

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL



# BOLETIN GEOLOGICO

VOL. VII

ENERO - DICIEMBRE 1959

NUMEROS 1-3



† JOSE ROYO Y GOMEZ

En Venezuela, donde estaba radicado desde hace años, murió el 30 de diciembre último este eminente profesional, quien por cerca de 11 años desempeñó destacados cargos en el Servicio Geológico Nacional.

Nacido en Castellón de la Plana, España, en 1895, se graduó de Doctor en Ciencias Naturales en 1921, y desde entonces trabajó en su país como profesor de Mineralogía y Geología en el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, habiendo realizado muy importantes trabajos en el ramo de la Paleontología, a la cual dedicó su principal actividad. En España y Francia hizo cerca de cincuenta publicaciones y editó dos libros de texto.

Los azares de la revolución española lo trajeron a Colombia en 1939, y quiso la suerte que se vinculara al Servicio Geológico Nacional, precisamente en el ramo de su especialidad, hasta el año de 1951, cuando fue llamado por el Gobierno de Venezuela

para ocupar la cátedra de Geología en la Universidad Central de Caracas, cargo que venía desempeñando hasta el momento de su desaparición.

Fue muy vasta la obra de Royo y Gómez en nuestro Servicio. Desempeñó numerosas comisiones en todo el país, al que llegó a conocer por sus aspectos geológicos, geográficos, etnográficos y prehistóricos con una gran minuciosidad.

El fruto de sus investigaciones está consignado en la bibliografía recientemente publicada por el Servicio. Noventa y seis estudios sobre geología general, geología económica, estratigrafía y geología histórica atestiguan su constante esfuerzo por avanzar en el estudio de nuestro territorio. Pero, indudablemente su principal y más duradera obra fue la organización del Museo Geológico y la creación de la Sección Paleontológica del mismo, que hoy día pueden mostrarse con orgullo como uno de los más completos de la América Latina.

Sin medios adecuados, contando con los limitados recursos de que disponía el Ministerio de Minas y Petróleos y luchando contra la incomprensión de nuestro medio, logró formar, en el antiguo local de la carrera 15, un centro de investigación y de consulta que está prestando un servicio muy eficiente no sólo a los geólogos del Gobierno sino al público en general, que allí encuentra debidamente clasificados y catalogados los minerales, las rocas y los fósiles que los diversos investigadores han coleccionado desde comienzos de este siglo, cuando los pioneros de la geología colombiana como Lleras Codazzi, Scheibe, Hubach y Grosse comenzaron a documentar sus estudios con las muestras recogidas en sus exploraciones.

Quienes tuvimos la suerte de acompañarlo en sus trabajos para el Ministerio somos testigos de su capacidad científica, su entusiasmo, su desinterés y su constante desvelo por dejarle al Servicio trabajos fundamentales en el ramo de su profesión.

Fue un excelente amigo, un caballero a carta cabal, un compañero inmejorable y un verdadero admirador de nuestro país que llegó a amar como a su segunda patria.

Para honrar la memoria de quien tan eficazmente la sirvió, de acuerdo con sus aficiones y aspiraciones, proponemos que, a la sala de Paleontología que se está arreglando en el nuevo local del Museo, se le dé su nombre y en ella se coloque su retrato, como un modesto pero sincero testimonio de gratitud y reconocimiento.

**Benjamín Alvarado Biester.**

## JOSE ROYO Y GÓMEZ.

### RESUMEN DE SU HISTORIAL CIENTIFICO-PROFESIONAL

#### **Naturaleza:**

Castellón de la Plana (España), 14 de mayo de 1895.

#### **Títulos:**

Graduado de *Doctor en Ciencias Naturales* (17 de diciembre de 1921) en la Universidad de Madrid (España), con *Premio Extraordinario*. Especializado en Geología y Paleontología en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

*Profesor de Mineralogía y Geología* (por oposición) en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, desde el 13 de diciembre de 1922.

*Geólogo* en el Servicio Geológico Nacional, Ministerio de Minas y Petróleos (antes de Economía Nacional), Bogotá (Colombia), desde el 27 de abril de 1939.

#### **Principales cargos oficiales en España hasta enero de 1939:**

Profesor de Mineralogía y Geología, como se ha dicho anteriormente.

Jefe de las Secciones de Paleontología y de Geología del mismo Museo.

Agregado al Instituto Geológico y Minero de España (Servicio Geológico), para la confección del Mapa Geológico.

Director del Museo de Antropología, Etnografía y Prehistoria de Madrid, durante la guerra (desde 1937).

Miembro del Consejo de Minas, en el Ministerio de Hacienda.

Vicesecretario de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas.

#### **Otros cargos, comisiones y estudios hasta 1939:**

Secretario adjunto de la Sociedad Española de Historia Natural, desde 1917.

Secretario de la Sección de Ciencias del Ateneo Científico y Literario de Madrid.

Vocal de las comisiones del "Hombre fósil" y de "Resúmenes" (Abstracts) del último Congreso Geológico Internacional (Moscú).

*Vicepresidente* para 1927 de la *Société Geologique de France*.

*Director General de Minas*, de la República Española (1936-1937).

Miembro de las Comisiones del "Léxico Internacional de Estratigrafía" y de "Paleontología Universalis" del XIV Congreso Geológico Internacional.

Delegado oficial español en diversos Congresos y reuniones geológicas y geográficas internacionales.

Comisionado por la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas y por el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, ha efectuado investigaciones geológicas y paleontológicas en Portugal, Francia, Suiza, Alemania, Bélgica e Inglaterra, y, entre otros centros, en la Escuela de Minas, Facultades de

**Ciencias y Museos de París y Lyon (Francia), en los Museos de Historia Natural de Munich, Stuttgart y Frankfurt a. M. (Alemania), Bruselas (Bélgica) y Londres (Inglaterra)**

Como Presidente de la Delegación española oficial en el XVII Congreso Geológico Internacional, pudo conocer los Museos y Centros Geológicos de la URSS y recorrer todos los campos petrolíferos desde Perm hasta Bakú, Tiflis y el Cáucaso en general.

Autor de unas cincuenta publicaciones de investigación geológica y paleontológica, dos libros de texto y tres hojas con sus explicaciones del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Sus publicaciones han aparecido en las series de la Société Géologique de France, de la Academia de Sciences Française, Sociedad Española de Historia Natural, Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Instituto Geológico y Minero de España, Congreso Geológico Internacional, Pan-American Geologist, etc.

Comisionado por la Junta para Ampliación de Estudios, el Museo Nacional de Ciencias Naturales y el Instituto Geológico y Minero de España, ha realizado numerosas excavaciones paleontológicas y exploraciones geológicas y geográficas en diversas regiones de España.

### **Cargos, comisiones y publicaciones en Colombia (desde 1939).**

Geólogo, como ya se ha dicho, del Servicio Geológico Nacional.

Encargado del Laboratorio y Museo de Geología (1939-1940).

Estudio de las Formaciones Villeta y Guadalupe, del Cretácico; de las materias primas para la industria cerámica, en Antioquia; Geología Económica del Departamento del Huila; calificación geológica de los proyectos de ampliación del acueducto de Manizales; emplazamiento de la nueva represa para el acueducto de Bogotá; abastecimiento de aguas y seguridad del suelo de Cáqueza (Cundinamarca); Geología Económica del Departamento de Nariño y Comisaría del Putumayo; deslizamientos de la población de Tenza (Boyacá) y emplazamiento del embalse para el acueducto de Guateque (Boyacá), con estudio geológico y paleontológico de la región; estudio de los carbones de Santander, y Geología y Paleontología; las explotaciones rocosas de Bogotá y los daños que producen a la población; Geología Económica del Departamento de Bolívar.

Diversos estudios paleontológicos (fósiles de los yacimientos de hierro de Cundinamarca, de los de las Secciones Bogotá-Villavicencio y Bogotá-Cambao, de la región cuprífera de Gachalá (Cundinamarca), de las diatomeas de Tunja (Boyacá), fósiles de los Departamentos de Cundinamarca, Nariño, Huila, Boyacá, Santander, Bolívar, Atlántico, Magdalena, etc.

Encargado de la edición de los tomos V y VI de la "Compilación de los estudios geológicos oficiales en Colombia".

Autor de unos 20 trabajos de investigación geológica, paleontológica y mineralógica aparecidos en las publicaciones del Ministerio de Minas, del Instituto Colombiano de Petróleos, de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y en "Ciencia" de México.

Bogotá, enero de 1944.

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL

# BOLETIN GEOLOGICO

VOLUMEN VII ENERO — DICIEMBRE 1959 Nos. 1 — 3

## CONTENIDO:

ALVARADO, BENJAMÍN. — Biografía del doctor José Royo y Gómez .	I
BÜRGL, HANS. — Contribución a la Estratigrafía y Litogénesis de la Isla de San Andrés (con siete figuras y diez fotografías).	5-25
DE LA ESPRIELLA, R. — Investigaciones sobre Caliza al Oriente de la Sabana de Bogotá (con cinco fotografías) . . . . .	27-60
RESTREPO A., HERNÁN. — Reconocimiento de las Minas de Esmeraldas de Muzo, Departamento de Boyacá (con tres planchas) .	61-84
BÜRGL, HANS. — Sedimentación Cíclica en el Geosinclinal Cretáceo de la Cordillera Oriental de Colombia (con nueve figuras) .	85-118
WOKITEL, ROBERTO. — Geología Económica del Chocó. — Bibliografía Geológica-Minera del Chocó (con ocho gráficos) . . . . .	119-162
LÓPEZ CASAS, JAIME. — Estudio Hidrogeológico Preliminar del Norte del Departamento del Huila, con sugerencias para estudios definitivos (con un mapa) . . . . .	163-182
VAN DER HAMMEN, TH. — Deposición Reciente de Polen Atmosférico en la Sabana de Bogotá y Alrededores (con siete figuras) . . . . .	183-194
RESTREPO A., HERNÁN. — Mina de Carbón "La Vieja", Municipio de Zipaquirá, Departamento de Cundinamarca (con ocho gráficos) . . . . .	195-224

**CONTRIBUCION A LA ESTRATIGRAFIA Y LITOGENESIS  
DE LA ISLA DE SAN ANDRES**

(con 7 figuras en el texto y 10 fotos)

POR

**HANS BURGL**

---

INFORME No. 1352

---

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1961

## CONTENIDO:

Resumen . . . . .	9
Zusammenfassung . . . . .	9
Introducción . . . . .	11
Lista de los restos orgánicos . . . . .	13
Edad de los Moluscos . . . . .	17
Edad de los Foraminíferos . . . . .	18
Sucesión Estratigráfica . . . . .	19
La plataforma marina . . . . .	20
La plataforma terrestre . . . . .	21
Las calizas del interior . . . . .	22
El caliche . . . . .	22
Estructura de las calizas miocenas . . . . .	23
Posición geotectónica de la isla de San Andrés . . . . .	24
Bibliografía . . . . .	25

## RESUMEN

Antes de terminar el mapa geológico de las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (R. QUINTERO, 1960), se creyó oportuno revisar de nuevo la edad geológica de las rocas que constituyen la isla principal de San Andrés. Para este fin se colectó allí un buen número de muestras con Moluscos y Foraminíferos y se les comparó con formas recientes y sub-recientes de los alrededores de la isla. Se confirmó la sucesión estratigráfica establecida por E. HUBACH (1956):

3. La formación de la Plataforma Marina ... Reciente
2. La formación de la Plataforma Terrestre ... Pleistoceno
1. Las calizas del interior de la isla ... Mioceno

La constitución y la posición de dichos sedimentos facilitan conclusiones con respecto al solevantamiento progresivo e intermitente de esta isla del Mar Caribe.

## ZUSAMMENFASSUNG

Vor Fertigstellung der geologischen Karte der Inseln San Andrés, Providencia und Santa Catalina (R. QUINTERO, 1960) erschien es ratsam, das geologische Alter der die Hauptinsel San Andrés aufbauenden Gesteine nochmals zu überprüfen. Zu diesem Zweck wurden dort eine Reihe von Proben mit Mollusken und Foraminiferen gesammelt, die hier mit rezenten und sub-rezenten Formen der Inselregion verglichen werden. Es ergibt sich daraus die Richtigkeit der von E. HUBACH (1956) aufgestellten Schichtfolge:

3. Kalke und Kalksande der submarinen Plattform ... rezent
2. Korallenkalke der Inselplattform ... pleistozän
1. Massige Kalke des Inselinnern ... miozän

Aus der Beschaffenheit und Lagerung der einzelnen Ablagerungen ergeben sich Rückschlüsse auf die allmähliche stufenweise Heraushebung der Insel aus dem Karibischen Meer.

## INTRODUCCION

*En su artículo sobre la geología de la Isla de San Andrés, E. HUBACH (1956) distingue en esta isla tres unidades estratigráficas que son de más recientes a más antiguas.*

*“1. La formación de la Plataforma Marina, reciente hasta subreciente.*

*2 La formación de la Plataforma Terrestre, ligeramente solevantada, que se considera subreciente hasta pleistocena y que constituye los planos bajos de la isla y de los cayos.*

*3. La formación calcárea de San Andrés que corresponde a los sedimentos del cordón interior de la isla y que es de edad miocena”.*

*Las investigaciones del suscrito en la isla, efectuadas entre el 20 de noviembre y 15 de diciembre de 1959, confirmaron esta subdivisión estratigráfica de las rocas de la isla. Solamente respecto a la edad miocena de las “calizas del cordón interior” surgieron ciertas dudas. Estas calizas tienen un aspecto litológico muy distinto a la de las capas miocenas que se encuentran en la costa atlántica colombiana; por ejemplo, al de las que se encuentran entre Barranquilla, Cartagena y Tolú, y se parecen más a las que se consideran como Plioceno o Pleistoceno en la misma región (ROYO Y GÓMEZ 1942, 1947, H. BÜRGL 1957). Esta impresión se basa en el hecho de que las calizas aparecen muy poco dislocadas en la isla, excepto por una ligera inclinación hacia el Este, y que en ellas mismas, se pueden observar todos los grados de transición litológica: desde las calizas subrecientes hasta las calizas llamadas miocénicas.*

*Para resolver el problema de la edad de las calizas interiores de San Andrés, el doctor Reinaldo Quintero y el suscrito colectaron muestras de rocas y también de material descompuesto para el estudio micropaleontológico. La conservación de los moluscos era tal que no prometía una determinación segura en el laboratorio.*

*Estas muestras provienen del fondo litoral del mar (HB 3062), de arenas de la playa (HB 3058a, 3063), de rocas endurecidas de la playa (HB 3058b), de varios niveles de la plataforma terrestre (HB 3056, 3057, 3064) y de varias capas blandas de las calizas interiores (HB 3045, 3046, 3051, 3052, 3060). Un número considerable de los Moluscos colectados no mostró los detalles necesarios para una determinación específica y no fue considerado. Los Corales, Ostrácodos, restos de Equinodermos no fueron estudiados en detalle todavía. Las listas siguientes citan por lo tanto solamente el contenido de las muestras en Foraminíferos y Moluscos bien conservados.*

## LISTA DE LOS RESTOS ORGANICOS

HB 3045 Carretera San Andrés - Cove Hill.

150 m SW bifurcación al sur de la población; *Caliche*.

- 3 *Rotalia rosea* D'ORBIGNY
- 6 Ostrácodos
- 2 púas de erizos de mar.

HB 3046 Carretera San Andrés - Cove Hill.

1 km al SW de la bifurcación al sur de la población; *Caliche*.

- 2 *Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL)
- 10 *Gypsina globula* (REUSS)
- 10 *Amphistegina chipolensis* CUSHMAN & PONTON
- 8 *Amphistegina bowdenensis* PALMER
- 14 *Amphistegina angulata* (CUSHMAN)
- 1 Ostrácodo
- 17 espículas de esponjas
- 2 escleritos de octocorales.

HB 3051 100 m N Cove Hill, *Caliche*.

- 1 *Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL)
- 8 *Elphidium sagram* (D'ORBIGNY)
- 2 *Amphistegina angulata* (CUSHMAN)
- 2 *Quinqueloculina seminula* (LINEO)
- 6 Ostrácodos.

HB 3052 450 m S Cove Hill, *Caliche*.

### Foraminíferos

- 1 *Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL)
- 14 *Amphistegina angulata* (CUSHMAN)
- 2 *Amphistegina angulata christmani* DROOGER
- 10 *Amphistegina bowdenensis* PALMER
- 2 Gasterópodos indet
- 8 púas de erizos de mar.

### Lamelibranquios

- 4 *Pecten (Plagiocentrum) aff. ventricosus* SOWERBY (*de-miurgus* DALL?)

HB 3056 Entre Cove y Blowing Hole, terraza 1½ m sobre el mar; reciente.

#### Foraminíferos

- 4 *Rhizamina?* spec.
- 3 *Aschemonella?* cf. *ramaliformis* BRADY
- 54 *Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL)
- 31 *Rotalia rosea* D'ORBIGNY
- 9 *Asterigerina carinata* D'ORBIGNY
- 3 *Asterigerina lobata* D'ORBIGNY
- 1 *Textularia* aff. *semialata* CUSHMAN
- 6 *Borelis melo* (FICHTEL & MOLL)
- 5 *Amphistegina lessonii lessonii* D'ORBIGNY.
- 11 *Amphistegina radiata* (FICHTEL & MOLL)
- 2 *Heterostegina antillarum* D'ORBIGNY
- 1 *Cyclocibicides* cf. *vermiculatus* (D'ORBIGNY)
- 2 *Cymbaloporetta squamosa* (D'ORBIGNY)

#### Gasterópodos

- 2 *Triphora pulchella* ADAMS
- 1 *Odostomia* aff. *seminuda* ADAMS
- 3 *Rissoina* (*Schwartziella*) *bryerea* (MONTAGU)
- 2 *Rissoina* (*Schwartziella*) *fischeri* DESJARDIN
- 1 *Parviturbitoides interruptum sanibelense* PILSBRY
- 1 *Caecum cooperi* S. SMITH
- 1 *Caecum floridanum* STIMPSON

#### Corales

57 escleritos de octocorales.

HB 3057 Blowing Hole, terraza 3 m; reciente.

#### Foraminíferos

- 16 *Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL)
- 3 *Amphistegina radiata* (FICHTEL & MOLL)
- 1 *Amphistegina lessonii lessonii* D'ORBIGNY

#### Gasterópodos

- 1 *Latirus brevicaudatus* REEVE
- 1 *Rissoina* (*Schwartziella*) *bryerea* (MONTAGU)
- 1 *Odostomia* (*Chrysallida*) *jadisi* OLSSON & MCGINTY
- 1 *Odostomia* (*Ividella*) aff. *pedroana* DALL & BARTSCH.

#### Antozoos

6 escleritos de octocorales.

HB 3058a Arena de San Luis; reciente.

### Foraminíferos

- 16 *Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL)
- 14 *Archaias compressus* (D'ORBIGNY)
- 1 *Asterigerina lobata* D'ORBIGNY
- 34 *Amphistegina lessonii lessonii* D'ORBIGNY
- 2 *Borelis melo* (FICHTEL & MOLL)
- 28 *Rotalia rosea* D'ORBIGNY
- 2 *Heterostegina antillarum* D'ORBIGNY
- 5 *Quinqueloculina seminula* (LINEO)
- 1 *Quinqueloculina tricarinata* D'ORBIGNY

### Gasterópodos

- 1 *Natica pusilla* SAY
- 5 *Rissoina (Schwartziella) fischeri* DESJARDIN
- 2 *Odostomia (Evalea) phanea* DALL & BARTSCH
- 2 *Tenasodus squamatus* BLAINVILLE
- 5 *Turbo canaliculatus* HERMANN
- 1 *Odostomia cf. seminuda* ADAMS
- 1 *Melanella bilineata* ALDER

### Equinodermos

- 1 púa de erizo de mar.

### Antozoos

- 3 escleritos de octocorales.

HB 3058b Arenisca de San Luis.

- 6 *Pelosina?* aff. *parva* RHUMBLER
- 5 *Rhabdammina irregularis* CARPENTER.
- 1 *Valvulina* spec.
- 83 *Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL)
- 9 *Amphistegina trilobata* D'ORBIGNY
- 14 *Amphistegina lessonii lessonii* D'ORBIGNY

### Gasterópodos

- 2 *Caecum cooperi* SMITH
- 2 *Caecum floridanum* STIMPSON
- 1 *Caecum pulchellum* STIMPSON
- 8 *Caecum carolinianum* DALL
- 5 *Rissoina (Schwartziella) fischeri* DESJARDIN
- 5 *Odostomia (Evalea) phanea* DALL & BARTSCH
- 9 *Tenasodus squamatus* BLAINVILLE
- 1 *Prunum apicinum* MENKE
- 1 *Prunum cf. carneum* STORER

### Equinodermos

- 10 púas de erizos de mar.

HB 3060 Iglesia Sagrada Familia, cantera de Caliche.

### Foraminíferos

- 1 *Archaias compressus* (D'ORBIGNY)
- 37 *Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL)
- 1 *Asterigerina marshallana* TODD & POST
- 5 *Amphistegina lessonii conica* PETRI
- 2 *Amphistegina angulata* (CUSHMAN)
- 1 *Amphistegina lessonii tumida* PETRI
- 4 *Amphistegina* spec. ind.
- 50 *Elphidium sagrum* (D'ORBIGNY)
- 1 *Cibicides tenuimargo* (BRADY)

### Moluscos

- 1 *Dosinia acetabulum* CONRAD
- 1 *Lucina floridana* CONRAD
- 1 *Turritella gilbertharrisi* HODSON
- ff *Venericardia* cf. *dominica* WEISBORD
- ff *Chione* (*Chione*) *spenceri* COOKE

HB 3062 Hansa Club Villas, arena del fondo del mar, profundidad  
 $\frac{1}{2}$  - 1 m; pradera marina.  
 Algas calcáreas (*Halimeda* sp. y otras).

### Foraminíferos

- Valvulina ovriedoiana* D'ORBIGNY
- Sigmoilina schlumbergeri* SILVESTRI
- Quinqueloculina sclerotica* HARRER
- Spirillina limbata denticulata* BRADY
- Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL)
- Amphistegina lessonii lessonii* D'ORBIGNY
- Rotalia rosea* D'ORBIGNY

### Gasterópodos

- Diodora listeri* D'ORBIGNY
- Smaragdia viridis* LINEO
- Turbo canaliculatus* HERMANN
- Astraea brevispina* LAMARCK
- Niso?* spec.
- Tenagodus squamatus* BLAINVILLE
- Cerithium floridanum* MÖRCH
- Rissoina* (*Schwartziella*) *bryerea* MONTAGU
- Rissoina* (*Schwartziella*) *fischeri* DESJARDIN
- Prunum amabile* REDFIELD
- Persicula catenata* MONTAGU
- Cerithiopsis emergonii* ADAMS
- Triphora pulchella* (ADAMS)
- Odostomia* (*Iolaea*) *amianta* DALL & BARTSCH
- Melanella gracilis* ADAMS

**Lamelibranchios.**

*Codakia orbiculata* MONTAGU  
*Trigonocardia* aff. *media* LINEO  
*Chione cancellata* LINEO  
*Iphigenia brasiliensis* LAMARCK  
 Corales  
 Briozoos  
 ff púas de erizos de mar

HB 3063 Hotel Orloff, arena submarina de la playa.

**Foraminíferos**

32 *Quinqueloculina seminula* (LINEO)  
 1 *Verneuilina bradyi* CUSHMAN  
 72 *Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL)  
 11 *Borelis melo* (FICHTEL & MOLL)  
 34 *Amphistegina lessonii lessonii* D'ORBIGNY  
 1 *Heterostegina antillarum* D'ORBIGNY  
 6 *Asterigerina carinata* D'ORBIGNY  
 5 *Cymbaloporeta squamosa* (D'ORBIGNY)  
 1 *Elphidium poeyanum* (D'ORBIGNY)  
 37 *Rotalia rosea* D'ORBIGNY  
 20 *Rotalia orbicularis* D'ORBIGNY

**Gasterópodos**

4 *Caecum carolinianum* DALL  
 1 *Caecum dalli* BARTSCH  
 3 *Caecum floridanum* STIMPSON  
 1 *Seila adamsi* (LEA)  
 2 *Cerithiopsis emersonii* ADAMS  
 9 *Odostomia (Odostomia) gibbosa* BUSH  
 4 *Odostomia (Menestho) bisuturalis* SAY  
 3 *Turbo canaliculatus* HERMANN  
 7 *Tenasodus squamatus* BLAINVILLE

**Antozoos**

8 escleritos de octocorales.

**EDAD DE LOS MOLUSCOS**

Los Moluscos contenidos en las muestras HB 3056, 3057, 3058a y b, 3062 y 3063 son especies recientes. Dicho resultado está de acuerdo con la posición estratigráfica en la cual fueron tomadas.

De las capas consideradas como Mioceno, se obtuvieron fósiles relativamente bien conservados en las estaciones HB 3052 y HB 3060. Respecto a su posición estratigráfica, se puede decir lo siguiente:

*Pecten (Plagioctenium) aff. ventricosus* SOWERBY: La preservación de los cuatro especímenes no permite decidir si se trata de la especie *ventricosus* SOWERBY (reciente) o de la especie *demiurgus* DALL (miocena).

*Dosinia acetabulum* CONRAD: el único espécimen de esta forma está preservado en un molde interno. La ornamentación exterior no se puede observar, pero la forma general está de acuerdo con esta especie miocena.

*Lucina floridana* CONRAD: un solo espécimen, preservado en forma de un molde externo e interno, los que están de acuerdo con esta especie reciente. Sin embargo, no se puede excluir que empieza ya en el Mioceno.

*Venericardia cf. dominica* WEISBORD: impresiones internas y externas de esta forma se encuentran en abundancia en la calera cerca a la iglesia de la Sagrada Familia. Todos los detalles visibles están de acuerdo con la especie *V. dominica* del Mioceno. Sin embargo, debido a la preservación imperfecta, esta determinación no es absolutamente segura.

*Chione spenceri* COOKE: en el mismo afloramiento se hallan en abundancia moldes internos y externos, que no tienen ninguna semejanza a *Chiones* recientes pero corresponden en todos los detalles a la especie *Ch. spenceri* del Mioceno.

*Turritella gilbertharrisi* HODSON: un solo ejemplar (molde interno y externo), que no se puede identificar con ninguna especie reciente, pero corresponde bien a la subespecie *T. gilbertharrisi gilbertharrisi* del Mioceno de Venezuela.

Los Moluscos mejor preservados indican la edad de las "calizas del interior" como sigue:

<i>Pecten (Plagioctenium) aff. ventricosus</i>	Mioceno o Reciente.
<i>Dosinia acetabulum</i>	Mioceno —
<i>Lucina floridana</i>	? Reciente
<i>Venericardia cf. dominica</i>	Mioceno? —
<i>Chione (Chione) spenceri</i>	Mioceno —
<i>Turritella gilbertharrisi</i>	Mioceno —

Con base en los Moluscos, la edad de las "calizas del interior" se tiene que considerar como miocena. Sin embargo, esta determinación no está absolutamente fuera de dudas, que son causadas principalmente por la preservación defectuosa de estos fósiles. Se recomienda, por lo tanto, verificar este resultado por medio de las microfaunas, particularmente de los Foraminíferos.

## EDAD DE LOS FORAMINIFEROS

La microfauna de las "calizas del interior" y de las capas recientes y subrecientes (pleistocenas) tienen varias especies en común, las cuales no sirven para distinguir el Mioceno y Cuaternario; estas formas son:

*Archaias angulatus* (FICHTEL & MOLL) ; forma más abundante.  
*Quinqueloculina seminula* (LINEO)  
*Archaias compressus* (D'ORBIGNY)  
*Rotalia rosea* D'ORBIGNY  
*Elphidium sagram* (D'ORBIGNY)

Todas las otras especies se encuentran solamente en las capas recientes y subrecientes, o en los caliches del interior de la isla. Las más interesantes entre estas son las de la familia Amphisteginidae, es decir los géneros *Amphistegina* y *Asterigerina*. En las capas recientes y subrecientes están representados por

*Asterigerina carinata* D'ORBIGNY  
*Asterigerina lobata* D'ORBIGNY  
*Amphistegina lessonii lessonii* D'ORBIGNY  
*Amphistegina radiata* (FICHTEL & MOLL)  
*Amphistegina trilobata* D'ORBIGNY

Estas especies, todas originalmente descritas de mares actuales, no se observaron en las muestras de "caliza del interior", pero, en contraste se hallaron:

<i>Asterigerina marshallana</i> TODD & POST	Originalmente descrita de Oligoceno inf., Bikini.
<i>Amphistegina angulata</i> CUSHMAN (Fig. 1)	Oligo-Mioceno, Antillas.
<i>Amphistegina bowdenensis</i> PALMER	Mioceno med., Jamaica.
<i>Amphistegina chipolensis</i> CUSHMAN & PONTON	Mioceno inf., Florida.
<i>Amphistegina lessonii conica</i> PETRI (Fig. 2)	Mioceno, Brasil.
<i>Amphistegina lessonii tumida</i> PETRI (Fig. 3)	Mioceno, Brasil.

La ausencia absoluta de Amphisteginidae recientes en las "calizas del interior" y la presencia de especies oligo-miocenas es una indicación muy clara que estas calizas tienen que ser consideradas como miocenas, de acuerdo con las determinaciones de J. ROYO Y GÓMEZ (1947), H. BÜRGL (1956) y H. BÜRGL & M. BARRIOS M. (1955).

Como resultado interesante en las muestras de las "calizas del interior" se debe mencionar la ausencia de

*Borelis melo* (FICHTEL & MOLL)  
*Heterostegina antillarum* D'ORBIGNY  
*Cyclocibicides cf. vermiculatus* BRADY  
*Cymbaloporetta squamata* (D'ORBIGNY)  
*Rotalia orbicularis* D'ORBIGNY.

## SUCESION ESTRATIGRAFICA

A base del estudio paleontológico de las muestras colectadas por Reinaldo Quintero y el suscrito, llegamos por lo tanto al mismo resultado como ROYO Y GÓMEZ (1947), BÜRGL & BARRIOS (1955) y H. BÜRGL (1956) en

relación a las muestras fosilíferas colectadas por SARMIENTO ALARCÓN & J. SANDOVAL (1953), W. DIEZEMANN & C. DELGADO (1957) y E. HUBACH (1956). Se confirma por tanto la sucesión estratigráfica establecida por E. HUBACH:

- |  |              |
|--|--------------|
| 3. La formación de la Plataforma Marina . . . . .    | Reciente.    |
| 2. La formación de la Plataforma Terrestre . . . . . | Pleistoceno. |
| 1. La formación calcárea de San Andrés . . . . .     | Mioceno.     |

### *La Plataforma Marina*

Todo el fondo marino entre la isla y los arrecifes coralinos al Este consta esencialmente de calizas blancas, cubiertas por una capa delgada de *arena calcárea*, la cual según nuestras observaciones no tiene, en lo general, más que 3-10 cm de espesor.

La *caliza submarina* es blanca y de una textura granular, es decir compuesta por granos calcáreos esféricos o alargados de 0.5-2 mm de diámetro. Es por lo tanto de la misma composición de la arena calcárea que la cubre y se diferencia de ésta solamente por un grado más alto de consolidación o cementación. El cemento es un fango calcáreo que se forma por la trituración de algas con esqueleto calcáreo (en primer lugar *Halimeda*), mientras que los fragmentos de Corales, Briozoos y Foraminíferos suministran los granos de la arena calcárea y de la caliza.

Según el grado en que participan los restos animales y restos vegetales y según la fuerza del oleaje, se forman actualmente algunas variedades de rocas calcáreas, cuyos extremos son la caliza maciza, la arena calcárea y las calizas coralinas.

La *caliza maciza* está compuesta de grano calcáreo (productos animales) con un alto porcentaje de cemento calcáreo (vegetal). Se forma en profundidades de 1-5 m, y en aguas tranquilas, por ejemplo en las praderas submarinas donde las plantas protegen el lodo submarino del movimienno de las olas. De este ambiente provienen las muestras HB 3062 y 3063 con un gran número de Moluscos pequeños, restos de Erizos de mar y Foraminíferos delgados (*Rotalia rosea*, *Rotalia orbicularis*, *Cymbaloporetta squamosa*) y robustos (*Archaias*, *Borelis*, *Amphistegina*, *Heterostegina*).

La *arena calcárea* se forma donde el fondo no está protegido por praderas marinas y particularmente en la playa (foto 1).

El mejor sitio para observar este sedimento es Johnny Cay, la pequeña isla al Nordeste de San Andrés (foto 2). La arena calcárea contiene poco cemento calcáreo y su consolidación requiere más tiempo que la de la caliza maciza. Sin embargo, en San Luis (costa sureste de la isla San Andrés) y en Johnny Cay encontramos muy buenos ejemplos de areniscas consolidadas muy jóvenes (fotos 3 y 4).

Estas areniscas están bien estratificadas y presentan buzamientos de deposición de 12°. Los Foraminíferos que contienen son exclusivamente del tipo robusto (*Archaias*, *Amphistegina*) y los Moluscos son representados solamente por Gasterópodos.

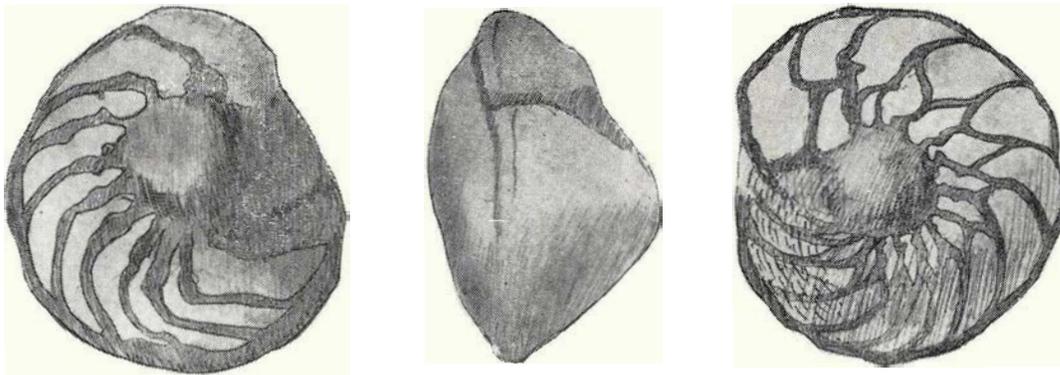


Fig. 1. — *Amphistegina angulata* (CUSHMAN).  
Muestra HB 3060, caliche de la calera cerca a la iglesia de la Sagrada Familia.

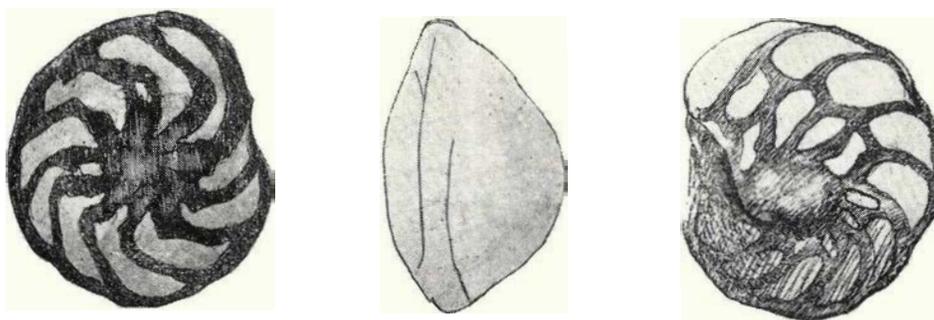


Fig. 2. — *Amphistegina lessonii tumida* PETRI.  
Muestra HB 3060, caliche de la calera cerca a la iglesia de la Sagrada Familia.

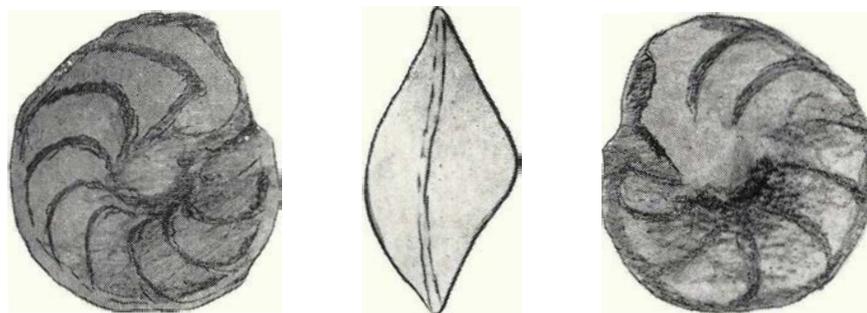


Fig. 3. — *Amphistegina lessonii conica* PETRI.  
Muestra HB 3060, caliche de la calera cerca a la iglesia de la Sagrada Familia.



Foto 1. — La playa con arena calcárea al este del aeropuerto de San Andrés.

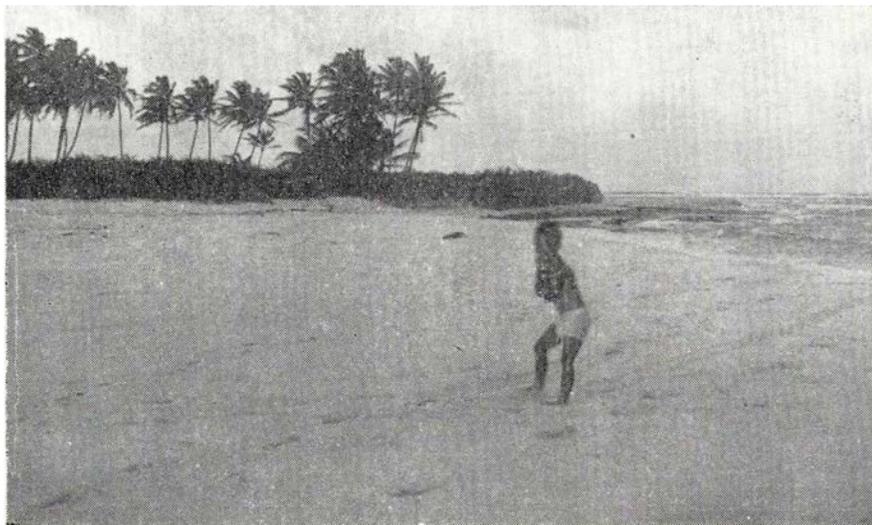


Foto 2. — Arena calcárea en la parte sur de Johnny Cay.



Foto 3. — Arena calcárea consolidada en la playa de Johnny Cay. El buzamiento de deposición es de  $12^{\circ}$  y va paralelo a la inclinación de la playa.



Foto 4. — Arenas calcáreas móviles y consolidadas en la playa de Johnny Cay.



Foto 5. — Calizas coralinas subcrecientes en la costa del Cove.

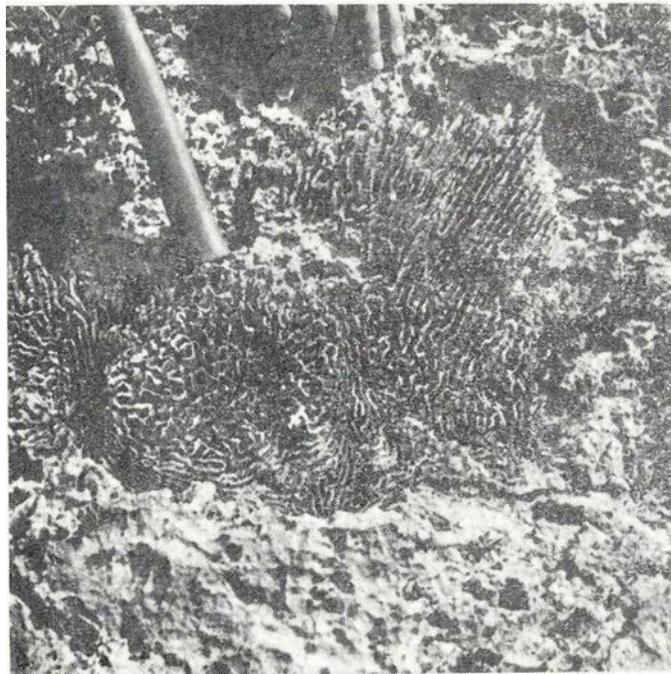


Foto 6. — Coral subcreciente en la costa al sur del Cove.

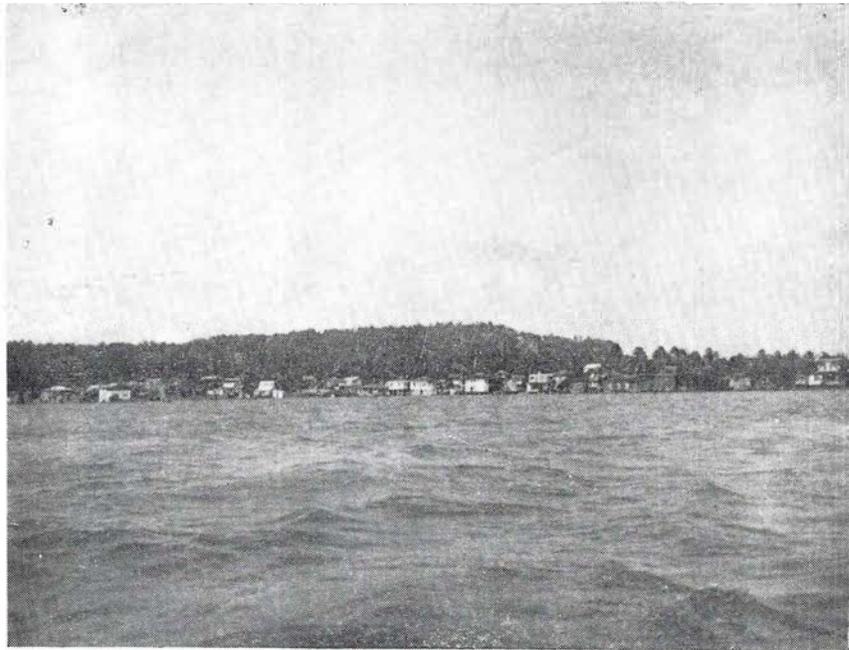


Foto 7. — La población de San Andrés, vista desde el mar. En la parte central e izquierda se ven las calizas compactas del Mioceno. A la derecha, la plataforma terrestre con las calizas coralígenas.

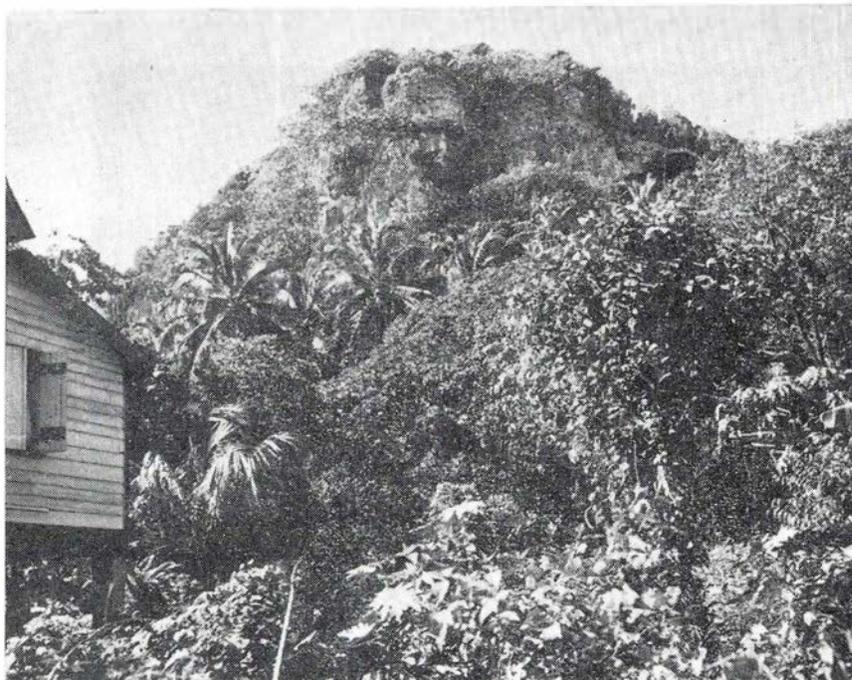


Foto 8. — El North Cliff (Barranca del Norte) consta de calizas compactas miocenas. El precipicio contiene cavernas de oleaje en dos diferentes niveles.



Foto 9. — En los alrededores del tanque del acueducto, la superficie de la caliza compacta miocena muestra claramente el origen coralígeno.

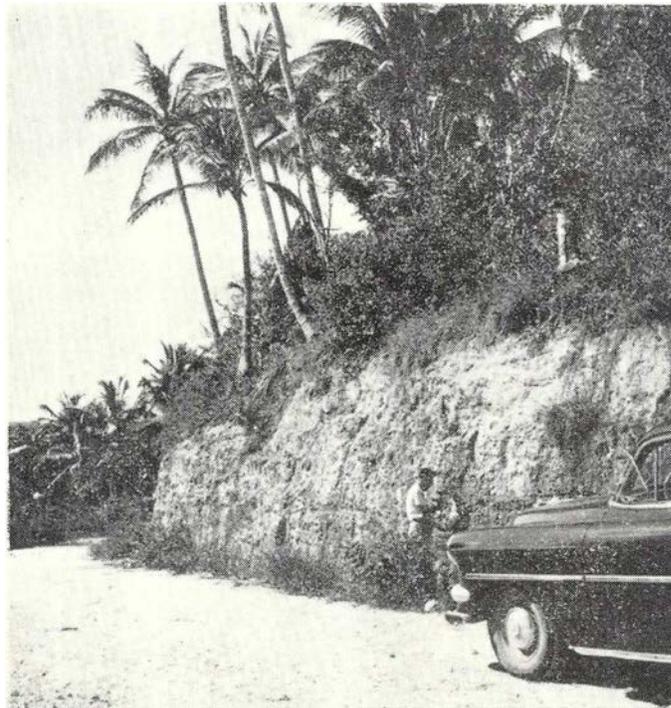


Foto 10. — Caliche fosilífero en la carretera que conduce de la población de San Andrés a Cove, con buzamientos irregulares.

Las areniscas de San Luis aparecen en el mapa fotogeológico de H. C. RAASVELDT (en E. HUBACH 1956) como Mioceno. Nuestras investigaciones en el terreno y el contenido fosilífero nos enseñan que se trata de una roca reciente, cuando más subreciente.

Las *calizas coralinas* se observan en primer lugar en la costa occidental de la isla (fotos 5 y 6). Como muestra el mapa fotogeológico de R. QUINTERO (1960) (el mapa fotogeológico de H. C. RAASVELDT no es perfectamente correcto respecto a las áreas submarinas), hay extensos arrecifes coralinos en el mar al Este de la isla. Sin embargo sus sedimentos están restringidos a las vecindades inmediatas de los arrecifes, y en las rocas en formación en el oriente de la isla tienen un papel inferior.

La costa occidental de la isla es más abrupta y el fondo del mar baja bruscamente a profundidades de 5-10 m. Aquí la pendiente costera está habitada por corales y su detrito ocupa una amplia región a lo largo de la costa. En mayores profundidades, la caliza coralina en formación pasa aparentemente a arcillas, sin intervención de arenas calcáreas o silicosas.

En los alrededores del Cove las calizas coralinas están apenas medio metro por encima del nivel del mar y parecen recientes o por lo menos subrecientes (fotos 5 y 6). La caliza está compuesta en primer lugar por fragmentos de corales con muy poco cemento calcáreo. Como consecuencia estas calizas son muy poco macizas, los poros son a veces más voluminosos que el material calcáreo. En la masa coralígena raras veces se observan intercalaciones de arena calcárea lo que sí sucede con más frecuencia en los alrededores de la bahía de Cove. Las muestras HB3056 y 3057 fueron tomadas de estas arenas.

### *La Plataforma Terrestre.*

Esta consta casi exclusivamente de calizas coralígenas del tipo descrito al final del párrafo anterior. Litológicamente no se distinguen de las calizas coralinas recientes o subrecientes. Solamente en profundidades de medio metro y más son más densas, menos porosas, lo cual es causado aparentemente por la actividad disolutiva y sedimentaria de las aguas subterráneas. Como consecuencia de esta consolidación las calizas en una profundidad de 1 m. se acercan en su constitución litológica a las "calizas del interior", las cuales fueron determinadas como miocenas. En la plataforma terrestre no hallamos Foraminíferos ni Moluscos. El gran número de Corales que se colectaron no está determinado aún. Los únicos indicios para considerarla como pleistocena son: el nivel bajo de la plataforma terrestre y su relación estrecha con las calizas recientes, particularmente con las de la costa occidental (calizas coralígenas).

Sobre casi toda la isla, la plataforma terrestre está cubierta por una capa humus, arenosa, rojiza. Esta parece particularmente gruesa en los pantanos.

Dicha plataforma se extiende desde la costa hasta unos 10 m de altura (foto 7).

### *Las calizas del interior.*

Estas se presentan en dos facies litológicas distintas:

1. En forma de caliza blanca, compacta y dura.
2. En forma de "caliche" o caliza tobácea (E. HUBACH 1956).

El caliche siempre reposa sobre las calizas macizas pero sin que se pueda determinar un límite preciso; a veces la caliza maciza se extiende en forma de bloques en el caliche, a veces se observan lentejones irregulares, que pasan horizontal y verticalmente al caliche.

La *caliza* del interior es compacta, re-cristalizada en su conjunto; en lo general no se puede distinguir si se originó del material coralígeno o de una arena calcárea. Los poros están reducidos a un mínimo y las mayores cavidades están llenas en parte o en su totalidad por calcita. Los microfósiles han desaparecido y conchas grandes han sido transformadas en calcita. En esta caliza no hallamos ni un fósil determinable.

Solamente en la planicie alrededor del tanque del acueducto (North Cliff, foto 8), la superficie original de la caliza compacta está bien conservada y permite reconocer con perfecta claridad la estructura coralígena original (foto 9). En esta área se observa también un fenómeno interesante: la caliza presenta fisuras y hendiduras de 1 cm hasta medio metro de ancho, las cuales están rellenas con una oolita ferruginosa fina, de color pardo rojizo. Ella indica que la caliza miocena estaba cubierta por una tierra vegetal (humus) durante un período considerablemente largo, correspondiente tal vez al Plioceno.

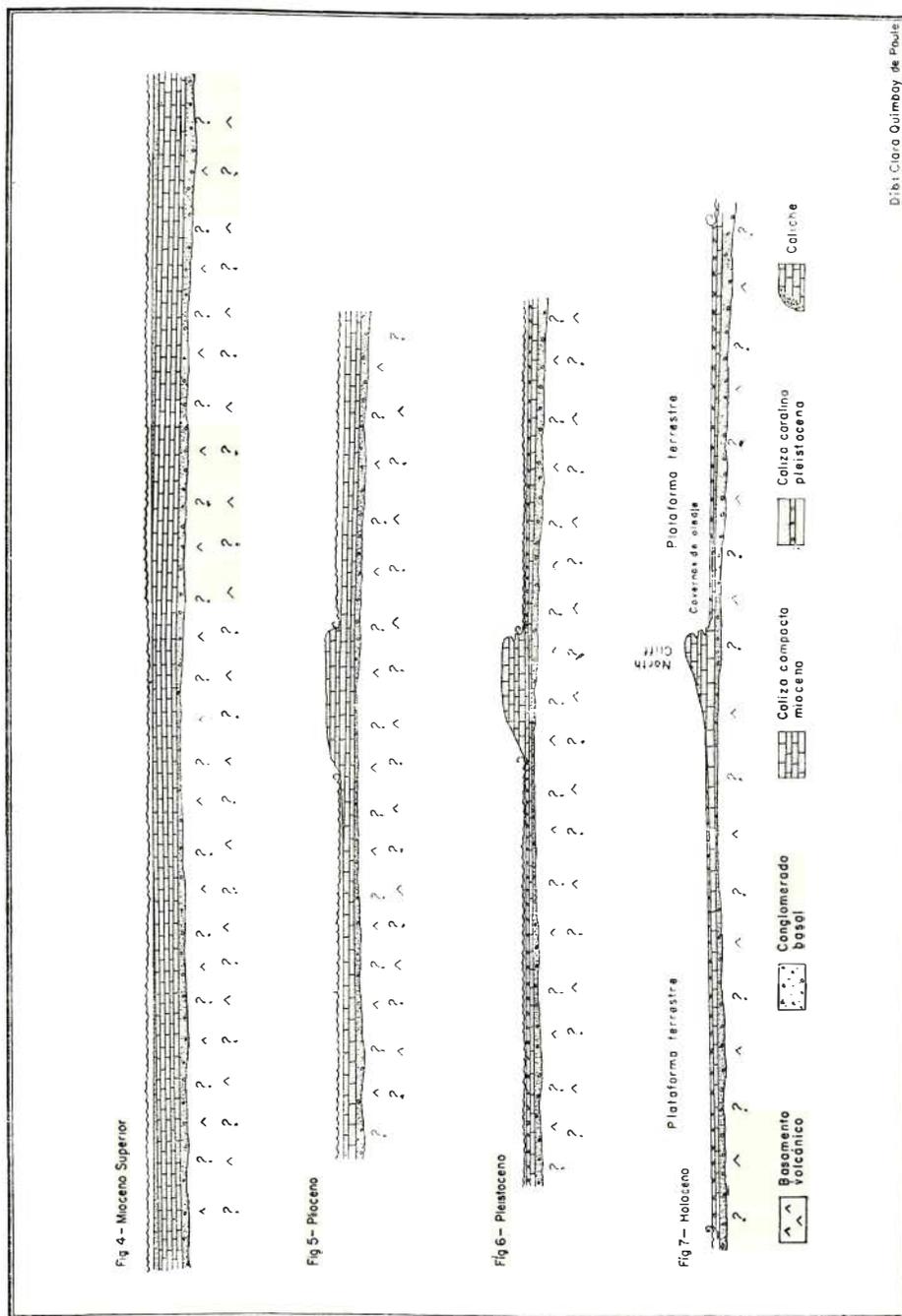
### *El caliche*

Grandes partes de la superficie de la caliza compacta, miocena, y particularmente sus flancos orientales, están cubiertas por un material calcáreo, gredoso y polvoroso, irregularmente consolidado. E. HUBACH (1956) llama a este material "caliza tobácea", pero en la costa colombiana la gente la designa muy acertadamente como "caliche" (foto 10). Estratigráficamente esta roca es de primera importancia, porque todos los Moluscos y Foraminíferos pre-pleistocenos provienen de estas capas. La distribución de las conchas en el caliche no es uniforme; en un sitio predominan Ostras, en otras Pectines, en otro *Chione* y *Venericardia*; es decir, solamente las conchas de *Ostrea* y *Pecten* están conservadas; las otras están disueltas y su forma conservada solamente por moldes internos y externos. Por esta razón, son muy escasas formas determinables, no obstante la gran abundancia de impresiones.

La edad miocena atribuída a las "calizas del interior" se refiere en primer lugar al caliche. La caliza compacta se ha colocado en el mismo nivel solamente por su estrecha conexión con el caliche fosilífero con el cual forma una sola unidad estratigráfica.

ESTRUCTURA DE LAS CALIZAS MIOCENAS

En toda la isla no logramos observar un solo buzamiento seguro en las calizas del Mioceno. En los alrededores del North Cliff, donde E. HUBACH observó un buzamiento de 10° al WNW, se presentan tantas fisuras y hendiduras que podría ser arbitrario declarar una como plano de estratificación.



El contacto entre la caliza compacta y el caliche no es un contacto estratigráfico. En todos los afloramientos del caliche de mayor tamaño, por ejemplo, en la calera cerca a la iglesia de la Sagrada Familia (HB 3060), se observan inclinaciones de las capas en varias direcciones y grados. Los "buzamientos" del caliche o del contacto entre el caliche y la caliza compacta no muestran ninguna regularidad que se pueda interpretar como estructura.

La morfología general de las calizas del interior da la impresión de que la masa de las calizas miocenas forma un bloque ligeramente inclinado hacia el Este, lo que hace pensar que puede existir una falla en su margen occidental. Sin embargo, si consideramos que alrededor de Johnny Cay las calizas granulosas (o areniscas calcáreas) presentan buzamientos de sedimentación hasta de  $12^\circ$  en diferentes direcciones, tenemos que ser muy cuidadosos al interpretar la inclinación de las calizas miocenas como estructuras tectónicas.

El solevantamiento del bloque mioceno está indicado por algunas cavernas originadas en el rompimiento del oleaje (Brandungskehlen). Estas se encuentran en la pendiente oriental y occidental del North Cliff (Barranca del Norte) en alturas de 20 y 40 m aproximadamente (las variaciones barométricas diarias no permitieron medidas precisas con nuestro altímetro y no tuvimos a nuestra disposición un barógrafo de base). Estas cavernas de oleaje indican que el solevantamiento de las calizas miocenas tuvo lugar en tres fases:

- 1ª fase: Solevantamiento hasta el nivel de cavernas superiores (fig. 5).
- 2ª fase: Solevantamiento hasta el nivel de cavernas inferiores (fig. 6).
- 3ª fase: Solevantamiento hasta el nivel actual (figs. 4-7).

No tenemos puntos de referencia para precisar a cuáles fases tectónicas de levantamiento corresponden. Como base de discusión mencionamos la siguiente posibilidad:

- 1ª fase, pre-pliocena.
- 2ª fase, pre-pleistocena.
- 3ª fase, post-pleistocena.

Los actuales contornos de las calizas miocenas en la isla de San Andrés son márgenes de abrasión marina; los sedimentos depositados desde el Mioceno están probablemente situados en los alrededores de la isla, debajo del nivel del mar.

#### POSICION GEOTECTONICA DE LA ISLA DE SAN ANDRES

En su artículo sobre la isla San Andrés, E. HUBACH (1956) sugirió posibles conexiones entre esta isla y las cordilleras pre-miocenas de Sur y Norteamérica. No tenemos la intención de entrar en detalles a este respecto; solamente queremos mencionar que la idea de una conexión

pre-miocena directa entre los Andes y las cordilleras norteamericanas por América Central fue propuesta por Alejandro de Humboldt. Pero desde Eduardo Suess, esta idea está perfectamente abandonada y todos los autores modernos aceptan el concepto de que la conexión estructural se efectúa a lo largo del arco formado por Venezuela septentrional, Trinidad, Tobago, Antillas Menores y Antillas Mayores. Para detalles nos referimos a J. BUTTERLIN 1956 y la extensa bibliografía citada en esta obra, como también a H. STILLE 1940. En nuestro concepto, las consideraciones de E. HUBACH 1956 siguen un camino estéril. Los basamentos de las islas San Andrés y Providencia son estribaciones de las masas volcánicas de Nicaragua y Honduras y no tienen estructuralmente nada en común con las cordilleras andinas de Colombia.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- BÜRGL, H., 1956. — Foraminíferos y Moluscos de la Isla de San Andrés, colectados por W. Diezemann. Notas científicas 1956, pp. 27-34; Serv. Geol. Nal. Bogotá; inédito.
- BÜRGL, H., 1957. — Materia prima para la fabricación de cemento en los alrededores de Cartagena. Serv. Geol. Nal., informe N° 1221, Bogotá, inédito.
- BÜRGL, H. & BARRIOS M., 1955. — Foraminíferos y Moluscos colectados en la isla de San Andrés por E. Hubach. Notas científicas 1955, pp. 84-85; Serv. Geol. Nal. Bogotá, inédito.
- BUTTERLIN, J., 1956. — La constitution geologique et la structure des Antilles. 453 pp., 24 figs., Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- DIEZEMANN, W. & DELGADO, C., 1957. — Aprovechamiento del depósito de agua subterránea dulce en la isla de San Andrés. Bol. Geol., vol. V, N° 1, pp. 83-109, 3 pls., Bogotá.
- HUBACH, E., 1956. — Aspectos geográficos y geológicos y recursos de las islas de San Andrés y Providencia. Cuadernos de Geogr. de Colombia, N° 12, 39 pp., 3 pls. (2 mapas fotogeológicos por H. C. Raasveldt), Bogotá.
- NEWELL, N. D., IMBRIE, J., PURDY, E. D. & THURBER, D. L., 1959. — Organism communities and bottom facies, Great Bahama Bank. Bull. Amer. Museum Nat. Hist. vol. 117, art. 4, pp. 180-224, pls. 58-69, New York.
- QUINTERO, R., 1960. — Mapa geológico de las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Serv. Geol. Nal., Bogotá.
- ROYO Y GÓMEZ, J., 1942. — Fósiles del Terciario marino del Norte de Colombia. Compil. Est. Geol. Ofic. Colombia, tomo V, pp. 461-488, Bogotá.
- ROYO Y GÓMEZ, J., 1947. — Fósiles miocenos de la Intendencia de San Andrés. Serv. Geol. Nal. Informe N° 663, 5 pp., Bogotá.
- SARMIENTO ALARCÓN & SANDOVAL, J., 1953. — Comisión geológica del Archipiélago de San Andrés y Providencia. Bol. Geol. vol. 1, Nos. 11-12, pp. 27-42, Bogotá.
- STILLE, H., 1940. — Einführung in den Bau Amerikas. 717 pp., figs. Borntträger, Berlin.

Manuscrito entregado en febrero de 1960.

**INVESTIGACIONES SOBRE CALIZA AL ORIENTE  
DE LA SABANA DE BOGOTA**  
(con 5 figuras en el texto)

POR  
**RICARDO DE LA ESPRIELLA**  
**GEOLOGO**

INFORME No. 1313

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1961

## CONTENIDO:

Resumen ... ..	31
Lista de ilustraciones ... ..	33
Introducción ... ..	35
Región de Gachetá y alrededores ... ..	37
Generalidades ... ..	37
Geología General ... ..	37
Geología Económica ... ..	38
Afloramientos de caliza ... ..	38
Kilómetro 3 del camino de Las Salinas .. ..	39
Monumento de Gachetá .. ..	40
Monumento de Junín ... ..	40
Ramal entre la carretera del Guavio y Gama ... ..	40
Sureste de Junín ... ..	40
Afloramientos de travertina ... ..	40
Conclusiones ... ..	41
Región de Pueblo Viejo ... ..	41
Generalidades ... ..	41
Geología General ... ..	41
Geología Económica ... ..	43
Conclusiones ... ..	44
Cuenca Hidrográfica del río Blanco y alrededores ... ..	44
Generalidades ... ..	44
Geología General ... ..	44
Geología Económica ... ..	46
Cementos Samper S. A. ... ..	47
La Siberia ... ..	47
Cantera de Palacio ... ..	47
Quebrada de Chocolatal ... ..	49
Puerto Arturo y alrededores ... ..	50
Estimación de reservas ... ..	50

Aspectos económicos . . . . .	52
Río Blanco al norte de Choachí . . . . .	53
Puente de Las Tapias . . . . .	53
El Cerrito . . . . .	54
Sur del Puente de Ají . . . . .	55
Choachí - Fómeque - Ubaque . . . . .	55
Ramal Choachí - Ubaque . . . . .	55
Ramal Fómeque - Ubaque . . . . .	55
Ramal Ubaque - Carretera de Oriente . . . . .	55
Chipaque - Cáqueza . . . . .	56
E. de la quebrada El Oso . . . . .	56
Horno de los Alemanes . . . . .	56
Hacienda La María y alrededores . . . . .	56
Alto del Munar . . . . .	57
Alrededores del Puente de Cáqueza . . . . .	58
Conclusiones . . . . .	58
Recomendaciones . . . . .	58
Bibliografía . . . . .	59

## RESUMEN

Se describen resultados de los estudios sobre las calizas al oriente de Bogotá, en la región comprendida entre la carretera del Guavio hasta la región de Gachetá por el norte y la carretera de Oriente hasta la población de Cáqueza por el sur, departamento de Cundinamarca.

Se divide esta descripción en tres partes: región de Gachetá y alrededores, región de Pueblo Viejo (municipio de Guasca) y cuenca hidrográfica del río Blanco y alrededores.

En la región de Gachetá y alrededores se describen manifestaciones en el camino de Las Salinas, en los monumentos de Gachetá y Junín, en la carretera de Gama y al SE de Junín. El yacimiento del camino de Las Salinas puede llegar a los varios millones de toneladas pero su bajo contenido de  $\text{CaCO}_3$  lo hace inepto para uso aún como cal agrícola. Los demás yacimientos en esta región muestran cantidad de bancos muy delgados y contenido muy variable de  $\text{CaCO}_3$ .

En la región de Pueblo Viejo se encuentran dos bancos del Cenomaniano de 12 a 13 m de grosor, separados por 3 m aproximadamente de lutitas y margas. El contenido de  $\text{CaCO}_3$  varía entre 80 y 93% de  $\text{CaCO}_3$  y sus reservas explotables han sido calculadas en más de siete millones de toneladas.

En la cuenca hidrográfica del río Blanco y alrededores se describen manifestaciones en cinco zonas: Cementos Samper S. A., Puerto Arturo y alrededores, río Blanco al norte de Choachí, Choachí - Fómeque - Ubaque y Chipaque - Cáqueza.

Cementos Samper S. A. explota en la actualidad el yacimiento de Cantera de Palacio que consiste de una caliza del Campaniano, cuyas reservas han sido calculadas preliminarmente entre 7 y 10 millones de toneladas.

El yacimiento de La Siberia no está actualmente en explotación debido a los fuertes peligros de derrumbe que podrían ocasionarse. Sin embargo, este yacimiento no ha sido agotado.

El yacimiento de Quebrada de Chocolatal todavía no está suficientemente explorado para aproximar una cubicación.

El yacimiento de Puerto Arturo fue cubicado ofreciendo un total de 1.500.000 toneladas explotables con posibilidades de un millón más de caliza de excelente calidad. Este yacimiento podría ser explotado si se construyera un ramal que lo comuniqué con los centros de consumo.

En las demás manifestaciones de esta región se encontraron numerosos bancos de caliza, ninguno de los cuales justificaría una explotación en gran escala.

## LISTA DE ILUSTRACIONES

- Figura N° 1. Afloramientos de caliza al oriente de Bogotá.
- ” ” 2. Columna estratigráfica generalizada. Afloramiento de caliza del camino Gachetá - Las Salinas.
  - ” ” 3. Columna estratigráfica generalizada del afloramiento de caliza del monumento de Gachetá.
  - ” 4. Afloramientos de caliza en la región de Pueblo Viejo.
  - ” 5. Caliza en Puerto Arturo y alrededores.

## ANÁLISIS QUÍMICOS Y EXAMENES PALEONTOLÓGICOS

- Cuadro N° 1. Análisis químico de muestras de caliza provenientes de la región de Gachetá y alrededores.
- ” ” 2. Examen paleontológico de muestras provenientes de la región de Pueblo Viejo.
  - ” 3. Análisis químico de muestras de caliza provenientes de la región de Pueblo Viejo.
  - ” 4. Examen paleontológico de muestras provenientes de terrenos de Cía. de Cemento Samper.
  - ” 5. Análisis químico de muestras de caliza provenientes de terrenos de Cía. de Cemento Samper.
  - ” 6. Análisis químico de muestras de caliza provenientes de Puerto Arturo y alrededores.
  - ” 7. Análisis químico de muestras de caliza provenientes del río Blanco al norte de Choachí y de la zona Choachí - Fómeque - Ubaque.
  - ” 8. Examen paleontológico de muestras provenientes de Chipaque - Cáqueza.
  - ” ” 9. Análisis químico de muestras de caliza provenientes de Chipaque - Cáqueza.

## INTRODUCCION

*Dentro del programa de abastecimiento de cal agrícola de la Sabana de Bogotá el autor visitó las áreas de mayores probabilidades estratigráficas para encontrar caliza y todas las manifestaciones de que se tenía noticia en la región comprendida entre la carretera del Guavio y la región de Gachetá por el norte y entre la carretera de Oriente y la población de Cáqueza por el sur (ver Fig. N° 1).*

*Con tal propósito se recorrieron todas las carreteras de la región y sus alrededores y se hizo un reconocimiento del río Blanco entre la población de Choachí y la carretera La Siberia - Cantera de Palacio. Los reconocimientos geológicos consistieron en la comprobación y estudio de manifestaciones de caliza, medidas de espesores, rumbo y buzamiento y recolección de muestras para ser analizadas en cuanto a su contenido fosilífero o químico. Para esto se emplearon compás estilo Brunton, decámetro, alidada y plancheta.*

*Para propósitos de este informe se ha dividido el área estudiada en tres regiones:*

*Región de Gachetá y alrededores;*

*Región de Pueblo Viejo;*

*Cuenca hidrográfica del río Blanco y alrededores.*

*El autor recibió colaboración de los geólogos e ingenieros de minas Hermann Hoeck, Guillermo Londoño, Artur Warren y Roberto Wokittel, y muchas otras personas le facilitaron su labor en diversas formas, lo cual les merece todo su agradecimiento.*

## REGION DE GACHETA Y ALREDEDORES

### *Generalidades.*

La región estudiada comprende las áreas de los municipios de Gachetá, Junín y Gama, departamento de Cundinamarca, que en conjunto tienen unos 930 kilómetros cuadrados y unos 35.000 habitantes.

Estos tres Municipios están comunicados con Bogotá por la carretera del Guavio y sus respectivos ramales, y distan de ella así: Gachetá, 90 kilómetros; Junín, 95 kilómetros, y Gama, 111 kilómetros aproximadamente.

La región está situada entre alturas de 1.500 a 2.500 m sobre el nivel del mar y la temperatura media es de 18°C. Las principales industrias son agricultura, ganadería, y en menor grado minería. Las principales vertientes de la región son los ríos Gachetá y Salinero.

### *Geología General.*

La región estudiada (ver Fig. N° 1) está situada sobre sedimentos cretáceos bastante plegados. En una forma general estos sedimentos van aumentando en edad hacia el Este. Estratigráficamente la región está compuesta de una sucesión de mantos de caliza, arenisca y lutita correspondientes a sedimentos de edades Albiano a Maastrichtiano Inferior (Pisos de Villeta y Guadalupe).

Las formaciones que contienen caliza aquí están situadas en el Cenomaniano. El Maastrichtiano aflora claramente al noroeste de Gachetá, cerca a Las Salinas, en la vertiente occidental de las cabeceras del río Salinero.

