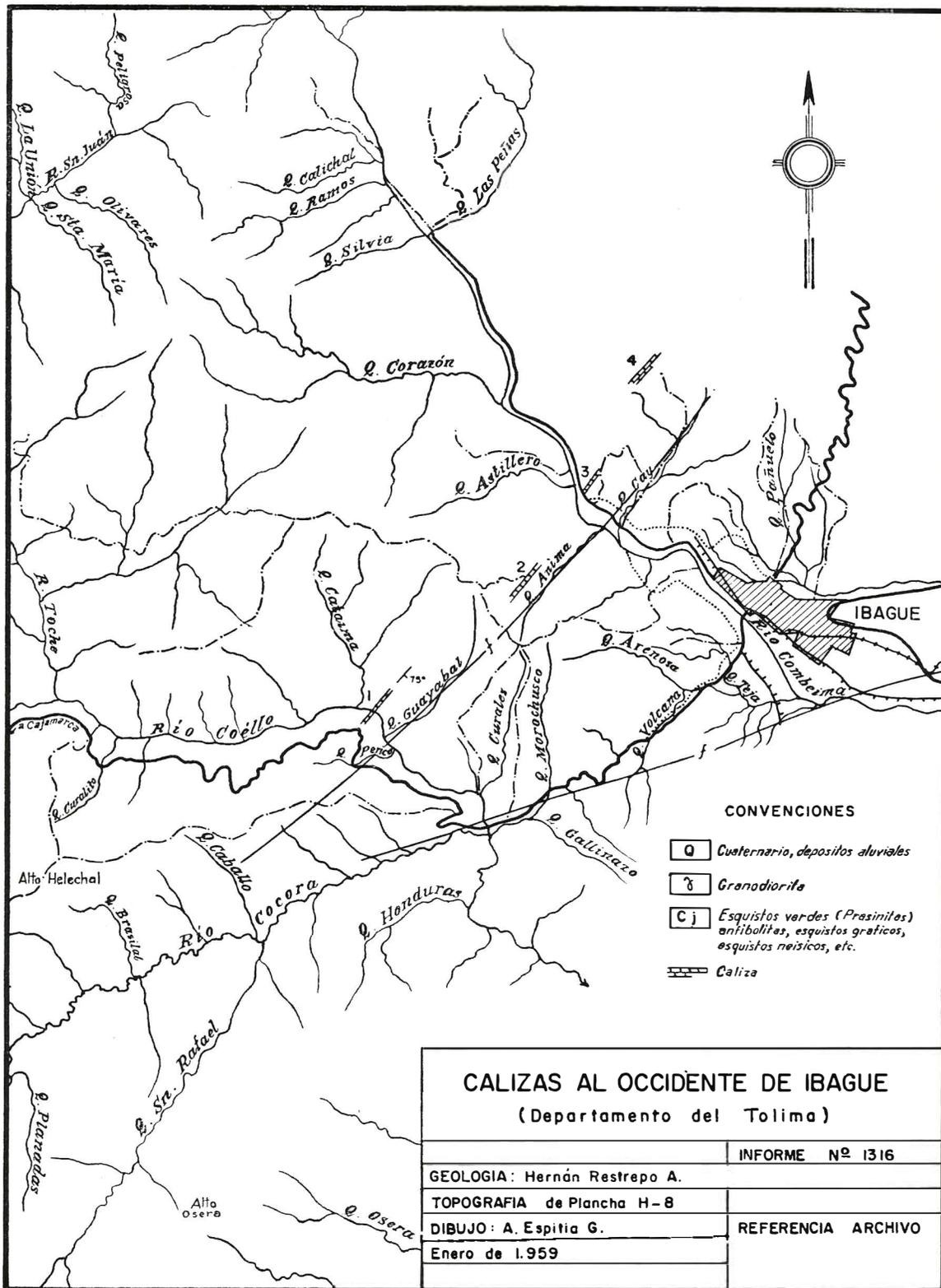
## R E S U L T A D O S

Muestra	Insoluble %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO %	MgO %	CO % calculado
HR-245	9.78	1.02	—	45.12	3.89	36.69
246	40.88	6.61	—	27.23	1.68	23.20
247	59.63	4.20	—	19.00	0.95	15.91
248	50.71	2.60	0.30	24.15	1.89	21.01
251	13.06	1.00	0.88	46.00	1.26	37.49
252	17.89	0.82	2.68	41.11	2.31	34.78
253	44.06	4.40	—	26.99	1.37	22.68
255	9.71	2.08	—	45.50	3.05	39.05

Analizó:

*Alvaro Murcia Aguilera,*  
Ingeniero Químico.

Septiembre 23 de 1958.



## BOLETIN GEOLOGICO

### CONTENIDO DE LOS VOLUMENES ANTERIORES

Año I, 1953. — Volumen I.

#### *Número 1. Enero.\**

HUBACH, ENRIQUE. — Yacimientos de mineral de hierro, de carbón y de caliza en Colombia, como base de la industria siderúrgica.

BUENO, JESÚS A. — Informe sobre algunos yacimientos calcáreos de posible aplicación para producir cal agrícola, para el Departamento de Nariño.

#### *Número 2. Febrero.*

SUESCÚN, DARÍO. — Contribución al conocimiento de la Geología Económica del Tolima.

#### *Número 3. Marzo.*

HUBACH, ENRIQUE. — Estado actual de la exploración de fosfatos en Colombia.

SARMIENTO SOTO, ROBERTO. — Fosfatos en el Páramo de Pisba. Municipio de Socotá, Departamento de Boyacá.

SUÁREZ, VICENTE. — Comisión Geológica de la Guajira (fosfatos).

SARMIENTO ALARCÓN, ALBERTO. — Comisión a la isla de Malpelo.

SARMIENTO ALARCÓN, ALBERTO. — Fosfatos en los ríos Catatumbo y Orú.

HUBACH, ENRIQUE. — Informe de las labores del Servicio Geológico en el mes de febrero de 1953.

#### *Número 4. Abril.*

WOKITTEL, ROBERTO y LÓPEZ, JAIME. — Estudios mineros y geológicos del Guavío y de los Farallones de Medina, Cundinamarca.

NELSON, HANS WOLFGANG. — Estudio petrográfico de cinco rocas provenientes de las cabeceras del río Humea Chico.

HUBACH, ENRIQUE. — Labores del Servicio Geológico Nacional en marzo de 1953.

*Número 5. Mayo.*

- HUBACH, ENRIQUE. — Carbón del Páramo del Almorzadero y carbón y fuentes de agua-sal de Molagavita en el Departamento de Santander.
- WOKITTEL, ROBERTO. — Aspectos del yacimiento de caliza en la Hoya del Cobre, Páramo de Sumapaz, al sur de Bogotá.
- HUBACH, ENRIQUE. — El yacimiento de cinabrio de "La Esperanza". Municipio de Salamina, Departamento de Caldas.
- BUENO, JESÚS A. — La región metalífera de San Joaquín, Municipio de Mercaderes, Departamento del Cauca.
- HUBACH, ENRIQUE. — Labores del Instituto Geológico Nacional en el mes de abril de 1953.

