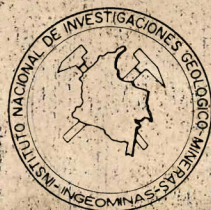


ISSN - 0120 - 1

# BOLETÍN GEOLÓGICO



GEOLOGIA DEL CUADRANGULO K-12, GUATEQUE

Por

Carlos Ulloa M. y Erasmo Rodríguez M.

ESTUDIO SOBRE DEPOSITOS DE BAUXITA EN CAUCA Y  
VALLE ESPECIALMENTE EN EL AREA DE MORALES-CAJIBIO

Por

Humberto Rosas C.

Volumen XXII, No. 1, pp. 1-84, 1979

Bogotá - Colombia

7-1701

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS

---

# BOLETIN GEOLOGICO

---

## INDICE GENERAL

	Página
C. Ulloa M. y E. Rodríguez M. Geología del Cuadrángulo K-12, Guateque. . . . .	3 - 56
H. Rosas G. Estudio sobre depósitos de Bauxita en Cauca y Valle, especialmente en el área de Morales - Cajibío. . . . .	57 - 84

EDITOR

Alberto Villegas Betancourt



Volumen XXII No. 1, pp. 1 - 84, 1979.  
Bogotá - Colombia  
ISSN - 0120 - 1425

Bol. Geol.  
Ingeominas

Precio de cada ejemplar:      En Ingeominas \$ 200.00 (US\$ 5.00)  
  Vía aérea            \$ 250.00 (US\$ 6.50)

Formato de Publicación :      17 x 24 cm.

El Boletín Geológico se publica en 3 números cada año en un formato de 17 x 24 cm.

Derechos Reservados por:

INGEOMINAS: Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras  
Carrera 30 No. 51-59, Apartado Aéreo No. 4865 - Bogotá D.E. Colombia S.A.

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

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
GEOLOGICO-MINERAS

GEOLOGIA DEL CUADRANGULO K-12, GUATEQUE

INFORME 1701

Por:

CARLOS ULLOA MELO

Y

ERASMO RODRIGUEZ MARTINEZ

BOGOTA, 1 9 7 6



## CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN - ABSTRACT . . . . .	8
INTRODUCCION . . . . .	8
LOCALIZACION - POBLACION Y VIAS DE COMUNICACION . . . . .	8
FISIOGRAFIA . . . . .	8
HIDROGRAFIA Y CLIMA . . . . .	12
ESTUDIOS ANTERIORES . . . . .	12
FINALIDAD, METODO DE TRABAJO Y PERSONAL PARTICIPANTE . . . . .	12
ESTRATIGRAFIA . . . . .	14
CUENCA DE LOS FARALLONES . . . . .	14
GRUPO QUETAME . . . . .	14
GRUPO FARALLONES . . . . .	14
FORMACION BATA . . . . .	16
GRUPO CAQUEZA . . . . .	16
<i>Calizas del Guavio . . . . .</i>	18
<i>Miembro Conglomerado de Miralindo . . . . .</i>	18
<i>Miembro Caliza de Malacara . . . . .</i>	18
<i>Miembro Lutitas de Las Mercedes . . . . .</i>	18
<i>Miembro Caliza de Las Mercedes . . . . .</i>	18
<i>Lutitas de Macanal . . . . .</i>	18
<i>Arenisca de Las Juntas . . . . .</i>	21
<i>Miembro Arenisca de El Volador . . . . .</i>	21
<i>Miembro Lutitas Intermedias . . . . .</i>	21
<i>Miembro Arenisca de Almeida . . . . .</i>	21
FORMACION FOMEQUE . . . . .	21
FORMACION UNE . . . . .	24
FORMACION CHIPAQUE . . . . .	24
CUENCA DE LA SABANA DE BOGOTA . . . . .	27
FORMACION GUADALUPE . . . . .	27
<i>Miembro Arenisca del Raizal . . . . .</i>	27
<i>Miembro Plaeners . . . . .</i>	27
<i>Miembro Arenisca de Labor . . . . .</i>	27
<i>Miembro Plaeners Superior . . . . .</i>	27
<i>Miembro Arenisca Tierna . . . . .</i>	27
FORMACION GUADUAS . . . . .	27
ARENISCA DE EL CACHO . . . . .	29
FORMACION BOGOTA . . . . .	29
CUENCA DE SOGAMOSO . . . . .	29
ARENISCA DE SOCHA . . . . .	30
ARCILLAS DE SOCHA . . . . .	30
FORMACION PICACHO . . . . .	30
FORMACION CONCENTRACION . . . . .	30
CUENCA DEL BORDE LLANERO . . . . .	31
GRUPO PALMICHAL . . . . .	31
ARCILLAS DE EL LIMBO . . . . .	31
ARENISCA DE EL LIMBO . . . . .	33
FORMACION SAN FERNANDO . . . . .	33
FORMACION DIABLO . . . . .	33
FORMACION CAJA . . . . .	33
FORMACION LA CORNETA . . . . .	34
CUATERNARIO . . . . .	34
TECTONICA . . . . .	35
REGION DE LOS LLANOS ORIENTALES . . . . .	35
REGION DEL SINCLINORIO DE NAZARETH . . . . .	35
REGION DEL ANTICLINORIO DE LOS FARALLONES . . . . .	35
ZONA ORIENTAL . . . . .	35
ZONA CENTRAL ORIENTAL . . . . .	35

	<u>Página</u>
ZONA CENTRAL OCCIDENTAL . . . . .	35
ZONA NORTE . . . . .	39
ZONA SUROCCIDENTAL . . . . .	39
REGION DEL SINCLINORIO DE LA SABANA DE BOGOTA . . . . .	39
<b>GEOLOGIA HISTORICA.</b> . . . .	39
CAMBRO ORDOVICIANO. . . . .	39
SILURIANO - DEVONIANO INFERIOR . . . . .	39
DEVONIANO MEDIO - CARBONIANO . . . . .	39
PERMICO - TRIASICO MEDIO . . . . .	39
TRIASICO SUPERIOR - JURASICO INFERIOR . . . . .	41
JURASICO MEDIO Y SUPERIOR . . . . .	41
CRETACEO. . . . .	41
TERCIARIO . . . . .	41
CUATERNARIO. . . . .	42
<b>GEOLOGIA ECONOMICA.</b> . . . .	43
<b>MINERALES METALICOS.</b> . . . .	43
<b>HIERRO.</b> . . . .	43
<i>Depósito de Ubalá</i> . . . . .	43
<i>Depósito de Sabanalarga</i> . . . . .	44
<i>Depósito de San Eduardo.</i> . . . . .	44
<i>Manifestación de Tominejas.</i> . . . . .	45
<i>Manifestación de Algodones</i> . . . . .	45
<i>Manifestación de Montecristo</i> . . . . .	46
<i>Manifestación de Las Minas.</i> . . . . .	46
<b>COBRE.</b> . . . .	46
<i>Cerro del Cobre.</i> . . . .	46
<b>PLOMO</b> . . . . .	47
<i>Cueva Oscura y San Rafael</i> . . . . .	47
<i>Quebrada Porras</i> . . . . .	48
<b>ZINC</b> . . . . .	48
<i>Vereda de Nazareth</i> . . . . .	48
<b>MANGANESO</b> . . . . .	48
<i>Quebrada Colorada</i> . . . . .	48
<b>MINERALES NO METALICOS.</b> . . . .	48
<b>CALIZA</b> . . . . .	48
<i>Región del Guavio.</i> . . . .	48
<b>CARBON</b> . . . . .	49
<b>ESMERALDAS.</b> . . . .	49
<b>YESO.</b> . . . .	49
<i>Afloramiento de Lusitania.</i> . . . .	49
<i>Afloramiento de Peña Blanca</i> . . . . .	50
<i>Afloramiento "Las Minas"</i> . . . . .	50
<i>Afloramiento de San Isidro</i> . . . . .	50
<i>Afloramiento de Pozuelos.</i> . . . .	51
<i>Afloramiento de Hayapompo</i> . . . . .	51
<i>Afloramiento de Muchilero</i> . . . . .	51
<b>BARITINA</b> . . . . .	51
<i>Afloramiento La Cascada</i> . . . . .	51
<b>ROCA FOSFORICA</b> . . . . .	51
<b>FUENTES SALADAS</b> . . . . .	52
<b>PETROLEO</b> . . . . .	52
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b> . . . . .	52
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	52
<b>BIBLIOGRAFIA CITADA</b> . . . . .	53

## FIGURAS

1. Mapa Índice de Colombia que muestra el área de estudio . . . . .	9
2. Mapa Fisiográfico del Cuadrángulo K-12 . . . . .	11
3. Mapa Pluviométrico del Cuadrángulo K-12. . . . .	13
4. Columnas Estratigráficas. Grupo Quetame y Farallones. . . . .	15
5. Columna Estratigráfica de la Formación Batá . . . . .	17
6. Columna Estratigráfica de las Calizas del Guavio . . . . .	19
7. Corte Esquemático con las localidades tipo de los miembros de las Calizas del Guavio . . . . .	20
8. Columna Estratigráfica de las Lutitas de Macanal y Areniscas de Las Juntas . . .	22
9. Cuadro comparativo de las nomenclaturas litoestratigráficas y edades del Grupo Cáqueza. . . . .	23
10. Columna Estratigráfica de las formaciones Fónèque-Une-Chipaque y Guadalupe.	25
11. Columna Estratigráfica del Cretáceo al Este de Santa María . . . . .	26
12. Columna Estratigráfica de las Formaciones Terciarias de las Cuencas de la Sabana de Bogotá y de Sogamoso . . . . .	28
13. Columna Estratigráfica del Terciario de la Cuenca del Borde Llanero. . . . .	32
14. Regiones Estructurales de la parte media de la Cordillera Oriental. . . . .	36
15. Mapa con las regiones y zonas Tectónicas del Cuadrángulo K-12 y áreas adyacentes . . . . .	37
16. Mapa Tectónico del Cuadrángulo K-12, Guateque . . . . .	38
17. Cuadro con los períodos sedimentarios, movimientos orogénicos y epirogénicos de la parte central de la Cordillera Oriental. . . . .	40

## PLANCHA

1. Mapa Geológico del Cuadrángulo K-12, Guateque. Publicado, 1975.

\* \* \*

## RESUMEN

En esta memoria se describe y discute la estratigrafía, la tectónica, la geología histórica y los recursos minerales del cuadrángulo K-12, Guateque, ubicado en la Cordillera Oriental de Colombia. En el área afloran únicamente rocas sedimentarias de edad pre-Devoniano a Pleistoceno y corresponden a 27 unidades estratigráficas que forman las cuencas de los Farallones, Sabana de Bogotá, Sogamoso y Borde Llanero. Se propone en el presente trabajo la creación de seis nuevas unidades que corresponden a: 1) Formación Batá, de edad Rético-Liásico, 2) Las Calizas del Guavio, Titoniano - Berriasiano Superior, 3) Lutitas de Macanal, Berriasiano - Valanginiano, 4) Areniscas de Las Juntas, Hauteriviano, 5) Grupo Palmichal, Cretáceo Superior, y 6) Formación La Cometa, Pleistoceno Superior.

La Cordillera Oriental, en el área de este trabajo, está constituida por cuatro regiones estructurales, las cuales se describen brevemente, lo mismo que las deformaciones evidenciadas en esta región.

Los recursos minerales del cuadrángulo están constituidos por los depósitos de minerales metálicos de hierro en Ubalá, Sabanalarga y San Eduardo y las ocurrencias de cobre, plomo y zinc en la región del Guavio; entre los no metálicos, se encuentran las esmeraldas, yeso, caliza, baritina, los cuales constituyen los principales recursos no renovables del área.

## ABSTRACT

The stratigraphy, tectonics, historic geology and mineral resources of the Guateque (K-12) Quadrangle, are discussed in this publication. The quadrangle is located in the Eastern Cordillera of Colombia.

Only sedimentary rocks, from pre-Devonian to Pleistocene age are present in the area and they are classified into 27 stratigraphic units, which form the Farallones, Sabana de Bogotá, Sogamoso and Borde Llanero basins.

Six new stratigraphic units are presented for consideration: 1) Bata Formation, of Retic-Liasic age, 2) Guavio Limestone, of Titonian-Berriasian age 3) Macanal Shale, of Berriasian - Valanginian age, 4) Las Juntas Sandstone, of Hauteriviano age, 5) Palmichal

Group, of late Cretaceous age, and 6) La Cometa Formation, of Late Pleistocene age.

The Eastern Cordillera, in this area, is composed of four structural regions, which are briefly described, as well as the deformations observed in the region.

The mineral resources in the Guateque quadrangle are the metallic deposits of iron in Ubalá, Sabanalarga and San Eduardo and the metallic occurrences of copper, lead and zinc, in the Guavio region; the non metallic mineral deposits, which constitute the main known mineral resources in the area are: emeralds (beryl), gypsum, limestone, and barite

## INTRODUCCION

## LOCALIZACION, POBLACION Y VIAS DE COMUNICACION

El cuadrángulo K-12, Guateque cubre un área de 4.800 km<sup>2</sup> entre latitud 5°15' y 4°34' N y longitud 73°00' y 73°33' W; está localizado en el borde este de la Cordillera Oriental (fig. 1) y hace parte del altiplano cundinamarqués-boyacence y la vertiente oriental Andina (Atlas de Colombia, p.82).

Los municipios de Guateque, Miraflores y Garagoa son las poblaciones más importantes dentro del área estudiada, por su población y desarrollo económico. La densidad de población de estas localidades varía de 25.000 a 35.000 habitantes y están comunicadas con Bogotá y Tunja por una red de carreteras en buen estado. Los demás municipios del área estudiada, con menos de 15.000 habitantes, dependen principalmente de la agricultura ganadería y en menor escala de la minería.

## FISIOGRAFIA

Para fines prácticos de descripción, se ha dividido el área del cuadrángulo K-12 en tres zonas fisiográficas (fig. 2).

- I. Zona plana de los Llanos Orientales, localizada en el extremo sur oriental del cuadrángulo y constituida por terrazas.