Los sedimentos cuaternarios están compuestos por terrazas y abanicos aluviales formados por una serie de conglomerados de consolidación media de grava y cantos de tamaños irregulares, con cemento de lutita y arena, cubiertos esporádicamente por cantos rodados grandes que han quedado descubiertos debido a la erosión. Estos conglomerados han sido formados por la descomposición de los estratos cretáceos más fuertes y reposan discordantemente sobre ellos.

Estructuralmente, y de una manera muy general, se puede decir que la región está formada por un gran anticlinal que buza hacia el Suroeste. El eje de este anticlinal sigue una dirección general Suroeste-Noreste y pasa aproximadamente entre el puente Reyes y la confluencia de los ríos Salinero y Gachetá y al oeste del Monumento de Junín. El anticlinal ha



*Kilómetro 3 del camino de Las Salinas.* Aproximadamente tres kilómetros al noroeste de Gachetá, unos 200 m al este del camino de Las Salinas, existe un afloramiento de caliza de considerables proporciones. Este afloramiento consta de varios mantos de caliza (ver Fig. N° 2), con espesores que varían entre 0.80 y 6 m, que se extienden por varios kilómetros hacia el Este con plegamientos suaves. Cerca al camino de Las Salinas, el rumbo promedio es N 10° W y el buzamiento 10° E. El afloramiento se presenta aquí bastante descubierto y razonablemente accesible. Más hacia el Este presenta muros cortados casi verticalmente que impiden el acceso, y en algunos lugares se presentan totalmente cubiertos por material rodado: sólo desde lejos puede observarse el afloramiento completo. Además de los mantos que fueron muestreados y que se detallan en la columna estratigráfica (ver Fig. N° 2), parece que más hacia el Este se presentan, superponiendo estos mantos de caliza, por lo menos otros dos de más de 2 m.

Los análisis de las muestras tomadas (números REC-71, REC-72, REC-73, REC-74 y REC-75) se incluyen en el cuadro número 1. Como se puede deducir de estos datos, se encuentra aquí un yacimiento de caliza de bastante extensión que llegaría a los varios millones de toneladas. Sin embargo, su bajo contenido de carbonato de calcio y alto contenido de sílice lo hacen inepto para uso aun para cal agrícola. Sólo en caso de falta de cal en las inmediaciones del afloramiento, podría usarse después de molerlo.

Además de este afloramiento, encontramos algunos cantos rodados de caliza en la quebrada Grande, que se consideraron de ningún valor económico.

CUADRO NUMERO 1  
ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRAS DE CALIZA  
PROVENIENTES DE LA REGIÓN DE GACHETA Y ALREDEDORES  
(Analizó: Servicio Químico Nacional).

Número	% Hume- dad	% CaCO <sub>3</sub>	% CaO	% MgO	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Pérdidas totales	Procedencia	
REC-71	0.18	78.50	43.96	0.74	9.89	4.45	2.99	37.15	Kilómetro 3 del camino Gachetá-Las Salinas	
REC-72	0.33	60.09	33.65	0.79	21.35	10.31	4.54	28.85		
REC-73	0.40	39.25	21.98	0.63	42.39	8.37	5.38	20.18		
REC-74	0.22	70.12	39.27	1.12	15.15	5.20	5.50	33.17		
REC-75	0.40	14.50	8.12	0.86	65.85	8.26	7.10	9.64		
REC-78	0.54	47.21	26.44	0.93	28.02	6.70	12.68	24.33	Monumento de Gachetá	
REC-79	0.29	66.37	37.17	0.85	19.09	4.07	6.38	30.95		
REC-80	0.19	77.39	43.34	0.57	11.44	5.08	2.91	35.91		
REC-81	0.29	68.09	38.13	0.83	19.15	3.56	5.14	32.14		
REC-82	0.15	57.12	31.99	0.89	34.27	3.00	3.07	25.62		
REC-83	0.36	81.87	45.85	0.34	9.70	3.06	3.59	36.62		
REC-84	0.35	74.86	41.92	0.50	13.95	4.56	4.39	33.70		
REC-85	0.31	15.39	8.62	0.81	63.22	6.79	10.07	8.87		
REC-86	0.40	63.12	35.35	1.01	15.45	8.88	9.28	29.94		
REC-88	0.53	62.93	35.24	1.16	14.16	8.42	10.38	30.04		
REC-89	0.13	24.46	13.70	0.30	67.30	4.40	2.52	11.11		
REC-90	0.40	76.96	43.10	0.70	14.41	2.50	3.35	35.02		
REC-91	0.22	34.32	19.22	0.30	53.23	6.06	3.46	17.24		
REC-92	0.29	10.05	5.63	1.48	60.44	14.23	6.61	10.90		SE de Junín

*Monumento de Gachetá.* En el declive entre el monumento de Gachetá y el río Salinero, afloran muchos mantos delgados de caliza (ver Fig. N° 3), análisis de algunos de los cuales (muestras números REC-78 a 86 y REC-88 a 91) se presenta en el Cuadro Número 1. En general estos mantos tienen aquí un rumbo general N 30° E y un buzamiento promedio de 40° W. Se encontró aquí un Venilicardia fósil, de edad indefinida (muestra número REC-87).

En el caso de estos bancos, ni su escaso grosor ni su bajo contenido de CaCO<sub>3</sub>, aun dejando de lado su dificultad de explotación y la inaccesibilidad en muchos casos, los hacen propicios para uso como cal industrial o agrícola.

*Monumento de Junín.* No se consideró necesario, después de una inspección preliminar, el detallar ni muestrear este afloramiento, pues presenta todas las características de ser idéntico al del monumento de Gachetá y separado de aquél sólo por la erosión del río Nemeqata. Sus posibilidades económicas son también malas.

*Ramal entre la carretera del Guavio y Gama.* No existen de esta carretera, recientemente construída, ni mapas ni fotografías aéreas para localización. En general se puede decir que los estratos aquí buzanan entre 35 y 50° al Noroeste y su dirección cerca del comienzo del ramal es N 10° E, variando hasta N 55° E cerca a Gama. Se componen de bancos de arenisca, lutitas, marga y caliza, en algunos lugares bastante fallados.

Se encuentran muchos bancos de caliza en esta carretera, pero ninguno de espesor o aspecto que hiciera pensar en posibilidades de explotación, por lo cual no se hizo una exploración posterior.

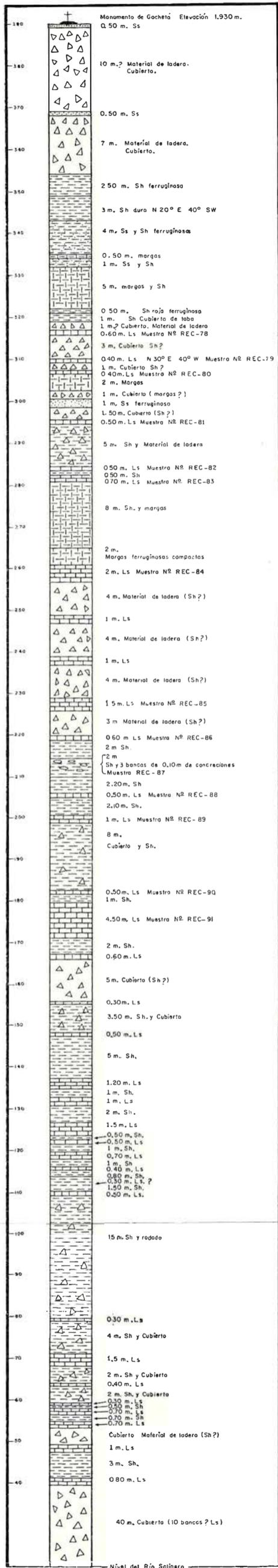
*Sureste de Junín.* Cerca a la mina "El Rincón", unos 300 m en dirección S 40° W, y en el bloque oriental de la falla a lo largo de la cual se depositaron los minerales de zinc, hierro y cadmio que se han explotado en el pasado, se encuentra un banco de poca extensión de caliza de 0.60 m. de espesor (N 20° E, 58° E) del cual se extrajo una muestra (REC-92) cuyo análisis se incluye en el cuadro número 1.

Además, se encontraron muchos cantos rodados, la fuente de los cuales fue la razón de nuestra visita, pero no pudo ser localizada. Estos cantos han sido explotados ocasionalmente para producir cal agrícola en pequeña escala.

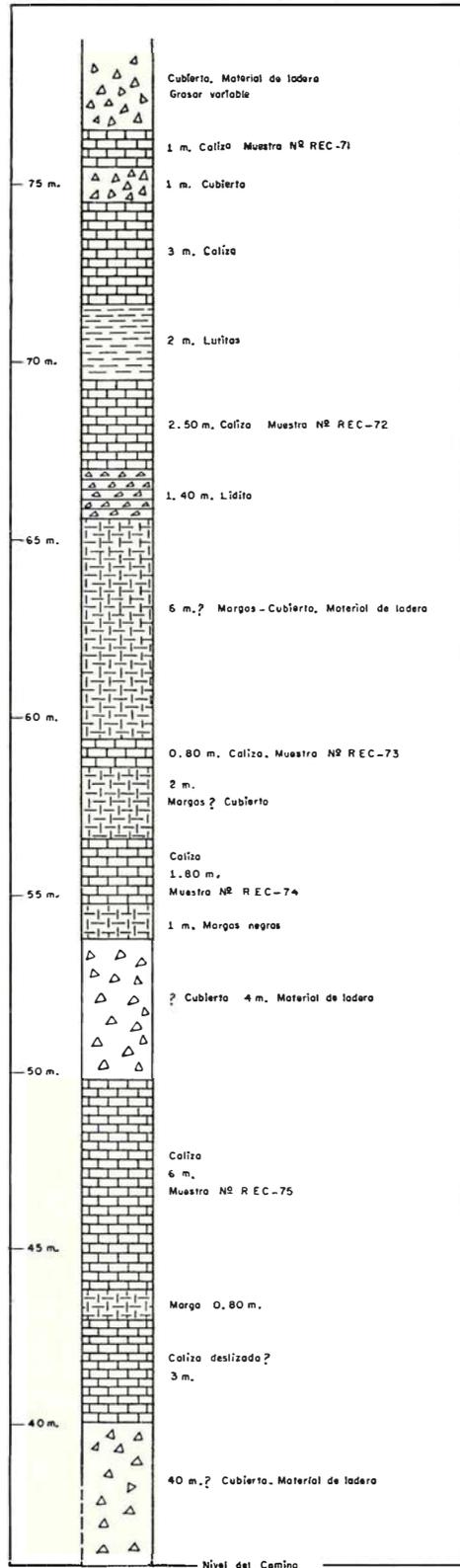
*Afloramientos de travertina.* Existen muy buenos afloramientos de travertina cerca al cementerio de la ciudad de Gachetá, de los cuales los situados entre la carretera y el río Gachetá están siendo explotados actualmente.

Para ello se usa una sierra de cadena sinfín que corta bloques cúbicos de aproximadamente 1 m<sup>3</sup> de volumen, que son cortados y pulidos en Bogotá. La sierra tiene una capacidad de unos 50 cm diarios cuando el bloque tiene 6 m de largo. La producción actual se nos informó ser de unos 10 m<sup>3</sup> por mes.

Estos afloramientos parecen haber sido originados por redeposición de CaCO<sub>3</sub> en sedimentos cuaternarios, transportado por aguas termales. Como tales, estos depósitos son de forma irregular y difícil cubicación. A primera vista, parece que existen allí unos 5.000 m.<sup>3</sup> de travertina de buena calidad, distribuídos irregularmente.



Columna estratigráfica generalizada del afloramiento de caliza del monumento de Gachetá. Figura Nº 3.



Columna estratigráfica generalizada. Aflo-  
ramiento de caliza del camino Gachetá - Las  
Salinas. Figura Nº 2.

Además de su uso como piedra ornamental, se podría pensar en el uso de los desperdicios para producción de cal agrícola en escala reducida, por su alto contenido de  $\text{CaCO}_3$ .

### *Conclusiones.*

Los afloramientos de caliza de la región de Gachetá se presentan en la cercanía de la ciudad y al menos el situado en el camino de Las Salinas presenta un tonelaje bastante grande. Con excepción del situado en Junín, todos se encuentran a distancias menores de 5 kilómetros de algún carreteable. Sin embargo, su deficiente calidad impide pensar en cualquier posibilidad de explotación económica. Solamente se podría, y en pequeña escala, usar el material no aprovechable ornamentalmente de la explotación de travertina de Gachetá.

## REGION DE PUEBLO VIEJO

### *Generalidades.*

La región estudiada está situada en el municipio de Guasca, departamento de Cundinamarca, a unos 12 kilómetros al SSW de la población de Guasca.

El municipio de Guasca tiene una extensión aproximada de 281 kilómetros cuadrados y unos 6.000 habitantes.

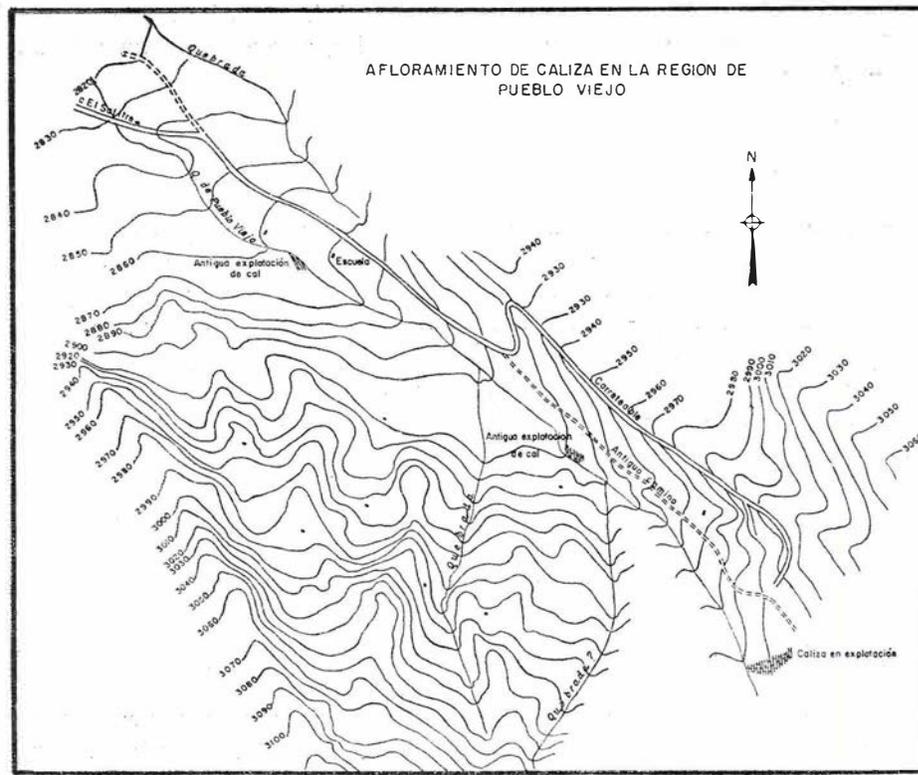
La región de Pueblo Viejo está comunicada con Bogotá por un ramal de unos 7 kilómetros que se desvía de la carretera del Guavio hasta el sitio de la explotación. De este ramal se desprende una serie de desviaciones carreteables que comunican los principales sitios de la región, incluyendo una (ahora en construcción) que se extenderá hasta el yacimiento de hierro de Pericos.

La región está situada a alturas entre 2.700 y 3.100 m sobre el nivel del mar y su temperatura media es de 12° C.

### *Geología General.*

La región estudiada (ver Fig. N° 4) está situada sobre sedimentos cretáceos y terciarios con algunas fallas y plegamientos. Estratigráficamente la región está compuesta de una sucesión de mantos de caliza, arenisca, lutita y lidita correspondientes a sedimentos de edades entre el Cenomaniano y el Eoceno. (Pisos de Villeta, Guadalupe, Guaduas y Bogotá).

La formación calífera aquí está situada en el límite Cenomaniano-Turoniano, en el nivel de *Exogyra squamata* D'ORBIGNY. Además de este nivel, existe otro nivel guía de arenisca (probablemente del Campaniano) que resta conformemente sobre el nivel de la *Exogyra*, unos 150 a 200 m superior estratigráficamente, y separado por una serie de lutitas y liditas correspondientes al Turoniano y Coniaciano. La uniformidad de aflora-



Afloramiento de caliza en la región de Pueblo Viejo. Figura N° 4.

mientos de ese nivel y su constante distancia estratigráfica de la *Exogyra* lo hace muy valioso para localización de la posición relativa de los bancos de caliza, ayudando en esta forma a una estimación de su situación aun en sitios donde no afloran. Se recogieron aquí muestras fosilíferas números REC-145, REC-146, REC-147, REC-154, REC-155, REC-156 y REC-157 de más antiguo a más joven, cuyos análisis se detallan en el Cuadro N° 2.

CUADRO NUMERO 2  
EXAMEN PALEONTOLOGICO DE MUESTRAS  
PROVENIENTES DE LA REGION DE PUEBLO VIEJO

Muestra N°	Fauna	Procedencia	Edad
REC-145	Abundantes conchas de lamelibranchios con poco valor cronológico	Cantera de caliza de la Compañía Explotadora de Cal, Pueblo Viejo, Guasca, Cundinamarca.	Cenomaniano Superior.
REC-146 REC-147	Fosilífera, y las formas aparecen generalmente como moldes en que la calcita es el mineral reemplazante. La especie <i>Exogyra squamata</i> D'ORBIGNY es frecuente.		
REC-154	Indicios de fósiles, cuya concha original ha sido sustituida por calcita. La especie <i>Exogyra squamata</i> D'ORBIGNY parece estar presente.		
REC-155 REC-156	Algunas formas de lamelibranchios se asemejan mucho a <i>Tellina</i> ( <i>Linearia</i> ) <i>andium</i> GERHARDT.	SE de la cantera de caliza de Pueblo Viejo, Guasca, Cundinamarca.	Turoniano, probablemente Senoniano.
REC-157	Muchos fósiles de foraminíferos. También contiene microfósiles, entre los cuales hay un <i>Peroniceras</i> . ( <i>Gauthiericeras</i> ).	SE de la cantera de caliza de Pueblo Viejo, Guasca, Cundinamarca.	Coniaciano Superior.

Analizó: Departamento de Estratigrafía, Servicio Geológico Nacional.

Los sedimentos cuaternarios, que reposan discordantemente sobre las formaciones anteriormente descritas, están formados por terrazas y abanicos aluviales de tamaños variables de grava y cantos rodados con cemento de lutita y arena.

Estructuralmente, y de manera muy general, la región está doblada por un pequeño anticlinal, cuyo eje buza hacia el Sursuroeste y probablemente pasa (el eje) a corta distancia al Oeste de la explotación de caliza. El anticlinal ha sido erodado aproximadamente a lo largo de su eje, dejando en descubierto las formaciones más antiguas. Los flancos a su vez están cortados por fallas de poco desplazamiento.

### *Geología Económica.*

Se visitaron en esta región los yacimientos de caliza que están siendo explotados por la Compañía Explotadora de Cal S. A., situados en Pueblo Viejo.

Estos yacimientos consisten de dos bancos de caliza cristalina de unos 12 a 13 m de grosor total separados por aproximadamente 3 m de lutitas y margas. La dirección general de los estratos es N-S y su buzamiento promedio es de unos 10° W. El yacimiento tiene una extensión probada por medio de cateos hechos por la Compañía Explotadora de Cal de unos 1.200 m. Las reservas explotables de este yacimiento han sido calculadas por ellos en más de siete millones de toneladas. Del banco inferior se extrajeron muestras números REC-148, REC-149 y REC-150, y del banco superior, muestras números REC-151, REC-152 y REC-153, análisis químicos de los cuales se incluyen en el Cuadro N° 3.

CUADRO NUMERO 3  
ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRAS DE CALIZA  
PROVENIENTES DE LA REGIÓN DE PUEBLO VIEJO

Muestra N°	% Humedad	% CaCO <sub>3</sub>	% CaO	% MgO	% SiO <sub>2</sub>	% R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Pérdidas totales	Procedencia
REC-148	0.12	86.43	48.40	Trazas	5.01	6.12	39.29	Cantera de la Compañía Explotadora de Cal, S. A., Pueblo Viejo,
REC-149	0.08	88.75	49.70	Trazas	5.99	3.29	39.42	
REC-150	0.12	85.96	48.14	Trazas	5.69	4.93	39.38	
REC-151	0.09	80.09	44.85	Trazas	13.12	3.94	36.02	Guasca, Cundinamarca.
REC-152	0.07	92.37	51.73	Trazas	3.88	2.04	41.10	
REC-153	0.06	92.89	52.02	Trazas	3.17	3.14	41.60	

Analizó: Servicio Químico Nacional.

Entre 1935 y 1960 la Compañía Explotadora de Cal ha extraído unas 250.000 toneladas de caliza y se estima que la explotación en 1961 será de 11 a 12.000 toneladas. La caliza se calcina en dos hornos, en donde se quema aproximadamente el 90% de la producción. Estos hornos pueden producir entre 30 y 50 toneladas diarias de cal viva.

Además, la misma compañía explota el yacimiento de hierro de Pericos y adyacentes, a corta distancia de la caliza, el cual no fue visitado. En los últimos 20 años ha tenido un promedio de explotación de hierro de 1.000 toneladas anuales. Para 1961 se espera que será de 5.000 a 8.000 toneladas.

En El Salitre se observaron dos manantiales calientes y eczemas de sal cerca a la carretera del Guavio.

### *Conclusiones.*

El yacimiento de Pueblo Viejo, como se puede deducir por su potencialidad y calidad, es un yacimiento excelente, especialmente comparado con la mayor parte de los otros yacimientos estudiados en esta área. La explotación a tajo abierto y con adecuados métodos técnicos es evidentemente la forma más apropiada, aun con la cantidad de material yacente que tiene que ser removido.

La Compañía Explotadora de Cal vende alrededor de la mitad de su producción para cal agrícola o para material componente de fungicidas donde no tenga importancia la causticidad de la cal. El resto abastece a una serie de industrias que consumen cal con especificaciones particulares. tales como abonos, fundentes, alimentos concentrados, etc.

## CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO BLANCO Y ALREDEDORES

### *Generalidades.*

La región estudiada comprende los municipios de La Calera, Choachí, Fómeque, Ubaque, Chipaque y Cáqueza, departamento de Cundinamarca, que en conjunto tienen unos 1.520 kilómetros cuadrados y unos 56.000 habitantes.

Estos seis municipios están comunicados con Bogotá por la carretera de Oriente y ramales que se desprenden de ella, por la carretera Bogotá-Choachí, y por la carretera Bogotá - La Calera - La Siberia - Palacio y distan de ella así: La Calera, 45 kilómetros; Choachí, 40 kilómetros; Fómeque, 70 kilómetros; Ubaque, 60 kilómetros; Chipaque, 30 kilómetros, y Cáqueza, 50 kilómetros.

La región está situada a alturas entre 1.700 y 3.600 m. La temperatura varía entre 5° y 25° C. Las principales industrias son cemento, agricultura y ganadería. Las principales vertientes de la región son el río Blanco (que cerca a Cáqueza se convierte en río Negro) y el río Une (que cerca a Cáqueza se llama río Cáqueza) con sus respectivos afluentes.

### *Geología General.*

La región de la cuenca hidrográfica del río Blanco y alrededores está compuesta en una forma muy general por una serie de plegamientos fallados cuyos ejes forman líneas algo sinuosas y tienen una dirección general Sursuroeste-Nornoreste. Todos los flancos están a su vez subplegados y afectados por fallas de desplazamientos desiguales, entre las cuales tiene especial importancia para este informe la que se presenta a lo largo del río Blanco, aproximadamente paralela al eje del anticlinal de Choachí. En general se puede decir que el sistema de fallas observadas sigue un rumbo paralelo al eje de los plegamientos con sus consiguientes fallas perpendiculares de menor desplazamiento.

Estratigráficamente se presentan aquí principalmente sedimentos cretáceos que afloran debido a la erosión de las corrientes superficiales. De más antigua a más joven se presentan aquí las siguientes formaciones:

*Grupo de Cáqueza* (Titoniano a Hauteriviano), cuyos estratos superiores en la región estudiada forman el centro de la nariz del anticlinal de Choachí. Sobre estos estratos está situada la población de Cáqueza.

Su límite superior sobre la carretera Chipaque - Cáqueza está aproximadamente en el puente de Cáqueza, donde aflora hacia el Sur la arenisca de Cáqueza (Hauteriviano). Su límite al Norte está en una línea entre Ubaque y Fόμεque. En la región sólo se presenta su parte superior que consta de bancos gruesos de arenisca con algunas lutitas intercaladas. Se observaron además mineralizaciones de yeso cristalino y fibroso como reemplazo en zonas de fallas. HUBACH (1951) le asigna un grosor total de 3.000 a 4.000 metros.

*Villeta Inferior o Fόμεque* (Barremiano), sobre la cual están situadas las poblaciones de Choachí, Fόμεque y Ubaque, se extiende a ambos lados del río Blanco, hasta unos 8 kilómetros aproximadamente a lo largo del río al nornoreste de Choachí, mostrando en este sector su parte superior. Tiene aquí un grosor aproximado de 1.900 a 2.000 m. y consta de una serie lutitosa piritífera intercalada por areniscas, margas y calizas. Cerca a los planos de falla se observan diversas mineralizaciones de azufre, calcita, cuarzo, etc., y manantiales calientes de aguas mineralizadas. No se observó ningún fósil.

En Puente Nuevo se observaron slickensides con tendencia a una dirección paralela a la corriente del río. Aquí la dirección general de los estratos es N 20° E y buzamiento 55° E. Cerca a este puente, en la ribera izquierda del río, los estratos están prácticamente verticales. La roca aquí es una serie de bancos de arenisca y lutita.

*Villeta Medio o Une* (Aptiano), se presenta en la carretera Chipaque - Puente de Cáqueza perpendicularmente a ella y a ambos lados del río Blanco paralela a él hasta que éste la corta en una extensión de 1.5 a 2 kilómetros al NNE de la formación anteriormente descrita, antes de llegar de Choachí al Puente de Ají. Está formada principalmente por bancos muy gruesos de arenisca de grano grueso (Arenisca de Une de HUBACH, 1951) que fueron depositados sobre bancos delgados de caliza, que parecen ser aquí el tope del Villeta inferior. Esta caliza se presenta en el límite con el Villeta superior a ambos lados del río con dirección general N-S y buzamiento promedio de 80 a 85° W. Un kilómetro aproximadamente al SSE del caserío de Mundo Nuevo estas areniscas afloran en la ribera derecha del río en escarpes muy pronunciados de dirección general N-S y buzamiento de 75° W a vertical.

El grosor de esta formación fue calculado (HUBACH, 1951) en unos 400 m., pero al menos aquí, y aunque no fue medida en detalle, parece ser mucho mayor.

*Villeta Superior o Chipaque* (Albiano a Cenomaniano). Esta formación se presenta en el río Blanco desde los alrededores del caserío de Mundo Nuevo hasta aproximadamente la hacienda Puerto Arturo, donde el río se aparta del eje del anticlinal y toma un rumbo NNW-SSE hasta sus cabeceras. Toda la región de Chipaque, especialmente las ribe-

ras del río Une forman parte de esta formación. Más al norte, en el municipio de La Calera, se presenta en La Siberia y otros puntos, pero allí aflora sólo parcialmente.

Esta formación es muy importante para este informe, pues en su contacto con el Guadalupe Inferior (límite Cenomaniano - Turoniano) se presentan yacimientos de caliza de importancia económica.

El Villeta superior está formado aquí por una serie de lutitas piritíferas con bancos de caliza y areniscas de grano grueso en su parte superior y varios niveles de *Exogyra squamata* D'ORBIGNY. En esta región, la formación parece estar afectada por una serie de fallas paralelas (probablemente perpendiculares a una falla que sigue el curso general del río?) que dificultan la correlación de las capas. De nuevo aquí la formación parece tener un mayor grosor que lo calculado por HUBACH (1951), quien lo estima solamente en unos 200 m.

*Formación Guadalupe* (Turoniano a Maestrichtiano Medio). Las areniscas superiores de esta formación son una excelente guía estratigráfica y se extiende formando los riscos principales de la Cordillera de Bogotá y se repite hacia el Este formando flancos claramente visibles de sinclinales y anticlinales (DE LA ESPRIELLA, 1960).

Los niveles más fácilmente identificables están formados por las areniscas Dura y Tierna de la parte superior de la formación, separadas por un nivel de lilitas arenosas (plaeners) y el horizonte de La Frontera en el Coniaciano basal.

El resto está formado por una sucesión monótona de lutitas, lilitas arenosas (plaeners) y areniscas delgadas.

En el Campaniano se encuentra un nivel de caliza fosilífera en las regiones de Palacio y quebrada de Chocolatal.

*Formaciones Guaduas, Bogotá, Tilatá, etc.* (Maestrichtiano Superior a Pleistoceno). Estas formaciones carecían de importancia para el presente informe, y por lo tanto no fueron estudiadas. Todas han sido ampliamente descritas anteriormente y por lo tanto no se incluye ninguna información sobre ellas aquí.

*Formaciones Recientes.* Las formaciones recientes en esta región cubren la casi totalidad del área, especialmente en el valle del río Blanco. Se componen de sedimentos no consolidados formados por la deposición de materiales erodados de las formaciones locales, sobre las cuales reposan discordantemente. Además de gravas, arenas y gredas, se presentan grandes cantos rodados de arenisca y caliza.

### *Geología Económica.*

En la misma forma que en el resto de la región, se visitaron todos los afloramientos de caliza de que se tenía noticia tratando además de descubrir los que se pudieran inferir por correlación estratigráfica. Se dio especial preferencia a los yacimientos de los cuales no existía ningún estudio previo y de los que su reconocimiento era exhaustivo sólo se hizo una visita de rutina con el fin de correlacionarlos con los del resto de la región.

Se visitaron cinco zonas principales donde se localizaron calizas:

Cementos Samper, S. A.  
Puerto Arturo y alrededores,  
Río Blanco al norte de Choachí,  
Choachí - Fómeque - Ubaque y  
Chipaque - Cáqueza.

*Cemento Samper, S. A.* La Compañía de Cementos Samper tiene en la actualidad tres yacimientos de calizas (ver Fig. N° 1): La Siberia, Cantera de Palacio y quebrada de Chocolatal, de los cuales sólo explota el segundo.

*La Siberia.* Este yacimiento, que fue el primero de donde se abasteció Cementos Samper, está situado a poca distancia al SE de la fábrica.

Se presentan aquí dos bancos gruesos de caliza de excelente calidad intercalados por otros más pequeños de areniscas, liditas y lutitas. Estratigráficamente, HUBACH (1929) asigna estos bancos al límite entre las formaciones de Villeta y Guadalupe (contacto Cenomaniano - Turoniano). Aquí se recogió una muestra (REC-165) con impresiones y moldes de *Astarte sieversi* GERHARDT.

Los bancos de caliza afloran claramente en los destapes dejados por las antiguas explotaciones. El banco superior tiene unos 25 a 30 m de grosor y el inferior unos 7 m. El rumbo general de los estratos es N 45° E y su buzamiento promedio 45° NW. La caliza se presenta muy meteorizada y es muy difícil extraer muestras representativas. Por lo tanto, se prefiere el análisis promedio (ver Cuadro N° 5) suministrado por la fábrica.

Las reservas de este yacimiento han sido casi agotadas por explotaciones en los últimos treinta años, que han sido suspendidas porque la continuación del yacimiento hacia el Sur no pertenece ya a Cemento Samper.

En cualquier caso, y a pesar de su excelente calidad, no es aconsejable seguir explotando este yacimiento, pues su poca magnitud no justifica posibles derrumbes de alguna consideración que podrían ocasionar desperfectos en las construcciones de la fábrica.

*Cantera de Palacio.* Está situada a unos 20 km. aproximadamente en línea recta al Oriente de La Siberia (ver Fig. N° 1).

Estratigráficamente esta caliza ha sido siempre considerada como un nivel del Senoniano Medio. Las determinaciones que se hicieron de muestras (números REC-161 a 164) recogidas por el autor (ver cuadro número 4) indican que probablemente pertenece al Campaniano.

CUADRO NUMERO 4  
 EXAMEN PALEONTOLOGICO DE MUESTRAS  
 PROVENIENTES DE TERRENOS DE CEMENTOS SAMPER, S. A.

Muestra N°	Fauna	Procedencia	Edad
REC-165	Impresiones y moldes de <i>Astarte sieversi</i> GERHARDT.	Cantera de La Siberia, La Calera, Cundinamarca.	¿ Senoniano Inferior?
REC-161			
REC-162	Valvas de <i>Alectryonia</i> cf. <i>aucapitainei</i> COQUAND.	Cantera de Palacio, La Calera, Cundinamarca.	Campaniano.
REC-163			
REC-164			
REC-169	Valva de <i>Ostrea</i> .	Quebrada Chocolatal, La Calera, Cundinamarca.	Campaniano.
REC-170	Valvas de <i>Alectryonia</i> cf. <i>aucapitainei</i> COQUAND.		

Analizó: Departamento de Estratigrafía, Servicio Geológico Nacional.

La dirección general de los estratos es N-S y su buzamiento hacia el W. La caliza se presenta aquí en forma de bloques de falla. Las fallas, que parecen ser parte de un sistema de fallas transversales a una falla principal, tienen una dirección general SSW-NNE. LONDOÑO, G. (información oral) sugiere una peneplanación glacial después del doblamiento, con acumulación del material detrítico calífero encima de la misma caliza, como explicación a los resultados obtenidos por taladros (70 m de "grosor" en algunos sitios). El autor observó evidencias claras de glaciación en los botaderos, donde los cortes en las areniscas han formado un anfiteatro.

Las reservas de caliza de este yacimiento han sido estimadas preliminarmente entre 7 y 10 millones de toneladas, pero la irregularidad del yacimiento dificulta un cálculo exacto basado en datos de geología superficial. Cementos Samper esporádicamente efectúa perforaciones de ensayo, pero nunca se ha hecho una serie sistemática de perforaciones con el objeto de hacer cálculos de tonelaje.

El yacimiento se explota técnicamente con maquinaria apropiada y los problemas de material sobrante, etc., se han resuelto satisfactoriamente. El transporte de la caliza hasta la fábrica se hace por medio de un cable aéreo.

Se recogieron muestras (números REC-158 a 160) de caliza, cuyo análisis químico se muestra en el cuadro número 5. La caliza que Cementos Samper emplea para la manufactura de cemento debe tener un mínimo de 78% de  $\text{CaCO}_3$ .

CUADRO NUMERO 5  
ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRAS DE CALIZA  
PROVENIENTES DE TERRENOS DE CEMENTOS SAMPER, S. A.

Número	% Hume- dad	% CaCO <sub>3</sub>	% CaO	% MgO	% In- soluble	% R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CO <sub>2</sub> (calculado)	Procedencia
REC-158	0.59	93.48	52.35	0.88	2.73	1.23	42.04	} Cantera de Palacio.
REC-159	0.51	94.02	52.65	0.88	2.79	0.78	42.28	
REC-160	0.43	94.28	52.80	1.21	2.07	0.63	42.76	
REC-166	0.53	94.55	52.95	0.99	1.90	0.88	42.63	} Quebrada Chocolatal.
REC-167	0.47	95.18	53.30	0.66	1.52	1.03	42.83	
REC-168	0.39	96.96	54.30	1.32	1.01	0.80	43.05	

Analizó: Laboratorio Químico del Servicio Geológico Nacional.

ANÁLISIS PROMEDIO DE LA CALIZA DE LA SIBERIA, EMPLEADA EN LA FABRICACION DE CEMENTO, ENTRE ABRIL Y DICIEMBRE DE 1955

% CaCO <sub>3</sub>	% CaO	% MgO	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Pérdidas totales
89.52	50.24	0.38	4.94	2.66	0.70	40.58

Analizó: Laboratorio Químico de la Fábrica de Cemento Samper.

*Quebrada de Chocolatal.* Los afloramientos de caliza en la ribera norte de la quebrada de Chocolatal (ver Fig. N° 1) están situados unos 3.5 kilómetros al SSW de Cantera de Palacio, en la ribera oriental del río Blanco.

Se encuentra aquí un banco de caliza de un grosor máximo observable de 15 m. no muy uniforme debido a su fuerte erosión. Su posición estratigráfica parece ser la misma que la de la caliza de Cantera de Palacio, es decir, sedimentos correspondientes al Campaniano. (Ver análisis de muestras números REC-169 y 170, Cuadro N° 4).

Estructuralmente la zona es muy compleja. De nuevo aparece aquí una serie de fallas perpendiculares al río Blanco afectadas por otras de menores proporciones perpendiculares a ellas. La ribera sur de la quebrada de Chocolatal tiene en general una serie de estratos que buzanan hacia el W pero afectados por una falla normal, cuyo bloque este está invertido, teniendo así buzamientos hacia el Oeste y Este. La ribera norte está afectada por una falla normal, que puede ser la continuación de la falla de la ribera sur, que parece cortar el banco de caliza.

Las observaciones hechas en el campo no fueron suficientes para aventurar una opinión sobre la continuación de este banco, especialmente en un área estructuralmente tan complicada. Preliminarmente, sin embargo, fue la opinión del autor en el campo que la continuación del banco de caliza (dirección N 10° E?; buzamiento 45° SW?) estaba limitada en su extremo oeste por la falla, lo que haría de este yacimiento una excelente guía estratigráfica pero su poca extensión no justificaría una explotación en gran escala.

Como esta caliza puede ser la reserva de Cementos Samper, S. A., valdría la pena un estudio detallado de su estructura para una ubicación, así sea aproximada. En estructura tan compleja, no parece suficiente guía los datos logrados por observación de la geología superficial y probablemente sería aconsejable hacer una serie de perforaciones para basarse en hechos más detallados.

Se recogieron aquí muestras números REC-166 a 168, cuyo análisis químico se presenta en el Cuadro N° 5. Como se puede observar, la caliza es aproximadamente de la misma calidad que la de Cantera de Palacio.

*Puerto Arturo y alrededores.* Este yacimiento (ver Fig. N° 1) está situado entre el caserío de Mundo Nuevo y la carretera La Siberia - Cantera de Palacio, en las haciendas Puerto Arturo, La Esperanza, Campo Hermoso, Los Quemados, Bocachica y otras pequeñas parcelas adyacentes.

Se presentan aquí dos bancos gruesos de caliza de excelente calidad intercalados por otros más pequeños también de caliza y mantos de areniscas, margas y lutitas. Estratigráficamente la caliza está aquí, según análisis de HANS BÜRGL de las muestras REC-103, REC-115 y REC-116 de cantos rodados recogidos en la quebrada El Playón y cercanías, en la parte alta del Cenomaniano, en el límite entre los grupos de Villeta y Guadalupe. Esta caliza, más o menos arenosa, está llena de *Exogyra squamata* D'ORBIGNY.

No se encontraron afloramientos *in situ* de esta caliza con *Exogyra*, pero sí gran cantidad de cantos rodados a lo largo de la quebrada mencionada y en el Cerro El Pulpito al noreste de la casa de la hacienda Puerto Arturo.

Los yacimientos de caliza se extienden en una dirección general Suroeste-Noreste en la vertiente occidental del río Blanco. Las vías de comunicación consisten solamente de caminos de herradura, en su mayoría de pésimas condiciones, que comunican esta área con La Calera, Mundo Nuevo y la carretera La Calera - Cantera de Palacio.

Los bancos de caliza pudieron observarse sólo esporádicamente, pues el material de erosión los cubre en su mayor parte, dejando ver sólo afloramientos esporádicos. Estos depósitos recientes dificultan la observación de los mantos y es probable que en muchos casos los oculten totalmente.

Con algunas variaciones locales, el rumbo general de los estratos es Suroeste-Noreste y su buzamiento Noroeste. Con algunas excepciones, el buzamiento no es muy fuerte y oscila entre quince y treinta y cinco grados. La no disminución en grosor de los extremos visibles de los bancos hace desechar la teoría de que estos bancos pudieran ser lenticulares formados por pequeñas depresiones en el fondo marino y hace favorecer la teoría de fallas perpendiculares a la del río Blanco, aproximadamente paralelas, que cortan los bancos en sus extremos visibles. Es posible, además, la presencia de una falla de poco desplazamiento paralela a la cuchilla de Los Cerdos, que explicaría el desplazamiento del banco inferior en ese punto. Sin embargo, el alto costo de trincheras hace antieconómico el intento de probar estas teorías.

*Estimación de reservas.* En esta estimación se ha tratado, en lo posible, de cubicar el mayor número, y en su mayor extensión observable, los bancos que puedan tener una correlación lógica y extensión calculable. Con tal propósito, el autor levantó, con plancheta, alidada, cinta y compás Brunton, el croquis topográfico "Caliza en Puerto Arturo y alrededores" (ver Fig. N° 5), en el que localizó los afloramientos de caliza en esa región. Desafortunadamente, los sedimentos recientes que cubren la mayoría del área dificultan la correlación de los mantos. Descubrir suficientes afloramientos para hacer una estimación total verdadera, sería labor de varios meses e implicaría un costo de alguna magnitud, así que

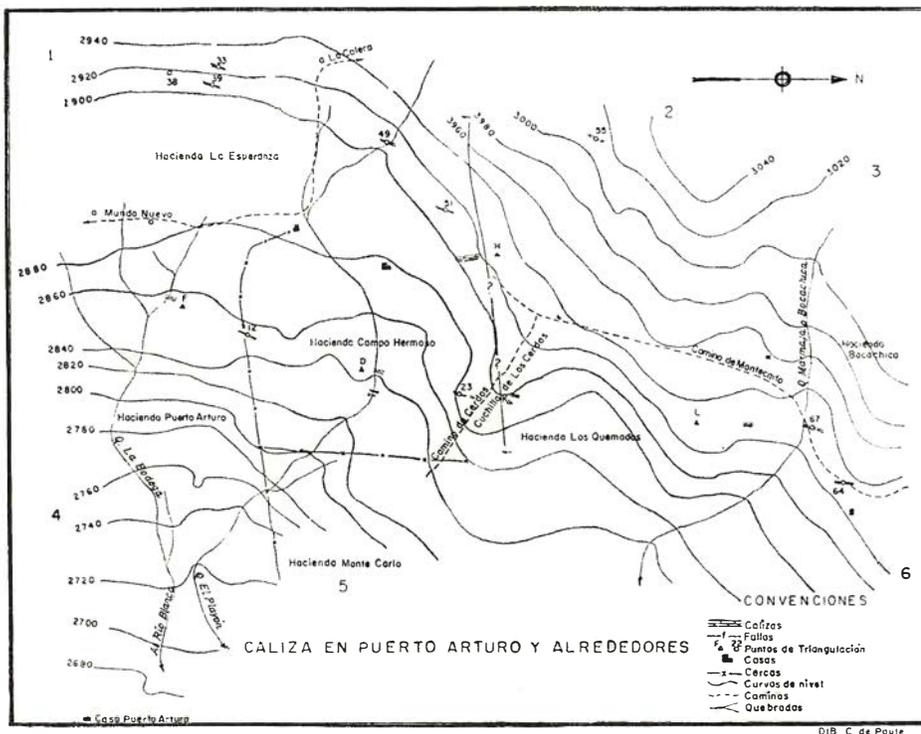
los resultados de esta cubicación están limitados a los datos a nuestra disposición. Datos adicionales modificarían, probablemente en forma considerable, estas cifras.

Se observaron varios mantos de caliza, de los cuales sólo dos se consideran aquí por su grosor y calidad excelentes. Los demás fueron observados sólo localmente y sus grosores no justifican su explotación. En adelante se referirá a ellos como "banco superior" y "banco inferior", por su posición estratigráfica relativa.

El banco superior tiene un grosor observado de 8 m aproximadamente y el banco inferior varía entre 5.5 y 6 m en los lugares donde por destapes, artificiales o naturales, ha sido posible medirlo en su totalidad. No se observó, fuera de estos datos, ninguna prueba de adelgazamiento de los mantos donde pudieron observarse en su totalidad.

Para propósitos de esta cubicación, se tomó por probada la teoría de fallas paralelas que cortan los bancos de caliza en sus extremos visibles.

Los afloramientos de caliza observados están dispersos en toda el área estudiada, pero en general, se pueden dividir en dos grandes bloques cortados por la cuchilla de Los Cerdos (ver Fig. N° 5), así:



Caliza en Puerto Arturo y alrededores. Figura N° 5.

Bloque A, entre los puntos 1, 2, 4 y 5.

Bloque B, entre los puntos 2, 3, 5 y 6.

En el bloque A se pueden observar ambos bancos. El banco superior presenta aquí sus mejores afloramientos en los puntos 38, 39 y 49, en una extensión aproximada de 400 m. Su continuación hacia el Sursuroeste o Nornoreste fue infructuosamente buscada. El banco tiene un grosor aproximado de 8 m en toda su extensión. Respecto a su prolongación subterránea, se ha decidido considerar solamente 100 m explotables por

la cantidad de material en el respaldo superior, cuyo costo de extracción impediría la explotación a tajo abierto después de esta distancia. Así, el volumen de este banco aquí sería  $400 \times 8 \times 100 = 320.000 \text{ m}^3$ . Si se considera la densidad aproximada de la caliza como 2.6, el tonelaje sería  $320.000 \times 2.6$ , o sea 832.000 toneladas.

El banco inferior aflora en el bloque A en la quebrada La Bodega, el punto 12, la quebrada El Playón, el punto 23 y el flanco sur de la cuchilla de Los Cerdos, en una extensión aproximada de 600 m. Cerca a la quebrada La Bodega muestra perturbaciones que sugieren la presencia de una falla. El grosor del manto es de 5.5 a 6 m. Debido a la cantidad de material rodado que oculta la casa entre el punto 12 y la quebrada El Playón, que trincheras de 3 m de profundidad no alcanzaron a atravesar completamente, y la mayor cantidad de respaldo, solamente se han considerado aquí 90 m de prolongación subterránea explotable. Así, el volumen de este banco aquí, sería  $600 \times 5.5 \times 90 = 297.000 \text{ m}^3$ , o sea 772.000 toneladas.

Además, en el bloque A, cerca al punto H se presenta un banco de unos 4 m de grosor en una extensión de unos 50 m, el cual puede tener unos  $10.000 \text{ m}^3$  aproximadamente, o sea unas 26.000 toneladas. Este banco puede extenderse mucho más, pero aquí se calcula sólo lo observado en los destapes ordenados por el autor.

En esta forma, el bloque A tendría un total de 1.629.000 toneladas, o en números redondos 1.500.000 toneladas explotables.

En el bloque B no se observó el banco superior, y el banco inferior aflora solamente en el punto K, con un grosor de unos 5.5 m. La correlación del banco en el punto K con los puntos 64 y 67 es demasiado arriesgada para dar un concepto definitivo por su distancia. Sin embargo, el autor se inclina a creer en esta correlación. Si se pudiera probar esta aseveración, esto arrojaría un millón de toneladas más.

*Aspectos económicos.* La cubicación anterior ha sido calculada tratando de evitar un cálculo optimista. Sin embargo, el autor es de opinión que exploraciones futuras con trincheras y perforaciones aumentarán estas cifras considerablemente.

Como se puede observar en el análisis químico de 10 muestras de la región (ver Cuadro N° 6), se trata aquí de una caliza de alto porcentaje de  $\text{CaCO}_3$  uniforme a través del área. La procedencia de cada una de estas muestras se anota en la última columna del Cuadro de Análisis, con referencia a la Fig. N° 5.

CUADRO NUMERO 6  
ANALISIS QUIMICO DE MUESTRAS DE CALIZA  
PROVENIENTES DE PUERTO ARTURO Y ALREDEDORES

Número	% Humedad	% $\text{CaCO}_3$	% CaO	% MgO	% MgO	% $\text{SiO}_2$	% Pérdidas totales	Procedencia (con referencia a la fig. N° 5)
REC-100	0.05	97.86	54.80	0.17	0.92	1.30	42.73	Cerca a punto D
REC-101	0.04	96.73	54.17	0.58	0.65	1.07	43.22	Punto 12
REC-102	0.05	91.36	51.16	0.67	4.04	3.63	40.66	Punto F
REC-107	0.16	90.45	50.65	Trazas	4.63	6.50	38.02	Punto 33
REC-108	0.06	99.91	55.95	Negat.	0.91	2.00	40.89	Punto 38
REC-110	0.09	93.03	52.10	Trazas	3.24	3.55	40.87	Entre puntos H y 50
REC-111	0.14	93.77	52.51	Trazas	3.02	3.50	40.81	Punto 56
REC-112	0.14	84.02	47.05	Negat.	8.50	6.90	37.21	Punto 67
REC-113	0.11	89.73	50.25	Trazas	4.85	5.26	39.43	Entre puntos 67 y L
REC-114	0.07	94.66	53.01	Negat.	0.86	4.10	41.68	Cerca a punto K

Analizó: Servicio Químico Nacional.

De toda el área observada, este es el único yacimiento de considerables proporciones que no está en explotación. Dadas la potencialidad de los bancos y la excelente calidad del mineral, sería conveniente la explotación de este yacimiento para consumo en la Sabana de Bogotá como cal agrícola y otros fines industriales. El empleo de maquinaria apropiada y personal técnico junto con medios adecuados de transporte aparecen como los métodos obvios para la explotación económica de este yacimiento.

La construcción de un carreteable que comunicara a este yacimiento con el ramal La Siberia - Carretera de Palacio o con las poblaciones de La Calera o Choachí sería vital para el transporte del mineral, puesto que reduciría de una manera considerable el tiempo y la dificultad de transporte, convirtiendo este yacimiento en una fuente importante de abastecimiento de materia prima para cal agrícola en la Sabana de Bogotá.

*Río Blanco al norte de Choachí.* Siguiendo el río Blanco aguas arriba desde Choachí hasta el caserío de Mundo Nuevo, se encuentran tres manifestaciones principales de caliza, todas asociadas a la falla que corre a lo largo del río. Estas manifestaciones son:

1. Puente de Las Tapias,
2. El Cerrito, y
3. Sur del Puente de Ají.

Además, en una serie de lugares intermedios entre éstos, se presentan concentraciones de cantos rodados de tamaño medio, que son probablemente manifestaciones de bancos que han sido tapados.

*Puente de Las Tapias.* Este afloramiento está situado en la vertiente derecha del río Blanco, cerca al puente de Las Tapias (ver Fig. N° 1).

Se encuentra aquí un bloque de caliza cubierto en su parte superior por margas. Está cubierto casi completamente en tres lados por material de acarreo. Sin embargo, se puede inferir un bloque de 10 m x 5 m x 5 m de caliza cristalina. El afloramiento parece hacer parte de un bloque mayor que conecta con el afloramiento de El Cerrito, y que ha sido dividido por la erosión del río Blanco. Se observaron aquí dos rocas afectadas por slickensides, ya muy poco visibles por su meteorización. Esto, y las observaciones en El Cerrito hacen desconfiar de la correlación continua en el subsuelo de un bloque tan cerca al plano de falla. Así, se pueden considerar aquí, de reservas probables, unas 500 toneladas de caliza, con un porcentaje de 80% de  $\text{CaCO}_3$  (ver Cuadro N° 7, muestra número REC-104). No se pudo observar en este afloramiento la dirección de los estratos, pero areniscas que afloran en las cercanías tienen un fuerte buzamiento hacia el N.

CUADRO NUMERO 7  
ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRAS PROVENIENTES DEL RÍO BLANCO,  
AL NORTE DE CHOACHI, Y DE LA ZONA CHOACHI-FOMEQUE-UBAQUE

Muestra N°	% Humedad	% CaCO <sub>3</sub>	% CaO	% MgO	% SiO <sub>2</sub>	% R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Pérdidas totales	Procedencia
REC-104	0.10	80.71	45.20	Trazas	14.73	4.60	35.26	Puente de Las Tapias
REC-105	0.23	88.12	49.35	Trazas	1.93	10.25	37.85	El Cerrito
REC-106	0.41	90.37	50.61	Trazas	1.29	7.05	40.55	
REC-141	0.18	50.32	28.18	Trazas	20.15	22.54	25.37	Ramal Choachí-Ubaque
REC-131	0.12	83.20	46.59	Negat.	6.20	9.21	37.35	Ramal Ubaque-Carretera de Oriente
REC-132	0.12	87.45	48.97	Trazas	4.63	5.42	39.45	
REC-135	0.09	69.48	38.91	Trazas	13.26	14.75	31.88	
REC-136	0.09	71.73	40.17	Trazas	14.06	10.96	39.91	
REC-142	0.12	61.93	34.68	Trazas	22.32	11.79	30.13	Ramal Fômeque-Ubaque

Analizó: Servicio Químico Nacional.

Estas calizas fueron explotadas en el pasado en muy pequeña escala y todavía existen remanentes del horno donde se calcinaban. Evidentemente la dificultad de transporte y lo rudimentario de los métodos de explotación hicieron de este proyecto una operación poco económica. Además, el porcentaje de CaCO<sub>3</sub>, apenas aceptable para cal agrícola de baja calidad, y la poca extensión del afloramiento, no justifican una industria mayor que el abastecimiento de las fincas aledañas.

En el puente de Las Tapias, cerca al cruce de caminos en la vertiente izquierda del río, se observaron algunos cantos rodados de caliza con mineralización de calcita, de origen desconocido. Es probable que vengan de algún bloque, ahora tapado por material rodado, desplazado por la falla del río Blanco.

*El Cerrito.* Este afloramiento (ver Fig. N° 1) está situado unos 300 m al NE del afloramiento del puente de Las Tapias, en una especie de meandro del río, en la vertiente oriental. Este "meandro", muy fácil de localizar, ha sido formado por diferencia de erosionabilidad de las rocas en este punto, e indica claramente, especialmente si se observa la planada de más de 500 m de extensión al norte, que ha sido un bloque de falla con desplazamiento hacia arriba descubierto por el solevantamiento debido a la erosión del río. Se observa aquí un buzamiento variable de este afloramiento hacia el Este, pero esto carece de valor en cuanto a su posición estratigráfica si se considera que se observan aquí muchos *slickensides* y fracturas rellenadas por calcita y caliza muy ferruginosa, lo que indica la presencia de una falla. La diferencia de buzamientos y su cercanía a la falla principal nos hace dudar de su relación con el afloramiento del puente de Las Tapias en otra forma cualquiera que no sea su proximidad geográfica.

Este afloramiento tiene la forma aproximada de un cono con base elipsoidal.

La caliza aquí es muy desigual en contenido. Se encuentra desde caliza ferruginosa rosada hasta una caliza muy arenosa. Su contenido de CaCO<sub>3</sub>, en muestras escogidas no significativas en total, dio un porcentaje bueno para cal agrícola (ver Cuadro N° 7, muestras números REC-105 y REC-106). Su tonelaje, no calculado exactamente debido a la variabilidad de contenido e irregularidad de las capas, justificaría solamente una

explotación en muy pequeña escala. Sin embargo, su dificultad de explotación debido a la variabilidad de calidad y espesor, y el mal estado de las vías de comunicación hace este depósito inepto aun para explotación en pequeña escala para cal agrícola, a no ser localmente.

*Sur del Puente de Ají.* Este afloramiento (ver Fig. N° 1) está situado inmediatamente al sur del Puente de Ají y cruza el río mostrándose en ambas vertientes. Consiste de numerosos bancos delgados de caliza con una dirección aproximada norte-sur y buzamiento  $80^\circ$  a  $85^\circ$  W en promedio, intercalados con margas y lutitas bien consolidadas. Se encuentran cerca a una zona de falla. La caliza aquí es muy arenosa y bien estratificada. No se consideró necesario extraer ninguna muestra, debido a su alta silicificación. Obviamente, esta caliza carece de valor económico no solamente por su bajo contenido de  $\text{CaCO}_3$  y escaso grosor de los bancos, sino por su mala situación en cuanto a transportes.

*Choachí - Fómique - Ubaque.* Se encontraron aquí diversos bancos delgados en el Villeta Inferior en tres localidades:

1. Ramal Choachí - Ubaque.
2. Ramal Fómique - Ubaque.
3. Ramal Ubaque - Carretera de Oriente.

Ninguno de ellos tiene valor económico de consideración.

*Ramal Choachí - Ubaque.* Entre el kilómetro 1 y el kilómetro  $1 + 400$  del ramal Choachí - Ubaque se observaron 5 banquitos de caliza de menos de 0.40 m de espesor, de uno de los cuales se extrajo la muestra número REC-141, cuyo análisis se incluye en el Cuadro N° 7. Estos bancos no merecen ninguna consideración económica. Su rumbo general es  $N 60^\circ W$  y su buzamiento  $30^\circ NW$  aproximadamente. El ramal de Choachí a Ubaque corta estratos de más antiguo a más joven estratigráficamente, correspondientes al Fómique (Villeta Inferior).

*Ramal Fómique - Ubaque.* Este ramal corta estratos de la formación Fómique (Villeta Inferior). A la salida de la población se observaron dos banquitos de 0.50 y 0.20 m con dirección general  $N 10^\circ E$  y buzamiento aproximado  $45^\circ SE$ . De aquí se extrajo la muestra REC-142, cuyo análisis químico se puede ver en el Cuadro N° 7. Estos banquitos no merecen ninguna consideración económica.

*Ramal Ubaque - Carretera de Oriente.* Se presentan aquí cortando la carretera en la salida de Ubaque, en el kilómetro 3 y en el kilómetro  $8 + 500$  varios bancos de caliza bien expuestos entre 0.30 y 1.80 m. de espesor. Estos bancos tienen una dirección general cerca a Ubaque de  $N 25^\circ E$  y buzamiento de  $42^\circ E$ , mientras que en el kilómetro  $8 + 500$  tienen  $N 30^\circ W$  de rumbo y  $45^\circ SW$  de buzamiento. Sin embargo, toda esta sección se encuentra en la formación Fómique (Villeta Inferior) en el flanco W del anticlinal de Choachí. De estos bancos se extrajo la

muestra número REC-133, un examen de cuyos fósiles mostró la presencia de *Exogyra coulini* DEFRANCE (Albiano-Cenomaniano).

Del análisis de las muestras números REC-131, REC-132, REC-135 y REC-136 de estos bancos se puede deducir que tienen un porcentaje de  $\text{CaCO}_3$  apropiado para cal agrícola. Sin embargo, la dificultad de explotación por su poco grosor, el peligro de derrumbes en la carretera y su situación en terrenos agrícolas muy parcelados, los hace económicamente inexplotables.

*Chipaque - Cáqueza.* En la Carretera de Oriente entre el Boquerón de Chipaque y el Puente de Cáqueza se visitaron las siguientes manifestaciones de caliza (ver Fig. N° 1):

Este de la quebrada El Oso,  
Horno de Los Alemanes,  
Hacienda La María y alrededores,  
Alto del Munar, y  
Alrededores de Puente de Cáqueza.

Los afloramientos se encontraron en las formaciones Fómeque (Villeta Inferior) Chipaque (Villeta Superior) a ambos lados de la arenisca de Une, que corta la carretera aproximadamente en la mitad de la distancia entre las poblaciones de Chipaque y Cáqueza.

*E de la quebrada El Oso.* En el bloque Oeste de la espectacular falla que aflora en la carretera Boquerón de Chipaque - Chipaque en el horizonte de La Frontera y muy cerca del plano de falla, aflora un banco de 0.60 m de caliza entre bancos de arenisca y lutita fuertemente doblados. De allí se extrajo la muestra número REC-129, cuyo análisis químico se adjunta en el Cuadro N° 9.

Además se nos informó de la existencia de otros bancos inferiores, ahora tapados por material rodado que se explotaban anteriormente. Quedan restos de un horno abandonado cerca a la carretera. Actualmente, el fuerte declive del terreno impide considerar la posibilidad de explotación, puesto que ocasionaría derrumbamientos que destruirían la carretera.

*Horno de Los Alemanes.* En un horno abandonado encontramos una concentración de cantos rodados, obviamente extraídos de algún banco (o bancos) de caliza de las cercanías, hoy tapado por material rodado. De esos cantos se extrajo una muestra fosilífera (REC-128, ver Cuadro N° 8) con abundantes *Exogyras squamata* D'ORBIGNY (Cenomaniano Superior) y otra muestra (REC-127), análisis químico de la cual se adjunta en el Cuadro N° 9.

Este horno, que fue abandonado hace unos 20 años aproximadamente, consta de una sola estructura con tres receptores. Con reparaciones, podría volver a usarse en caso necesario.

*Hacienda La María y alrededores.* En la hacienda La María existen tres hornos abandonados donde se calcinaba caliza. En la cerca de piedra del camino, recogimos la muestra número REC-125, examen paleontológico.

gico de la cual (ver Cuadro N° 8) mostró que proviene del Cenomaniano Superior (tope del Villeta, formación Chipaque). La muestra REC-126, del escarpe al W de los hornos, dio el mismo resultado. Los cantos rodados cerca del horno son de una caliza cristalina de buena calidad, pero en el escarpe al W no se observaron sino bancos de arenisca y lutita algo calíferas.

Se ignora la procedencia de la caliza que abastecía estos hornos. Informaciones de nativos de la región sugieren que se abastecían de los cantos rodados adyacentes, los que, al menos hoy día, no merecen consideración económica.

CUADRO NUMERO 8  
EXAMEN PALEONTOLOGICO DE MUESTRAS PROVENIENTES DE CHIPAQUE-CAQUEZA

Muestra N°	Fósiles	Procedencia	Edad
REC-120	¿Exogyra? Spec.	Alto de Munar, Chipaque, Cundinamarca.	Cretáceo (¿Albiano-Cenomaniano?).
REC-123	Exogyra squamata D'ORBIGNY	Carretera entre Alto de Munar y Puente de Cáqueza, Cundinamarca.	Cenomaniano Superior.
REC-124	¿Cardita? Spec.		
REC-125	Exogyra squamata D'ORBIGNY	Hacienda La María, Chipaque, Cundinamarca.	Cenomaniano Superior.
REC-126	Exogyra squamata D'ORBIGNY	Horno de Los Alemanes, Chipaque, Cundinamarca.	Cenomaniano Superior.

Analizó: Departamento de Estratigrafía, Servicio Geológico Nacional.

*Alto del Munar.* Existen allí dos hornos abandonados. Cerca de la carretera se presentan tres bancos de caliza en una extensión aproximada de 200 m, con intercalaciones de arenisca. Entre los tres bancos hay un grosor de unos 7 m. Del banco inferior se extrajo la muestra número REC-118 y del banco superior la RSC-119, cuyo análisis químico se adjunta en el Cuadro N° 9. Estos bancos se extienden hasta las antiguas explotaciones de la hacienda Querente (GROSSE, 1929).

CUADRO NUMERO 9  
ANALISIS QUIMICO DE MUESTRAS DE CALIZA PROVENIENTES DE CHIPAQUE-CAQUEZA

Muestra N°	% Humedad	% CaCO <sub>3</sub>	% CaO	% MgO	% SiO <sub>2</sub>	% R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Pérdidas totales	Procedencia
REC-129	0.17	71.64	40.12	Negat.	13.76	11.07	34.80	E de la Quebrada El Oso.
REC-127	0.09	84.55	47.35	Trazas	10.28	0.35	37.86	Horno de Los Alemanes.
REC-118	0.12	86.37	48.37	Negat.	4.82	3.53	40.34	Alto del Munar.
REC-119	0.15	83.84	46.95	Negat.	7.84	4.97	38.47	
REC-137	0.10	82.18	46.02	Trazas	8.99	5.57	37.00	Alrededores del Puente de Cáqueza.
REC-138	0.18	1.59	0.89	Negat.	76.58	17.82	2.81	
REC-139	0.21	6.05	3.39	Negat.	73.64	15.54	4.48	

Analizó: Servicio Químico Nacional.

Estas muestras, sin embargo, no pueden considerarse representativas, pues un simple análisis macroscópico de muestras de diferentes partes de los bancos señala la variabilidad de facies en muy poca distancia, cambiando notablemente su contenido. Esta variabilidad dificulta enor-

mamente la explotación. Sólo un experto, y en pequeña escala, podría pensar económicamente en este yacimiento.

Siguiendo el curso de la carretera hacia la desviación a Une y antes de llegar allí se encuentran fisuras rellenas de tiza calcárea. Sin embargo, su pequeña cantidad sólo las hace interesantes como una curiosidad.

*Alrededores del Puente de Cáqueza.* En "El Santuario", que está situado donde se desprende el ramal a Ubaque, se observaron cantos rodados grandes de caliza con *Exogyra squamata* D'ORBIGNY (ver Cuadro N° 8), pero no se pudo observar el banco de donde provenían. Están situados, sin embargo, demasiado cerca a los afloramientos de la arenisca de Une para considerarlos siquiera aproximadamente *in situ*.

Se observó (ver Fig. N° 1) una manifestación de caliza (muestra número REC-137, ver Cuadro N° 9) de unos 3.5 x 4 m visibles, la que fue imposible definir si estaba *in situ* o no. Unos metros más adelante se observaron dos bancos de areniscas calíferas (muestras números REC-138 y REC-139), de ningún valor económico.

### *Conclusiones.*

En la región que se ha denominado Cuenca Hidrográfica del río Blanco existen varios yacimientos considerables de caliza, de los cuales sólo se explota actualmente el de Cantera de Palacio.

Sin embargo, el yacimiento de Puerto Arturo podría explotarse en gran escala y de varios otros de los afloramientos descritos se podría considerar un aprovechamiento para cal agrícola aunque fuera en pequeña escala, si el problema de vías de comunicación no elevara los precios considerablemente.

### RECOMENDACIONES

De todas las manifestaciones de caliza observadas, las más importantes son Cantera de Palacio, Pueblo Viejo, Puerto Arturo y Quebrada de Chocolatal por su excelente calidad y grandes reservas. Las dos primeras están en explotación y comunicadas con los centros de consumo por carreteras construídas por iniciativa particular.

El yacimiento de Puerto Arturo podría aprovecharse eficientemente si se construyera un ramal que conecte esta región con el carretable La Siberia - Cantera de Palacio.

El yacimiento de Quebrada de Chocolatal necesita exploración por medio de perforaciones, antes de pensar económicamente en su explotación.

Además existe una serie de yacimientos que podrían ser aprovechados en pequeña escala si tuvieran vías de comunicación.

El poco desarrollo de la industria calífera al oriente de Bogotá, para resumir, se debe en su mayor parte a la dificultad de vías de comunicación. Se recomienda una carretera que comunique a Choachí con Mundo Nuevo y con la carretera La Siberia - Cantera de Palacio, la cual no solamente es medida indispensable para la explotación del yacimiento de Puerto Arturo, sino que también habilitaría una excelente zona agrícola y ganadera, con perspectivas de rendimiento inmediato.

## BIBLIOGRAFIA

- BÜRGL, H., 1956. — Contenido fosilífero de la Sabana de Bogotá y sus alrededores, Departamento de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 1189; publ.: *Bol. Geol.*, vol. V, N° 2, pp. 113-185, 1957.
- DE LA ESPRIELLA, R., 1960. — Geología de la Carretera Bogotá-Choachí, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 1356.
- GROSSE E., 1929. — Informe geológico sobre la hacienda "Querente", Municipio de Chipaque, Departamento de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 132, publ.: Comp. Est. Geol. Ofic. Col., tomo III, pp. 263-264, 1935.
- HUBACH, E., 1927. — El área petrolífera cretácea de la Cordillera Oriental, en especial de Cundinamarca y Boyacá, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 161; publ. Comp. Est. Geol. Ofic. Col., tomo VIII, pp. 99-118, 1950.
- HUBACH, E., 1929. — Informe relativo a la cubicación 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., 1931. — La formación "Cáqueza", región de Cáqueza, oriente de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 199; publ.: Comp. Est. Geol. Ofic. Col., tomo VI, pp. 23-26, 1945.
- HUBACH, E., BEHR-HEIDER, 1932. — Catálogo y clasificación de rocas colectadas por Behr-Heider y por el geólogo Enrique Hubach en diferentes regiones de Colombia, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 231.
- HUBACH, E., 1933. — La región de Panga-Panga, al norte de Choachí, Departamento de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 219; publ.: Comp. Est. Geol. Ofic. Col., tomo VI, pp. 27-37, 1945.
- HUBACH, E., 1947. — Reconocimiento del área La Calera-Sopó-Guatavita-Guasca, Departamento de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 158; publ.: Comp. Est. Geol. Ofic. Col., tomo VIII, pp. 85-97, 1950.
- HUBACH, E., 1951. — Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 785; publ.: *Bol. Geol.*, vol. V, N° 2, pp. 93-112, 1957.
- HUBACH, E., 1957. — Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia, Serv. Geol. Nal. Inf. N° 1212.
- RONDEROS, A., 1956. — Estudio geológico-minero de Gachetá y Junín, y deslizamientos en Junín, Departamento de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 1148.
- RONDEROS, A., 1956. — Exploración uranífera preliminar del camino Bogotá-Gachalá-Medina, Departamento de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 1149.
- RONDEROS, A., 1957. — Canteras de Palacio, Informe para Cementos Samper, S. A.
- ROYO, J., 1939. — Informe provisional sobre los yacimientos fosilíferos de Bogotá-Villavicencio, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 306.
- ROYO, J., 1940 A. — Informe sobre los fósiles cretácicos de Junín y Gama, Departamento de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 302.
- ROYO, J., 1940 B. — Adiciones y verificaciones al informe provisional sobre los yacimientos fosilíferos de Bogotá a Villavicencio, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 307.
- ROYO, J., 1941. — Columnas estratigráficas de la Cordillera Oriental en Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 315.
- ROYO, J., 1942. — Fósiles carboníferos e infracretácicos del oriente de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 333; publ.: Comp. Est. Geol. Ofic. Col., tomo VI, pp. 194-243, 1942.