*Números 6, 7. Junio y julio.*

- DIEZEMANN, WOLFGANG y LOPEZ, JAIME. — Consideraciones sobre la hidrogeología oficial.
- DIEZEMANN, WOLFGANG. — Abastecimiento de agua para el Municipio de Chía.
- DIEZEMANN, WOLFGANG. — El problema de agua potable para la urbanización nueva en la isla del Morro, Municipio de Tumaco, Departamento de Nariño.
- DIEZEMANN, WOLFGANG. — El posible abastecimiento de Tumaco y de la urbanización nueva, en la isla del Morro con agua de dunas y de lluvias.
- DIEZEMANN, WOLFGANG. — Posibilidades geohidrológicas para la construcción de un acueducto de aguas subterráneas en Sincelejo, y algunas observaciones en Corozal y Tolú, Departamento de Bolívar.
- MONTENEGRO, BRAULIO C. — Estudio sobre algunas aguas minerales de Nariño.
- BUENO, JESÚS A. — Labores del Instituto Geológico Nacional en el mes de mayo de 1953.

*Números 8, 9 y 10. Agosto, septiembre, octubre.*

- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Informe preliminar sobre los yacimientos de carbón de Quinchía-Río Sucio, Departamento de Caldas.
- SARMIENTO, ALBERTO. — Comisión para localizar caliza en el Departamento del Cauca.
- SANDOVAL, JOSÉ. — Yacimientos de diatomita en el Valle del Cauca.

*Números 11 y 12. Noviembre - diciembre.*

- SARMIENTO, ALBERTO y ARCE, MARINO. — Estudio de carbón en la región del Bajo Cauca.
- SARMIENTO, ALBERTO y SANDOVAL, JOSÉ. — Comisión Geológica de San Andrés y Providencia.
- SARMIENTO, ALBERTO. — Prospección de yacimientos de cobre, plomo y zinc. (Departamento del Tolima).

## Año II, 1954. — Volumen II.

- BÜRGL, HANS. — El Cretáceo Inferior en los alrededores de Villa de Leiva, Boyacá.
- BÜRGL, HANS y DUMIT, YOLANDA. — El Cretáceo Superior en la Región de Girardot.
- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — El desarrollo de la flora colombiana en los períodos geológicos. 1. Maestrichtiano hasta Terciario más Inferior (una investigación palinológica de la Formación Guaduas y equivalentes).
- SALAS, GUILLERMO P. — Fotogeología y su aplicación a la exploración petrolera (tomado del "Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros". Volumen VI, números 1 - 2).

*Número 2. Mayo - septiembre.*

- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Principios para la nomenclatura palinológica sistemática.

## Año 1955. — Volumen III.

*Número 1. Junio.\**

- BÜRGL, HANS, BARRIOS M., MARGOTH y RÖSTROM, A. M. — Micropaleontología y estratigrafía de la sección Arroyo Saco, Departamento del Atlántico.

*Número 2. Septiembre.*

- BÜRGL, HANS. — El anticlinal de Apulo.
- BÜRGL, HANS. — La Formación Guadalupe entre Tabio y Chía en la Sabana de Bogotá.
- BÜRGL, HANS. — Globorotalia fohsi en la Formación de Usme.

*Número 3. Diciembre.*

- BUENO, JESÚS A. — Yacimientos de uranio y otros metales en la región de La Baja, Municipio de California, Departamento de Santander.

## A N E X O 1

NELSON, WOLFGANG H. — Examen petrográfico de las muestras radioactivas procedentes de California, La Baja, Santander.

## A N E X O 2

ATOMIC ENERGY COMMISSION OF U. S. A. — Estudios mineralógicos realizados en los laboratorios de la "Atomic Energy Commission de Estados Unidos", sobre muestras uraníferas de la región de La Baja, Santander.

## A N E X O 3

BUENO, JESÚS A. — Estudios preliminares de tratamiento del mineral urano-argentífero de San Celestino.

Año 1956. — Volumen IV.

*Número 1. Abril.*

BÜRGL, HANS. — Catálogo de las amonitas de Colombia. Parte I, Pulchellidae.

*Números 2 - 3. Agosto, diciembre.*

BÜRGL, HANS. — La variabilidad de la amonita Dufrenoya Texana Burckhardt.

VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Nomenclatura palinológica sistemática. A palynological systematic nomenclature.

VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Descripción de algunos géneros y especies de polen y esporas fósiles.  
Description of some genera and species of fossil pollen and spores.

Año 1957. — Volumen V.

*Número 1. Enero - abril.*

LÓPEZ CASAS, JAIME. — Resultados prácticos de los trabajos de la Sección de Hidrogeología del Instituto Geológico Nacional en tres años de labores.

LÓPEZ, JAIME. — Bibliografía de los estudios referentes a aguas subterráneas, que pueden ser consultados en el Instituto Geológico Nacional.

DELGADO, CARLOS I. — Química de las aguas subterráneas y su importancia desde el punto de vista de potabilidad e higiene.

LÓPEZ, JAIME. — El ensayo de bombeo en las captaciones de agua subterránea.

- DIEZEMANN, WOLFGANG y DELGADO, CARLOS I. — Aprovechamiento del depósito de agua subterránea dulce en la isla de San Andrés.
- DELGADO, CARLOS I. — Calidad del agua en el acueducto de "El Centro". Barrancabermeja, Departamento de Santander.
- DELGADO, CARLOS I. — Calidad del agua en el acueducto de San Antonio de California, Departamento de Santander.

*Número 2. Mayo - agosto.*

- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Periodicidad climática y evolución de floras suramericanas del Maestrichtiano y del Terciario.  
Climatic Periodicity and evolution of South American Maestrichtian and Tertiary Floras.
- HUBACH, ENRIQUE. — Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores.
- BÜRGL, HANS. — Biostratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores.
- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá. (Cordillera Oriental de Colombia).

*Número 3. Septiembre - diciembre.*

- WOKITTEL, ROBERTO. — Problemas de la Geología Económica de Colombia.
- WOKITTEL, ROBERTO. — Bosquejo geográfico y geológico de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá.
- WOKITTEL, ROBERTO. — La formación cuprífera de la Serranía de Perijá. (Intendencia de la Guajira y Departamento del Magdalena).

Año 1958. — Volumen VI.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

- PABA, FERNANDO y VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Sobre la geología de la parte sur de La Macarena.
- MANJARRÉS, GILBERTO. — Calizas en el Departamento del Cauca.
- MANJARRÉS, GILBERTO. — Minerales de hierro en Cerros Chancos, Municipio de Dagua, Departamento del Valle del Cauca.
- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continental, y tectogénesis de los Andes colombianos.
- BÜRGL, HANS. — Geología de la Península de la Guajira.
- BÜRGL, HANS. — El Jurásico e Infracretáceo del río Batá, Departamento de Boyacá.
- BARRIOS M., MARGOTH. — Algunos moluscos del Terciario Medio de Colombia.

## Año 1959. — Volumen VII.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

- BÜRGL, HANS. — Contribución a la estratigrafía y litogénesis de la isla de San Andrés.
- DE LA ESPRIELLA, RICARDO. — Investigaciones sobre caliza al oriente de la Sabana de Bogotá.
- RESTREPO, HERNÁN. — Reconocimiento de las minas de esmeraldas de Muzo, Departamento de Boyacá.
- BÜRGL, HANS. — Sedimentación cíclica en el Geosinclinal Cretáceo de la Cordillera Oriental de Colombia.
- WOKITTEL, ROBERTO. — Geología económica del Chocó. Bibliografía geológica-minera del Chocó.
- LÓPEZ, JAIME. — Estudio hidrogeológico preliminar del norte del Departamento del Huila, con sugerencias para estudios definitivos.
- VAN DER HAMMEN, THOMAS. — Deposición reciente de polen atmosférico en la Sabana de Bogotá y alrededores.
- RESTREPO, HERNÁN. — Mina de carbón "La Vieja", Municipio de Zipaquirá, Departamento de Cundinamarca.