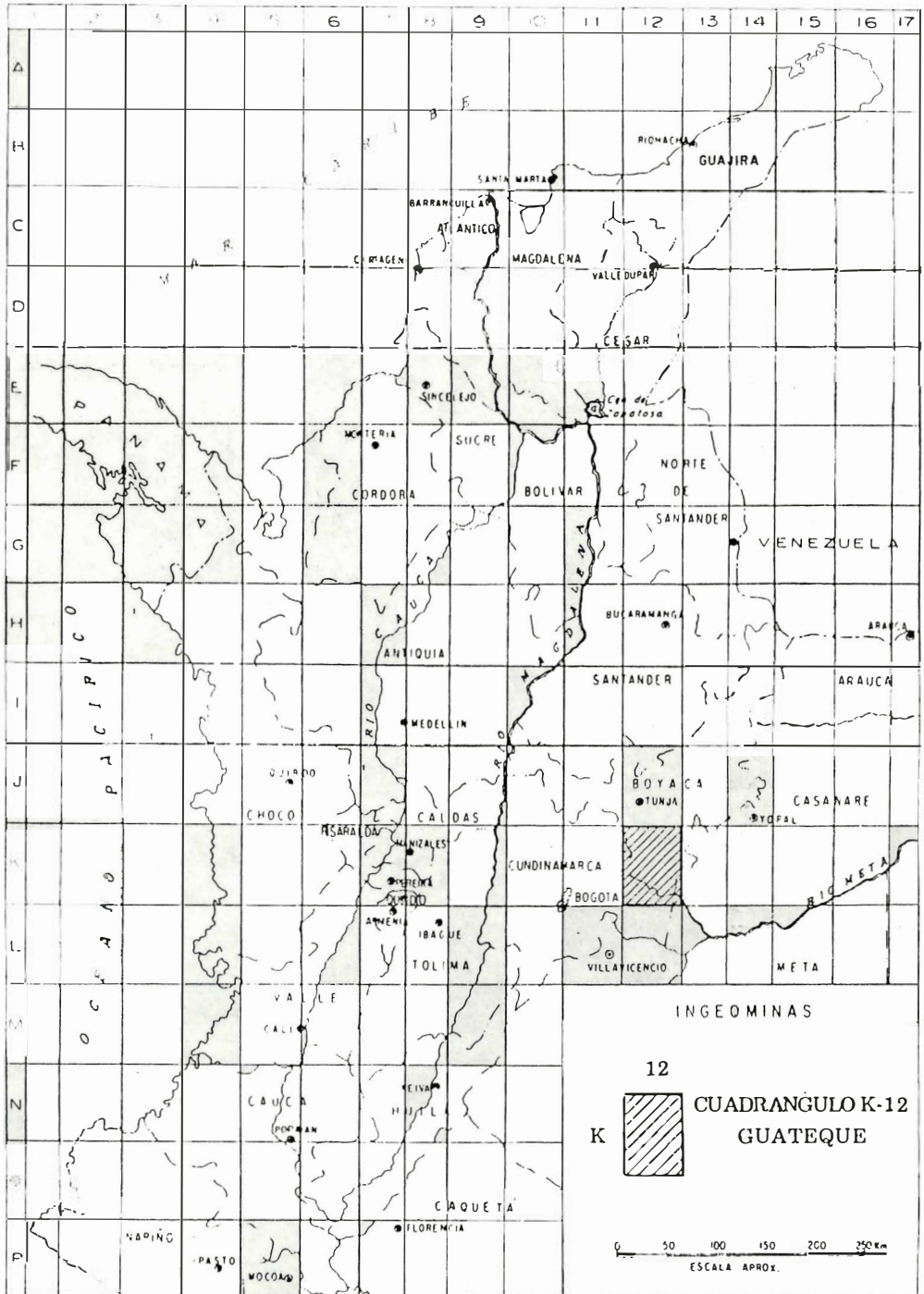
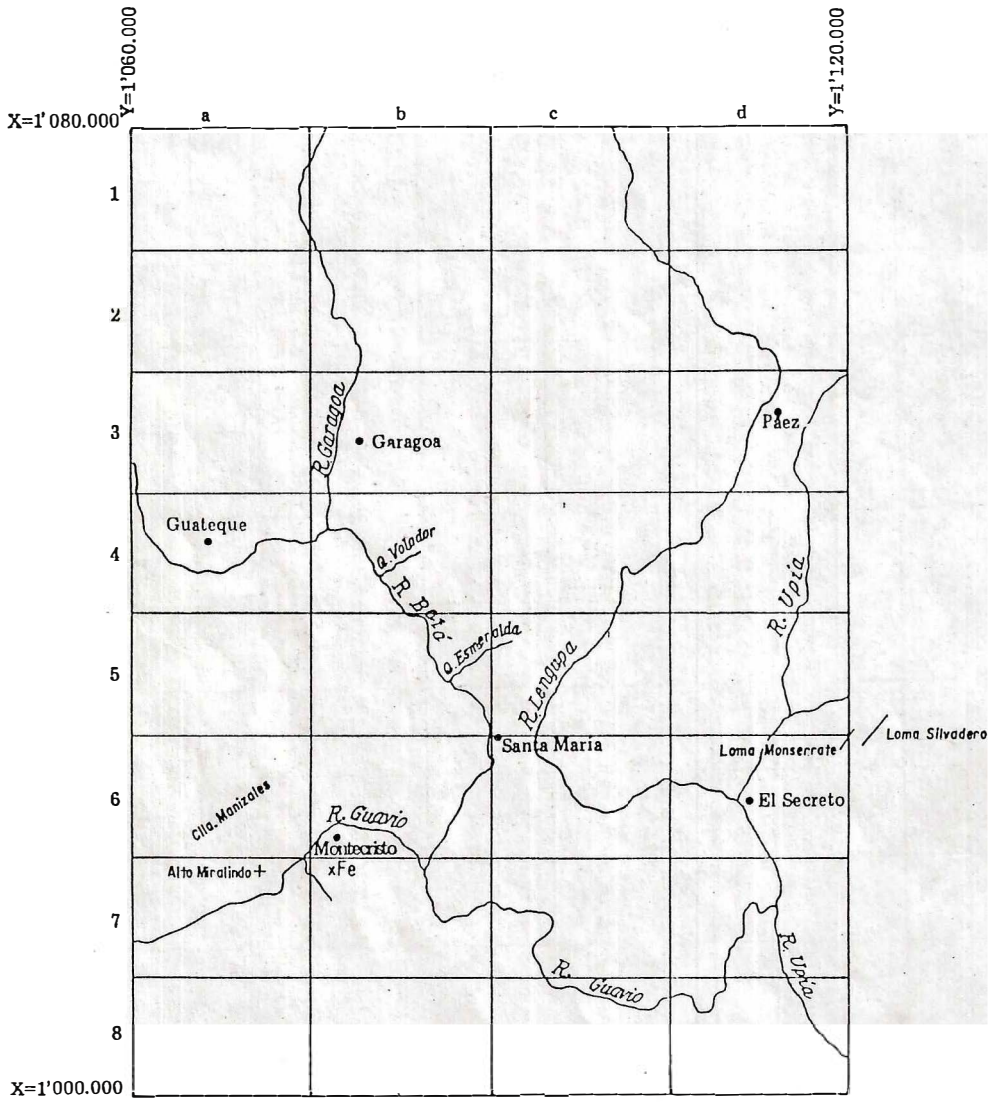


FIG. 1. LOCALIZACION DEL CUADRANGULO K-12, GUATEQUE.



CUADRANGULO K-12, GUATEQUE

ESQUEMA DE LOCALIZACION DE ALGUNOS LUGARES CITADOS  
EN EL TEXTO NO INDICADOS EN LA PLANCHA I (CUADRANGULO K-12)





- II. Zona de topografía ondulada, localizada en aquellas áreas donde afloran rocas de poca consistencia y cuyas alturas oscilan entre 600 y 2.600 m sobre el nivel del mar.
- III. Zona de grandes escarpes, con alturas hasta 3.600 m sobre el nivel del mar, formadas por las rocas resistentes que afloran en el área y en donde los ríos forman estrechos y profundos cañones.

### HIDROGRAFIA Y CLIMA

La red hidrográfica del área estudiada está constituida por los ríos Garagoa, Somondoco, Batá, Guavio, Lengupá, Upía y los principales afluentes a éstos (fig.2). El río Garagoa recorre la parte noroeste del cuadrángulo en una extensión de 35 km y dirección norte-sur. Este río junto con el Somondoco originan el Batá, el cual va a desembocar al río Guavio, 2 km al sureste de la población de Mámbita. El río Guavio atraviesa el área sur del cuadrángulo en una extensión de 65 km y una dirección oeste-este para luego desembocar al Upía, 1 km al sureste de la Inspección de San Carlos. El río Lengupá recorre la zona noreste del área investigada en dirección norte-sur y este-oeste en una extensión aproximada de 70 km, desembocando luego al Upía, 5 km al sureste de la Inspección de Santa Teresa. El río Upía atraviesa el área estudiada en una extensión de 60 km y dirección norte-sur, desembocando al río Meta perteneciente a la cuenca hidrográfica del Orinoco.

En el área predominan las tierras templadas y frías, cuyas temperaturas anuales varían entre 22° y 15° C y con alturas que oscilan entre los 1.000 y 3.600 m sobre el nivel del mar; las tierras calientes están localizadas en el extremo suroriental cubriendo aproximadamente un 30% del área total y corresponden a las zonas con depósitos terciarios del borde Llanero y a la región plana de los Llanos Orientales.

Los datos tomados de 18 estaciones pluviométricas (1970) arrojan una precipitación anual de 33.268,9 mm (10.908 pies) cuya distribución en las diferentes áreas del cuadrángulo se muestra en la figura 3.

### ESTUDIOS ANTERIORES

En el área del cuadrángulo K-12, Guateque y en áreas adyacentes se han realizado

estudios que se remontan al siglo pasado, Hettner, A. (1892); Lleras, C. (1925); Kehrer, G. (1933) y Scheibe, R. (1938).

Con la creación del Servicio Geológico Nacional (1938), se realizaron numerosos trabajos geológicos, destacándose los efectuados por Suárez, H. (1945), Hubach E. (1951) y Bürgl, H. (1957), los cuales han servido de base para el conocimiento estratigráfico de la Cordillera Oriental.

Otros trabajos de gran valor, realizados durante el Servicio Geológico Nacional y el Inventario Minero, fueron los efectuados por Renzoni, G. (1965, 1969), Segovia, A. (1965) y McLaughlin, D. y Arce, M. (1969).

En años recientes, las compañías petroleras, tales como Shell, Texaco e Intercol, han efectuado cartografía geológica detallada y perforaciones en áreas del cuadrángulo K-12, parte de la cual ha sido consultada por los autores del presente trabajo.

### FINALIDAD, METODO DE TRABAJO Y PERSONAL PARTICIPANTE

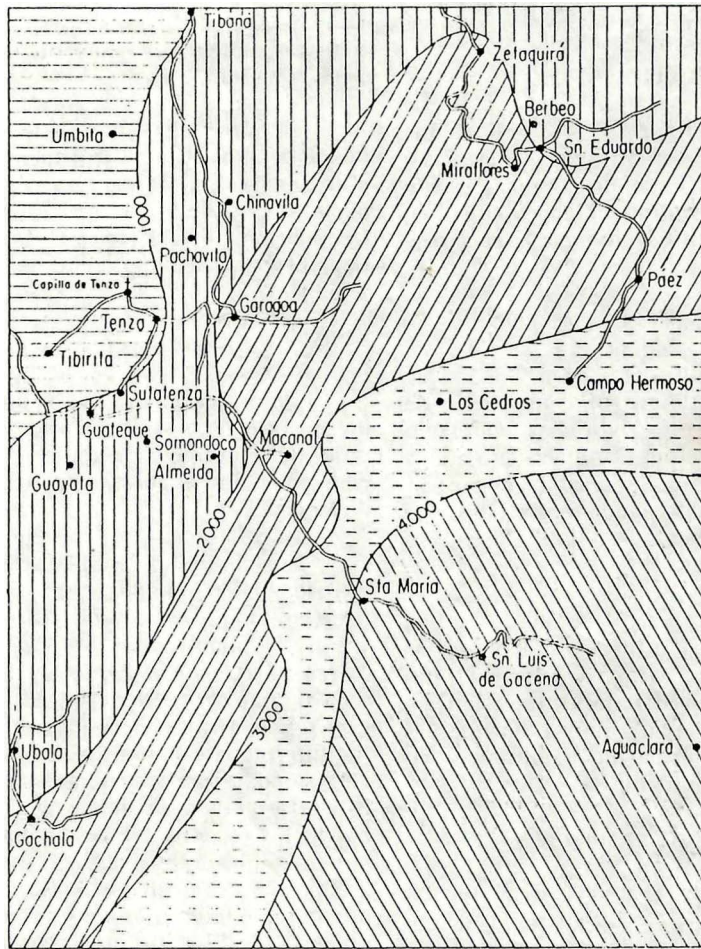
El estudio del cuadrángulo K-12, Guateque, se realizó con el fin de continuar la cartografía geológica regional y la prospección de los recursos minerales de la parte central de la Cordillera Oriental, labores realizadas por intermedio de la Oficina Regional de Sogamoso.

El método de trabajo empleado en este estudio consistió en el levantamiento de secciones geológicas que sirvieron de base para la elaboración de un mapa fotogeológico que posteriormente fue verificado en el campo.






Para la realización de la cartografía geológica se utilizaron mapas a escala 1:50.000, con base en cartas topográficas a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi; también se emplearon fotografías aéreas a escala aproximada 1:60.000 del mismo Instituto.

Las labores de campo de este cuadrángulo, se llevaron a cabo durante los años 1968 a 1970 y en ellas participaron los geólogos Alaix R. Alvaro, Castillo P. Luis E., Echeverry M. Virgilio, Escovar R. Ricardo, Fanta V. Pablo, Forero S. Alberto, Guerra Z. Alvaro, Muñoz C. Jorge, Pacheco H. Adolfo, Rodríguez M. Erasmo y Ulloa M. Carlos.





LEYENDA

-  Precipitación menor de 1000 m.m.
-  Precipitación entre 1000 y 2000 m.m.
-  Precipitación entre 2000 y 3000 m.m.
-  Precipitación entre 3000 y 4000 m.m.
-  Precipitación mayor de 4000 m.m.

CONVENCIONES



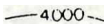
-  Carreteras
-  Poblaciones
-  Curvas Isométricas



FIGURA 3. MAPA PLUVIOMETRICO DEL CUADRANGULO K-12 GUATEQUE

Los análisis petrográficos fueron efectuados por Alvaro Guerra y Humberto González, y los paleontológicos por Diana Gutiérrez y Alberto Forero.

### ESTRATIGRAFIA

En el cuadrángulo K-12, Guatemala, afloran rocas sedimentarias pertenecientes a las cuencas de los Farallones, Sabana de Bogotá, Sogamoso y Borde Llanero (fig. 17), cuya edad va del pre-Devoniano al Pleistoceno.

### CUENCA DE LOS FARALLONES

Los sedimentos de la cuenca de los Farallones se depositaron sobre un zócalo de rocas cristalinas pre-cambrianas cubriendo gran parte de la actual Cordillera Oriental; a finales del Cretáceo Superior la cuenca se subdividió en varias cuencas entre las cuales están la de la Sabana de Bogotá, Sogamoso y Borde Llanero.

En la cuenca de los Farallones se han distinguido de más antigua a más joven las siguientes unidades: Grupo Quetame, Grupo Farallones, Formación Batá, Grupo Cáqueza; formaciones Fómeque, Une y Chiquaque, las cuales tienen una edad de Cambro-Ordoviciano a Cretáceo Superior.

### GRUPO QUETAME (COq)

El nombre del Grupo Quetame fue dado por Campbell, C. y Bürgl, H. (1965, p. 570), para designar una serie de estratos de bajo grado de metamorfismo que afloran en la margen este de la Cordillera Oriental (carretera Bogotá - Villavicencio).

En el presente trabajo se sigue el mismo criterio de los autores originales para designar las rocas expuestas en forma de ventanas en los cañones de los ríos Guavio y Batá (Pl 1, cuadrículas 5b y 6b).

La unidad en la carretera Las Juntas - Santa María de Batá, está constituida por: 200 m (conjunto A) de areniscas de grano fino, cuarcitas de color verde con intercalaciones de filitas verdes y moradas; le suprayacen 555 m (conjunto B) de filitas gris verdosas y cuarcitas algo conglomeráticas de color gris claro. Su espesor medido fue de 755 m (fig. 4). El contacto inferior del Grupo Quetame se observó limitado por la falla de la quebrada la Esmeralda y el Superior in-

frayaciendo en discordancia angular a los estratos basales del Grupo Farallones.

Esta unidad, por sus características litológicas indica un ambiente marino, de aguas someras.

La edad del Grupo no se pudo determinar con exactitud y solamente se puede afirmar que se trata de rocas del pre-Devoniano. Algunos autores han interpretado el Quetame como una facies metamórfica del Grupo Güejar, Trumphy, 1943 (en Julivert, M. 1968 p. 474).

### GRUPO FARALLONES (CDf)

El nombre de Grupo Farallones fue dado por Segovia, A. (1963), para designar una serie de limolitas, arcillolitas, areniscas y conglomerados expuestos en los Farallones de Medina.

Para el estudio de esta unidad, su autor se basó en las columnas estratigráficas levantadas en el Caño de La Mina (Alto de Bojará), y entre Miralindo Viejo y el Caño de La Mina (camino Gachalá - Medina); el espesor de cada una de las secciones es de 800 m, con características litológicas diferentes, lo cual fue interpretado como un cambio de facies del Grupo. Al correlacionar estas secciones con la levantada en el cañón del río Batá donde los estratos del Grupo Farallones se presentan bien expuestos, con un espesor de 2.200 m y no afectados tectónicamente, se observó que la sección del Caño de La Mina presenta similitud litológica con la parte inferior de la sección del río Batá y la de Miralindo con la superior de la misma sección. Por esta razón aquí se redefine el Grupo y se establece como localidad tipo el Cañón del río Batá (fig. 4).

El Grupo Farallones, en su localidad tipo está constituido por 110 m (conjunto A) de areniscas cuarzosas, de grano fino a conglomeráticas con guijos de cuarzo hasta de 1 cm; 180 m (conjunto B) de limolitas y arcillolitas grises oscuras con dos niveles fosilíferos; 850 m (conjunto C) de cuarcitas y argilitas grises, verdes y violetas; su techo lo constituyen 1.090 m (conjunto D) de argilitas, cuarcitas y conglomerados con intercalaciones de caliza.

En el área del Guavio, entre Mámbita y Montecristo, solamente se observaron la parte basal y superior del grupo con las mismas características litológicas a las descritas en la

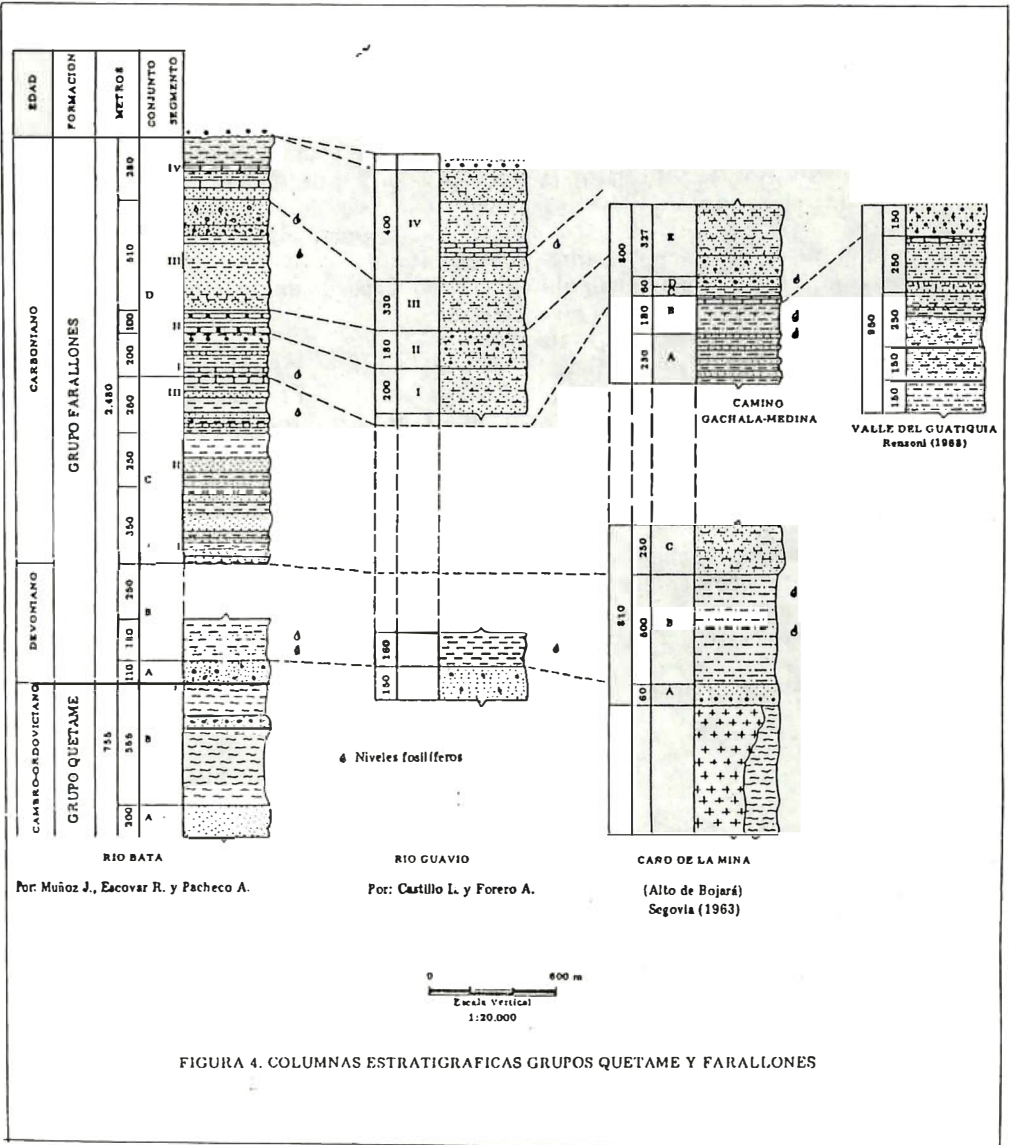


FIGURA 4. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS GRUPOS QUETAME Y FARALLONES

localidad tipo (fig. 4). Estas rocas, suprayacen en discordancia angular a los estratos del Grupo Quetame e infrayacen inconformemente a la Formación Batá.