- ROYO, J., 1949. — Mapas geológicos de Bogotá, del centro y del sur de su Sabana, y breve explicación, Departamento de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 674.
- VAN DER HAMMEN, T., 1957. — Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia), Serv. Geol. Nal., Inf. N° 1220; publ.: *Bol. Geol.*, vol. V, N° 2, pp. 189-203, 1957.
- WOKITTEL, R., 1954. — Los efectos sobre los terrenos, causados por la explotación de calizas en La Siberia, Municipio de La Calera, Departamento de Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 1034.
- WOKITTEL, R., 1957. — La situación del cemento en Colombia, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 1216; publ.: *Bol. Min.*, año III, N° 33, 1956.

Manuscrito entregado en diciembre de 1958.

**RECONOCIMIENTO DE LAS MINAS DE ESMERALDAS DE MUZO,  
DEPARTAMENTO DE BOYACA**  
(con 3 tres planchas)

POR  
**HERNAN RESTREPO A.**  
**GEOLOGO**

INFORME No. 1309

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1961

## CONTENIDO:

Lista de ilustraciones .....	65
Resumen .....	67
Introducción .....	69
Situación y vías de comunicación .....	71
Historia de la minería en la región .....	72
Investigaciones geológicas anteriores .....	73
Trabajo y objetivo .....	73
Geología general .....	73 75
Geología económica .....	75 77
Esmeraldas de Muzo y Coscuez .....	77 80
Consideraciones para prospectar berilo en el área de Muzo y Coscuez .....	81
Recomendaciones .....	82
Bibliografía .....	82

### LISTA DE ILUSTRACIONES

- Plancha N° 1. Localización de las minas de esmeraldas de Muzo y Coscuez. Escala 1:200.000.
- Plancha N° 2. Plano geológico del área de las minas de esmeraldas de Muzo y Coscuez (Departamento de Boyacá). Escala 1:25.000.
- Plancha N° 3. Secciones geológicas generalizadas en las minas de esmeraldas de Muzo y Coscuez. Escala aproximada 1:50.000.

## RESUMEN

Las minas de esmeraldas de Muzo se encuentran a 105 kilómetros al norte y 8 kilómetros al oeste del meridiano de Bogotá (Colombia), dentro de los linderos establecidos por el Decreto 400 de 1899, en el Territorio Vásquez, parte occidental del Departamento de Boyacá.

El objetivo de este informe es propugnar por la investigación en el sentido de desarrollar y elaborar una suficiente prospección que sirva para lograr el conocimiento del yacimiento esmeraldífero.

Las estructuras geológicas más prominentes son el pilar (horst) de Muzo y Coscuez, los anticlinales de Itoco y de Pazurcha, que se tornan en el sinclinal de Terri, y la Falla del río Minero, que se considera como una Fosa.

Los posibles orígenes de las esmeraldas son: 1) soluciones pegmatíticas; 2) soluciones provenientes de ultrametamorfismo (anatexis); 3) soluciones neomatolíticas-metasomáticas.

El índice de refracción varía de 1,564 a 1,598; esta variación podría utilizarse para determinar la paragénesis de la mineralización.

Las minas de Muzo están constituidas por una serie de arcillas negras piríticas plegadas en diferentes amplitudes de "dragfolds", que muestran un sinnúmero de fisuras rellenas principalmente de calcita cristalina a blanca. Dichas fisuras son el resultado de las fuerzas de compresión y torsión que tomaron lugar durante la formación del pilar (horst) de Muzo y Coscuez, el cual está limitado lateralmente por fallas normales de dirección aproximada sur-norte en contacto con el Albiano medio y superior. La presencia de calcita en las fisuras mencionadas parece ser de reemplazamiento secundario; el berilo (esmeraldas y morrallas) es un mineral primario que se encuentra incluido dentro de la calcita y en drusas. El espesor de las fisuras de calcita varía desde menos de 1 milímetro hasta cerca de 40 centímetros. Sin embargo, las esmeraldas se encuentran en fisuras de 2 a 10 centímetros de ancho, a veces rellenas con calcita. El volumen de las fisuras dentro de la masa de arcillas negras piríticas puede alcanzar hasta un 10%, pero su ocurrencia no es completamente regular. La cantidad de esmeraldas dentro de las fisuras es menor de 1%. El tamaño de las esmeraldas es muy variable y se han encontrado algunas hasta de una libra de peso.

Se llama la atención a la posibilidad de tratar el material estéril de Muzo por flotación, previos ensayos, para recuperar posibles microcristales de berilo.

Se mencionan además los actuales usos del berilio (Be) y del berilo. Se dan ciertas consideraciones para prospectar berilo en el área de Muzo y Coscuez, y se hacen varias recomendaciones.

El informe contiene tres planchas ilustrativas.

## INTRODUCCION

*La Dirección de las minas de Muzo y Coscuez, dependencia del Banco de la República, solicitó al Servicio Geológico Nacional, División del Ministerio de Minas y Petróleos, la asesoría geológica para acompañar en una corta visita a las minas de Muzo, al mineralogista Eugene B. Hotchkiss, Vicepresidente de la "Vitro Corporation of America" de Nueva York. Dicha compañía está interesada en la obtención de berilos (morrallas) para obtener berilio (Be).*

*El suscrito visitó las minas en compañía de R. Suárez (Director de las minas de Muzo y Coscuez), E. B. Hotchkiss y J. Zonda (economista del Punto IV).*

### *Situación y vías de comunicación.*

Las minas de esmeraldas de Muzo (ver localización de las minas de esmeraldas de Muzo y Coscuez, plancha número 1) se encuentran aproximadamente a 105 kilómetros al norte y 8 kilómetros al oeste del meridiano de Bogotá (Colombia). Dichas minas se hallan dentro de la cuenca de la quebrada Itoco, afluente occidental del río Minero, y abarcan una superficie menor de 1 kilómetro cuadrado. Las minas de Coscuez se hallan situadas aproximadamente a unos 10 kilómetros en línea recta al norte de las minas de Muzo, en la margen izquierda de la quebrada Desaguadero, la cual vierte sus aguas en la quebrada de La Caca, afluente occidental del río Minero. Ambos grupos de minas se hallan dentro de los linderos establecidos por el Decreto 400 de 1899, así:

“Por la quebrada Sorquecito arriba, desde la boca en el río Minero, hasta el más alto filo de la serranía Itoco, en la dirección de Quipama; el filo de dicha serranía, hasta ponerse en el punto más inmediato a las vertientes de la quebrada Tambrías; la quebrada Tambrías, hasta su desembocadura en el río Minero, y este río aguas arriba, hasta la boca de la quebrada Sorquecito”.

Este terreno es de propiedad de la Nación y ha sido dado en administración por el Gobierno Nacional al Banco de la República.

La mencionada propiedad nacional se halla en el Territorio Vásquez, parte occidental del Departamento de Boyacá.

La vía más fácil para llegar a las minas de Muzo es la de la carretera (actualmente macadamizada) que parte de Chiquinquirá, población que está unida a Tunja, capital del Departamento, por una carretera de 64 kilómetros, y a Bogotá por línea férrea y carretera de aproximadamente 130 kilómetros. La siguiente tabla muestra las diferentes elevaciones y distancias por carretera, de los lugares entre Chiquinquirá y las minas de Muzo.

	Elev. metros	Distancia a Chiquinquirá. Kilómetros
Chiquinquirá . . . . .	2.570	—
Bifurcación carretera a Pauna . . . . .	2.500	18
Bifurcación carretera a Maripí . . . . .	2.160	27
Buenavista . . . . .	2.050	32
Bifurcación carretera a Coper . . . . .	620	59
Puente sobre el río Guaso . . . . .	450	68
Muzo . . . . .	750	84
Puente sobre el río Minero . . . . .	460	92
Minas de Muzo . . . . .	600?	98?

El trayecto de carretera del puente sobre el río Minero hasta las minas de Muzo se halla actualmente en construcción. El recorrido en automotor de Chiquinquirá al puente sobre el río Minero puede hacerse en unas 3 horas, y de Bogotá a Chiquinquirá también aproximadamente en 3 horas.

### *Historia de la minería en la región.*

Otero Muñoz (1948) da una historia muy detallada de las minas de esmeraldas de la región de Muzo, desde su descubridor español (1550?), el Capitán Juan de Penagos, hasta 1900. Dichas minas han sido dadas varias veces por el Gobierno Nacional en contrato a particulares para su explotación. Otras épocas han estado cerradas, y en la actualidad las administra el Banco de la República por intermedio de la Dirección de las Minas de Muzo y Coscuez.

En el área de propiedad nacional se encuentran, entre otras minas esmeraldíferas, la de Muzo o Itoco (llamada antiguamente Mina Real), la de Coscuez, La Chapa y Peña Blanca, siendo las minas de Muzo las de mayor explotación. En la actualidad se preparan para la explotación en esta mina los bancos Tequendama, Aguardiente y Gallinazo (ver plancha número 2).

Durante 1942-44 se explotaron en la región algunas vetas de cristales de cuarzo, cuyos espesores oscilaban entre unos pocos centímetros y varios metros. Este mineral fue exportado a los Estados Unidos, habiendo producido la región aproximadamente un 80% de la exportación colombiana (1503 libras por valor de US\$ 7.840). SINGEWALD (1950) da algunas descripciones y localizaciones de dichas minas. Las vetas de cuarzo, así como todas aquellas ocurrencias de feldspatos, micas, berilos (esmeraldas, morrallas), etc., en la región, son de gran importancia para el estudio de la formación esmeraldífera y de los posibles depósitos de berilo. A continuación se dan las localidades de las minas de esmeraldas y de los sitios donde se explotó cuarzo. Las minas se presentan divididas en dos grupos que parecen seguir líneas muy definidas; el segundo grupo parece coincidir en parte con la falla del río Minero (ver Geología General y Plano Geológico del área de las minas de esmeraldas de Muzo y Coscuez, plancha número 2).

Primer grupo	Lat. N	Long. W
Mina de Coscuez . . . . .	5° 39'	74° 11'
" Muzo . . . . .	5° 33'	74° 11'
" Ramal . . . . .	5° 32'	74° 12'
" Amarilla . . . . .	5° 29'	74° 14'
Segundo grupo		
Mina de Peña Blanca . . . . .	5° 44'	74° 05'
" Alumbral . . . . .	5° 32'	74° 07'
" Cuincha . . . . .	5° 30'	74° 08'
" Isabí . . . . .	5° 28'	74° 08'

### *Investigaciones geológicas anteriores.*

Los depósitos esmeraldíferos de Muzo y Coscuez fueron estudiados durante los años de 1914 y 1915 por SCHEIBE (1933); quien estudió en detalle la mina de Muzo o Itoco. El ingeniero de minas RAINIER (1933) localizó en el plano elaborado por SCHEIBE un área hoy agotada. Recientemente BÜRGL (1956) estudió la estratigrafía entre las minas de Muzo y la población del mismo nombre. Los estudios efectuados por la Dirección de las minas de Muzo y Coscuez no estuvieron a nuestra disposición.

### *Trabajo y objetivo.*

El presente informe es el resultado de: 1) unas pocas observaciones hechas en el campo; 2) interpretaciones de los estudios efectuados anteriormente en Muzo y sus alrededores; 3) recopilaciones bibliográficas de algunos depósitos similares a los de Muzo, mundialmente conocidos, y 4) las observaciones estereoscópicas llevadas a cabo sobre las fotografías aéreas verticales, del trabajo 18-B (La Palma), del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".

Este informe tiene por objeto aportar datos que sirvan de base para una investigación más detallada con miras a desarrollar una prospección técnica con la cual se logre un conocimiento más detallado del yacimiento esmeraldífero.

Expresamos nuestros agradecimientos al Director de las minas de Muzo y Coscuez, al Superintendente de las minas, ingeniero Enrique Escobar, al ingeniero Guillermo Vega, al geólogo Mario Gil y demás personal de las minas, por habernos proporcionado las facilidades necesarias y acompañado en la visita efectuada. Se reconoce debidamente al personal del Servicio Geológico Nacional que en una u otra forma colaboró en la elaboración del presente informe.

## GEOLOGIA GENERAL

### *Estratigrafía.*

BÜRGL (1955) estudió la estratigrafía entre la población de Muzo, el río Minero y las minas de esmeraldas de Muzo, concluyendo que las capas esmeraldíferas pertenecen a una serie de arcillas negras piríticas de unos 600 metros de espesor, que corresponden al Albiano Inferior (parte de la formación Villeta de la Cordillera Oriental, que se extiende en el Cretáceo desde el Barremiano hasta el Cenomaniano) y que pertenecen a una serie marina de facies neríticas sobre la cual se depositaron posteriormente, hasta finalizar el Albiano, unos 2.500 metros de sedimentos consistentes de pizarras y esquistos (algunas veces arenosos y micáceos, de color negro a gris).

Desde el río Minero al Oeste, hasta la población de Muzo, aparecen en sucesión normal los estratos del Hauteriviano al Albiano Medio Superior.

En la plancha número 2 se diferencian solamente el Albiano medio y el Albiano superior.

### *Tectónica.*

Los bancos esmeraldíferos explotados hasta ahora en las minas de Muzo y Coscuez (ver localización de las minas de esmeraldas de Muzo y Coscuez, plancha número 2, y Plano Geológico del área de las minas de esmeraldas de Muzo y Coscuez, plancha número 3) parecen estar situados en un pilar (horst), limitado longitudinalmente por un sistema de fallas normales, las cuales se extienden desde el sur de las minas de Muzo hacia el norte, pasando por las minas de Coscuez y cortando el anticlinal de Itoco (BÜRGL, 1955) o Coscuez, el cual parece que en la profundidad sea un anticlinal invertido cuyo plano axial buce al Este. Dicho (horst) pilar, de 0.5 a más de 1 kilómetro de ancho en la superficie, está constituido en su interior por un conjunto de esquistos arcillosos (obviamente más antiguos que los circundantes), plegados en forma de "dragfolds", los que están atravesados por una multitud de fisuras rellenas. Algunas zonas de estas rocas fueron alteradas por las soluciones acuosas (originarias de las esmeraldas y de otros minerales primarios) y son posiblemente las llamadas por SCHEIBE (1933) "capas buenas" o esmeraldíferas.

Hacia el este de las minas de Muzo y antes de llegar al río Minero, se presenta un sinclinal invertido, en el Albiano superior, cuyo plano axial buza al Este y parece dirigirse desde la desembocadura de la quebrada Itoco en dirección sur-norte hasta un poco antes de la desembocadura de la quebrada Camero al río Minero. Desde allí cambia la dirección de su eje virando al Nornoroeste, volviéndose un sinclinal normal aproximadamente en la latitud de las minas de Coscuez. Este sinclinal se lo llama "de Terri", por tener su eje casi en la misma dirección de la quebrada así llamada, afluente izquierdo de la quebrada de La Caca.

Entre la desembocadura del río Guaso, afluente oriental del río Minero, y el sinclinal de Terri, se presenta en el Albiano superior el anticlinal de Pazurcha, de dirección sursureste-nornoroeste cuya parte sur-oriental se halla invertida. Este anticlinal se lo llama así por atravesar su eje el alto de Pazurcha, perteneciente al filo que sirve como divorcio de aguas entre el río Minero y la quebrada de La Caca.

La falla del río Minero descrita por BÜRGL (1955), presente entre el puente nuevo sobre el río Minero y la desembocadura de la quebrada Itoco, se la califica como una Fosa, cuyo bloque occidental ha bajado. Al Oriente de esta falla se encuentra el Hauteriviano (parte superior de la formación Cáqueza), y al Occidente el Albiano medio superior, lo que implica un desplazamiento vertical de unos 5.000 metros.

"A lo largo de la orilla oriental del río Minero, la sucesión hauteriviana-aptiana buza hacia el Este, formando primero un sinclinal (de Muzo), a 2 km. al sureste de la desembocadura del río Itoco. Los flancos de este sinclinal son bastante pendientes, con buzamientos de 45 a 70 grados en la carretera. El eje del sinclinal está ocupado por capas del Aptiano

superior. Subiendo hacia el Este, las mismas capas culminan en un anticlinal que se extiende en dirección noreste-suroeste y pasa un poco al este de la población de Muzo". (BÜRGL, 1956).

Esta estructura la llamó BÜRGL anticlinal de Muzo.

## GEOLOGIA ECONOMICA

### *Berilio (Be) y Berilo.*

*Generalidades.* El berilio ha sido encontrado en más de 56 minerales. Aproximadamente la mitad de ellos poseen más de 1% de berilio. Sin embargo, de todos estos minerales solamente el berilo (sílico-aluminato de berilio,  $\text{Be}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ ) se ha encontrado en suficientes cantidades y en concentraciones suficientemente ricas (2% o menos) para ser usado comercialmente.

El berilio es un metal raro, de color gris metálico, peso atómico de 9 y gravedad específica de 1,84. Es mucho más liviano que el aluminio y ligeramente más pesado que el magnesio, el calcio y el fósforo. El berilio no es radioactivo, pero es el único metal ligero estable con un alto punto de fusión y es un excelente transmisor del sonido.

*Usos del berilio.* Su mayor uso está en el campo de la energía nuclear por su cualidad de moderar o disminuir la cantidad de neutrones producidos en la fisión. Entre otras aplicaciones, en la energía nuclear se incluye su uso como reflector de electrones (en las fuentes de neutrones de radio, o polonio con berilio) y como material de construcción. El berilio tiene la más baja sección de absorción de neutrones térmicos entre todos los metales (cerca de una veinteaava parte de la del zirconio). El costo del metal berilio ha limitado su uso como material de construcción. El mayor uso comercial del metal puro es en discos o ventanas de rayos-X debido a su alta permeabilidad al paso de ellos.

La aleación cobre-berilio posee extraordinarias propiedades elásticas, resistencia a la fatiga, estabilidad bajo compresión y alta conductibilidad térmica y eléctrica, lo que favorece su uso en los equipos eléctricos y en las piezas sujetas a múltiples condiciones de trabajo. Las aleaciones de alta resistencia contienen alrededor de 2% de berilio y 0.35% de cobalto o níquel, adquiriendo el cobre así equilibrado, su más amplio uso. En las aleaciones requeridas por su gran conductibilidad eléctrica y máxima resistencia o dureza, se prefiere usualmente un contenido menor de 0.75% de berilio. La manufactura de herramientas de seguridad (que no producen chispas) es uno de los más recientes usos de las aleaciones de cobre-berilio. Estas herramientas se utilizan donde una chispa pueda causar explosiones desastrosas y en la industria química a causa de su resistencia a la corrosión. Los resultados de los experimentos de la resistencia a la corrosión de las aleaciones cobre-berilio indican que es un material que se debe tener en cuenta para ser utilizado en aplicaciones marinas.

En las aleaciones de aluminio y magnesio, el berilio las provee de fluidez y retarda la oxidación. El ferroberilio se usa en el campo de aceros inoxidables. Las aleaciones de níquel-berilio se utilizan en la fabricación

de brocas para los taladros de diamante, instrumentos para cirugía, cuerdas para relojes y otros aparatos, y en piedras fundidas de alta precisión.

El óxido de berilio, las fritas cerámicas de berilio y el berilo en polvo, se usan en la fabricación de aislantes eléctricos de alto grado, cerámicas refractarias a altas temperaturas, y como cubierta protectora de ciertos aceros. El uso del óxido de berilio se ha extendido rápidamente a causa de su alta resistencia eléctrica, su conductibilidad térmica excepcional, su alto punto de fusión y su resistencia a los choques térmicos.

El cloruro de berilio se utiliza para diagnósticos de la tuberculosis. El fluoruro de sodio y berilio se utiliza en vidrios que poseen una alta permeabilidad a los rayos ultravioletas. El estrato de berilio se emplea en la fabricación de ciertas tintas de imprenta. El nitruro de berilio se usa como punto inicial para la producción del isótopo de carbono ( $C_{14}$ ).

*Precios y estadísticas del berilo en Estados Unidos. (Minerals Year Book, 1953).* Los embarques de más de 500 libras de berilo que contengan no menos de 8% de BeO, se compran sobre la base de una inspección ocular al precio de US\$ 400.00 por tonelada corta, libre de humedad. El berilo debe estar en la forma de cristales limpios, libres de todo material estéril. Los lotes mayores de 500 libras se analizan a solicitud y por cuenta del vendedor. Los precios de los lotes aceptados por muestreos y análisis químicos se fijan por unidad de una tonelada corta de BeO, que es la centésima parte de la tonelada, o 20 libras, así:

% contenido de BeO	Precio por unidad (1953)
8 - 8.9	US\$ 40.00
9 - 9.9	" 45.00
10 y más	" 50.00

Este precio puede convertirse al precio por tonelada de mineral, multiplicando el valor por unidad de BeO por el porcentaje del contenido de BeO. Por ejemplo, el precio de una tonelada corta de mineral de berilo con 8% de BeO será 40 por 8 igual 320 US\$, pues la tonelada de mineral tiene 160 libras u 8 unidades de BeO.

El 30 de octubre de 1958 las unidades de BeO con 10-12% BeO en el mineral se pagaron entre US\$ 28 y 35. La tonelada de mineral en estas condiciones vale US\$ 280 a 420.

ESTADÍSTICA DEL BERILO EN LOS ESTADOS UNIDOS  
DE 1948 A 1953 EN TONELADAS

Año	Produc. Nal.	Importaciones	Consumo Nal.	Exportaciones	
				Berilos	Aleaciones (BeO)
1948	154	1.598	1.726	2,3	63,5
1949	475	3.811	1.029	0,3	94,0
1950	559	4.860	3.007	0,1	110,5
1951	484	4.316	3.338	0,3	94,8
1952	515	5.878	3.476	1,9	196,6
1953	751	8.245	2.661	0,0	103,7

## PAISES PRODUCTORES DE BERILO (1953).

	%		%
Brasil . . . . .	38,8	Portugal . . . . .	2,6
Unión Sur Africana ..	24,2	Madagascar .. . . .	1,4
Rodesia del Sur . . . . .	14,5	Marruecos Francés . . .	1,0
Argentina . . . . .	8,8	Africa Oriental Inglesa	0,4
Mozambique . . . . .	4,4	Japón . . . . .	0,1
India . . . . .	3,6	Otros países . . . . .	0,2

*Esmeraldas de Muzo y Coscuez.*

*Generalidades.* La esmeralda es una variedad transparente, euhedral de berilo (sílico-aluminato de berilio), con el conocido color "verde esmeralda", color que según GOLDSCHMIDT (1954) se debe a pequeñas cantidades de óxidos de cromo o de vanadio, o de una mezcla de ambos óxidos.

La experiencia demuestra que las variedades transparentes de muchos silicatos y óxidos de minerales (v. gr. feldespatos alcalinos, berilo, corindón, cuarzo, etc.), se han formado a comparativamente bajas temperaturas. Los silicatos u óxidos cuando se forman a temperaturas magmáticas son solamente translúcidos. La razón por la cual los minerales formados a altas temperaturas son menos transparentes que sus equivalentes formados a bajas temperaturas, es debido al hecho de que a altas temperaturas el enrejado intermolecular (lattices), propio de las vibraciones termales de amplia escala, puede acomodar muchos componentes extraños en solución sólida, los que durante el enfriamiento y la formación de los cristales llegan a ser insolubles, formando inclusiones microscópicas y sub-microscópicas de dichos componentes y menoscabando así la transparencia de los cristales.

A. E. FERSMAN (Jean Morer, información verbal) ha demostrado que las esmeraldas de los Urales (Rusia) consiguieron su cromo de las rocas graboides básicas, en las cuales las pegmatitas graníticas (formación esmeraldífera) se hallan intruídas. En Muzo las venas esmeraldíferas atraviesan capas de esquistos sedimentarios fuertemente plegados, de los cuales no se tienen análisis químicos detallados; pero se supone que ellos (los esquistos) han contribuído con las porciones de cromo y de vanadio para el color verde de las esmeraldas.

*Origen de las esmeraldas de Muzo y Coscuez.* Las venas esmeraldíferas de Muzo y Coscuez parecen haber sido formadas en fisuras, por las cuales ascendieron y cristalizaron soluciones en fusión cuyos vapores de agua abundan en componentes no volátiles (entre ellos berilo). Dichas soluciones pudieron provenir de un magma, pero no es necesariamente el único origen probable. Formulamos las siguientes posibilidades:

- 1) Soluciones pegmatíticas, de origen magmático.
- 2) Soluciones provenientes de ultra-metamorfismo o Anatexis (fusión diferencial de las rocas pre-existentes).
- 3) Soluciones neumatolíticas-metasomáticas.

Hasta ahora se ha aceptado como un hecho la presencia en el subsuelo de un magma de rocas graníticas o ultrabásicas; la presencia del óxido de berilio en las rocas es muy variable y la clase de roca no es un factor determinante en la formación de berilo (esmeraldas y morrallas). A continuación se da una tabla de las diferentes cantidades en parte por millón de BeO en las distintas clases de rocas (GOLDSCHMIDT, 1954).

Roca	p. p., de BeO
Dunitas	sin determinar
Gabros y Basaltos	5
Gabro-aplita	10
Granodioritas	5 - 10
Granitos	5 - 30
Obsidiana	10 - 100
Sienitas de nefelina	5 - 600

En caso de llegar a comprobarse el origen magmático de los depósitos esmeraldíferos de Muzo y Coscuez, el carácter neumatolítico de las venas esmeraldíferas haría posible suponer como magma originario de las soluciones pegmatíticas algún probable apófisis de las últimas intrusiones en la Cordillera Central. Este concepto, una vez confirmado, ampliaría enormemente el área con posibles depósitos de berilos en la región.

*Paragénesis.* En la formación de los depósitos minerales de soluciones neumatolíticas los minerales se forman según una secuencia ordenada, y esta disposición se denomina paragénesis.

La causa de estas secuencias minerales en los rellenos de fisuras y otras cavidades se considera debida generalmente a la disminución de la solubilidad de los minerales en solución, a consecuencia de un descenso de temperatura y de presión, es decir, que los minerales más solubles permanecen más tiempo en solución y los menos solubles son los primeros en precipitarse.

Se formula la siguiente posibilidad de la paragénesis en las fisuras rellenas de las minas de Muzo:

a) Minerales primarios esenciales:

cuarzo  
feldespato

accesorios:

berilo (esmeraldas y morrallas)  
parisita (?)  
apatita  
fluorita  
mica

b) Minerales de reemplazamiento secundario:

calcita  
dolomita  
barita  
pirita

## c) Minerales de alteración por oxidación y aguas meteóricas:

limonita (hidróxidos de hierro)  
 azufre  
 caparrosa (sulfato de hierro)

El estudio de la paragénesis de un depósito aclara la naturaleza, continuidad en el tiempo de formación y carácter cambiante de las soluciones mineralizadoras. También indica los posibles cambios en el carácter del mineral con la profundidad. Así puede esperarse hallar minerales primarios (berilo) de una secuencia en mayor cantidad en las zonas más profundas.

Los estudios hechos en los Estados Unidos por ADAMS (1953) y PAGE (1953) indican que los índices de refracción de los berilos encontrados en varios depósitos varían en la misma forma que los berilos encontrados en pegmatitas graníticas. Los berilos de simples pegmatitas o de las zonas exteriores de los complejos (fisuras rellenas) generalmente tienen un índice de refracción entre 1,57 y 1,58. Los índices más altos de 1,58 son característicos de los berilos de las zonas interiores o de las últimas fracturas de las pegmatitas. Dichos berilos presentan un descenso en el contenido de BeO, debido a la sustitución por ciertos álcalis, especialmente Cs<sub>2</sub>O, Li<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O. Las variaciones en el índice de refracción de las esmeraldas de Muzo han sido comprobadas y mencionadas por BARRIGA (1948), quien da los siguientes resultados:

	1,5783	1,5726
medidas hechas por Bernauer	1,5683	1,5626
medidas hechas por Kraus y Baker	1,58	

La variación del índice de refracción del berilo puede fluctuar entre 1,564 y 1,598.

*Análisis químicos de las esmeraldas de Muzo.* Los resultados de los análisis químicos efectuados sobre las esmeraldas varían un poco sobre todo en el contenido de BeO, pero dicha variación parece deberse a los diferentes métodos usados, algunos de los cuales incluyen entre las cantidades asignadas al Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> considerables porciones de BeO.

BERNAUER (1933) da los siguientes resultados de los análisis efectuados por Götze y Wölbling:

SiO <sub>2</sub>	Götze: 64,1	Wölbling: 61,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,2	24,3
BeO	8,7	9,7
H <sub>2</sub> O	2,9	
Mn	trazas	
Cr		
TiO <sub>2</sub>		0,8
FeO		1,2
Va		

BARRIGA (1948) menciona el siguiente análisis efectuado por el Banco de la República :

Sílice (SiO <sub>2</sub> )	65,250 %
Oxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	17,617
Oxido de Berilio (BeO)	13,891
Oxido de Cromo (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,264
Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1,002
Otros óxidos: de potasio (K <sub>2</sub> O) ; de sodio (Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ; de calcio (CaO) ; de magnesio (MgO)	0,426
Agua	1,550

*Métodos mineros en Muzo.* Las minas de Muzo están constituidas por una serie de arcillas negras piríticas plegadas en diferentes amplitudes de "dragfolds" que muestran un sinnúmero de fisuras rellenas principalmente de calcita cristalina a blanca. Dichas fisuras son el resultado de las fuerzas de compresión y tensión que tomaron lugar durante la formación del (horst) pilar de Muzo y Coscuez, el cual está limitado lateralmente por fallas normales de dirección aproximada sur-norte en contacto con el Albiano Medio y Superior. La presencia de la calcita en las fisuras mencionadas parece ser de reemplazamiento secundario. El berilo (esmeraldas y morrallas) es un mineral primario que se encuentra incluido dentro de la calcita y otras veces en drusas. El espesor de las fisuras de calcita varía desde menos de 1 milímetro hasta cerca de 40 centímetros. Sin embargo, las esmeraldas se encuentran en fisuras de 2 a 10 centímetros de ancho, a veces rellenas con calcita. El volumen de las fisuras dentro de la masa de arcillas negras piríticas puede alcanzar hasta un 10%, pero su ocurrencia no es completamente regular. La cantidad de esmeraldas dentro de las fisuras es menor de 1% (en peso). El tamaño de las esmeraldas es muy variable; se han encontrado algunas de 1 libra de peso.

La topografía en la región de las minas de Muzo es bastante quebrada, lo cual facilita su explotación a tajo abierto que consiste en: a) arranque con herramientas manuales sencillas (pico, pala, barra), b) escogencia de las esmeraldas y las rocas que "pintan" (calcita con inclusiones de berilos) por el mismo personal que efectúa el arranque, c) movimiento del material estéril, parte a mano y la mayoría por medio de agua almacenada en "tambres" y conducida a los frentes de trabajo por acequias, y d) disolución de las rocas que "pintan" con ácido clorhídrico, obteniendo en el residuo esmeraldas, morrallas, cuarzo, feldespatos, etc. La actual Dirección de las minas tiene un plan para mecanizar su explotación.

Ningún proceso útil y comercial ha sido desarrollado hasta ahora para recuperar la esmeralda por métodos mecánicos. La recuperación comercial del berilo (esmeraldas) se efectúa por escogencia a mano. La concentración por gravedad para recuperar esmeraldas no es aplicable.

Se llama la atención a la posibilidad de tratar el material estéril de Muzo, previos ensayos por flotación, para recuperar posibles microcristales de berilo. Se han obtenido resultados favorables en las investigaciones llevadas a cabo en los Estados Unidos (Bureau of Mines Technologists at Rapid City, S. Dak.).

### *Consideraciones para prospectar berilo en el área de Muzo y Coscuez.*

La seguridad del buen éxito en la prospección de berilo en el área de las minas de Muzo y Coscuez no es mayor de lo que puede esperarse en otros tipos de depósitos minerales que presentan condiciones favorables, pero parece interesante concluir que la información geológica actual suministra datos que hacen justificable un estudio geológico más detallado de la región. Dicho estudio deberá ser invaluable a la industria de las esmeraldas y otros berilos, justamente como lo han sido ya las informaciones geológicas pertinentes a otras industrias mineras. Se presentan las siguientes consideraciones que deben tenerse en cuenta en el área de Muzo y Coscuez:

1) El Berilo es un mineral difícil de reconocer en el campo, a menos que se encuentre en cristales euhedrales de un color distintivo. Muchos depósitos contienen berilo en formas no cristalinas e irregulares, o en cristales perfectos de color amarillento, blanco, rosado o azul pálido, que son identificados erróneamente como cuarzo, feldespatos o ambligonita. Microscópicamente, en secciones delgadas, se puede confundir con apatita.

2) La experiencia indica que los depósitos altamente productivos de berilo ocurren en pegmatitas que contienen apreciables cantidades de albita y moscovita. Las fisuras rellenas de los depósitos esmeraldíferos en las minas de Muzo y Coscuez pueden estar conectadas en el subsuelo con pegmatitas, pero no debe descartarse el probable origen por anatexis.

3) La distribución de los minerales en muchas unidades de fisuras rellenas, se ha demostrado que está sistemáticamente relacionada a rasgos estructurales, especialmente a los contactos de la roca circundante. El análisis estructural detallado, bajo condiciones razonablemente favorables de los afloramientos, da comúnmente información útil a los interesados en la prospección, exploración y desarrollo de los depósitos de berilo.

4) La distribución uniforme del berilo dentro de una zona de fisuras rellenas es rara, y comúnmente las áreas que poseen cristales están separadas por grandes áreas estériles que pueden contener cristales pequeños.

5) Las zonas de fisuras que son estériles en la superficie pueden contener partes explotables hacia la profundidad. La guía aconsejada para orientarse en estas partes es: a) la aplicación de un amplio conocimiento de la estructura de las fisuras rellenas y la distribución de los minerales. Dicho conocimiento se adquiere por un cuidadoso estudio y correlación de las estructuras internas, y b) el estudio de la paragénesis de las fisuras de la región. Es posible que el sistema de fisuras esmeraldíferas esté relacionado a ciertas direcciones y buzamientos.

6) Si esto se hace, parece que el número de prospecciones con buen éxito puede extenderse más allá de los límites impuestos por las prácticas del pasado.

## RECOMENDACIONES

Estúdiense por medio de ensayos si el material estéril de las minas de Muzo posee micro-cristales de berilo que pudieran ser beneficiados por métodos de flotación, y compruébese la posibilidad de flotar dicho material actualmente (véase Métodos Mineros).

Proyéctese una investigación sistemática del área de las minas de Muzo y Coscuez, en el cual se incluyan planes de estudios geológicos, mineralógicos, petrológicos, mineros, etc.

## BIBLIOGRAFIA

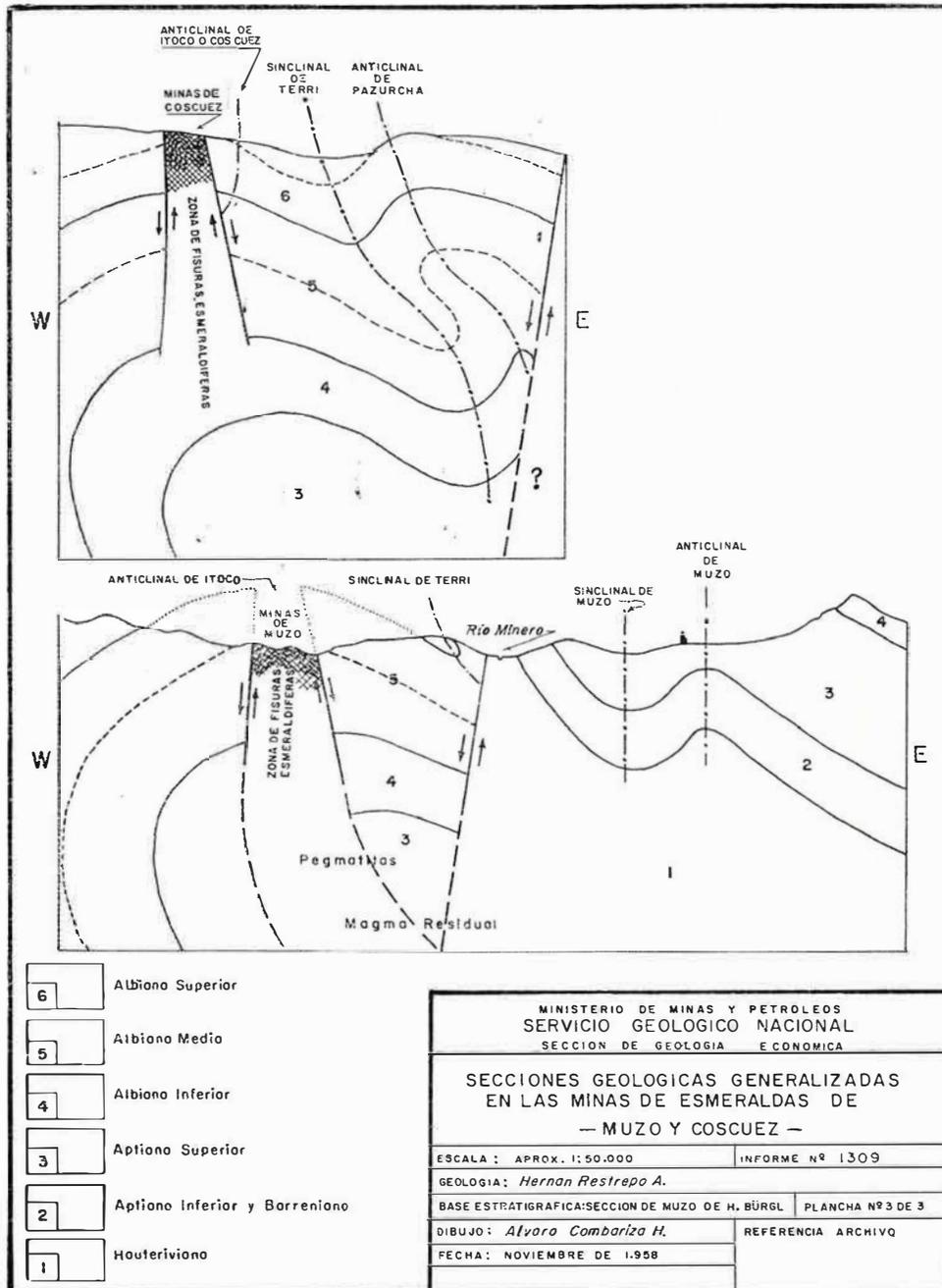
*Trabajos de Referencia sobre Muzo.*

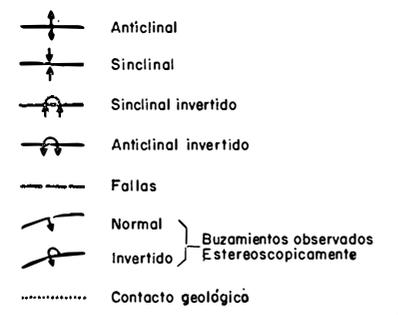
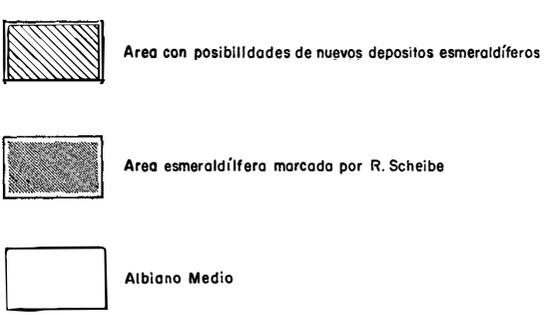
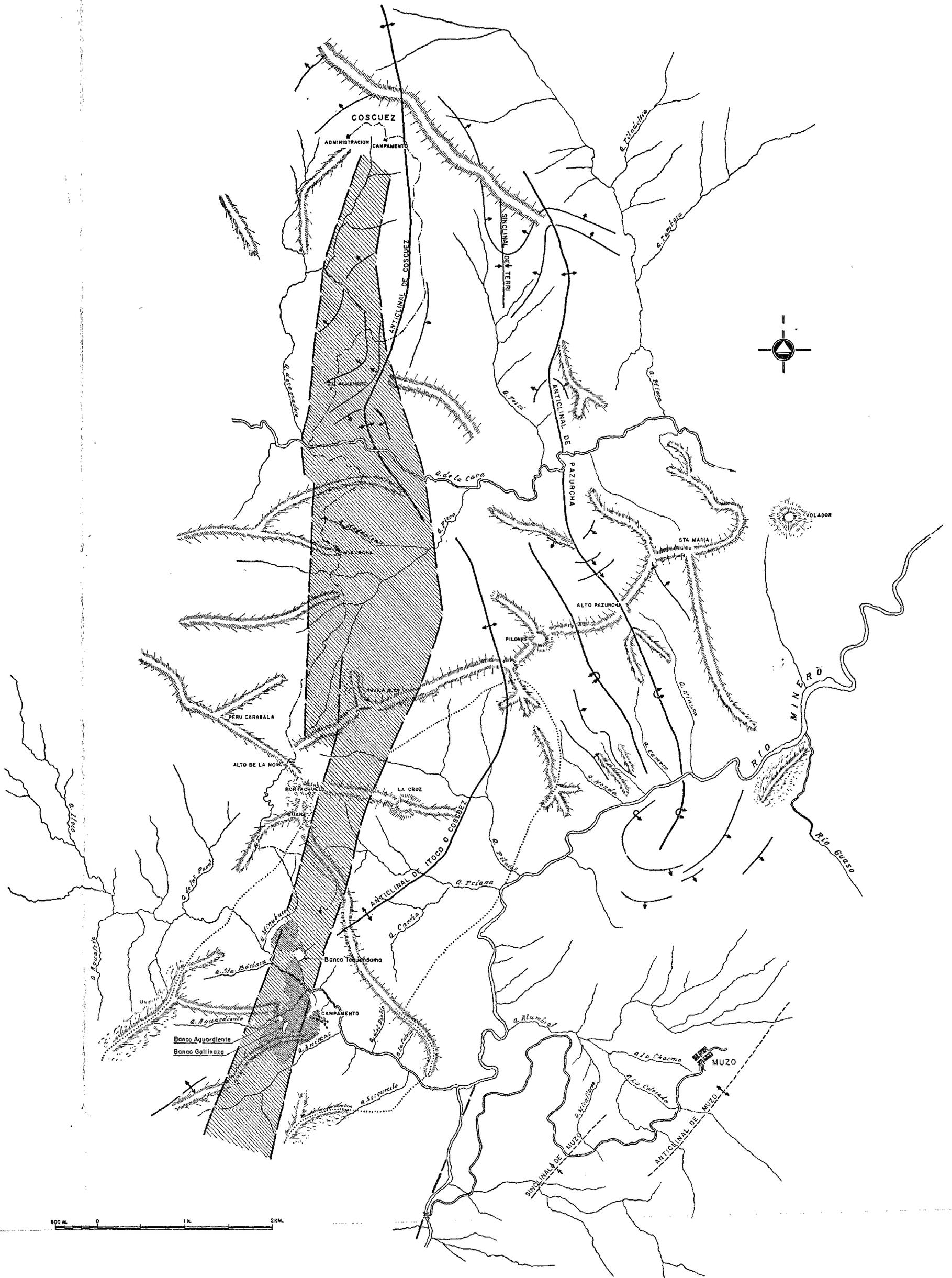
- BERNAUER, F., 1933. — Las llamadas maclas múltiples de esmeraldas de Muzo y sus anomalías ópticas, *Comp Est. Geol. Col.*, tomo I, pp. 199-221.
- BÜRGL, H., 1956. — Condiciones geológicas de las minas de esmeraldas de Muzo, Boyacá, *Rev. Acad. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, vol. IX, Nos. 36-37, pp. 380-388.
- DEL RÍO, A., 1945. — Exploración de unos yacimientos de cuarzo en Muzo, *Comp. Est. Geol. Ofic. Col.*, tomo V, pp. 249-250.
- HUBACH, E., 1950. — *Exploración de nuevos yacimientos esmeraldíferos en Muzo, Boyacá*, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 1188, Bogotá.
- OTERO G., BARRIGA, A. M., 1948. — *Esmeraldas de Colombia*, Banco de la República.
- RAINIER, P. W., 1933. — *Informe geológico de las minas de esmeraldas de Muzo*, enviado al Ministerio de Hacienda (tomado del Archivo de la Oficina de Fiscalización de Salinas y Esmeraldas, por el doctor R. A. Domínguez, Bogotá).
- SCHEIBE, R., 1933. — Informe geológico sobre la mina de esmeraldas de Muzo, *Comp. Est. Geol. Ofic. Col.*, tomo I, pp. 169-198.
- SINGEWALD, Q. D., 1950. — Mineral Resources of Colombia, *U. S. Geol. Surv. Bull.* N° 964-B.
- WOKITTEL, R., 1954. — *Yacimientos esmeraldíferos en los Municipios de Ubalá, Gachalá, Almeida, Macanal y Somondoco, Departamento de Boyacá*, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 1050.
- WOKITTEL, R., 1957. — *Recursos minerales en el Territorio Vásquez, Departamento de Boyacá*, Serv. Geol. Nal., Inf. N° 1240.

*Otras Referencias consultadas.*

- EMMONS, W. H., 1940. — *The principles of economic geology*, New York, McGraw-Hill Book Co., Inc.
- BATEMAN, A. M., 1946. — *Economic Mineral Deposits*, New York, John Wiley and Sons, Inc.
- CAMERON, E. N., JAHNS, R. H., MCNAIR, A. H., PAGE, L. R., 1949. — *Internal Structure of Granitic Pegmatites*, Urbana III, Economic Geology Publishing, Co.
- MASON, B., 1952. — *Principles of Geochemistry*, New York, John Wiley and Sons, Inc.
- ADAMS, J. W., 1953. — Berillium Deposits of the Mount Antero Region, Chaffe County, Colorado *U. S. Geol. Surv. Bull.* N° 982-D, Mineral Year Book, 1953.
- PAGE, L. R., 1953. — *Pegmatite Investigations 1942-1945, Black Hills, S. Dakota*, *S. Geol. Surv. Professional Paper* 247, Washington.
- GOLDSCHMIDT, V. M., 1954. — *Geochemistry*, ed Mur. A., Oxford, Clarendon Press.
- NIGGLI, P., 1954. — *Rocks and Mineral Deposits*, tr. Parker, R. L., San Francisco, W. H. Freeman and Co.
- NININGER, R. D., 1956. — *Minerals for Atomic Energy*, New York, D. Van Nostrand Co., Inc.







MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL SECCION DE GEOLOGIA ECONOMICA	
<b>PLANO GEOLOGICO DEL AREA DE LAS MINAS          DE ESMERALDAS DE MUZO Y COSQUEZ</b> (Departamento de Boyaca)	
ESCALA : 1:25000	INFORME Nº 1309
GEOLOGIA : HERNAN RESTREPO A.	
TOPOGRAFIA : De Aerofotografías	PLANCHA Nº 2 DE 3
DIBUJO : ALVARO COMBARIZA H.	REFERENCIA ARCHIVO
FECHA : Noviembre de 1.958	

**BOLETIN GEOLOGICO, VOL. VII Nos. 1-3. — PAGINAS, 85-118, 9 FIGURAS.**

**SEDIMENTACION CICLICA EN EL GEOSINCLINAL CRETACEO  
DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA**  
(con 9 figuras en el texto)

POR

**HANS BURGL**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL**

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1961

## CONTENIDO:

Resumen . . . . .	89
Introducción . . . . .	91
Facies y clasificaciones litológicas . . . . .	99
Estratigrafía de la cuenca de Cundinamarca . . . . .	101
Duración de los pisos cretáceos . . . . .	106
Los ciclos mayores del Cretáceo de la Cordillera Oriental. . . . .	111
Posibles causas de los movimientos cíclicos . . . . .	114
Bibliografía . . . . .	115

## RESUMEN

Los estratos que constituyen la Cordillera Oriental de Colombia comprenden desde el Precambriano hasta el Cuaternario. Entre ellos, los sedimentos del Cretáceo son los más frecuentes y de mayor grosor alcanzando su máximo espesor en los alrededores de Bogotá (Cuenca de Cundinamarca) con 16.000 metros. Hacia el Norte, su espesor se reduce a 2400 m y hacia la terminación sur de la cordillera alcanza sólo unos centenares de metros.

En la Cuenca de Cundinamarca, el Cretáceo está compuesto predominantemente de lutitas oscuras, batiales, entre las cuales se interponen a distancias más o menos regulares, areniscas, calizas y otros depósitos litorales. La repartición de los fósiles, especialmente de las Amonitas, muestra que las intercalaciones litorales siempre forman las capas limítrofes entre pisos y subpisos. El hundimiento del geosinclinal cretáceo de la Cordillera Oriental tuvo lugar por lo tanto de una manera cíclica: al principio de cada piso (o subpiso) se hundió rápidamente y se depositaron en él lutitas batiales. Después el hundimiento aminoró paulatinamente y los depósitos litorales avanzaron hacia el interior de la cuenca y en algunos casos la sedimentación cesó por completo. Con el nuevo hundimiento al principio del próximo piso, inmigraron al geosinclinal nuevas faunas pelágicas, en tanto que las faunas litorales se retiraron a las zonas costaneras y persistieron durante varios pisos.

La composición litológica muy semejante y el grosor aproximado de los pisos indican que éstos se depositaron en períodos iguales de seis millones de años aproximadamente y los subpisos, en períodos de dos millones de años.

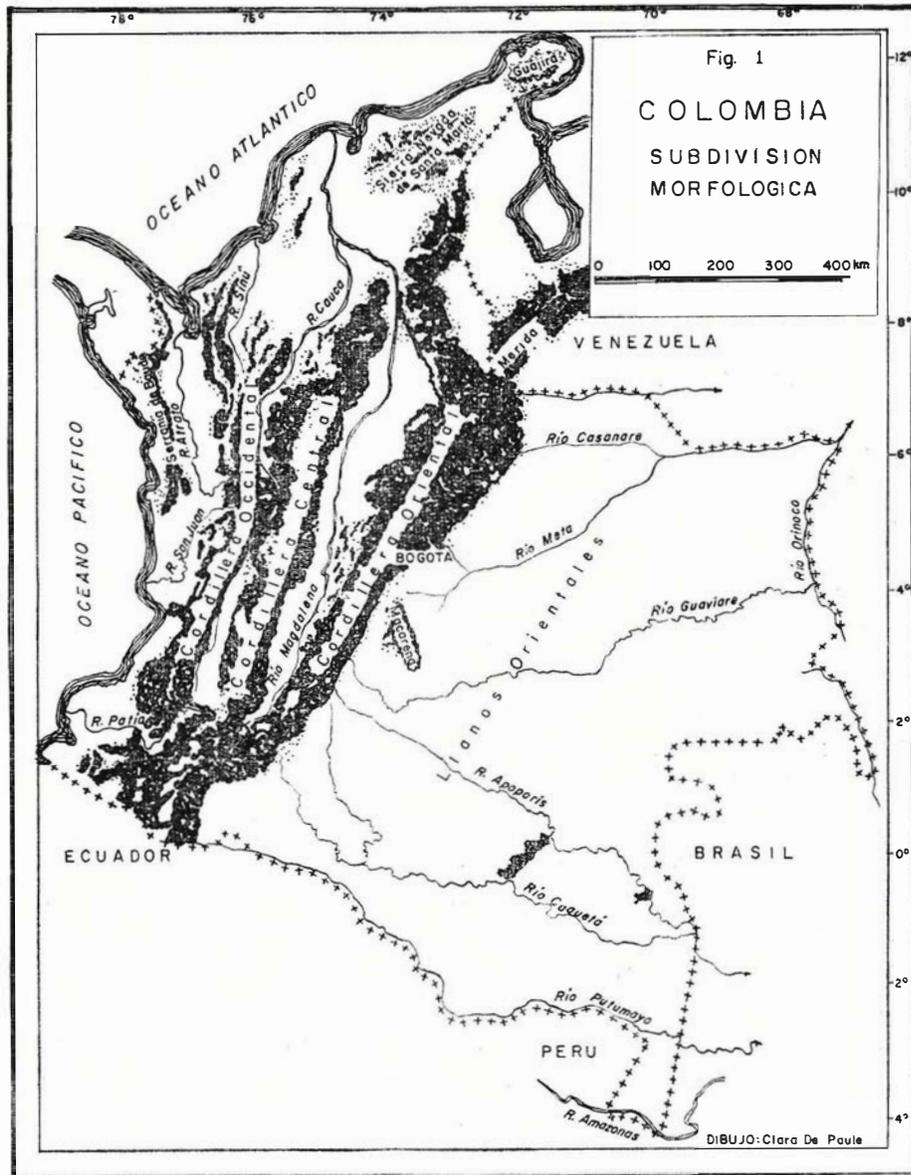
Fuera de estos ciclos de los pisos, se reconocen ciclos mayores de 18 a 20 millones de años de duración. Estos fueron iniciados por movimientos tectónicos y extensas transgresiones subsiguientes. Dichos ciclos mayores empiezan con el Titoniano, Hauteriviano, Albiano y Senoniano. Los ciclos de los pisos empiezan simultáneamente en extensas regiones de la superficie terrestre, los ciclos mayores, en contraste, van sobre ella en forma de ondas. Se supone por lo tanto que los ciclos de los pisos tienen su origen en partes de la tierra más profundas que los ciclos mayores.

## INTRODUCCION

*Morfológicamente, los Andes colombianos están subdivididos por algunas depresiones longitudinales en cuatro cordilleras principales (figura 1): la Serranía de Baudó (con frecuencia designada en la literatura geológica como Cordillera Costanera), la Cordillera Occidental, la Central y la Oriental. Respecto a su estratigrafía y estructura, las tres primeras son bastante semejantes entre sí y ellas solas forman la continuación septentrional de los Andes del Perú y Ecuador. H. GERTH (1939) las reunió bajo el nombre de "Colombiandes", mientras que E. HUBACH (1957b) las designa como "Occidente Andino". La Cordillera Oriental difiere de las otras por tener una estructura más sencilla, un menor grado de metamorfismo y como consecuencia de estos factores, por la riqueza en fósiles paleo y mesozoicos. Su continuación son las cordilleras venezolanas y H. GERTH (1939) las unió (con ellas) a las "Caribeandes".*

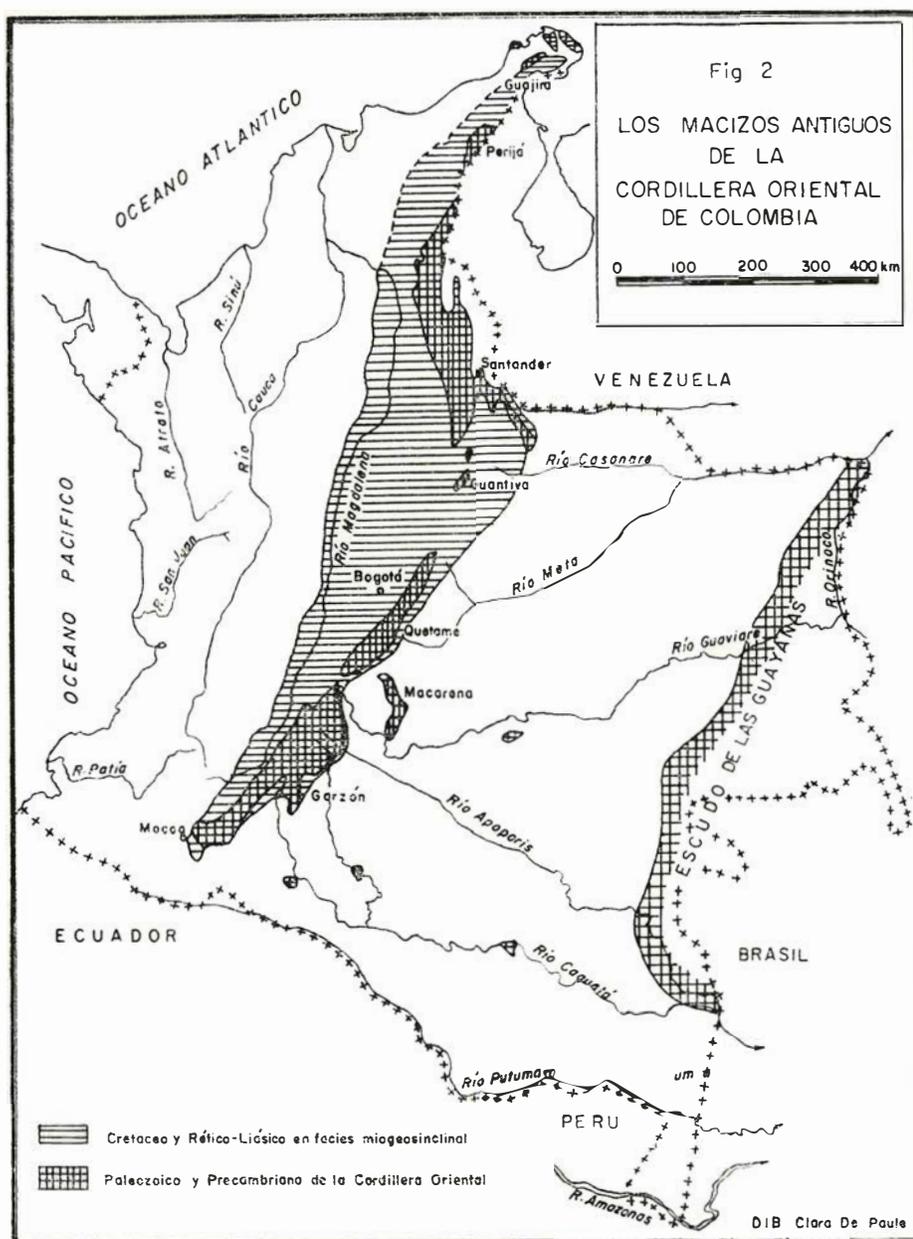
*Respecto a las particularidades mencionadas, la Cordillera Oriental de Colombia tiene un pequeño antecesor en la Sierra Cutucú del Ecuador, pero como sistema continuo, es un elemento típico colombiano. Empieza en el Sur cerca de la frontera ecuatoriana y se extiende hacia el Noreste, aumentando progresivamente su anchura; cerca a Cúcuta, se divide en dos ramales los cuales comprenden la Cuenca de Maracaibo. El ramal oriental o sea la Serranía de Mérida, con rumbo noreste, se continúa en las serranías caribeñas de Venezuela; el occidental tiene primero un rumbo NNW, constituyendo el Macizo de Santander, toma de nuevo el rumbo general NNE de la Cordillera Oriental, formando la Serranía de Perijá. Las sierras premesozoicas de la Alta Guajira, situadas en la prolongación de la Serranía de Perijá, están consideradas geológicamente como estribaciones de la Cordillera Central (H. STILLE 1940, A. GANSSER 1955, H. BÜRGL 1960 a). Sin embargo, durante el Cretáceo, esta área estaba estrechamente conectada con el miogeosinclinal de la Cordillera Oriental.*

*Excluyendo la región de la Serranía de Mérida e incluyendo la Alta Guajira, la Cordillera Oriental tiene una longitud de 1400 km y una anchura máxima, en la latitud de Vélez, de 250 km. De tal manera que en su extensión es similar a los Alpes, al Atlas, a la isla principal japonesa y al Mar Báltico incluyendo el Golfo Bótnico. Muchas elevaciones de la Cordillera Oriental exceden de 3500 m; la elevación más alta, la Sierra*

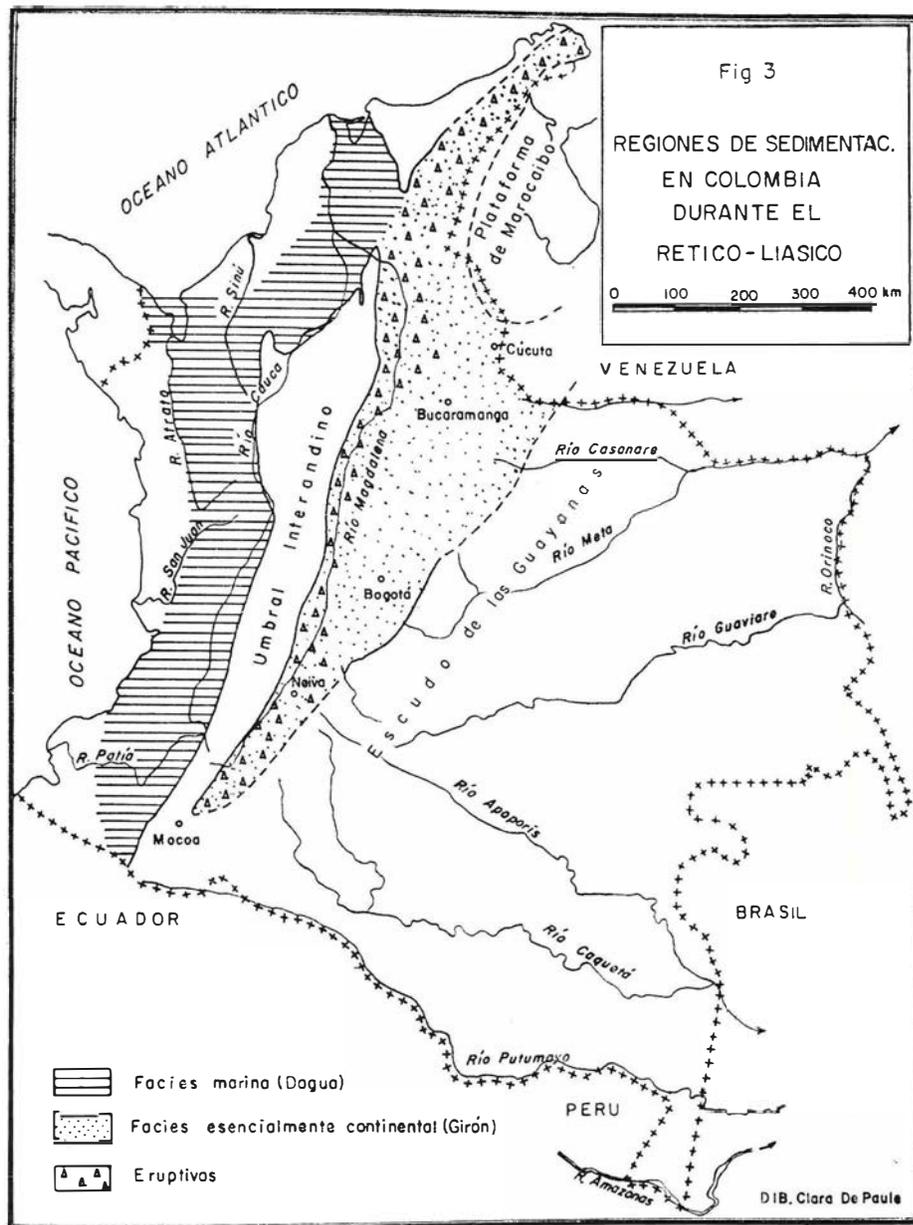


*Nevada del Cocuy de casi 5500 m de altura, está formada de capas cretáceas.*

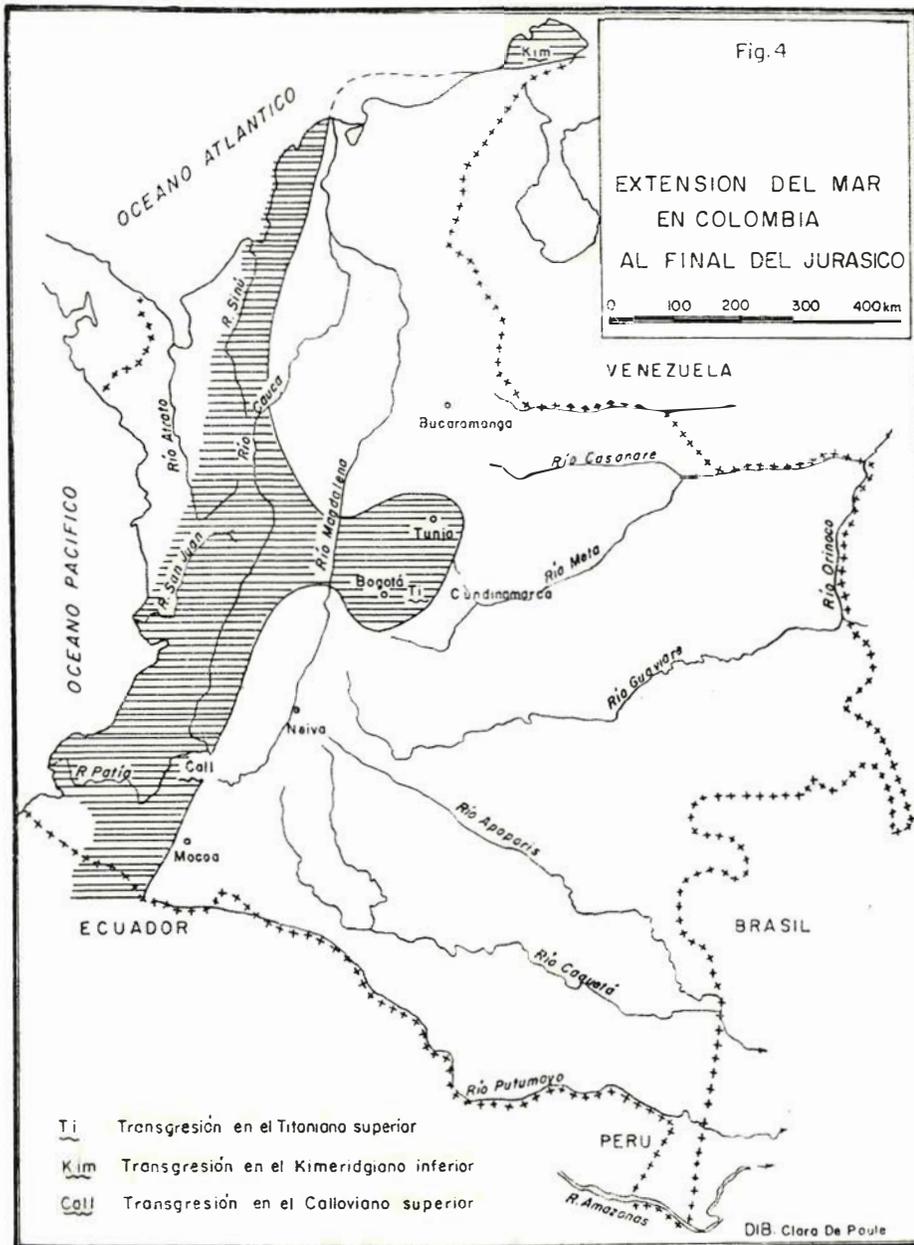
*Los estratos y rocas que forman la Cordillera Oriental son de muy distintas edades y van desde el Arcaico hasta el Cuaternario. El Precambriano y el Paleozoico constituyen los "núcleos antiguos" (H. GERTH 1957), los cuales siguen el margen oriental de la cordillera, pero en el Macizo de Santander ocupan casi su ancho total (figura 2). Son en lo general depósitos de mares poco profundos, los cuales fueron plegados, intruídos y metamorfoseados en las eras asínticas y caledónicas (H. STILLE 1958). Los movimientos varíscicos fueron relativamente débiles y consistieron esencialmente en dislocaciones de bloques.*



*En el Triásico, la Cordillera Oriental empezó a manifestarse como unidad tectónica y estratigráfica. Después de avances locales del mar durante el Carniano y Noriano (Formación Payandé), toda la región de la Cordillera Oriental se convirtió en un geosinclinal continental en el Rético y Liásico. En éste se depositaron arcillas y areniscas abigarradas de facies gondwana, la llamada Formación o Grupo de Girón (figura 3). Con la transgresión marina temporal al final del Liásico, que avanzó desde el occidente andino, termina este primer período de inmersión mesozoica de la Cordillera Oriental.*



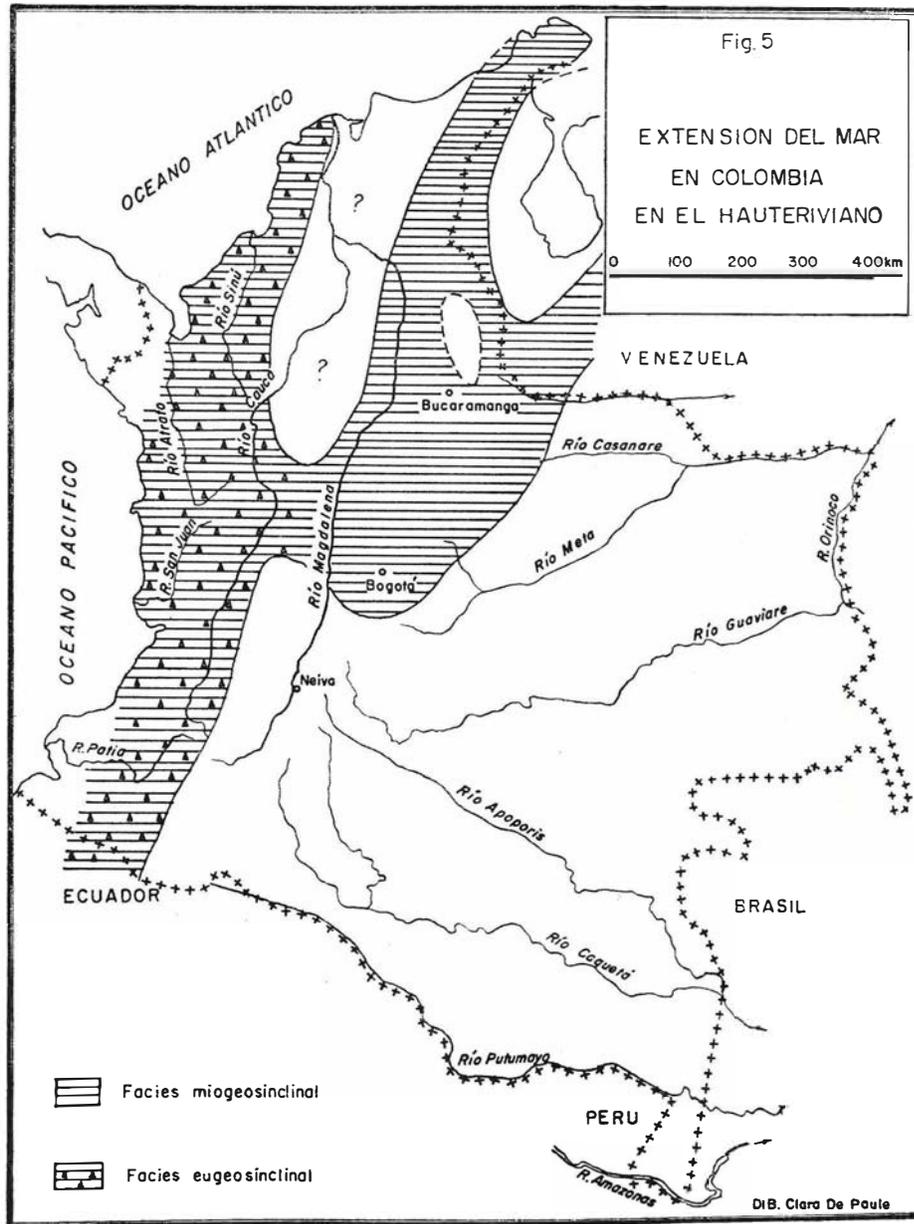
Durante el Dogger y la mayor parte del Malm, el oriente andino fue tierra firme y estuvo expuesto a la erosión. En el Kimeridgiano el mar transgredió sobre la Península de La Guajira y en el Titoniano inundó la parte central de la Cordillera Oriental, la región de Bogotá (figura 4). En el Hauteriviano, toda la parte septentrional entre Bogotá y La Guajira se hundió por debajo del nivel del mar (figura 5). Al final del Aptiano, la región fue ligeramente plegada y localmente erodada. Inmediatamente después, al principio del Albiano, el mar avanzó de nuevo e inundó esta vez toda la parte meridional de la Cordillera Oriental y las partes



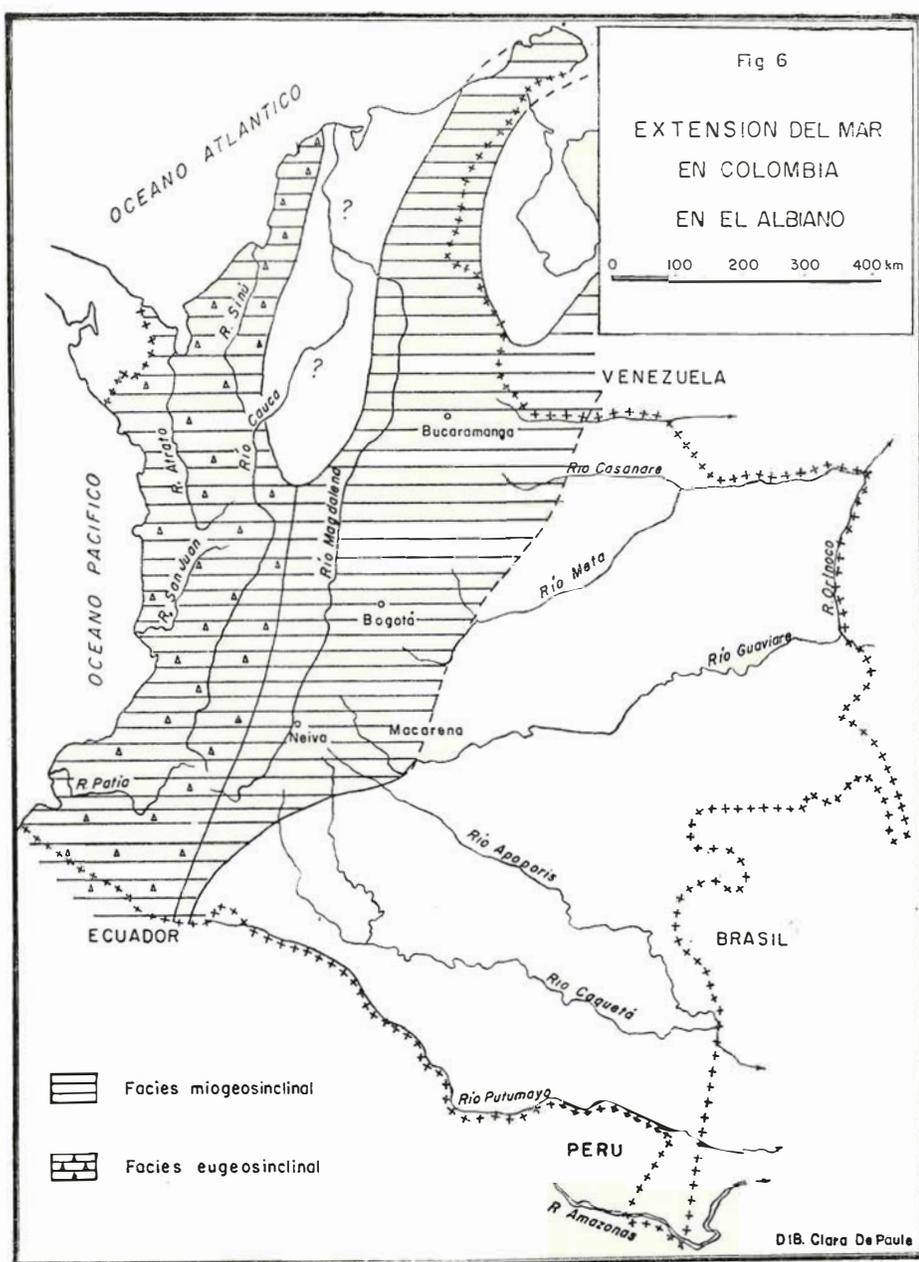
adyacentes del Escudo de las Guayanas (figura 6). En el Maastrichtiano <sup>1</sup> inferior el mar alcanzó su máxima extensión.