## Año 1960. — Volumen VIII.

*Números 1 - 3. Enero - diciembre.*

- RADELLI, L. — El basamento cristalino de la Península de la Guajira (con cinco figuras).
- RAASVELDT, H. C. — Conglomerados, transgresiones, regresiones, hiatos y facies en relación con solevantamientos tectónicos (con veintiuna figuras).
- SOLÉ DE PORTA, N. — Contribución a la palinología del Terciario del norte de Colombia (con cinco planchas y sesenta y una figuras).
- LANGENHEIM, JEAN H. — Late paleozoic and early mesozoic plant fossils from the Cordillera Oriental of Colombia and correlation of the Girón Formation (con cinco planchas y treinta y seis figuras).
- RESTREPO A., HERNÁN. — Reconocimiento geológico de la región Boavita-La Uvita, Departamento de Boyacá (con dos fotografías, cuatro planchas y siete esquemas).
- SARMIENTO ALARCÓN, ALBERTO. — Estudio experimental de abrasión en guijarros (con veintisiete figuras).

---

\* Volúmenes que se encuentran agotados.

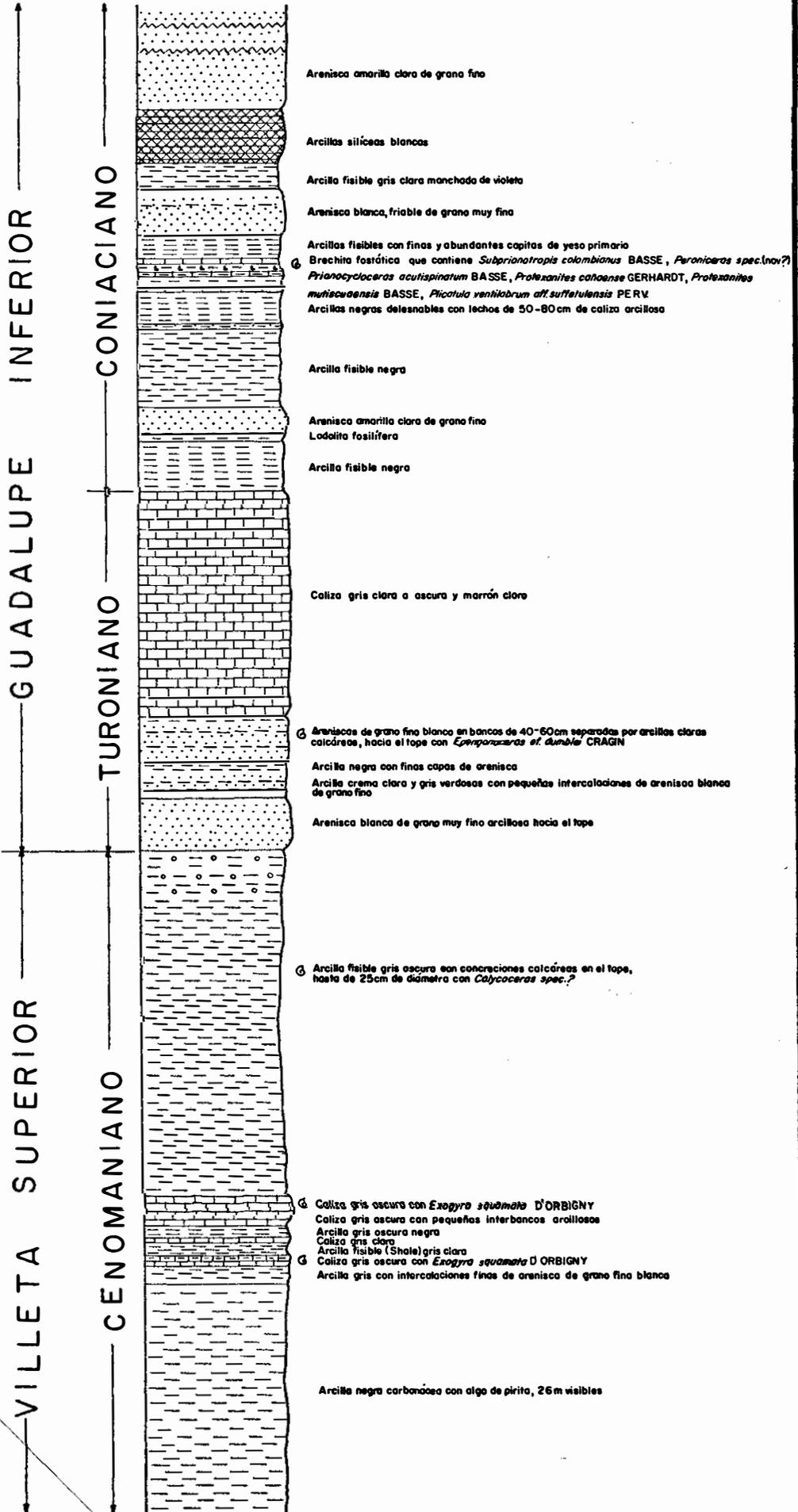
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL LIMITE GUADALUPE  
INFERIOR Y VILLETA SUPERIOR EN LA SIBERIA

Escala 1:1000  
Informe N° 1412

Guillermo Ujeto  
Geólogo

Clara de Paule  
Dibujante



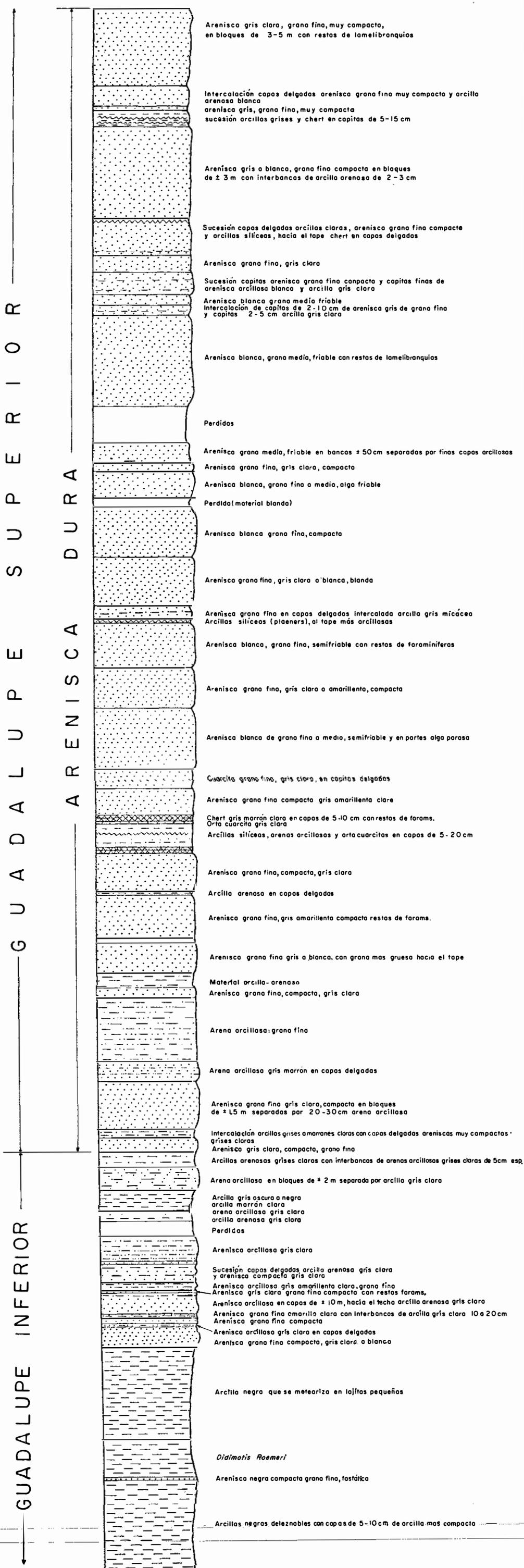
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ARENISCA DURA  
Y TOPE DEL GUADALUPE INFERIOR