Esta unidad fue depositada en un ambiente marino de aguas poco profundas, de circulación restringida a abierta.

La edad de Devónico Medio-Carboniano dada por Segovia, A. (1963) para los estratos del Grupo Farallones es confirmada en el presente trabajo, con base en fauna colectada en las áreas de los ríos Batá y Guavio, la cual fue clasificada por Forero A. (1970).

El límite entre el Devoniano - Carboniano en la sección del río Batá no pudo observarse por encontrarse cubierto por el aluvión de la quebrada Las Moyas. Bürgl, H. (1960b) sugiere una falla en el límite Devoniano-Carboniano. Stibane, F. (1966) descarta esta posibilidad, la cual es compartida por los autores del presente trabajo, ya que la serie en esa localidad se presenta continua a cada lado de la quebrada Las Moyas, y además, Segovia, A. (1963), describe en el Alto de Bojará (L-12) una secuencia de cuarcitas y limolitas descansando concordantemente a una serie de 500 m, compuesta de limolitas y lutitas negras, que al ser correlacionadas con las secciones levantadas en el presente trabajo corresponderían al límite Devoniano-Carboniano (fig. 4).

#### FORMACION BATA (Jb)

Se propone en este trabajo el nombre de Formación Batá para designar un conjunto de 1.160 m, compuesto por conglomerados, limolitas y areniscas que afloran en el cañón del río Batá, carretera Guateque - Santa María (fig. 5).

Bürgl, H. (1960b, p. 181) describió en la misma localidad un conjunto de estratos con un espesor de 1.300 m, que denominó Liásico del río Batá. Radelli, L. (1967, p. 105) denominó estos mismos estratos como Formación Santa María, pero sin hacer una descripción litológica de la unidad.

La unidad en el cañón del río Batá, está constituida por 70 m (conjunto A) de conglomerados con cantos de arcillolitas, cuarcitas y cuarzo en una matriz limolítica de color verde rojizo; 625 m (conjunto B) compuestos por limolitas silíceas, micáceas; arcillolitas; areniscas cuarzosas, de grano fino

a medio cuarcitas y conglomerados, estos últimos con cantos subredondeados a redondeados de limolitas y cuarcitas en una matriz limolítica; en este conjunto predominan los colores verdes y violetas; le suprayacen 265 m (conjunto C) compuestos por una alternancia de areniscas cuarzosas, de grano fino a medio, conglomerados y lutitas grises claras a oscuras con niveles fosilíferos; su techo lo constituyen 200 m (conjunto D), compuestos de areniscas cuarzosas, grises oscuras, de grano fino a medio, estratificadas en bancos hasta 80 cm de espesor con intercalaciones de lutitas negras compactas, las cuales predominan en la parte superior. En este conjunto se observan marcas de oleaje y niveles fosilíferos. Esta unidad en su localidad tipo alcanza un espesor de 1.160 m (fig. 5).

El contacto inferior de la Formación Batá se encontró descansando inconformemente sobre los estratos del Grupo Farallones y el superior infrayaciendo en contacto fallado los estratos del Grupo Cáqueza.

Las características litológicas de esta unidad indican un ambiente continental a marino de aguas de poca profundidad.

En la parte superior de esta unidad se colectó fauna que fue clasificada por Diana Gutiérrez como del Liásico, lo cual está de acuerdo con la edad establecida por Bürgl, H. (1960b, p. 181). Los estratos inferiores de esta unidad sin fauna, pueden corresponder al Rhético.

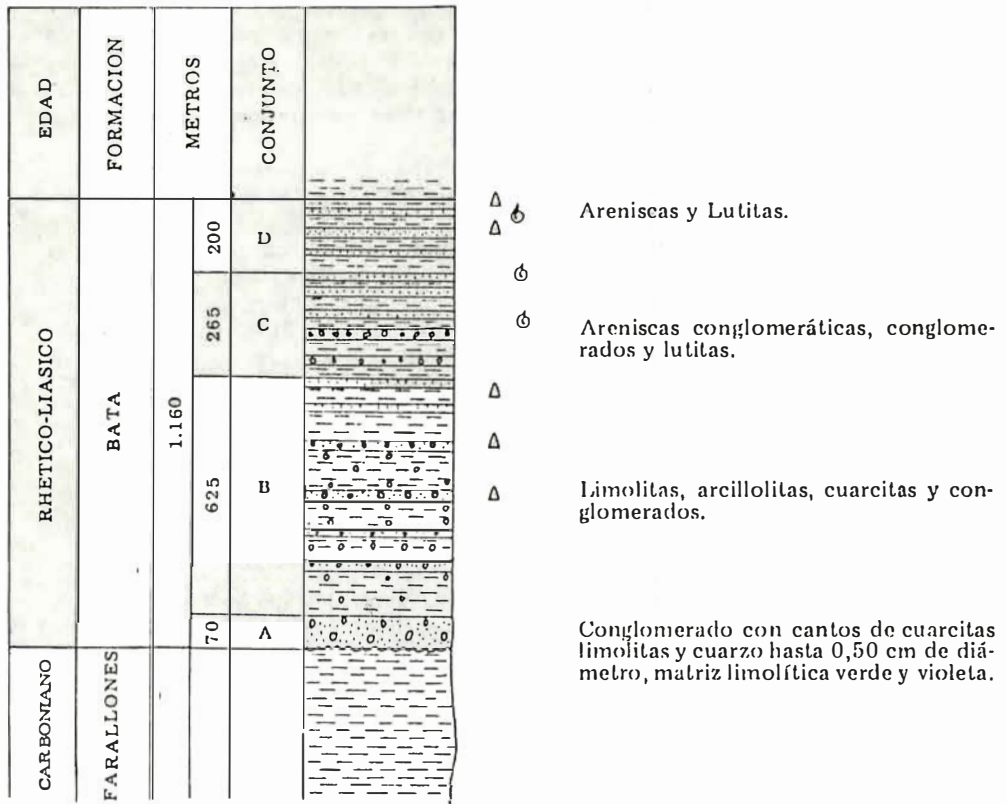
La parte inferior del Grupo Arlita (Segovia, 1963), parece corresponder a la superior del conjunto C y a la inferior del conjunto D de la Formación Batá.

#### GRUPO CAQUEZA (Kic)

El nombre de Grupo Cáqueza fue dado por Hubach, E. (1957), estableciendo su localidad tipo en la carretera Bogotá - Villavicencio, entre el puente de Cáqueza y la población de Quetame. El autor subdividió el Grupo en siete conjuntos, dándole únicamente el carácter de Formación a su parte superior, que denominó Arenisca de Cáqueza,

En el presente trabajo se subdivide el Grupo Cáqueza en tres formaciones que en orden ascendente corresponden a: Calizas del Guavio, Lutitas de Macanal y Areniscas de Las Juntas.





Cañón del Río Batá.  
 Por: Ulloa C.

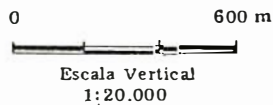


FIG. 5. COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION BATA.

*Calizas del Guavio (Kicg)*

Se propone esta unidad para designar un conjunto de conglomerados, lutitas y calizas que afloran en el extremo suroccidental del cuadrángulo K-12. Su localidad tipo se ha establecido entre el Alto de Miralindo y la Cuchilla de Manizales (Pl. 1, cuadrículas 6a y 7a). La Formación se ha dividido en 5 miembros que de más antiguo a más joven corresponden al Conglomerado de Miralindo, Lutitas de Miralindo, Caliza de Malacara, Lutitas de Las Mercedes y Caliza de Las Mercedes (figs. 6 y 7).

*Miembro Conglomerado de Miralindo (Kigm).*- Su localidad tipo se establece en el Alto de Miralindo, donde está constituido por cantos redondeados de areniscas, cuarcitas, limolitas y filitas hasta de 10 cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa y con un espesor superior a los 500 m. En las localidades de Golpe de Agua y río Farallones, el Miembro Conglomerado de Miralindo, presenta espesores de 50 y 150 m respectivamente.

*Miembro Lutitas de Miralindo (Kiglm).*- Este miembro se puede observar entre las cuchillas de San Fernando y San Isidro, con un espesor de 80 m. Está compuesto de lutitas negras, las cuales unas veces reposan concordantemente sobre el Miembro Conglomerado de Miralindo, y otras discordantemente al Grupo Farallones. El espesor de este miembro en el área del río Farallones es solamente de 30 m.

*Miembro Caliza de Malacara (Kigcm).*- En la localidad del Cerro de Malacara, el miembro está constituido en su base por 80 m de calizas grises claras, macizas, con delgadas intercalaciones de lutitas negras; la parte intermedia por 225 m de lutitas negras y limolitas grises oscuras a negras con lentejones de calizas y su techo por 105 m de calizas macizas, grises oscuras.

En la región del río Farallones (confluencia de la quebrada El Gusano y río Farallones), este miembro está formado por 15 m de conglomerados con cantos de areniscas, cuarcitas y limolitas, hasta de 10 cm de diámetro; le suprayacen 25 m de cuarcitas y areniscas cuarzosas de grano fino a mediano y 10 m de caliza arenosa, gris clara.

*Miembro Lutitas de Las Mercedes (Kiglm).*- En la localidad de Las Mercedes (pl-1, cuadrícula 7a) el miembro está compuesto de lutitas y limolitas negras, fosilíferas con lentejones de calizas hacia la parte media con un espesor total de 250 m. Con base en perforaciones efectuadas en el área del río Farallones, quebrada El Gusano, el miembro tiene, en esta localidad, un espesor de 40 m.

*Miembro Caliza de Las Mercedes (Kigcm).*- Consta de calizas micríticas grises oscuras con intercalaciones de areniscas cuarzosas, de grano medio y lutitas negras con un espesor de 120 m. En el área del río Farallones, quebrada El Gusano, este miembro está constituido en su totalidad por calizas arenosas con un espesor de solamente 10 m.

Las Calizas del Guavio se depositaron en un ambiente marino, en aguas probablemente bien oxigenadas y de poca profundidad.

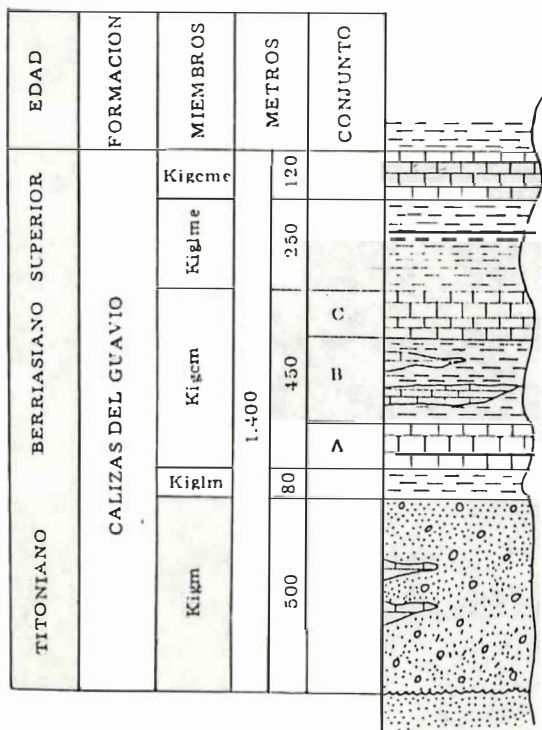
La fauna colectada en los estratos de esta formación fue clasificada por Diana Gu tierrez, quien le asignó edad de Titoniano a Berriasiano Superior.

Esta formación, se correlaciona (fig.9) con la parte basal del Cáqueza, conjuntos Kic3, Kic4 y Kic5 (Renzoni, G., 1965) y con la unidad b del Grupo Ardita (Segovia, A., 1963).

*Lutitas de Macanal (Kilm)*

Se propone este nombre para designar un conjunto monótono de lutitas negras con esporádicas intercalaciones de calizas, areniscas y bolsones de yeso; su localidad tipo se ha establecido en el cañón del río Bata, entre las quebradas El Volador y la Esmeralda (pl-1, cuadrículas 4b y 5b).

La unidad esta compuesta en su parte inferior por 760 m (conjunto A) de lutitas negras, micáceas, compactas, ligeramente calcáreas y láminas de yeso; la parte media está constituida por 145 m (conjunto B) de areniscas cuarzosas, grises oscuras, de grano fino y estratificación gruesa a maciza, con intercalaciones de lutitas negras, micáceas, fosilíferas; 1.350 m (conjunto C) de lutitas grises oscuras a negras ligeramente calcáreas con venas de calcita y nódulos arenosos hasta 10 cm de diámetro, y lentejones de yeso



Calizas grises oscuras afaníticas.

Lutitas negras.

Calizas negras afaníticas.

Lutitas y lentejones de caliza.

Caliza gris clara con niveles conglomeráticos.

Lutitas negras.

Conglomerados con cantos de areniscas, cuarcitas limolitas y filitas con lentejones de caliza arenosa.

Niveles fosilíferos.

(Entre las fallas de San Fernando y Manizales)

Por: Guerra A.

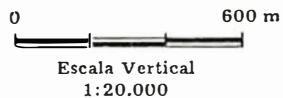
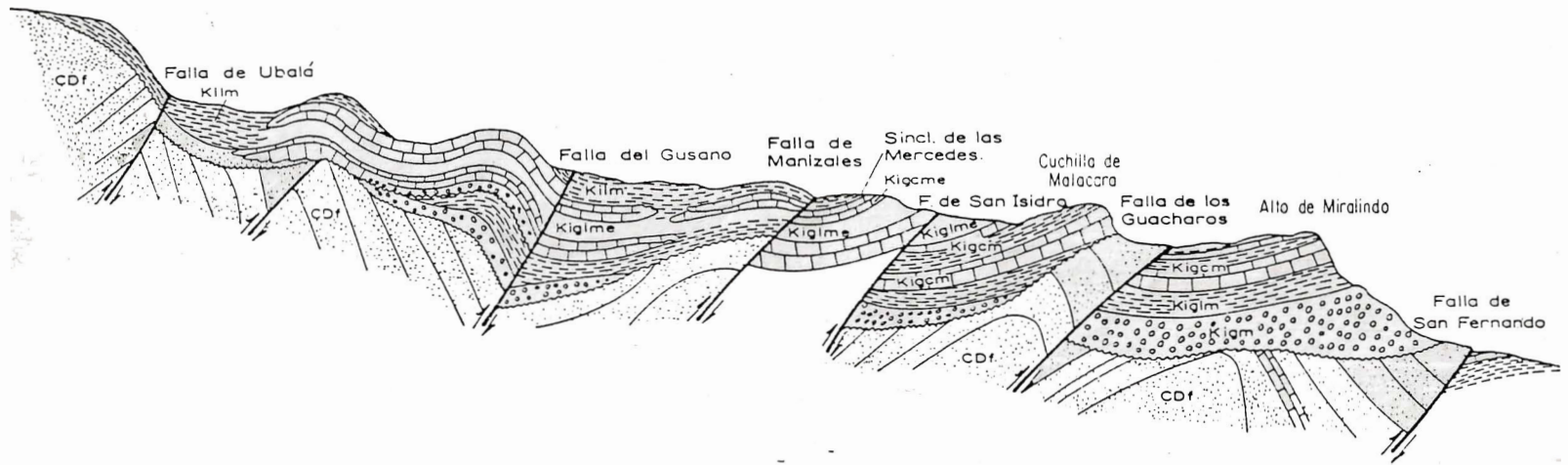


FIG. 6. COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS CALIZAS DEL GUAVIO



L E Y E N D A

CALIZAS DEL GUAVIO	Kilm	Lutitas de Maconal
	Kigcme	Miembro Caliza de Los Mercedes.
	Kigime	Miembro Lutítico de Los Mercedes.
	Kigcm	Miembro Calizo de Malacora.
	Kigim	Miembro Lutítico de Miralindo
	Kigm	Miembro Conglomerático de Miralindo.
	CDf	Grupo Farallones

CONVENCIONES

	Falla
	Discordancia
	Cambio Facial

FIGURA 7. CORTE ESQUEMATICO MOSTRANDO LAS LOCALIDADES TIPO DE LOS MIEMBROS DE LAS CALIZAS DEL GUAVIO



hacia el tope; su techo está compuesto por 680 m (conjunto D) de lutitas negras, micáceas con intercalaciones de arenisca gris clara, de grano fino, estratificadas en bancos hasta 20 cm de espesor. Su espesor total es de 2.935 m (fig. 8).