Durante el Senoniano (fase subhercínica, H. STILLE), la región fue plegada nuevamente y esta vez con mayor intensidad que durante las fases mesozoicas anteriores. Dichos plegamientos causaron la formación de anticlinorios y sinclinorios amplios y transgresiones y regresiones locales. En el Maastrichtiano superior el mar retrocede progresivamente hacia las partes septentrionales y los sinclinorios en el sur se rellenan con

<sup>1</sup> Según R. C. MOORE 1952, p. 363, la ortografía correcta es Maastrichtiano y no Maestrichtiano.



sedimentos continentales. El contraste entre regiones en sollevamiento y en hundimiento se acentúa más durante la fase pirenaica (antes del Eoceno Superior) y particularmente la sávica (pre-Aquitaniense). Pero el plegamiento principal tuvo lugar en el Mioceno medio y superior y fue acompañado también en la Cordillera Oriental por ligeras intrusiones. Al principio del Pleistoceno la región de la Cordillera Oriental, junto con todo el territorio colombiano, fue levantado a la altura actual. La extensión de la Cordillera Oriental corresponde en general a la del geosinclinal continental del Rético-Liásico y a la del geosinclinal marino del Albiano.



*Fuera de estos movimientos mayores orogénicos y epirogénicos y las transgresiones y regresiones extensas, se observa también en la Cordillera Oriental un número de movimientos de menor intensidad los cuales fueron casi independientes de los mayores. Estos se manifiestan de manera particularmente clara en los sedimentos marinos del Cretáceo y es de ellos de los que queremos tratar en primer lugar en este estudio.*

## FACIES Y CLASIFICACIONES LITOLÓGICAS

Los sedimentos cretáceos no solamente son los más extensos y más potentes de la Cordillera Oriental sino que además se presentan allí con una perfección y claridad como casi en ningún otro sitio de la tierra.

El diferente grado de hundimiento de las varias partes de la cordillera durante el período cretáceo, las transgresiones mencionadas y los movimientos tectónicos pre e intracretáceos causaron la formación de una gran variedad de rocas. Se hallan brechas, conglomerados, areniscas y arcillas de origen fluvial, lacustre y marino, porcelanitas y liditas de origen volcánico, calizas y lutitas de diferentes ambientes marinos, litoral hasta batial. En los alrededores de Bogotá predominan las lutitas oscuras; en la parte septentrional de la cordillera las calizas y entre ambas regiones se encuentran todos los grados de transición e intercalación.

Los movimientos tectónicos que antecedieron a las transgresiones del Hauteriviano, Albiano y Senoniano rejuvenecieron el relieve de las tierras firmes que rodearon el geosinclinal y los ríos lo rellenaron, en estos períodos, con mayores cantidades de material terrígeno. De tal manera se formaron tres horizontes principales arenáceos y calcáreos, los cuales se pueden seguir en la mayor parte de la cordillera. Debido a su mayor resistencia en comparación con las lutitas, dichos horizontes forman pendientes y altos llamativos los cuales motivaron las primeras clasificaciones litostratigráficas. Fue Leopoldo VON BUCH (1839) quien con base en las observaciones de Alejandro VON HUMBOLDT distinguió "le schiste de Villeta" de las "areniscas de los altiplanos". A. HETTNER (1892) aceptó en principio esta subdivisión principal y designó a estas unidades como Formaciones Villeta y Guadalupe. E. HUBACH (1945) agregó a ellas la unidad más baja como Formación Cáqueza.

Esta división en tres unidades tuvo su origen en los alrededores de Bogotá. En conexión con la exploración de petróleo en la concesión de Mares en Santander y en la concesión Barco en el Departamento de Norte de Santander, se desarrollaron otros dos centros de clasificación estratigráfica. Las de la concesión Barco (NOTESTEIN, HUBMAN & BOWLER 1944), como también las de la Serranía de Perijá (H. D. HEDBERG & L. C. SASE 1937, E. ROD & W. MAINC 1954) y de la Península de La Guajira (O. RENZ 1956) fueron influenciadas apreciablemente por Venezuela (literatura en R. A. LIDDLE 1946). En la concesión de Mares y sus alrededores los geólogos de petróleo de las distintas compañías crearon independientemente un gran número de nombres estratigráficos, que aparecieron primeramente en informes internos de las compañías y posteriormente poco a poco en la literatura, a veces sin definición apropiada (A. A. OLSSON 1956). Fue altamente meritoria la labor realizada por L. G. MORALES & LA INDUSTRIA COLOMBIANA DE PETRÓLEO (1958) al unificar

y aclarar la terminología estratigráfica por lo menos en el territorio de Barrancabermeja. No obstante estos esfuerzos tendientes a una unificación de la nomenclatura de las diferentes partes de la cordillera, todavía existen muchos nombres estratigráficos en uso, los cuales en parte son homónimos o sinónimos y se interfieren unos con otros. En la tabla 1 citamos solamente los más importantes de ellos.

Tabla 1

LAS FORMACIONES PRINCIPALES DEL CRETACEO Y JURASICO SUPERIOR DE LA CORDILLERA ORIENTAL

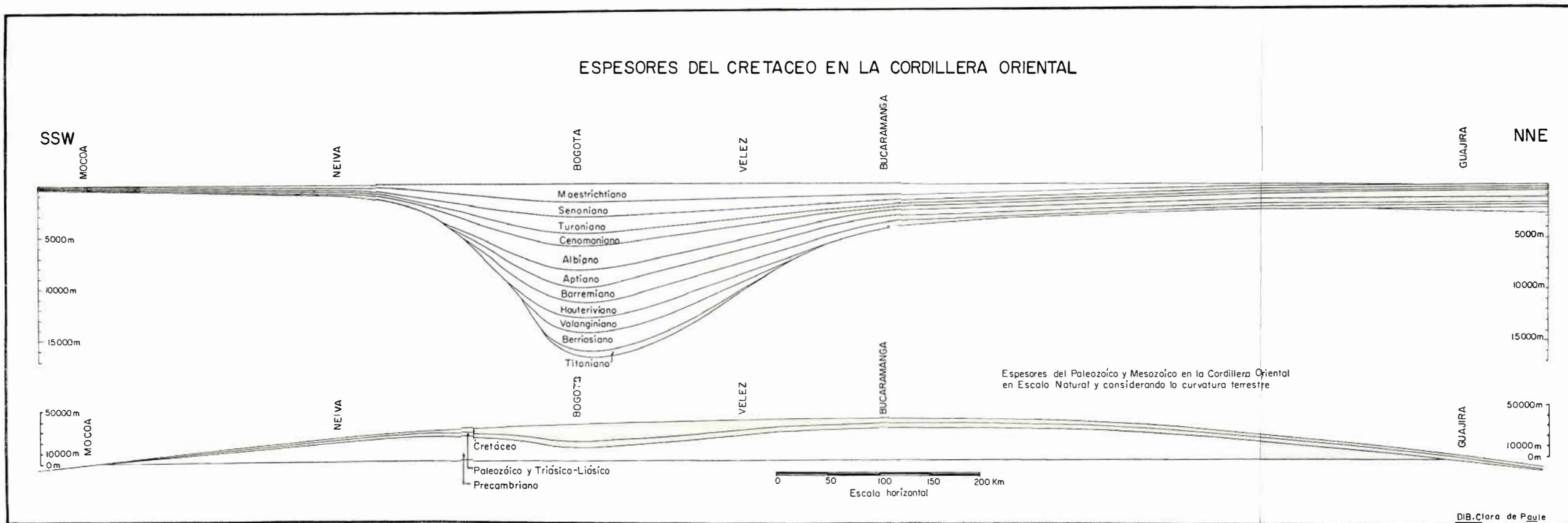
Pisos	Aledaños de Bogotá según HETTNER 1892, HUBACH 1957	Concesión de Mores según MORALES BALI 1958	Concesión Barco según NOTESTEIN BALI 1944	Serranía de Penjé según RODRIGUEZ MAINC 1954	Península Guajira según O. RENZ 1956
	Guaduas inferior y media		Catatumbo	Guasora	
Maestrichtiano	Arenisca Tierra Plana	Umir	Mito Juan		
Senoniano	Arenisca Dura Lidita superior Lidita inferior		C o l ó n		
	La Frontera	Gotembo	C a p a g l a u c o n i t i a		
Turoniano		Pujamana Salada	L a L u n a		
Cenomaniano	Caliza de Chipaque	Salta	Cogollo	Maraca	Cogollo superior
Albiano	Arenisca de Uña	Simiti	Aguardiente	Lisura	
Aptiano	Caliza Colombiana	Caliza de Tebiaco	Mercedas	Apón superior	Cogollo media
Barremiano		Paja		Apón medio	Cogollo inferior
Hauteriviense	Arenisca de Cúcuta	Rosa Blanca	Tibú	Apón inferior	Yuruma superior
Valanginiano		Tombor		Río Negro	Yuruma inferior
Berriasiense	Lulitas de Culobra				Río Negro
Titaniano	Lulitas de Sahné				?
Kimeridgiano					?
					Cacinas

Dibujó: Clara de Paula

Sin entrar a discutir la utilidad de estos nombres estratigráficos para la solución de problemas locales, se presenta la necesidad de disponer de una nomenclatura estratigráfica que se pueda aplicar no solamente en toda la Cordillera Oriental, sino tal vez a regiones más extensas. Tal clasificación general tiene que partir de una región en donde la sucesión estratigráfica sea más completa, menos afectada por complicaciones estructurales y por otras condiciones relativamente locales y casuales.

La parte de la Cordillera Oriental más adecuada para establecer tal clasificación estratigráfica general, resulta con claridad en la figura 7. Esta muestra los espesores de las unidades cronostratigráficas del Cretáceo de la Cordillera Oriental a lo largo de una línea longitudinal que se extiende desde Mocoa en el sur hasta La Guajira en el norte. En el dibujo superior las dimensiones verticales son exageradas en comparación con las horizontales (10:1), mientras que el inferior las muestra en relación natural, considerando también la curvatura de la superficie terrestre. En

# ESPEORES DEL CRETACEO EN LA CORDILLERA ORIENTAL



esta ilustración se ve que los pisos cretáceos tienen su máximo espesor en los alrededores de Bogotá y que allí todos los pisos están presentes. La potencia total del Cretáceo en esta región es de más de 16.000 m y se reduce hacia el Norte a 2400 m y hacia el Sur a sólo 600 m. En las partes norte y sur los pisos más bajos del Cretáceo están ausentes y la disminución de los pisos existentes hace pensar en la posibilidad de que faltan ciertos subpisos u horizontes.

Por lo tanto nuestro propósito no es otro que el de llevar a cabo un ensayo que establezca una clasificación estratigráfica del Cretáceo partiendo de la región de Bogotá, del cual resulten unidades que se puedan seguir por toda la cordillera.

### ESTRATIGRAFIA DE LA CUENCA DE CUNDINAMARCA

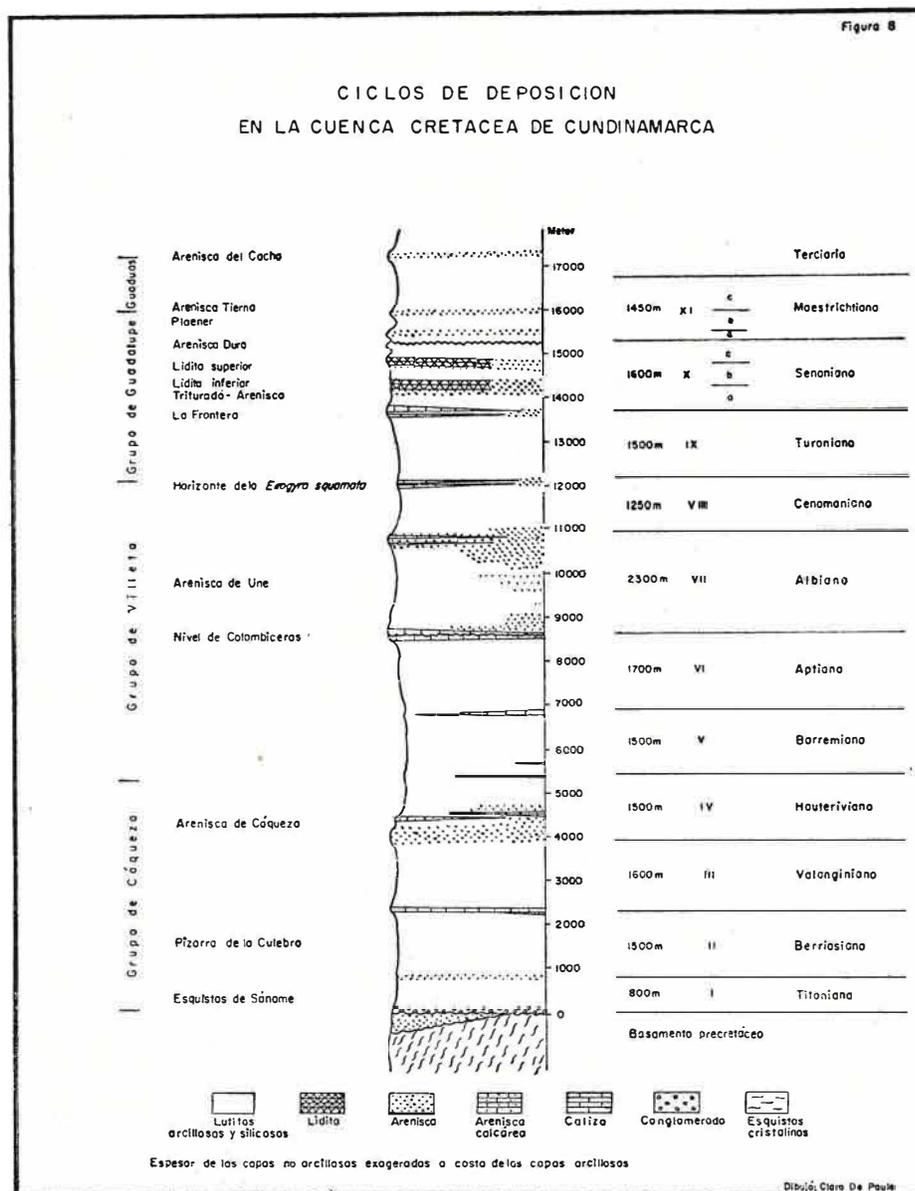
La distribución y los espesores de los pisos cretáceos en la Cordillera Oriental indican que la región de Bogotá representó en el Cretáceo una cuenca especial en la cual el grado de hundimiento y el de sedimentación alcanzaron un máximo. Esta cuenca cretácea la llamaremos Cuenca de Cundinamarca.

En esta cuenca, el Cretáceo consta en su mayor parte (el 70% en el oriente de Bogotá y el 90% en el occidente), de lutitas (arcillas y argilitas más o menos pizarrosas). Estas son casi siempre de un color que va del gris oscuro hasta el negro por su alto contenido en sulfuro de hierro finamente disperso (y no por su contenido carbonáceo como afirman algunos autores). Pueden ser macizas, fina o gruesamente estratificadas, pueden romperse en tablas, romboedros o en fragmentos lanceolados. A grandes rasgos se puede observar que las lutitas de la parte alta del Cretáceo pasan con frecuencia a capas silicosas y que las del Neocomiano contienen venas y estrías de cuarcita, pirita y calcita de 1-5 mm de grosor. Algunos niveles son ricos en concreciones margosas, calcáreas o piríticas en forma ovalada o esférica, cuyo tamaño varía de algunos milímetros a 3 m de diámetro. Sin embargo, todas estas características cambian en cierto grado con la posición estratigráfica, pero también con la localización; en todo caso no hay pruebas litológicas seguras para distinguir las lutitas de los distintos niveles cretáceos. Lutitas del tipo de los "esquistos de Villeta" en el sentido de L. VON BUCH (1839) y A. HETTNER (1892) son por lo tanto una facies litológica que se encuentra en todos los niveles del Cretáceo de la Cuenca de Cundinamarca, por cierto más frecuentemente en el "Grupo de Villeta" que en el "Grupo de Guadalupe". La separación de estos dos grupos a base litológica es, por lo tanto, absolutamente arbitraria.

Sin embargo, un estudio detallado muestra que las lutitas contienen a distancias verticales más o menos regulares, intercalaciones de areniscas, lutitas silicosas y arenosas, margas, calizas, liditas y conglomerados que fueron depositados en aguas menos profundas que las lutitas que las rodean. Estos sedimentos litorales hasta epineríticos<sup>1</sup> representan en lo

<sup>1</sup> Usamos estos términos batimétricos no en el sentido original de GAYLE SCOTT (1940) sino en el sentido modificado por KRUMBEIN & SLOSS (1956): litoral 0-10 m, epinerítico 10-40 m, infranerítico 40-200 m, epibatial 200-600 m, infrabatial 600-2000 m.

general excelentes horizontes litológicos guías en la masa monótona de las lutitas y llamaron especialmente la atención de los geólogos. E. HUBACH (1957b) fue quien particularmente designó algunos de estos niveles con nombres propios: el "Nivel de *Colombiceras*", la "Arenisca de Cáqueza", la "Arenisca de Une", el "Horizonte La Frontera", la "Caliza de Chipaque" y otros. En la figura 8 presentamos estos horizontes litológicos guías, es decir, los que difieren de las lutitas corrientes y que se pueden seguir sobre largas distancias.



Tal sucesión estratigráfica, como la presenta la cuenca de Cundinamarca, se puede subdividir litológicamente de dos maneras:

1. Designar las intercalaciones areniscosas lidíticas y calcáreas como unidades estratigráficas desiguales con nombres propios y basar en ellas la clasificación sin prestar mucha atención a las lutitas uniformes infra y suprayacentes.

2. Distinguir unidades que comprendan un conjunto de lutitas y total o en parte, los depósitos de agua poco profunda infra y suprayacentes.

El primer método lo siguieron E. HUBACH y la mayoría de los geólogos de las compañías petroleras. Sin embargo, esta clasificación tiene graves desventajas: los horizontes de guía cambian con frecuencia su composición litológica y siempre se intercalan y se convierten lateralmente en lutitas, resultando un cambio de espesor entre amplios límites. Los ejemplos de este hecho son numerosísimos: las areniscas de Cáqueza y de Une constan casi siempre predominantemente de lutitas; la "Caliza de Chipaque" (HUBACH) consta a veces de caliza, a veces de arenisca y varía en su espesor de  $1/2$  m a 50 m. El "Horizonte de La Frontera" puede estar compuesto de calizas, liditas, areniscas y lutitas y no tiene ni base ni tope preciso. Todos los depósitos de agua baja del Cretáceo de Cundinamarca consisten, en realidad, en lentejones de una composición litológica muy variada y extensión lateral y vertical muy irregular. En su clasificación estratigráfica, E. HUBACH (1931, 1945, 1957a) evita con razón el término "formación" en el sentido de una unidad estratigráfica de uniforme constitución litológica y prefiere hablar de "horizontes" y "niveles". Las dificultades de clasificar la sucesión cretácea de Cundinamarca exclusivamente a base de criterios litológicos fueron discutidas también por ROYO Y GÓMEZ (1941). En lo general se puede manifestar que sin considerar el infra y suprayacente y el contenido fosilífero, el geólogo frente a un afloramiento de lidita, caliza, arenisca o lutita es incapaz de decir de cuál horizonte o formación se trata. En estas condiciones, en la Cuenca de Cundinamarca una clasificación exclusivamente litostratigráfica es pura ficción.

Queda entonces la otra posibilidad, que consiste en subdividir los estratos cretáceos de Cundinamarca de tal manera, que cada unidad comprenda un conjunto de lutitas y en total o en parte los depósitos de aguas costeras infra y suprayacentes. Estos conjuntos varían mucho menos en espesor que las intercalaciones de agua baja y se manifiestan ya de tal manera como unidades estratigráficas más constantes. Sin embargo, litológicamente, estas unidades también se distinguen muy poco entre sí. En su mayoría empiezan con sedimentos de agua baja (conglomerados, areniscas, calizas) que pasan hacia arriba a lutitas depositadas en aguas más profundas (infraneríticas hasta batiales) y terminan arriba otra vez con sedimentos epineríticos y litorales. Pero a veces los sedimentos de agua baja faltan en la base y la unidad se inicia inmediatamente con lutitas. Estas unidades, designadas con cifras romanas en la figura 8 representan por lo tanto, ciclos o subciclos sedimentarios en el sentido de Murchison (E. DACQUÉ 1926, R. A. SONDER 1956).

El problema de identificar cada ciclo se resuelve con absoluta seguridad mediante el estudio del contenido fosilífero, en la práctica en primer lugar por las amonitas. En la zona lutítica de dichas unidades, los fósiles son escasos o tan deformados por efectos tectónicos que con frecuencia es difícil o casi imposible determinarlos. Pero en las capas limítrofes, epi-

neríticas o litorales, se hallan con una frecuencia y una preservación lo suficientemente buena como para permitir una orientación estratigráfica perfecta. Además, se observa que durante la sedimentación de las lutitas la fauna cambió relativamente poco, mientras que durante la deposición de las capas litorales ocurrieron cambios fundamentales. Como ejemplos particularmente claros mencionaremos las capas limítrofes entre las unidades VI y VII y las unidades IX y X. Las calizas en la parte inferior del "nivel de *Colombiceras*", que se incorporan a la unidad VI, contienen en cantidades apreciables *Melchiorites*, *Dufrenoyia*, *Parahoplites*, *Acanthohoplites*, etc.; la parte alta en contraste, *Hypacanthoplites*, *Puzosia*, *Valdedorsella* y *Douvilleiceras*. El límite entre las dos faunas es preciso y sugiere una interrupción en la sedimentación. Las condiciones en los límites entre las unidades II y III, IV y V, V y VI, VII y VIII, X y XI son análogas. Solamente en el caso de las capas limítrofes entre IX (con *Mammites* y *Coilopoceras*) y X (con *Barroisiceras*, *Niceforoceras*, *Prionocycloceras*), algunos geólogos afirman haber observado una transición gradual, al haber colectado *Barroisiceras* debajo de ejemplares de *Coilopoceras*.

En esta conexión es muy interesante que en el Cretáceo inferior de la Cuenca de Cundinamarca, los Foraminíferos se hallen solamente en las capas limítrofes, epineríticas y litorales: *Choffatella sogamosae* (KARSTEN) entre las unidades IV y V, *Epistomina mosquensis* UHLIG en la base de la unidad V, *Orbitolina concava texana* (ROEMER) en la base de la unidad VI (V. PETERS 1954). G. COLOM (información privada) investigó secciones delgadas de las "capas limítrofes" de Cundinamarca y llegó también a la conclusión de que se trata de depósitos de aguas litorales y epineríticas.

Como se explica más adelante en este informe la mayoría de las clases de invertebrados contienen muy pocos géneros y especies por estar restringidas a una sola de las unidades marcadas en la figura 8 con cifras romanas. Los fósiles más importantes para caracterizar estas unidades son las Amonitas y en el Senoniano y Maastrichtiano los Foraminíferos. Si no consideramos estos últimos (tratados por J. A. CUSHMAN & H. D. HEDBERG 1941, R. GANDOLFI 1955, V. PETERS 1954 y 1955), quedan como principales fósiles guías las Amonitas. Los géneros de las Ammonitina, pero no los de las Phylloceratina y Lytoceratina, determinan los ciclos sedimentarios distinguidos en la figura 8 con absoluta seguridad (tabla 2). Por no disponer de características susceptibles a una sola interpretación, quedan pues solamente las Amonitas (y en parte los Foraminíferos) para una definición inequívoca de las unidades estratigráficas de la Cuenca de Cundinamarca.

T A B L A 2

AMONITAS DEL TITONIANO Y CRETACEO  
DE LA CUENCA DE CUNDINAMARCA

Ciclos	Géneros y subgéneros	Pisos y subpisos
XI	<i>Nostoceras, Coahuilites, Scaphites</i>	Maastrichtiano
X	<i>Nostoceras, Solenoceras, Stantonoceras</i>	Campaniano
	<i>Peroniceras, Gauthiericeras, Texanites</i>	Santoniano Senoniano
	<i>Prionocycloceras, Peroniceras, Gauthiericeras Barroisiceras, Niceforoceras</i>	Coniaciano
IX	<i>Scaphites, Mammites, Coilopoceras</i>	Superior
	<i>Pseudaspidoceras, Benueites, Vascoceras, Thomasites</i>	Inferior Turoniano
VIII	<i>Tropitoides, Tarrantoceras, Mantelliceras, Calyoceras</i>	Cenomaniano
VII	<i>Argonauticeras, Mariella, Dipoloceras, Mortonoceras, Venezoliceras</i>	Superior
	<i>Engonoceras, Parengonoceras, Brancoceras, Hysteroceas, Oxytropidoceras, Eubrancoceas, Tegoceras, Knemiceras</i>	Medio Albiano
	<i>Hamites, Valdedorsella, Puzosia, Douvilleiceras, Paracanthoplites, Hypacanthoplites, Lyelliceras</i>	Inferior
VI	<i>Melchiorites, Parahoplites, Acanthohoplites, Dufrenoyia</i>	Superior
	<i>Phylloceras, Lytoceras, Australiceras, Chelonoceras, Deshayesites</i>	Inferior Aptiano
V	<i>Crioceratites, Veleziceras, Karsteniceras, Ancyloceras, Heteroceras, Colchidites, Hamulina</i>	Superior
	<i>Pedioceras, Pseudohaploceras, Psilotissotia, Pulchellia, Heinzia</i>	Medio Barremiano
	<i>Phylloceras, Pedioceras, Pseudohaploceras, Nicklesia</i>	Inferior
IV	<i>Subastieria, gen. nov. aff. Valanginites, Olcostephanus, Favrella, Acanthodiscus</i>	Hauteriviano
III	<i>Olcostephanus, Rogersites, Oosterella, Pseudoosterella, Crioceratites, Leptoceras, Polyptychites, Speetonoceras, Simbirskites, Limaite</i>	Valenginiano
II	<i>Leptoceras, Kilianiceras, Berriasella, Parodontoceras, Neocomites, Cuyaniceras, Neocosmoceras</i>	Berriasiano
I	<i>Pseudoinvoluticeras, Substeueroceras, Raimondiceras, Windhauseniceras, Aulacosphinctes?</i>	Titoniano sup.

Se podría pensar que sería necesario designar con nombres propios estas unidades, compuestas de lutitas batiales y en sus partes inferiores y superiores de sedimentos de agua baja y caracterizadas por su fauna de Amonitas. Sin embargo, esto parece evitable. Ellas coinciden cronológicamente y en parte también litológica y faunísticamente, con los pisos cretáceos que fueron distinguidos en Europa occidental en el curso del siglo pasado por A. D'ORBIGNY, A. H. DUMONT, E. DESOR, H. COQUAND y E. RENEVIER y revisados y precisados posteriormente con gran cuidado (J. SORNAY 1957). Ellos son aceptados sobre toda la tierra como unidades standard del Cretáceo. Solamente respecto a dos pisos llegamos en Colombia a una opinión que difiere de la oficial en Francia: mientras que allá se consideran el Berriasiano como subpiso del Valanginiano y el Maastrichtiano como subpiso del Senoniano, llegamos en Colombia a la conclusión de que se trata de pisos independientes. Con respecto al Berriasiano, nuestra opinión está de acuerdo con W. J. ARKELL (1956, p 8) y con respecto al Maastrichtiano con J. A. JELETZKY (1951). Además, sabemos que por convención internacional el Titoniano pertenece al Jurásico. Pero como este piso en la Cuenca de Cundinamarca está estrechamente vinculado con el Cretáceo, y separado del resto del Jurásico por un hiato considerable, nos tomamos aquí la libertad de tratarlo en conjunto con los pisos cretáceos.

Estos, por lo tanto, no son unidades estratigráficas arbitrariamente aplicadas a los Andes por geólogos entrenados en Europa, como lo supone por ejemplo V. E. BENAVIDES-CÁCERES (1956). Son unidades que se manifiestan litológicamente como ciclos sedimentarios y que están vinculadas por un número apreciable de géneros y especies de Amonitas comunes con los sitios típicos en Europa occidental.

Pero solamente en el centro del geosinclinal cretáceo de la Cordillera Oriental se manifiestan como ciclos sedimentarios perfectos. En las partes meridional y septentrional de esta cordillera, como también en otras partes de los Andes, se presentan transiciones en condiciones epicontinentales. Los ciclos se vuelven incompletos y modificados por los efectos de movimientos tectónicos y transgresiones locales. Esto se puede reconocer, por ejemplo, en las investigaciones detalladas de E. ROD & W. MAINC (1954) en la Serranía de Perijá como también en el Cretáceo superior del Perú (V. E. BENAVIDES-CÁCERES 1956). Igualmente tiene valor para otras regiones de la tierra, en las cuales el Cretáceo no está desarrollado en facies geosinclinal extrema. En tales regiones, los ensayos de reconocer los pisos cretáceos como ciclos de deposición (A. CAROZZI 1951, W. BRÜCKNER 1951) están limitados por bases naturales incompletas.

#### DURACION DE LOS PISOS CRETACEOS

Anteriormente se mencionó que en la Cuenca de Cundinamarca los pisos cretáceos verdaderos (pero no unidades como Neocomiano, Urgoniano, Gault, Vraconiano, etc.) son relativamente constantes. En detalle son como sigue:

	m.
Maastrichtiano . . . . .	1.450
Senoniano . . . . .	1.600
Turoniano . . . . .	1.500
Cenomaniano . . . . .	1.250
Albiano . . . . .	2.300
Aptiano . . . . .	1.700
Barremiano . . . . .	1.500
Hauteriviano . . . . .	1.500
Valanginiano . . . . .	1.600
Berriasiano . . . . .	1.500
Titoniano superior . . . . .	800
Cretáceo y Titoniano . . . . .	16.700

Estos son máximos espesores verdaderos, como resultan de consideraciones cuidadosas de todas las repeticiones estructurales y otras complicaciones. Queremos mencionar que algunos geólogos llegaron a calcular la potencia total del Cretáceo en la región de Bogotá en 18.000 m. Nuestros cálculos son, por lo tanto, relativamente moderados.

De ellos resulta que la mayoría de los pisos tiene un espesor de 1500 o 1600 m. Las únicas excepciones las presentan el Albiano y el Cenomaniano. Los espesores citados se observaron en el Río Negro abajo de Pacho, donde el límite entre ellos es difícil de trazar debido a la escasez de fósiles. Es posible que una parte de las areniscas consideradas como parte alta del Albiano sea en realidad Cenomaniano inferior. Consideramos que la desviación aparente en el espesor de estos pisos se explica probablemente por la deficiencia de nuestros conocimientos, resulta pues el hecho llamativo de que todos los pisos cretáceos de la Cuenca de Cundinamarca tienen casi la misma potencia de 1500 a 1600 m.

Por otro lado constatamos que la constitución litológica de los pisos cretáceos en la Cuenca de Cundinamarca es muy parecida. Es verdad que en los miembros más jóvenes del Cretáceo el contenido en arcilla está reemplazado progresivamente por sílice. Pero este caso solamente se presenta en la región de la Sabana de Bogotá; en la Cuenca de Guaduas, las lutitas campanianas no se distinguen y las maastrichtianas muy poco de las del Barremiano o Turoniano. Las capas limítrofes entre los pisos varían más con la localidad que con el nivel stratigráfico. En lo general, ni las lutitas ni las capas limítrofes de aguas bajas difieren fundamentalmente en los varios pisos.

El espesor de un piso depende de las condiciones de sedimentación y de la duración de estas condiciones. Espesor, condiciones sedimentarias y tiempo, están en una relación directa; pues si por un lado los espesores y por el otro los sedimentos de los varios pisos cretáceos de la Cuenca de Cundinamarca son aproximadamente iguales, tenemos que suponer que también los espacios de tiempo, en los cuales los pisos se sedimentaron, eran iguales.

Esta consideración nos presenta una escala absoluta para los eventos que causaron e influyeron en la sedimentación durante el Cretáceo. La duración del Cretáceo se supone generalmente de 60 hasta 70 millones de años. Para simplificar el cálculo, tomamos aquí como base 60 millones de años. Si no consideramos el Titoniano superior, resulta para cada piso cretáceo un período de seis millones de años y para los subpisos del Senoniano (Coniaciano, Santoniano, Campaniano) y Maastrichtiano (inferior, medio, superior) dos millones de años.

A base de estos datos es posible calcular la velocidad media de la sedimentación en la Cuenca de Cundinamarca durante el Cretáceo (figura 9). Los resultados son:

	cm en mil años
Maastrichtiano . . . . .	24
Senoniano . . . . .	26.6
Turoniano . . . . .	25
Cenomaniano . . . . .	20.8
Albiano . . . . .	38.3
Aptiano . . . . .	28.4
Barremiano . . . . .	25
Hauteriviano . . . . .	25
Valanginiano . . . . .	26.6
Berriasiano . . . . .	25
Titoniano sup. . . . .	26.6

Estas cifras corresponden a la velocidad de sedimentación actual en el Mar Báltico (O. PRATJE 1951) el cual (incluyendo el Golfo Bótnico), tiene aproximadamente el mismo tamaño del mar de la Cordillera Oriental después del Albiano.

En la figura 9 se ensaya, con base en estos datos, de ilustrar el proceso de hundimiento del geosinclinal cretáceo del oriente andino.

Al principio de cada piso, el hundimiento era más rápido que la sedimentación, pero pronto se redujo hasta que entre ambos procesos se estableció un equilibrio que duró la mayor parte de un período de seis millones de años. Al fin, la sedimentación alcanzó predominio sobre el hundimiento. El mar del geosinclinal oriental fue separado del océano abierto, las costas avanzaron hacia el centro de la cuenca y la región, donde se depositaron las arcillas oscuras, ricas en azufre, se redujo progresivamente. Sobre ellas se depositaron lodos calcáreos epineríticos, muy ricos a veces en conchas de Amonitas, *Inoceramus* y otros Lamelibranquios delgados. Con el rellenamiento progresivo de la cuenca, se formaron en su interior bancos de *Exogyras*, *Nerineas* y *Serpulas* y encima de éstos arcillas y areniscas con Lamelibranquios robustos (*Cucullaea*, *Trigonia*, etc.) y Foraminíferos litorales (*Choffatella*, *Orbitolina*). Resulta difícil comprobar por observación directa en qué casos cesó por completo la sedimentación (E. DACQUÉ 1926, R. A. SONDER 1956).

Aparentemente al final de cada piso y con frecuencia también al final de cada subpiso, las Amonitas del geosinclinal de la Cordillera Oriental fueron privadas de su espacio vital. Las formas del próximo piso casi siempre fueron inmigrantes del océano abierto. La única excepción son las especies del género *Olcostephanus* que se hallan igualmente en el Va-

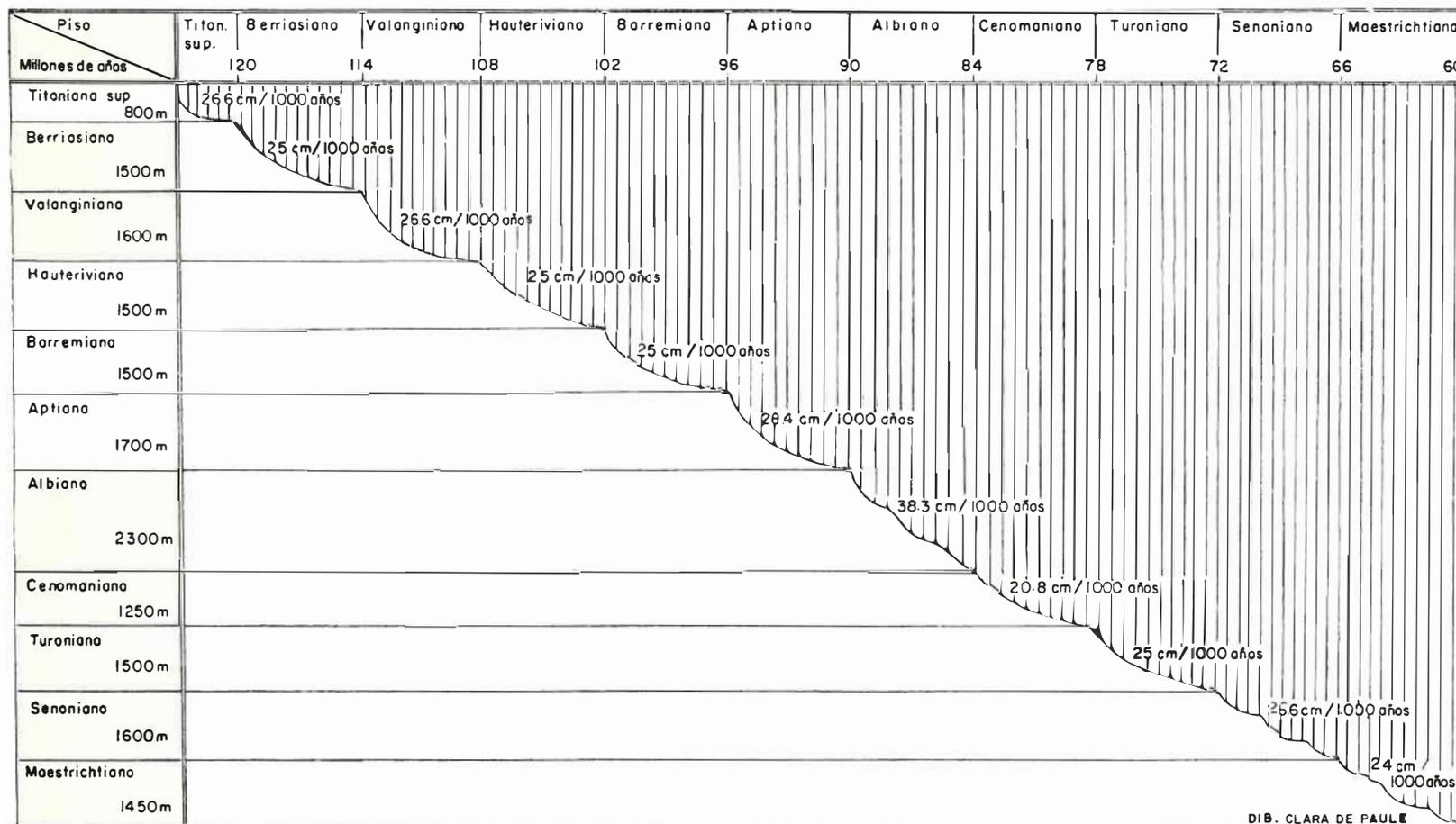


Fig. 9

langiniano y en el Hauteriviano. Los *Inoceramus* ocupan una posición intermedia pasando varias veces los límites de los pisos. *Inoceramus labiatus* SCHLOTHEIM y *I. peruanus* BRÜGGEN se extienden desde el Turo-niano superior hasta el Coniaciano medio, otros se encuentran en el Berriasiano y Valanginiano o en el Albiano superior y Cenomaniano. Los Moluscos litorales, en contraste, persistieron durante varios pisos en la región de la Cordillera Oriental. Su espacio vital osciló entre los márgenes y el centro de la cuenca pero fue esencialmente conservado. De tal manera se explica, fuera de la baja cuota de mutación de estos Moluscos, que formas endémicas como *Cucullaea dilatata* D'ORBIGNY, *Trigonia tocaimaana* LEA, *Exogyra boussingaultii* D'ORBIGNY se extiendan desde el Valanginiano hasta el Albiano, *Turritella colombiana* JAWORSKI y *Astarte debili-dens* GERHARDT desde el Hauteriviano hasta el Coniaciano. Con muy pocas excepciones (*Exogyra squamata* D'ORBIGNY en el Cenomaniano superior y *Didymotis variabilis* GERHARDT en el Coniaciano) los Lameli-branquios y Gasterópodos no son de gran utilidad como fósiles guías de un cierto piso.

En lo general puede decirse que para los habitantes de aguas pelá-gicas el final de cada ciclo de piso representó una verdadera catástrofe en el sentido de G. CUVIER (1830), mientras que las formas litorales lo-graron pasar aquellas épocas en las cuales cesó el hundimiento.

Está fuera de los límites de este artículo seguir cada uno de los pisos cretáceos y las "capas limítrofes" que se manifiestan tan clara-mente en la Cuenca de Cundinamarca, sobre toda la Cordillera Oriental. En toda la literatura estratigráfica de esta región se nota hoy día la tendencia a correlacionar las varias unidades litológicas a base de sus restos orgánicos y colocarlas de tal manera en el sistema cronostratigrá-fico internacional. La tabla 1 se basa en primer lugar en Amonitas, las cuales se encuentran o se encontraron en el curso de los últimos años en número suficiente facilitando una correlación segura (E. ROD & W. MAINC 1954, L. G. MORALES & AL. 1958). En el Cretáceo superior (desde el Santoniano hacia arriba) en donde las Amonitas se vuelven escasas, los Foraminíferos las reemplazan como fósiles guías. Los pisos cretáceos en la Cuenca de Cundinamarca definidos por su contenido en fósiles y caracterizados también litológicamente, se pueden seguir, por lo tanto, por toda la Cordillera Oriental. Las faunas pelágicas del Cretáceo son además la única base de que disponemos hasta la fecha para una correlación intercontinental.

En los depósitos de condiciones geosinclinales extremas de la Cuenca de Cundinamarca se observa que los diferentes pisos cretáceos no pasan gradualmente uno al otro, sino que están separadas por diastemas. Estas interrupciones de sedimentación tienen que ser de extensión global por-que en todos los continentes se manifiestan en forma de cambios faunís-ticos abruptos. Al estudiar la filogenia de las Amonitas se reconocen estos cambios abruptos, que se pueden allanar sólo teóricamente. Las unidades cretáceas reconocidas como cíclicas en este informe son por lo tanto el reflejo de oscilaciones globales de la costra terrestre de una duración aproximada de seis millones de años.

### LOS CICLOS MAYORES DEL CRETACEO DE LA CORDILLERA ORIENTAL

En el Cretáceo de la Cordillera Oriental se observan fuera de los ciclos de pisos, también movimientos rítmicos de mayor escala. Son éstos los que están en conexión con las transgresiones marinas del Malm, Hauteriviano, Albiano y Senoniano. H. GERTH (1955) llamó repetidamente la atención sobre estos fenómenos de los Andes en general. Respecto a la Cordillera Oriental de Colombia, fueron particularmente E. ROD & W. MAINC (1954) los que reconocieron el carácter cíclico de estos movimientos. Sin embargo, estos ciclos mayores tienen su expresión ya en la tripartición del Cretáceo hecha por A. HETTNER (1892) y E. HUBACH (1945). La subdivisión del Cretáceo en los grupos de Cáqueza, Villeta y Guadalupe está de acuerdo con los ciclos de ROD & MAINC, si hacemos comenzar el Grupo de Villeta con la Arenisca de Cáqueza, el Grupo de Guadalupe con la Lidita Inferior y si repartimos el Grupo de Villeta en dos con la base del Albiano, como suelen hacerlo muchos geólogos de petróleo. Para la Cordillera Oriental resulta pues la siguiente subdivisión del Cretáceo:

Ciclos de pisos aproximadamente 6 millones años	Grupos de Formaciones según A HETTNER (1892) y E HUBACH (1945) Modificado	Ciclos mayores 18-20 millones de años
Mostrichtiano Senoniano	Guadalupe	Ciclo de Magdalena
Turoniano Cenomaniano Albiano	Villeta superior	Ciclo de Tolima
Aptiano Barremiano Hauteriviano	Villeta inferior	Ciclo de Santander
Volonginiano Berriasiano Titoniano sup	Cáqueza	Ciclo de Cundinamarca

Estos ciclos mayores se difieren fundamentalmente de los ciclos de los pisos. Son iniciados por movimientos tectónicos, plegamientos o dislocaciones de bloques, por los cuales las regiones adyacentes fueron levantadas o hundidas en grado diferente. La transgresión subsiguiente empieza en las varias regiones, por lo tanto, en tiempos diferentes (si consideramos los restos orgánicos, como las Amonitas, como indicios de tiempo). A continuación hacemos el ensayo de describir estas relaciones más detenidamente. Sin embargo, queremos acentuar que nuestros conocimientos a este respecto son todavía bastante fragmentarios y que se encontrarán muchos más detalles con la aplicación de una estratigrafía realmente precisa.

*Ciclo de Cundinamarca.* El Kimeridgiano (Formación Cocinas O. RENZ 1956) de la península de La Guajira pertenece probablemente a un ciclo mayor pre-cretáceo. Los datos a nuestra disposición sobre esto son todavía insuficientes para permitir una conclusión definitiva.

En la Cuenca de Cundinamarca, el ciclo mayor que designamos según este Departamento, empieza con el Titoniano. La presencia del Titoniano inferior en el centro de la cuenca no está comprobada pero es posible. Cerca a Quetame y en el río Batá, el Titoniano superior transgrede sobre las filitas y cuarcitas de la Serie de Quetame (Cambro-Ordoviciano). En la parte noroeste de la cuenca, en el anticlinal cercano a la población de Bolívar, la Formación Girón (Rético-Liásico) está superpuesta por Berriasiano. En la margen oriental del río Guavio cerca a Ubalá, el Valanginiano inferior reposa sobre Carboniano. La transgresión que inició el ciclo mayor de Cundinamarca alcanzó las varias partes de la cuenca en diferentes épocas, las partes profundas más pronto que los anticlinorios y los márgenes de la cuenca. En el Valanginiano superior, el mar de este ciclo mayor alcanzó su máxima profundidad.

*Ciclo de Santander.* Este corresponde al primer ciclo sedimentario cretáceo de E. ROD & W. MAINC (1954). Pero si se considera no solamente la Serranía de Perijá sino toda la Cordillera Oriental, se ve que no se trata del primero, y por tal razón se recomienda designarlo según el Departamento en el cual se manifiesta de la manera más clara.

Fuera del hundimiento general de toda la parte septentrional de la Cordillera Oriental sabemos actualmente muy poco sobre movimientos pre-hauterivianos. En el Berriasiano y Valanginiano en el margen del Macizo de Quetame se observan pliegues pequeños, que no se continúan en el Hauteriviano. En el Departamento de Santander los límites de las facies de la Formación Rosa Blanca tienen con frecuencia un curso recto, que aparentemente sigue a fallas aún no aplanadas cuando fueron alcanzadas por la transgresión hauteriviana. Una fase tectónica al iniciarse el ciclo de Santander es por lo menos probable.

La transgresión de este ciclo mayor se extendió sobre toda la región comprendida entre la Cuenca de Cundinamarca y la península de La Guajira. Los sedimentos transgresivos (Río Negro, Tambor) contienen muy pocas Amonitas y por tal razón es difícil decir cuál nivel stratigráfico forma la base de la sucesión stratigráfica en las varias áreas. Pero el hecho de que la formación siguiente (Rosa Blanca) suba en dirección Sur-Norte desde el Hauteriviano medio hasta el Aptiano inferior (tabla 1) indica que las formaciones transgresivas Tambor y Río Negro corresponden en algunas regiones al Hauteriviano inferior y en otras al Hauteriviano superior o al Barremiano. En la península de La Guajira, el ciclo de Santander empieza aparentemente ya con el Valanginiano.

El mar de este ciclo alcanzó su máxima profundidad en el Aptiano superior. En amplias regiones, como en la caliza de Tablazo, se observa una regresión en el Aptiano más alto.

*Ciclo de Tolima.* Este corresponde al segundo ciclo sedimentario cretáceo de ROD & MAINC. No existe duda alguna de que fue iniciado por movimientos epirogénicos. En el Anticlinorio de Arcabuco, al Este de la Loma de la Yesera, el Albiano inferior reposa sobre el Hauteriviano medio (H. BÜRGL 1954). Al este de Bogotá, cerca a Ubaque, Choachí y Ga-

chetá, el Albiano inferior (con *Hypacanthoplites* = nivel de *Colombiceras*, E. HUBACH 1931) o el Albiano medio (con *Knemiceras*) descansan sobre Aptiano inferior o sobre Barremiano erodados.

También en Apulo (H. BÜRGL 1955) parece que el Albiano inferior transgrede a veces sobre Barremiano. Pero más extensa es la transgresión en los Departamentos del Tolima y del Huila, donde el Albiano descansa sobre Girón y cristalino. El mar albiano se extendió también hacia el Este e inundó la Serranía de La Macarena y las partes adyacentes del Escudo de las Guayanas. Tal vez E. ROD & W. MAINC (1954) tienen razón al hacer principiar este ciclo en la Serranía de Perijá con el Albiano medio. Sin embargo, se podría considerar el Apón superior como perteneciente al ciclo de Tolima, en cuyo caso éste empezaría allá también con el Albiano más bajo. El mar de este ciclo alcanzó su máxima profundidad en el Turoniano.

*Ciclo de Magdalena.* Los movimientos epirogenicos iniciales se continúan durante casi todo el Senoniano. En el Departamento del Huila, cerca a Neiva, falta en muchos sitios el Santoniano (= los horizontes entre la base de la primera y la segunda lidita = zona de *Texanites texanus* y *Anomalina redmondi*). En esta región falta a veces también el Campaniano. En amplias regiones de la parte septentrional de la Cordillera Oriental falta el Santoniano o está representado por una capa glauconítica delgada. En la Cuenca de Cundinamarca, los cambios en el espesor del Senoniano indican que tuvieron lugar plegamientos que corresponden a las fases subhercínicas de H. STILLE. Las ligeras disconformidades que se pueden observar en la base del Santoniano, Campaniano y Maastrichtiano indican que la transgresión de este ciclo no fue simultánea en todas las regiones.

El mar alcanzó su máxima extensión en el Maastrichtiano inferior (zona de *Siphogenerinoides bramlettei*). En el Maastrichtiano medio empieza una regresión del mar. La Formación Guaduas (Maastrichtiano superior y Paleoceno) y las otras formaciones contemporáneas representan el estado terminal de este ciclo, que se termina con las fases pirináicas (durante y al final del Eoceno medio). La fase larámica, representada por ejemplo en la discordancia entre las formaciones Umir y Lisama, es muy débil en la Cordillera Oriental y no se puede comparar en su intensidad con los movimientos subhercínicos y pirináicos.

Con el Eoceno medio empieza el *ciclo de Bolívar* que se extiende hasta el final de la zona de *Catapsydrax dissimilis*. Después sigue el *ciclo de La Guajira*, que comprende el período desde el Aquitaniano basal (zona de *Catapsydrax stainforthi* BOLLI 1957 = zona de *Robulus wallacei* H. RENZ 1948) hasta el Mioceno medio. También en el Terciario de Colombia se diferencian de tal manera ciclos mayores de una duración de seis millones de años (T. VAN DER HAMMEN 1958).

Del hecho que se observan transgresiones locales en casi todos los pisos cretáceos de la Cordillera Oriental, se podría deducir que el mar cretáceo se extendió continuamente y que los movimientos rítmicos de los ciclos mayores no existieron. Sin embargo, este sería un razonamiento falso. Si consideramos la extensión de los espacios inundados por las transgresiones marinas y la cantidad de material terrígeno en los varios pisos y horizontes, vemos que las transgresiones principales del Titonia-

no, Hauteriviano, Albiano y Senoniano como también los movimientos epigénicos que las iniciaron se manifiestan muy claramente. Pero se nota que los ciclos mayores no están motivados por movimientos absolutamente contemporáneos en las diferentes partes de la costra terrestre. Parecen más bien movimientos ondulatorios, en los cuales un sitio alcanza una cúspide mientras que en otro, una concavidad inicia la próxima onda.

Esta característica de los ciclos mayores está estrechamente relacionada con el problema del sincronismo de las fases orogénicas. Si consideramos que cada discordancia local fue causada por una fase especial, con el progreso de nuestros conocimientos estratigráficos, las fases se volverían tan numerosas que representarían prácticamente una continuidad (J. GILLULY 1949, K. KREJCI-GRAF 1950). Este desacuerdo aparente se explica por el carácter ondulatorio de los movimientos tectónicos, como lo podemos observar también en el Cretáceo de la Cordillera Oriental. H. STILLE (1950) habla en este sentido de la "vicariación" de los plegamientos.

Lo mismo tiene valor para la contemporaneidad de las transgresiones. En la Cordillera Oriental de Colombia, la transgresión del Albiano es sin duda una de las más importantes. En otros continentes se habla de la transgresión "global" del Cenomaniano, de la cual no se nota nada en Colombia. Se trata aparentemente de la misma ondulación (E. WEGMANN 1950) que se manifiesta en las distintas regiones de la tierra en tiempos un poco diferentes. Este hecho influye profundamente en nuestras clasificaciones estratigráficas. En la Cordillera Oriental de Colombia, el Titoniano se agrega al Cretáceo, el Albiano al Cretáceo superior, el Daniano al Paleoceno. En otros lugares representan el estado final del Jurásico, Cretáceo inferior y Cretáceo superior respectivamente. Cuál clasificación merece preferencia, es asunto de una convención internacional.

También las varias diferencias resultantes de las clasificaciones estratigráficas en diferentes regiones a base de la constitución litológica de los estratos, son consecuencias de la interferencia entre los ciclos mayores y los ciclos de pisos. Una de las tareas principales del estratígrafo es la de separar nítidamente los efectos de las dos clases de ciclos y definir la manera como cada una se manifiesta en los sedimentos.

#### POSIBLES CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS CICLICOS

En los últimos años, TH. VAN DER HAMENN (1958) investigó las esporas y el polen de los depósitos continentales terciarios de Colombia y reconoció también en el Terciario ciclos de una duración de seis millones de años y subciclos de dos millones. Además logró comprobar que los límites entre los varios pisos y en grado menor también los de subpisos, corresponden a períodos fríos, mientras que los períodos largos de hundimiento tenían un clima cálido. Durante los períodos fríos, cuando cesa el hundimiento, se observan cambios apreciables en la flora. Muchas formas se extinguen y otras aparecen por primera vez. Con el aumento de

la temperatura al principio del nuevo hundimiento, las formas que sobrevivieron el período frío entraron en una época de florecimiento y desarrollaron nuevas especies. Los períodos de sequía total o parcial de las cuencas al final de cada ciclo se explican según este autor, por un aumento de los casquetes glaciales polares a causa de la reducción de la radiación.

Con el regreso al clima normal (caliente), los casquetes polares se funden dando origen a las transgresiones que inician el nuevo ciclo de piso.

También W. BRÜCKNER (1951) explica la sedimentación cíclica en la zona helvética de los Alpes, por cambios climáticos. Según dicho autor, cada ciclo de piso comienza con un clima frío o templado y la temperatura se aumenta progresivamente hasta el final del ciclo.

Los movimientos eustáticos del nivel del mar alcanzan tal vez una amplitud de unos 50 metros. Esta es insuficiente para explicar el cambio entre sedimentos litorales y batiales en la Cuenca de Cundinamarca, que es por lo menos diez veces más amplio. Las causas de los ciclos de pisos se pueden buscar solamente en los procesos endogénicos de la tierra.

De las investigaciones resulta que los ciclos de pisos son pulsaciones que afectan simultáneamente amplias partes de la superficie terrestre. Los ciclos mayores, en contraste, son movimientos que pasan sobre la corteza terrestre en forma ondulatoria. Esta diferencia indica, tal vez, que el origen de los ciclos de pisos está localizado en zonas más profundas de la tierra, mientras que el de los ciclos mayores está en niveles terrestres más externos. Si éstos, después de todo, están causados por la contracción de la tierra (E. SUESS, H. STILLE 1922 y otros), por su expansión (P. JORDAN 1952, L. EGYED 1957 y otros) o por corrientes convectivas (W. AMPFERER 1906) no se puede decidir a base de las observaciones de que disponemos sobre la Cordillera Oriental de Colombia.

Manuscrito entregado en abril de 1961.

#### BIBLIOGRAFIA

- AMPFERER, O., 1906. — Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. Jahrb. K. u. k. Geol. R. A. Wien, vol. 56, pp. 539-622, Viena.
- ARKELL, W. J., 1956. — Jurassic Stratigraphy of the world, 806 pp., 46 pls., 102 figs.,
- BENAVIDES-CÁCERES, V. E., 1956. — Cretaceous System in Northern Perú. Amer. Mus. Nat. Hist. Bull., vol. 108, art. 4, pp. 359-493, pls. 31-66, New York.
- BOLLI, H. M., 1957. — Planctonic Foraminifera from the Oligocene-Miocene Cipero and Lengua formations of Trinidad, B. W. I. - U. S. Nat. Mus. Bull. 215, pp. 97-124, pls. 22-29, figs. 17-21, Washington.
- BRÜCKNER, W., 1951. — Lithologische Studien und zyklische Sedimentation in der helvetischen Zone der Schweizer-Alpen. Geol. Rundschau, Bd. 39, Heft 1, pp. 196-211, 3 pls., Stuttgart.
- BUCH, L. VON, 1839. — Pétrifications recueillies en Amérique par Mr. A. de Humboldt et par Charles Degenhardt. EWALD, ROTH & DAMES, Leopold von Buch's Gesammelte Schriften, 4. Bd., 22 Hälfte, pp. 519-542, pls. 30 y 31, Berlin, 1885.
- BÜRGL, H., 1954. — El Cretáceo inferior en los alrededores de Villa de Leiva, Boyacá. *Boletín Geológico*, vol. II, N° 1, pp. 5-22, 3 pls., Bogotá.
- BÜRGL, H., 1956. — Catálogo de las Amonitas de Colombia, Parte I, Pulchellidae. *Boletín Geológico*, vol. IV, N° 1, pp. 1-119, 28 pls., Bogotá.

- BÜRGL, H., 1955. — El Anticlinal de Apulo. *Boletín Geológico*, vol. III, Nº 2, pp. 2-22, pls. 1-4, Bogotá.
- BÜRGL, H., 1960. — Geología de la Península de La Guajira. *Boletín Geológico*, vol VI, Nos. 1-3, 1 pl., 4 figs., Bogotá.
- CARROZI, A., 1951 — Rhythmes de sédimentation dans le Crétacé Helvetique. *Geol. Rundschau* 39, Heft 1, pp. 177-195, 4 Abb., Stuttgart.
- CUSHMAN, J. A. & HEDBERG, H. D., 1941. — Upper Cretaceous Foraminifera from Santander del Norte, Colombia, S. A. - *Contr. Cushman Lab. For. Res.*, vol. 17, pt. 4, pp. 79-100, pls. 21-23, Sharon, Massachusetts.
- CUVIER, G., 1830. — Discours sur les révolutions de la surface du globe. 408 pp., 6 pls., E. d'Ocagne, Paris.
- DACQUÉ, E., 1926. — Paläogeographie. En O. KENDE, *Enzyklopädie der Erdkunde*. 196 pp., 21 figs., Leipzig y Wien.
- EGYED, L., 1957. — A new dynamic conception of the internal constitution of the earth. *Geol. Rundschau* 46, Heft 1, pp. 101-121, 9 figs., Stuttgart.
- GANDOLFI, R., 1955. — The Genus *Globotruncana* in Northeastern Colombia. *Bull. Amer. Paleont.*, vol. 36, Nº 155, 118 pp., 10 pls., Ithaca, New York.
- GANSSE, A., 1955. Ein Beitrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien, Südamerika). *Schweiz. Min. u. Petrogr. Mitt.*, Bd. 35, Heft 2, pp. 209-279, 36 figs., Basel.
- GERTH, H., 1939. — Die Kordilleren von Südamerika. ANDREE, BROUWER & BUCHER, *Regionale Geologie der Erde*, Bd. 3, Abschn. IVb, 63 pp., 1 pl., 12 figs., Leipzig.
- GERTH, H., 1955. — Bau der südamerikanischen Kordillere. 264 pp., 6 pls., 20 diagr., 62 figs., Bornträger, Berlin.
- GERTH, H., 1957. — Die Bedeutung der alten Kerne für die geologische Struktur Südamerikas. *Geol. Rundschau* 45, Heft 3, pp. 707-721, 2 figs., Stuttgart.
- GILLULY, J., 1949. — Distribution of Mountain Building in Geologic Time. *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 60, pp. 561-590, New York.
- HAMMEN, T. VAN DER., 1958. — Periodicidad climática y evolución de floras suramericanas del Maestrichtiano y del Terciario. *Boletín Geológico*, vol V., Nº 2, pp. 5-48, 1 pl., 9 figs., Bogotá.
- HEDBERG, H. D. & SASS, L. C., 1937. — Sinopsis de las formaciones geológicas de la parte occidental de la Cuenca de Maracaibo, Venezuela. *Bol. Minas*, vol. 1, Nº 2-4, Bogotá.
- HETTNER, A., 1892. — Die Kordillere von Bogotá. *Peterm. Mitt.* Bd. 22, *Ergänzungsheft* 104, 131 pp., Gotha.
- HUBACH, E., 1931. — Exploración en la región Apulo - San Antonio - Viotá. *Bol. Min. y Petrol.*, IV, pp. 41-60, Bogotá.
- HUBACH, E., 1945. — La formación "Cáqueza", región de Cáqueza (oriente de Cundinamarca). *Comp. Estud. Geol. Ofic. Colombia*, VI, pp. 23-26, 1 pl., Bogotá.
- HUBACH, E., 1957a. — Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. *Bol. Geol.*, vol. V., pp. 93-112, 2 pls., Bogotá.
- HUBACH, E., 1957b. — Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. 166 pp., *Inst. Geol. Nac. Bogotá*, Inf. Nº 1212.
- JELETZKY, J. A., 1951. — Die Stratigraphie und Belemnitenfauna des Obercampan und Maastricht Westfalens, Nordwestdeutschlands und Dänemarks sowie einige allgemeine Gliederungsprobleme der jüngeren borealen Oberkreide Eurasiens. *Beih. Geol. Jahrb.*, Heft. 1, pp. 1-142, 7 pls., 3 tab., Hannover.
- JORDAN, P., 1952. — *Schwerkraft und Weltall. Die Wissenschaft*, Bd. 107, 207 pp., Vieweg & Sohn, Braunschweig.
- KREJCI-GRAF, K., 1950. — Über die Phasen der Gebirgsbildung. *Geol. Rundschau*, Bd. 38, 2. Heft. pp. 112-124, Stuttgart.
- KRUMBEIN, W. C. & SLOSS, L. L., 1956. — *Stratigraphy and Sedimentation*. 497 pp., 119 figs., Freeman & Co., San Francisco.

- LIDDLE, R. A., 1946. — The Geology of Venezuela and Trinidad. 2d ed., 890 pp., 90 pls., 27 figs., Paleont. Res. Inst., Ithaca, N. Y.
- MOORE, R. C., 1952. — Orthography as a factor in stability of stratigraphical nomenclature. State geol. Surv. Kansas Bull. 96, pt. 9, p. 363.
- MORALES, L. G. AND COLOMBIAN PETROLEUM INDUSTRY, 1958 — General Geology and oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. L. G. WEEKS, Habitat of Oil, pp. 641-695, 29 figs., Amer. Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, Oklahoma.
- NOTESTEIN, F. B., HUEMAN, C. W. & BOWLER, J. W., 1944. — Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America. Geol. Soc. Amer. Bull. vol. 55, pp. 1165-1216, 1 mapa, 6 pls., 10 figs.
- OLSON, A. A., 1956. — Colombia. En W. F. JENKS, Handbook of South American Geology. Geol. Soc. America Memoir 65, pp. 293-326, 2 figs., Baltimore, Md.
- PETTERS, V., 1954. — Typical foraminiferal horizons in the Lower Cretaceous of Colombia. Contr. Cush. Found. Foram. Res., vol. 5, N° 3, pp. 128-137, 1 pl., 7 figs.
- PETTERS, V., 1955. — Development of Upper Cretaceous Foraminiferal Faunas in Colombia. Journ. Paleont., vol. 29, N° 2, 212-225, 7 figs., Menasha.
- PRATJE, O., 1951. — Die Erforschung des Meeresbodens. Geol. Rundschau 39, Heft 1, pp. 162-176, 1 fig., Stuttgart.
- RENZ, H. H., 1948. — Stratigraphy and Fauna of the Agua Salada Group, State of Falcón, Venezuela. Geol. Soc. America, Mem. 32, 219 pp., 12 pls., New York.
- RENZ, O., 1956. — Cretaceous in Western Venezuela and the Guajira. Congr. Geol. Intern., 20ième session de México City 1956, 11 figs., manuscrito, en prensa.
- ROD, E. & MAINC, W., 1954. — Revision of Lower Cretaceous stratigraphy in Venezuela. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., vol. 38, N° 7, pp. 193-283, 30 figs., Tulsa, Oklahoma.
- ROYO Y GÓMEZ, J., 1941. — Columna estratigráfica de la Cordillera Oriental de Cundinamarca. Serv. Geol. Nal., Inf. N° 315, Bogotá.
- SCOTT, G., 1940. — Paleocologic factors of Cretaceous Ammonoids. Journal Paleont., vol. 14, N° 4, pp. 299-323, 9 figs., Menasha.
- SONDER, R. A., 1956. — Mechanik der Erde. 291 pp., 91 figs., Schweizerbarth, Stuttgart.
- SORNAY, J., 1957. — Crétacé. Lex. Strat. Intern., vol. I, fasc. 4aVI, 402 pp., 4 pls., Paris.
- STILLE, H., 1922. — Die Schrumpfung der Erde. Festrede. 37 pp., Berlin.
- STILLE, H., 1940. — Einführung in den Bau Amerikas. 717 pp., 128 figs., Bornträger, Berlin.
- STILLE, H., 1950. — Nochmals die Frage der Episodizität und Gleichzeitigkeit der orogenen Vorgänge. Geol. Rundschau, Bd. 38, Heft. 2, pp. 108-111, Stuttgart.
- STILLE, H., 1958. — Die assyntische Tektonik im geologischen Erdbild. Beih. Geol. Jahrb. 22, pp., 3 pls., 20 figs., Hannover.
- WEGMANN, E., 1950. — Diskontinuität und Kontinuität in der Erdgeschichte. Geol. Rundschau, Bd. 38, Heft. 2, pp. 125-132, 1 fig., Stuttgart.