Escala 1:1000  
Informe N°1412

Guillermo Ujueta  
Geólogo

Clara de Paute  
Dibujante



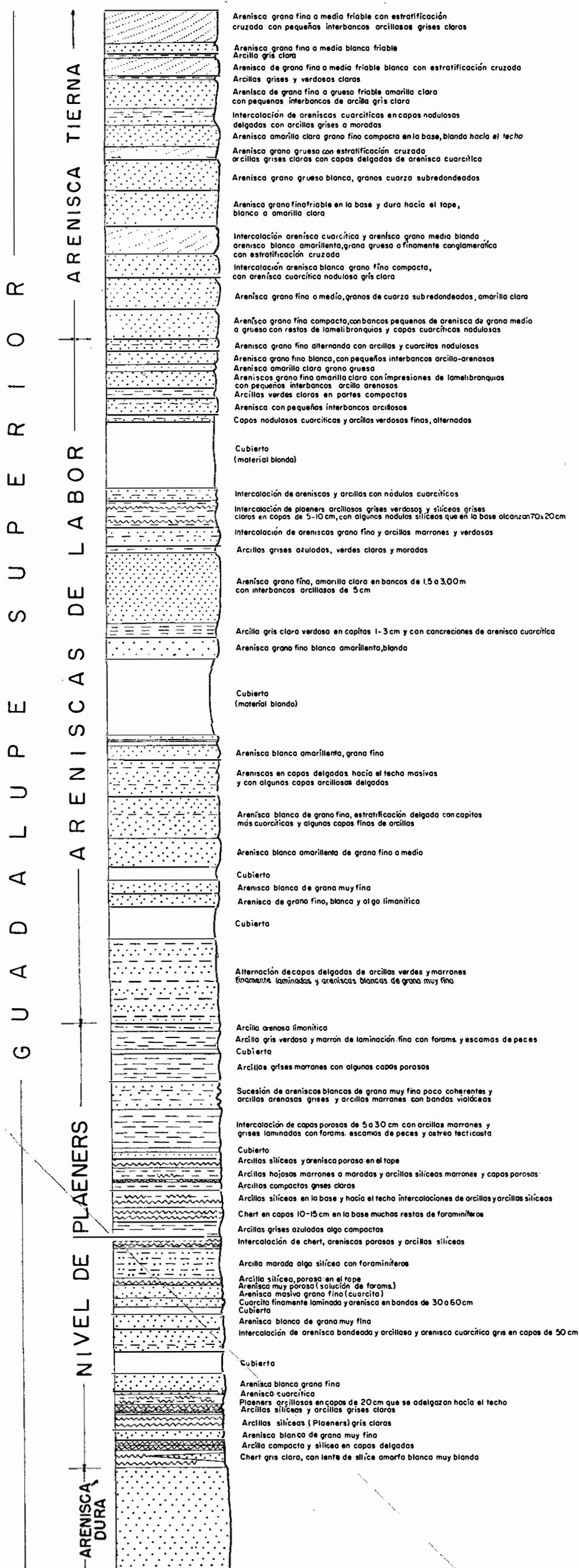
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL

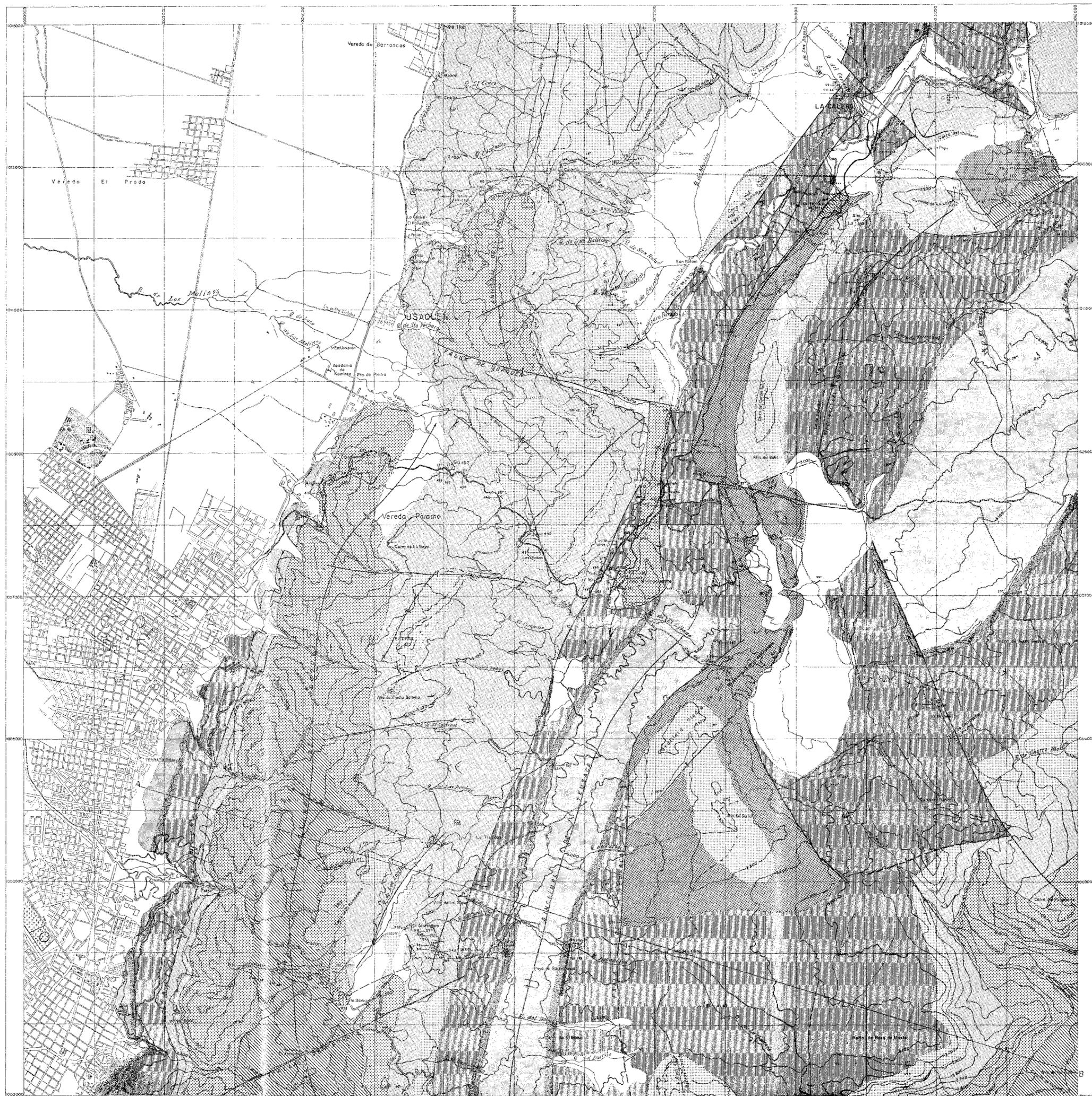
## COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ARENISCA TIERNA, ARENISCAS DE LABOR Y NIVEL DE PLAENERS