Las Lutitas de Macanal se depositaron en un ambiente marino, de aguas someras en una cuenca cerrada.

Bürgl, H. (1960b) colectó en el área del río Batá, entre las estaciones 1769 a 1809, correspondientes en este trabajo a la Formación Lutitas de Macanal, una fauna de edad Titoniano a Valanginiano. En el estudio de esta formación, se colectó en la misma localidad una fauna, clasificada por Diana Gutiérrez como Berriasiano a Valanginiano. Las Lutitas de Macanal pueden correlacionarse con lo que Hubach, E. (1957) denominó Esquistos de Sáname - Pizarras de la Culebra y una serie de esquistos arcillosos y cuarcilas en la parte inferior, sin denominación (fig. 9).

#### *Areniscas de Las Juntas (Kiaj)*

Se propone este nombre para denominar dos niveles arenosos separados por un nivel lutítico. Su localidad tipo se ha establecido entre las cuchillas de El Volador y El Dátil (carretera Guateque-Santa María, figs. 8 y 9).

La unidad se divide en tres miembros, que de más antiguo a más joven corresponden a: Arenisca de El Volador, Lutitas Intermedias y Arenisca de Almeida.

*Miembro Arenisca de El Volador.*- Está constituido por areniscas cuarzosas, gris amarillentas, de grano fino, estratificadas en bancos de 10 cm a 2 m de espesor, con delgadas intercalaciones de lutitas negras micáceas y un espesor de 145 m. En el área de la quebrada Las Brasas, este miembro presenta un espesor de 50 m, con las mismas características litológicas.

*Miembro Lutitas Intermedias.*- Está constituido por lutitas negras con nódulos arenosos paralelos a la estratificación e intercalaciones de areniscas cuarzosas, gris claras, de grano fino, estratificadas en bancos hasta de 1 m de espesor. En esta localidad el miembro alcanza un espesor de 295 m, mientras que en el área de la quebrada Las Brazas, es de 250 m.

*Miembro Arenisca de Almeida.*- Consta en su base de 100 m (conjunto A) de areniscas cuarzosas, grises claras, grano fino, estratificación gruesa a maciza, con delgadas intercalaciones de lutitas negras; su parte media está constituida por 100 m (conjunto B) de lutitas negras, micáceas con delgadas intercalaciones de areniscas cuarzosas, blancas, grano fino, en bancos hasta de 1 m de espesor; le suprayacen 100 m (conjunto C) de areniscas cuarzosas, blanco amarillentas, grano fino, estratificación gruesa, con delgadas intercalaciones de lutitas negras; su techo está formado por 170 m (conjunto D) de alternancia de lutitas negras y areniscas cuarzosas, grises claras, de grano fino. En la localidad de la quebrada Las Brazas, este miembro presenta un espesor de 180 m.

La Formación fue depositada en un ambiente marino probablemente deltáico.

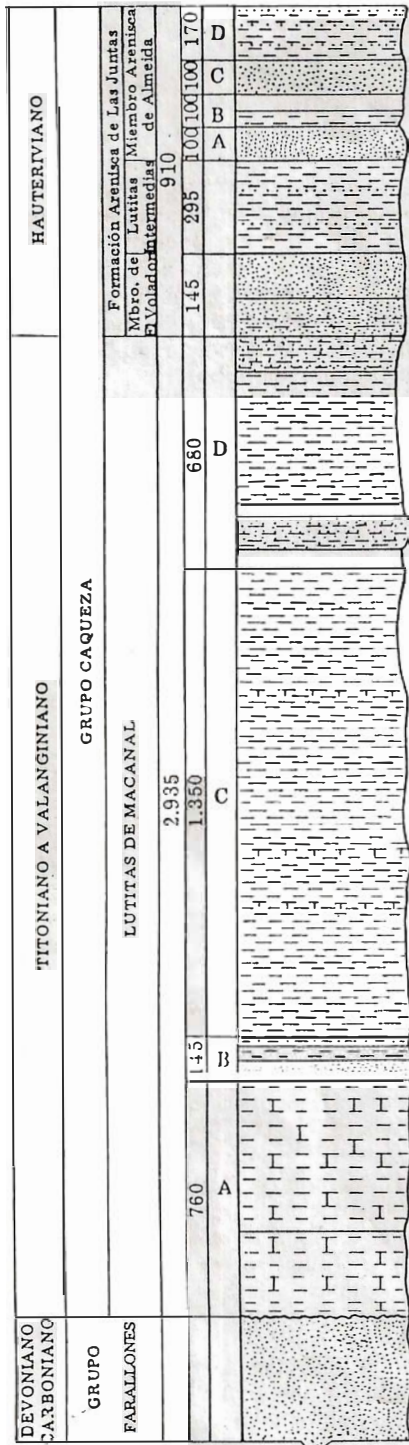
La edad de la Formación ha sido considerada por Bürgl, H. (1960b, p. 187) como Hauteriviano, basado en la posición estratigráfica de ésta con las rocas que le infrayacen, datadas como Valanginiano Superior y las suprayacentes de edad Barremiano-Aptiano.

El Miembro Arenisca de Almeida, parece corresponder a la Arenisca del Cáuqueza (Hubach, 1957) mientras que la de El Volador posiblemente sufre pinchamiento cerca al alto de La Laguna de Chingaza (cuadrángulo L-11, cuadrícula 1 c).

#### FORMACION FOMEQUE (Kif)

El nombre de Formación Fômeque fue dado por Hubach, E. (1957b, p. 48) para designar una serie de "esquistos piritosos, caliza cristalina y areniscas cuarcíticas". Su localidad tipo fue establecida por su autor en la carretera Bogotá - Villavicencio, situando sus límites inferior y superior en el tope de la Arenisca de Cáuqueza y la base de la Formación Une, respectivamente.

La Formación está constituida por lutitas grises oscuras a negras, interestratificadas con margas, limolitas grises y lentejones de calizas, grises oscuras a negras, con frecuentes intercalaciones de areniscas cuarzosas, grises claras, de grano fino, micáceas, estratificadas en bancos de pocos centímetros hasta 3 m de espesor. En esta región occidental del Anticlinorio de los Farallones, se le calculó a esta unidad, por medio de cortes geológicos, un espesor de 1.200 m, mientras que en el área oriental alcanza un espesor de 800 m



Lutitas negras micáceas, con intercalaciones de areniscas blancas, cuarzosas de grano fino, principalmente al tope.

Arenisca blanca, cuarzosa, dura grano fino, estratificación delgada a maciza.

Lutitas negras micáceas.

Arenisca blanca cuarzosa, grano fino, dura con intercalaciones de lutitas carbonosas.

Lutitas negras micáceas con intercalaciones de areniscas arcillosas con nódulos arenosos.

Arenisca gris amarillenta, grano fino, cuarzosa, friable, con pequeñas intercalaciones de lutitas negras. Estratificación cruzada (Through cross-bedding).

Lutitas negras con intercalaciones de areniscas de poco espesor.



Lutitas negras compactas, micáceas, ferruginosas, algunas presentan nódulos silíceos.



Lutitas negras micáceas con intercalaciones delgadas de areniscas grises bandeadas, micáceas de grano fino, de poco espesor.



Lutitas grises oscuras a negras, compactas, con pirita y algunos niveles margosos; lentejones de yeso hacia el tope.



Lutitas arenosas, piritosas, grises oscuras.



Lutitas micáceas grises oscuras.



Areniscas cuarzosas grano fino color gris claro.



Lutitas ligeramente calcáreas, micáceas color gris oscuro.



☉ Niveles fosilíferos.



Carretera Guateque-Santa María.

Por: Castillo L. y Rodríguez E.

FIG. 8 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS LUTITAS DE MACANAL Y ARENISCA DE LAS JUNTAS

HUBACH 1952-57		BÜRGL 1958	RENZONI 1968	TRABAJO ACTUAL
GRUPO VILLETA			Kv3 FORMACION FOMEQUE PARTE INFERIOR DEL GRUPO VILLETA	Kif FORMACION FOMEQUE
Arenisca de Caqueza	CONJUNTO SUPERIOR	HAUTERIVIANO	Kc1 FORM. ALTO DE CAQUEZA	Miembro Arenisca de ALMEIDA
	CONJUNTO MEDIO		HORIZ. DE LA Q. NEGRA	Lutitas Intermed. Miem. Aren. El Volador
	CONJUNTO CAQUEZA	VALANGINIANO	Kc2 MEDIA DEL CAQUEZA	Kilm LUTITAS DE MACANAL
Arenisca Cuarcítica de grano fino	CONJUNTO INFERIOR	BERRIASIANO SUPERIOR	HORIZONTE DE ARENISCAS CUARCITICAS	
Pizarras de la Culebra	CONJUNTO INFERIOR	BERRIASIANO INFERIOR	PARTE	CALIZA DE LAS MERCEDES Lutita de las Mercedes Caliza de Malacara Lutitas de Miralinda Congl. de Miralinda
Esquistos de Saname Con. Basal		TITONIANO	Kc3 CONGLOMERADO SUPERIOR	
YACENTE	GRUPO CAQUEZA		Kc4 ARCILLAS INTERMEDIAS	G R U P O C A Q U E Z A
			Kc5 CONGLOMERADO BASAL	
			YACENTE	G R U P O C A Q U E Z A

FIGURA 9.

CUADRO COMPARATIVO DE LAS NOMENCLATURAS Y EDADES DEL GRUPO CAQUEZA

(figs.10 y 11). El contacto inferior y superior de esta unidad, se observó concordantemente a los estratos de las Formaciones Areniscas de Las Juntas y Une respectivamente.

Esta unidad, por sus características litológicas y paleontológicas, indica un ambiente de depósito marino, de aguas someras, y circulación restringida. La edad de la Formación Fômeque fue establecida por Hubach, E. (en Kehrer, 1933) como del Barremiano Medio hasta el Aptiano Superior; Hubach, E. (1957a, p. 104) considera que la parte superior de la Formación abarca el Albiano Inferior, opinión que es sustentada por Bürgl, H. (1961a) y por los autores del presente trabajo con base en la fauna colectada en la carretera Guateque - Santa María que fue clasificada por Diana Gutiérrez.

Parte de la Formación Fômeque parece corresponder a la Formación Mercedes de la Cuenca de Santander.

#### FORMACION UNE (Kiu)

El nombre de Formación Une fue establecido por Hubach, E. (1957a, p. 47) para representar un conjunto de areniscas que afloran en la carretera Bogotá - Villavicencio, entre las poblaciones de Chipaque y Cáqueza.

En el cuadrángulo K-12, Guateque, esta unidad aflora en el occidente y oriente del Anticlinorio de los Farallones y está caracterizada por una topografía de grandes escarpes, que contrasta con la topografía suavemente ondulada de las formaciones blandas que le infrayacen y suprayacen.

La Formación está constituida por areniscas cuarzosas, grises claras a blanco-amarillentas, de grano fino a grueso, localmente conglomeráticas, algo micáceas, con estratificación fina a maciza; presenta estratificación cruzada, calcos de carga y marcas de oleaje. Dentro de esta unidad se presentan delgadas intercalaciones de lutitas negras, las cuales son más frecuentes hacia la parte superior. En la región occidental del área investigada se le calculó a esta unidad un espesor de 500 m; mientras que en la región oriental alcanza un espesor de 1.100 m (fig. 10 y 11). Esta unidad fue depositada en ambiente marino deltaico.

La edad de la Formación ha sido considerada por Bürgl, H. (1957) y Campbell, C. (1962) como Albiano - Cenomaniano, con BOL. GEOL. VOL. XXII - No. 1.

base en faunas colectadas en los alrededores de Choachí y en la carretera de Une a Fosca.

En el presente trabajo no se encontraron fósiles en esta unidad; sin embargo, la edad Albiana para la parte inferior de la Formación parece ser lógica, ya que fósiles del Albiano Inferior se presentan en la parte superior de la Formación Fômeque inmediatamente infrayacente.

La Formación Une parece corresponder a la Formación Aguardiente de la cuenca de Santander y la Formación Caballos de la cuenca del Putumayo.

#### FORMACION CHIPAQUE (Ksc)

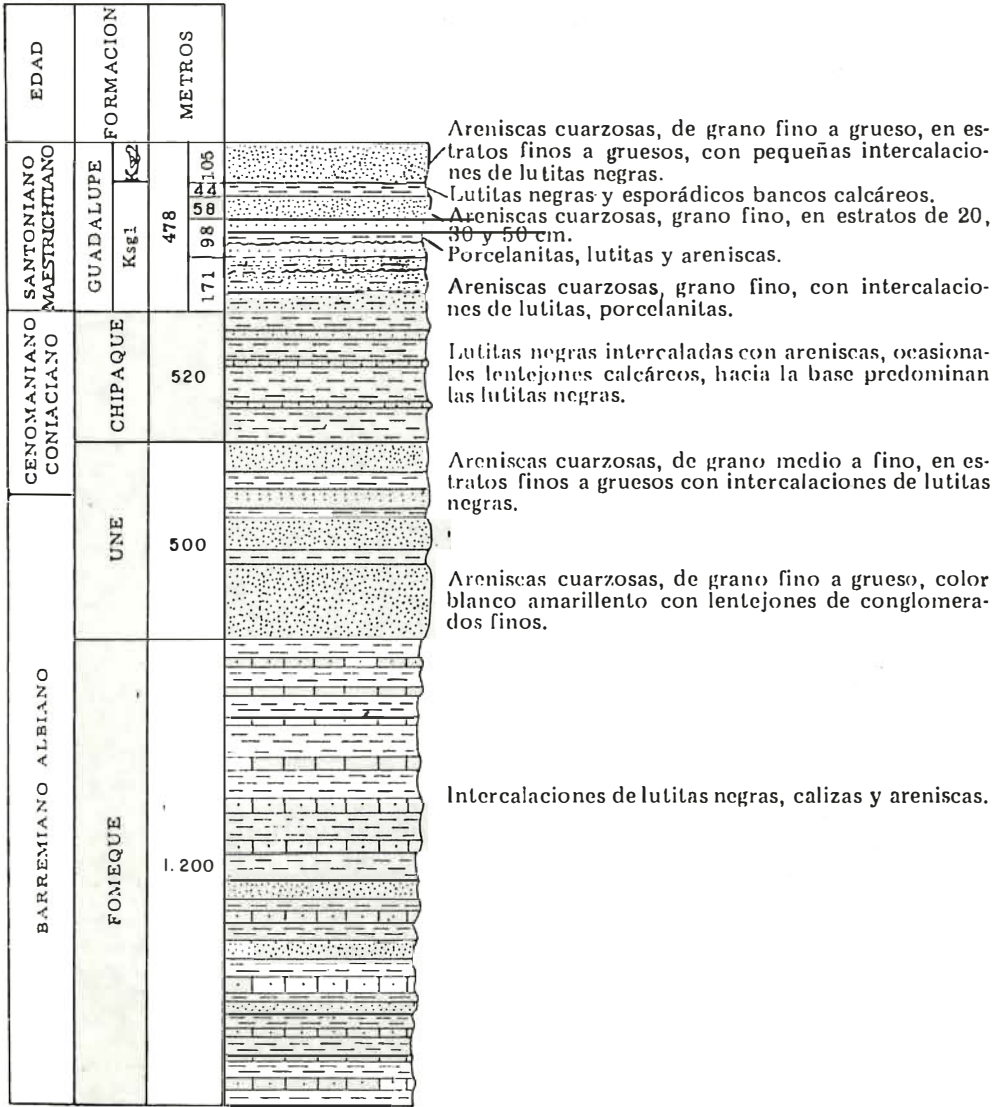
El nombre Chipaque fue empleado por Hubach, E. (1931b) bajo la denominación de "Conjunto Chipaque", para designar la parte alta del Grupo Villeta. Según su autor, la parte más alta de este conjunto está dada por el nivel de *Exogyra Squamata*, que marca el límite Villeta - Guadalupe. Renzoni, G. (1962, p. 72) redefine la Formación Chipaque, considerando su techo hasta la base de la Arenisca Dura, incluyendo en esta forma el conjunto inferior del Guadalupe de Hubach.

En el presente trabajo se sigue el criterio de Renzoni, ya que no existen diferencias litológicas que justifiquen la separación dada por Hubach.

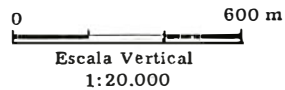
La unidad está constituida por lutitas negras con intercalaciones esporádicas de calizas principalmente hacia la parte inferior alta; en la parte superior se presentan intercalaciones de areniscas cuarzosas, grises claras a oscuras, de grano fino, estratificadas en bancos que varían de 1 a 3 m de espesor y un nivel de carbón. En el área de Tibaná-Chinavita, la unidad alcanza un espesor de 520 m, mientras que en la región oriental del cuadrángulo se le calculó un espesor de 350 m (figs. 10 y 11).

La Formación Chipaque descansa normalmente sobre los estratos de la Formación Une, e infrayace concordantemente a las formaciones Guadalupe y Palmichal. Las características litológicas y paleontológicas de esta unidad, indican un ambiente marino, de aguas poco profundas y circulación restringida.