**GEOLOGIA ECONOMICA DEL CHOCO**  
**BIBLIOGRAFIA GEOLOGICA - MINERA DEL CHOCO**  
**(con 8 figuras)**

FOR  
**ROBERTO WOKITTEL**  
**GEOLOGO MINERO**

---

**INFORME No. 1275**

---

**SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL**  
**BOGOTA, 1961**

## CONTENIDO:

Introducción ... ..	123
Geología ... ..	127
Riqueza Mineral del Chocó ... ..	135
Bibliografía geológica-minera del Chocó ... ..	152

## INTRODUCCION

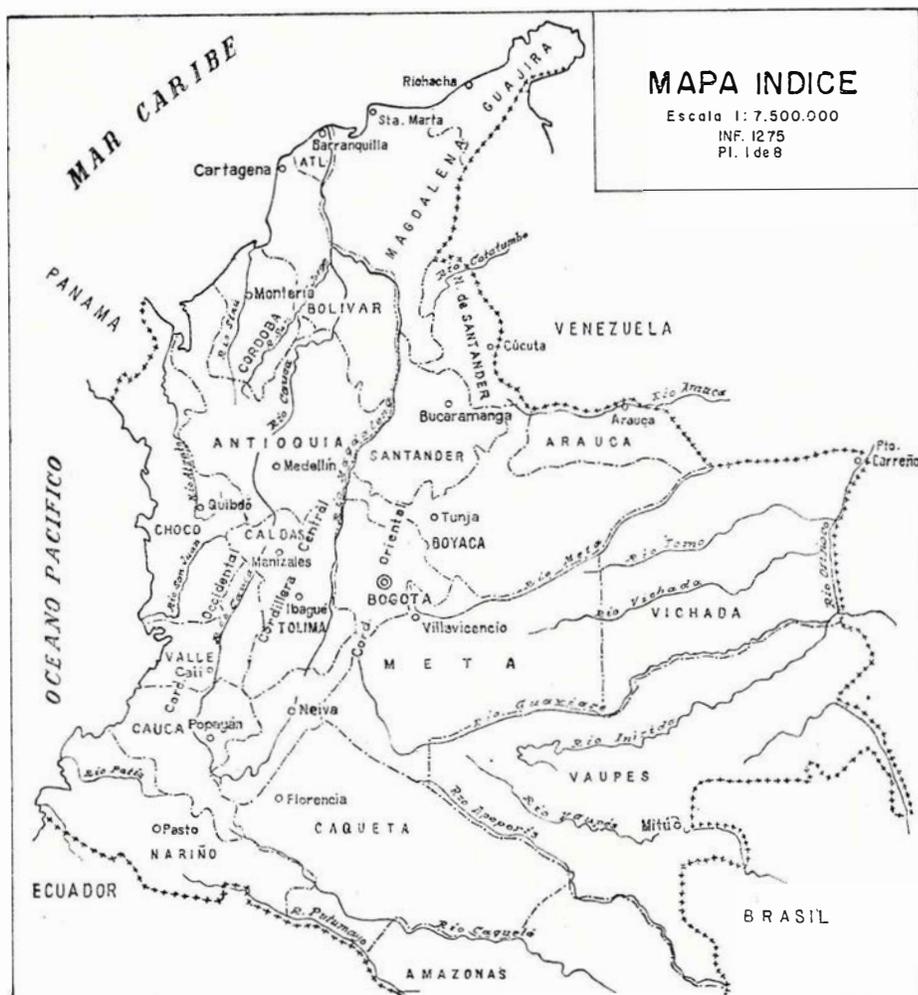
### a) Datos geográficos.

*De los 16 Departamentos de Colombia, el Chocó es uno de los más extensos, pero figura en el último puesto en lo que se refiere a la población. En su territorio, de 47.468 km<sup>2</sup>, vivían en 1955 aproximadamente 138.000 habitantes, lo cual corresponde a una densidad de 2,9 habitantes por km.<sup>2</sup>, siendo la densidad para el conjunto de los 16 Departamentos de 24, y de 11 para el territorio total de Colombia, incluyendo las Intendencias y Comisarías.*

*El territorio del Chocó, limitado en el Oriente en parte por la cresta de la Cordillera Occidental y en parte por el río Atrato, se extiende al Occidente hasta el Océano Pacífico comprendiendo las hoyas de los ríos Atrato y San Juan, y las Serranías de Baudó y de la Costa Pacífica, y al Norte hasta el Océano Atlántico. En la parte noroccidental limita con la República de Panamá.*

*El terreno es muy abrupto en la vertiente de la Cordillera Occidental, con diferencias de nivel que varían entre 4.000 m. en los Farallones de Citará y 43 m. en Quibdó, donde la topografía es plana u ondulada, con pequeñas elevaciones sobre el nivel del mar en las hoyas de los ríos Atrato y San Juan, separadas éstas por el Istmo de San Pablo. Estos ríos son los principales canales de drenaje del territorio chocoano, hacia el Norte al Océano Atlántico (Golfo de Urabá) y hacia el Suroeste al Océano Pacífico. Entre estas hoyas y el Océano Pacífico se interponen las Serranías de Baudó y de la Costa, de poca elevación. La mayor parte del Chocó está cubierta por selva.*

*El clima es extremadamente húmedo en todo el territorio y malsano en sus partes bajas. El terreno es muy quebrado en sus partes altas y pantanoso en las partes bajas; esto y la escasez de vías de comunicación son factores muy desfavorables para el desarrollo normal de esta extensa región. La única vía terrestre de importancia que conecta el Chocó con el resto del país es la carretera Quibdó-Bolívar, de unos 140 km. de longitud, con difíciles condiciones de conservación. Fuera de ésta existen solamente malos caminos de herradura hacia los Departamentos limítrofes, y unos pocos carretables en la parte baja entre Quibdó e Istmina y en el Norte entre Sautatá y Acandí. Los transportes en la parte baja se hacen principalmente por canoas y lanchas en los ríos menores y que-*

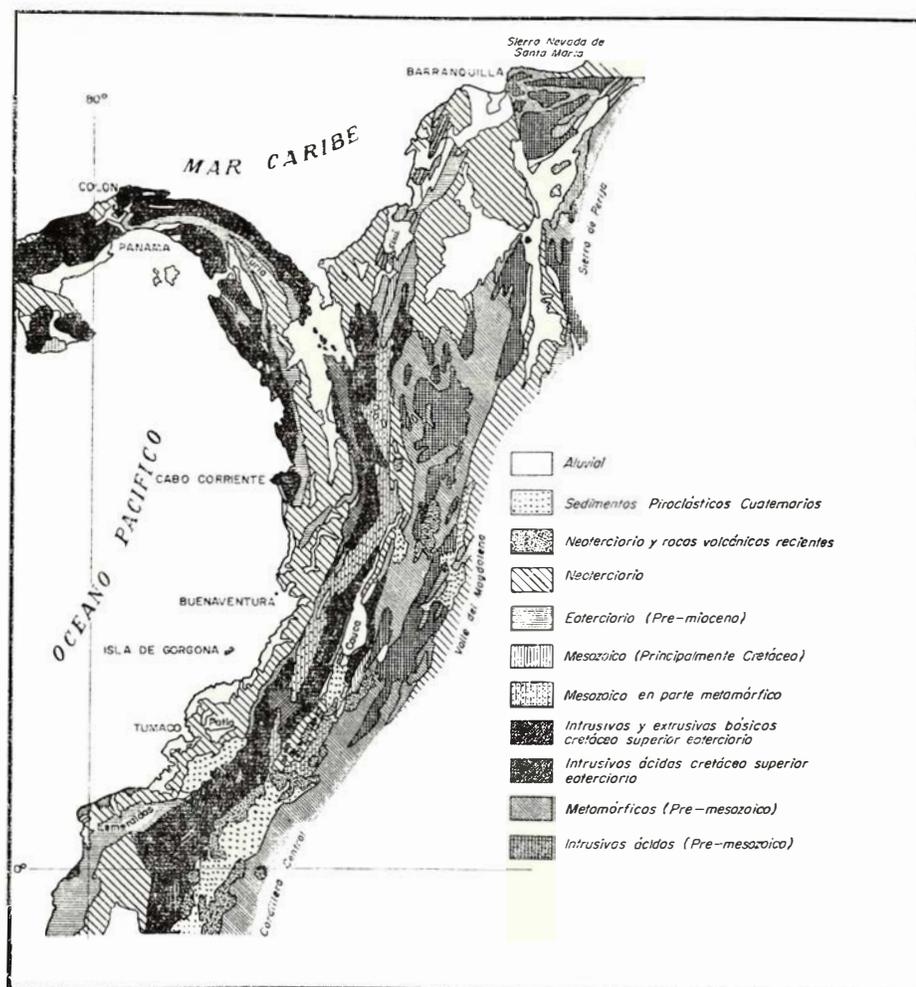


bradas, y por buques en el Atrato desde Quibdó hasta Cartagena; en el San Juan desde Bebedó aguas abajo hasta la desembocadura, y de allí hasta Buenaventura; en el Baudó desde Puerto Echeverri hasta su desagüe en el mar, y de allí también hasta Buenaventura. Por la vía aérea existen conexiones comerciales de Quibdó y Condoto con Medellín y Buenaventura.

b) Datos económicos.

El renglón más importante de la economía del Chocó es el laboreo de las minas de aluvión de oro y de platino por compañías extranjeras y nacionales y por un número grande de mazamorreros. Se estima que entre el 50% y el 75% de la población total se dedica a estas actividades, cuyas bases principales son los afluentes del Atrato y del San Juan al Este de la línea Quibdó - Andagoja - Condoto. Muy deficiente es el desarrollo de la ganadería y la agricultura, cuyos principales productos, plátano,

maíz, arroz, yuca y caña de azúcar (Sautatá), no alcanzan a suplir las necesidades de la demanda, por lo cual hay que importar bastantes artículos alimenticios de otros Departamentos por vías fluviales y terrestres. Valiosos complementos en la alimentación son el pescado, abundante en los ríos y quebradas, el coco silvestre y la carne de cacería.



Otros productos, hoy poco explotados, y en parte silvestres, que pueden cobrar mayor importancia, son: maderas finas, tagua, cacao silvestre, caucho, chicle, coco, tabaco, café y fibras para la industria textil.

## GEOLOGIA

### a) *Aspecto general sobre los estudios geológicos.*

La posición geográfica del Chocó entre los dos Océanos, el Atlántico y el Pacífico, que antes eran unidos; la presencia de la Cordillera Occidental muy erguida, compuesta de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de distintas edades desde pre-paleozoicas hasta recientes y la de las Serranías de Baudó y de la Costa, menos elevadas y de menor edad, indican una serie de evoluciones geológicas. Por tal razón esta región debería haber despertado un interés geológico especial. Sin embargo, no existen sino conocimientos deficientes al respecto, debido a las dificultades para los estudios que ofrece este territorio. Las investigaciones geológicas locales hechas en varias ocasiones por comisiones del Ministerio de Minas y Petróleos y las de particulares, que por ser de carácter reservado sus resultados son poco conocidos, no dan sino una base global para un esbozo preliminar muy general sobre la estratigrafía y estructuras geológicas como también sobre las rocas y la mineralización de este extenso territorio.

Entre los estudios hechos se destacan las exploraciones de los yacimientos de oro y platino que, siendo su orientación primordial de orden económico-minero, suministraron interesantes resultados geológicos y petrográficos adicionales, principalmente en los cursos altos de los ríos Atrato y San Juan y sus afluentes, región ésta la más minera del Chocó. Estos trabajos, iniciados en los aluviones de la parte baja, se extendieron subiendo las corrientes de las aguas hasta sus nacimientos en la cima de la Cordillera Occidental en búsqueda de los yacimientos primarios de los metales preciosos. Los trabajos realizados tienen su razón en la riqueza mineral que, conocida desde los tiempos de la Colonia, fue y es la fuente principal de la economía del Chocó. A esto se agrega que Colombia, en el concurso internacional, desempeñó un papel muy importante en la producción mundial de platino, siendo el primer productor durante los años de 1917 a 1923. En estas condiciones entró el capital extranjero en la minería del Chocó con grandes inversiones y estudios.

Si la Cordillera Occidental es el campo principal de estudios geológicos orientados a la exploración de yacimientos de metales, las partes bajas revisten interés por las posibilidades de yacimientos de petróleo documentadas por varias solicitudes de concesiones de compañías petroleras en los valles de los ríos San Juan y Atrato y en el Golfo de Urabá. Las respectivas exploraciones geológicas y geofísicas están en curso, y es de esperar que en estas partes se conseguirán pronto nuevos e interesantes datos geológicos.

## b) *Formaciones geológicas.*

Con base en los datos geológicos aislados que existen de diversas regiones del territorio chocono y en los estudios de la Cordillera Occidental hechos en el trayecto comprendido entre Cali y Buenaventura (Nelson, 1957), se puede revelar el siguiente esquema general de la geología del Chocó, en cuya área se han desarrollado múltiples procesos de sedimentaciones marinas, lagunares y fluviales, intrusiones y extrusiones de rocas ígneas, movimientos orogénicos, regresiones y transgresiones del mar y erosiones, cuyo resultado final es la constitución y morfología actual de este territorio.

La zona de la Cordillera Occidental corresponde a un geosinclinal existente en el Mesozoico al oeste de la Cordillera Central, que en esa época era continental.

### *Precretáceo.*

El grupo de sedimentos más antiguos conocidos en la Cordillera Occidental se denomina *Dagua* y se le atribuye edad *Juratriásica*. Se compone litológicamente en su parte inferior de filitas y esquistos grafiticos con un espesor de varios miles de metros. En la parte media (2.000 m.) se presentan pizarras arcillosas, en parte calcáreas o margosas y areniscas. En la parte alta (300 m.) existen liditas negras y pizarras silíceas. No se conoce la base de este grupo. De los sedimentos, solamente los inferiores son metamórficos.

### *Cretáceo.*

El *Cretáceo* (grupo de *Diabasas* o de *Faldequera* o *Cretáceo Porfítico de Grosse*) está determinado en la Cordillera Occidental por un largo volcanismo submarino. Derrames y flujos de rocas diabásicas y afines se sobreponen sobre el grupo *Dagua* y lo atraviesan, siendo un elemento muy importante en la constitución de esta Cordillera. Entre las capas de las rocas volcánicas se intercalan liditas, esquistos arcillosos, conglomerados y calizas. Los fósiles (moluscos, amonitas y foraminíferos) encontrados en estos sedimentos indican la edad de este grupo de diabasas desde el *Cretáceo Inferior* hasta el *Senoniano*. El espesor de este grupo es de varios miles de metros. En la superficie se forman por meteorización suelos arcillosos lateríticos de color rojo encendido. Las diabasas aparecen también en el flanco occidental de la Cordillera Central.

Aparte del flanco chocono de la Cordillera Occidental, el *Cretáceo* se presenta con sedimentos de areniscas y plaeners en el Dintel del Darién al norte de Sautatá; con pizarras arcillosas y areniscas en la quebrada Mequerá, afluente del río Papiquí; al sur y este de la Bahía de Humboldt (Juradó) y probablemente en el Istmo de San Pablo y en otros puntos, con rocas más antiguas metamórficas.

Parece que en el *Cretáceo*, probablemente al final de esta época, tuvieron lugar en la Cordillera Occidental intrusiones y extrusiones ultra-

básicas, considerando éstas como segregaciones de las rocas básicas (diabásas) depositadas antes de la orogénesis del geosinclinal. Las rocas ultrabásicas se presentan en una línea intermitente desde el Ecuador, pasando por Nariño, Cauca, Valle y Chocó, hasta la Serranía de Abibe en Antioquia. Ellas tienen un interés especial por su contenido de platino, níquel y cromo, y son las rocas madres que alimentan los aluviones platiníferos, con la mayor concentración en el territorio chocoano.

#### *Paleo-terciario.*

Al mermarse o terminarse el volcanismo submarino empezó al *final del Paleoceno* y al *principio del Eoceno* la elevación del geosinclinal sobre el nivel del mar y se efectuaron intrusiones del magmatismo sinorogénico en forma de grandes masas de *tonalitas* (granito-diorita).

Las tonalitas se conocen: en los Farallones de Cali; en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental en el trayecto Cali-Buenaventura; en el curso alto del río Andágueda; en varios sitios del camino y de la carretera que van de Bolívar (Antioquia) a Quibdó; en el Cerro Plateado, Municipio de Salgar, situado en el límite con el Chocó; al oeste de Urrao, Antioquia; en el cerro El Cuchillo al sureste de Sautatá, y en muchos otros puntos.

Estas rocas intrusivas produjeron un metamorfismo de contacto de mayor o menor intensidad y extensidad. Con ellas están relacionados yacimientos y filones de diferentes potencialidades de oro, cobre, plomo, zinc y otros metales que se presentan en las mismas rocas o en sus alrededores.

De estos metales, el oro es de gran importancia para el Chocó, no tanto el de los yacimientos primarios sino el "corrido", que se mezcla con el platino en los aluviones que contienen los depósitos secundarios de los dos metales nobles.

Parece que en el contacto de las tonalitas con rocas ultrabásicas hay concentraciones de platino (KELLNER, 1928).

#### *Terciario.*

La época terciaria está caracterizada por grandes actividades volcánicas y por el levantamiento y plegamiento, acompañado al fin del Cretáceo con la intrusión de las tonalitas ya mencionadas, que perduraron durante todo el Terciario con diferentes intensidades y siguieron en menor escala en el Cuaternario. Las primeras rocas ígneas terciarias son *gabros* probablemente del Eoceno Superior (GERTH, 1955) que se presentan en el Cabo Corrientes y al norte de éste en la Serranía de la Costa (Napiquí y Truandó). La intrusión durante el Terciario de estas rocas, que corresponde al ciclo de las rocas básicas cretáceas preorogénicas en la Cordillera Occidental, se puede explicar con una traslación de la fase de orogénesis y del consiguiente geomagmatismo temporal y localmente del Este al Oeste.

De menor edad (¿Mioceno?) son las *andesitas* y *dacitas*, que se presentan en una gran extensión al oriente de la Cordillera Occidental en

los Departamentos de Caldas y Antioquia (Marmato - Fredonia - Titiribí - Urrao). En el territorio chocoano estas rocas del volcanismo subsecuente se localizaron en el Cerro Torrá, en el río Andágueda, en la carretera Quibdó - Carmen del Atrato, en el cordón transversal del Darién en el límite entre Colombia y Panamá y en otros puntos. Estas rocas se relacionan con los tipos subvolcánicos de yacimientos de oro, plata, cobre, plomo, zinc y otros metales. Tufas y cenizas de estas rocas son importantes componentes de los sedimentos del Terciario Superior.

Los *basaltos*, caracterizando el volcanismo final, son de edad poco menor y se presentan en las dos vertientes de la Cordillera Occidental, en las Serranías de Baudó y de la Costa, en parte con fase vitrificada (obsidiana).

El *Terciario Sedimentario* ocupa grandes extensiones en las partes bajas del Chocó.

El *Terciario Inferior* (Eoceno y Oligoceno) se presenta con conglomerados, areniscas, arcillas, margas y pequeños mantos de carbón en la base de la Cordillera Occidental, con buzamientos hacia el W, en el río Andágueda entre La Sierra y Bagadó y entre La Equis y Tutunendo en la carretera Quibdó-Bolívar. Al oeste de los ríos San Juan y Atrato aparece esta formación en el Cabo Corrientes (Oligoceno), en el Istmo de San Pablo y en la Serranía de Baudó —al norte de esta Serranía—, en la vertiente oriental de la Serranía de la Costa y en su vertiente occidental en la región de Juradó. Al sur del Chocó no se presenta el Terciario Inferior.

El *Terciario Superior* (Mioceno-Plioceno) ocupa áreas mayores que el Inferior y se presenta principalmente en los valles de los ríos Atrato y San Juan y en el dintel del Darién. Se compone de estratos poco compactados; en su parte inferior de conglomerados entre Tutunendo y Troja, y en la Vuelta del río Andágueda, Cértegui y Napipí, superpuestos por areniscas, arcillas oscuras y abigarradas y cenizas volcánicas. Al este de Buenaventura se superpone el Terciario Superior (Mioceno) sobre el Juratriásico del grupo Dagua.

#### *Cuaternario.*

El *Cuaternario* ocupa las partes bajas del territorio chocoano, en los valles de los ríos Atrato y San Juan y de sus afluentes y en la costa del Pacífico. Además, se presenta en pequeñas planicies y en terrazas de las montañas. Hay que advertir que debido al clima extremadamente húmedo del Chocó existen condiciones especiales de erosión y de acarreo.

En el Cuaternario se formaron los aluviones de oro y platino, que representan la base principal de la economía del Chocó.

### c) *Geología histórica y estructural.*

#### *Historia geológica.*

Una historia geológica del Chocó en términos generales puede definirse desde el geosinclinal existente al oeste de la Cordillera Central, la cual era continental en el Juratriásico. No se conocen las condiciones geológicas de los tiempos anteriores.

Este geosinclinal se llenó en el Juratriásico con sedimentos marinos, formándose el grupo Dagua, de varios miles de metros de espesor, y en el Cretáceo también con sedimentos marinos pero principalmente con derrames y flujos submarinos de diabasas y rocas afines básicas, que son características de la Cordillera Occidental, acompañados de intrusiones y extrusiones de rocas ultrabásicas.

Al fin del Cretáceo empieza la elevación de la Cordillera Occidental y formación de la fosa del Cauca acompañadas por la intrusión de tonalitas. En estos procesos se dividieron las dos cordilleras, la Occidental y la Central, iniciándose así el movimiento andino, que perduró durante el Terciario con mayor o menor intensidad. En el Terciario se depositaron sedimentos marinos y límnicos al borde occidental de la Cordillera y en la fosa del Cauca. Los estratos del Terciario Inferior fueron en parte destruídos por erosión debido a levantamientos diferenciales del terreno. El Terciario está además caracterizado por intensas actividades volcánicas, con intrusiones y extrusiones de gabro, andesita y basalto, y depósitos de tufas y cenizas volcánicas en las partes oriental y occidental de la Cordillera Occidental, y en el Istmo del Darién.

Los movimientos orogénicos andinos (plegamientos, levantamientos, fallas, dislocaciones y sobrescurrimientos) y volcánicos produjeron estructuras complicadas de diversa índole, lo cual dificulta un concepto detallado claro sobre la tectónica de esta región. En términos generales puede decirse que las formaciones más antiguas son las más afectadas por estas fuerzas. Así, en el Terciario Superior se presentan suaves buzamientos de los estratos, en el Terciario Inferior y en las formaciones más antiguas, fuertes plegamientos y dislocaciones, fenómenos que indican la merma del movimiento orogénico desde el Mioceno.

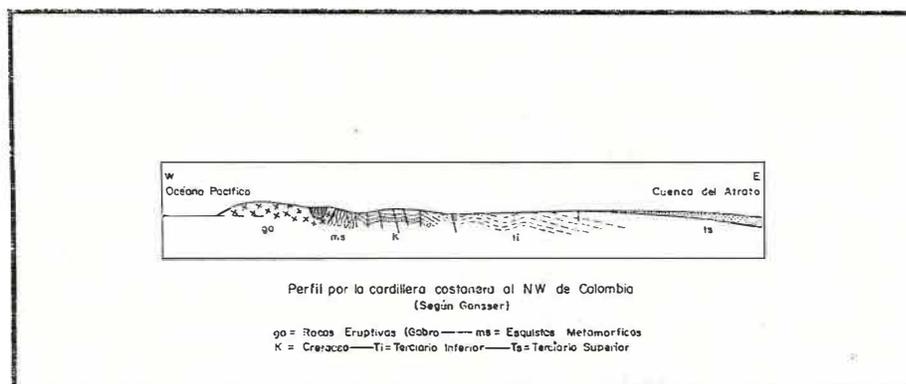
El Cuaternario se extiende principalmente en las partes bajas y en los cursos de los ríos y las quebradas. Hay que advertir que el clima muy húmedo del Chocó ocasiona condiciones especiales de erosión y de acarreo.

#### *Estructura geológica del Chocó.*

En el subsuelo de la hoya del Pacífico, limitada por la Cordillera Occidental y la Serranía de la Costa, de poca elevación, debe extenderse el Cretáceo, que tiene un interés especial con respecto a existencias petrolíferas. Esta formación aflora en algunos puntos de la Serranía de la Costa (Cabo Corrientes, Q. Mequerá, afluente del Napipí, Bahía de Humboldt, etc.) y tiene manifestaciones de asfalto en la Cordillera Occidental. La estructura general en la hoya del Pacífico es la de una cuenca de 100 km. de ancho, en la cual hay anticlinales pequeños que presentan

ciertas probabilidades de concentraciones de este líquido mineral. (El perfil muestra las condiciones geológicas en la región del río Napipí).

La hoya del Pacífico corresponde al geosinclinal de Bolívar de W. E. Nygren.



Plancha Nº 3 de 8

Informe Nº 1275

La Serranía de la Costa tiene su menor elevación al sur de las cabeceras del río Napipí, en la quebrada La Uva. De allí se levanta hacia el Norte. Al sur del Cabo Corrientes la Serranía está sumergida debajo del delta del río San Juan.

En la Cordillera Occidental, con estructuras muy complicadas, se observa a grandes rasgos y con alguna irregularidad, una subdivisión en tres cordones de carácter andino, más o menos paralelos con dos hoyas intermedias. (HUBACH, 1930). Esta subdivisión se manifiesta claramente en la parte septentrional de la Cordillera en la zona de virgación de estos tres cordones:

1) El cordón occidental o chocoano atraviesa la cuenca del río Atrato en la región de Sautatá y tiene su continuación en la Serranía del Darién y en la Cordillera Centroamericana; este cordón está muy deprimido en la cuerda del Atrato y se manifiesta por montes testigos compuestos de tonalitas en el cerro El Cuchillo y de sedimentos cretáceos en las lomas de Las Pulgas y otras. Entre las Serranías del Darién y de la Costa existe un cordón transversal (con andesitas) en el límite entre Colombia y Panamá.

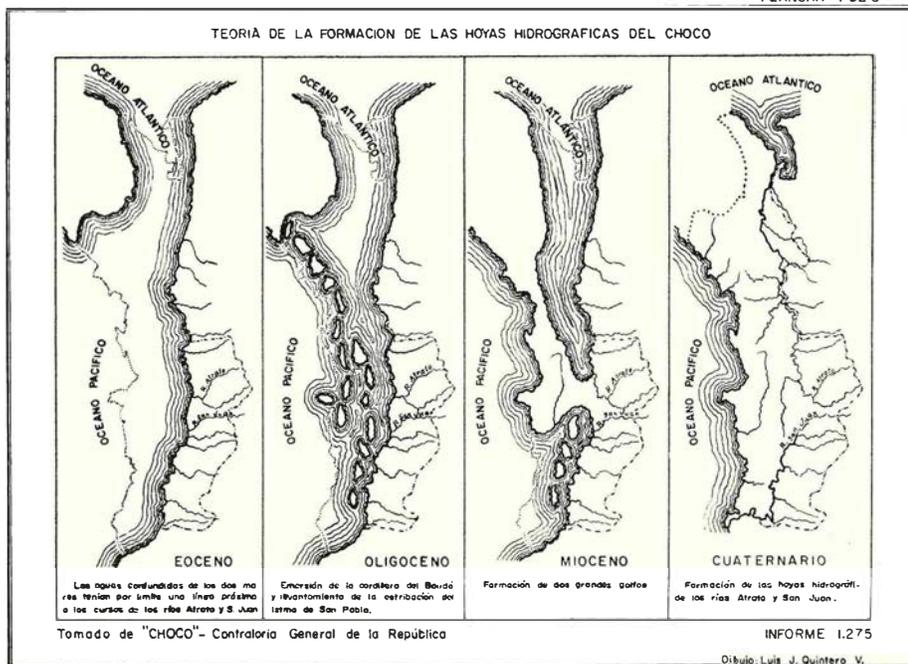
2) El Cordón central o de Abibe desciende bruscamente al mar Caribe al oriente del Golfo de Urabá.

3) El cordón oriental desciende lentamente hacia Puerto Colombia, pasando por las Serranías de San Jerónimo y San Jacinto.

### *Evolución morfológica del Chocó desde el Eoterciario.*

La parte dominante del Chocó es la Cordillera Occidental levantada al comienzo del Terciario. Al pie de ésta se depositaron los sedimentos del Terciario Inferior en las aguas de los Océanos Atlántico y Pacífico unidos en esta época. Los ríos Atrato y San Juan, de poca longitud, vertieron sus aguas a este mar con poca distancia entre sus desembocaduras.

PLANCHA 4 DE 8



Probablemente en el Oligoceno, por intrusiones de rocas básicas (basaltos) y plegamientos, empezó la emersión de la Serranía del Baudó y el levantamiento de la estribación del Istmo de San Pablo y de la Serranía de la Costa al Norte, primero en forma de isla y después en línea continua, proceso que separó los océanos formándose dos grandes ensenadas, al norte y sur del Istmo de San Pablo, donde se depositaron los sedimentos marinos del Terciario Superior (Mioceno). Al regresar los mares quedaron en esta parte las cuencas de los ríos Atrato y San Juan con una facies subsecuente lacustre y fluvial.

## RIQUEZA MINERAL DEL CHOCO

### *Introducción.*

*La evolución geológica del Chocó, que comprende varias etapas de sedimentaciones y erosiones, muchas intrusiones de rocas ígneas ácidas hasta ultrabásicas, metamorfismos, plegamientos, dislocaciones, etc., constituye la base de una mineralización muy variada, metálica y no metálica, orgánica e inorgánica, comprobada por muchas manifestaciones de minerales en las distintas zonas del territorio chocoano. Sin embargo, la minería deja mucho que desear, pues las actividades mineras se limitan casi únicamente a la explotación de aluviones de platino y oro y de uno que otro filón de oro, y a la exploración petrolera descuidando los demás yacimientos. Esta situación se debe a la falta de vías de comunicación, a la escasez de estudios para determinar la potencialidad de los yacimientos y a las dificultades del terreno, muy quebrado y poco poblado, con un clima muy húmedo y en parte malsano. El actual aspecto minero puede cambiarse favorablemente, y existen buenas perspectivas para esto, con un desenvolvimiento del Chocó por mejores vías y un adecuado plan de colonización.*

*En seguida se darán los datos de las manifestaciones y los yacimientos de los distintos minerales y de su explotación:*

### PLATINO

Colombia ocupa hoy el cuarto puesto (ver gráfico) entre los productores de platino, explotando solamente aluviones. De la producción colombiana de platino el 90-99% proviene del Chocó.

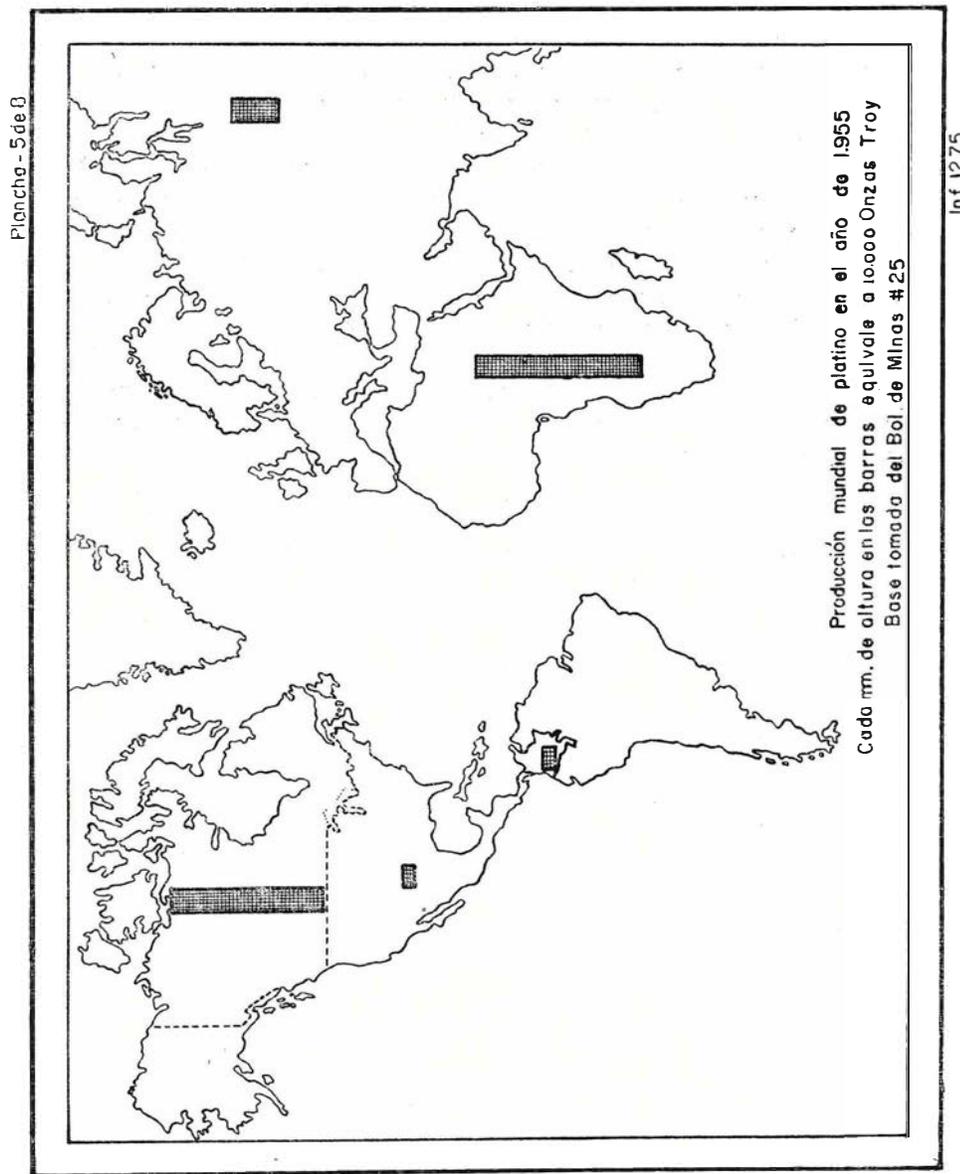
En otros países (Africa del Sur y Canadá) se extrae la mayor parte de platino de yacimientos primarios como producto principal, o como subproducto de la minería de níquel, cobre y oro.

La producción mundial de platino y de sus metales afines, paladio, rodio, osmio, iridio y rutenio, estimada para los años de 1955 a 1957 se distribuye así (*Eng. Min. Journ.*):

		1955	1956	1957	1958
Africa del Sur ..	onzas	360.000	390.000	500.000	350.000
Canadá ...	"	330.000	385.000	950.000	300.000
Rusia ... ..	"	100.000	100.000	105.000	125.000
Colombia .. . .	"	25.000	28.000	25.000	23.000
Estados Unidos .	"	25.000	24.000	20.000	17.000
		840.000	927.000	1.000.000	825.000

De éstos corresponden :

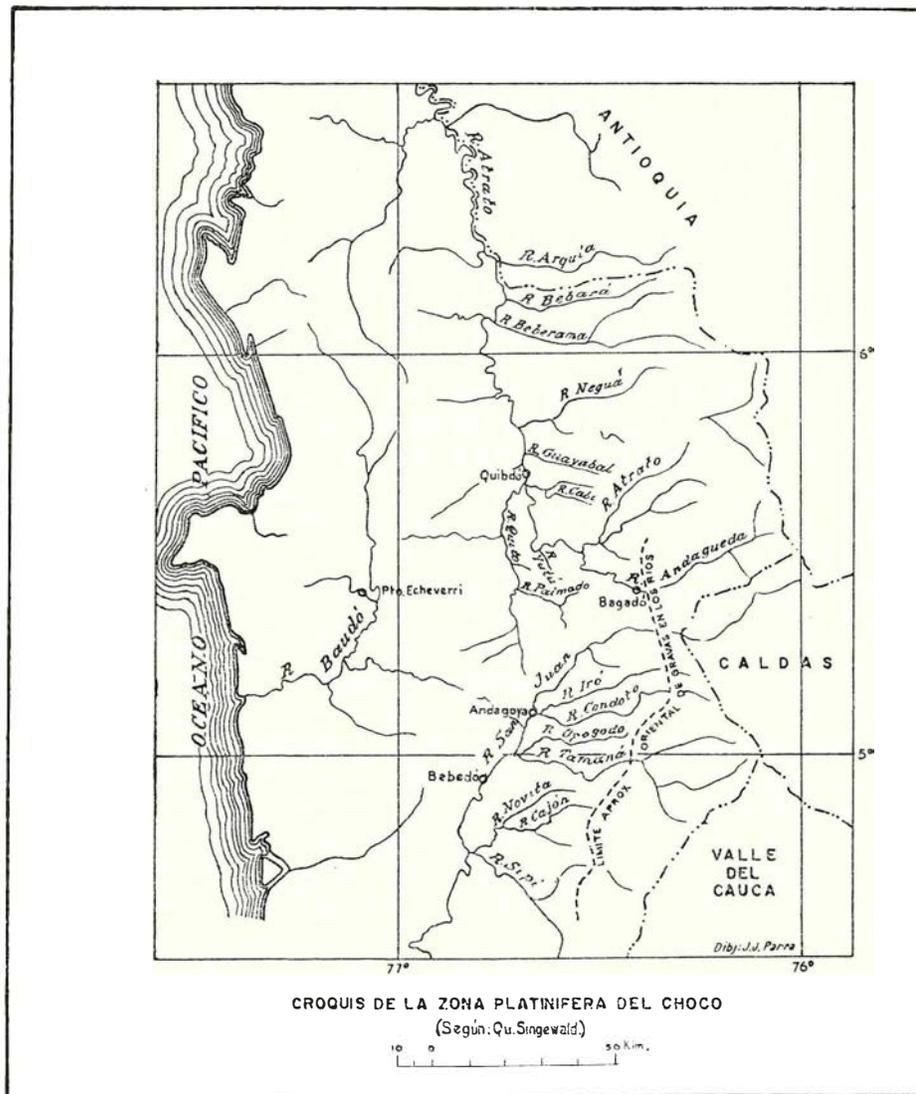
	1955	1956
al platino . . . . . onzas	510.000	590.000
al paladio . . . . . ”	250.000	310.000
a los otros metales . . . . . ”	80.000	27.000
	840.000	927.000



Los precios de platino refinado por onza Troy de 31.1 gr. fluctuaron en 1955 y 1956 entre 79 y 117 dólares. El precio en noviembre de 1957 fue de 84 dólares.

### *Aluviones de platino del Chocó.*

Los aluviones platiníferos se encuentran: en los lechos actuales de los ríos y de las quebradas; en sus lechos antiguos; en las playas altas (aventaderos) y en las mesetas elevadas (minas de cerro). Ellos se componen principalmente de gravas, cascajos, arenas y material fino arcilloso procedente de la desintegración de rocas ígneas metamórficas y sedimentarias, en menor proporción de bloques de roca rodada con diámetro de 30 cm. y más. Hacia la cordillera aumenta de trecho en trecho el tamaño y la cantidad de los bloques obstaculizando más y más las explotaciones de los aluviones con dragas y otros métodos. Por esta razón, en la figura adjunta (SINGEWALD, 1950) se señala el límite aproximado de explotabilidad de los aluviones con dragas.



Los aluviones de los lechos actuales y antiguos de los ríos, reposan en general directamente sobre la roca base (bed rock), se componen de materiales sueltos y son de edad reciente. En los aluviones de las playas altas y de las mesetas, que son de mayor edad (pleistocena), los materiales son algo compactados. En ellos se presenta, localmente en la región de Condoto, una capa gris arcillosa con gravas, llamada "caliche gris", exenta de oro y platino o con tenores muy bajos. Encima de ésta yace el "caliche colorado", compuesto de arcillas, gravas y menores bloques de rocas rodadas, en estado de una desintegración bastante adelantada. Esta capa colorada es auro-platinífera. Su color proviene de óxido de hierro, formado en la lateritización de las rocas. En la erosión de las playas altas y mesetas los metales preciosos emigran a los aluviones recientes, que en general son más ricos que los antiguos. Los espesores de los aluviones varían entre límites grandes de 1 a más de 12 metros. La distribución vertical y lateral de los metales en los aluviones es irregular, encontrándose en general los mayores valores en la parte baja, en el "bed rock" o cerca de él.

Los principales aluviones platiníferos del Chocó son los existentes en los afluentes *orientales* de los ríos San Juan y Atrato. La mayor riqueza en este metal la tienen los aluviones del río San Juan en su curso medio, y de sus tributarios: Iró, Condoto, Opogodó y Tamaná. En los afluentes *occidentales* de los ríos San Juan y Atrato falta en general el platino. En menores cantidades se encuentra este metal en los pocos afluentes del río Atrato que vienen del Sur, del Istmo de San Pablo: en el río Yutú y río Quito con sus tributarios San Pablo, Paimadó, Chigorodó y Pató. Con el platino se presenta en los aluviones del Chocó *siempre* el oro, como metal independiente y no ligado al platino. El oro proviene de yacimientos primarios distintos de los del platino. La proporción de estos dos metales preciosos varía entre límites muy grandes en las distintas regiones del Chocó; de 87 a 75% de platino por 15 a 25% de oro en Condoto, Iró y Opogodó; de 70% de Pt por 30% Au en el río Cértegui; de 60 a 35% de Pt por 40 a 65% Au en los ríos Atrato y Quito de la región de Quibdó. En otras zonas predomina el oro sobre el platino, existiendo también aluviones de oro sin platino. Entre grandes límites varían también los tenores totales de oro y platino, encontrándose ocasionalmente riquezas extraordinarias en los aluviones recientes en los cursos de ríos y quebradas, y zonas muy pobres en aluviones antiguos. Con la mecanización de la explotación con dragas se pueden trabajar aluviones con valores menores de 15 centavos de dólar por yarda cúbica. Para la explotación hidráulica, por socavones y para otros métodos se necesitan valores mayores. Existiendo en el Chocó grandes áreas sin extracción técnica se presentan para esta minería buenas perspectivas en el futuro. Con base en la rata de la producción actual, los aluviones pueden ser suficientes para una explotación de muchos años, probablemente más de cien.

El platino del Chocó es en general muy menudo. Los granos obtenidos en las explotaciones comúnmente tienen diámetro de más o menos 0.2 milímetros. Además se recoge polvo hasta de 0.05 milímetros de diámetro. El oro de los aluviones platiníferos es en general más fino. Pepas de platino con un peso de una onza son muy escasas. Los tres chicharrones (nuggets) más grandes encontrados en los ríos Condoto e Iró

pesaron: 75 castellanos (de 4.6 gramos) o 355 gramos; otro una libra (453 gr.), y el otro una libra con 9 onzas (733 gramos).

La composición química del platino crudo del Chocó varía bastante. El siguiente cuadro muestra los resultados de análisis hechos por varios laboratorios en distintas épocas.

		1	2	3	4	5
platino . . . . .	Pt	84.30	84.05	84.37	86.72	86.20
paladio . . . . .	Pd	1.06		0.52	0.54	0.50
rodio . . . . .	Rh	3.46				1.40
iridio . . . . .	Ir	1.46	1.72			0.85
osmio . . . . .	Os	1.03				
osmio-iridio . . . . .	OsIr		6.90	2.39	0.96	0.85
hierro . . . . .	Fe	5.31	5.52			7.80
cobre . . . . .	Cu	0.74	1.75			0.6

El oro se presenta en el platino crudo solamente en trazas.

### *Rocas madres del platino.*

Los ricos aluviones de platino despertaron, lógicamente, gran interés geológico y minero por sus yacimientos primarios, que fueron localizados y explorados por compañías, principalmente durante la primera guerra mundial, a raíz del aumento del precio de platino por onza, de 50 a 115 dólares, y más tarde por comisiones del Ministerio de Minas y por particulares. Los estudios limitados a la zona principal platinífera del Chocó dieron como resultado que las *rocas madres* son *ultrabásicas* con mucha olivina (píroxenitas, picritas, dunitas y serpentinas) que contienen el platino en estado nativo en una diseminación muy fina; además, níquel, cromita y sulfuros no definidos. Parece que el reducido contenido metálico y su fina diseminación no dan una base apropiada para la explotación económica de estas rocas a pesar de que ellas cubren grandes áreas. La gran riqueza de los aluviones en platino se puede explicar por una intensa desintegración y erosión de grandes masas de las rocas genitoras desde el Pleistoceno, favorecidas por los grandes desniveles de la Cordillera y por el clima muy húmedo del Chocó. El platino en parte está incrustado en la cromita. Ocasionalmente pequeños mineros explotan la roca ultrabásica muy descompuesta y obtienen el platino después de moler la roca y lavarla en bateas.

Las rocas madres se encuentran en dos zonas principales (RESTREPO, CARDONA, 1954, véase plano) :

1) En la serranía divisoria de los cursos medios de los ríos Condoto e Iró, y

2) Entre el Alto Tarena y el Cerro Tamaná, en las cabeceras del río Tarena, afluente del río Mondó, que vierte sus aguas al río San Juan, así como en las cabeceras del río Tamaná.

En las dos zonas debe haber diferencias de mineralización, lo cual se manifiesta por las distintas composiciones del platino bruto en los

respectivos aluviones. Así, el platino en el río San Juan, arriba de la boca del río Condoto, tiene: 84.37% de platino, 2.39% de osmio e iridio y 0.52% de paladio; y en el río Condoto 86.72% platino, 0.96% osmio e iridio y 0.54% de paladio (SINGEWALD, 1950).

Fuera de estas dos principales zonas, se encuentran rocas ultrabásicas también en otros sitios del Chocó donde existen aluviones platiníferos de menor importancia.

Debido a la importancia que las rocas muy básicas y ultrabásicas tienen para el platino, y pueden tener para el níquel y cromo, conviene buscar las relaciones que tienen los distintos afloramientos de estas rocas entre sí y a determinados fenómenos geológicos. Al respecto, y para un primer ensayo de esta índole, pueden juntarse en este grupo las rocas clasificadas químicamente o macro-microscópicamente como muy básicas y ultrabásicas, además las que según datos y referencias geológicas contienen platino, níquel y cromo. Rocas de este tipo se encuentran en muchos puntos de una línea intermitente que se extiende en la parte occidental de América del Sur desde la isla Chiloé de Chile, pasando por Perú, Ecuador y Colombia, hasta el Mar Caribe. Ellas pueden ser en su totalidad coetáneas, representando una misma fase de intrusiones más básicas en la formación cretácea de derrames diabásicos (véase la descripción geológica de la Cordillera Occidental del Chocó). En Chiloé, Perú y Ecuador provienen menores cantidades de platino de estas rocas. En Colombia se presentan estas rocas en los Departamentos de Nariño, Cauca y Valle del Cauca, con las respectivas explotaciones de platino en los ríos Telembí (Barbacoas), Patía, Micay y Dagua. Más al Norte sigue la rica zona platinífera del Chocó en los ríos San Juan, Iró, Condoto, Tamaná y Opopodó, con los dos centros importantes de rocas ultrabásicas ya mencionadas. Además, existen otras localidades con rocas ultrabásicas que alimentan los aluviones platiníferos de los ríos Andágueda y Bebará, como también la de la cabecera oriental del río Bebaramá, principalmente en el curso alto de su afluente, la quebrada Romanos.

En términos generales puede decirse que las rocas ultrabásicas del Chocó están situadas en el flanco occidental de la Cordillera Occidental o cerca de su cresta. Por esta razón, el platino aluvial se presenta principalmente en los ríos y las quebradas de la vertiente chocona. Al oriente de la Cordillera, en la hoya del río Cauca, el platino es muy escaso.

Fuera del Chocó se mencionan del Departamento de Antioquia las siguientes manifestaciones de platino: en los afluentes orientales del río Nendó, tributario del río Penderisco, Municipio de Urrao; quebradas San Mateo y Ñame, Municipio de Frontino; cabecera y afluentes orientales del río Chaquenodá; quebrada Julio, afluente del río Tuguridó, que vierte sus aguas al río Amparradó y en varios afluentes del río León, Municipio de Dabeiba; en varios puntos de la Carretera al Mar (Medellín-Turbo), por ejemplo en la quebrada Zúñiga, afluente del río Juradó, y en el río Zungo. El platino de los últimos aluviones proviene del flanco occidental de la Serranía de Abibe, que forma el cordón medio en la virgación septentrional de la Cordillera Occidental, y por tal razón puede considerarse como una continuación de ésta.

Aparte de la Cordillera Occidental, y situadas al este y noreste de ella, existen otras interesantes zonas de rocas ultrabásicas con níquel,

romo y platino, en los Departamentos de Antioquia y Córdoba. Su edad no está bien definida.

1) En la región de Medellín se presentan serpentinas, peridotitas y anfibolitas en una gran área que se extiende en dirección W-E desde Las Palmas, Municipio de Envigado, hasta Bello, y hacia el Norte hasta San Pedro. En Las Palmas se explota cromita en escala muy reducida. Además hay en esa zona varias manifestaciones de asbesto (crisotilo) que no revisten interés comercial. Más interesante y característica es la formación de lateritas y de capas ferruginosas de laterita y hierro de pantano con espesores de 0.5 a 10 m, con pequeños tenores de níquel y cromo. En esta zona estima el doctor Julián Cock (*Reseña sobre los minerales de hierro en el valle de Medellín. - 1952*, Informe N° 1276 del Servicio Geológico Nacional) una reserva total de 800 millones de toneladas de mineral de hierro con 22 a 55% Fe, en parte en condiciones apropiadas para una explotación económica. El contenido de níquel en estos minerales varía entre 0.2% y 0.45%; el cromo entre 0.68% y 1.70%. El hierro blanco (fundido por Cock en experimentos siderúrgicos) tiene 1.06% Ni y 2.25% Cr; el hierro gris 1.05% Ni y 2.42% Cr.

Un yacimiento de minerales de hierro proveniente de rocas muy básicas de menores proporciones, situado en los Municipios de Amagá y Angelópolis y explotado por la Ferrería de Amagá está agotado. Los minerales tenían más de 3% de óxido de cromo.

2) Otra gran zona de serpentinas y peridotita situada en los Municipios de Yarumal, Anorí y Campamento (Antioquia) llama la atención por su contenido de crisotilo de buena calidad. A pesar de que las exploraciones efectuadas tan sólo en una parte de esta región no dieron resultados satisfactorios, hay esperanzas de una explotación económica en escala reducida en los puntos de mayor concentración de asbesto. No existen datos sobre el posible contenido de níquel y cromo en estas rocas. Probablemente no se han hecho análisis al respecto.

En el vecino Municipio de Amalfi se encuentra ocasionalmente platino de procedencia desconocida en los aluviones de oro.

3) En los Municipios de Montelíbano y Planeta Rica (Departamento de Córdoba) se descubrieron, en el Cerro Matoso y en otros puntos, hematitas magnéticas relacionadas con rocas ultrabásicas, con tenores de níquel y cromo comprobados. Los yacimientos se encuentran en la Serranía de San Jerónimo-San Jacinto, que corresponde al cordón oriental de la virgación de la Cordillera Occidental; por esta razón, debe considerarse como continuación de la Cordillera. Un estudio de una posible relación entre estas rocas y las de la Cordillera Chocoana sería interesante.

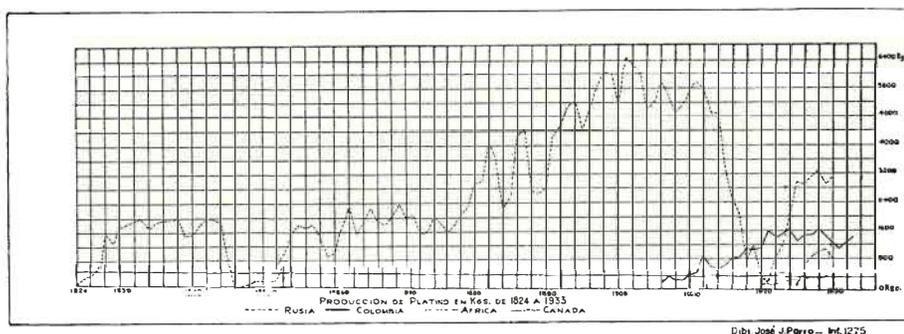
### *Historia del platino.*

El platino era conocido y usado en América del Sur en el tiempo precolonial, pues en tumbas indígenas en Esmeraldas (Ecuador) se han encontrado joyas de oro con platino. No existen datos sobre el procedimiento usado en la fabricación de éstas. La primera noticia de este metal encontrado en minas de oro del Darién en el Nuevo Mundo (Nueva Granada) y considerado como infusible e inútil, la da Julio César Scalinger

en 1557. Mucho más tarde, en 1720, se menciona en Popayán el empleo de azogue aplicado a la separación de oro y platino, que probablemente provino del Chocó. Este distrito figura entre las primeras regiones auríferas descubiertas por los españoles, y fue descrito en 1513 por Vasco Núñez de Balboa en sus memorias de viajes. Las hostilidades de las tribus guerreras impidieron su desarrollo minero hasta la segunda mitad del siglo xvii. En 1735 menciona Antonio de Ulloa el platino del Chocó como mineral que desvaloriza el oro explotado en los aluviones. Por su semejanza con la plata y para clasificarlo como metal de poco valor se le dio el nombre de *platina* y más tarde el de *platino*. Considerando este metal como inútil y para evitar falsificaciones de la plata, la Corona en 1778 ordenó consignar en las cajas reales todo el platino que se sacase, pero sin retribución alguna. Diez años más tarde se pagaron por cuenta de Su Majestad 2 pesos por cada libra de platino. En estos diez años se recogieron en Cauca (Popayán) y el Chocó, por las cajas reales, más de 2.000 kgs de platino, los cuales fueron arrojados distintivamente, por oficiales reales, en presencia de testigos, en los ríos Bogotá y Cauca, y otra parte fue enterrada en el Chocó. Fuera de esto se botaron grandes cantidades de platino por los mismos mineros, sin presentarlas a las cajas reales, o se vendieron a extranjeros que pagaban mejores precios, pues en Europa se prestó desde 1748 alguna atención a este metal a raíz de estudios científicos de sus propiedades físicas y químicas. Apenas al principio del siglo xix se dio aplicación al platino para recipientes para la concentración de ácidos sulfúricos, y en el año de 1809 se fabricó para tal fin el primer crisol de 12 kgs de peso.

Colombia fue el único productor de platino hasta el año de 1819, cuando se descubrieron los aluviones platiníferos de los Urales (Rusia), los cuales en poco tiempo cobraron mayor importancia que los de Colombia. En Rusia, para fomentar la minería, se acuñaron en 1828 hasta 1830 monedas de platino de 3,6 y 12 rublos. Pero debido a los grandes cambios de precio de este metal, las monedas no fueron bien recibidas y en 1845 se retiraron de la circulación. Sobrevino entonces una fuerte crisis para la minería de platino en Rusia. Poco a poco se inventaron nuevos usos para el platino en la industria química, en la electricidad, para joyas, en la dentistería, etc., por lo cual la producción de Rusia fue aumentando hasta más de 6.000 kg en el año 1911. Durante la primera guerra mundial y principalmente debido a la destrucción de las dragas y minas en la revolución comunista, disminuyó la producción rusa rápidamente hasta unos 300 kgs en 1921. A raíz de estos acontecimientos se concentró el interés mundial por el platino a los aluviones de Colombia, principalmente del Chocó, que fueron entre los años de 1917 hasta 1923 las principales fuentes mundiales de este metal (véase gráfico).

Esta situación y los aumentos de los precios del platino de 50 a 115 dólares por una onza Troy (31.1 gr) dieron un notable empuje a la minería de platino y produjeron una era de prosperidad de grandes proporciones. En esta época se efectuaron mayores exploraciones y se iniciaron explotaciones mecanizadas (dragas) en mayor escala. Mineros y compañías se dedicaron a buscar el platino botado y enterrado en el tiempo de la Colonia, rompiendo calles y destruyendo casas en Quibdó y otros puntos; reconstruyéndolas después se obtuvieron en estas operaciones



buenas ganancias. La producción de platino subió de 526 kgs. en 1914 a 1.608 kgs. en 1924.

A raíz de la notoria escasez de platino se hicieron también en otras partes del mundo mayores exploraciones de aluviones y de yacimientos primarios, principalmente en Africa del Sur y en Canadá. Los estudios dieron muy buenos resultados. Canadá empezó en 1920 a aumentar la producción de platino como subproducto de la minería de níquel y cobre. En Africa del Sur se explota el platino de rocas ultrabásicas y como subproducto de la minería de oro desde 1925. Estos dos países, con una extracción anual de 12 toneladas cada uno, son hoy los principales productores de platino y de sus metales afines. Más tarde empezó a intensificarse la insignificante explotación de platino (15 kgs. en 1913) en los Estados Unidos. Su producción proveniente de aluviones y refinerías de oro y cobre fue de 775 kgs. en 1956. La producción anual de Rusia Soviética se estima hoy en 3 toneladas.

### *Desarrollo de la minería de platino en Colombia.*

La minería del platino no pudo prosperar en el tiempo colonial, debido al bajo valor que tenía este metal y al desprecio que se le dio en esa época. Su explotación se efectuó forzosamente en los aluviones auro-platiníferos del Chocó al extraer el apreciado oro; el platino fue botado o vendido a precios mínimos. Con la Independencia y debido a la importancia que cobró el platino, al encontrarsele varias aplicaciones (en la industria, en la joyería, en la dentistería y en las casas de moneda) empezó a manifestarse un mayor interés por los yacimientos de oro y platino del Chocó, que tenían fama mundial a raíz de unos resultados temporales extraordinarios obtenidos en su explotación a mediados del siglo XIX. Atraídos por su legendaria riqueza, se internaron grupos de nacionales y extranjeros (gente seria y aventureros) en la selva chocoana, los unos con sencillas herramientas, los otros con modernos equipos de esa época (monitores y canalones, bombas de succión, buzos y pequeñas dragas). Los resultados obtenidos hasta principios del siglo XX por las diversas expediciones no fueron, en resumen, muy satisfactorios, lo que se debe a la inclemencia del clima, inexperiencia de los empresarios, defectos técnicos de los equipos, etc. Al fin y al cabo resultó el equipo criollo como el más práctico y seguro, principalmente la batea manejada por los negros del Chocó, más resistentes al clima que los empresarios blancos.

El desarrollo *moderno* de la minería de platino del Chocó se inició como consecuencia de las exploraciones hechas desde 1889 por Henry Granger, y de las iniciativas del general Castillo, quien consiguió en 1907 concesiones mineras en el río Condoto. La escasez de platino que se presentó durante la primera guerra mundial (desde 1914) dio un gran empuje al respecto. Granger instaló en 1906 una pequeña draga en el río Atrato cerca de Quibdó, que naufragó.

Castillo, al no obtener resultados satisfactorios con un pequeño montaje hidráulico, vendió su concesión a la Anglo-Colombian Development Co., subsidiaria de la Consolidated Gold Field Co. de Inglaterra. Esta compañía levantó en 1912 un campamento en Andagoya y trajo en 1913 una draga que empezó a trabajar en 1915 en el río Condoto. En seguida surgieron protestas y oposiciones de Granger, respaldado por la Pacific Metal Co. de Nueva York, y de otros, quienes habían conseguido en el mismo terreno títulos mineros anteriores a la entrada de la Concesión Castillo. El lío fue arreglado por negociaciones de la Anglo-Colombian Development Co. y la Pacific Metal Company, fundándose al respecto en los Estados Unidos la South American Gold and Platinum Company, que a su vez formó para las operaciones en el Chocó una subsidiaria, la Compañía Minera Chocó-Pacífico. Esta compañía, la principal productora de platino y de oro del Chocó, instaló en 1920 la segunda draga, en 1923 la tercera, en 1932 la cuarta, en 1937 con otra compañía la quinta, y en 1938 la sexta draga.

En las dragas se cambió posteriormente el equipo de calderas (combustibles: leña y aceite) y de motores Diesel por el de motores eléctricos que reciben su fuerza de una amplia red eléctrica. Para tal fin y con la obligación de suministrar energía a los Municipios vecinos, la compañía construyó en los años de 1922 a 1923 una central hidroeléctrica en La Vuelta, en el curso bajo del río Andágueda. Dos turbinas con sus generadores, instalados en 1923 y 1928, tienen capacidades de 1.000 kw. cada una. Más tarde se instalaron en Andagoya, el centro de administración de la Chocó-Pacífico, varios generadores eléctricos movidos por motores Diesel. Las dragas fueron reformadas para darles mayores capacidades de explotación y mejores condiciones de recolección de oro y platino; tienen hoy capacidades de 100.000 a más de 300.000 yardas cúbicas por mes cada draga. Aparte de las dragas, la compañía trabaja en menor escala con equipos hidráulicos (monitores y elevadores).

Poco después de la compañía Chocó Pacífico se instaló en la región de Condoto la British Platinum and Gold Corporation. Entre las dos empresas surgieron varios pleitos sobre títulos mineros que por decisiones de la Corte Suprema fueron ganados en su mayor parte por la Chocó-Pacífico. Así a la compañía inglesa le quedaron sólo áreas muy limitadas para explotar. Ella operó en los años de 1921-1927 una pequeña draga cerca de Opogodó, durante poco tiempo otra draga en Bazán, cerca de Condoto, y suspendió sus actividades en 1927.

En 1925 se organizó la Neguá Company (inglesa) con un pequeño capital. Inició operaciones con dos dragas de succión muy pequeñas en el tributario meridional del río Neguá, unos 15 km. arriba de su confluencia con el río Atrato. El producto es principalmente oro.

La mecanización en mayor escala de la explotación de los aluviones, iniciada en 1915 con la primera draga grande y continuada con las ins-

talaciones de 5 potentes dragas más, significa un valioso progreso de la minería del Chocó, que se debe a las iniciativas y a la organización de la Compañía Minera Chocó-Pacífico. Esta empresa, con sus equipos, su organización y sus reservas de aluviones, está capacitada para producir grandes cantidades de platino y oro por muchos años.

Con la modernización de la minería, que permite explotaciones de grandes masas con bajos costos por unidad, era de esperarse que se formara una especie de monopolio de las compañías potentes para el platino. Sin embargo, se presenta en el Chocó el caso muy interesante de que aun al aumentarse la producción de la Chocó-Pacífico, pequeñas empresas y los mazamorreo producían, y producen, con elementos muy rudimentarios, la misma o mayor cantidad de platino que las dragas. Estimativamente se dedican en el río San Juan y en sus tributarios unas 25.000 personas (hombres y mujeres) a las tareas de mazamorreo. Sus herramientas son: la batea, la batelta o el cacho, la pala, el almocafre, el barretón y últimamente la batea mecánica "Denver" (cuna minera).

### *Producción de platino en Colombia.*

Sobre la producción de platino y de sus metales afines no existen datos seguros, ni en Colombia ni en parte alguna. Las estadísticas al respecto se basan mucho en estimaciones. Por esta razón hay bastantes diferencias en los datos estadísticos internacionales. En Colombia se toma, en general, la exportación como producción. Siendo el platino, por su alto valor y su pequeño volumen, un producto muy apropiado para el contrabando, hay que suponer que salen del país por caminos ilícitos apreciables valores. En general, las estadísticas del "Mineral Yearbook" señalaron para Colombia una producción mayor que la estadística colombiana de exportaciones.

La producción colombiana de platino se estima hasta 1900 (Granger) en unas 18 toneladas, hasta 1930 en unas 43 toneladas; la mundial hasta 1930 entre 310 y 414 toneladas, lo cual da un porcentaje de 10 a 14% para Colombia. En los últimos años la participación de Colombia en la producción mundial es de un 3 a 5%.

La producción de platino (exportación) en Colombia en los años de 1906 a 1933 fue así:

Año	Kgs.	Año	Kgs.	Año	Kgs.
1906	211	1915	606	1924	1.608
1907	291	1916	827	1925	1.290
1908	268	1917	854	1926	1.452
1909	273	1918	1.108	1927	1.450
1910	425	1919	1.042	1928	1.608
1911	482	1920	1.101	1929	1.421
1912	876	1921	1.586	1930	1.269
1913	570	1922	1.409	1931	1.113
1914	526	1923	1.500	1932	1.259
				1933	1.430

ESTADISTICA DE LA PRODUCCION DE PLATINO  
MUNDIAL Y DE COLOMBIA DE 1930 A 1958

Año	Producción de Colombia		Producción mundial	
	Estadística colombiana Kgs.	Minerals Yearbook Onzas Troy	Minerals Yearbook Onzas Troy	Minerals Yearbook Onzas Troy
1930	1.269	40.803	42.382	290.524
1931	1.113	35.793	44.311	290.507
1932	1.259	40.478	16.055 (?)	209.448
1933	1.430	45.971	44.543	217.353
1934	1.686	54.219	54.216	415.089
1935	1.201	38.628	38.020	389.684
1936	1.192	38.333	38.333	455.523
1937	912	29.315	29.315	473.000
1938	916	29.460	34.549	537.000
1939	736	23.671	39.070	543.000
1940	1.115	35.859	35.859	465.000
1941	1.162	37.349	37.349	483.000
1942	1.341	43.103	43.103	790.000
1943	1.075	34.564	39.961	629.000
1944	1.067	34.304	36.136	515.000
1945	1.082	34.757	30.883	960.000
1946	1.364	43.835	43.835	567.000
1947	1.288	41.415	38.715	499.000
1948	591	19.019	40.047	520.000
1949	647	20.797	20.797	575.000
1950	761	24.452	26.455	600.000
1951	534	17.157	32.000	675.000
1952	628	19.801	33.700	700.000
1953	929	29.201	29.201	775.000
1954	909	28.465	28.465	940.000
1955	856	27.526	27.526	1.080.000
1956	821	26.215	26.215	1.100.000
1957	617	19.830	19.830	1.310.000
1958	499	16.036	16.036	880.000

ORO Y PLATA

El Departamento del Chocó es el segundo productor de oro en Colombia —siendo el primero Antioquia— con una producción anual de 42.000 a 62.000 onzas. La participación del Chocó en la producción total del oro oscila entre 10 y 15%, la de Antioquia entre 57 a 76%. El oro del Chocó proviene en su mayor parte, casi puede decirse en su totalidad, de aluviones. La ley es de 860 a 920 milésimas.

De la producción de oro, el 50 a 70% proviene de las dragas de la Compañía Minera Chocó-Pacífico, y el resto de pequeñas empresas y del mazamorreo. Se presenta, pues, en cuanto a los operarios para la extrac-

ción del oro, una situación muy semejante a la del platino. La producción de la pequeña minería se restringió en 1942 (Contraloría, 1943) a 8 Municipios (de los 12 del Chocó) más o menos con los siguientes porcentajes: Quibdó 44% (Neguá Company); Condoto 18%; Tadó 13%; Istmina 10%; Bagadó 9%; Nóvita 5.5%; El Carmen 0.5%. Casi toda la producción proviene así de las zonas de los ríos San Juan y Atrato, recostadas sobre las estribaciones de la Cordillera Occidental, y tiene su explicación en la existencia de muchos yacimientos primarios en los altos de esta Cordillera, faltando éstos en las Serranías de la Costa y de Baudó. Depósitos de menor categoría existen en el Dintel del Darién (Acandí). En Acandí encontraron los españoles los primeros indios lavando oro. El río Atrato tiene oro explotable más o menos hasta la desembocadura del río Arquía. De allí en adelante se pierde el oro en los fangales de esta arteria fluvial. Hay que advertir que existe oro corrido con muy pequeñas explotaciones, que figuran en las de Istmina, también en unos afluentes del río Baudó, tales como las quebradas Misará, Orochocó, Pepé, etc. Este oro probablemente proviene también de la Cordillera Occidental, arrastrado en grandes crecientes del río San Juan en épocas en que la Serranía de Baudó tenía menor altura. Condiciones análogas se presentan para los aluviones del río Quito (afluente del río Atrato) y de Cértegui que corresponden a un antiguo abanico fluvial del río San Juan.

El oro corrido en casi todos los aluviones está acompañado de platino en proporciones que varían mucho de una región a otra, predominando el platino principalmente en los ríos Condoto, Iró y Opogodó. Más al sur del río Tamaná, en Nóvita, El Cajón y Sipí se encuentra poco platino. En la región de Quibdó, en las explotaciones de los ríos Quito, Neguá, Bebará y Bebaramá predomina el oro y también en los cursos altos de los ríos San Juan y Andágueda.

Los yacimientos primarios de oro (filones) están relacionados con las tonalitas creta-terciarias y andesitas terciarias, mencionadas en el Capítulo sobre la geología general. En el Chocó se explotan o explotaron filones de oro sólo en dos regiones. Desde 1908 se explotan por empresarios antioqueños ricas minas en el Corregimiento de Dabeiba, en el curso alto del río Andágueda. Dificultades de transporte impiden el debido desarrollo de esta región. En 1920 a 1923 se explotaron filones en la región de Los Capoteros cerca de Tutunendo por "La Compañía", de los señores Meluk de Quibdó. Los trabajos no dieron resultados satisfactorios. Hay que mencionar en este conjunto una mina situada en el Cerro Plateado, en el límite entre Chocó y Antioquia, Municipio de Salgar. Esta mina, hoy abandonada, fue explotada como mina de oro, siendo su metal predominante el cobre.