Escala 1:1000  
Informe N° 1412

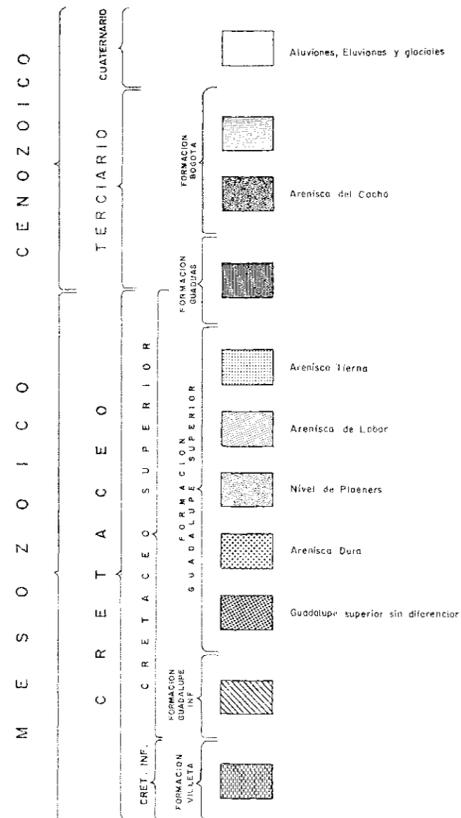
Guillermo Ujueta  
Geólogo

Clara de Paule  
Dibujante

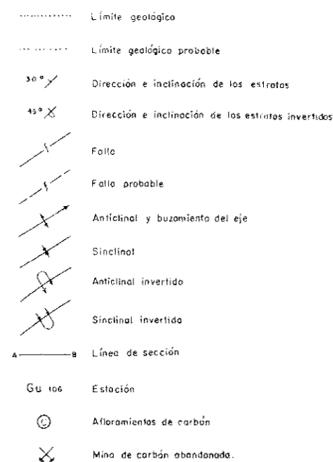




LEYENDA



CONVENCIONES



MINISTERIO DE MINAS Y PETRÓLEOS  
SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

**MAPA GEOLÓGICO DEL NORESTE DE BOGOTÁ**

ESCALA 1:25.000



INFORME N° 1412  
FIGURA N° 5

GUILLERMO UJUETA L.  
GEÓLOGO

ANTONIO ESPITIA G.  
DIB.

# CORTE GEOLOGICO AL ESTE DE BOGOTA

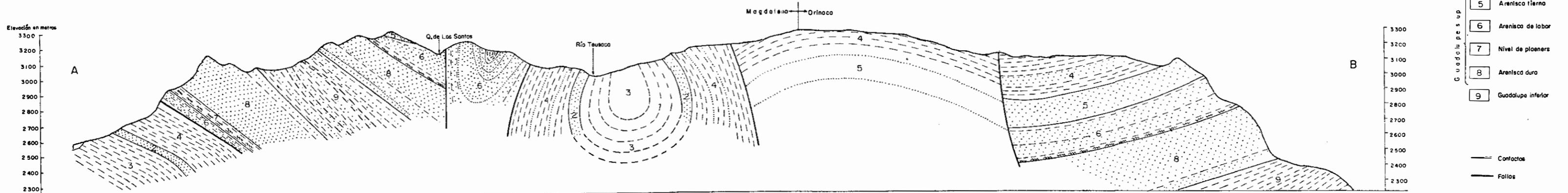
(La línea de sección se indica en el mapa geológico Fig. 5)



Fig. 6

Guillermo Ujueta L.  
Geólogo

Clara Q. de Paule  
Dibujante



## LEYENDA

- 1 Cuaternario
- 2 Arenisca del Cacho
- 3 Formación Bogotá
- 4 Formación Guaduas
- 5 Arenisca tierna
- 6 Arenisca de labor
- 7 Nivel de plomers
- 8 Arenisca dura
- 9 Guadalupe inferior

- Contactos
- Fallas

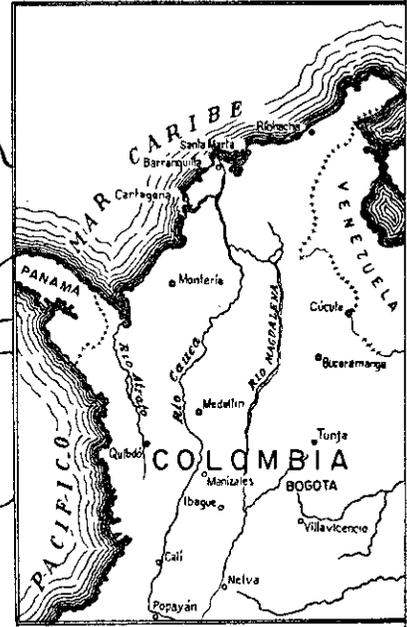
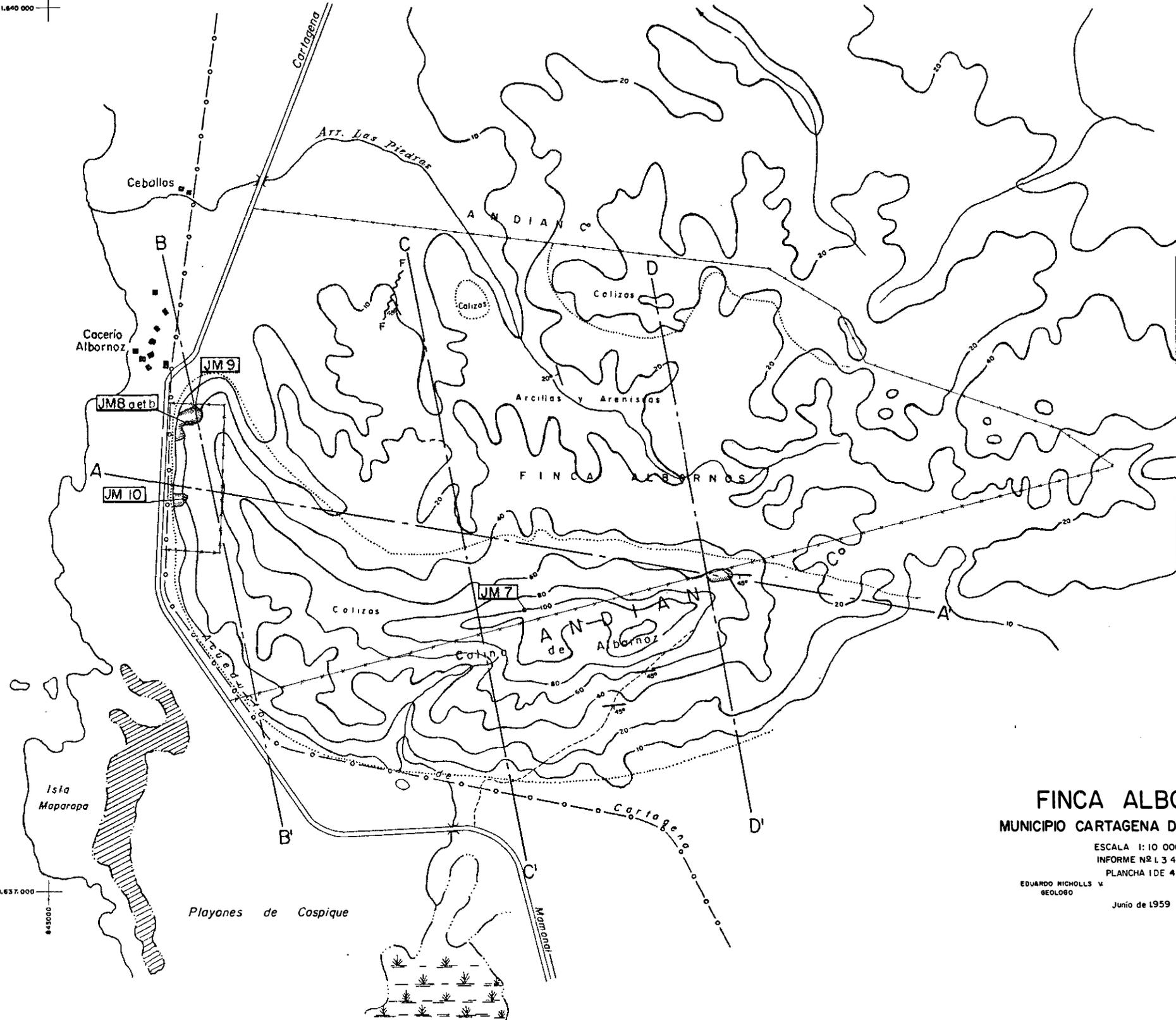
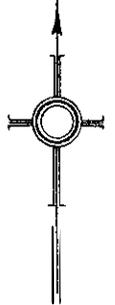
ALJIBES DE LA ZONA DE CODAZZI