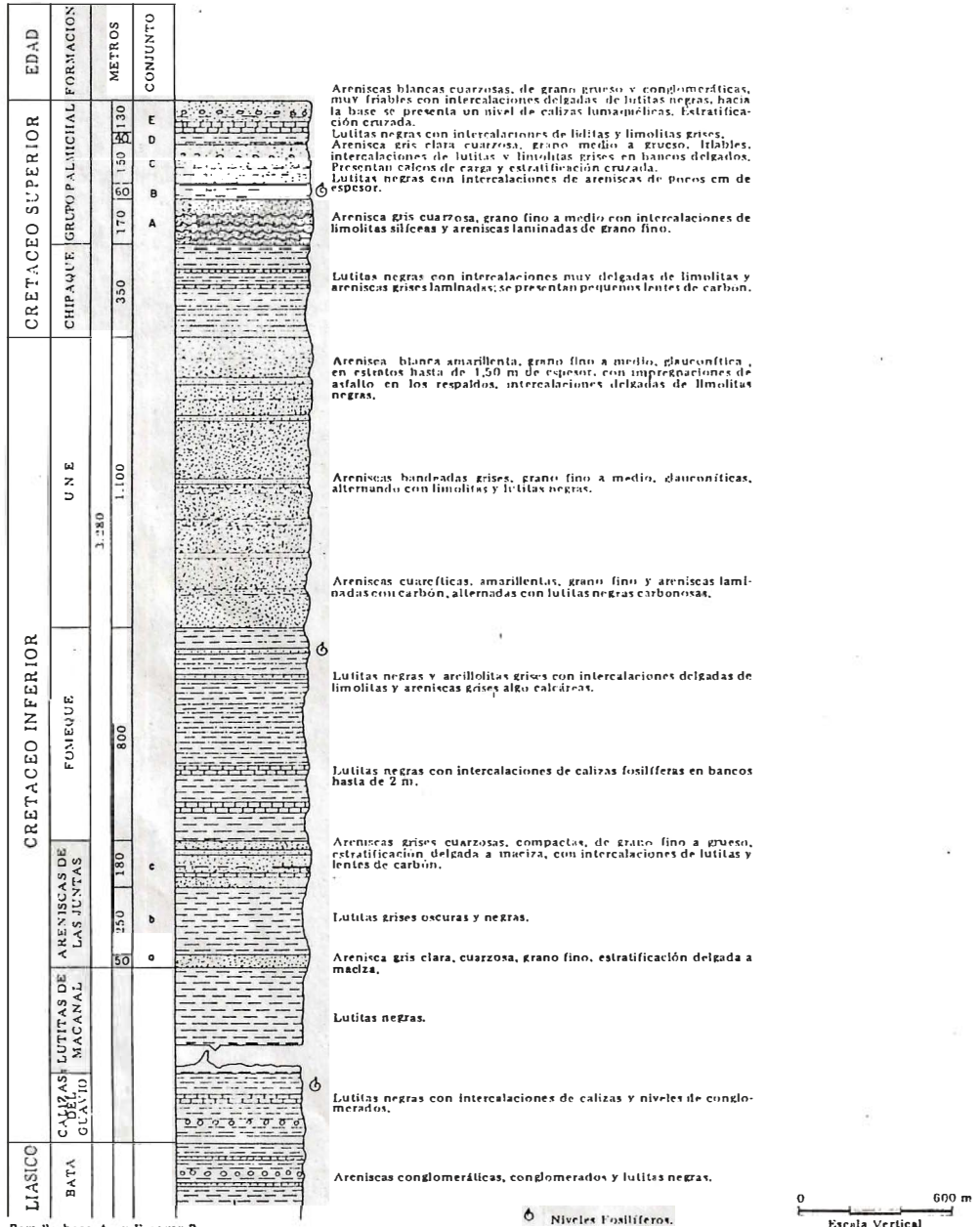


Carretera Garagoa - Pachavita-Tibaná



Por: Ulloa C. y Escovar R.

FIG. 10. COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES FOMEQUE - UNE - CHIPAQUE Y GUADALUPE



Por: Pacheco A., y Escovar R.

FIG. 11.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL CRETACEO AL ESTE DE SANTA MARIA

La Formación Chipaque ha sido considerada por Ilubach, E. (1957), Bürgl, H. (1959), Etayo, F. (1964) y McLaughlin, D. y Arce M. (1969) con un rango de edad que va desde el Cenomaniano Superior hasta el Coniaciano.

La Formación Chipaque se puede correlacionar con la Formación Capacho de la Cuenca de Santander.

#### CUENCA DE LA SABANA DE BOGOTÁ

En esta cuenca se han distinguido las formaciones Guadalupe, Guaduas, Arenisca de El Cacho, Bogotá, Regadera, Usme, Tilatá y Sabana; de éstas solamente afloran en el cuadrángulo K-12 las cuatro primeras unidades nombradas.

#### GRUPO (FORMACION) GUADALUPE (K<sub>SR</sub>)

El nombre de Formación Guadalupe fue dado por Ilubach, E. (1957a) quien la dividió en un conjunto superior arenoso y uno inferior arcilloso, subdividiendo el conjunto superior en Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca Tierna y colocando el límite Guadalupe-Villeta por encima de un nivel de calizas que denominó "Conjunto Chipaque".

Julivert, M. (1962), a partir de columnas estratigráficas en las regiones de Tabio-Chía y Bogotá-Choachí, estableció para la Formación Guadalupe la siguiente nomenclatura: Miembro Raizal (Arenisca Dura), Nivel de Plaeners, Arenisca de Labor, Nivel Lutítico y Arenisca Tierna.

En el presente trabajo se sigue para la Formación Guadalupe la nomenclatura dada por Julivert. Por facilidades cartográficas la unidad se agrupó en dos conjuntos: el inferior formado por la Arenisca del Raizal, Nivel de Plaeners, Arenisca de Labor y Nivel de Plaeners Superior, y el conjunto superior formado por la Arenisca Tierna (pl.1).

La descripción de la formación se hace con base en las columnas estratigráficas levantadas en la carretera Tibaná-Chinavita (pl-1, cuadrícula 2b) y Tibaná-Turmequé (pl-1, cuadrícula 1a) (fig. 10).

#### *Miembro Arenisca del Raizal*

Consta de areniscas cuarzosas, grises claras a blanco-amarillentas, de grano fino, estratificación laminar a gruesa, con intercalaciones de lutitas y limolitas silíceas en ban-

cos de 5 a 50 cm de espesor. Su espesor varía de 55 a 171 m.

#### *Miembro Plaeners*

Está constituido principalmente por una alternancia de limolitas silíceas, lutitas y areniscas de grano fino, estratificadas en bancos de pocos centímetros a 5 m de espesor. En las localidades de Tibaná-Turmequé y Tibaná-Chinavita, este miembro presenta espesores de 90 y 180 m respectivamente.

#### *Miembro Arenisca de Labor*

Está constituido por areniscas cuarzosas, grises claras a blanco-amarillentas, de grano fino, compactas, estratificación delgada a gruesa, con intercalaciones delgadas de limolitas silíceas y lutitas negras. Su espesor varía de 44 a 50 m.

#### *Miembro Plaeners Superior*

Está compuesto de lutitas, limolitas, arcillas y areniscas cuarzosas, de grano fino con un espesor que varía entre 5 y 44m.

#### *Miembro Arenisca Tierna*

Está constituido por areniscas cuarzosas, grises claras a blanco-amarillentas, de grano fino a grueso, friables, con intercalaciones delgadas de lutitas y limolitas silíceas, con un espesor que varía de 100 a 105 m.

La Formación Guadalupe se depositó en un ambiente marino, de aguas someras con influencias deltáicas.

La unidad ha sido considerada con una edad que abarca desde el Coniaciano superior o el Santoniano hasta el Maestrichtiano (Julivert, M., 1968, p. 325). Esta formación se correlaciona con las formaciones Cimarroña y Tabla del Valle Medio del Magdalena y parte de la Formación Palmichal de la región de los Llanos Orientales.

#### FORMACION GUADUAS (T<sub>Kg</sub>)

El término Guaduas fue empleado por primera vez, por Hettner, A. (1892) para designar todos los sedimentos que en la región de Bogotá se encuentran por encima de la Formación Guadalupe. Hubach, E. (1957a) restringe el sentido del Guaduas, quedando limitado en su parte inferior por el Guadalupe y en la superior por la Arenisca de El Cacho. Su localidad tipo la estableció entre los boquerones de Lenguzaque y Guachetá.  
BOL. GEOL. VOL. XXII - No. 1.

CUENCA DE LA SABANA DE BOGOTA

EDAD		FORMACION	METROS	CONJUNTO
PALEOCENO				
MAESTRICH.	Tb	640	80	
	Tpc		120	
	Tkg		440	
	Kg1			

Alternancia de arcillas, limolitas y areniscas.  
Areniscas y conglomerados de colores blanco, amarillento, rojizo.

Quebrada Puentenuevo

CUENCA DE SOGAMOSO

EDAD		FORMACION	METROS	CONJUNTO
PALEOCENO				
FOCE-NO	Tco	180		C B A
	Tp			
PALEOCENO	Tas	1.100	400	
	Tars		180	
	Tkg		440	
MAESTRICHIANO	Kg1			A B C D E

Alternancia de arcillas, lutitas y areniscas.  
Arenisca conglomerática con guijos de cuarzo lechoso.  
Alternancia de arcillas grises claras, rojizas, verdosas y areniscas de color blanco, amarillento y rojizo.  
Areniscas feldespáticas, de grano medio a grueso, friables, con frecuentes lentejones de conglomerados con guijos de cuarzo lechoso y ocasionales intercalaciones de arcillas.

Alternancia de areniscas, arcillas y limolitas.  
Areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso, friables.  
Arcillas y areniscas.  
Areniscas cuarzosas, de grano medio a conglomeráticas.  
Arcillas, limolitas con intercalaciones de areniscas.  
Areniscas grano medio a conglomeráticas.  
Arcillas, limolitas y lutitas con intercalaciones de areniscas de 5 ó 10 cm a 1 m de espesor, en la parte media un manto de carbón de 1,50 cm.  
Areniscas cuarzosas, de grano fino, de color blanco amarillento.  
Arcillas, limolitas grises oscuras a grises verdosas con intercalaciones de areniscas en bancos de pocos centímetros a 2 m de espesor.

Carretera: Chinavita - Tibaná

Por: Ulloa C. y Camacho R.



FIG. 12. FORMACIONES TERCIARIAS DE LAS CUENCAS DE LA SABANA DE BOGOTA Y DE SOGAMOSO



La unidad está constituida en la localidad de Pachavita - Chinavita (pl-1, cuadrícula 2b) por 92 m (conjunto A) de arcillas grises oscuras a verdosas, con intercalaciones de areniscas cuarzosas, grano fino, estratificación fina a gruesa; 24 m (conjunto B) de areniscas cuarzosas, blanco amarillentas, de grano fino; 180 m (conjunto C) de arcillolitas grises y limolitas negras con concreciones arenosas de 5 a 10 centímetros de diámetro. En la parte media de este conjunto se presenta un manto de carbón de 1,50 m de espesor, lo mismo que en intercalaciones de areniscas cuarzosas, de grano fino en bancos de 5 cm a 1 m de espesor; sobre este conjunto descansan 20 m (conjunto D) de areniscas conglomeráticas y areniscas cuarzosas, blancas, de grano medio a grueso; 130 m (conjunto E) de arcillas abigarradas con intercalaciones delgadas de areniscas cuarzosas, grises oscuras, de grano fino. El espesor total de 446 m (fig. 12).

La Formación Guaduas en el área estudiada suprayace e infrayace concordantemente a los estratos de las formaciones: Guadalupe y Arenisca de El Cacho respectivamente. Las características litológicas de esta unidad, suponen un ambiente marino litoral a continental.

La edad de la Formación Guaduas fue establecida palinológicamente por Van der Hammen (1957b, p. 88) como Maestrichtiano-Paleoceno.

La Formación Guaduas se correlaciona con la Formación Seca del Valle Medio del Magdalena y la parte superior de la Formación Palmichal de la región de los Llanos Orientales.

#### ARENISCA DE EL CACHO (Tpe)

Campbell, C. (1962, p. 23) elevó a la categoría de Formación, la Arenisca de El Cacho, considerada anteriormente por varios autores como el miembro basal de la Formación Bogotá (Hubach, 1957b, p.99).

En el presente trabajo se considera justificable y se adopta el cambio de rango de la Arenisca de El Cacho propuesto por Campbell.

La Formación, está constituida por areniscas cuarzosas, blanco-amarillentas, de grano grueso a conglomerático, friables, con estratificación cruzada e intercalaciones de len-

tes de arcillolita. Esta unidad en el área estudiada se encontró suprayaciendo normalmente a la Formación Bogotá. Su espesor varía de 80 a 120 m.

La unidad fue depositada en un ambiente fluvial.

La Arenisca de El Cacho ha sido datada por Van der Hammen (1957b, p. 89) como de edad Eoceno Inferior.

La Arenisca de El Cacho parece corresponder a las unidades Arenisca de Socha y Barco de las cuencas de Sogamoso y Santander, respectivamente.

#### FORMACION BOGOTA (Tb)

Hubach, E. (1957b, 98-99) considera como Formación Bogotá a un conjunto de arcillas y areniscas; limitando su base en la Arenisca El Cacho y su techo en la base de la Arenisca La Regadera.

En el presente trabajo se toma como límite inferior de la Formación Bogotá el tope de la Formación Arenisca de El Cacho y como su techo la base de la Arenisca de La Regadera.

Esta unidad aflora al noroeste del cuadrángulo K-12 y está compuesta por arcillas abigarradas con algunas intercalaciones de areniscas arcillosas. El espesor medido fue de 80 m, los cuales constituyen la parte basal de la Formación.

Esta unidad se depositó en un ambiente lagunar cercano a la costa.

Van der Hammen (1957b, p.789) dató la parte superior de la Formación Bogotá como Eoceno Inferior. Esta Formación parece corresponde a la unidad Arcillas de Socha.

pt

#### CUENCA DE SOGAMOSO

Las rocas expuestas en la cuenca de Sogamoso, de más antigua a más joven, corresponden a las formaciones Guadalupe, Guaduas (comunes con la cuenca de la Sabana de Bogotá), Arenisca de Socha, Arcillas de Socha, Picacho y Concentración.

En el presente trabajo se utilizan los términos Areniscas de Socha y Arcillas de Socha en lugar Socha inferior y superior respectivamente.

tivamente; ya que según el código de nomenclatura estratigráfico, el nombre de una formación, consiste del nombre geográfico precedido de una designación litológica o de la palabra "formación" y los términos inferior y superior se consideran como nombres de uso informal.

#### ARENISCA DE SOCHA (Tars)

Alvarado y Sarmiento Soto (1944) designaron con el nombre de Socha Inferior, un conjunto de areniscas de grano medio hasta conglomerática, con un espesor que varía entre 100 y 175 m; su localidad tipo la establecieron en la población de Socha Viejo (cuadrángulo J-13).

La unidad en localidad de Pachavita-Tibaná (fig. 12) está constituida por 45 m (conjunto A) de areniscas blanco-amarillentas, de grano grueso a conglomerático, con cantos subredondeados de cuarzo de 2 a 5 cm de diámetro; le suprayacen 45 m (conjunto B) de alternancia de areniscas conglomeráticas, blanco-amarillentas y arcillas abigarradas; su techo lo constituyen 90 m (conjunto C) de areniscas cuarzosas, blanco amarillentas, de grano medio a grueso, con intercalaciones esporádicas de lentes conglomeráticos.

La unidad se encontró en el área estudiada suprayaciendo concordantemente a los estratos de la Formación Guaduas.

#### ARCILLAS DE SOCHA (Tas)

Se emplea el término Arcillas de Socha en el sentido que Alvarado y Sarmiento (1944) dieron a un conjunto de arcillas grises y verdosas con bancos de areniscas que afloran en la población de Socha Viejo (localidad tipo) y que denominaron Formación Socha Superior.

La unidad está compuesta de arcillas, limolitas grises claras a verduscas, alternando con areniscas feldespáticas, de grano medio a grueso, estratificadas en bancos de 1 a 10 m de espesor. En la carretera de Pachavita - Tibaná (pl-1, cuadrículas 1a y 2a) su espesor medido fue de 400 m.

Esta unidad se observó en el área estudiada concordantemente con las formaciones que le infrayacen y suprayacen.

La formación fué depositada en ambiente fluvial a pantanoso.

Las unidades Areniscas de Socha y Arcillas de Socha tienen una edad Paleoceno, según determinación palinológica hecha por Van der Hammen (1957b) para sus unidades equivalentes (Socha Inferior y Socha Superior).

Las Formaciones Arcillas de Socha se correlaciona con las formaciones Bogotá y Arcillas de El Limbo.

#### FORMACION PICACHO (Tp)

Este nombre fue dado por Alvarado y Sarmiento (1944), para designar un conjunto de areniscas y conglomerados que afloran en la región de Paz de Río con un espesor que oscila entre 90 y 160 m. Su localidad tipo fue establecida en el Cerro de El Picacho (al norte de Belcítiva).