Las pocas actividades en los yacimientos primarios se deben principalmente a la falta de vías de comunicación. Existiendo tan ricos aluviones auríferos en el Chocó, que deben haber obtenido su metal de grandes yacimientos primarios, se presentan, con el desenvolvimiento y la adecuada colonización del Chocó, buenas perspectivas para sus exploraciones y explotaciones.

La *plata* es un subproducto de la minería de oro. La producción de plata en el Chocó fue en 1957 de 6.608 onzas, que corresponden a 6.21% de la producción total de Colombia. Antioquia produjo en ese año 90.619 onzas o 85% de la producción total de Colombia de 106.494 onzas.

PRODUCCION DE ORO EN COLOMBIA Y EN EL CHOCO  
DE 1930 A 1958 EN ONZAS TROY (= 31.1 gr.)

Año	Colombia	Chocó	Porcentaje del Chocó
1930	158.723	14.000	0
1931	194.274	14.000	0
1932	248.249	32.444	13.1
1933	298.242	39.251	13.2
1934	344.140	60.439	17.6
1935	328.991	59.880	18.2
1936	389.495	66.098	17.0
1937	442.222	60.709	13.7
1938	520.717	54.522	10.5
1939	570.022	64.350	11.3
1940	631.927	64.263	10.2
1941	656.019	64.047	9.7
1942	596.618	57.419	9.6
1943	565.500	50.211	8.9
1944	553.531	49.126	8.9
1945	506.695	38.881	7.7
1946	437.176	42.237	9.7
1947	383.027	41.084	10.7
1948	335.260	50.827	15.2
1949	359.474	54.291	15.1
1950	379.412	57.227	15.1
1951	446.314	52.344	12.2
1952	422.231	61.496	14.6
1953	437.295	53.837	12.3
1954	377.466	41.190	10.9
1955	380.823	53.136	14.0
1956	438.350	45.692	10.4
1957	325.114	43.757	13.5
1958	371.715	50.148	13.5

### PETROLEO

En el territorio chocoano se conocen las siguientes manifestaciones de petróleo: 1) en el curso alto del río Iró, en Santa Bárbara y Santa Rita, asfalto y petróleo asfáltico en sedimentos cretáceos (brechas lidíticas, calizas y arcillas pizarrosas); 2) al este de Tadó, en las quebradas Mungarrá y Chato, afluentes del río San Juan en su banda izquierda, también del Cretáceo; estas dos regiones están situadas en el flanco de la Cordillera Occidental; 3) al este de Buchadó en el curso medio del río Pacurucundó, en el límite de la cordillera con la Hoya Andina del Pacífico; 4) en la cuenca del río Atrato, al oeste de este río, en el curso medio del río Tagachí, que se une con el Atrato al frente de la boca del río Arquía, en un terreno constituido por sedimentos terciarios; 5) en el río Baudó

aflora petróleo con una densidad de 31 a 37 grados Baumé. Además, existen datos no confirmados sobre manifestaciones de petróleo en la Cordillera Occidental en los sitios de: quebrada Aguasal, en la región de Cértegui (con agua salada); quebrada Pacurita, al este de Tutunendo (agua salada con una concentración de 3° Bé); río Neguá, al noreste de Quibdó (con agua salada); quebrada El Toro, afluente del río Atrato en su banda derecha, al oeste de El Carmen, y en el río Grande, afluente del Atrato en su banda izquierda, al sur de El Carmen.

Las manifestaciones en la Cordillera Occidental, aunque no revisten perspectivas para una explotación comercial del petróleo, tienen un interés geológico especial por su presencia en el Cretáceo. Estos sedimentos, probablemente con petróleo, deben extenderse hacia el Oeste debajo del Terciario de la Hoya Andina del Pacífico (cuencas del Atrato y San Juan) entre las Cordilleras Occidental y de la Costa, ya que los sedimentos cretáceos afloran en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, en la quebrada Mequerá, afluente del río Napipí, en la serranía del Darién y en otros puntos.

De los datos anteriores se deduce que las expectativas de encontrar yacimientos comerciales de petróleo deben reducirse a la Hoya Andina del Pacífico. Esta hoya se compone de sedimentos terciarios con espesores que alcanzan varios miles de metros con intercalaciones de algunos horizontes bituminosos. El Terciario yace sobre el supuesto Cretáceo. La estructura de los estratos es una cuenca de unos 100 km. de ancho, en la cual hay anticlinales menores que presentan ciertas probabilidades para la acumulación de petróleo que pueda provenir del Cretáceo o del Terciario.

En esta Hoya Andina del Pacífico existen varias propuestas de concesiones de petróleo y se han hecho exploraciones con resultados desconocidos. En la única perforación realizada en el Chocó por la Richmond Petroleum Company, en la región de Buchadó, se presentó petróleo y gas en cantidades no comerciales. El pozo, con más de 5.000 m. de profundidad, atravesó estratos terciarios sin llegar al Cretáceo. El resultado poco satisfactorio de este pozo de ensayo (wild cat), según las experiencias en campos petrolíferos, no excluye la posibilidad de encontrar en otros puntos un yacimiento explotable.

Sobre el petróleo del Chocó se encuentran los siguientes datos de MILLER AND SINGEWALD, 1919, publicado en 1934 en *Minería*, N° 28:

“El distrito del Pacífico comprende una faja de 60 a 70 millas de longitud, que sigue la costa del Pacífico desde Buenaventura hasta Baudó, e internándose, alcanza por el Norte hasta Quibdó en el río Atrato y por el Sur hasta Cali. De un área de 1.800 millas cuadradas sólo 18 millas cuadradas parecen tener petróleo, según cálculos de Arnolds. Entre las rocas de esta región predominan las pizarras fuertemente plegadas. Existen muchas fuentes termales y de aguas saladas, pero sólo muy pocas de ellas emiten gases. El petróleo del río Baudó tiene una densidad de 31 a 37 grados Baumé”.

## CARBON

Se conocen en el Chocó las siguientes manifestaciones de sustancias carbonosas: en la hoya del Atrato, grandes cantidades de turbas sub-recientes y pleistocenas; en la Serranía de Baudó y en sus ríos, mantos y manticos de carbón antracítico; en las areniscas de la loma de Istmina, trozos de lignito; al sureste de Bagadó, en la quebrada Travesías, afluyente del río Andágueda, un estrato lignítico de un espesor de 1.25 m., muy mezclado con arcilla y arena; manticos de carbón en esquistos arcillosos cretáceos entre las quebradas Aguacaliente y Mequerá, afluentes del Doguadó y Napipí. También existen en otras regiones leños lignitizados en el Mioceno medio y superior. Estas manifestaciones no dan buenas perspectivas para una minería en mayor escala. Sin embargo, conviene prestarles mayor atención, principalmente en la región del Baudó. Además, existe en la Costa del Pacífico la probabilidad de que la formación oligocena, carbonífera, estudiada en el Darién por A. Olsson, se extienda hacia Juradó.

Al este del Chocó se conocen buenos mantos de carbón sub-bituminoso del Oligo-Mioceno, al sur de Dabeiba. HUBACH, 1952, en "Yacimientos de mineral de hierro, de carbón y de caliza en Colombia" (*Boletín Geológico*, Año I, N<sup>o</sup> 1), dice: "Intercalaciones oligo-miocenas en las rocas mesozoicas de la Cordillera Occidental pueden presentarse más hacia el Sur, como lo prueba la zona de Carmen del Atrato, aun cuando este residuo no contenga carbón. Resta así la esperanza de encontrar otros remanentes de carbón en esa Cordillera poco explorada".

## COBRE

Los minerales de *cobre* merecen una *atención especial* en futuros estudios y exploraciones ya que existen muchas manifestaciones de este metal en el Chocó y en las regiones adyacentes del Departamento de Antioquia, y datos sobre altos tenores de cobre en algunos yacimientos cuya potencialidad no ha sido definida.

Las manifestaciones de cobre en los Municipios del Chocó, según el *Boletín de Minas* N<sup>o</sup> 7 y otras referencias, son las siguientes:

*Municipio de Acandí.* Una muestra de mineral de cobre, proveniente del Municipio de Acandí y analizada en el Laboratorio de Fundición y Ensayes de Quibdó, dio 4.74% Cu. Probablemente se trata de una muestra de manifestaciones de calcopinta y cuprita de cuqué. No se conocen datos más detallados sobre yacimientos de cobre en el Municipio de Acandí.

*Municipio de Bagadó.* Se distinguen dos grandes zonas mineralizadas con cobre y oro en el río Andágueda. 1) Entre la Sierra y Piedra Honda, en el río Andágueda y en sus afluentes Dojura, Cuajandó, Anguedé, Cuchadó, El Salado y otros; 2) En el Corregimiento de Dabeiba, Municipio de Bagadó.

En estas dos regiones se explota el oro aluvial y de filones. El muestreo de los filones dio, en parte, porcentajes de cobre muy altos. La po-

tencialidad de los yacimientos está por determinar. Hay muchas minas tituladas en estas zonas.

*Municipio de Carmen del Atrato.* Minerales de cobre en el kilómetro 25 de la carretera Bolívar-Quibdó y en la región de Guagarales. En el límite de este Municipio con el de Salgar - Antioquia se encuentra la mina de El Plateado, explotada anteriormente como mina de oro. Parece que esta mina tiene un gran porcentaje de cobre.

Mina de cobre San Antonio, en paraje "El Seis", a 11 km. de El Carmen, 26.5 km. de Bolívar. El yacimiento parece bastante potente. En el afloramiento 7.6% Cu. (C. CARDONA, 1957).

*Municipio de Baudó.* Minerales de cobre en la cordillera Cogucho, río Dubasé, en las cabeceras del río Docampadó, Cerro Guini-Guini y río Misará.

*Municipio de Nóvita.* Minerales de cobre en el paraje Támbita, en la banda izquierda del río Tamaná, en las cabeceras del río Sipí, en el cerro Torrá, en el Corregimiento de Garrapatas.

*Municipio de Nuquí.* Minerales de cobre se mencionan en la región de Bahía Solano.

*Municipio de Quibdó.* Minerales de cobre en las quebradas Tres Marías, afluentes del río San Pablo, que vierten sus aguas al río Bebaramá. Existen también datos no confirmados acerca de cobre en la región de Bebará.

*Municipio de Tadó.* Minerales de cobre en las quebradas Jenda, Arrastradas y Agua Clara, de ambas riberas del río San Juan. Azuritas en una formación calcárea en el curso alto del río Iró.

Probablemente se encontrarán muchas otras manifestaciones de cobre, principalmente en la Cordillera Occidental.

## PLOMO Y ZINC

Hay referencias de yacimientos de minerales de plomo y zinc en el río Ichó, Corregimiento de Tutunendo, Municipio de Quibdó, y en la quebrada Papagayo en su confluencia con la quebrada Mungará, Municipio de Tadó.

Es de esperar que se encuentren muchas manifestaciones de plomo y zinc relacionadas principalmente con andesitas.

## S A L

Se conocen las siguientes aguas saladas: en la quebrada Aguasal de la región de Cértogui; en la quebrada Pacurito al sur de Tutunendo, con una concentración de 3 grados Baumé, en el río Neguá al noreste de Quibdó, y en la quebrada Amara Canoas, en el área urbana de Istmina. Además, se menciona (Contraloría General de la República, 1943) un yacimiento de sal con explotaciones esporádicas en las altas zonas del río

Iró. Chupaderos de sal se encuentran entre los ríos Truandó y Salaquí, a nivel de los Brazos. Hay que suponer que existen muchas otras manifestaciones de sal y aguas saladas de las cuales no existen referencias.

### CALIZAS

En el Chocó se conocen o se mencionan calizas en las siguientes zonas:

1. Una faja de calizas terciarias en la Serranía de la Costa entre Cabo Corrientes y las cabeceras del río Napipí (quebrada Mequerá). Probablemente se extiende esta zona por la Serranía hasta Panamá. En el río Juradó se conocen pequeños yacimientos de caliza cerca de las desembocaduras de las quebradas Jampabadó y Antadó.

2. Calizas con un espesor de 20-30 m. en la quebrada Aibí, afluente del río Uba, que desemboca al río Bojaya, Corregimiento de Bojaya, Municipio de Quibdó.

3. Sin confirmación, hay una información sobre un yacimiento de buena potencialidad situado al oriente de Istmina.

4. Piedra de cal en el paraje de La Granja, al este de Quibdó.

5. Mármoles y calizas en el alto curso del río Iró, entre Santa Bárbara y Santa Rita.

6. Se encuentran rodados de calizas en el río Andágueda y en otros afluentes del río Atrato hasta Murri, lo cual hace suponer la existencia de una faja continua de calizas existente en el flanco occidental de la Cordillera Occidental.

7. En el Municipio de Acandí afloran calizas cretáceas en Titumate.

### OTROS MINERALES

Existen unas pocas informaciones sobre otros minerales: feldespatos, caolín, ágata y ópalo, obsidiana, mica, talco, yeso, fosfatos, asbesto, tierras colorantes, hierro, bauxita, laterita, etc.

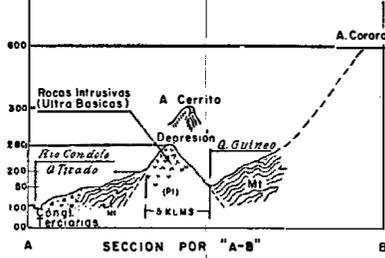
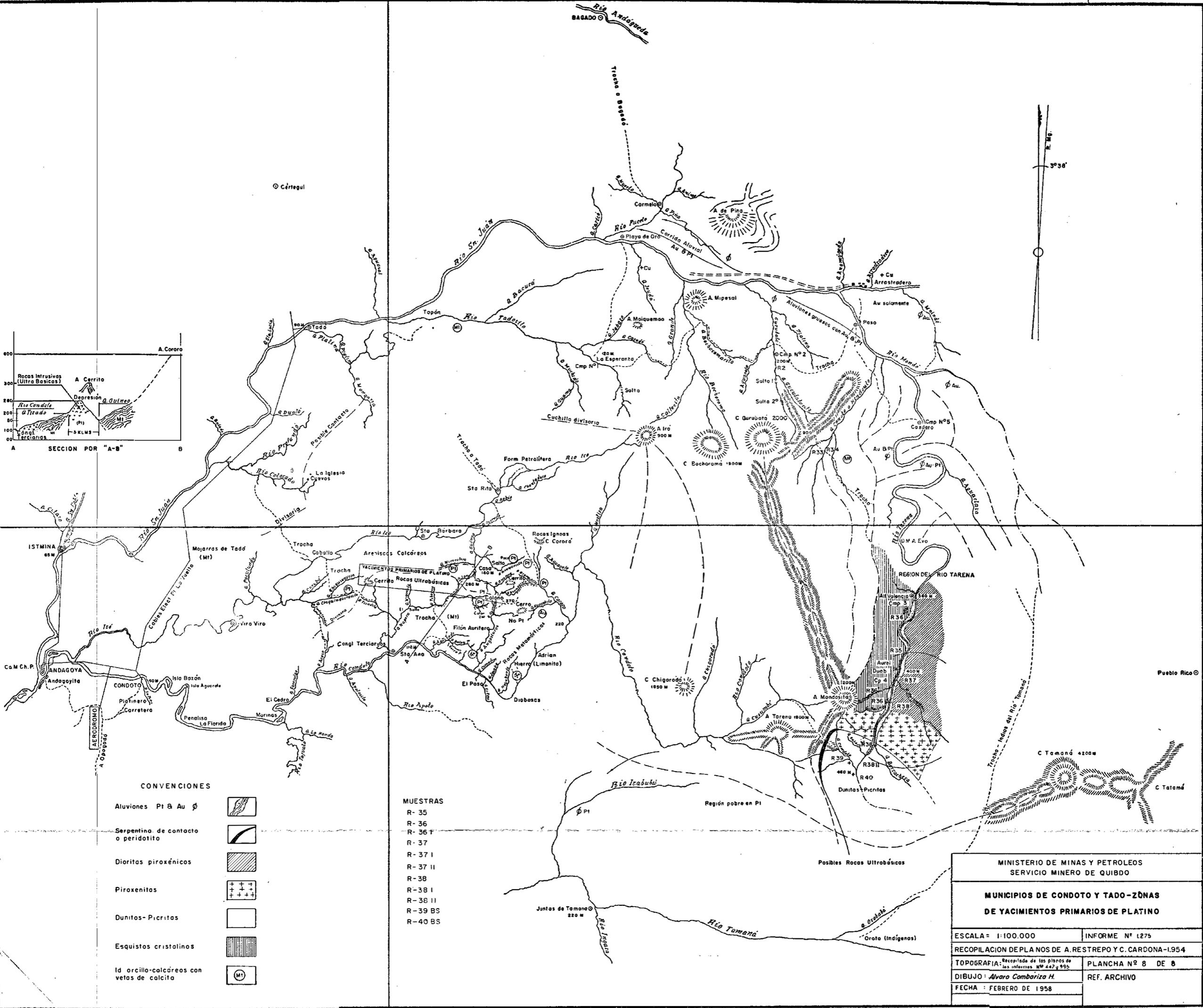
Bogotá, marzo de 1958.

ROBERTO WOKITTEL,  
Geólogo Minero Jefe.

### BIBLIOGRAFIA GEOLOGICA-MINERA DEL CHOCO

basada en

1. Informes del Servicio Geológico Nacional.
2. *Bibliografía sobre Geología y Geofísica de Colombia* de Jesús Emilio Ramírez, S. J., Bogotá 1957, 2ª edición, Bol. N° 6, Serie 6 Geología, del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos.
3. Otras publicaciones.



- CONVENCIONES**
- Aluviones Pt B Au  $\phi$
  - Serpentina de contacto o peridotito
  - Dioritas piroxénicas
  - Piroxenitas
  - Dunitos-Picritas
  - Esquistos cristalinos
  - Id. orcillo-calcareos con vetas de calcita

- MUESTRAS**
- R-35
  - R-36
  - R-36 I
  - R-37
  - R-37 I
  - R-37 II
  - R-38
  - R-38 I
  - R-38 II
  - R-39 BS
  - R-40 BS

MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS SERVICIO MINERO DE QUIBDO	
<b>MUNICIPIOS DE CONDOTO Y TADO-ZONAS DE YACIMIENTOS PRIMARIOS DE PLATINO</b>	
ESCALA = 1:100.000	INFORME N° 1275
RECOPIACION DE PLANOS DE A. RESTREPO Y C. CARDONA-1954	
TOPOGRAFIA: Recopilada de los planos de los informes N° 447 y 595	PLANCHA N° 8 DE 8
DIBUJO: Alvaro Combariza H.	REF. ARCHIVO
FECHA: FEBRERO DE 1958	

## BIBLIOGRAFIA GEOLOGICA-MINERA DEL CHOCO

1. ACEVEDO LATORRE, ED., 1950. — El canal interoceánico Atrato - Truandó. *Naturaleza y Técnica*. Bogotá, 1, Nº 3.
2. AIRIAU, A., 1859. — Carte Géographique pour servir à l'Étude du Canal Interocéanique par l'Isthme du Darien.
3. AIRIAU, A., 1860. — Canal Interocéanique par l'Isthme du Darien, Nouvelle Grénade. *Canalisation par la Colonisation*. Vol. I, 116 pp., 6 mapas. Chez France Librairie. Paris.
4. ALVARADO, BENJAMÍN, 1938. — Informe 15. Los metales del platino.
5. ALVARADO BENJAMÍN, 1942. — Informe 679. Contribución al estudio de la riqueza minera de Colombia.
6. ALVAREZ LLERAS, JORGE, 1923. — *El Chocó*. Minerva, Bogotá.
7. ALVAREZ LLERAS, JORGE, 1935. — El canal del Atrato. *Bol. Soc. Geog. Col. A.* 2, Nº 2, 127-129.
8. ALVAREZ LLERAS, JORGE, 1935. — "El Chocó". Relaciones de viaje referentes a esta región de Colombia. *Bol. Soc. Geog. Col. A.* 2, Nº 1, 54-72.
9. ALVAREZ LLERAS, JORGE, 1940. — La minería de oro y platino en el Chocó. *Minería*, Nº 100, págs. 8389-8392.
10. ALVAREZ LLERAS, JORGE, 1952. — Algunos escritos geográficos de Colombia. Generalidades sobre el Chocó. *Bol. Soc. Geogr. Col.*, vol. X, Nº 2, pp. 85-109.
11. ANDERSON, J. L., 1945. — Petroleum Geology of Colombia, South America. *Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.*, 29; 8.
12. ANDERSON, STEWARD, G., 1952. — *Platinum (Colombia)* Min. Trade. Nct. 35, Nº 1, Jul. 19-20.
13. ANÓNIMO, 1907. — Mapa del Territorio de la Intendencia del Chocó, en donde se encuentran yacimientos de oro, con indicaciones de los de platino. Lit. Nal., Bogotá.
14. ANÓNIMO, 1908. — Platino en Colombia. *Rev. Ing.*, T. 2, Nº 3, Mar., 84-88.
15. ANÓNIMO, 1908. — The Platinum deposits of Colombia. *Journ Roy. Soc. Arts*, 56, Nº 2908, Ago., p. 884.
16. ANÓNIMO, 1909. — El Chocó aurífero. *Rev. Min. Obr. Públ.* A. 4, Nº 6, pp. 397-399.
17. ANÓNIMO, 1910. — Producción de platino en Colombia. *Anales Ing.*, vol. XVIII, Nos. 209-212, p. 17.
18. ANÓNIMO, 1912. — Dredging in Colombia. *Min. Sci. Press*, Oct., p. 471, map.
19. ANÓNIMO, 1914. — Mining in the Chocó District, Colombia. *Min. Sci. Press*, 108, Abr. 696.
20. ANÓNIMO, 1924. — Platinum and Coffee in Colombia. *Anal. Ing.*, 32, Nº 376, Jun., pp. 135-137.
21. ANÓNIMO, 1925. — Dredging for Platinum in Colombia. *Eng. Min. Journ.* 120, Nº 8, 298.
22. ANÓNIMO, 1929. — Proyecto de canal interoceánico por Nicaragua. Recorte de prensa *La Nación* de Chile. Informe Nº 182.
23. ANÓNIMO, 1934. — Yacimientos minerales del Chocó, *Minería*, Nº 28, 1873-1875. De Miller and Singewald, 1919.
24. ANÓNIMO, 1937. — Conveniencia y oportunidad de estudiar el posible canal interoceánico por el Atrato. *Bol. Soc. Geog. Col. A.* 4, Nº 1-7.
25. ANÓNIMO, 1937. — Informe científico sobre la región Quibdó-Buenaventura. *Minería*, A. V, pp. 4550-4565.
26. ANÓNIMO, 1948. — Descripción de la Provincia del Zitará y curso del río Atrato. *Bol. Soc. Geog. Col.*, 8, Nº 1, 17-39.

27. ANÓNIMO, 1954. — Canal Interoceánico del Atrato. *Diana*. A. 2, Nº 8, 26-32, fotos, mapas.
28. ANÓNIMO, 1955. — La explotación platinífera del Chocó en nuestra economía. *Ind. Col.* A. 2, Nº 20, pág. 15.
29. ARBELÁEZ HURTADO, G., 1940. — Monografías Mineras. Aluviones en zonas auríferas del Telembí y del San Juan. Edit. Lit. Colom., Bogotá, 142 págs., fotos.
30. ARCHER, 1937. — Exploration in the Chocó Intendency of Colombia. *Sci. Month.* 44, 418-434.
31. ARMENTA, A. L., 1939. — El canal interoceánico Atrato-Truandó es una necesidad inaplazable. *Bol. Soc. Geog. Col.* 6, Nº 2-3, 157-168, fig.
32. ARMENTA, A. L., 1948. — El canal interoceánico colombiano, *Bol. Soc. Geog. Col.* 8, Nº 1, 75-81, croq.
33. ARTEL, JORGE, 1957. — Barro y Oro del Chocó. *Américas* 9. Nº 4, 7-10, fotos.
34. AUBERT DE LA RUE, EDGAR, 1933. — Contribution à l'Étude Géologique de la Cordillère Occidentale des Andes de Colombie, (Extrait), *Compt. Rend. l'Acad. des Sci.*, Paris.
35. AUBERT DE LA RUE, EDGAR, 1933. — Observations géologiques sur les vallées du Yurumangui et du Naya (Cordillère Occidentale des Andes de Colombie). *Rev. Géog. Phys. et Géol. Dyn.*
36. BAIN H. FOSTER Y THORNTON READ T., 1936. — Informe 478. Los minerales y la industria en Suramérica. *Minería*, Nos. 43-44, pp. 3166-3180.
37. BOSSLOR, ROBERT B., 1920. — Informe 40. Geological report on the West-Coast of Colombia. Oil and gas prospects.
38. BOTERO G. Y GARCÉS H., 1935. — Informe geológico del camino Bolívar-Quibdó. *Min.* Nº 28, 1884-1887, plancha.
39. BRISSON, JORGE, 1895. — *Exploración en el Alto Chocó*. (Contrato, El Chocó y su porvenir, exploración en Alto Chocó, minería, método hidráulico). Imp. Nal., Bogotá, 315 págs.
40. BRUET, E., 1933. — Sur les formations aurifères de la Colombie au sud de Buenaventura. *Comptes Rendus de la Société Géologique de France*, XV, pp. 241-242.
41. BRUET, EDMOND, 1934. — "Sur l'évolution continentale des quartzites du Rio Yurumangui, au sud de Buenaventura (Colombie)", *Compt. Rend. Som. Soc. Géol. France*. Nº 7, 92-94.
42. BRUET, EDMOND, 1945. — "Les terres rouges de la Cordillère Occidentale de Colombie (Amérique du Sud) et leur substratum schisteux et éruptif", *Compt. Rend. Som. Soc. Géol. France*. 41-42.
43. BRUET, EDMOND Y AUBERT DE LA RUE, EDGAR, 1943. — "La Hoya del Río Naya", *Rev. Univ. Cauca*. Nº 1, Ene-Feb., 137-160, figs.
44. BUENO, JESÚS A., 1957. — Informe 1194. Sobre un reconocimiento minero en la región de Garrapatas (Valle del Cauca y Chocó).
45. CARDONA CARLOS, 1957. — Mina de cobre San Antonio, Departamento del Chocó. *Bol. Min.* Nº 38/39, 1957.
46. CARDOSO GAITÁN A. Y ARCHILA, MANUEL, 1930. — Informe sobre las labores de la comisión minera del Chocó, desde el mes de febrero de 1929 hasta el mes de marzo de 1930. *Bol. Min. Petr.* Nº 18, 474-489.
47. CARVAJAL, GRISELDINO, 1914. — Canalización interoceánica por el Chocó. *Anal. Ing.* 21, Nº 255-256 y 22 Nº 257-258.
48. CARVAJAL, GRISELDINO, 1951. — Los valles de San Juan y el Tatama. *Bol. Soc. Geog. Col.* 8, Nº 2, 189-190.
49. CARVAJAL, JOSÉ MANUEL, 1956. — Informe 1150. Operación Truandó. Informe geológico preliminar.
50. CASTILLO J., CICERÓN, 1909. — Geology of the Platinum Deposits of Colombia. *Min. and Sci. Press*, vol. 98, Nº 24, pp. 826-828.

51. CASTILLO HURTADO, J., 1954. — *El Departamento del Chocó*. Edit. El Gráfico, Bogotá, 42 págs., map.
52. CISNEROS, FRANCISCO JAVIER, 1878. — Report on the proyect of construct a railway from the bay of Buenaventura upon the Pacific Ocean and the river Cauca. New York.
53. COLLINS, LT. F., 1875. — Report of a Survey of the Proposed Route for an Inter-oceanic Ships Canal by way of the Atrato, Napipi and Doguado Rivers, in the Canton of Chocó, State of Cauca, United States of Colombia, by the U. S. Expedition of 1875. Senate Executive Documents N° 75, 45th Congress, 3rd Session. June, 1875 (Washington, D. C., 1879).
54. CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA, 1943. — *Geografía Económica de Colombia*. T. VI. Chocó.
55. CONVERS PINZÓN, R., 1938. — Se necesita un canal interoceánico. *Rev. Soc. Geogr. de Col.* A. 5, N° 3, pp. 268-272.
56. CÓRDOBA, FRANCISCO, 1930. — *Geografía del Chocó*.
57. CÓRDOBA, FRANCISCO, 1933. — *Nociones de geografía e historia del Chocó*. 3ª ed. Tip. Victoria. Medellín.
58. CRANSTON ROBERT E., 1926. — Colombian Platinum Placers have up-to-date equipment. *Eng. Min. Journ.* 122, N° 9, Ago., p. 339.
59. CURTIS, LA NAUZU, A., 1870. — Informe que sobre el canal interoceánico publica Imp. y Esterotipia de Medardo Rivas, Bogotá, 24 págs.
60. DAY, DAVID, T., 1907. — *The Production of Platinum*. U. S. Geological Survey Department of the Interior. Wash. Gov. Print.
61. DELGADO, CARLOS I., 1953. — Informe 913. Informe técnico sobre la región de La Equis y Cerro del Capote. Estudios de los afloramientos encontrados. Corregimiento de Tutunendo. Chocó.
62. DELGADO, CARLOS I., 1953. — Informe 968. Estudio de la región metalífera del Alto de los Capoteros, Municipio de Quibdó.
63. DIEZEMANN, WOLFGANG, 1952. — Informe 854. Prospección de yacimientos de metales en la región del río Andágueda.
64. DUPARC Y TIKHONOWITSCH, 1920. — *Le platine et les gites platinifères de l'Oural et du monde*. Imp. y Lit. Sonor, S. A., Genève. Texto 542 págs., atlas, planos, mapas.
65. ECHEVERRI, DIONISIO, 1940. — El Chocó y su posición en la industria minera del país. *Minería*, N° 100, pp. 8324-8339.
66. ERISSON, JORGE, 1895. — *Exploración en el Alto Chocó*. 318 pp., Bogotá, Impr. Nacional.
67. ERMISCH, E., 1932. — Ein Profil durch den Chocó-Westhang der West-Kordillere in Kolumbien. *Zeit. prakt. Geol.* 40, N° 2, 17-21.
68. ERMISCH, E., 1934. — Reise in das Chocó Gebiet in Kolumbien. *Geogr. Woche* 2, N° 6, 121-127, fig.
69. ERMISCH, E., 1935. — Die Provinz Chocó in Kolumbien. *Peter. Mitt.* 81, N° 4, 118-121.
70. ESCOBAR, P. E., 1921. — *Bahías de Málaga y Buenaventura*. Bogotá, Imp. Nal., 375 pp.
71. ESCOBAR, P. E., 1925. — Los ríos de la Costa del Pacífico colombiano, *Bol. Soc. Geog. Colom.* A. 1, N° 1, Nov., 45-46, fotos.
72. ESCOBAR, FRANCISCO, 1936. — El canal del Atrato. *Bol. Soc. Geog. Col.* A. 3, N° 2, 147-151.
73. FOSTER BAIN, H. y THORNTON, READ T., 1936. — Informe 478. Los minerales y la industria en Suramérica. *Minería*. Nos. 43-44, págs. 3166-3180.
74. GANSSER, A., 1950. — Geological and Petrographical Notes on Gorgona Island in relation to N W South America. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* Bd. 30, pp. 219-237.

75. GARELLA, NAPOLEÓN, 1845. — *Projet d'un Canal de Jonction de l'Océan Pacifique et de l'Océan Atlantique à travers l'Isthme de Panama*. 233 pp., 2 maps. Imp. de Fain et Thunot.
76. GERTH, H., 1955. — *Der geologische Bau der Suedamerikanischen Kordillere*, Gebr. Bornträger, Berlín.
77. GOVERNOR OF THE PANAMA CANAL, 1949. — Special report on the Atrato-Truandó-Canal route under public law 280, 79th. Congr. 1rst Session. 26 y 3 pp. Esquemas y mapas. Panama Canal Zone.
78. GRANGER, HENRY AND TREVILLE, E. B., 1898. — Mining Districts of Colombia. *Am. Inst. Min. Eng. Trans.* Vol. 28, pp. 33-87, Discussion pp. 803-808.
79. GRANGER, HENRY, G., 1908. — Gold dredging on the Chocó Rivers, *Am. Inst. Min. Eng. Trans.* 39, 392-418, fig. tab.
80. GRANGER, HENRY, G., 1908. — The future Gold Output of Colombia. *Am. Inst. Eng. Trans.* Vol. 39, pp. 321-325.
81. GRANGER, HENRY, G. Y TREVILLE EDUARD, 1934. — El Chocó. *Minería*, N° 28, 1860-1872.
82. GROSSE, EMIL, 1926. *El Terciario Carbonífero de Antioquia*. Dietrich Reimer, Berlín.
83. GROSSE, EMIL, 1930. — Informe 121. Determinación de las rocas colectadas por la comisión minera del Chocó. *Bol. Min. Petr.* N° 21-22, 321-327, T. IV.
84. GUHL, E., 1945. — Las cabeceras de los ríos Naya y Yurumanguí. *Bol. Arqu.* I, N° 6, 599-607.
85. GUHL, E., 1947. — La exploración de las fuentes de los ríos Naya y Yurumanguí. *Bol. Soc. Geog. Colomb.* 7, N° 4, 385-399.
86. GUHL, E., 1948. — La costa del Pacífico entre los ríos Dagua y Naya. *Bol. Soc. Geog. Colomb.* 8, N° 1, 100-102, fotos.
87. GUHL, E., 1954. — Aspecto socio-geográfico de la provincia fisio-geográfica formada por el valle del río San Juan y por el Codo de Los Mellizos y sus estribaciones hacia el río Cauca (Depto. de Antioquia). *Rev. Colom. Antr.* 2, N° 2, 37-85, pls., maps., cuadros.
88. GUZMÁN, B. A. 45, 1948. — Descubrimiento y pacificación del Chocó. *Bol. Soc. Geog. Col.* 8, N° 1. 16-99.
89. HALDER, H. A. — Informe 140. Un estudio de la Compañía South American Gold and Platinum, incluyendo algunas ideas sobre política inversionista en general.
90. HEDBERG, H. D., 1940. — Mesozoic Stratigraphy of Northern South America. *Proc. eight Amer. scient. Congr.* May 1940.
91. HILL, JAMES, 1917. — Platinum Deposits of the World. *Eng. Min. Journ.* 103, N° 26, Jun., pp. 1145-1146.
92. HUMBOLDT, ALEXANDER VON, 1807-1839. — *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent fait en 1799-1804*. 1942. Traducción. Viajes a las regiones equinocciales del Nuevo Continente. 5 tomos. Biblioteca Venezolana de Cultura, Escuela Técnica Industrial, Talleres de Artes Gráficas, Caracas. En el 5º tomo se tratan las posibilidades de una comunicación por canales entre el Océano Atlántico y Pacífico.
93. HUMBOLDT, ALEXANDER VON, 1824. — *Essai politique sur le royaume de la Nouvelle Espagne*, 5 vol., 2ª ed., Paris.
94. HUMBOLDT, ALEXANDER VON, 1826. — Account of the Discovery of a Mine of Platinum in Colombia and of Mines of Gold and of Platinum in the Uralian Mountains. *Jour. Sci* 5, N° 2.
95. HUMBOLDT, ALEXANDER VON, 1839. — *Über die Goldproduktion in Amerika und Asien*. Kartsten u. v. Dechen Archiv, Band 12, 572-580.
96. HUBACH, ENRIQUE, 1925. — Informe 152. Sobre las investigaciones al NW y N de Buenaventura.

97. HUBACH, ENRIQUE, 1925. — Informe 147. Reseña de la región platinífera de Colombia.
98. HUBACH, ENRIQUE, 1927. — Informe 179. Informe Geológico de Urabá. Publicado: *Bol. Min. Petr.*, T. IV, N° 19/20, julio-agosto 1930, págs. 26-136. Mapas, croquis, planos.
99. HUBACH, ENRIQUE, 1927. — Informe 227. Anotaciones sobre el proyectado canal interoceánico de Napipí, Departamento del Chocó.
100. HUBACH, ENRIQUE, 1929. — Informe 184. Apreciación de los proyectos para los canales interoceánicos del Napipí y del Truandó, según puntos de vista geológicos. Publicado: *Bol. Min. Petr.*, N° 13, págs. 15-34.
101. HUBACH, ENRIQUE, — Informe 228. Informe condensado sobre las expectativas petrolíferas en Urabá y en especial en la Serranía de Abibe, Departamentos de Antioquia y Chocó.
102. HUBACH, ENRIQUE, 1930. — Manifestaciones petrolíferas en la Intendencia del Chocó. *Bol. Min. Petr.*, T. IV, Nos. 21/22, pp. 336-337.
103. HUBACH, ENRIQUE, 1930. — Informe 826. Anotaciones sobre la estructura de la Cordillera Occidental y sobre el estudio del platino. *Bol. Min. Petr.*, T. IV, Nos. 21/22, pp. 328-335.
104. HUBACH, E. Y ALVARADO, BENJAMÍN, 1934. — Informe 224. Geología de los Departamentos del Valle y Cauca, en especial del carbón.
105. HUBACH, ENRIQUE, 1934. — Informe 235. Informe sobre las condiciones mineras y agrícolas de la región de la Cordillera Occidental, comprendida entre las cabeceras de los ríos Atrato y San Juan, Departamento del Chocó.
106. HUBACH, ENRIQUE, 1951. — Informe 777. Aspectos geológicos petrolíferos de Colombia en 1951.
107. HUBACH, ENRIQUE, 1954. — Informe 1057. Vías de penetración y zonas de colonización en el Departamento del Chocó.
108. HUBACH, ENRIQUE, 1957. — Informe 1212. Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia.
109. HYATT, VERILL A., 1928. — El canal interoceánico por el Darién. *Rev. Fac. Mat. Ing.* 1, N° 2, 64/65.
110. IMPERIAL INSTITUTE, 1936. — *Platinum and allied metals*. Imperial Institute. London, 193 pp.
111. JIMÉNEZ DENOSO, J., 1948. — Relación y plano del río Atrato. *Bol. Soc. Geogr. Col.* 8, N° 2, 235-240.
112. KAY MARSHALL, 1951. — *North American Geosynclines*. Geol. Soc. Amer., Memoir 48.
113. KELLEY, F M., 1856. — *On the junction of the Atlantic and Pacific Oceans, and the Practicability of a ship canal, without locks, by the Atrato Valley*. Institute of Civil Engineers, Minutes of Proceeding, XV, pp. 376-417.
114. KELLNER, G. J., — Informe 247. Los yacimientos de platino de la República de Colombia.
115. KELLNER, G. J., 1921. — Informe 249. Informe sobre los depósitos primarios y secundarios auríferos y de platino en las propiedades al sur de Nóvita, provincia del Chocó.
116. KELLNER, G. J., 1928. — Die Platinlagerstaetten der Republik Kolumbien, Suedamerika. *Zeitsch. prakt. Geologie*. Vol. 36, N° 1, pp. 1-7.
117. KIMBALL, E. B., 1914. — Primitive Methods of Working the Platinum Areas of Colombia. *Min. and Eng. World*, vol. 40, p. 96, y 1933. — *Bull N° 65*. Min. and Met. Soc. Americ., octubre.
118. KLUCKHORN, FRANK L., 1938. — Una vez más las vías interoceánicas colombianas. *Bol. Soc. Geogr. Col.* 5, N° 1, 5-8.
119. KUNST, JOH, 1913. — *Eine neue Karte des Alto Chocó*. L. Friederichsen Co. Hamburg. 54 págs. mp.

120. KUNZ G. F., 1918. — Platinum with special reference to Latin America. Wash. Government Printing Office. 1917. *Bull. Panam. Un.* 45, N° 5, pp. 606-626.
121. LAVERDE G., LUIS, 1955. — Canales interoceánicos. *Armada*, 4. N° 18, 30-46, fotos, fig.
122. LLERAS CODAZZI, RICARDO, 1927. — *Los minerales de Colombia*. Bogotá, Impr. Nal., pp. 141-144.
123. LLERAS CODAZZI, RICARDO, 1929. — Notas mineras. Aluviones platiníferos y auríferos. *Bol. Min. Petr.* N° 9, sept., pp. 199-213, fotos, map.
124. LINDGREEN, WALDEMAR, 1912. — *Platinum and allied metals*. Mineral Resources of the United States, 1911. Wash. Gov. Print. Office.
125. LINDGREEN, WALDEMAR, 1915. — Gold and Silver Deposits in North and South America. *Second Panamerican Sci. Congr. Proc.* 8, Sect. 7, 1916. 560-578. Reprov. en *Am. Eng. Trans.* 55, 883-909, fig.
126. LÓPEZ CASAS, JAIME, 1958. — Reseña sobre las posibilidades petroleras en el Departamento del Chocó. Informe 1267.
127. MAC.AHRON, ALBERTO, 1955. — La operación Truandó. *Bol. Soc. Geog. Col.* 13, Nos. 47/48, 202-212, fotos.
128. MACÍA, JOSÉ, 1933. — Historia del platino. *Minería*, N° 14, agosto, pp. 971-975.
129. MERIZALDE DEL CARMEN, B., 1921. — *Estudios de la Costa Colombiana del Pacífico*. Bogotá, 96 pp.
130. MEYER, ANDREW, 1941. — In the Chocó Colombia. *Eng. Min. Jour.* 142, N° 9, 35-39.
131. MICHLER, N., 1861. — Report of his survey for an interoceanic ship canal, near the Isthmus of Darien. Washington, 1861.
132. MICHLER, N., 1871. — Report of the interoceanic ship canal. Executive Document. N° 9. 1. Isthmus of Darien. 457, map. 16, Washington.
133. MICHLER, N., 1874. — Report of his survey for an interoceanic ship canal between the Atlantic and Pacific Oceans by the way of the Atlantic Darien, Wash. 1874.
134. MILLER - SINGEWALD, 1919. — *The Mineral Deposits of South America*. Mc.Graw Hill.
135. MILLER B. Y SINGEWALD, 1934. — Yacimientos minerales del Chocó. *Minería*, N° 28, 1873-1875.
136. MINISTERIO DE INDUSTRIAS, 1930. — La concesión del Condoto. *Bol. Min. Ptr.*, T. III, N° 14, pp. 91-104.
137. MINISTERIO DE INDUSTRIAS, 1933. — Memorandum sobre la propiedad minera del Chocó. Exposición preliminar. Relación de las minas tituladas en la Intendencia del Chocó, de junio de 1864 a septiembre de 1931. Principales resoluciones sobre las minas del Chocó. *Bol. Min. Petr.*, T. X, Nos. 55-60, pp. 160-376.
138. MOSQUERA, LISANDRO, 1934. — Monografía General del Chocó, *Dyna*, A. 2, N° 9, 280-291.
139. MOSQUERA M. ALEJANDRO, 1935. — Monografía del Municipio de Baudó, *Dyna*, A. 3, N° 8, 251-256.
140. MOSQUERA RIVAS, RAMÓN, 1935. — El Istmo de San Pablo, *Dyna*, A. 3, Nos. 9/10. 295-299.
141. MOSQUERA RIVAS, RAMÓN, 1937. — Informe científico sobre la región Quibdó-Buenaventura, *Min.* N° 58, 4550-4565.
142. MOSQUERA R. Y ARRIAGA C., 1935. — Informe científico sobre la región Quibdó-Buenaventura, *Dyna* A. 2, N° 9, 310-328.
143. NELSON, WOLFGANG, 1954. — Informe 1051. Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental. Sección carretera Cali-Buenaventura.
144. NELSON, H. W., 1957. — Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali. *Leidsche Geologische Mededelingen*, Deel 22, pp. 1-76.

145. NICHOLAS, FRANCIS C., 1897. — Exploration in the Gold Fields of Western-Colombia. *Sch. Mines Quart.*, vol. 4, N° 18, pp. 259-265.
146. NICHOLAS, FRANCIS C., 1898. — An outline of the Gold Fields in Colombia, South America. *Eng. Min. Journ.* 69, 520-521.
147. NIETO, MANUEL J., 1921. — Informe 274. Exploraciones sobre la región del Chocó.
148. NYGREN, W. E., 1950. — The Bolívar Geosyncline of North Western South America. *Bull. American Association of Petr. Geol.* 34, pp. 1998-2006.
149. O., A., 1930. — El canal interoceánico por el Atrato. *Anal. Ing.* 38, N° 451, 337-342.
150. OINOMIKADO, TUNETERU, 1939. — Miocene Mollusca from the Neighbourhood of Cucurupí. Department of Chocó, Colombia. *Jour. Geol., Soc. of Japan.* 46, N° 555. 103-116. Lam.
151. OLSSON, AXEL A., 1942. — Tertiary deposits of Northwestern South America and Panama. *Eighth American Scientific Congr. Proc.* 4 (Geol. Sciences), 231-287.
152. OLSSON, AXEL A., 1942. — Some Tectonic interpretation of the Geology of Northwestern South America. *Eighth American Scientific Congr. Proc.* 4 (Geological Sciences), 231-287, 401-416, fig.
153. OLSSON, AXEL A., 1942. — Tertiary Deposits of Northwestern South America and Panama. *Eighth American Scientific Congr. Proc.*, Washington 4, 231-287.
154. OLLSON, A. A., 1956. — *Handbook of South American Geology*, Chapter Colombia. Geol. Soc. Amer., Memoir 65, pp. 297-315.
155. O'NEILL, PATRICK H., 1956. — Platinum Mining in Colombia, S. A., *Min. Eng.* 8, N° 5, may., 496-500, fotos.
156. OPPENHEIM, V., 1949. — Geología de la costa sur del Pacífico de Colombia. *Bol. Instit. Geofísico de los Andes*, I, pp. 1-23.
157. OPPENHEIM, V., 1952. — The Structure of Colombia. *Trans. Americ. Geophysical Union* 30, pp. 739-748.
158. ORTIZ MORALES DANIEL, 1934. — La Intendencia del Chocó. *Bol. Soc. Geog. Col.* A. 1, N° 3, 225-238.
159. OSPINA, TULIO, 1911. — *Reseña sobre la geología de Colombia y especialmente del antiguo Departamento de Antioquia*. Impr. La Organización, Medellín. Reeditada en 1939. Tipografía Sonsón, Medellín.
160. OSSA, PEREGRINO, 1935. — Canales interoceánicos en el territorio de Colombia entre el Atlántico y Pacífico. *Anales Ing.*, vol. 43, N° 496, pp. 190-193.
161. OSSA V., PEREGRINO, 1941. — Canal interoceánico por el Atrato. *Anal. Ing.* 49, N° 562, 691-692.
162. OSSA, PEREGRINO, 1950. — La minería en Colombia. Breve reseña histórica. *Rev. Acad. Cienc. Ext. Fis. Nat.*, vol. 8, N° 29, pp. 104-108.
163. OVALLE, J., 1920. — Platinum in Colombia. *Eng. Min. Journ.*, 110, N° 19, nov., pp. 907-908.
164. PEREIRA GAMBA, FORTUNATO, 1901. — *Riqueza Minera de la República de Colombia*.
165. PÉREZ DE BARRADAS, JOSÉ, 1954. — *Orfebrería prehispánica de Colombia*, Estilo Calima. Vols. I-II-XVI. Banco de la Rep.
166. POSADA, JUAN DE LA CRUZ, 1930. — Datos sobre el platino. *Bol. Min. Petr.*, tomo III, N° 17, pp. 413-418.
167. POWELL, A. R., 1953. — The Platinum Metals. *Nat.* 172, N° 4381, pp. 700-701.
168. RAMÍREZ HORACIO, 1934. — Proyecto del canal interoceánico por el Napipí y el Truandó. *Dyna* A. 4, N° 9, 291-296.
169. RESTREPO, ALONSO, 1954. — Informe 995. Exploración del río Tarena, Mpio. de Tadó, Depto. del Chocó.
170. RESTREPO, ALONSO, 1954. — Informe 447. Contribución al estudio de los yacimientos primarios del platino del Condoto (Chocó).

171. RESTREPO, ALONSO, 1954. — Informe sobre Condoto. Informe 9 pp., 1 mapa.
172. RESTREPO, ALONSO, 1956. — Monografía de los aluviones auroplatiníferos del río Quito, situado en el distrito de Quibdó. Informe 5 pp., 1 mapa.
173. RESTREPO, ALONSO, 1957. — Monografía Minera de los ríos Bebaramá y Bebará. Inf. 17 pp., 1 mapa.
174. RESTREPO, VICENTE, 1888. — *Estudio sobre "Las minas de oro y plata de Colombia"*. Imprenta de Silvestre y Cia., Bogotá.
175. RIGWAY, ROBERT M., 1935. — Producción de oro en Colombia desde los tiempos de la Conquista. *Anal. Ing.* 43, N° 496, pp. 226-227.
176. RIVET, P., 1924. — L'Orfèvrerie Colombienne. *21st Intern. Congr. of Americanists Proc.*, 1ª parte, 17-28. Mapa.
177. RIVET, P., 1943. — Metalurgia del platino en la América Precolombiana. *Rev. Inst. Etnol. Nal.* 1, Ent. 1ª, pp. 39-45. Bogotá, Min. de Educ.
178. RIVET, P., y ARSANDAUX, H., 1946. — *La métallurgie en Amérique précolombienne*. Institute d'Ethnologie, Paris, 254 pp., Paris.
179. ROYO Y GÓMEZ JOSÉ, 1946. — Informe 657. Historia de los estudios geológicos de Antioquia.
180. ROYO Y GÓMEZ, JOSÉ, 1948. — Informe 639. "Bibliografía geológica, geográfica y minera de Colombia". Publicado: *Comp. Est. Geol. Of. en Col.*, T. VI, Anexo II, págs. 3-123.
181. ROYO Y GÓMEZ, JOSÉ, 1948. — Informe 665. Datos geológicos de la carretera al mar, Cali-Buenaventura, Depto del Valle.
182. ROYO Y GÓMEZ, JOSÉ, 1950. — Informe 741. Adiciones y correcciones a la bibliografía geológica, geográfica y minera de Colombia. Publicado: *Comp. Est. Geol. Of. de Col.*, T. VIII, págs. 313-344.
183. SARMIENTO, ALBERTO, 1946. — Informe 526. Comisión al Hospital de Istmina, Chocó.
184. SARMIENTO, ROBERTO, 1950. — Informe 701. Bosquejo de la geología del petróleo en Colombia.
185. SARMIENTO, ROBERTO, 1949. — Informe 673. Geological outline of some of the Colombian Oilfields.
186. SCHEIBE, ROBERT, 1921. — La minería en Colombia. Publicado en 1931 en *Bol. Min. Petr.*, Nos. 28-30, págs. 74-90.
187. SCHEIBE, ROBERT, 1931. — Informe preliminar rendido en 1919 por el doctor Roberto Scheibe sobre los resultados del trabajo de la Comisión Nacional en Antioquia. *Bol. Min. Petr.*, T. 6, Nos. 31-33, pp. 67-112. Reimpreso con el título: "Informe sobre los resultados del trabajo de la Comisión Científica Nacional en Antioquia, en 1934". *Comp. Est. Geol. Ofic. Colom.*, T. I, págs. 97-167; y reimpr. en 1937 en *Minería*, A. 6, N° 65, págs. 5099-5132, Croquis geol.
188. SCHMIDT, R. D., 1952. — Die Niederschlagsverteilung im andinen Kolumbien. *Bonner Geographische Abhandl.* 9, pp. 99-119.
189. SCHUCHERT, CH., 1937. — Historical Geology of the Antillean Caribbean Region. *Bol. de Petróleos*, N° 97-102, págs. 264-354.
190. SCHUCHERT, CH., 1935. — *Historical Geology of the Antillean Caribbean Region*. Wiley, N. Y., pp. 556-591.
191. SELFRIDGE, TH. J., 1874. — Reports of explorations and surveys to ascertain the practicability of a ship canal between the Atlantic and Pacific Oceans by way of the Isthmus of Darien. Washington, 1874.
192. SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL, 1949. — Informe 709. — Contribución al estudio de la riqueza mineral de Colombia.
193. SINGEWALD, QUENTIN. — Mineral Resources of Colombia. *Geological Survey Bul.* N° 964-B. Government Printing Office, Wash., pp. 52-204.

194. STUTZER O. Y HUBACH, E., 1925. — Informe 389. Acerca de la geología de la Cordillera Occidental entre Cali y Buenaventura. Publicado: *Comp. Est. Geol. Of. en Colom.*, T. II, págs. 39-52 de 1934.
195. SUÁREZ HOYOS, VICENTE, 1950. — Informe 804. Informe sobre la visita a los Laboratorios de Quibdó e Ibagué y la Planta Metalúrgica de Medellín.
196. TERRY, ROBERT, 1956. — A geological reconnaissance of Panama. California Academy, San Francisco. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, N° XXIII.
197. TRAUTWINE, JOH., 1854. — Rough notes of an Exploration for an Inter-Oceanic Canal Route by way of the Rivers Atrato and San Juan, in New Granada, S. A. *Jour. Franklin Inst.*
198. TROLL, C., 1930. — Die geologische Verkettung Süd-und Mittelamerikas. *Mitt. Geogr. Ges.*, München, 23; 1.
199. TROLL, CARL, 1930. — Kolumbien (*Handbuch der Geogr. Wissensch.*). Tomo: Süd-Amerika. Akadem. Verlagsgesellsch. Atenaion, Potsdam.
200. VALENCIA, MARINO, 1935. — Riqueza aurífera y platinífera del Municipio de Tadó (Chocó), *Anal. Ing.* 43, N° 491. mayo, pp. 294-298.
201. VILLEGAS, ALBERTO, 1929. — *Explotación del platino*. Tesis de grado en la Escuela Nacional de Minas. Medellín.
202. WEST ROBERT, C., 1952. — Colonial Placer Mining in Colombia. Louisiana State University. *Studies Social Science Series*. 158 pp. Baton Rouge. Louisiana State University Press, y Edwards Brothers. Inc. Ann. Arbor. 159 pp., mapas, plats.
203. WEST ROBERT, C., 1952. — Geographical Factors involved in Colonial Gold and Platinum Mining in Colombia. Monthly Research Report of the Office of Naval Research Wash., p. 25-30.
204. WEST ROBERT C., 1952. — Folk mining in Colombia. *Economic Geography*, vol. 28, N° 4, pp. 322-330. Wash.
205. WEST ROBERT, C., 1956. — Mangrove swamps of the Pacific Coast of Colombia. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 46. N° 1, pp. 99-121, fig.
206. WHITE, ROBERTO BLAKE, 1897. — Gold and Platinum at Nóvita Vieja. *Eng. Min. Journ*, vol. 63, p. 189.
207. WHITE URIBE, H. E., 1930. — Cuadro que indica las cantidades de platino explotado y exportado en la Intendencia Nacional del Chocó, desde 1922 a 1929. *Bol. Min. Petr.*, T. III, N° 14, p. 124.
208. WHITE URIBE, H. E., 1930. — Datos sobre el platino. *Bol. Min. Petr.*, T. III, N° 17, pp. 413-418.
209. WHITE URIBE, H. E., 1930. — Informe del Jefe de la Comisión Minera del Chocó sobre el ejercicio del derecho de mazamorreo. *Bol. Min. Petr.*, T. IV, N° 18-19, pp. 8-13.
210. WHITE URIBE, H. E., 1930. — Resumen del movimiento de explotación y exportación de la Compañía Chocó-Pacífico durante los años de 1922 a junio de 1929. *Bol. Min. Petr.* t. IV, N° 18-19, p. 148.
211. WHITE URIBE, H. E., 1930. — Datos sobre las dragas que trabajan en el río Condoto, de la Intendencia del Chocó. *Bol. Min. Petr.*, T. IV, N° 18-19, p. 149.
212. WHITE URIBE, H. E., 1930. — Apuntamientos sobre la Intendencia Nacional del Chocó y sobre el Municipio de Urrao, Antioquia. *Bol. Min. Petr.*, t. IV, N° 21/22, 211-304.
213. WHITE URIBE, H. E. Y VILLA S., JORGE. 1930. — Redención de minas en la Intendencia del Chocó. *Bol. Min. Petr.* N° 21/22, 305-327.
214. WHITE URIBE, H. E., 1940. — Sobre el origen del platino. *Minería*. Nos. 101/102, noviembre-diciembre, pp. 8542-8543.
215. WILHELMY, H., 1953. — Die pazifische Küstenebene Kolumbiens. *Abhandl. d. Deutsche Geographentages*, Essen, pp. 96-100.

216. WOKITTEL, ROBERTO, 1934. — Un perfil por la vertiente occidental de la Cordillera Occidental del Chocó. *Minería*, N° 28, 1888-1890. Perf.
217. WOKITTEL, ROBERTO, 1934. — Bibliografía sobre la minería y geología del Chocó. *Minería*, N° 28, 1890-1893.
218. WOKITTEL, ROBERTO, 1934. — Apuntes sobre el platino. *Minería*, Año 3, N° 28, octubre, 1876-1883, fig.
219. WOKITTEL, ROBERTO, 1938. — Ueber Lagerstätten und Bergbau Kolumbiens. *Metal und Erz.*, vol. 35, N° 6, Marz., 137-142, Map.
220. WOKITTEL, ROBERTO, 1954. — Informe 1025. Informe preliminar sobre los yacimientos de minerales del Municipio de Urrao, Departamento de Antioquia.
221. WOKITTEL, ROBERTO, 1954. — Informe 1055. Yacimientos de minerales del Morro de Urrao, Departamento de Antioquia.
222. WOKITTEL, ROBERTO, 1958. — Informe 1275. Geología Económica del Chocó.
223. WYSE, L., 1877. — *Canal Interoceánico*, París, 1877.
224. WYSE, L., 1886. — *Le canal de Panama*. Librairie Hachette et Cie., Paris, 396 pp., mapas, planos, fotos.
225. WYSE, L., 1891. — *Canal Interocéanique de Panama*, Mission de 1890-1891 en Colombie, Paris.
226. WYSE, L., 1895. — Canal Interocéanique. International Rail-way Commission, vol. II, 1891-93. Washington.
227. ZAPATA, NELSON, 1940. — La minería en el Chocó. *Minería*, N° 91/92, 7855-7863.

Manuscrito entregado en marzo de 1958.

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PRELIMINAR DEL NORTE  
DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA, CON SUGERENCIAS  
PARA ESTUDIOS DEFINITIVOS  
(con 1 mapa)**

POR  
**JAIME LOPEZ CASAS**  
**HIDROGEOLOGO**

---

INFORME No. 1306

---

## CONTENIDO:

Introducción ... ..	167
Area cubierta por el estudio y rasgos geográficos generales	169
Geología y estratigrafía ... ..	172
Hidrogeología ... ..	177
Hidroquímica ... ..	178
Algunas ideas sobre un plan de exploración de aguas subterráneas en el norte del Departamento del Huila ... ..	179
Conclusiones y sugerencias ... ..	180
Bibliografía ... ..	181

## INTRODUCCION

*Atendiendo una solicitud de la Secretaría de Agricultura del Departamento del Huila, el Ministerio de Minas y Petróleos ordenó, por Resolución número 1132, de octubre de 1958, una comisión de estudios preliminares hidrogeológicos con el fin de señalar las regiones de ese Departamento que deben ser estudiadas posteriormente con más detalle.*

*El estudio de terreno se efectuó entre el 20 y el 26 de octubre cubriendo la parte septentrional del Departamento, según los planes del Gobierno Departamental. Se recorrieron las principales vías de comunicación de esa región haciendo observaciones morfológicas y geológicas, a la vez que inventariando todos los aljibes de la región y colectando muestras litológicas y de aguas para análisis químicos.*

*La Sección de Hidrogeología a principios de 1954 había rendido el Informe N° 996 "Estudios de aguas subterráneas en algunas regiones del Departamento del Huila", que corresponde a estudios efectuados en la región sur del Departamento. El presente Informe, que tiene un carácter distinto, tiende a completar las informaciones generales que allí se consignan, pero plantea un programa de investigación detallada mediante perforaciones que permitan definir las posibilidades reales del Departamento en aguas del subsuelo.*

*Para la elaboración del presente Informe se ha estudiado la literatura geológica existente y que pudiera aportar algún dato al planeamiento de estudios hidrogeológicos en el Huila. El mapa geológico adjunto ha sido tomado del Mapa Fotogeológico de la República, planchas M-8, M-9 y N-8 elaboradas por el geólogo Jaime Torres y que será publicado por la Sección de Fotogeología del Servicio Geológico Nacional. Este mapa ha sido especialmente adaptado y adicionado con las observaciones de campo de tal manera que sea fácilmente aplicable a los propósitos del estudio.*

*Dejamos constancia expresa de nuestro agradecimiento al Gobernador del Departamento del Huila, doctor Felio Andrade, y a su Secretario de Agricultura, doctor Rafael Cuéllar Lara, por el interés que prestaron a la Comisión, y al doctor Rafael Pizarro, Ingeniero de Irrigación de la Secretaría de Agricultura, quien con toda diligencia y efectividad nos acompañó y colaboró durante las labores de campo.*

## AREA CUBIERTA POR EL ESTUDIO Y RASGOS GEOGRAFICOS GENERALES

En desarrollo del programa elaborado en asocio del señor Gobernador y del Secretario de Agricultura, se recorrieron las siguientes zonas: Neiva, Campoalegre, El Hobo, Gigante, Garzón; Neiva, Rivera, Caguán; Neiva, Tello, Baraya, Villavieja, Potosí; Neiva, Aipe; Neiva, Palermo; Neiva, San Jerónimo; Neiva, San Antonio.

Previo el conocimiento de la geología pre-terciaria, para este estudio se dio preferencia a los valles, las terrazas y los afloramientos de las rocas del Terciario Superior, puesto que ellos conforman la región de mejores perspectivas y a la vez de mayor necesidad de aguas subterráneas.

El valle propio del Magdalena se puede considerar como angosto y en ningún sitio alcanza a tener 10 km. de ancho. Tanto al norte de Fortalecillas como al SW de Campoalegre el valle se angosta notablemente y el río Magdalena corta a través de rocas terciarias. La mayor anchura en este sector se puede considerar a la altura de Rivera; al N de Neiva, especialmente en la región de Tello - Villavieja, las bandas del río están constituídas por rocas estratificadas, con sólo unas escasas terrazas cuaternarias residuales.

La topografía es en general la de terrazas aluviales o cortadas en roca; contra la cordillera de conos de deyección o acumulaciones de material de acarreo. Suficientes corrientes superficiales cortan la topografía en dirección al río y por lo tanto la topografía puede tacharse de quebrada, abundando las exposiciones de cortes que señalan el material que forma las terrazas, bien que se trate de material aluvial o rocas litificadas del terciario. Sin embargo, estos cortes no alcanzan alturas mayores de los 25 m., el mayor que vimos fue el de la terraza de altura media al E de Neiva. En este sector del Departamento los ríos mayores son escasos, y sus valles sólo se pueden considerar amplios en las inmediaciones de sus desembocaduras. Al N de Palermo el río Tune, afluente del río Baché, tiene un valle de alguna amplitud, pero seguramente poco profundo en material aluvial.

La vegetación es en general pobre, pues se trata de arbustos de escasa elevación y propio de un suelo seco fácilmente erosionable por la calidad areno-arcillosa poco coherente de las rocas que lo componen. Sin embargo, los suelos, desde un punto de vista de su composición, no pueden ser pobres, dado que las rocas madres son rocas cristalinas ricas en minerales aunque de carácter ácido. Pero las condiciones climáticas en general no han permitido la formación de una auténtica capa de suelo. Las causas principales de esto están en la escasez de las lluvias y su carácter torrencial sobre un suelo de rocas poco coherentes a la vez que de rápida infiltración profunda, pues las terrazas están tan cortadas que los niveles

freáticos se mantienen bajos. En estas condiciones en general la zona A del suelo está ausente, y predomina la zona B, aunque con frecuencia se presentan las rocas más o menos frescas. Especialmente en los valles y en las terrazas bajas los suelos son feraces, y allí se cultiva arroz, pastos para engorde y productos agrícolas propios del clima.

El clima de la región estudiada se puede considerar como ardiente tropical. La temperatura media anual se puede calcular en unos 27°. Los récords de precipitación pluvial son muy deficientes tanto por su duración como por lo incompletos. En general se puede considerar que la pre-

D A T O S   P L U V I O M E T R I C O S  
N E I V A

	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943
Enero . . . . .	—	146.0	192.6	42.9	42.2	39.6	227.3
Febrero . . . . .	—	0.0	0.0	71.5	105.0	69.6	88.3
Marzo . . . . .	—	—	31.3	20.6	164.5	76.0	328.0
Abril . . . . .	—	—	9.0	94.1	69.3	168.7	126.7
Mayo . . . . .	—	157.0	0.0	98.3	33.0	83.6	12.7
Junio . . . . .	—	0.0	1.6	1.3	9.6	68.9	69.2
Julio . . . . .	0.0	0.0	3.0	7.5	4.8	5.9	17.7
Agosto . . . . .	19.0	65.0	2.0	19.0	71.4	11.4	—
Septiembre . . . . .	158.0	0.0	—	19.6	20.3	31.5	15.5
Octubre . . . . .	71.6	112.8	—	142.7	144.0	201.2	209.1
Noviembre . . . . .	222.9	50.7	—	144.1	94.1	278.3	135.0
Diciembre . . . . .	233.3	93.0	—	94.5	77.6	1,232.3	172.0
En el año . . . . .	704.8	624.5	239.5	756.1	835.8	1,232.3	1,401.5

D A T O S   P L U V I O M E T R I C O S  
N E I V A

	1944	1945	1948	1952	1953	1954	1955	1956
Enero . . . . .	165.0	—	—	—	—	—	—	—
Febrero . . . . .	132.1	—	—	—	—	—	—	—
Marzo . . . . .	134.0	—	—	—	—	—	—	—
Abril . . . . .	101.3	—	—	—	—	—	—	—
Mayo . . . . .	170.9	—	—	—	—	—	—	—
Junio . . . . .	43.1	—	—	—	—	—	—	—
Julio . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Agosto . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Septiembre . . . . .	—	128.7	—	—	—	—	—	—
Octubre . . . . .	—	192.4	—	—	—	—	—	—
Noviembre . . . . .	—	160.0	—	—	—	—	—	—
Diciembre . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
En el año . . . . .	776.4	481.1	37.6	682.5	1,199.0	1,278.0	753.6	1,604

NOTA. Estos datos fueron tomados del Anuario Meteorológico, Departamento de Irrigación, Sección de Meteorología y Aforos, Ministerio de la Economía Nacional. Ministerio de Agricultura, División de Investigación, Sección de Clima e Ingeniería Agrícola. Anuario General de Estadística, Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

## DATOS PLUVIOMETRICOS

## GIGANTE

## GARZON

	1937	1938	1939	1940	1941	1949
Enero . . . . .	113.5	210.0	21.0	—	133.0	—
Febrero . . . . .	—	135.0	199.0	41.0	31.0	42.5
Marzo . . . . .	—	135.0	135.0	14.0	57.0	138.0
Abril . . . . .	—	204.0	204.0	85.0	—	103.5
Mayo . . . . .	—	11.0	130.9	185.0	—	74.0
Junio . . . . .	—	54.0	199.0	72.0	—	86.5
Julio . . . . .	113.5	64.0	113.3	92.0	—	34.0
Agosto . . . . .	113.5	6.0	134.0	105.0	0.0	95.0
Septiembre . . . . .	68.8	—	255.0	44.0	0.0	30.0
Octubre . . . . .	185.0	106.0	145.0	43.0	—	43.0
Noviembre . . . . .	209.0	167.5	136.0	158.0	—	90.0
Diciembre . . . . .	185.0	167.0	165.0	84.0	—	5.0
En el año . . . . .	874.8	1.259.5	1.857.2	923.0	221.0	741.5

## DATOS PLUVIOMETRICOS

## GARZON

## ALTAMIRA

	1950	1951	1952	1937	1951	1952
Enero . . . . .	—	—	—	—	—	—
Febrero . . . . .	—	—	—	—	—	—
Marzo . . . . .	—	—	—	—	—	—
Abril . . . . .	—	—	—	—	—	—
Mayo . . . . .	—	73.0	—	—	—	—
Junio . . . . .	—	66.0	—	—	—	—
Julio . . . . .	—	185.0	—	—	—	—
Agosto . . . . .	—	35.5	—	—	—	—
Septiembre . . . . .	—	43.0	—	—	—	—
Octubre . . . . .	—	66.5	—	—	—	—
Noviembre . . . . .	—	22.5	—	—	—	—
Diciembre . . . . .	—	27.0	—	—	—	—
En el año . . . . .	161.9	518.5	527.6	62.0	1.197.4	326.0

## DATOS PLUVIOMETRICOS

## YAGUARÁ

## PITALITO

	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1937	1946	1948
Enero . . . . .	—	242.0	—	73.9	95.7	76.0	—	—	—
Febrero . . . . .	—	415.1	61.1	168.0	96.0	140.4	—	—	—
Marzo . . . . .	—	233.2	311.8	102.4	213.8	114.8	—	—	—
Abril . . . . .	—	292.3	100.4	171.4	128.7	75.8	—	—	—
Mayo . . . . .	—	39.2	55.8	39.3	43.8	157.3	—	—	—
Junio . . . . .	—	50.4	0.0	0.0	0.0	125.5	—	—	—
Julio . . . . .	5.0	13.0	10.0	0.0	17.5	0.0	—	—	—
Agosto . . . . .	12.7	46.0	0.0	32.6	7.0	0.0	—	—	—
Septiembre . . . . .	52.2	13.0	17.0	32.9	26.6	61.0	—	—	—
Octubre . . . . .	78.5	288.7	233.5	157.4	66.1	348.8	—	—	—
Noviembre . . . . .	114.2	241.6	212.0	271.7	81.0	267.7	—	—	—
Diciembre . . . . .	177.0	106.4	76.5	222.5	151.0	—	—	—	—
En el año . . . . .	439.6	1.980.9	1.078.1	2.172.1	927.2	1.367.3	57.1	1.357.1	444.0

NOTA. Estos datos fueron tomados del Anuario Meteorológico, Departamento de Irrigación, Sección de Meteorología y Aforos, Ministerio de la Economía Nacional, Ministerio de Agricultura, División de Investigación, Sección de Clima e Ingeniería Agrícola, Anuario General de Estadística, Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

## DATOS PLUVIOMETRICOS

## SAN AGUSTIN

## CAMPOALEGRE

	1946	1947	1948	1952	1953	1954	1955	1956	1942	1943	1944
Enero . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	37.2	227.7	90.5
Febrero . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	174.8	143.1	72.0
Marzo . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	62.8	137.9	109.0
Abril . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	80.0	138.2	112.5
Mayo . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	41.5	22.8	22.4
Junio . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	38.5	11.7	50.5
Julio . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	16.1	13.0
Agosto . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	10.0	0.0	13.5
Septiembre . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	38.0	7.5	—
Octubre . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	139.9	112.0	—
Noviembre . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	135.1	99.0	—
Diciembre . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	242.1	125.5	—
En el año . . . .	774.5	341.5	1.130.5	476.8	1.266.0	1.265.5	838.9	1.361.6	1.004.9	1.041.5	543.4

NOTA. Estos datos fueron tomados del Anuario Meteorológico, Departamento de Irrigación, Sección de Meteorología y Aforos, Ministerio de la Economía Nacional, Ministerio de Agricultura, División de Investigación, Sección de Clima e Ingeniería Agrícola. Anuario General de Estadística, Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

cipitación media anual fluctúa para esta región entre 1.000 y 1.200 mm, pero por tratarse de un valle, en relación a su abasto de agua tanto superficial como subterránea debe tenerse en cuenta que la hoya que lo nutre tiene sobre la ladera occidental de la cordillera lugares que se acercan a los 2.000 mm. por año. El único rasgo pluviométrico bien definido es el de las lluvias abundantes en los meses de octubre, noviembre y diciembre; hacia marzo, abril y mayo parece haber otro período de lluvias pero de menor intensidad. Los cuadros pluviométricos adjuntos a este informe ilustran hasta donde es posible estos fenómenos. Nos resta señalar que al parecer la mayoría de las lluvias son de carácter torrencial, lo cual favorece el descargue superficial rápido de ellas. La ausencia de vegetación y el mismo estado de erosión del suelo favorecen una evaporación fuerte, pero no hay datos que permitan hacer un cálculo aproximado de ella. Según parece los vientos predominantes son en dirección SE, S y SW.