DATOS GENERALES				ANÁLISIS QUÍMICOS										OBSERVACIONES	
Aljibes	Prof. m.	Nivel estático m. Feb./58	Diámetro. Revestimiento.	CO <sub>2</sub> Libre ppm.	pH	Alcalinidad total ppm. CaCO <sub>3</sub>	Dureza temporal ppm. CaCO <sub>3</sub>	Dureza permanente ppm. CaCO <sub>3</sub>	Dureza total ppm. CaCO <sub>3</sub>	Cloruros ppm. Cl.	Hierro total ppm. Fe.	Na calculado ppm.	Sólidos totales disueltos calculados ppm.		% Na relativo
La Esperanza. Mg. 43.	7.80	6.10	1 m. diámetro. Revestimiento concreto.	45	7.4	289.98	289.98	0.00	289.98	40.00	0.30	84.64	414.62	20.28	Algo corrosiva, ligeramente alcalina, casi dura, con hierro, excelente para irrigación.
Los Manguitos. Mg. 44.	12.35	10.57	1.5 m. diámetro. Revestimiento madera.	38	7.2	400.96	400.96	0.00	400.96	20.15	—	139.84	560.95	23.30	No corrosiva, ligeramente alcalina, dura, buena para irrigación.
Chimora.	—	3.00	Fuente natural.	13	7.6	190.46	190.46	0.00	190.46	15.10	0.26	62.56	268.12	22.25	No corrosiva, algo alcalina, medianamente dura, excelente para irrigación.
Casa de M. A. García. Mg. 45.	8.90	5.95	1 m. diámetro. Revestimiento concreto.	33	6.1	45.10	45.10	44.40	89.50	30.00	0.33	14.72	134.22	12.52	Muy corrosiva, algo ácida, con hierro, excelente para irrigación.
San Juan. Mg. 50.	8.70	8.25	1 m. diámetro. Revestimiento madera.	21	8.0	801.92	801.92	0.00	801.92	65.35	0.27	263.58	1.130.85	22.26	No corrosiva, alcalina, muy dura, contaminada, buena para irrigación.
Centenario. Mg. 51.	4.55	2.55	1 m. diámetro. Revestimiento latón.	14	7.4	240.58	240.58	0.00	240.58	12.05	—	83.72	336.35	23.27	No corrosiva, algo alcalina, casi dura, excelente para irrigación.
Monte Carmelo. Casa. Mg. 52.	7.70	5.80	1.20 m. diámetro. Revestimiento latón.	33	5.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Corrosiva ácida.
La Concordia. Casa. Mg. 53.	8.20	6.90	Revestimiento ladrillo.	72	6.1	230.55	230.55	0.00	230.55	12.28	—	79.81	322.64	23.18	Muy corrosiva, algo ácida, casi dura, excelente para irrigación.
La Concordia. Cultivo. Mg. 53-a.	6.25	5.90	—	67	6.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Muy corrosiva, algo ácida, casi dura.
La Granja. Mg. 54.	9.65	7.70	—	34	7.1	290.70	290.70	0.00	290.70	35.40	—	89.70	415.85	21.18	Algo corrosiva, neutra, casi dura, excelente para irrigación.
Monte Carmelo. Cultivo. Mg. 55.	4.00	3.60	—	95	6.3	255.61	255.61	0.00	255.61	20.69	—	83.95	360.25	22.26	Muy corrosiva, algo ácida, casi dura, excelente para irrigación.
El Carmen. Cultivo. Mg. 56.	7.15	4.75	1 m. diámetro. Revestimiento ladrillo.	53	6.9	270.65	270.65	0.00	270.65	15.13	0.39	93.38	379.16	23.11	Algo corrosiva, neutra, casi dura, con hierro, excelente para irrigación.
El Carmen. Casas. Mg. 57.	6.25	5.65	Diámetro, 1 m. Revestimiento concreto.	41	7.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Algo corrosiva, neutra.
San José. Mg. 58.	6.10	5.70	—	68	6.9	361.38	361.38	0.00	361.38	23.15	0.42	122.82	507.35	22.85	Algo corrosiva, neutra, dura, con hierro, excelente para irrigación.
Silos del INA.	9.45	9.20	Diámetro, 1.20. Revestimiento concreto.	22	7.4	246.10	246.10	0.00	246.10	12.05	—	86.02	344.17	23.35	No corrosiva, algo alcalina, casi dura, excelente para irrigación.
Caja Agraria. Mg. 60.	12.00	10.70	Diámetro, 1.00. Revestimiento concreto.	32	7.0	185.50	185.50	0.00	185.50	10.19	0.42	64.17	259.86	23.15	Corrosiva, neutra, medianamente dura, con hierro, excelente para irrigación.
El Líbano. Mg. 61.	12.50	11.80	Diámetro, 1.2 m. Revestimiento concreto.	28	7.1	190.50	190.50	0.00	190.50	12.38	—	64.63	267.51	22.81	Corrosiva, neutra, medianamente dura, excelente para irrigación.
Las Ilusiones. Mg. 63.	5.75	5.35	Producción pobre.	42	7.6	931.50	931.50	0.00	931.50	500.49	0.26	30.59	1.462.58	2.78	No corrosiva, algo alcalina, muy dura, salada, dudosa para irrigación.
Novilleros. Mg. 64.	10.00	8.20	Diámetro, 1.20. Revestimiento concreto.	85	7.1	925.00	925.00	0.00	925.00	490.42	0.51	34.73	1.450.15	3.17	No corrosiva, neutra, muy dura, con hierro, salada, dudosa para irrigación.
Pensilvania. Mg. 65.	9.85	8.65	Revestimiento ladrillo.	—	13.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Fuertemente contaminada.
Marconia. Mg. 66.	9.70	7.45	Diámetro, 1.20. Revestimiento madera.	69	7.5	580.20	580.20	0.00	580.20	480.19	0.33	90.16	1.150.55	11.93	Algo corrosiva, algo alcalina, muy dura, con hierro, salada, buena para irrigación.
Sincelejo. Mg. 67.	14.00	8.15	Diámetro, 2.00. Revestimiento ladrillo.	43	7.0	491.50	491.50	0.00	491.50	80.43	—	135.24	707.17	19.34	Algo corrosiva, neutra, dura, buena para irrigación.
El Jardín. Mg. 68.	8.40	7.70	Diámetro, 1.20 m. Revestimiento madera.	—	8.5	528.64	528.64	0.00	528.64	—	0.15	201.48	730.12	24.93	Alcalina, dura, contaminada, buena para irrigación.
Las Conchitas. Mg. 69.	18.00	14.75	Diámetro, 1.35 m.	—	7.0	527.32	527.32	0.00	527.32	20.00	0.21	188.14	735.46	23.72	Neutra, dura, contaminada, buena para irrigación.
La Habana. Mg. 71.	18.37	17.90	Mucha agua.	19	7.5	170.00	170.00	345.00	515.00	363.44	0.80	224.94	1.273.38	27.57	No corrosiva, algo alcalina, dura, con hierro, salada, buena para irrigación.
Pereira. Mg. 72.	3.65	3.40	Revestimiento ladrillo.	3	8.0	1.080.00	1.080.00	0.00	1.080.00	155.53	—	310.73	1.546.26	20.04	No corrosiva, alcalina, muy dura, contaminada, dudosa para irrigación.
Santa Teresita. Mg. 73.	4.20	3.35	Diámetro, 1.50 m. Revestimiento ladrillo.	—	7.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Algo alcalina.
El Progreso. Mg. 74.	8.30	5.45	Diámetro, 1.00 m. Revestimiento ladrillo.	20	7.5	742.38	742.38	213.00	955.38	525.33	—	23.46	1.504.17	2.09	No corrosiva, algo alcalina, muy dura, salada, dudosa para irrigación.
Amazonas. Mg. 75.	9.80	8.00	Diámetro, 1.00 m. Revestimiento ladrillo.	—	8.5	1.455.50	1.455.50	0.00	1.455.50	107.00	—	485.53	2.048.03	22.52	Alcalina, muy dura, sulfurada, contaminada, dudosa para irrigación.
Antioquia. Mg. 77.	3.75	3.15	Diámetro, 1.00 m. Revestimiento latón.	6	8.1	570.00	570.00	0.00	570.00	25.34	0.20	201.02	796.36	23.51	No corrosiva, alcalina, muy dura, contaminada, buena para irrigación.
Los Deseos. Mg. 78.	25.80	18.60	Poca agua.	39	7.4	640.15	640.15	0.00	640.15	24.16	0.20	228.39	892.70	23.72	No corrosiva, algo alcalina, muy dura, contaminada, buena para irrigación.
Severa. Mg. 80.	11.50	6.30	Diámetro, 1.00 m.	44	7.2	610.15	610.15	0.00	610.15	30.84	0.26	2.121.77	853.74	23.29	No corrosiva, neutra, muy dura, contaminada, buena para irrigación.
Tequendama. Mg. 79.	5.25	4.55	Revestimiento ladrillo.	0	7.8	905.38	905.38	0.00	905.38	80.19	—	293.25	1.278.82	22.01	No corrosiva, alcalina, muy dura, contaminada, buena para irrigación.