Esta unidad aflora en el extremo noroeste del cuadrángulo K-12 y su descripción litológica se hace con base en la sección Chinavita-Umbita (pl-1 cuadrícula 1a) en donde presenta un espesor de 180 m (fig.12). Está constituida por areniscas feldespáticas, de grano medio a grueso, frecuentes intercalaciones de lentes conglomeráticos, con cantos de cuarzo subredondeados a redondeados que alcanzan hasta 5 cm de diámetro. En la parte media de esta unidad se observaron dos niveles arcillosos con espesores de 1 a 6 m.

Esta unidad se encontró en el área estudiada reposando en concordancia aparentemente con los estratos de la Unidad Arcillas de Socha e infrayaciendo normalmente a la Formación Concentración.

La Formación debió depositarse en un ambiente fluvial.

Van der Hammen (1957b) establece una edad de Eoceno Inferior para esta unidad.

La Formación Picacho parece corresponder a la Formación Mirador de la región de los Santanderes y se puede correlacionar con las Areniscas de El Limbo.

#### FORMACION CONCENTRACION (Tco)

El nombre de esta unidad fue dado por Alvarado y Sarmiento (1944) para representar un conjunto de arcillas y areniscas que descansan sobre la Formación Picacho. Su localidad tipo fue establecida a lo largo del

río Soapaga, entre el caserío de Concentración y el puente del Uvo, con un espesor de 650 a 700 m.

En el área estudiada, solamente afloran 200 m basales de esta unidad. Está constituida por una alternancia de arcillas grises claras a rojizas y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso; 30 m (conjunto B) de areniscas feldespáticas, de grano medio a grueso, con intercalaciones de lentes conglomeráticos y 90 m (conjunto C) constituidos por una alternancia de arcillas, limolitas y areniscas arcillosas en estratos que varían de 10 cm a 2 m de espesor.

La Formación se depositó en un ambiente lagunar continental a marino cenagoso. Van der Hammen (1957) le asigna a esta unidad una edad entre el Eoceno y Oligoceno Medio.

#### CUENCA DEL BORDE LLANERO

Las unidades del Borde Llanero, de más antiguas a más jóvenes, corresponden a las formaciones Palmichal, Arcillas de El Limbo, Areniscas de El Limbo, San Fernando, Diablo, Caja y Corneta.

#### GRUPO PALMICHAL (TKP)

Se propone esta unidad para designar una serie de areniscas, lutitas y conglomerados finos, que ocurren en la quebrada Palmichal (pl-1, cuadrícula 5d, fig. 11).

Esta unidad en su localidad tipo está constituida en su base por 170 m (conjunto A) de areniscas cuarzosas, de grano fino a medio, con intercalaciones delgadas de lutitas y limolitas; la parte media la constituyen 60 m (conjunto B) de lutitas y limolitas grises claras a oscuras; 150 m (conjunto C) de areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso, friables, estratificación fina a gruesa, con intercalaciones de limolitas y lutitas grises; 40 m (conjunto D) formado por lutitas negras con intercalaciones delgadas de limolitas silíceas, arcillosas y lentes de calizas; su techo está compuesto por 130 m (conjunto E) de areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso y conglomerados finos, con cantos subredondeados de cuarzo hasta 2 cm de diámetro; dentro de este conjunto se observa estratificación cruzada. El Grupo Palmichal en el área investigada se encontró suprayaciendo concordantemente a la Formación Arcillas de El Limbo.

Esta unidad se depositó en un ambiente marino de aguas someras, con influencia deltaica.

La mala conservación de la fauna en esta unidad, no permitió hacer una datación precisa de su edad, pudiéndose identificar únicamente el ejemplar *ostrea abrupta D'Orbigny*, considerado por Diana Gutiérrez como una forma del Cretáceo Superior.

La parte superior del Grupo Palmichal parece corresponder a la Arenisca de El Morro (Van der Hammen, 1957b), datada paleontológicamente como de edad Maestrichtiano-Paleoceno Inferior.

La Formación Palmichal se correlaciona con las formaciones Guadalupe y Guaduas de la Sabana de Bogotá.

#### ARCILLAS DE EL LIMBO (Ta1)

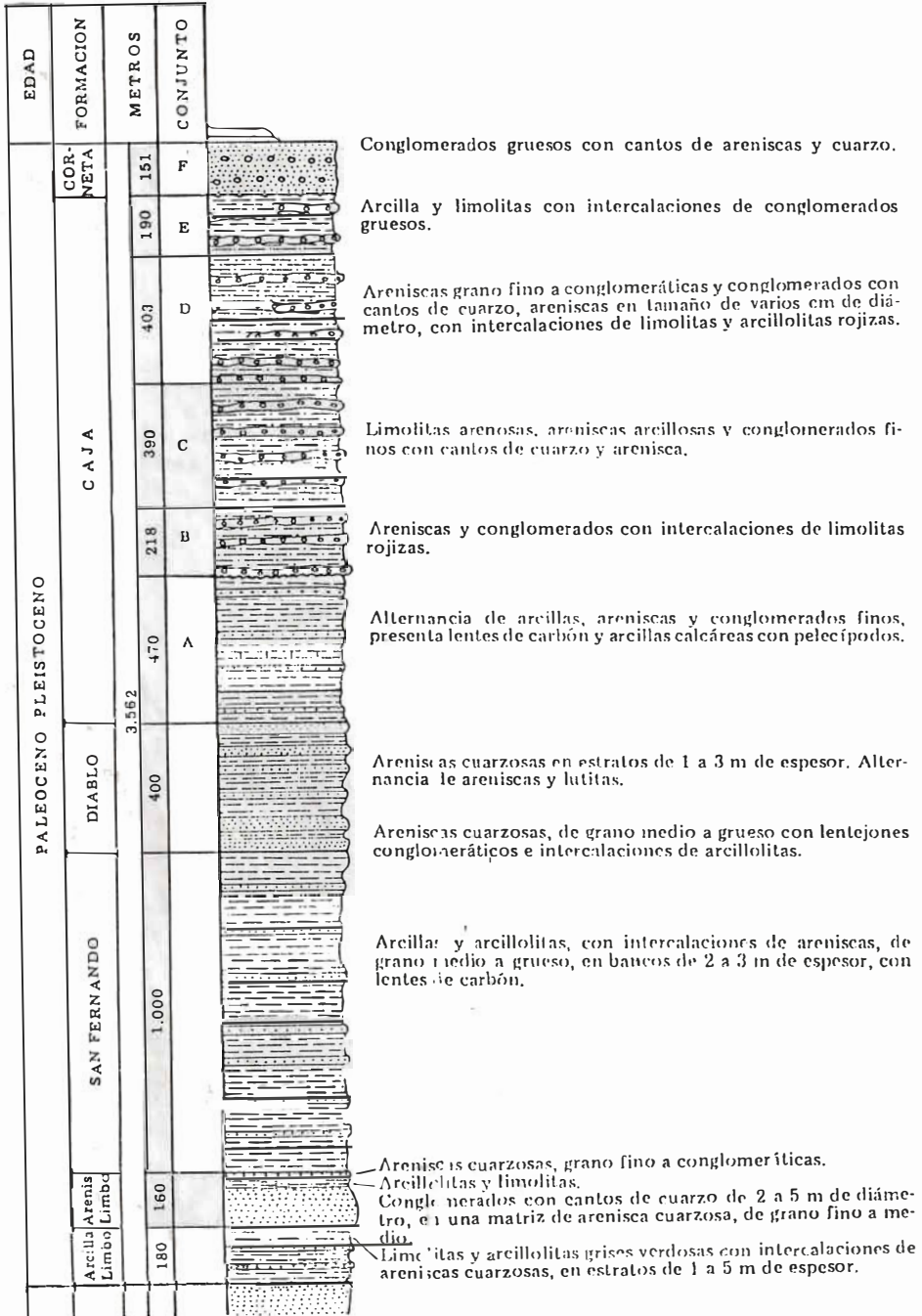
Hubach, E. 1941 (en Van der Hammen, 1960), denominó como Formación Arcillas de El Limbo un conjunto de "arcillas esquisitas grises y verdosas con intercalaciones de areniscas y mantos de carbón", limitadas en su base por la Arenisca de El Morro y su techo por las Areniscas de El Limbo. Su localidad tipo fue establecida cerca al caserío El Limbo, 2 km al noroeste de El Morro y sobre el río Cravo Sur.

En la sección hecha en el valle formado por las lomas del Silbadero y Monserrate (pl-1, cuadrículas 6c y 6d), la unidad está compuesta por arcillas grises verdosas con intercalaciones de areniscas cuarzosas, blancoamarillentas, de grano medio a grueso, estratificadas en bancos de 1 a 5 m de espesor. Las Arcillas de El Limbo en esta localidad alcanza un espesor de 180 m (fig. 13).

Esta unidad en el área de estudio se observó suprayaciendo concordantemente a los estratos del Grupo Palmichal e infrayaciendo normalmente a las Areniscas de El Limbo.

Esta unidad fue depositada en un ambiente pantanoso a lagunar marino.

Van der Hammen (1957b) le asigna una edad de Paleoceno. Esta unidad es llamada con alguna frecuencia Formación Los Cuervos por compañías de petróleo.



Cañón del Río Upía - Entre San Luis de Guacene y El Secreto.

Por: Escovar R., Muñoz J. y Ulloa C.



FIG. 13.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL TERCARIO DE LA CUENCA DEL BORDE LLANERO



## ARENISCA DE EL LIMBO (Tarl)

Hubach, E. 1941 (en Van der Hammen, 1960), designó con este nombre a una sucesión de areniscas conglomeráticas, arcillas, areniscas y lutitas que afloran cerca al caserío de El Limbo, 2 km al noroeste de El Morro y sobre el río Cravo Sur.

Esta unidad en el área de la Loma de Monserrate (pl-1, cuadrícula 6d) está constituida por 120 m (conjunto A) de conglomerado con cantos redondeados de cuarzo hasta 5 cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa. El conglomerado en algunas partes del área pasa a ser arenisca de grano fino; le suprayace 27 m (conjunto B) de arcillolitas, lutitas y areniscas de grano fino a medio. Dentro de este conjunto aflora un estrato lenticular de hierro oolítico. La parte superior de esta unidad, está constituida por 16 m (conjunto C) de areniscas cuarzosas, blanco-amarillentas, de grano medio a conglomerático, con estratificación cruzada y huellas de icnofósiles. La unidad en esta localidad tiene un espesor de 163 m (fig.13).

La arenisca de El Limbo, infrayace y suprayace concordantemente a las unidades San Fernando y Arcillas de El Limbo, respectivamente.

El ambiente de depósito de la Formación, fue principalmente deltaico con algunas influencias lagunares marinas.

La unidad fue datada como Eoceno Inferior a Medio por Van der Hammen (1957b). Sin embargo, con base en nueva información de polen, se considera en la actualidad Eoceno Superior - Oligoceno (H. Duque, comunicación personal). También es llamada Formación Mirador por compañías de petróleo.

## FORMACION SAN FERNANDO (Tstf)

El nombre y rango de esta unidad fue dado por Renz 1938 (en Van der Hammen, 1960) para una serie de lutitas y arcillas laminares, grises, grises verdosas con intercalaciones de areniscas que afloran en la Mesa de Hernández, extremo norte de la Sierra de La Macarena.

La formación en el área estudiada está compuesta por arcillas, arcillolitas grises y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso, en estratos de 1 a 3 m de espesor, con estratificación cruzada; presentando en la parte infe-

rior a media esporádicos lentes de carbón hasta 30 cm de espesor. La unidad en el área de estudio tiene un espesor que oscila entre 800 y 1000 m (fig. 13).

La Formación se depositó en un ambiente marino lagunar con influencia deltaicas.

Esta unidad fue considerada por Van der Hammen (1957b) como Eoceno Superior Oligoceno-Inferior, con base en análisis palinológicos. En la actualidad con base en nueva información palinológica y micropaleontológica esta unidad es datada como Oligoceno-Mioceno Inferior (H. Duque, comunicación personal). También esta formación ha sido llamada por algunas petroleras Formación Carbonera.

## FORMACION DIABLO (Td)

El nombre y rango de esta unidad fue dado por Renz, 1938 (en Van der Hammen, 1960) para representar un conjunto de areniscas y lutitas que afloran en el Domo de Turubá, río Cusiana.

En el área del río Lengupá (pl-1, cuadrícula 6d) la unidad está constituida por areniscas cuarzosas, blanco-amarillentas, de grano medio a grueso, en estratos de 4 a 5 m de espesor; lentes de conglomerados con cantos de cuarzo hasta 2 cm de diámetro e intercalaciones de arcillolitas grises y capas delgadas de limolitas silíceas. Presenta estratificación cruzada en sus niveles superiores. Su espesor es aproximadamente de 400 m (fig.13).

El ambiente de depósito de la formación fue marino lagunar con influencias deltaicas.

Van der Hammen (1957b) le asigna a esta unidad una edad Oligoceno Medio a Superior. En la actualidad con base en nueva información palinológica y micropaleontológica, esta unidad se data como Mioceno Inferior a Mioceno Medio. (H. Duque, comunicación personal).

La Formación Diablo corresponde a la parte inferior a media de la Formación Choapa de Segovia (1963).

## FORMACION CAJA (Tc)

Este nombre fue dado por Valencia 1938 (en Van der Hammen, 1960) para de-

signar una serie de areniscas y conglomerados con intercalaciones de arcillas laminares, que afloran en el río Gaja, al oeste de la población de Tauramena.

En el presente trabajo se considera como Formación Caja, una serie de arcillas, limolitas, conglomerados y areniscas arcillosas que afloran en el cañón del río Lengupá, entre San Luis de Gaceno y el Secreto (pl-1, cuadrícula 6d).

La unidad en el área del río Lengupá está compuesta por 470 m (conjunto A) de alternancia de arcillas rojizas, areniscas arcillosas, de color blanco a carmelita, de grano fino a medio, con estratos lenticulares de carbón en espesores de 20 a 50 cm. Dentro de este conjunto se presentan lentes de conglomerados con cantos de cuarzo hasta 3 cm de diámetro y estratos de areniscas calcáreas con pelecípodos. La parte media está formada por 218 m (conjunto B) de areniscas grises amarillentas, grano medio a conglomerático e intercalaciones de limolitas y conglomerados con cantos de cuarzo, arenisca y chert hasta 5 cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa; le suprayacen 390 m (conjunto C) de limolitas arenosas, areniscas arcillosas de grano fino y conglomerados finos en estratos hasta 5 m de espesor, con cantos de arenisca y cuarzo, cementados en una matriz arenosa; 403 m (conjunto D) compuestos por una alternancia de lutitas arenosas, grises claras y conglomerados en estratos que varían entre 1 y 6 m de espesor, con cantos subredondeados de areniscas, cuarzo y chert hasta 10 cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa; 190 m (conjunto E) cubiertos que, por observaciones de afloramientos aislados, parece corresponder a arcillas y limolitas con intercalaciones lenticulares de conglomerados. El techo de la unidad está formado por 151 m (conjunto F) de alternancia de lutitas y conglomerados. La parte media y superior de esta formación se caracteriza por presentar una estratificación irregular, con pinchamiento y canales de río dentro de ésta. Su espesor medido es de 1.600 m.

La unidad infrayace y suprayace aparentemente concordante a los estratos de las formaciones Cometa y Diablo, respectivamente.

Esta formación en su parte inferior es marina, zona de oleaje y en la superior es pantanosa a fluvial.

BOL. GEOL. VOL. XXII - No. 1.

Van der Hammen (1957b) le asigna a esta unidad una edad probable de Oligoceno Superior, pudiendo incluir también la parte baja del Mioceno.

Con base en nueva información palinológica y micropaleontológica la edad de esta unidad es Mioceno medio a Pleistoceno (H. Duque, comunicación personal).

La Formación Caja abarca la parte superior de la Formación Choapal y gran parte de la Formación Medina de Segovia (1963).

#### FORMACION LA CORNETA (Que)

En el presente informe se propone este nombre para representar una serie de gravas interestratificadas con limolitas que afloran en el sinclinal de Nazareth (pl-1, cuadrícula 7c). El nombre para esta Formación se toma de la quebrada del mismo nombre que desemboca en el río Guavio en la localidad de Nazareth (pl-1, cuadrícula 7c).

En la localidad tipo, la Formación La Cometa, está formada por gravas con cantos de arenisca y cuarzo hasta 70 cm de diámetro y un espesor de 120 m (fig. 13). La unidad se observó suprayaciendo en discordancia los estratos de la Formación Caja.

Sus características litológicas indican un ambiente fluvial.

La Formación La Corneta, puede considerarse como Pleistoceno Superior, teniendo en cuenta que las características tectónicas y estructurales que presenta esta unidad sugieren no haber sido afectada por la segunda fase de Orogenia Andina, cuyo climax parece haber sido de edad Pleistoceno Inferior.

La Formación Corneta corresponde a la parte superior de la Formación Medina de Segovia (1963).

#### CUATERNARIO

En la región estudiada se encuentran depósitos aluviales y de derrubio que han sido delimitados en este trabajo. Los depósitos juveniles se presentan principalmente en las márgenes de los ríos Lengupá, Guavio y Upía, constituidos por gravas. En el área de los Llanos Orientales, se presentan dos niveles de terrazas que fueron cartografiados como una sola unidad.

## TECTONICA

En este capítulo se consideran las características más sobresalientes de las cuatro regiones estructurales que se distinguen en el área del cuadrángulo K-12, las cuales de oriente a occidente son: Región de los Llanos Orientales, Sinclinorio de Nazareth, Anticlinorio de Los Farallones y Sinclinorio de la Sabana de Bogotá (fig. 14).