### Geología y estratigrafía.

La morfología del valle del río Magdalena en el sector estudiado, terrazas escalonadas cortadas de uno y otro lado por las corrientes superficiales, así como los mismos afloramientos de rocas Terciarias que corta el río, está señalando que regionalmente se está operando una labor de denudación más bien que de sedimentación. La existencia de terrazas señalan que no fue esta la situación en otras épocas; fue entonces cuando el río amplió su valle hacia el Oriente acumulando gravas, arenas y no pocas arcillas erodadas de las rocas Terciarias, Cretáceas y cristalinas, con alguna contribución de materiales volcánicos eruptados en la Cordillera Central. Sin embargo, la actividad orogénica y tectónica en el S de Colombia sólo ha tenido cortas interrupciones, y por esto los depósitos Cuaternarios, aun los recientes, son de poca magnitud. Los ríos han cortado sus propias terrazas y en no pocos lugares las han hecho desaparecer

por completo. Sin embargo, esta actividad tectónica se intensificó después del Terciario, pues en épocas anteriores permitió la formación de espesores de sedimentos Cretáceos y aun Terciarios de varios miles de metros.

Para cumplir los propósitos de este estudio creemos importante estudiar la estratigrafía y litología de las terrazas y de los estratos terciarios superiores. El estudio de afloramientos de estos sedimentos se hizo con algún detenimiento, y para las rocas más antiguas se limitó al estudio apreciativo de conjunto. En la discusión sobre la hidrogeología expondremos las razones de esto.

### *Cuaternario.*

Terrazas de altura media, terrazas bajas, conos de deyección y aluviones por donde actualmente corre el río.

Las terrazas están bien definidas por su elevación topográfica. Algunas sólo existen como remanentes de mantos cuya extensión lateral debe haber sido mucho mayor. El aluvial influenciado por el actual cauce del Magdalena y todas las corrientes mayores de la zona, forma en realidad el primer escalón, posiblemente éste no tenga un espesor mayor de 10 m.; luégo se presentan las terrazas bajas, que tienen una altura promedio de unos 25 hasta 30 m., y las terrazas de altura media pueden alcanzar hasta 80 m. de altura sobre el actual cauce del Magdalena. Los conos de deyección como sobre el que asienta Rivera, puede presentarse a alturas superiores a los 100 m. sobre el río.

La composición de las terrazas es similar. Se trata de arenas de diversos diámetros frecuentemente mezcladas con arcillas, conteniendo algunos cantos angulares o semi-angulares de tamaños que alcanzan hasta el metro de diámetro y con abundantes gravas de tamaño medio a fino. Pero de vez en cuando estos materiales se ordenan formando lentes de arena o gravas; este hecho se puede observar a la salida de Neiva, al pasar el puente sobre el río Loro, donde claramente se observa una lente de gravas de tamaño mediano muy parejas y bien redondeadas, en asocio de lentes de arenas grises de tamaño medio hasta grueso, capas éstas de muy buena permeabilidad.

Del lado W de la carretera, sobre el cauce de la quebrada El Piñal, se puede examinar un corte que deja ver bloques y cantos rodados de material ígneo en gredas arenosas en espesor de un metro; por debajo siguen 2.5 m. de las mismas gredas pero con cascajo mediano de rocas cristalinas en descomposición; luégo el corte muestra gredas rojizas con cantos hasta desaparecer cubierto. Este corte tiene unos 6 m. de alto y muestra lo heterogéneo del material que compone las terrazas, lo cual es reflejo de la intensa historia tectónica del valle. Las terrazas de altura mediana son las que mejor reflejan estas condiciones, pero las terrazas de altura baja parecen representar condiciones geológicas más tranquilas y estables, por lo cual alcanzaron a desarrollar depósitos lenticulares de gravas medias redondeadas y de arenas gruesas hasta medianas. Los conos de deyección se presentan contra la cordillera, y su mayor importancia radica en ser zonas de captación de agua. Su sedimentación debe ser muy parecida a la de las terrazas altas, que incluyen una mezcla heterogénea de arcillas, arenas, cascajos, cantos rodados y material de ladera.

Los aluviones actuales del río seguramente no son profundos pues el río está más en una edad de erosión que de sedimentación. Sin embargo, parecen ser selectivos de arenas finas hasta gravas medias en espesores hasta de 10 m.

### *Terciario.*

El Terciario, de interés a este estudio, es principalmente el Superior, y por lo tanto las otras formaciones que afloran en el norte del Huila sólo las mencionaremos someramente.

#### Terciario - Plioceno - Formación Mesa.

En el mapa geológico no está localizada esta formación quizá porque fotogeológicamente es difícil de diferenciar de las terrazas más altas y de algunas acumulaciones de material de ladera. Su composición litológica es la de brechas de rocas cristalinas principalmente ígneas ácidas, en una matriz areno-arcillosa con influencia de actividad volcánica. Entre Rivera y Campoalegre se presenta una gran cantidad de bloques de rocas ígneas muy angulares en parte, de tamaños en general medianos y que pueden ser residuos de la destrucción de esta formación. El carácter ácido de las terrazas puede estar indicando que ellas fueron formadas en parte a expensas del material que compone esta formación y que seguramente, dado su carácter, cubrió en un tiempo gran parte del valle. Más al Sur, en los Llanos de la Virgen, aún se conservan mesas sustentadas por esta formación.

#### Terciario - Mioceno Superior - Formación Honda Superior.

Esta formación es el distintivo geológico más notable de la región estudiada. Sus afloramientos son continuos y su composición litológica define el carácter erosionado, casi desértico, de buena parte del norte del Huila.

En el Venado, a unos 6 kms adelante de Neiva hacia Tello, la carretera corta las rocas del Honda exponiendo a la base unos 2.5 m. de espesor de arenas grises, de granos finos hasta medios conteniendo gravillitas y algunos cantos, todo de rocas ígneas y metamórficas; este horizonte está bien litificado; encima se encuentran unos 2 metros de arenas también grises medianas hasta gruesas, friables hasta sueltas y con gravas esparcidas en el conjunto; sobre esto descansa directamente el material de la terraza baja. A lo largo del carreteable hasta Potosí se ve claramente que los estratos del Honda Superior incluyen lentes abundantes de conglomerados de gravas medias como se ve en los cortes de la carretera entre Fortalecillas y Tello. Estas rocas del Honda Superior se pueden catalogar como blandas, y por la variedad de su composición se presenta la erosión selectiva que denota la topografía en donde el suelo está formado por estas rocas. El rumbo normal de estos estratos es N-NE y se conserva muy bien definido, no así la magnitud del buzamiento, pues se encuentran estructuras como un anticlinal muy estrecho entre Baraya y Villavieja, con buzamientos hasta de 65°. En este afloramiento las arcillas arenosas pasan hacia abajo a arenas medias más puras y más endurecidas por cementación

calcárea, las cuales gradualmente se confunden con conglomerados de gravas medias y arenas más o menos sueltas.

En la banda occidental del río los estratos del Honda Superior afloran muy bien a lo largo de la carretera a Aipe, desde el mismo puente sobre el Magdalena. Allí se confirma el carácter litológico de arenas finas arcillosas, capas de arenas más puras intercaladas, zonas delgadas de verdaderas arcillas, todo esto de color gris claro y numerosos lentes de conglomerados de gravas medias. De este lado del río se mantienen casi constantes al E entre 20 y 30°, formando una topografía muy característica. Hacia Aipe se va descendiendo por la columna estratigráfica y posiblemente la población asciende sobre estratos del Honda Medio.

En la banda norte del río Loro existen residuos de unas mesas constituidas por conglomerados blandos pero bien cementados, constituido por gravas medias en una matriz areno-arcillosa; encima se encuentran 50 cm. de arcillolitas arenosas blandas con lentes de arenas más limpias, de grano grueso hasta medio; sobre esto se presentan 4 m. de arenas de grano medio y fino que incluyen capas de arenas bien cementadas y con mantos de arcillas caoliníticas blancas y a veces caoliníticas puras. Al parecer estos estratos pertenecen a la parte baja del Honda Superior, y los horizontes caoliníticos podrían tener importancia económica por cuanto ROYO Y GÓMEZ mencionó la presencia de estratos de este tipo también en el Honda, al sur de Gigante (véase bibliografía).

#### Terciario - Mioceno Inferior - Honda Inferior.

No es fácil establecer el límite entre estas dos edades geológicas, pues el Honda Inferior también tiene horizontes de arenas arcillosas y lentes de conglomerados de gravas muy similares a los del Honda Superior, pero el conjunto es más arcilloso y hacia su parte inferior consta de verdaderas arcillas de colores violáceos y verdosos conteniendo cristales de yeso. Esta formación aflora en las estribaciones de la cordillera, al parecer discordantemente sobre la formación Gualanday.

El Grupo de Honda, parcialmente subdividido en Inferior y Superior, seguramente alcanza un espesor superior a los 1.000 m.

#### Terciario Inferior - Grupo de Gualanday.

Estos estratos compuestos de clásticos gruesos en abundantes conglomerados, están regularmente endurecidos y cementados, y dentro del área cubierta por este estudio se presentan a profundidades que no sería económico taladrar. Seguramente que el agua que pudieran contener estaría primordialmente en fisuras y agrietamientos.

#### Rocas Preterciarias.

Las rocas del Cretáceo son areniscas endurecidas, lidas, arcillolitas y calizas en espesores variables y que descansan discordantemente sobre un basamento cristalino de rocas metamórficas e ígneas, principalmente ácidas. Su interés para este estudio es muy poco. Ellas forman el marco del valle del Magdalena y definen la hoya de interés al estudio.

## ALJIBES EN EL HUILA, MEDIDOS A FINES DE OCTUBRE DE 1958

Número y localización del aljibe	Profundidad total en metros	Profundidad nivel estático del agua, metros	OBSERVACIONES
H-9. Finca Trapichito, de Leonidas Lara . . . .	11.31	10.40	A unos 6 km. al S de Neiva y a 300 m. al E de la carretera. Const. 1948, 1.5 m. de diámetro. Revestido en ladrillo.
H-10. Finca de Rafael Puentes . . . . .	7.00	6.20	A unos 10 km. al S de Neiva, al W de la carretera. Recientemente construido.
H-11. Finca de Antonio García . . . . .	4.40	3.90	Antes de cruzar la quebrada El Danzante. Tiene bomba que lo seca en media hora, a una rata de 0.31/seg. Revestido en la- drillo.
H-12. Restaurante Sui- zo . . . . .	6.30	5.97	Construido hace 6 meses. Terminado en arenas cascajosas y gredosas. Véase aná- lisis químico.
H-13. Finca de Joaquín Penagos . . . . .	6.20	4.80	A 1.5 km. al SE del Hobo, sobre carre- teable. Const. hace 3 años. Revestido en ladrillo. Se explota con motor de viento. Véase análisis.
H-14. Finca El Paso, de Gabriela Leiva vda. de Borrero . . . . .	8.33	5.10	Carreteable a Potosí. Adelante de la que- brada Tatacoa. Se explota con motor de viento para abrevaderos.
H-15. Finca San José, de Tomás García . . . .	4.75	4.45	Antes de cruzar la línea del ferrocarril. Construido en 1950. Revestido de ladrillo. Con motor de viento. Nunca se seca.
H-16. Finca de Carlos Borrero . . . . .	6.06	4.76	1 km. adelante del anterior, hacia Potosí, 1.5 m. de diámetro. Revestido y con mo- tor de viento.
H-17. Finca Casablan- ca, de Max Duque Gó- mez . . . . .	9.93	9.15	Unos 6 km. E de Neiva, hacia San Anto- nio. Revestido en ladrillo. Con motor de viento. Nunca se seca. Para uso de la casa.
H-18. Finca Casablan- ca, de Max Duque Gó- mez . . . . .	8.93	8.23	Al otro lado de la carretera. Unos 300 m. al frente del anterior. Con motor de vien- to. Para abrevaderos se bombea continuo. No se seca. Está al lado de depresión.
H-19. Finca El Madroño	13.97	12.24	Unos 7 km. al E de Neiva. Con revesti- miento y motor de viento. Se dice que a veces se seca.
H-20. Finca El Recreo, de Omar Perdomo . . . .	21.88	21.00	Unos 9 km. al E de Neiva. Sin revesti- miento. Const. 1952. Motor de viento. Agua de buena calidad.
H-21. Finca El Recreo.	5.60	4.85	Al frente del anterior, del otro lado del carreteable. Está abandonado. Tiene re- vestimiento.
H-22. Entrada a Ca- guán del Municipio . . .	12.71	8.72	Revestido en ladrillo. 1 m. de diámetro. No está en uso. Construido hace año y medio.
H-23. Plaza Principal de Aipe . . . . .	15.30	14.60	Construido hace más de 30 años. Revesti- do en ladrillo. Se usa para regar el par- que. En roca T.
H-24. Fca. Busiraco, Zo- na de Carreteras . . . .	14.24	8.44	Sobre carretera a Aipe 10 km. adelante del puente sobre el Magdalena. Reves- tido. Motor de viento. En roca T.
H-25. Finca Yarconda, de Carlos Arturo Durán	9.60		Carretera a Aipe $\pm$ 6 km. adelante del puente. Abandonado. En roca T. Const. en 1947. Aljibe seco.
H-26. Finca La Vega, de Leonidas Falla P. . .	12.00		Pozo seco. En roca, a la orilla de la ca- rretera, unos 5 km. adelante del puente.

### *Hidrogeología.*

La existencia de agua subterránea en la región a que se refiere este informe cuenta hasta ahora con evidencias muy pobres para juzgar de su verdadera magnitud. La comisión visitó numerosos aljibes que ya son una buena evidencia por lo menos de los niveles freáticos dentro de las terrazas y aun dentro de las rocas del Terciario Honda Superior. Un dato muy notable es el de un pozo perforado por Cervecería Neiva S. A. hasta 42 metros de profundidad, lo cual quiere decir que seguramente sólo comprende los sedimentos de la terraza, y que produjo 15.000 litros por hora. Desgraciadamente no son más los datos que se tienen de este pozo y se desconoce su estado actual.

A pesar de la litología muy variada y comúnmente arcillosa de las terrazas bajas, no hay duda de la existencia de permeabilidad suficiente como para establecer niveles freáticos que alimentan numerosos aljibes. La existencia de espesores de gravas y arenas de diversas granulometrías nos hace pensar que en esas terrazas existen posibilidades de aprovechar aguas subterráneas quizá en cantidades aptas para la irrigación.

Las terrazas de altura media, como se pueden ver al Este de Neiva, incluyen una mayor cantidad de cantos de rocas ígneas duras y una matriz areno-arcillosa. Sin embargo, en esas terrazas también se han encontrado niveles freáticos y aljibes como el H-18, que al parecer contiene agua en cantidad suficiente para abrevaderos y menesteres de las fincas. Los cantos de rocas duras pueden dificultar pero no imposibilitar la perforación con taladros.

Además de las variaciones tanto horizontal como vertical en las terrazas, el factor más importante es la fluctuación rápida de los niveles freáticos. Esto se debe a que las terrazas están de uno y otro lado cortadas por cañones por donde el agua subterránea escapa rápidamente. En estas condiciones es de mucha importancia tener en cuenta que es necesario perforar a través de todo el espesor de las terrazas en diámetros amplios para favorecer la entrada de un volumen de agua que justifique la construcción del pozo.

A pesar de las variaciones verticales en la permeabilidad en las terrazas, por debajo del nivel freático posiblemente haya una columna continua de agua. En todos estos sedimentos se presentan arenas finas. Ambas cosas sugieren que los pozos terminados sean construídos con un relleno artificial de gravilla especialmente calculada para detener la entrada de arenas finas en el pozo. Por esta razón los pozos deben ser perforados en diámetros no menores de 12" aunque se vayan a entubar en tubería de 4, y progresivamente más grandes que si la tubería va a tener mayor diámetro.

La casi totalidad de los aljibes observados al norte de Neiva, en ambos lados del río Magdalena, están construídos en estratos del Honda Superior. También la litología de esa formación está indicando que en ella puede circular agua subterránea en alguna cantidad. Sin embargo, el movimiento de esas aguas debe ser lento por tratarse de sedimentos de material muy fino y hasta cierto punto litificado. En estas condiciones es posible extraer agua pero en sólo casos muy raros en cantidades como para la irrigación. Estoy seguro de que pozos profundos dentro de estos

estratos darán agua en cantidad para abrevaderos, menesteres hogareños y quizá el riego de huertas. Los pozos en estos estratos deben tener un diámetro de acuerdo con lo observado durante la perforación de manera que el diámetro no vaya a exceder la cantidad de agua que se puede extraer del pozo. Aun cuando no es estrictamente necesario, el autor sería partidario de engravillar estos pozos, pues la gravilla artificial no sólo evita la entrada de arena en el agua, sino que favorece la entrada de un máximo caudal en el pozo con una velocidad mínima y, por lo tanto, le asegura una larga vida a la captación.

Por las condiciones anteriormente expuestas y las características variadas, localmente impredecibles, de los sedimentos tanto de las terrazas como del Honda Superior, creemos lo más aconsejable que en cada caso primero se construya un pozo de prueba de diámetro reducido, máximo 4", y que si el resultado llena las aspiraciones de los interesados, se pueda ampliar posteriormente para la construcción de los pozos definitivos. Seríamos partidarios de que en las terrazas esos pozos de prueba atravesasen completamente el espesor del Cuaternario o sea hasta la roca, y en la roca terciaria alcancen hasta una profundidad mínima de 150 y máxima de 200 m. Las gravas, especialmente las de rocas duras, tienden a dificultar la perforación y ponen en peligro el equipo, especialmente el rotatorio.

Las rocas del Terciario inferior se muestran más arcillosas y por lo tanto ofrecen menores perspectivas para alumbrar aguas subterráneas; por otra parte, contienen comúnmente cristales de yeso y la calidad del agua para cualquier uso puede ser inapropiada. Las rocas cretácicas y cristalinas no son permeables en sí pero pueden conducir aguas en grietas y fisuras; posiblemente esas aguas se hallen bajo presión hidrostática. Sin embargo, aflorar aguas en estas condiciones es obra de la casualidad, y la profundidad de estos estratos en las zonas irrigables así como el costo de perforarlas hace impráctico buscar agua en ellas.

### *Hidroquímica.*

Como parte del estudio se hicieron análisis químicos de muestras de agua colectadas en aljibes representativos. En general la calidad del agua es aceptable tanto para el consumo humano como para la irrigación. Se nota una cierta tendencia de las aguas a ser corrosivas, por su alto contenido de anhídrido carbónico. En dos de las muestras, H-13 y H-18, el contenido de hierro es un poco alto, pero es posible que esa condición obedezca a razones controlables. La presencia de nitratos y nitritos así como de sustancias orgánicas puede estar indicando contaminación bacteriana de los aljibes, dadas las condiciones de construcción de éstos sería raro que sus aguas no estuvieran contaminadas.

Se hace notar que el agua del aljibe de la plaza de Aipe, que, como ya dijimos, parece estar construido en estratos del Honda Inferior, tiene

ANALISIS QUIMICOS EN MUESTRAS DE AGUA DE ALGUNOS ALJIBES  
EN EL HUILA

Localidad y número	CO <sub>2</sub>	pH	Alcalinidad total CaCO <sub>3</sub> ppm.	Dureza temporal CaCO <sub>3</sub> ppm.	Dureza permanente ppm.
H-12. ± 10 km. al S. de Neiva. Restaurante Suizo . . . . .	8.80	8.10	100	100	0
H-13. Al SE de El Hobo. Finca La Chamba. El Hobo . . . . .	40.70	6.60	85	85	0
H-15. Sobre carretable a Potosí. Villavieja . . . . .	37.40	6.70	75	75	0
H-18. Carretera a San Antonio. Finca Casablanca. Neiva . . . . .	6.60	6.75	30	30	0
H-23. Aljibe de la plaza. Aipe . . . . .	20.90	7.20	205	205	0

Localidad y número	Cloruros ppm.	Hierro total ppm.	Subs. orgánicas ppm.	Nitratos ppm.	Nitritos ppm.
H-12. ± 10 km. al S. de Neiva. Restaurante Suizo . . . . .	7.10	0.100	0	Trazas	Negativo
H-13. Al SE de El Hobo. Finca La Chamba. El Hobo . . . . .	3.55	0.570	2.79	Trazas	Negativo
H-15. Sobre carretable a Potosí. Villavieja . . . . .	7.10	0.112	0	4.0	Positivo
H-18. Carretera a San Antonio. Finca Casablanca. Neiva . . . . .	3.55	0.540	0	Trazas	Negativo
H-23. Aljibe de la plaza. Aipe . . . . .	49.70	0.154	1.86	Trazas	Positivo

una calidad de agua que difiere hasta cierto punto de las aguas de los otros aljibes. Esto se debe a que los sedimentos del Honda Inferior son más arcillosos y saliníferos.

ALGUNAS IDEAS SOBRE UN PLAN  
DE EXPLORACION DE AGUAS SUBTERRANEAS  
EN EL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA

Dado el interés de la Secretaría de Agricultura y Ganadería del Departamento en la exploración de las aguas subterráneas y el resultado, si no halagüeño por lo menos sí positivo del presente estudio, y teniendo en cuenta la vital importancia que tiene el agua en este sector del Huila, creo ampliamente justificado el desarrollo de un plan de perforaciones de prueba con equipos, técnica y planeamiento apropiados no sólo para el progresivo conocimiento de los recursos de aguas subterráneas en esas regiones sino también con capacidad para terminar pozos de producción en aquellos sitios donde los pozos de prueba indiquen que es posible extraer agua en cantidad que justifique el costo del pozo.

Debido a que este plan obedece a un sistema de exploración en su etapa inicial y a que su costo no es excesivo en un plan conjunto pero podría ser gravoso a los interesados hasta el punto de poner en peligro su realización, sería aconsejable que las perforaciones de prueba fueran financiadas oficialmente ya sea con equipos propios o mediante contratos

con firmas especializadas. La terminación de los pozos para producción permanente de agua sería sufragada por los beneficiados, y mediante un sistema así organizado la Secretaría de Agricultura podría a la larga financiar sin mayor recargo para su presupuesto la exploración de todo el Departamento.

Los equipos necesarios para esta clase de trabajo deben tener las siguientes características: facilidad de transporte, si posible montados sobre camiones. Capacidad de perforación hasta 200 metros en diámetro de 12", en roca semi-dura. Mejor de percusión que de rotación, y muy conveniente sería si fueran combinados. Sería aconsejable que estén dotados de gatos hidráulicos hasta de 50 toneladas, de doble acción, tanto para colocar como para extraer la tubería de revestimiento. Deben tener tubería de revestimiento de diversos diámetros, pues esto facilita la debida colocación de los rellenos de grava.

El orden en las perforaciones de prueba con posible terminación de pozo debe ceñirse a un plan preformado de acuerdo a consideraciones del desarrollo de las zonas más importantes dentro del plan de la Secretaría de Agricultura y Ganadería. Esto sería muy importante para evitar que el trabajo exploratorio no se encaminara a suplir datos que gradualmente puedan ir siendo interpretados y correlacionados, lo cual ocurriría si el plan se viera sujeto a influencias de intereses personales.

### *Conclusiones y sugerencias.*

De las anteriores observaciones podemos concluir que:

1. En los Aluviales, los cuales tienen niveles freáticos controlados por las fluctuaciones de los ríos, se pueden extraer aguas subterráneas a distancias hasta de varios centenares de metros de las orillas de las corrientes superficiales, en buena cantidad, más de 20 litros por segundo, como de excelente calidad física y química.

2. En las terrazas bajas e intermedias se puede extraer agua subterránea mediante pozos que en general darán un rendimiento apropiado para la irrigación, de acuerdo con la capacidad de las capas acuíferas que encuentre. Los pozos de prueba en estas terrazas deben llegar hasta las rocas Terciarias antes de dar por terminada su exploración. El agua seguramente que será apropiada en calidad para la irrigación. Por la forma lenticular de las gravillas y arenas más ricas en agua, es aconsejable construir primero pozos de prueba.

3. La Formación Honda Superior contiene conglomerados y lentes de arenas medias y gruesas que seguramente contienen agua. La permeabilidad de estas rocas es mediana, pues están litificadas y contienen suficientes elementos arcillosos. Creemos que donde afloran estos estratos, especialmente al norte de Neiva, es muy necesario hacer perforaciones de ensayo, pues seguramente que se encontrará agua al menos para mantener abrevaderos y en algunos sitios para regar pequeñas huertas. El agua puede contener algo de sales disueltas pero no en cantidades nocivas a la salud o a la irrigación. Una perforación de prueba dentro del Honda Superior debe llevarse hasta una profundidad de unos 200 m.

4. Para el desarrollo de las zonas más extensas del norte del Departamento, comprendidas bajo las condiciones de los puntos 2 y 4 de estas conclusiones, es muy aconsejable que el Departamento financie un programa de perforaciones de prueba, según un plan técnico que permita aprovechar los pozos que demuestren justificada razón de ello. Este programa se podría desarrollar bien con equipos oficiales o bien por contrato con alguna compañía especializada en este tipo de trabajos. En cualquier caso el programa debe considerar la terminación de pozos para producción continua y así se podría financiar el costo del programa investigativo global.

Bogotá, noviembre 27 de 1958.

#### BIBLIOGRAFIA

DIEZEMANN, W., y LÓPEZ CASAS, J., 1954. — *Estudio de aguas subterráneas en algunas regiones del Departamento del Huila*. Inf. N° 996, Inst. Geol. Nal. Inédito.

ROYO Y GÓMEZ, JOSÉ, 1942. — *Contribución al conocimiento de la Geología del Valle Superior del Magdalena (Departamento del Huila)*. Comp. Est. Geol. Of. Colombia. Tomo V, pp. 261-318. Informe número 329, Serv. Geol. Nal.

Manuscrito entregado en noviembre de 1958.

# HUILA

## MAPA GEOLOGICO PARCIAL

ADAPTADO AL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL VALLE  
DEL RIO MAGDALENA EN EL NORTE DEL DEPARTAMENTO

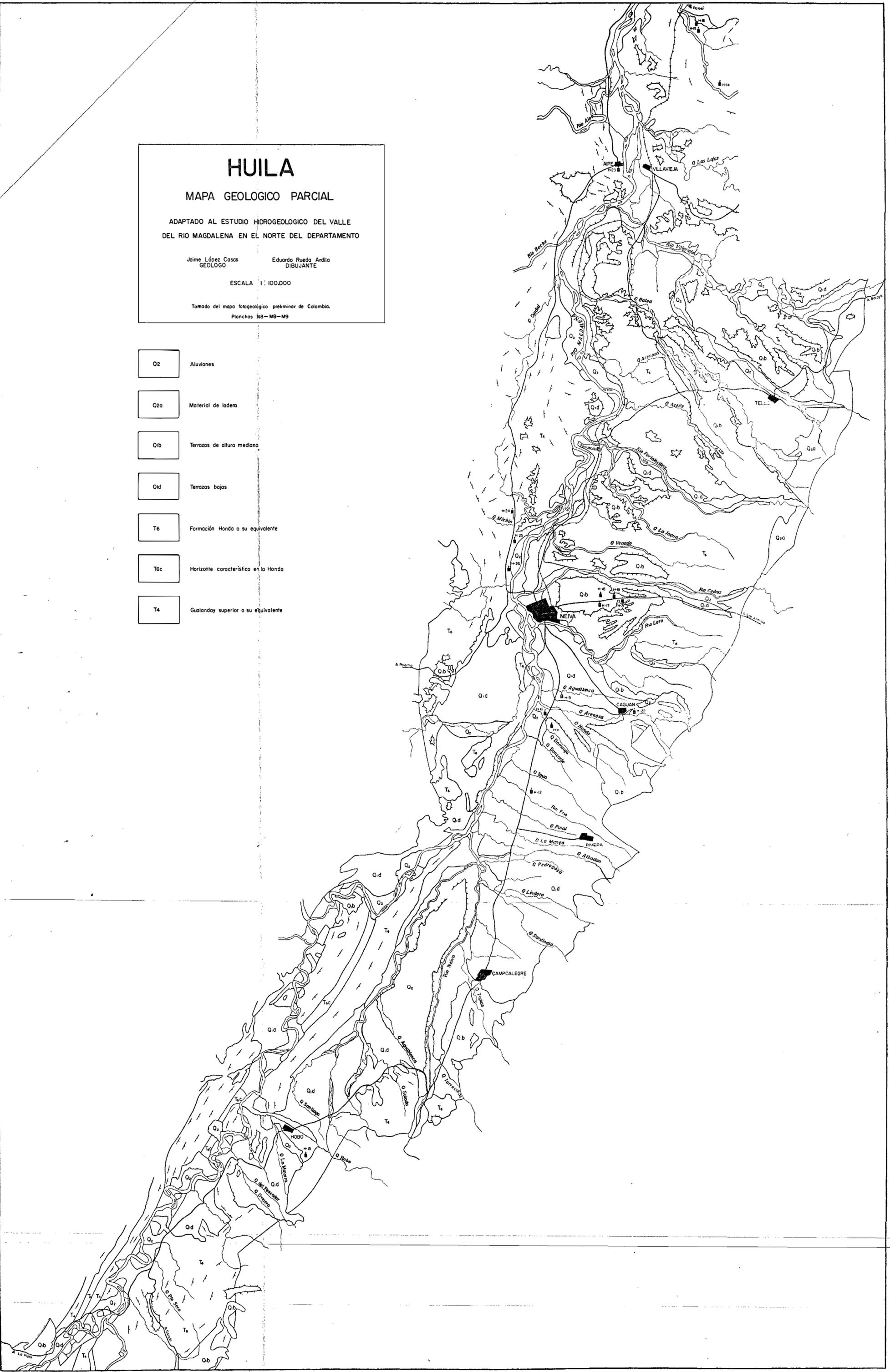
Jaime López Casas  
GEOLOGO

Eduardo Rueda Ardila  
DIBUJANTE

ESCALA 1:100.000

Tomado del mapa fotogeológico preliminar de Colombia.  
Planchas N8-M8-M9

Q2	Aluviones
Q2a	Material de lodera
Q1b	Terrazas de altura mediana
Q1d	Terrazas bajas
T6	Formación Honda o su equivalente
T6c	Horizonte característico en la Honda
T4	Gualanday superior o su equivalente



**DEPOSICION RECIENTE DE POLEN ATMOSFERICO  
EN LA SABANA DE BOGOTA Y ALREDEDORES**  
(con 7 figuras)

FOR  
**TH. VAN DER HAMMEN**

---

INFORME No. 1336

---

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1961

## CONTENIDO:

Resumen ... ..	187
Agradecimiento, deposición reciente de polen atmosférico en la Sabana de Bogotá y alrededores ... ..	189

## RESUMEN

Para obtener un registro del polen atmosférico en la Sabana de Bogotá, se han instalado 6 estaciones distribuidas desde 2.560 metros sobre el nivel del mar a 3.450 metros, que dan el resultado de los análisis a lo largo de un año.

## SUMMARY

To obtain a pollen count in the Bogotá Plateau six stations have been installed at elevations ranging from 2.560 to 3.450 meters above sea level. These stations operated for over a year.

#### AGRADECIMIENTO:

*El autor agradece la colaboración del señor Juan B. Perico, que participó activamente en la recolección, preparación y análisis del polen, trabajo que sirvió de base para la elaboración del presente informe.*

Para poder llegar a una interpretación más exacta de los espectros de polen del Cuaternario, es muy importante tener datos sobre la relación de la depositación reciente de polen atmosférico en distintos tipos de vegetación y a distintas alturas.

Por esta razón instalamos al principio de 1958 en seis sitios diferentes una "estación" para recolectar el polen atmosférico. Estas "estaciones" consistían en una caseta (abierta hacia los cuatro lados y cubierta con techo) levantada en el aire sobre una estaca de 2 a 4 metros. En el centro de la caseta se colocaron dos placas de vidrio (porta objetos), una en posición horizontal y otra en posición vertical, la primera cubierta con una capa de glicerina-gelatina en el lado de arriba, y la otra en ambos lados. Estas placas quedaban expuestas durante una semana (en la estación I) o durante dos semanas (en las otras estaciones), y después de este tiempo eran reemplazadas por nuevas (superficie total de recogimiento: 60 cm<sup>2</sup>). Así se hizo durante un año en todas las estaciones, obteniendo así más o menos 2 x 50 placas de la estación I, y más o menos 2 x 25 placas para las otras estaciones. Cada una de estas placas, en seguida de ser recogidas, fueron preparadas, hirviendo la glicerina gelatina primero con K<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, y después con un mezcla de ácido acético anhídrico y ácido sulfúrico en proporción 9:1 (es el mismo tratamiento que se da a muestras de turba para concentrar el polen).

Las muestras preparadas se utilizaron enteramente para hacer placas microscópicas. Todas estas placas fueron analizadas, las horizontales y verticales. Después se sumaron análisis horizontal y vertical de igual fecha e igual estación, y los resultados representados gráficamente para cada estación. Cada especie tiene su curva, indicando el número de granos recogidos durante cada intervalo de una a dos semanas (los puntos en los gráficos están colocados en la mitad de estos intervalos).

Fuera del resultado geológico de estas investigaciones (la interpretación del material cuaternario, véase VAN DER HAMMEN & GONZÁLEZ, 1959, párrafo 6), esperamos que tendrán utilidad en futuros estudios sobre enfermedades alérgicas en la Sabana de Bogotá y alrededores, como quizá también en estudios melitológicos.

Las seis estaciones de recogimiento son las siguientes:

I. En el techo del edificio del Servicio Geológico Nacional en la Ciudad Universitaria, Bogotá. Altura: 2.560 m. Vegetación: cultura, parque.

II. En los cerros arriba y al NE de La Cita (al norte de Bogotá). Altura: 2.880 m. Vegetación: sitio abierto en un Weinmannietum.

III. Cerca de Subachoque. Altura prob.  $\pm$  2.560 m. Vegetación: Alnetum en un vallecito en la parte plana de la Sabana. El Alnetum es rodeado por extensas praderas de cultura.

IV. Región del Páramo del Alto de La Viga, cerca de la carretera Bogotá - Choachí. Altura: 3.330 m. Vegetación: tramo de bosque en medio de vegetación abierta (en parte cultura).

V. Región del Páramo del Alto de La Viga, cerca de la carretera Bogotá - Choachí. Altura: 3.450 m. Vegetación: Espeletietum y praderas (en parte alguna influencia de cultura).

VI. Cerca de Suba, en sitio abierto en medio de bosque. Altura:  $\pm$  2.560 m. Vegetación: bosque de *Ilex*, *Vallea* y *Eugenia*; el bosque es rodeado por extensas praderas de cultura.

Para cada estación se calculó también el espectro anual, sumando todos los granos de cada especie recogidos durante el año y calculando el porcentaje de cada uno, relativo a la suma de los Gramineae más los elementos de bosque (*Alnus*, *Podocarpus*, *Vallea*, *Miconia*, *Bocconia*, *Hedyosmum*, *Weinmannia*, *Myrica*, *Urticaceae*, *Pilea*, *Drymis*, *Rapanea*, *Myrtaceae*, *Ilex*; además los elementos importados: *Acacia*, *Eucaliptus* y *Pinus*).

Los espectros anuales están basados de esta manera en 3.000 hasta más de 30.000 granos (el espectro de la estación III, por ejemplo, está basado sobre 30.896 granos).

La escala vertical de las curvas es diferente para las distintas especies, pero es siempre indicado para cada una.

Unas pocas muestras se perdieron; su posición es indicada en las curvas, pero las curvas se dejaron interrumpidas.

#### ESTACION I.

Espectro anual:

	%	%
Gramineae . . . . .		80.0
<i>Alnus</i> . . . . .		1.2
<i>Pinus</i> . . . . .		3.3
<i>Acacia</i> . . . . .		7.6
<i>Eucaliptus</i> . . . . .		0.5
<i>Vallea</i> . . . . .	0.25	
<i>Miconia</i> . . . . .	0.9	7.35
<i>Bocconia</i> . . . . .	0.2	
<i>Hedyosmum</i> . . . . .	6.0	

---

100

Por lo menos 7% de los granos de polen deben provenir de los cerros que circundan la Sabana. Más que 11% son de árboles importados que crecen en la misma Ciudad Universitaria, los 80% de Gramineae deben principalmente provenir de las praderas de cultura que cubren el parque y la mayor parte de la Sabana.

Es interesante notar las dos épocas de florescencia de las Gramineae, una en julio - agosto y otra en diciembre (final de noviembre hasta principio de enero). La época principal de florescencia de *Acacia* es de junio hasta la primera parte de agosto, con una florescencia secundaria en noviembre y diciembre.

*Hedyosmum* parece florecer, con pequeñas interrupciones, desde junio hasta diciembre. *Miconia* y *Chenopodiaceae* demuestran curvas bastante similares.

ESTACION II.

Espectro anual:

	%	%
Gramineae . . . . .		56.0
<i>Alnus</i> . . . . .		3.2
<i>Podocarpus</i> + <i>Pinus</i> . . . . .		0.3
<i>Miconia</i> . . . . .	3.7	
<i>Bocconia</i> . . . . .	0.6	
<i>Hedyosmum</i> . . . . .	5.8	
<i>Weinmannia</i> . . . . .	16.2	40.5
<i>Myrica</i> . . . . .	4.6	
<i>Rapanea</i> . . . . .	9.6	
		100

Los 56% de Gramineae provienen probablemente en su mayor parte de las praderas culturales de la propia Sabana, subido por corrientes de aire ascendentes; una pequeña parte proviene probablemente de las partes abiertas en el mismo bosque.

El porcentaje relativamente alto de *Weinmannia* (y de *Rapanea*) era de esperar en un *Weinmannietum*.

Las Gramineae demuestran épocas de florescencia en julio-agosto y en diciembre.

*Alnus* y *Melastomataceae* tienen máximos en diciembre.

*Weinmannia* demuestra máximos irregulares, pero el máximo principal lo tiene en el final de abril y el principio de mayo.

*Myrica* y *Rapanea* florecieron principalmente en el final de noviembre y el principio de diciembre.

## ESTACION III.

Espectro anual:

	%	%
Gramineae ... ..		38.0
<i>Alnus</i> ... ..		60.3
<i>Podocarpus</i> + <i>Pinus</i> . . . . .		0.1
<i>Vallea</i> ... ..	1.2	
<i>Hedyosmum</i> ... ..	0.2	1.6
<i>Myrica</i> ... ..	0.1	
<i>Pilea</i> ... ..	0.1	
		100

El alto porcentaje de *Alnus* era de esperar; los 38% de Gramineae provienen de las praderas culturales que rodean el Alnetum.

Las Gramineae no demuestran aquí sino una época de florescencia, que va del final de junio hasta en agosto.

*Alnus* floreció principalmente desde la segunda mitad de enero hasta marzo.

## ESTACION IV.

Espectro anual:

	%	%
Gramineae ... ..		78.2
<i>Alnus</i> ... ..		3.0
<i>Podocarpus</i> + <i>Pinus</i> . . . . .		0.3
<i>Miconia</i> ... ..	1.4	
<i>Bocconia</i> ... ..	0.4	
<i>Hedyosmum</i> ... ..	10.2	18.5
<i>Weinmannia</i> ... ..	0.3	
<i>Myrica</i> ... ..	5.8	
<i>Drymis</i> ... ..	0.4	
		100

La cifra de las Gramineae parece ser demasiado alta para una vegetación natural a esta altura. La causa de ésta es sin duda la influencia de praderas culturales (quemadas, etc.). Es interesante el porcentaje relativamente alto de *Hedyosmum* (véase también el de la estación V).

Las Gramineae tienen su principal florescencia en diciembre.

*Myrica* y *Hedyosmum* demuestran también una florescencia en diciembre, como varias otras especies.

## ESTACION V.

Espectro anual:

	%	%
Gramineae . . . . .		51.5
<i>Alnus</i> . . . . .		3.6
<i>Podocarpus</i> + <i>Pinus</i> . . . . .		0.4
<i>Miconia</i> . . . . .	4.3	
<i>Bocconia</i> . . . . .	0.6	
<i>Hedyosmum</i> . . . . .	23.5	
<i>Weinmannia</i> . . . . .	0.1	44.5
<i>Myrica</i> . . . . .	9.9	
Urticaceae . . . . .	0.9	
<i>Pilea</i> (Urtic.) . . . . .	4.8	
<i>Drymis</i> . . . . .	0.2	
<i>Rapanea</i> . . . . .	0.2	
		100

Este espectro es el que más corresponde a una vegetación original. La única influencia de cultura parece ser la presencia de *Rumex acetosella*. Es muy interesante el alto porcentaje de granos de polen de *Hedyosmum* (véase VAN DER HAMMEN & GONZÁLEZ, 1959).

Las Gramineae tienen su principal máximo en diciembre. Se destaca en muchas de las curvas la época de inflorescencia de diciembre-enero. La de agosto es de mucho menor importancia.

## ESTACION VI.

	%	%
Gramineae . . . . .		79.5
<i>Alnus</i> . . . . .		9.6
( <i>Podocarpus</i> + <i>Pinus</i> , no incl. 1.1%) . .		
<i>Vallea</i> . . . . .	4.25	
Melastomataceae (+ <i>Miconia</i> ) . . . . .	0.95	
<i>Hedyosmum</i> . . . . .	3.5	
<i>Myrica</i> . . . . .	0.4	10.9
Urticaceae (+ <i>Pilea</i> ) . . . . .	0.1	
Myrtaceae . . . . .	0.2	
<i>Ilex</i> . . . . .	1.5	
		100

También aquí es muy grande la influencia de la vegetación de praderas de cultura que rodean el bosque. Pero además se puede decir que la producción de polen del bosque de *Ilex*, etc., es muy baja.

Las Gramineae florecen aquí principalmente de noviembre hasta en enero, pero el máximo está en noviembre.

*Ilex* tuvo su inflorescencia principalmente en el final de octubre y el principio de noviembre.

# ESTACION I

EN EL TECHO DEL EDIFICIO DEL SERVICIO  
GEOLOGICO NACIONAL.

VEGETACION: PARQUE

NUMERO DE GRANOS DE POLEN RECOGIDOS EN UNA PLACA  
HORIZONTAL Y OTRA VERTICAL, DE UNA SUPERFICIE TOTAL  
DE 60 cm<sup>2</sup> CADA PAR DE PLACAS FUERON EXPUESTAS DU-  
RANTE UNA SEMANA.

# STATION I

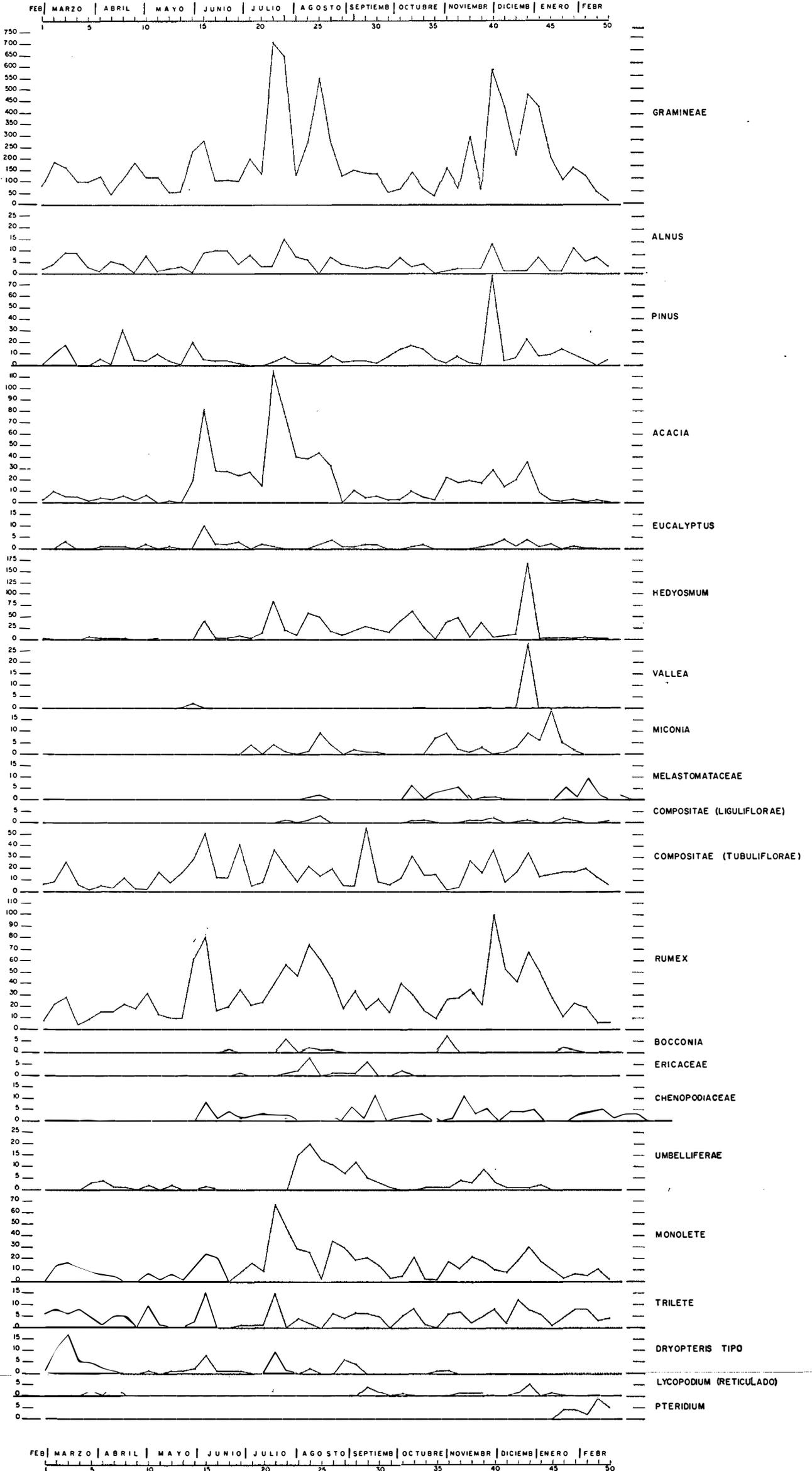
ON THE ROOF OF THE BUILDING OF THE  
NATIONAL GEOLOGICAL SURVEY.

VEGETATION: PARK

NUMBER OF POLLEN GRAINS COLLECTED ON A HORIZONTAL  
AND ON A VERTICAL SLIDE WITH A TOTAL SURFACE OF  
60 cm<sup>2</sup>, EACH PAIR OF SLIDES WERE EXPOSED DURING  
ONE WEEK.

BOGOTA. CIUDAD UNIVERSITARIA ALTURA: 2.560 METROS.

ANAL. JUAN B. PERICO.



ESTACION II

STATION II

EN LOS CERROS ARRIBA Y AL N.E DE LA CITA. (AL N DE BOGOTA)  
VEGETACION: WEINMANNIETUM

IN THE MOUNTAINS ABOVE AND N.E OF LA CITA.(N OF BOGOTA)  
VEGETATION WEINMANNIETUM

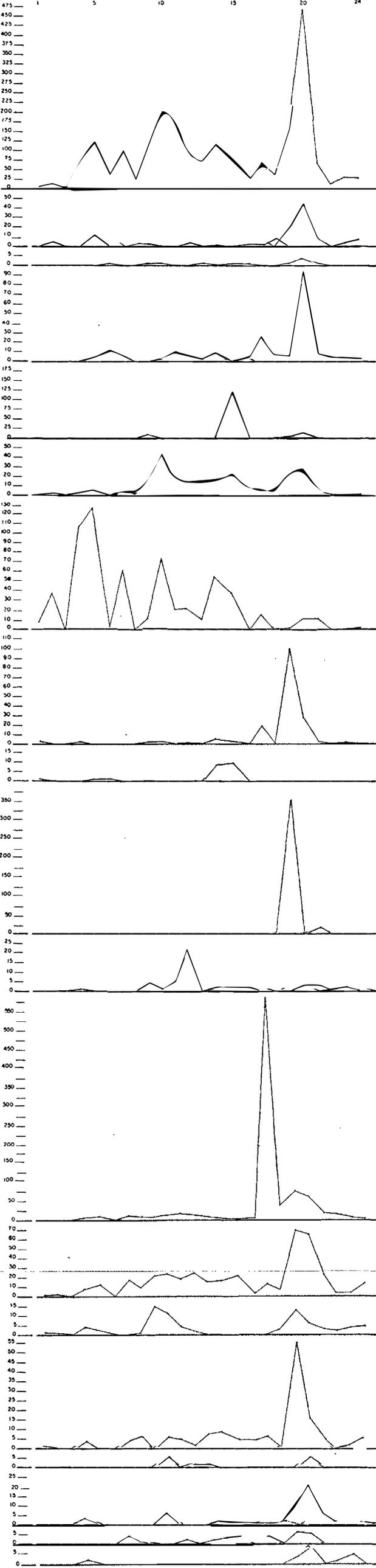
NUMERO DE GRANOS DE POLEN RECOGIDOS EN UNA PLACA HORIZONTAL Y OTRA VERTICAL, DE UNA SUPERFICIE TOTAL DE 60 cm<sup>2</sup>, CADA PAR DE PLACAS FUERON EXPUESTAS DURANTE DOS SEMANAS.

NUMBER OF POLLEN GRAINS COLLECTED ON A HORIZONTAL AND ON A VERTICAL SLIDE WITH A TOTAL SURFACE OF 60 cm<sup>2</sup>, EACH PAIR OF SLIDES WERE EXPOSED DURING TWO WEEKS.

ALTURA 2880 METROS

ANAL: JUAN. B. PERICO

MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTIE | OCTUBR | NOVIEM | DICIEMB | ENERO | FEBRE



MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTIE | OCTUBR | NOVIEM | DICIEMB | ENERO | FEBRE

# ESTACION III

CERCA DE SUBACHOQUE

SABANA DE BOGOTA

VEGETACION: ALNETUM RODEADO POR PRADERAS.

NUMERO DE GRANOS DE POLEN RECOGIDOS EN UNA PLACA HORIZONTAL Y OTRA VERTICAL DE UNA SUPERFICIE TOTAL DE 60 cm<sup>2</sup>; CADA PAR DE PLACAS FUERON EXPUESTAS DURANTE DOS SEMANAS.

# STATION III

NEAR SUBACHOQUE

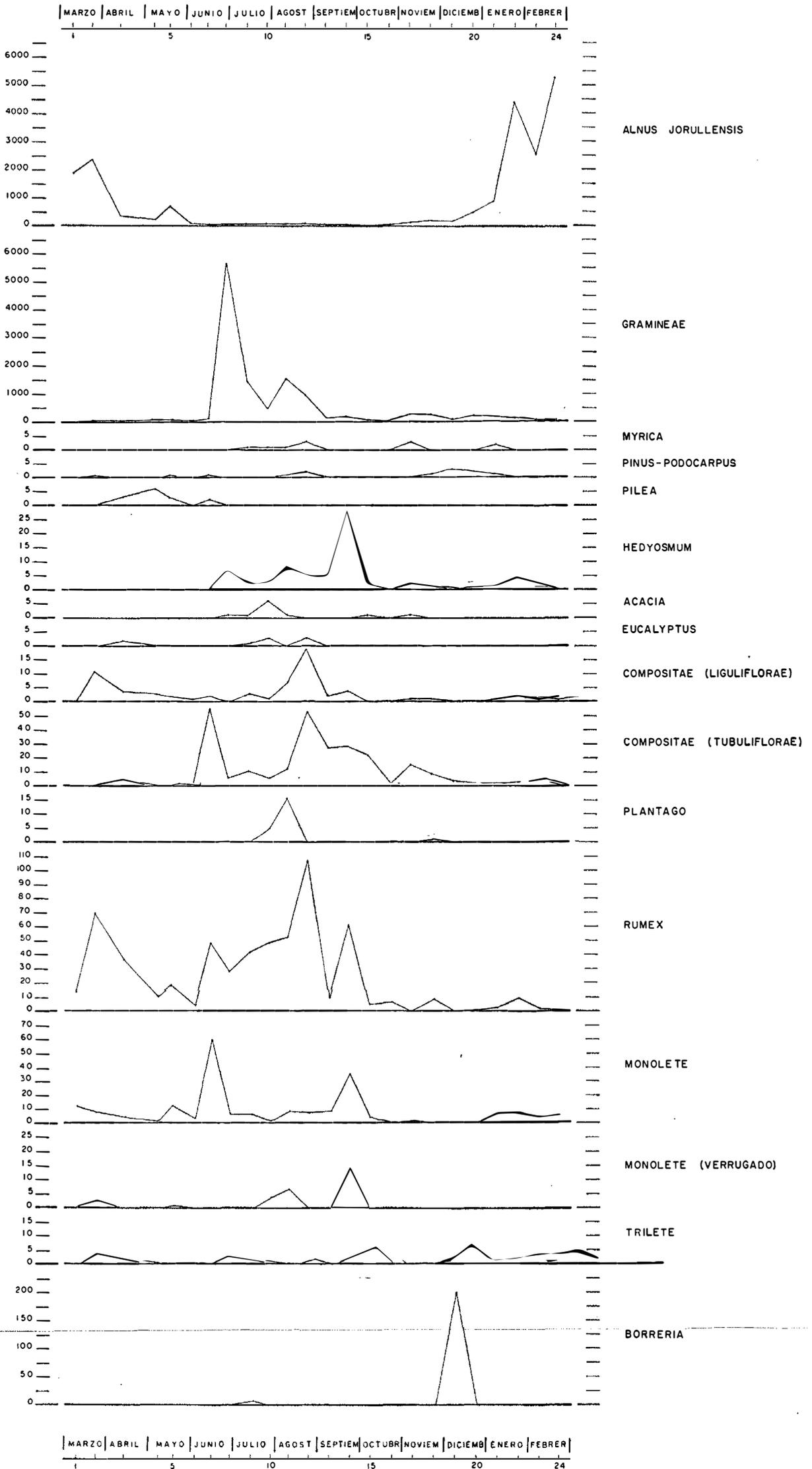
SABANA DE BOGOTA

VEGETATION: ALNETUM SURROUNDED BY MEADOWS.

NUMBER OF POLLEN GRAINS COLLECTED ON A HORIZONTAL AND ON A VERTICAL SLIDE WITH A TOTAL SURFACE OF 60 cm<sup>2</sup>; EACH PAIR OF SLIDES WERE EXPOSED DURING TWO WEEKS.

ALTURA : ± 2.560 METROS.

ANAL: JUAN. B. PERICO.



ESTACION IV

STATION IV

REGION DEL ALTO DE LA VIGA, CERCA DE LA CARRETERA BOGOTA-CHOACHIL

REGION OF THE ALTO DE LA VIGA, NEAR THE ROAD BOGOTA-CHOACHIL

VEGETACION: TRAMO DE BOSQUE EN MEDIO DE VEGETACION ABIERTA (EN PARTE CULTIVADA)

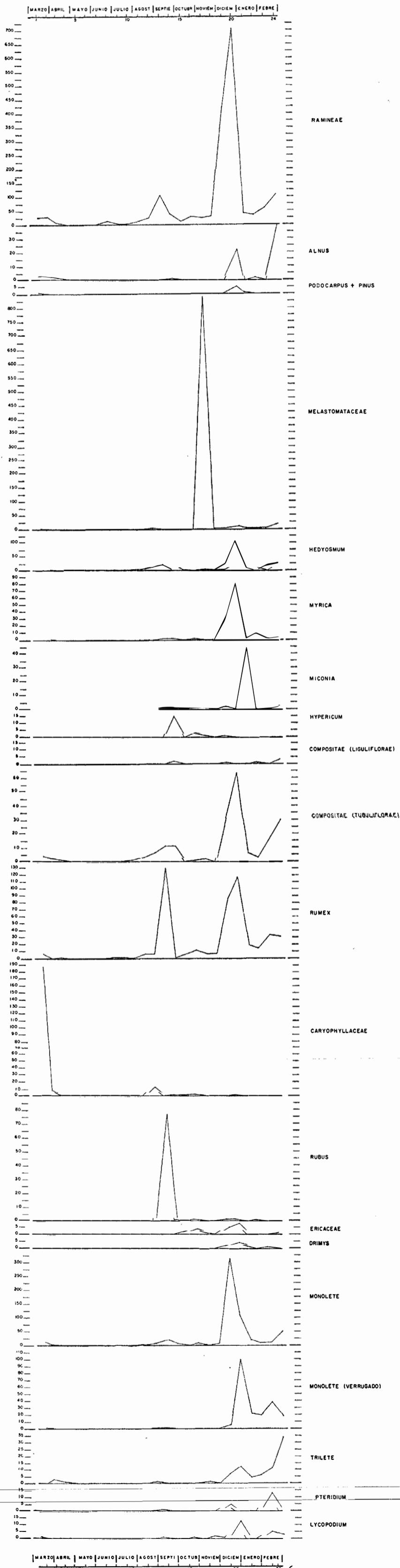
VEGETATION: PATCH OF FOREST SURROUNDED BY OPEN VEGETATION (PARTLY CULTIVATED)

NUMERO DE GRANOS DE POLEN RECOGIDOS EN UNA PLACA HORIZONTAL Y OTRA VERTICAL DE UNA SUPERFICIE TOTAL DE 60cm<sup>2</sup> CADA PAR DE PLACAS FUERON EXPUESTAS DURANTE DOS SEMANAS.

NUMBER OF POLLEN GRAINS COLLECTED ON A HORIZONTAL AND ON A VERTICAL SLIDE WITH A TOTAL SURFACE OF 60cm<sup>2</sup> EACH PAIR OF SLIDES WERE EXPOSED DURING TWO WEEKS.

ALTURA : 3.330 METROS.

ANAL: JUAN B. PERICO



[MARZO] [ABRIL] [MAYO] [JUNIO] [JULIO] [AGOST] [SEPTI] [OCTUBR] [NOVIEM] [DICIEM] [ENERO] [FEBRE]

ESTACION V

STATION V

REGION DEL ALTO DE LA VIGA, CERCA DE LA CARRETERA BOGOTA-CHOACHI.

REGION OF THE ALTO DE LA VIGA, NEAR THE ROAD BOGOTA-CHOACHI.

VEGETACION: ESPELETIETUM Y PRADERAS.

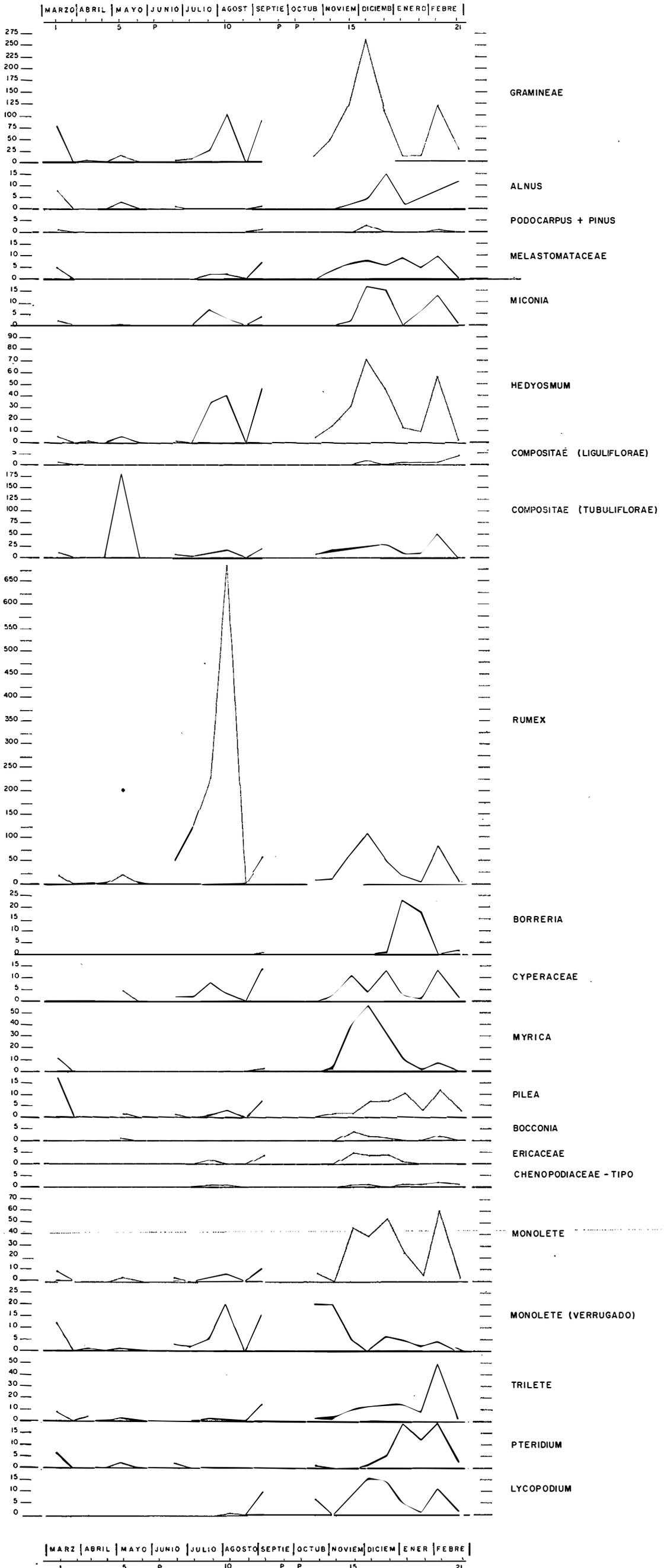
VEGETATION: ESPELETIETUM AND MEADOWS.

NUMERO DE GRANOS DE POLEN RECOGIDOS EN UNA PLACA HORIZONTAL Y OTRA VERTICAL, DE UNA SUPERFICIE TOTAL DE 60 cm<sup>2</sup>; CADA PAR DE PLACAS FUERON EXPUESTAS DURANTE DOS SEMANAS.

NUMBER OF POLLEN GRAINS COLLECTED ON A HORIZONTAL AND ON A VERTICAL SLIDE WITH A TOTAL SURFACE OF 60 cm<sup>2</sup>, EACH PAIR OF SLIDES WERE EXPOSED DURING TWO WEEKS.

ALTURA : 3.450 METROS. P: PERDIDO - LOST

ANAL: JUAN B. PERICO.



# ESTACION VI

# STATION VI

CERCA DE SUBA, EN SITIO ABIERTO EN MEDIO DEL BOSQUE. SABANA DE BOGOTA.

VEGETACION: BOSQUE DE ILEX, VALLEA Y EUGENIA, RODEADO POR EXTENSAS PRADERAS.

NUMERO DE GRANOS DE POLEN RECOGIDOS EN UNA PLACA HORIZONTAL Y OTRA VERTICAL DE UNA SUPERFICIE TOTAL DE 60 cm<sup>2</sup> CADA PAR DE PLACAS FUERON EXPUESTAS DURANTE DOS SEMANAS.

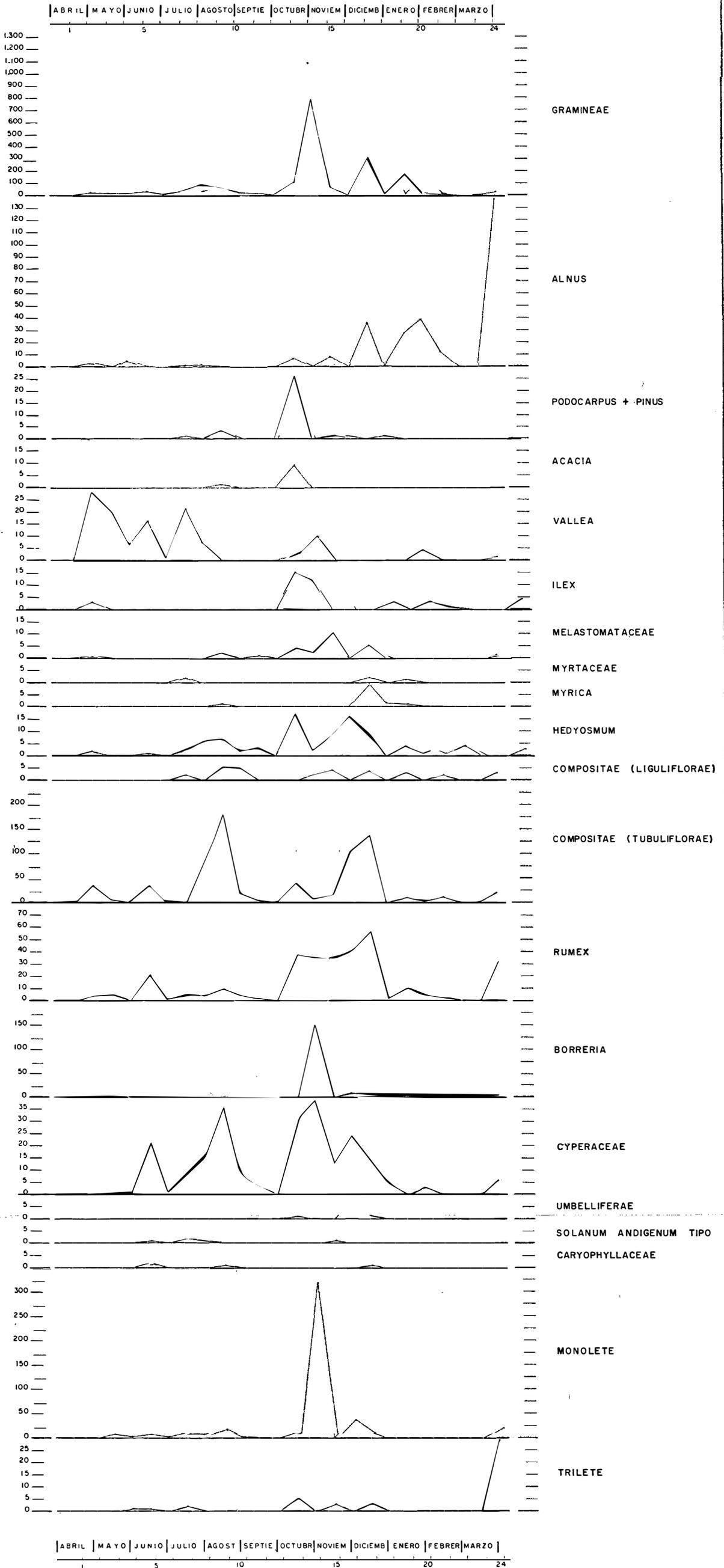
NEAR SUBA; OPEN PLACE IN FOREST. SABANA DE BOGOTA.

VEGETATION: FOREST OF ILEX, VALLEA AND EUGENIA, SURROUNDED BY EXTENSIVE MEADOWS.

NUMBER OF POLLEN GRAINS COLLECTED ON A HORIZONTAL AND ON A VERTICAL SLIDE WITH A TOTAL SURFACE OF 60 cm<sup>2</sup>; EACH PAIR OF SLIDES WERE EXPOSED DURING TWO WEEKS.