O C E A N O A T L A N T I C O

1.640.000 843.000

1.640.000 847.000



**FINCA ALBORNOZ**  
**MUNICIPIO CARTAGENA DEPTO. BOLIVAR**

ESCALA 1:10 000  
INFORME N° 1.343  
PLANCHA I DE 4

EDUARDO NICHOLLS V.  
GEOLOGO

ANTONIO ESPITIA G.  
DIB.

Junio de 1959

1.637.000 845.000

# ESTUDIO GEOLOGICO DE LA CARRETERA RIOHACHA - PUENTE BOMBA - RIO ANCHO

TOPOGRAFIA TOMADA DE LA PLANCHA B-12 ELABORADA POR LA SECCION DE  
FOTOGEOLOGIA

GEOLOGIA OBSERVADA EN EL TERRENO

INFORME N° 1.344

PLANCHA I DE I

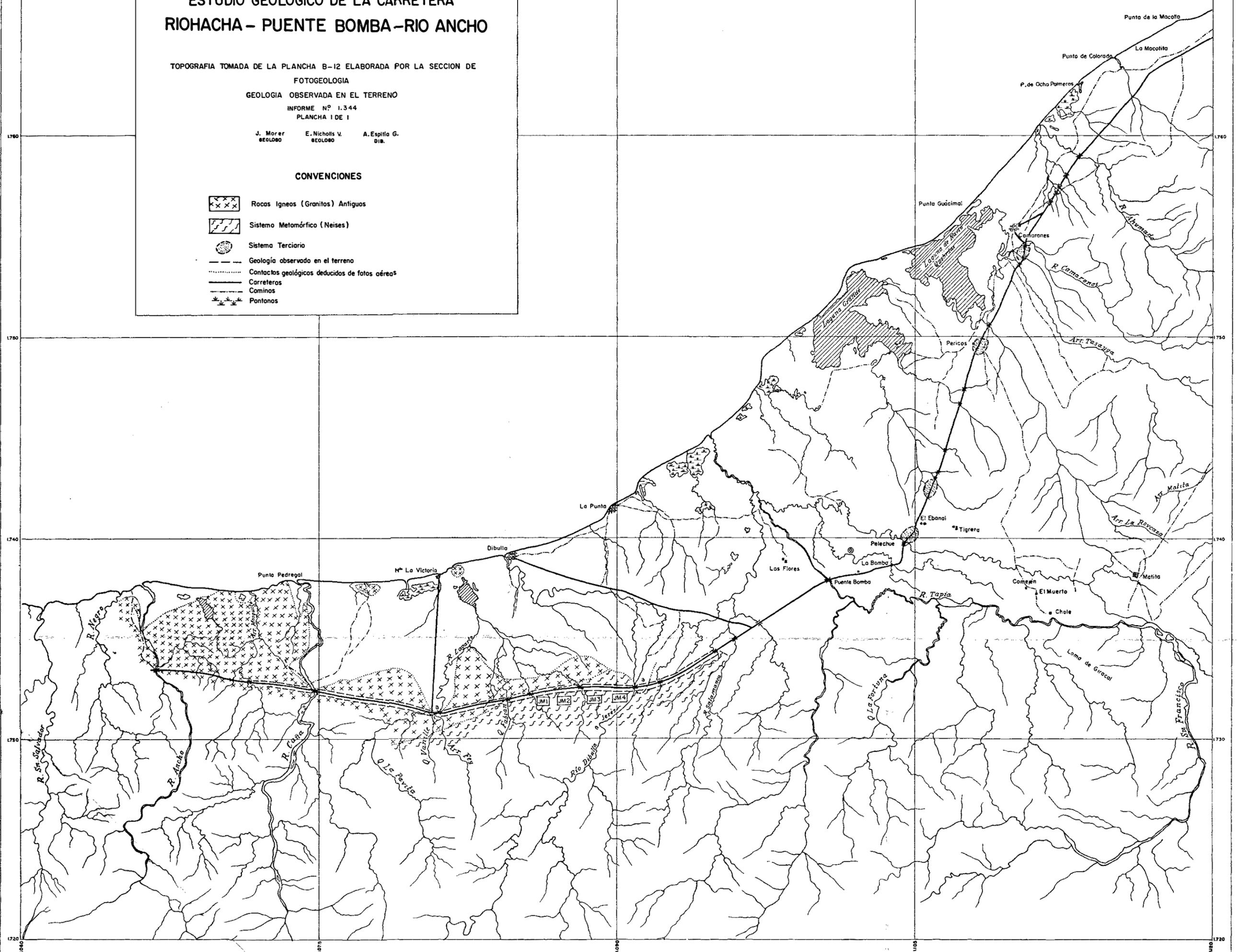
J. Morer  
GEOLOGO

E. Nichols V.  
GEOLOGO

A. Espiña G.  
DIB.

## CONVENCIONES

-  Rocas Igneas (Granitos) Antiguos
-  Sistema Metamórfico (Neises)
-  Sistema Terciario
-  Geología observado en el terreno
-  Contactos geológicos deducidos de fotos aéreas
-  Carreteras
-  Caminos
-  Pantanos