## REGION DE LOS LLANOS ORIENTALES

Ocupa el extremo suroriental del cuadrángulo K-12 ( fig. 15 ) y está caracterizada por una morfología plana. En ella se distinguen los siguientes elementos tectónicos:

- a) Falla de Guaicaramo, inversa, de ángulo alto (corte CC') cuyo plano de falla buza hacia el oeste y pone en contacto los estratos de la Formación Caja y Grupo Palmichal.
- b) Flanco occidental del Anticlinorio de La Florida, el cual está cubierto por las terrazas de los Llanos Orientales.

## REGION DEL SINCLINORIO DE NAZARETH

Está constituida por las rocas sedimentarias del Borde Llanero y limitada al oriente por la falla de Guaicaramo y al occidente por la falla de Tesalia, ambas inversas, de ángulo alto y buzamiento hacia el oeste.

Esta región se caracteriza por presentar estructuras amplias, normales y simétricas de dirección general  $N30^{\circ}E$  a  $N40^{\circ}E$ , tales como: Sinclinal del Río Blanco, Anticlinorio del Guavio y Sinclinal de Nazareth. Al norte de estas estructuras (límite K-12 y K-13), se presentan pliegues apretados y de gran extensión.

## REGION DEL ANTICLINORIO DE LOS FARALLONES

Está localizada en la zona central del cuadrángulo y ocupa un 50% del área total. Se caracteriza por ser una región de gran complejidad estructural, con numerosas fallas inversas que ocasionaron el levantamiento de varios bloques de rocas precretácicas.

Para facilitar la descripción, se dividió esta región en cinco zonas (figs. 15 y 16).

## ZONA ORIENTAL

Está limitada al este por estratos del Grupo Palmichal y al oeste por la falla de Santa María (figs. 15 y 16).

El principal rasgo estructural de esta zona lo constituye el flanco oriental del Anticlinorio de los Farallones, el cual está afectado por el sistema de fallas de Santa María, compuesto por las fallas de Tesalia, Lengupá y Santa María, todas de tipo inverso, ángulo alto y buzamiento hacia el oeste, con desplazamientos verticales de gran magnitud, ya que pone en contacto formaciones terciarias con pre-cretácicas.

## ZONA CENTRAL ORIENTAL

Corresponde al área positiva de los Farallones de Medina, limitada al este por la Falla de Santa María y al oeste por la Falla de La Esmeralda (figs. 15 y 16).

Los principales elementos tectónicos son:

- a) Anticlinorio de Toquiza, cuyo eje se orienta en dirección  $N30^{\circ}E$  y es desplazado por la falla del Frijol por cerca de 5 km. Esta estructura tiene su cabeceo al noroeste de Los Cedros (pl. 1, cuadrícula 7b).
- b) Falla de La Esmeralda, normal con el labio oeste levantado y dirección  $N30^{\circ}E$ .
- c) Falla del Frijol, de rumbo y dirección este-oeste, con un desplazamiento lateral izquierdo aproximado de 2 km.
- d) Falla de las Moyas, normal, de poco desplazamiento vertical.

## ZONA CENTRAL OCCIDENTAL

Está localizada al oeste del área positiva de los Farallones de Medina (figs. 15 y 16) y se caracteriza por presentar un serie de bloques levantados de rocas paleozoicas. Los pliegues en esta zona son de poca extensión y afectados por un sistema de fallas, de las cuales se destacan la del Garabato, la Colonia, La Pichonera, San Isidro, Manizales, El Gusano y la del Murca, todas de tipo inverso, ángulo alto y buzamiento hacia el oeste (corte CC').

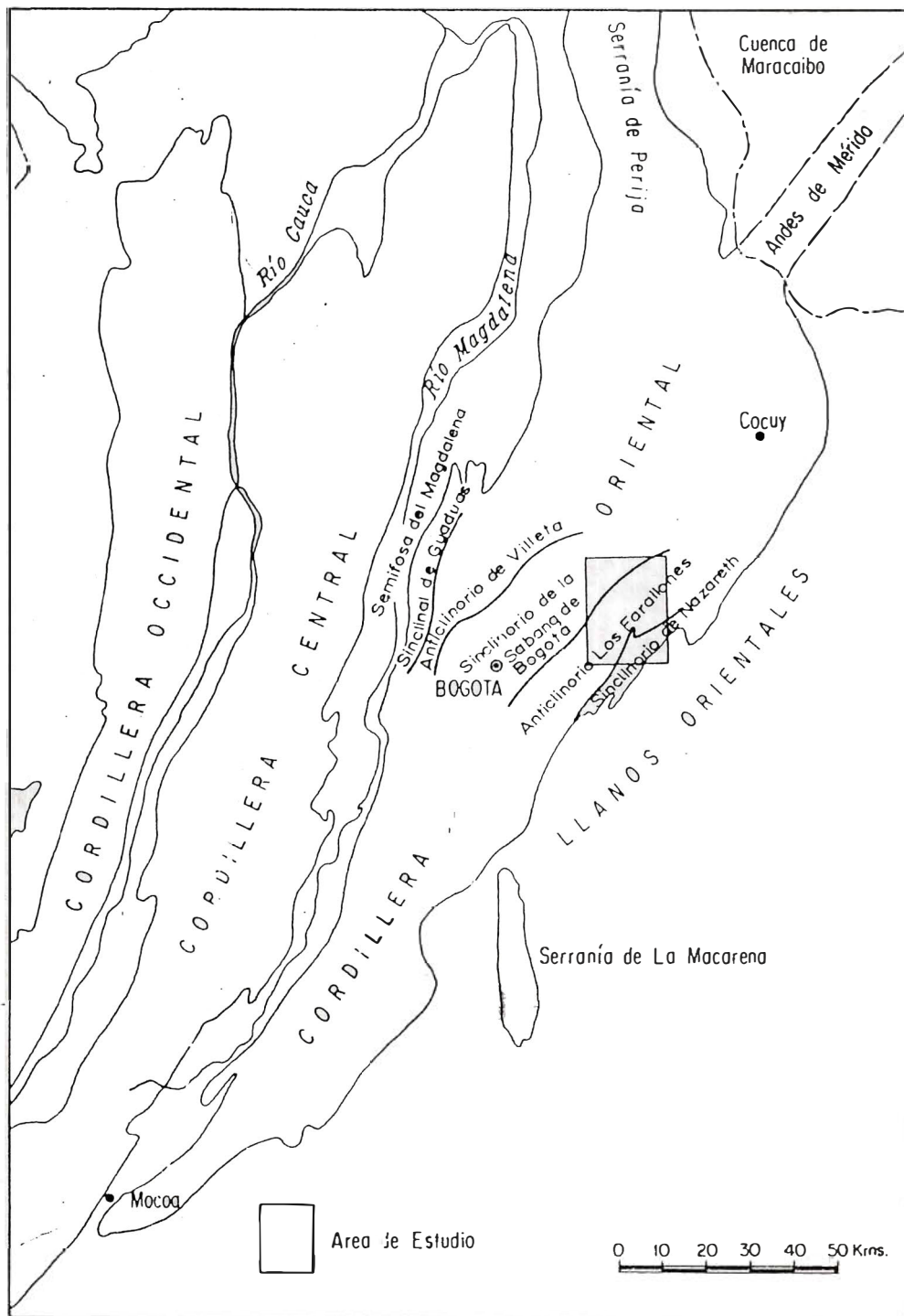
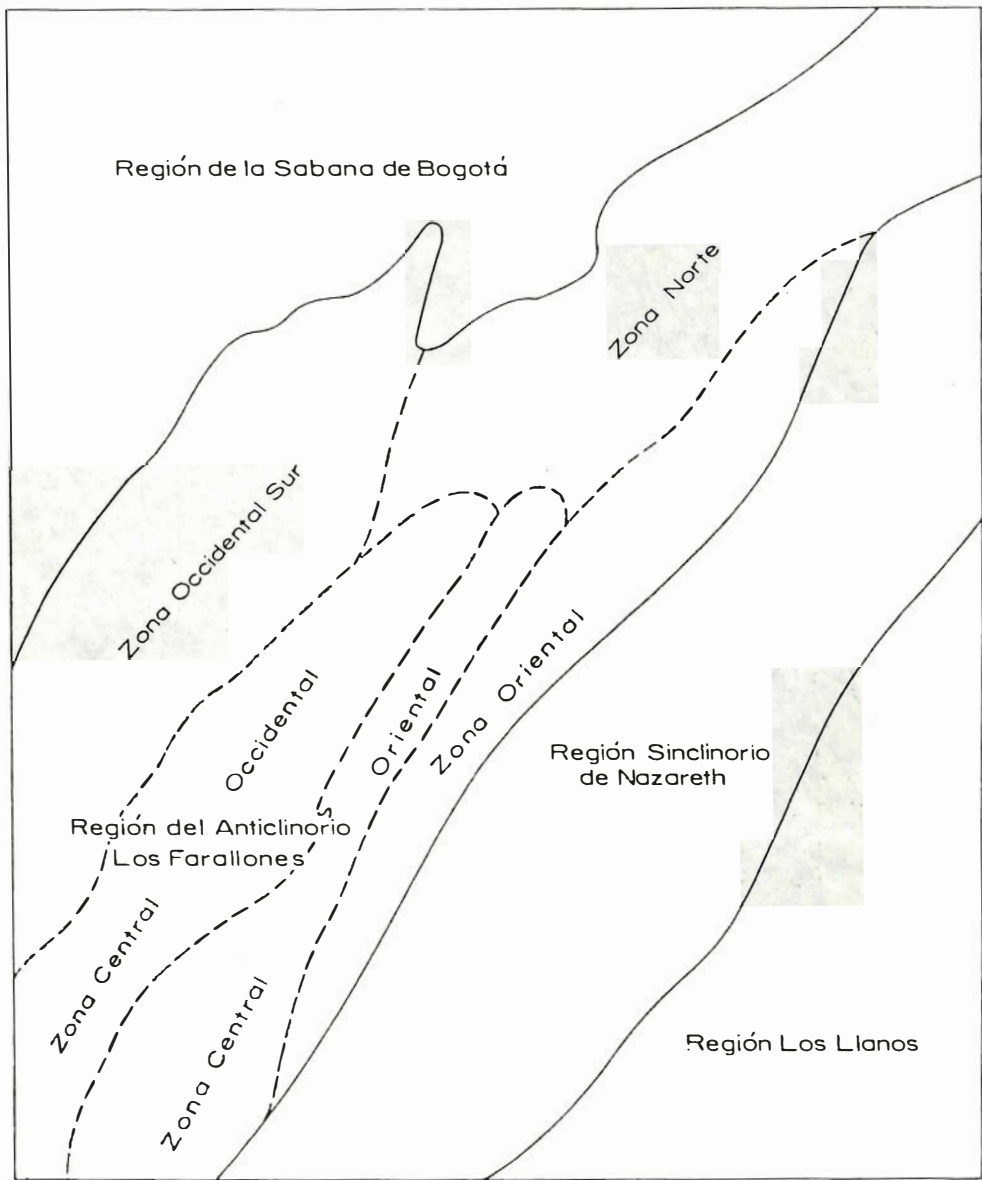


FIGURA 14. REGIONES ESTRUCTURALES DE LA PARTE MEDIA DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA





CONVENCIONES

— Limite de Regiones

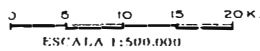
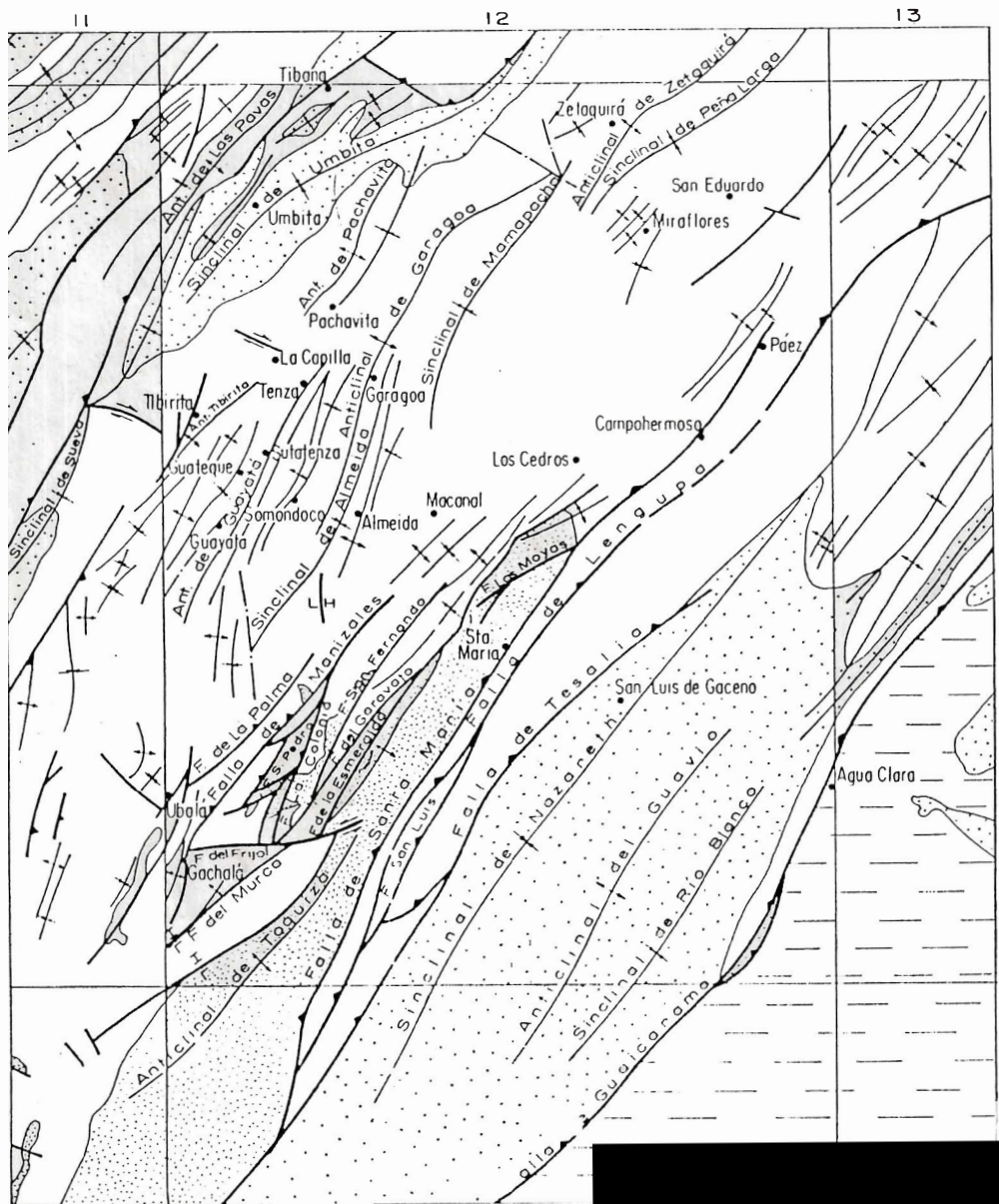
- - - Limite de Zonas

0 1 km

ESCALA 1:20.000

FIGURA 15. REGIONES Y ZONAS TECTONICAS DEL CUADRANGULO K-12 Y AREAS ADYACENTES

9



LEYENDA

- Cuaternario de los llanos
- Terciario
- Cretáceo
- Precretáceo

CONVENCIONES

- Contactos
- FALLAS
  - Normal
  - De rumbo
  - De cobalgamiento
  - Inferidas
- Lineamientos
- ESTRUCTURAS DE PLEGAMIENTO
  - Anticlinal
  - Sinclinal

FIGURA 16. MAPA TECTONICO DEL CUADRANGULO K-12, GUATEQUE

## ZONA NORTE

Se caracteriza por presentar poca complejidad estructural y en ella se observan los siguientes elementos tectónicos:

- a) Prolongación norte de la falla de Santa María. Al oeste de esta falla, se presentan pequeñas estructuras de dirección N45° E.
- b) Prolongación norte de la falla de Lengupá.

## ZONA SUROCCIDENTAL

Está limitada al oriente por las Areniscas de Las Juntas y al occidente por la base de los estratos de la Formación Une. Se caracteriza por estructuras normales y estrechas, de dirección general N10° E a N40° E, siendo las principales el Anticlinal de Almeida, Sinclinal y Anticlinal de Guayatá, Sinclinal de Movitas, Anticlinal de Matefique y Anticlinal de Tibirita. Las pocas fallas que se presentan en esta zona, son de tipo inverso y ángulo alto, tal como la que se presenta al oeste de Tibirita (corte BB').

REGION DEL SINCLINORIO DE LA  
SABANA DE BOGOTÁ

Está localizada en el extremo noroccidental del cuadrángulo K-12 (fig. 15 y 16) y ocupa aproximadamente un 25% del área total. Su límite oriental se ha determinado en la base de los estratos de la Formación Une, e incluye las formaciones Chipaque y Guadalupe, así como rocas terciarias de las cuencas de la Sabana de Bogotá y Sogamoso.

Las estructuras presentes en esta región, son en su totalidad normales, simétricas y de dirección general N30° E a N40° E, siendo las principales el Sinclinal de Peña Laura, Anticlinal de Zetaquirá, Sinclinal de Manapacha, Anticlinal de Garagoa, Sinclinal de Umbita y otros pliegues anticlinales y sinclinal de poca longitud.

Las fallas de esta región son en su mayoría de tipo inverso, ángulo alto y buzamiento hacia el oeste, destacándose la de Tibaná y la prolongación sur de la falla de Boyacá.