ALTURA ± 2560 METROS

ANAL: JUAN B. PERICO



**MINA DE CARBON "LA VIEJA", MUNICIPIO DE ZIPAQUIRA,  
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

(con 8 gráficos)

POR  
**HERNAN RESTREPO**  
GEOLOGO

INFORME No. 1297

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA, 1961

## CONTENIDO:

Ilustraciones	199
Resumen	201
Introducción	203 204
Geografía	205
Geología	206 209
Carbón	209 212
El yacimiento	212 215
La mina	215 217
Conclusiones	217
Etapas de desarrollo y explotación intensiva	219
Recomendaciones	219

## ILUSTRACIONES

- Plancha N<sup>o</sup> 1. Plano geológico y localización de la mina de carbón La Vieja, Zipaquirá, Departamento de Cundinamarca. Escala 1:25.000.
- Plancha N<sup>o</sup> 2. Corte geológico A-B de la mina de carbón La Vieja. Escala 1:25.000. Complemento de la plancha N<sup>o</sup> 1.
- Plancha N<sup>o</sup> 3. Plano geológico y localización de la mina de carbón La Vieja. Escala 1:5.000.
- Plancha N<sup>o</sup> 4. Diagrama de secciones del yacimiento de carbón de la mina La Vieja. Escala 1:5.000. Complemento de la plancha N<sup>o</sup> 3.
- Plancha N<sup>o</sup> 5. Columna estratigráfica de la mina de carbón La Vieja. Escala 1:5.000.
- Plancha N<sup>o</sup> 6. Mina de carbón La Vieja (plano de la "mina nueva"). Escala 1:1.000.
- Anexo Fig. 8. Interpretación estratigráfica palinológica. (Autor: Th. v. d. Hammen, Paleobotánico del Servicio Geol. Nal.).

## RESUMEN

La mina de carbón La Vieja se encuentra situada en la vereda El Empalizado, límite Noroccidental del Municipio de Zipaquirá con el Municipio de Pacho (Departamento de Cundinamarca, Colombia), a 55 kilómetros en línea recta al Norte de Bogotá; 25 kilómetros por la carretera de Zipaquirá a Pacho.

El área comprendida en el presente informe es aproximadamente de 25 kilómetros cuadrados, dentro de los cuales se estudiaron en detalle 176 hectáreas, 92 de ellas pertenecientes a Marco T. Fernández.

Los mantos de carbón de la mina La Vieja se encuentran en la parte inferior de la formación Guaduas, que corresponde a la Zona A del Maastrichtiano (v. der Hammen, 1957).

La estructura del yacimiento es un monoclinal con rumbo regional N 25 E y buzamiento de 45-60° al SE. Dicho monoclinal corresponde al flanco occidental del sinclinal del río Frío y a su vez al flanco oriental del anticlinal de La Vieja (se menciona por primera vez).

El carbón es brillante, de tipo "atrito-vitrain", bituminoso, coquizo fácilmente alrededor de 70%, de poco contenido de azufre; su poder calorífico es de 6.000 a 8.000 calorías/gramo.

El espesor de carbón en las diferentes vetas explotables actualmente (5) oscila entre 0.65 y 1.85 metros. Las reservas totales de carbón de la mina La Vieja son aproximadamente 3.4 millones de toneladas, de las cuales 1,8% son reservas probadas, el 3,5% son reservas probables, y el resto, 94,7%, son reservas posibles.

Se describe el estado actual de la mina. Se dan ciertas conclusiones y varias recomendaciones.

## INTRODUCCION

*A la Dirección del Servicio Geológico Nacional, dependencia del Ministerio de Minas y Petróleos, fue presentada por el propietario y el ingeniero-administrador de la mina de carbón La Vieja, una solicitud para el estudio geológico y evaluación de las reservas de dicha mina, la cual está situada a 55 kilómetros en línea recta al N de Bogotá (Observatorio Astronómico Nacional). El área comprendida en el presente informe es aproximadamente de 25 kilómetros cuadrados (véase plancha N° 1), dentro de los cuales se estudiaron en detalle 176 hectáreas (plancha N° 3).*

*Vías de comunicación. La carretera que de Bogotá conduce a Puerto Salgar, frente al puerto de La Dorada en el río Magdalena, de una distancia aproximada de 210 kilómetros, sirve para unir las poblaciones de Zipaquirá y Pacho (Departamento de Cundinamarca), distantes 40 kilómetros por una carretera macadamizada y de montaña. La carretera entre Bogotá y Zipaquirá está pavimentada, todo el trayecto es plano, es de intenso tránsito y tiene una distancia aproximada de 50 kilómetros. De Pacho a Puerto Salgar la carretera es de montaña y macadamizada; tiene una distancia aproximada de 120 kilómetros.*

*A 22 kilómetros de la población de Zipaquirá, por la carretera que conduce a Pacho, se aparta un carretable de 3.5 kilómetros en dirección E, a lo largo de la quebrada La Vieja, el cual sirve de acceso a la mencionada mina.*

*Reseña histórica. No se sabe con exactitud desde qué año se conocieron y se empezaron a explotar en la región las minas de carbón. Desde 1823 el geólogo alemán Jacobo Wiesner estableció unos trabajos para explotar los minerales de hierro en la región de Pacho; posiblemente la mina de carbón La Vieja, al E de la población de Pacho, era ya conocida en esa época.*

*De 1940 a esta parte se han aumentado un poco los trabajos de exploración y de explotación en pequeña escala, llegando en la actualidad la producción de carbón a cerca de 850 toneladas por mes.*

*En la región existen otras minas de carbón: El Bosque, continuación al N de la mina La Vieja, y La Piñuela, 4 kilómetros al SW de la mina La Vieja.*

*Investigaciones anteriores. Ninguna de las investigaciones geológicas anteriores estuvo dirigida al estudio detallado de la mina de carbón La*

*Vieja; sin embargo, los geólogos Vicente Suárez, Benjamín Alvarado y Roberto Sarmiento (del Servicio Geológico Nacional), la mencionan en los estudios que sobre regiones adyacentes efectuaron (Informes 401, 455 y 710 del S. G. N.).*

*Trabajos de campo. Durante los días 22, 23 y 24 de abril de 1958, el suscrito, acompañado por el ingeniero-administrador de la mina La Vieja, quien prestó toda su colaboración en la ejecución de los levantamientos topográficos, llevó a cabo los siguientes trabajos: a) reconocimiento general del área de la mina y la región adyacente; b) levantamiento a tránsito del plano de la "mina nueva"; c) levantamiento a plancheta de la sucesión estratigráfica presente, encima de la Formación Guadalupe, que comprende la Formación Guaduas y la parte inferior de la Formación Bogotá; y d) medida de los espesores de los mantos y obtención de muestras de carbón. Como base topográfica sirvieron: las planchas 208-IV-B y 209-III-A en escala 1:25.000; y las fotografías aéreas, fotos 991 y 992 vuelo C-421 del trabajo 12A, del Instituto Geográfico de Colombia "Agustín Codazzi".*

*Agradecimientos. El suscrito se muestra reconocido y agradece las atenciones, cooperación y hospitalidad que el ingeniero-administrador de la mina La Vieja, Raúl Obando R., le brindó, así como el propietario y demás empleados de la mina. Se reconoce debidamente al personal del Servicio Geológico Nacional que en una u otra forma contribuyó al presente estudio y a la elaboración de este informe.*

## GEOGRAFIA

La mina de carbón La Vieja se encuentra situada en la vereda El Empalizado, límite noroccidental del Municipio de Zipaquirá con el Municipio de Pacho, pertenecientes ambos al Departamento de Cundinamarca (Colombia).

Los terrenos de la mina La Vieja son un área montañosa, comprendida entre los niveles de 2.900 a 3.100 metros de elevación. Toda el área corresponde en parte al flanco occidental de la cuchilla del Paraíso (lado occidental de la cuenca del río Frío, vereda del Páramo de Guerrero, Zipaquirá); las pendientes son aproximadamente del 40 por ciento o menos. La morfología está caracterizada además por la cuchilla de La Vieja (prominente escarpe resultante de la resistencia a la erosión de las areniscas superiores de la Formación Guadalupe) situada al W de los terrenos carboníferos.

El principal drenaje de la región lo constituye el río Negro (afluente oriental del río Magdalena), cuyas aguas corren en dirección E-W, desde el N de la población de Pacho hacia su desembocadura. Uno de sus afluentes, el río Batán, el cual corre en dirección SE-NW, recibe las aguas de la quebrada La Vieja, cuyo nacimiento se origina en los terrenos de la mencionada mina.

El clima es generalmente agradable: frío, poco húmedo y algunas veces los vientos occidentales hacen elevar unos pocos grados la temperatura. A diez kilómetros en dirección N 63 W se encuentra la población de Pacho (1.850 metros de elevación), donde el clima es templado. Más al W de Pacho el clima es caliente. Al E de la mina la región es de clima paramuno (3.200-3.450 metros de elevación).

En los mercados de la población de Pacho se encuentran con facilidad diferentes y abundantes productos agrícolas, desde los obtenidos en los climas cálidos, hasta los producidos en los climas fríos y paramunos.

Las maderas que actualmente utiliza la mina en sus trabajos, eucaliptus y pinos, se consiguen fácilmente en la región; pero al incrementar su uso con una explotación en grande escala, posiblemente surgiría el problema del abastecimiento de madera, la cual se tendría que transportar de la región al W de Pacho. Recientemente se han sembrado más de 10.000 eucaliptus en el área de la mina La Vieja.

## GEOLOGIA

*Estratigrafía.*

En la región entre Pacho y la cuenca del río Frío se encuentran los sedimentos cretáceos marinos de la Formación Guadalupe (Turoniano a Maastrichtiano Inferior), superpuestos por los sedimentos lacustres con mantos de carbón (Maastrichtiano Medio y Superior) y las arcillas intercaladas con areniscas del Terciario Inferior. En las planchas Nos. 1 y 2 se muestran los sedimentos pertenecientes a la parte media y superior de la formación Guadalupe; la formación Guaduas, y la parte inferior de la formación Bogotá. Así:

Km. *Coniaciano*. Formación Guadalupe media inferior: esquistos calcáreo-arcillosos con bancos de calizas silicosas y algunas lilitas en la base; en la parte superior aparecen una serie de lilitas de color amarillento, estratificadas en capas delgadas.

Kms. *Santoniano Campaniano*. Formación Guadalupe media superior: en la base se presentan algunas margas y arcillas margosas; en la parte superior aparece una serie de lilitas estratificadas en capas más gruesas que las del Km.

Ks. *Maastrichtiano Inferior*. Formación Guadalupe superior: arcillas esquistosas calcáreas en la parte inferior y "arenisca tierna" en la parte superior.

Ko. *Maastrichtiano Medio y Superior*. Formación Guaduas inferior y media: 570 metros de espesor, arcillas lidíticas y arcillolitas silíceas con mantos de carbón.

*Mantos de carbón explotados en la mina La Vieja.*

T<sub>1</sub> *Paleoceno*. Formación Guaduas superior y Formación Bogotá inferior: 105 metros de arcilla rojiza, 20 metros "areniscas Cacho", 385 metros de arcilla rojiza y amarillenta intercalada con mantos de arenisca arcillosa.

T<sub>2</sub> *Eoceno Inferior*. Formación Bogotá media: aparece un conglomerado de granos redondeados de lilitas y areniscas de un espesor de 8 metros, superpuesto por areniscas arcillosas (cuenca del río Frío).

La *interpretación estratigráfica-palínológica*, hecha por Th. v. d. Hammen (véase anexo Fig. 8), basada en sus estudios efectuados sobre la Sabana de Bogotá, señala el límite Maastrichtiano Paleoceno en la columna de La Vieja, 105 metros por debajo de la "Arenisca Cacho" (de 20 metros de espesor). Agrega que en el sedimento superior analizable (carbón 16C, muestra 185), el porcentaje de "Monocolpites medius" alcanza su máximo en la curva del diagrama-palínológico y que empiezan a aparecer los primeros especímenes de "Proxapertites operculatus". En la curva del diagrama-palínológico del Maastrichtiano se presentan otros tres aumentos del grupo de "Monocolpites medius", lo cual ha servido para dividir el Maastrichtiano en tres zonas: Zona A, la parte inferior; Zona B,

la parte media; y Zona C, la parte superior. *Viniendo a corresponder los mantos explotables de la mina La Vieja a la Zona A del Maastrichtiano* (V. D. HAMMEN 1957).

*Sucesión estratigráfica.* Del levantamiento de la sección geológica, medida en dirección E-W desde la quebrada La Vieja, incluyendo la "mina Nueva", y llegando hasta el nivel 3.200, se obtuvo la siguiente sucesión (de la parte superior a la inferior; véase plancha N° 5) :

Muestra N°	Manto de carbón	Espesor en mts	Litología
		8.00	Conglomerado superpuesto por areniscas arcillosas. Base del Eoceno inferior.
		385.00	Arcillas rojizas y amarillentas intercaladas por mantos hasta de 5 mts de areniscas arcillosas, algo resistentes a la erosión.
		20.00	Arenisca Cacho. Maciza de grano fino.
		105.00	Arcillas rojizas. Base del Paleoceno.
HR-185	16C	0.30	Carbón. No explotable.
		62.00	Arcillolitas silíceas. Grises que se meteorizan a amarillas, capas de arcillas negras.
HR-183	15C	0.45	Carbón.
		4.90	Arcillolitas silíceas. Grises.
HR-182	14C	0.60	Carbón.
		235.00	Arcillas silíceas. Grises oscuras, intercaladas con pizarras carbonáceas y areniscas de poco espesor. No puede asegurarse la ausencia de mantos de carbón.
HR-181	13C	11.20	Carbón. Cerro del alto de La Virgen (monumento). <i>Veta La Virgen.</i>
		16.80	Arcillas grises. Meteorizadas son amarillas.
HR-180	12C	0.30	Carbón. No explotable.
		118.00	Arcillas. Cubierto en gran parte. No puede asegurarse la ausencia de mantos de carbón.
HR-179c	11C	0.40	Carbón. Parte superior de la <i>veta 4.</i>
		0.70	Solapa. Arcillolita carbonácea.
HR-179c	10C	0.30	Carbón. Parte inferior de la <i>veta 4.</i>
		9.60	Arcillolita silícea. Color gris oscuro.
HR-178	9C	1.15	Carbón. Parte superior de la <i>veta 3.</i>
		1.40	<i>Variando a 0.60 mts.</i> Solapa. Arcillolita carbonácea.
HR-177	8C	0.70	Carbón. Parte inferior de la <i>veta 3.</i>
		5.10	Arcillolitas silíceas. Grises, ligeramente arenáceas.
	7C	0.35	Carbón. No explotable.
		9.30	Arcillolita silícea gris.
	6C	0.60	Carbón. Parte superior de la <i>veta 2.</i>
		1.00	Solapa. Arcillolita carbonácea.

Muestra N°	Manto de carbón	Espesor en mts	Litología
HR-176	5C	0.80	Carbón. Parte inferior de la <i>veta 2</i> .
		3.70	Arcillolitas silíceas, algo carbonáceas.
HR-175	4C	0.30	Carbón. No explotable.
		19.00	Arcillolitas silíceas.
HR-174	3C	0.35	Carbón. No explotable.
		1.80	Arcillolita carbonácea.
HR-173	2C	0.14	Carbón. No explotable.
		5.50	Arcillolitas y algunos mantos delgados de liditas.
HR-172	1C	1.00	Arcillolita carbonácea.
		0.65	Carbón - <i>Veta 1</i> .
		66.00	Arcillas lidíticas. En parte laminadas y con algunas pequeñas intercalaciones de arenisca.
	...	...	"Arenisca tierna". Parte superior de la Formación Guadalupe.
Total medido		1.077.69	de los cuales los últimos 569.69 mts corresponden al Maastrichtiano de la Formación Guaduas.

### *Geología estructural* (véanse planchas Nos. 1 y 2).

La mina La Vieja se encuentra en un monoclinal, cuyo rumbo regional es N 25 E, y buzamiento 45° a 60° E. Este monoclinal es el flanco occidental del sinclinal del río Frío (SUÁREZ, H., 1947) y a su vez el flanco oriental del anticlinal de La Vieja (se menciona por primera vez).

*El sinclinal del río Frío* es una importante cuenca carbonífera que se extiende en dirección N-S desde 12 kilómetros al N de la mina La Vieja hasta la población de Tabio (16 kilómetros al SE de la población de Zipaquirá); su amplitud es variable; numerosas fallas transversales se encuentran en él. Dicha cuenca empieza al S con el yacimiento del Llano de Animas (SCHEIBE, R., 1933), hacia el N continúan en el flanco oriental los yacimientos de Teruel, La Vieja y El Bosque.

*El anticlinal de La Vieja* es asimétrico; su flanco occidental muestra buzamientos más fuertes que los del flanco suroriental; su eje tiene una dirección SE-NW enterrándose al SE; hacia el NW el eje pasa a unos 2 kilómetros al N de la población de Pacho. La parte N del sinclinal de Subachoque empieza en el alto La Piñuela, flanco suroriental del mencionado anticlinal.

Entre las fallas transversales que cortan el sinclinal del río Frío está la *falla del río Frío*, la cual es el límite S de la mina La Vieja. Esta falla es de cabalgadura, posee una dirección NNW mostrando a la vez un desplegamiento horizontal de más de 1.000 metros; el bloque suroccidental ha subido y se ha desplazado al SE en relación al bloque nororiental (los terrenos de la mina La Vieja). Asociada a la falla del río Frío, ya descrito, se halla otra de mayor importancia, la *falla de La Vieja*, a 300 me-

tros al N del eje del anticlinal de La Vieja y paralela a dicho eje (dirección SE-NW), la falla es también de cabalgadura; el bloque nororiental subió con relación al bloque suroccidental. Ambas fallas se unen a 1 kilómetro al S de la mina La Vieja. En el lado inferior izquierdo de la plancha N<sup>o</sup> 1 se muestra una falla transversal en la parte superior de la formación Guadalupe.

#### TRABAJOS DE REFERENCIA

- SCHEIBE, R. (1933). — Informe sobre los yacimientos de carbón en las haciendas de San Jorge y Llano de Animas, en el Municipio de Zipaquirá, *Comp. Est. Geol. Ofic. en Colombia*. Tomo I, pp. 13-59, Bogotá.
- SUÁREZ H., VICENTE (1947). — Reconocimiento geológico del sitio para proyecto de embalse del río Frío, Municipio de Zipaquirá (Departamento de Cundinamarca), *Comp. Est. Geol. Ofic. en Colombia*. Tomo VIII, pp. 133-147, Bogotá.
- BÜRGL, H. (1957). — Biostratigrafía de la Sabana de Bogotá, *Bol. Geol.*, vol. V, N<sup>o</sup> 2, pp. 113-185, Bogotá.
- V. D. HAMMEN (1957). — Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia), *Bol. Geol.* vol. V, N<sup>o</sup> 2, pp. 189-203, Bogotá.

## CARBON

### *Generalidades.*

Las evidencias geológicas proveen actualmente una amplia justificación, para creer que el carbón se ha formado de los residuos de las plantas vegetales terrestres. Los principales constituyentes del material de las plantas son la *celulosa* y la *lignina*, además de una gran variedad de componentes menores —proteínas, aceites esenciales, ácidos orgánicos y sus sales, taninos, etc.—, que entran en la composición de la materia vegetal. La fórmula empírica de la celulosa es  $C_6H_{10}O_5$ , y la de la lignina es aproximadamente  $C_{12}H_{18}O_9$ ; así que ellas no difieren esencialmente en las proporciones relativas de carbono, hidrógeno y oxígeno. La estructura de la lignina es, sin embargo, aromática —anillos de átomos de carbono, como el anillo de benzeno— en contraste a la naturaleza alifática de la celulosa. Considerando esto, algunas autoridades creen que la lignina es la principal sustancia productora del carbón, porque los productos derivados del carbón son principalmente aromáticos. Además, la lignina es resistente al ataque efectuado por microorganismos, en tanto que la celulosa es fácilmente descompuesta en dióxido de carbono, metano y ácidos alifáticos. También se ha demostrado que la celulosa puede convertirse en compuestos aromáticos bajo condiciones similares a aquellas que se cree existieron durante la formación del carbón. Naturalmente la formación del carbón implica algo más que la transformación de la celulosa y la lignina, pues ni la una ni la otra contienen nitrógeno, y los compuestos nitrogenados son constituyentes del carbón. Algunos de ellos pueden haberse derivado

de componentes menores, tales como las proteínas de las plantas; pero el contenido de nitrógeno del carbón es relativamente alto comparado con el de la mayoría de las plantas. Se ha sugerido que las bacterias juegan un papel importante en el primer período de la formación del carbón, ya que el contenido de nitrógeno en las bacterias es mayor del 13%.

Se cree generalmente que la transformación de sustancia vegetal a carbón consta de dos períodos: uno bioquímico y otro metamórfico. Durante el período bioquímico, los microorganismos son de gran utilidad en la reorganización de la materia orgánica. Este período termina eventualmente cuando las condiciones llegan a ser impropias para la actividad bacteriana, ya sea por nuevas depositaciones de sedimentos inorgánicos o por el desarrollo de condiciones tóxicas dentro de la materia orgánica. Después, el período metamórfico es el responsable de la carbonización, por la acción de la temperatura y de la presión.

El período bioquímico puede ser importante para determinar el tipo fundamental de carbón. Las plantas son en su totalidad similares en su composición química, por lo tanto parece improbable que las diferentes clases de carbón puedan ser atribuidas a las variaciones en la vegetación, de la cual fueron formadas. Posiblemente bajo un conjunto de condiciones celulosas o bajo otro conjunto ligninoso, pueda formarse un carbón rico en compuestos alifáticos, y otro, rico en compuestos aromáticos.

El cambio progresivo de madera a carbón puede ser fácilmente estudiado por medio de análisis químicos. La siguiente tabla da la composición promedia de la madera, la turba y tres rangos sucesivos de carbón.

#### LA COMPOSICION PROMEDIA DE LOS COMBUSTIBLES

	C	H	N	O
Madera . . . . .	49.65	6.23	0.92	43.20
Turba . . . . .	55.44	6.28	1.72	36.56
Lignito . . . . .	72.95	5.24	1.31	20.50
Carbón bituminoso . . . . .	84.24	5.55	1.52	8.69
Antracita . . . . .	93.50	2.81	0.97	2.72

El rango es una medida del grado de metamorfismo al cual ha estado sometido el carbón. Se han hecho varias sugerencias respecto a los factores geológicos que han determinado el rango de un carbón. Algunos de ellos son: 1) la duración de tiempo desde su deposición (los carbones paleozoicos son generalmente de rango alto, mientras que los carbones terciarios son de rango bajo), pero se conocen muchas excepciones y actualmente se cree que el tiempo tiene una influencia indirecta sobre el rango; 2) la acción del calor, de los movimientos terrestres o de las intrusiones ígneas; 3) la presión resultante de la compresión durante los plegamientos y fallas, y 4) el aumento de presión y temperatura resultante de la profundidad de depositación. Este último factor es fácilmente evaluable y se ha formulado en una regla (la regla de HILT): "En una serie de mantos de carbón, el carbono fijo aumenta y la sustancia volátil disminuye con la profundidad". Esta regla ha sido aplicada en muchas cuencas de carbón de los Estados Unidos, y la disminución de la sustancia volátil es generalmente

del orden de 0.4% - 0.8% por cada 100 pies de descenso. En la mina La Vieja (ver análisis de carbón de la región de Pacho) la disminución de la sustancia volátil es de 2.62% por 15 metros de descenso entre las vetas 3 y 2. Naturalmente la regla de Hilt puede solamente constatarse donde el metamorfismo ha sido el principal factor.

Químicamente el paso de madera a antracita es principalmente un aumento en el contenido de carbono y una disminución del contenido de oxígeno. El hidrógeno también decrece pero menos rápidamente. El proceso es esencialmente de *reducción*. La relación (en porcentaje de peso) H:O, el cual en la celulosa es de 1:8, en la madera 1:7, aumenta a 1:1 en la antracita.

El plan general, tratado anteriormente, da un informe empírico de la transformación de las plantas vegetales a carbón. Las investigaciones recientes concluyen en que la constitución química del carbón indica que la materia que los constituye consiste esencialmente de sustancias orgánicas complejas de alto peso molecular. El estudio de los productos derivados por la destilación del carbón muestra que estos compuestos son principalmente aromáticos y que el grado de aromatización parece que aumenta con el rango; la aromatización completa es alcanzada finalmente en el grafito. El nitrógeno puede estar presente en los grupos aminoidales o sustituyendo el carbono en los anillos estructurales. La evidencia de las reacciones químicas del carbón sugiere que el carbono en los sistemas de anillos se halla fuertemente saturado, esto es, que los anillos son nafténicos y, además, que predominan los anillos de seis miembros.

*Origen de los carbones de Cundinamarca.* PABA SILVA (1946) concluye de sus estudios microscópicos en que aparentemente los depósitos de carbón de Cundinamarca se formaron en condiciones genéticas similares a los depósitos de todo el mundo. Indica además que el nivel del agua subterránea durante la estación de verano era bajo (debido a la presencia de esclerocía) y que el material vegetal se componía de pequeñas porciones acumuladas de gimnospermas, coníferas, y ramas, raíces y hojas de plantas asociadas. Dando como resultado un carbón brillante de tipo *atríto-vitrain*.

*Análisis de los carbones de la mina La Vieja.* Los análisis de los carbones de la mina La Vieja, realizados en el Laboratorio Químico de Análisis e Investigación, sobre las muestras tomadas por la Comisión de hierro (ALVARADO, B., 1946), muestran que dichos carbones son de tipo *bituminoso*.

#### ANÁLISIS DE CARBÓN DE LA REGIÓN DE PACHO

Nº Análisis	4759	4760	4757
% Humedad	1.66	1.68	1.10
% Cenizas	24.38	2.84	2.50
% Materias volátiles	20.96	23.58	15.42
% Carbón fijo	50.00	71.90	80.98
% Coque	74.38	74.74	83.48

% Azufre . . . . .	0.52	0.48	0.60
% Nitrógeno . . . . .	1.22	1.50	1.52
% Hidrógeno . . . . .	4.95	....	7.55
Poder calorífico superior cal/gr. .	5.612	7.389	8.199

Bogotá, marzo de 1946.

4757. Veta 4. Mina El Bosque, camino Pacho-Tausa.  
 4759. Veta 2. Mina La Vieja, M. T. Fernández, carretera Zipaquirá-Pacho.  
 4760. Veta 3. Mina La Vieja, socavón Triana (“mina antigua”).

Como puede apreciarse, la cantidad de azufre de estos carbones es mínima, lo que hace que ellos o su coque sean aptos para su utilización en la industria siderúrgica.

#### TRABAJOS DE REFERENCIA

- REICHENBACH, R. (1934). — Contribución al conocimiento de los carbones de la Cordillera Oriental (cordillera de Bogotá). *Comp. Est. Geol. Ofic. en Colombia*, Tomo II, pp. 347-419, Bogotá.
- PABA SILVA, F. (1946). — Estudio microscópico de los carbones Eocenos de Cundinamarca, *Rev. Acad. Ciencias*, Vol. VII, Nos. 25/26, pp. 148-166, Bogotá.
- ALVARADO, B. (1946). — *Notas sobre yacimientos de carbón de la Cordillera Oriental* (vecinos a la futura planta siderúrgica de Paz de Río), Instituto de Fomento Industrial, Bogotá. Inédito.
- MASON, BRIAN (1952). — *Principles of Geochemistry*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

#### EL YACIMIENTO

Los terrenos de la mina La Vieja y los terrenos al N, pertenecientes a la mina El Bosque, son en sí un solo yacimiento en el cual no existen fallas tectónicas apreciables. Este yacimiento fue recorrido en unos 2 kilómetros al N de la mina La Vieja, y aunque los mantos de carbón no están completamente descubiertos en toda el área, se encontraron afloramientos que inducen a conceptuar que probablemente hay continuidad. Observaciones estereoscópicas de las fotografías aéreas (fotos 991 y 992 de la Faja O, correspondiente al vuelo C-421 del Trabajo 12A del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”, Bogotá) que corresponden al mencionado yacimiento, allegan otro elemento investigativo más, para aseverar el concepto ya emitido.

Del yacimiento se explotan actualmente en los terrenos de la mina La Vieja las siguientes vetas de carbón (véase atrás sucesión estratigráfica):

- a) la *veta 1*, manto 1C, de 0.65 m de espesor.
- b) la *veta 2*, formada por los mantos 5C y 6C, de 0.80 y 0.60 m respectivamente, con una solapa intermedia de arcillolita carbonácea de 1.00 m de espesor.
- c) la *veta 3*, formada por los mantos 8C y 9C, de 0.70 y 1.15 respectivamente, con una solapa intermedia de arcillolita carbonácea de 1.40 m de espesor y la cual disminuye en algunas partes hasta 0.60 m.
- d) la *veta 4*, formada por los mantos 10C y 11C, de 0.30 y 0.40 m respectivamente, con una solapa intermedia de arcillolita carbonácea de 0.70 m de espesor.

Todo el carbón extraído es generalmente de un tamaño menor de 4 centímetros, con excepción del carbón de la veta 4, donde un 80 por ciento es mayor de 10 centímetros de diámetro.

Además de las vetas explotadas actualmente, existen otras vetas que podrían serlo, y son ellas:

a) la *Veta La Virgen*, manto 13C, con un espesor de 1.20 m a una distancia, por cruzada horizontal en dirección S 65 W desde la veta 4, de 170 a 180 metros.

b) los mantos 14C y 15C de 0.60 y 0.45 m respectivamente, explorados en antiguos trabajos abajo del nivel 3.100 m de elevación.

Los mantos de carbón de espesores menores de 0.35 m se consideran actualmente no explotables; sin embargo, ellos pueden presentar ensanchamientos que los hagan económicamente beneficiables.

*Cubicación.* La presente cubicación es un cálculo de las reservas probadas, probables y posibles, existentes en los terrenos de la mina de carbón La Vieja sobre el nivel 2.927 m de elevación. Dicho nivel corresponde a la altura del túnel ("mina nueva") actualmente en desarrollo y el cual sirve de desagüe natural. Aunque el nivel de desagüe natural no es el límite inferior para la explotación de un yacimiento, sí lo es para una explotación fácil en el transporte interno y sin los altos costos que implica un bombeo constante, en un área por debajo del nivel de aguas subterráneas. Es posible todavía obtener desagües naturales a niveles más bajos de 2.927 m de elevación, por medio de túneles y galerías; pero sus costos tendrían que estudiarse y compararse con los de un posible bombeo para la escogencia del sistema más económico en inversión y mantenimiento.

Los afloramientos de carbón trazados en la plancha N° 3 corresponden, en su orden de izquierda a derecha, a la veta 1, la veta 2, la veta 3, la veta 4, la veta La Virgen, los mantos 14C y 15C, y el manto 16C.

La cubicación se llevó a cabo sobre la plancha N° 3, dentro del paralelogramo marcado aa'ee', de un área total de 176 hectáreas, de las cuales corresponden 92 a la propiedad de Fernández, del lado occidental, y el resto, 84 hectáreas, a los vecinos del lado oriental. Del total de las 176 hectáreas, 58 occidentales no poseen carbón por encontrarse expuesta en ellas la formación Guadalupe (no carbonífera) subyacente a la formación Guaduas. En la plancha N° 4 se muestra un diagrama de 5 secciones verticales, perpendiculares a la dirección general de los estratos, indicando en ellas las inclinaciones observadas y superpuestas de las diferentes vetas de carbón.

## RESERVAS EN LOS TERRENOS DE LA PROPIEDAD FERNANDEZ

A. *Reservas seguras* en la "mina nueva" explotables desde la falla del río Frío al S hasta el área explotada (plancha N<sup>o</sup> 3) al N, del nivel 2.927 metros de elevación hacia arriba, así:

Veta	Manto	Espesor	Longitud	M <sup>2</sup> explot. por veta	Volumen
1	1C				
2	5C	0.80	240.00	6.250	5.000
	6C	0.60	240.00	6.250	3.750
3	8C	0.70	350.00	16.000	11.620
	9C	1.15	350.00	16.000	19.020
4	10C	0.30	360.00	19.300	5.790
	11C	0.40	360.00	19.300	7.720

52.970 m<sup>3</sup>

52.970 x 1.2 = 63.564.

Total de Reservas Seguras 63.500 toneladas.

B. *Reservas probables* debajo del área explotada de la "mina anti-gua", del nivel 2.927 al 2.960 metros de elevación.

Veta	Manto	Espesor	Longitud	M <sup>2</sup> explot. por veta	Volumen
1	1C	0.65	450.00	18.500	12.025
2	5C	0.80	450.00	18.500	14.800
	6C	0.60	450.00	18.500	11.100
3	8C	0.70	450.00	18.500	12.950
	9C	1.15	450.00	18.500	21.275
4	10C	0.30	450.00	18.500	5.550
	11C	0.40	450.00	18.500	7.400

85.400 m<sup>3</sup>

85.400 x 1.2 = 102.480.

Total de Reservas Probables, 102.000 toneladas.

C. *Reservas posibles:*

a) En la veta La Virgen, desde el nivel 2.927 metros de elevación hacia arriba.

Veta	Manto	Espesor	Longitud	M <sup>2</sup> explot. por veta	Volumen
L. V.	13C	1.20	850.00	65.625	78.750

78.750 x 1.2 = 94.500.

b) El borde nororiental hacia el N del área explotada, desde el nivel 3.080 hasta el 3.400 metros de elevación.

Veta	Manto	Espesor	Longitud	M <sup>2</sup> explot. por veta	Volumen
1	1C	0.85	1.000	100.325	65.325
2	5C	0.80	1.000	77.500	62.000
	6C	0.60	1.000	77.500	46.500
3	8C	0.70	1.000	60.000	42.000
	9C	1.15	1.000	60.000	69.000
4	10C	0.30	1.000	40.000	12.000
	11C	0.40	1.000	40.000	16.000
					312.825 m <sup>3</sup>

$$312.825 \times 1.2 = 375.390 \pm 375.500.$$

Total de Reservas posibles 470.000 toneladas.

RESERVAS POSIBLES  
EN 84 HECTAREAS ORIENTALES A LA PROPIEDAD FERNANDEZ

desde el nivel 2.927 metros de elevación hacia arriba, así:

Veta	Manto	Espesor	Longitud	M <sup>2</sup> explot. por veta	Volumen
1	1C	0.65	1.000	393.250	255.610
2	5C	0.80	1.000	416.250	333.000
	6C	0.60	1.000	416.250	249.750
3	8C	0.70	1.000	433.750	303.625
	9C	1.15	1.000	433.750	498.810
4	10C	0.30	1.000	453.750	136.125
	11C	0.40	1.000	453.750	181.500
L. V.	13C	1.20	1.000	303.000	363.600
					2.322.020 m <sup>3</sup>

$$2.322.020 \times 1.2 = 2.786.424.$$

Total de otras Reservas posibles 2.780.000 toneladas.

LA MINA

Actualmente se extrae carbón de las nombradas "mina antigua" y "mina nueva"; el carbón extraído es totalmente coquizado en hornos de tipo colmena. Los hornos son de una capacidad aproximada de 4 toneladas de carbón por operación, cada una de las cuales demora 48 horas, obteniéndose aproximadamente 700 kilogramos de coque por tonelada de carbón. El calor y los gases producidos en los hornos se desperdician.

La "mina antigua", situada en la parte occidental de la quebrada La Vieja, se compone de dos galerías en dirección N 25 E, las cuales, con ayuda de otras guías, sirven para explotar las vetas 1 a 4 en una distancia aproximada de 450 metros de longitud, desde el nivel 2.960 metros de elevación, hacia arriba. El arranque se efectúa con simples picas de mano. El transporte interno del carbón se lleva a cabo en coches de madera que ruedan sobre rieles y son empujados por hombres. Una vez afuera el carbón, es depositado en el suelo, de donde se carga de nuevo en carretillas metálicas de mano, para llevarlo hasta los hornos de coque a una distancia de más de 100 metros.

La *mina nueva*, cuyo plano se muestra en la plancha N<sup>o</sup> 6, se compone de una cruzada en dirección S 67 E en el nivel 2.927 metros (nivel del piso de la administración 2.950 metros); con una ligera pendiente que permite el desagüe hacia afuera. Dicha cruzada llega hasta la veta 4, con una longitud de 96 metros, cortando: a los 22 m la veta 1; a los 54 m la veta 2; y a los 83.5 m la veta 3. Todas las vetas tienen una dirección general de N 28 E. La veta 1 se explotó unos cuantos metros hacia el SSW; hoy no se explota. La veta 2 es trabajada por una guía que se extiende 124 m hacia el SSW y 56 m hacia el NNE; esta guía necesita una ventilación regulada para evitar las explosiones ocasionadas por la presencia de grisú; *ya han ocurrido algunas explosiones*. La veta 3 es trabajada por una guía que se extiende 133 m hacia el SSW y 140 m hacia el NNE. En la veta 4 se comienza la apertura de la guía correspondiente.

El transporte interno utiliza tolvas para el cargue de los coches, que son empujados por hombres hasta afuera, donde descargan el carbón en una tolva de 40 toneladas de capacidad. Esta tolva sirve para cargar por gravedad directamente los camiones que transportan el carbón al patio de los hornos, aproximadamente unos 300 metros de distancia. El material estéril extraído se deposita fuera de la mina.

### *Otros datos sobre la mina.*

#### *Organización.*

##### Administración.

- 1 Ingeniero administrador.
- 1 Ayudante ejecutivo, mecánico.
- 1 Contabilista.

##### Obreros.

- 20 Mineros.
- 8 Cocheros.
- 4 Horneros.
- 8 Obreros de patio.

#### *Costo por metro de avance en el Desarrollo.*

Cruzada de transporte . . . . .	\$ 120.00
Guía de transporte . . . . .	60.00
Tambores de ventilación . . . . .	30.00

*Distribución del costo unitario de Explotación \$ 9.00/tonelada.*

- 45% Arranque.
- 22% Entibado.
- 33% Transporte interno.

*Mercado de la actual producción de coque. Aprox. 600 toneladas/mes.*

- 65% Planta de Soda. Zipaquirá.  
Concesión Salinas. B. de la R.
- 15% Fundiciones varias. Medellín.
- 10% Paz de Río (Boyacá).
- 7% Talleres de los FF. Nales.
- 3% Otros.

***Conclusiones.***

A. Que las reservas potenciales de carbón en los terrenos de la mina La Vieja (en la propiedad Fernández y 84 hectáreas orientales) son aproximadamente 3.4 millones de toneladas, de las cuales el 1.8% son reservas seguras, el 3.5% son reservas probables, y el resto, 94.7%, son reservas posibles.

B. Que la situación de la mina La Vieja es apropiada para compensar con carbón o coque la deficiencia de carga en los transportes entre Bogotá - Medellín y Bogotá - río Magdalena - Barranquilla.

C. Que la mina La Vieja puede explotarse sin problemas de bombeo, utilizando desagües naturales.

D. Que debido a la dirección y buzamientos de sus mantos de carbón, la mina La Vieja presenta condiciones apropiadas para aplicar en ella el método minero de pilares y tambores de explotación (véase esquema adjunto), utilizado originalmente por J. L. Williams en la mina Richard, Mt. Carmel, Pensilvania, Estados Unidos, con el cual se puede obtener una recuperación hasta del 90% del carbón de la mina, y consiste en la aplicación, durante sus diferentes etapas, de las siguientes normas:

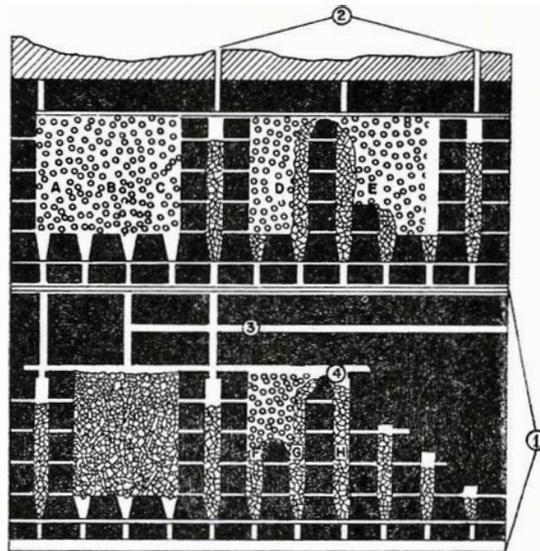
***Etapas de Desarrollo y Explotación Restringida.***

1) Aperturas de túneles y galerías de transporte cumpliendo las especificaciones técnicas de las pendientes, para el desagüe y el material rodante que se vaya a utilizar.

2) Apertura de tambores de explotación en las diferentes vetas de carbón, dejando pilares de un tamaño apropiado; y de pequeñas guías horizontales en diferentes niveles.

3) Entibado (colocación de madera) del área explotada en los tambores, con tacos de madera colocados a una distancia no mayor de 2 metros. Las guías mencionadas en el punto 2) se utilizan para el transporte de la madera y del personal a los frentes de trabajo.

ESQUEMA DEL METODO DE PILARES Y TAMBORES  
 DE EXPLOTACION PARA MINAS DE CARBON  
 CON MANTOS FUERTEMENTE INCLINADOS



A, B, C, D, —Pilares Explotados  
 E, F, G, H —Tambores de Explotación

- ① Galerias de Transporte
- ② Tambores para Ventilación y Entrada de Maderas
- ③ Pequeña Guia para el Personal de Arranque
- ④ Pequeña Guia para el Entibado

### *Etapa de Explotación intensiva.*

4) Arranque del carbón de los pilares (robbing pillars) en niveles que vayan descendiendo poco a poco, lo cual es posible cuando el techo haya sido completamente sostenido con el relleno de material estéril.

5) Conservar el área explotada abierta, con los tacos de madera, para ir llenando con la roca o material estéril, el que deberá solamente sacarse cuando esté completamente lleno el frente de trabajo. Algunos tacos de madera se pueden ir recuperando.

*Se llama la atención* sobre el sistema de trabajo en las vetas, el cual debe iniciarse para cada zona por la veta superior explotable, y en su orden las demás, así como el observarse que los pilares en las diferentes vetas coincidan en localización unos con otros, con el objeto de asegurar la *estabilidad de la mina*.

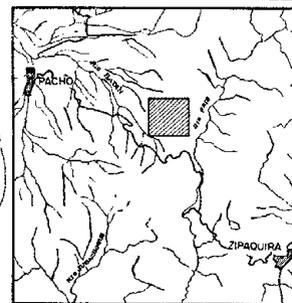
#### TRABAJOS DE REFERENCIA

- ZERN, E. N. (1928). — *Coal Miners' Pocketbook*, McCraw-Hill Co., Inc., New York.  
PEELE, ROBERT (1941). — *Mining Engineers' Handbook*, John Wiles & Sons, Inc., New York.

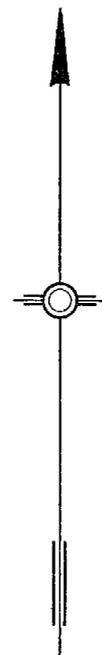
#### RECOMENDACIONES

- A. Comprobar las reservas posibles (94.7% de las reservas totales) continuando con la apertura de la guía 3 hacia el NNE, en la "mina nueva".
- B. Tratar de resolver el futuro problema del abastecimiento de maderas para la mina, sembrando árboles maderables aclimatados en la región.
- C. Planear el método de desarrollo y explotación de la mina.
- D. Aplicación del método planeado.

Manuscrito entregado en julio de 1958.

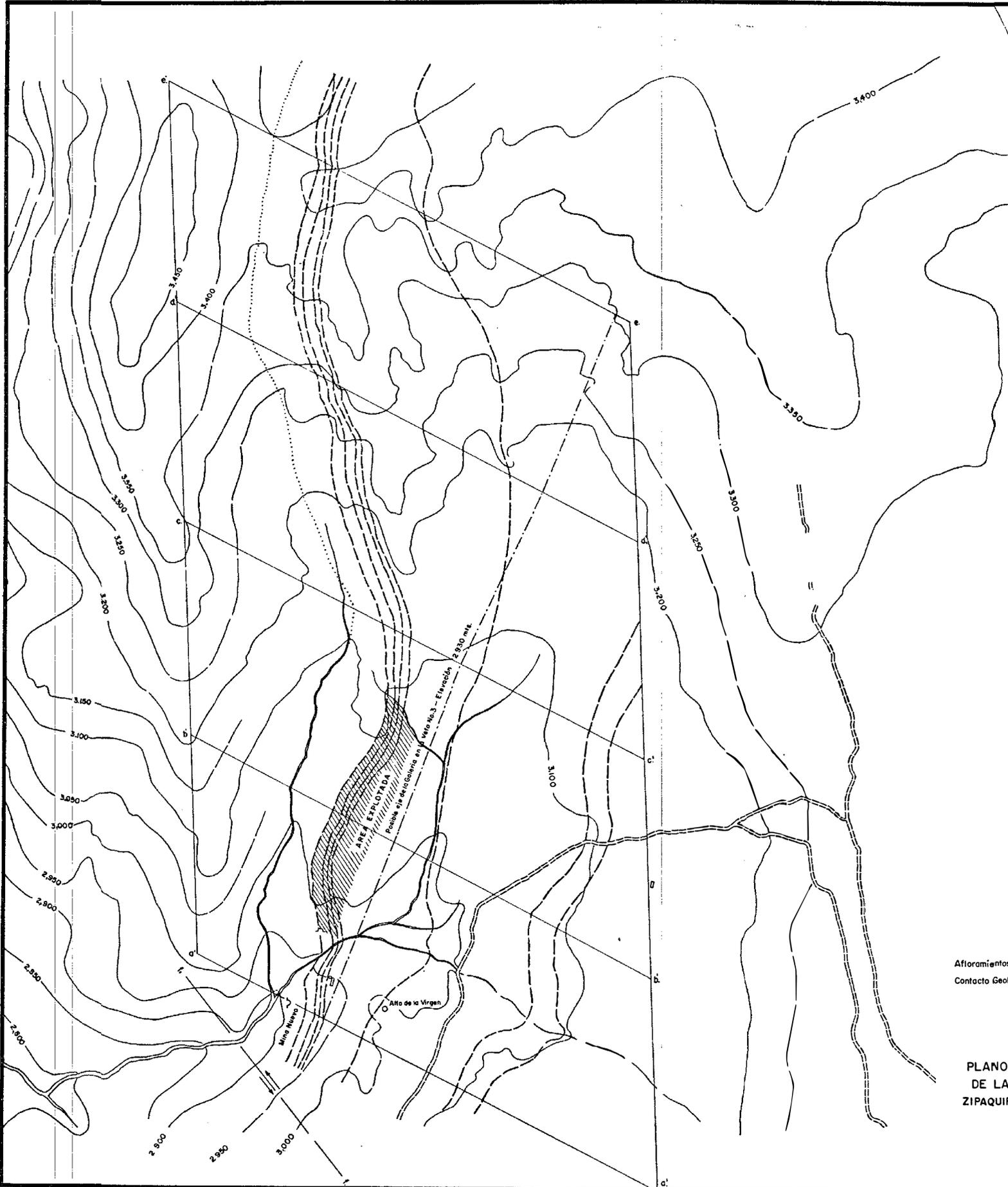


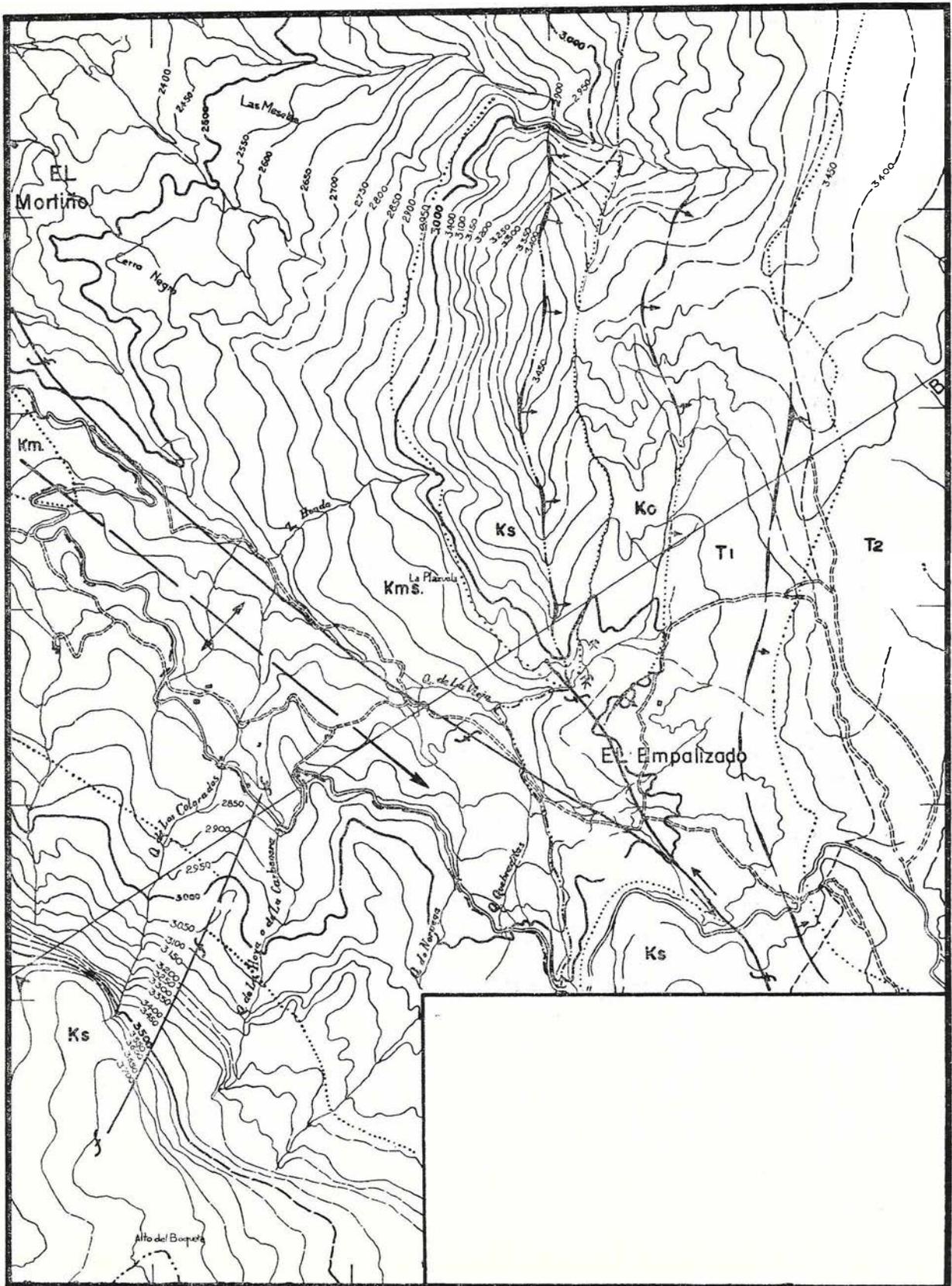
LOCALIZACION  
Escala 1: 250,000

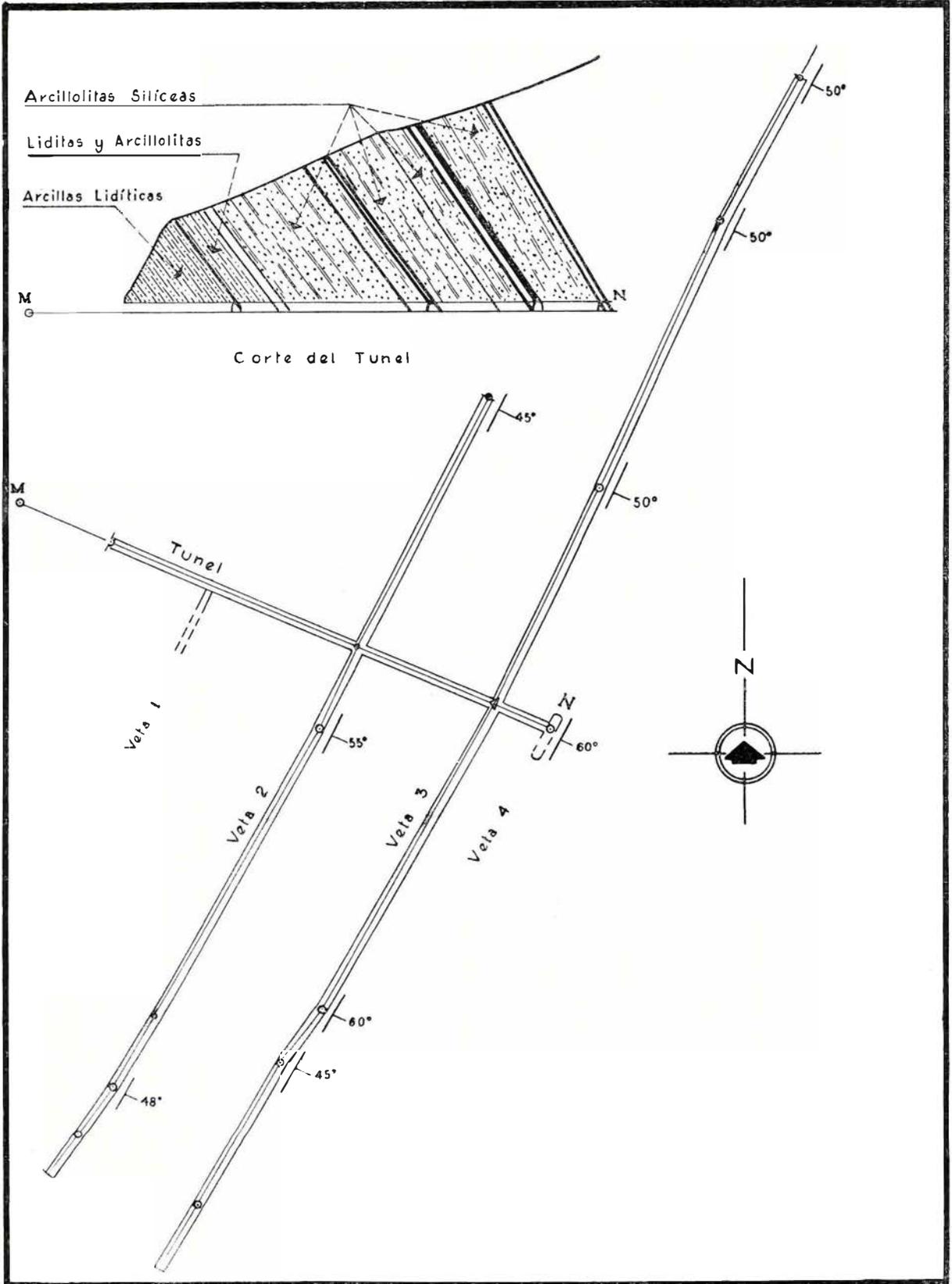


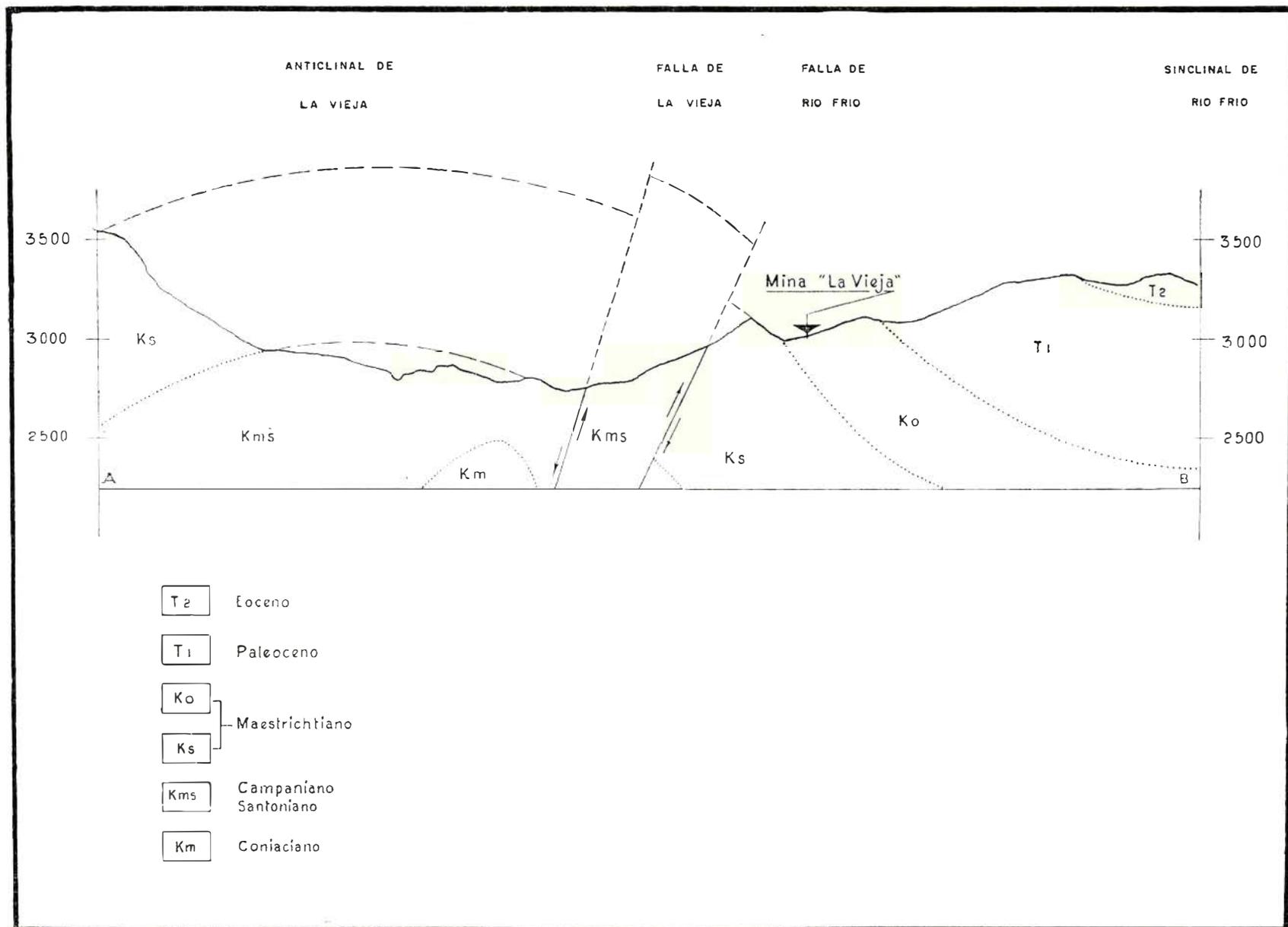
Afloramientos de Carbón ————  
Contacto Geológico ······

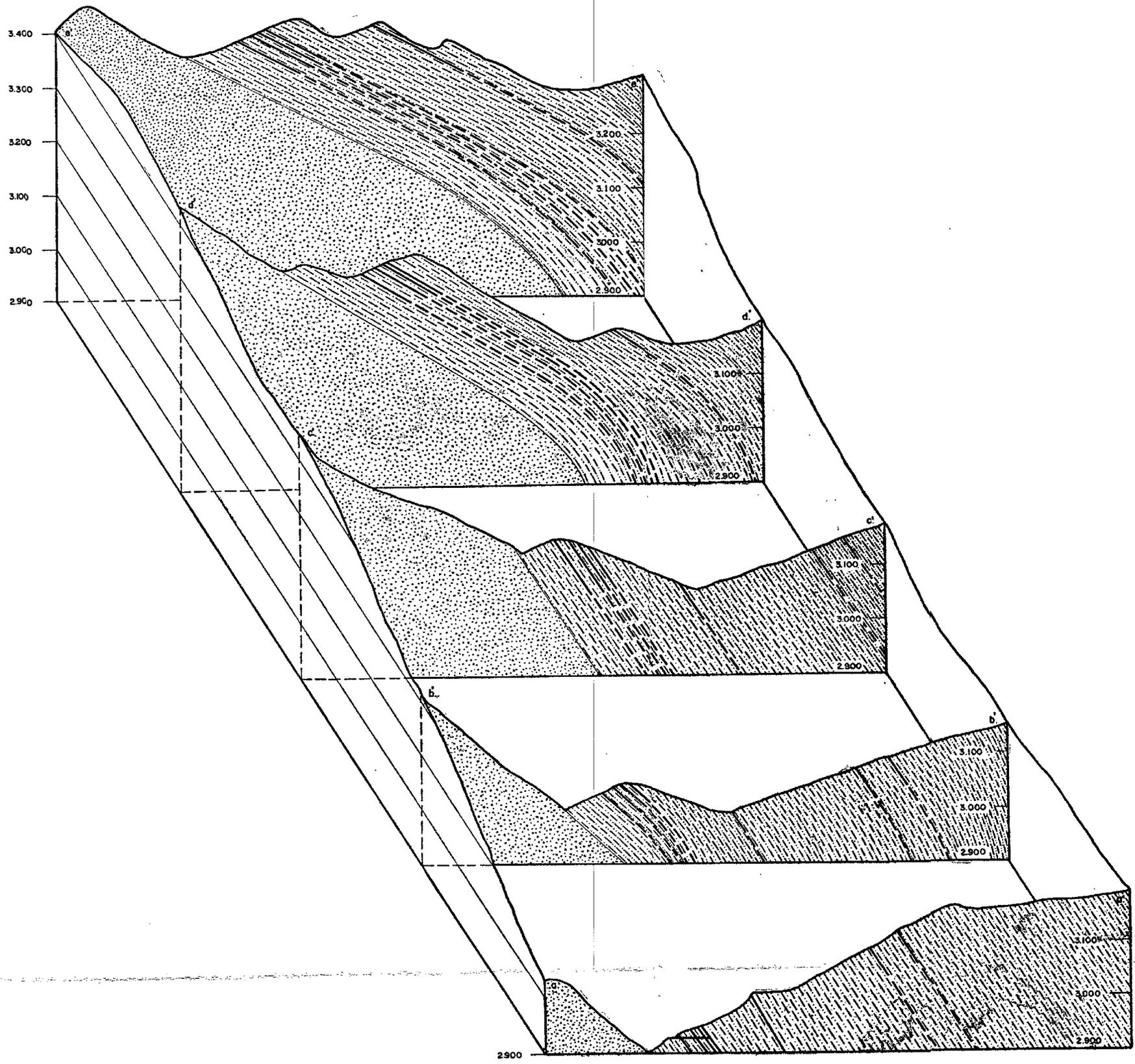
PLANO GEOLOGICO Y LOCALIZACION  
DE LA MINA DE CARBON "LAVIEJA"  
ZIQUIRA—Departamento de Cundinamarca





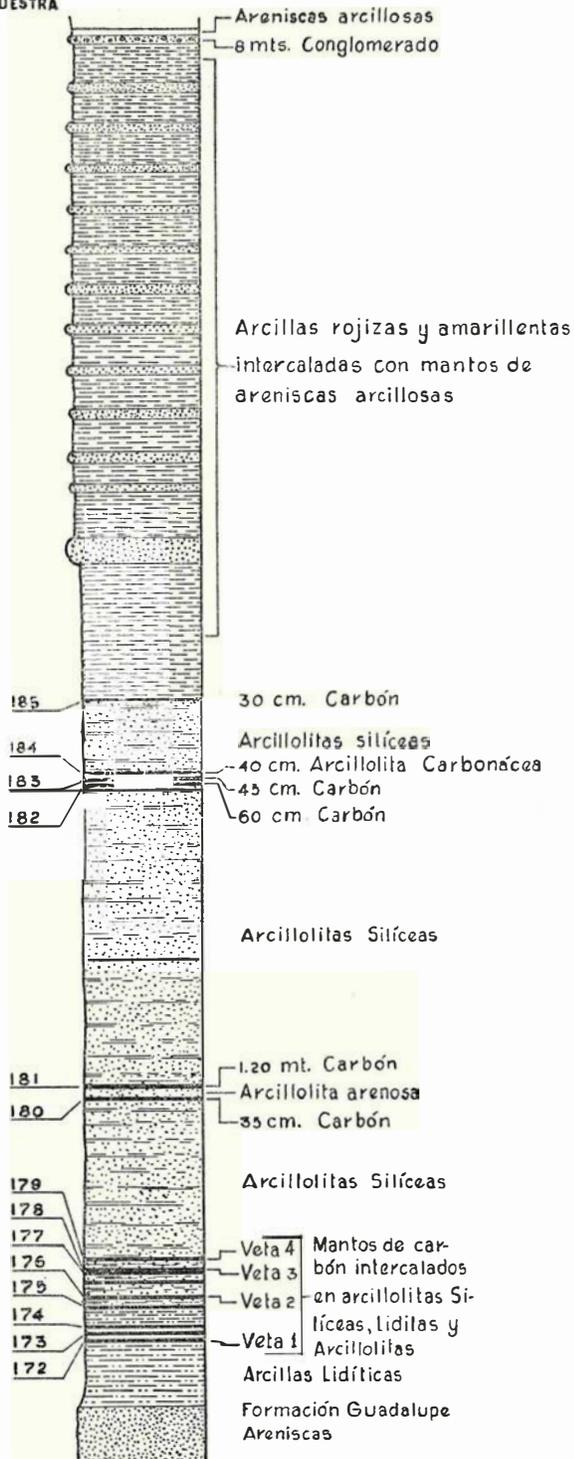






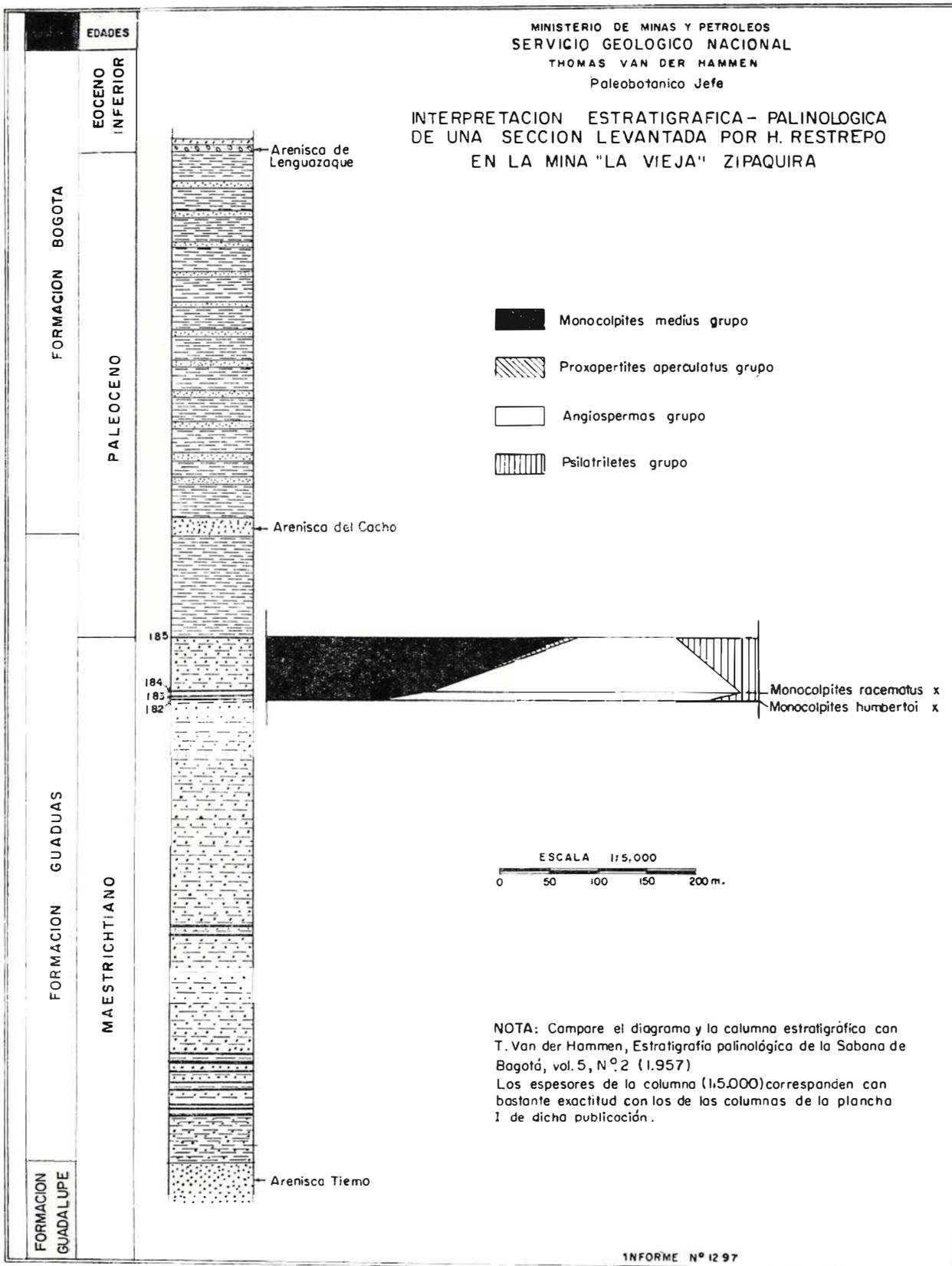
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL SECCION DE GEOLOGIA ECONOMICA	
<b>DIAGRAMA DE SECCIONES          DEL          YACIMIENTO DE CARBON DE          LA MINA "LA VIEJA" — ZIPAQUIRA, Cund.</b>	
ESCALA:	INFORME No. 1.297
GEOLOGIA:	HERNAN RESTREPO A.
TOPOGRAFIA:	PLANCHA No. 4 DE 6
DI BUJO: G. LA ROTTA A.	REFERENCIA ARCHIVO
FECHA: ABRIL DE 1.958	
LOCALIZACION: PLANCHA No. 3	

Nº  
MUESTRA



Nota: La mina de carbón "La Vieja" Esta situada en las coordenadas 1°055.625 N- 1°000.100 E ( Bogotá; 1°000.000 N- 1°000.000 E ). La Columna fue medida en dirección E, los buzamientos son hacia el E.

INTERPRETACION ESTRATIGRAFICA - PALINOLOGICA  
 DE UNA SECCION LEVANTADA POR H. RESTREPO  
 EN LA MINA "LA VIEJA" ZIPAQUIRA



NOTA: Compare el diagrama y la columna estratigráfica con T. Van der Hammen, Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá, vol. 5, N.º 2 (1.957)  
 Los espesores de la columna (1:5.000) corresponden con bastante exactitud con los de las columnas de la plancha I de dicha publicación.