LITOLOGIA	DESCRIPCION	MUESTRA Nº
	<p>Arcillas amarillas rojizas tirando a rosado, mal estratificadas. En algunas partes muestran pequeñas láminas de sustancia orgánica.</p> <p>15 cm. de Lignito 20 cm. de Lodolita silicea, gris oscura.</p> <p>Arcillas amarillas rojizas tirando a rosado, mal estratificadas y en algunas partes pequeñas láminas negras con residuos de plantas.</p> <p>17 cm. de Carbón. 25 cm. de Arcilla. 23 cm. de Carbón Arcilla amarilla rosada tirando a café, laminada y con pequeñas intercalaciones de residuos de plantas color negro. 36 cm. de Carbón.</p> <p>Arcilla amarilla rojiza, laminada, blanda.</p> <p>36 cm. de Carbón.</p> <p>Arcilla amarilla rojiza tornándose gris en la base, laminada en algunas partes y otras mal estratificadas.</p> <p>180 m. de Arenisca, fina a medio granular, granos redondeados conteniendo óxido de Fe y Arcillas en 10%.</p> <p>Arcilla gris a gris clara, laminada y con muchas intercalaciones negras de sustancia orgánica.</p> <p>25 cm. de Carbón 30 cm. de Arcilla negra, carbonácea, bien laminada. 45 cm. de Carbón 10 cm. de Arcilla pizarrosa, gris oscura, laminada. 10 cm. de Carbón.</p> <p>Arcilla gris, carbonácea, laminada.</p> <p>37 cm. de Carbón.</p> <p>Arcilla gris intercalada con láminas (3 mm.) blancas de Lodolita silicea.</p> <p>12 cm. de Carbón.</p> <p>Arcilla gris a negra, carbonácea laminada.</p> <p>35 cm. de Carbón 18 cm. de Arcilla negra, bituminosa, laminada. 10 cm. de Carbón.</p> <p>Arcilla gris volviéndose café oscura al meteorizarse, laminada en algunas partes.</p> <p>5 cm. de Carbón con láminas intercaladas de arcilla. 50 cm. de arcilla gris tornándose café oscura. 10 cm. de Carbón.</p> <p>Arcilla gris a negra, laminada.</p> <p>5 cm. de Lignito 1 m. de Arcillas grises, laminadas, con sustancia orgánica. 15 cm. de Carbón.</p> <p>Arcilla gris, laminada, bien estratificada.</p> <p>30 cm. de carbón 1 m. arcilla gris y negra, pizarrosa, laminada.</p> <p>15 m. de arenisca, fina a medio granular en la parte superior tornándose gruesa a muy gruesa granular en la base, en bancos de 0,80 a 1 m. en los cuales muestra estratificación cruzada. Todos estos bancos contienen impurezas que en su mayor parte son de óxidos de Fe.</p> <p>1,8 m. de Arcilla pizarrosa, gris, 3 a 4 mm. estratificada e intercalada con laminillas blancas de arenisca fina granular. 28 cm. de Carbón. 70 cm. de arcilla negra, carbonácea. 40 cm. de Carbón. 80 cm. de arcilla pizarrosa, gris, bien estratificada.</p> <p>Arenisca, fina a medio granular, verde clara con manchas amarillas y rojas, bien compactada en bancos de 0,5 a 1 m.</p>	<p>HR-1</p> <p>HR-2</p> <p>HR-3 HR-4</p> <p>HR-5</p> <p>HR-6</p> <p>HR-7</p> <p>HR-8</p> <p>HR-9</p>

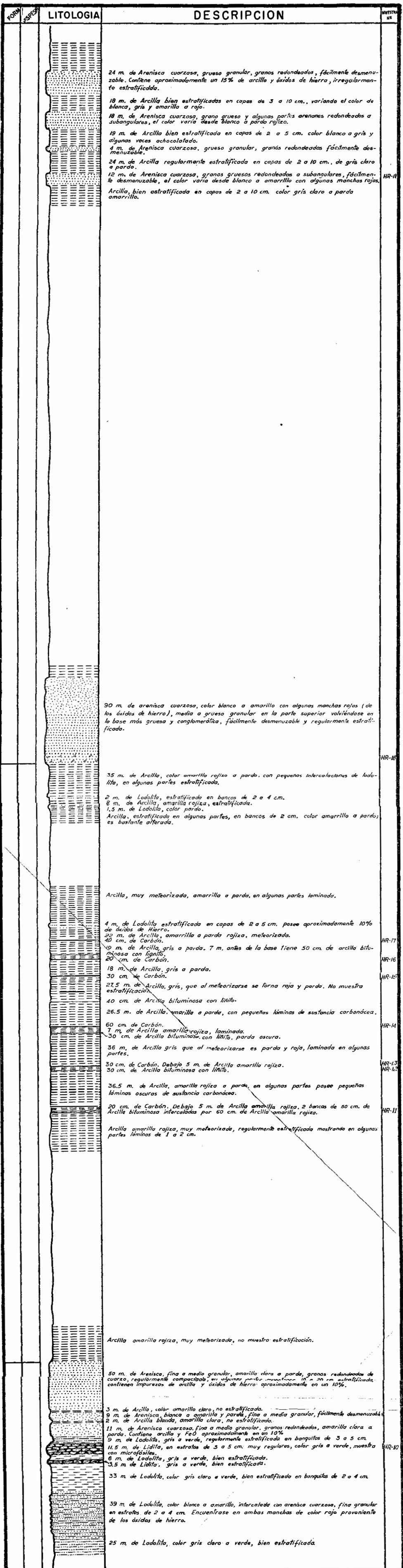
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL  
SECCION DE GEOLOGIA MINERA

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA  
DE LAS DIFERENTES VETAS DE CARBON  
EXPUESTAS EN LA HACIENDA  
"LA BOLSA"**

REGION : FLANCO ORIENTAL DEL SINCLINAL DE CHIPAQUE | MPIO. CHOACHI | DEPTO. CUND.

AGOSTO DE 1952 | PLANCHA 2 | INFORME Nº 1047

AUTOR : HERNAN RESTREPO A., GEOLOGO | DIBUJO : A. CORTES P. CARTOGRAFO | REVISO :



**COLUMNA ESTRATIGRAFICA  
DE LAS ROCAS EXPUESTAS  
EN EL CAMINO AL ALTO DE LA CRUZ**

REGION : LADO OCCIDENTAL DEL R. TEUSACA | MPIO. BOGOTA | DEPTO. CUNDINAMARCA

AGOSTO DE 1952 | PLANCHA 3 | INFORME Nº 1.047

AUTOR : HERNAN RESTREPO, GEOLOGO | DIBUJO A. CORTÉS P. CARTOGRAFO | REVISO :