## GEOLOGIA HISTORICA

## CAMBRO - ORDOVICIANO

Este período en las áreas de estudio y adyacentes correspondió a una época de sedimentación marina, la cual concluyó con un movimiento orogénico que plegó, metamorfozó e intruyó los sedimentos depositados a este período. Los hechos anteriores están indicados por los metasedimentos del Grupo Quetame, la discordancia angular entre el Quetame y el Grupo Farallones (Devoniano-Carboniano) y la intrusión de la granodiorita del Caño de la Mina (Segovia, 1963).

## SILURIANO - DEVONIANO INFERIOR

Rocas de estas edades no se conocen en las áreas de estudio y adyacentes. La ausencia de estas rocas pudiera interpretarse como debida a la erosión o al no depósito de ellas, a causa del movimiento orogénico a finales del Ordoviciano, durante el cual la región correspondiente se encontraba levantada, constituyéndose así en un área continental.

## DEVONIANO MEDIO - CARBONIANO

A finales del Devoniano Inferior, las áreas investigadas y adyacentes experimentaron hundimiento, iniciándose un período marino transgresivo, de aguas poco profundas, circulación restringida a abierta, con sedimentos representados por areniscas, limolitas, arcillolitas, cuarcitas, argilitas, conglomerados y calizas, pertenecientes al Grupo Farallones (figs. 4 y 17). A finales del Carboniano, estas rocas debieron experimentar una perturbación con fallamiento y levantamiento de bloques, fenómenos estos que se observan en el área de los Farallones de Medina, donde la Formación Batá descansa inconformemente sobre las rocas del Grupo Farallones.

## PERMICO - TRIASICO MEDIO

Las rocas de estas edades están ausentes en las áreas de estudio y adyacentes, probablemente por erosión o no depósito, ya que el área de esta parte de la Cordillera Oriental correspondía a una zona positiva debido a movimientos ocurridos a finales del Carboniano.

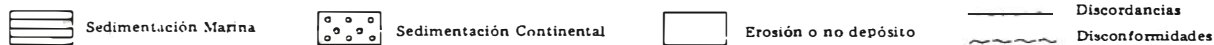
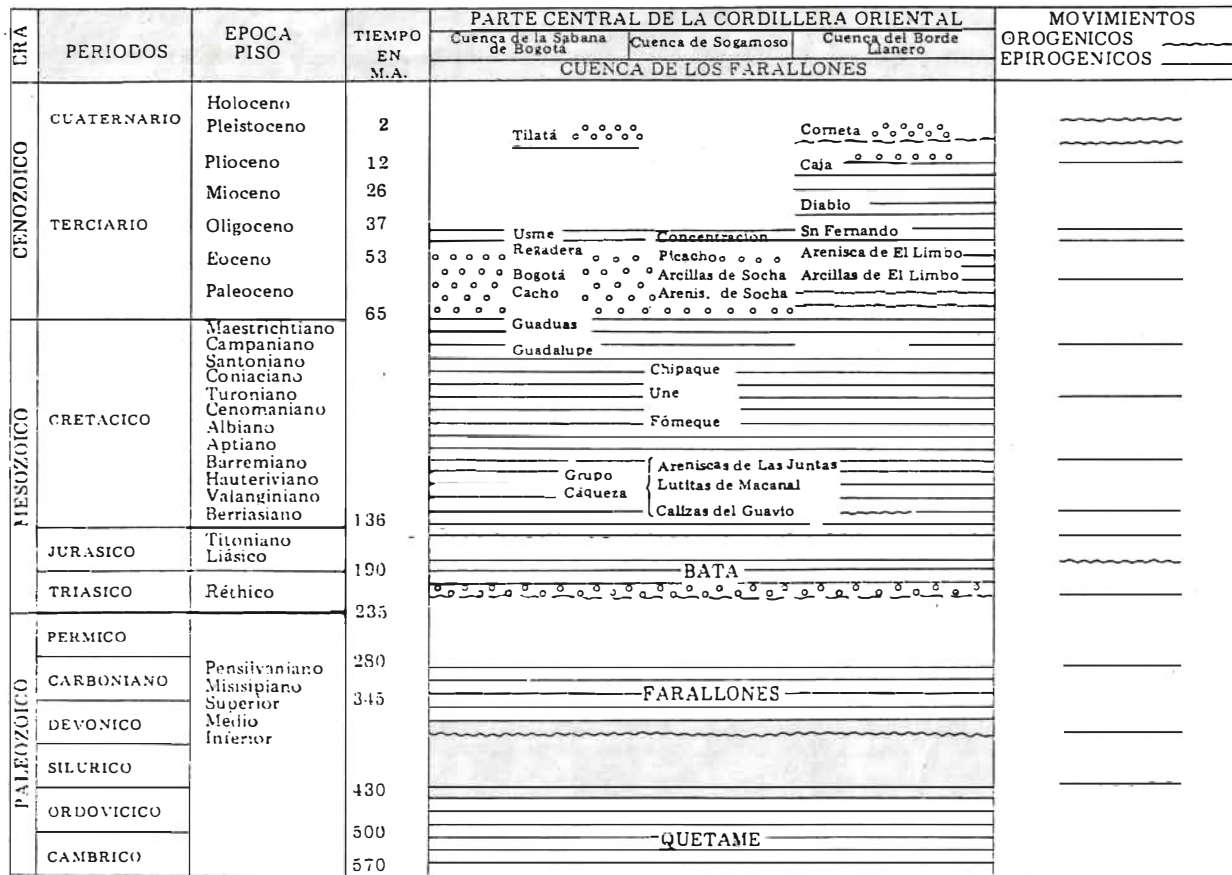


FIG. 17. PERIODOS SEDIMENTARIOS Y MOVIMIENTOS OROGENICOS Y EPIROGENICOS PARTE CENTRAL DE LA CORDILLERA ORIENTAL



### TRIASICO SUPERIOR- JURASICO INFERIOR

Durante el Triásico Superior, el área del cuadrángulo K-12 se encontraba continentalizada, con bloques dislocados a diferentes niveles; los bloques con mayores alturas sufrieron erosión y gran parte de este material fue a depositarse en forma de cuñas. A finales del Triásico Superior el área se hundió, iniciándose la transgresión marina del Jurásico Inferior. Estos hechos están indicados por los conglomerados con cantos de rocas del Farallones en la parte basal de la Formación Batá, las lutitas y areniscas con marcas de oleaje en la parte superior del Batá (fig. 4 y 17). A finales del Jurásico Inferior, el área de estudio debió sufrir un movimiento compresional que plegó, falló y levantó las rocas depositadas en el área; este fenómeno está confirmado por la discordancia angular entre los estratos del Grupo Farallones y el Cáqueza.

### JURASICO MEDIO Y SUPERIOR

Rocas de estas edades no se conocen en el área de estudio, probablemente debido a que el área se encontraba levantada a causa del movimiento sucedido en el Jurásico Inferior. A finales del Jurásico Superior el área volvió a hundirse, iniciándose así la transgresión marina del Cretáceo.

### CRETACEO

Durante el Cretáceo el área del cuadrángulo K-12 recibió el aporte de más de 6.500 m de sedimentos marinos depositados en aguas poco profundas y deltaicas, los cuales están representados por las unidades Cáqueza, Fômeque, Une, Chipaque, Guadalupe, Palmichal y parte del Guaduas (fig. 17).

Durante el Títoniano la cuenca se encontraba hundida con algunos bloques levantados. De esta manera el área recibió aportes de la zona cratónica oriental y del área de bloques; en las áreas cercanas a los bloques se depositaron conglomerados, calizas y lutitas (Calizas del Guavio), en discordancia progresiva sobre las unidades infrayacentes y localmente en discordancia angular entre sus miembros inferiores, en donde los bloques se bascularon simultáneamente con el aporte de sedimentos. En las áreas alejadas de los bloques se depositaron lutitas negras pertenecientes a la parte inferior de las Lutitas de Macanal. Los hechos anteriores están indica-

dos por: 1) la discordancia progresiva de las Calizas del Guavio sobre el Grupo Farallones; 2) la discordancia angular entre los miembros inferiores de las Calizas del Guavio (fig. 7); 3) el contenido de fragmentos del Farallones en los conglomerados de las Calizas del Guavio y 4) por el cambio de facies entre las Calizas del Guavio y la parte basal de las Lutitas de Macanal.

A comienzos del Berriasiano, las áreas positivas experimentaron hundimientos, depositándose desde el Berriasiano al Valanginiano sedimentos marinos en un ambiente lúxínico, que corresponden a las Lutitas de Macanal.

Durante el Hauteriviano-Barremiano, debido al relleno de la cuenca, se inició una regresión con una sedimentación de clastos gruesos, representados en las Areniscas de Las Juntas.

Durante el Aptiano, el área de esta parte de la Cordillera Oriental volvió a hundirse, depositándose así los sedimentos finos de la Formación Fômeque. En el intervalo Albiano-Maestrichtiano, el área en esta parte de la Cordillera Oriental experimentó fluctuaciones en su nivel de base, debido unas veces al relleno de la cuenca y otras a movimientos tectónicos de las áreas cercanas (emplazamiento del Batolito Antioqueño, Irving 1971, p. 33); durante el Albiano-Cenomaniano, se depositaron los clastos de la Formación Une y durante el Turoniano-Coniaciano, los sedimentos finos de la Formación Chipaque.

A finales del Coniaciano la parte central del área del cuadrángulo K-12 se levantó constituyéndose en una barrera entre las regiones occidental y central del área. Desde el Santoniano hasta el Maestrichtiano en la región occidental se depositaron sedimentos de aguas poco profundas con influencias deltaicas correspondientes a la Formación Guadalupe; mientras que en la región oriental se depositaron las areniscas y lutitas de ambiente deltaico pertenecientes a la parte inferior del Grupo Palmichal.

### TERCIARIO

El Terciario correspondió a un período de sedimentación marina a continental con varios movimientos epirogénicos que culminaron con la Orogenia Andina.

A comienzos del Paleoceno las áreas de estudio y adyacentes experimentaron hundimientos, modelándose una superficie irregular, en donde las áreas menos elevadas recibían aportes de tipo pantanoso a deltaico. Estos sedimentos corresponden en la Sabana de Bogotá y Sogamoso a la Formación Guaduas, y en el Borde Llanero a la parte inferior de la Arenisca Superior del Palmichal (Arenisca de El Morro). En el Paleoceno Superior las condiciones de las cuencas de la Sabana de Bogotá, Sogamoso y el Borde Llanero debieron ser muy similares, depositándose areniscas de tipo fluvial a deltaico, representadas por las Formaciones Cacho en la Sabana de Bogotá, Arenisca de Socha en la cuenca de Sogamoso y parte superior de la Arenisca de El Morro en el Borde Llanero. A comienzos del Eoceno inferior el área de las cuencas de la Sabana de Bogotá, Sogamoso y Borde Llanero, debió experimentar subsidencia depositándose sedimentos de tipo pantanoso a cenagoso, (Formación Bogotá) que en la cuenca de la Sabana de Bogotá cubrieron en discordancia progresiva (informe inédito Memorias L-10 Universidad Nacional), a las formaciones Guadalupe, Guaduas y Cacho. En la cuenca de Sogamoso se depositaron arcillolitas, areniscas de la unidad Arcillas de Socha, concordantemente sobre las Areniscas de Socha. En la cuenca del Borde Llanero se depositaron las arcillas de El Limbo, concordantemente sobre las Areniscas de El Morro.

En el Eoceno Medio debido al relleno de las cuencas terciarias, las condiciones de aportes cambiaron, depositándose en las cuencas de la Sabana de Bogotá, Sogamoso y Borde Llanero sedimentos de tipo fluvial a deltaico, correspondientes a las formaciones Regadera, Picacho y Arenisca de El Limbo respectivamente. A comienzos del Eoceno Superior las cuencas terciarias sufrieron subsidencias y dieron paso a una sedimentación marina representada por las formaciones Usme en la Sabana de Bogotá, Arcillas de El Limbo en Sogamoso y San Fernando en el Borde Llanero. Durante el Oligoceno Medio las cuencas de la Sabana de Bogotá y Sogamoso se levantaron quedando continentalizada la región correspondiente hasta el Pleistoceno Medio.

La región del Borde Llanero desde el Oligoceno Medio hasta el Mioceno Medio continuó estable, depositándose sedimentos de tipo deltaico a marino de aguas someras, correspondientes a la Formación Diablo

y parte basal del Caja. Del Mioceno Superior al Pleistoceno Inferior la cuenca del Borde Llanero experimentó cambios en su régimen de aportes debido al relleno de la cuenca y al levantamiento de bloques al occidente del sistema de fallas de Santa María; de esta manera su sedimentación fue de tipo fluvial con aportes de la región occidental y de la zona cratónica al oriente; este tipo de sedimentación corresponde a la parte media a superior de la Formación Caja.

Durante el Plioceno Inferior a Medio, tuvo lugar la primera fase de la Orogenia Andina, la cual plegó, falló y levantó la actual Cordillera Oriental; el hecho anterior está evidenciado en la cuenca de la Sabana de Bogotá por la discordancia entre la Formación Tilatá (Pleistoceno Superior), no afectada tectónicamente y las Formaciones plegadas que le infrayacen; en el área del Borde Llanero por la discordancia entre la Formación La Cometa (Plioceno-Pleistoceno) y la Formación Caja (Mioceno-Plioceno).

Fuera del área de estudio en el Valle del Magdalena, la Formación Honda, Oligoceno (De Porta, 1966, p.231) se encuentra plegada, mientras que la Formación Mesa (Pleistoceno) se encuentra casi horizontal, sin rasgos de haber sufrido tectonismo. Por estos hechos, es de suponer que esta orogenia culminante que formó la Cordillera Oriental ocurrió en el Plioceno a Plioceno Medio.

Durante el Plioceno Superior las áreas de las cuencas de la Sabana de Bogotá, Sogamoso y Borde Llanero se encontraban levantadas debido a la Orogenia Andina; por tal causa parte de dichas áreas fueron sometidas a erosión y el material erodado fue depositado en ambiente lagunar a fluvial y corresponde a la parte inferior de las formaciones Tilatá y La Cometa.

#### CUATERNARIO

Durante el Pleistoceno Inferior continuaron las condiciones del Plioceno Superior y se depositó la parte superior de las formaciones Tilatá y La Cometa. Durante el Pleistoceno Medio a Superior, ocurrió la segunda fase de la Orogenia Andina, la cual produjo levantamiento de bloques en la parte central de la Cordillera, ocasionando varios periodos de glaciación. En el Borde Llanero, ocurrieron movimientos compresionales que dieron lugar a plegamiento y cabalgamiento.

## GEOLOGIA ECONOMICA

Con el fin de conocer las posibilidades económicas del área comprendida por el cuadrángulo K-12, Guateque, se elaboró el mapa de ocurrencias minerales el cual consistió en el reconocimiento de cada una de las mineralizaciones, su relación estructural con la roca encajante, muestreo sistemático de cada una de las manifestaciones y la medida de los afloramientos en aquellas mineralizaciones estratiformes.

Los minerales metálicos más importantes están constituidos por los yacimientos de hierro de Ubalá, Sabanalarga y San Eduardo, los cuales fueron estudiados y evaluados. Las ocurrencias de minerales metálicos como Cu, Pb, Zn, son, hasta donde se conoce en la actualidad, de pequeña magnitud; en estas áreas se han realizado estudios de prospección geoquímica, cuyos resultados están consignados en los informes 1592, 1691.

Los principales recursos minerales dentro del área estudiada, están constituidos por los no metálicos, entre los cuales se destacan las esmeraldas, yeso y las grandes reservas de caliza, que por su alto contenido de carbonato cálcico, son aptas para diferentes usos industriales.

## MINERALES METALICOS

### HIERRO

Los depósitos de hierro más importantes dentro del cuadrángulo K-12, Guateque, están localizados en los municipios de Ubalá, Sabanalarga y San Eduardo. Las otras ocurrencias de hierro observadas en áreas del cuadrángulo son de pequeña magnitud y se presentan en las localidades Tominejas, Algodones, Montecristo, correspondientes al municipio de Gachalá y en las Minas y Salitre (municipios de Manta y Tibirita).

#### *Depósitos de Ubalá*

Este yacimiento constituye el depósito de hierro más importante del cuadrángulo K-12, Guateque, por su potencial económico (Cruz J. y Camacho R., 1971). Está localizado al este-noreste de la población de Ubalá, departamento de Cundinamarca, en las veredas de Las Mercedes y Manizales (pl-1, cuadrícula, 6a).

Para la evaluación de este depósito, se realizó inicialmente una cartografía geológica a escala 1:25.000, cubriéndose un área de 150 km<sup>2</sup>, que abarca la parte norte de las cuadrículas 7a y la parte sur de la cuadrícula 6a. Posteriormente se efectuó una cartografía geológica a escala 1:10.000 en las áreas adyacentes a los afloramientos de mineral de hierro, con el fin de establecer los factores controlantes de la mineralización. En este yacimiento se perforaron tres pozos con un total de 653 pies con taladro Long Year 24, corazonando con brocas de diamante; y se efectuaron 43 análisis químicos y 43 petrográficos.

El mineral de hierro se halla emplazado en el miembro superior de la unidad Calizas del Guavio (fig.6). Los estudios realizados por Ingeominas indican que el cuerpo mineralizado es de forma tabular pseudoestratiforme y se extiende longitudinalmente por una distancia de 4,5 km, con espesores entre 10 y 30 m.

El depósito es de origen hidrotermal (en su sentido amplio de soluciones calientes) de reemplazamiento metasomático de caliza por siderita. En superficie el mineral primario ha sido alterado a óxidos de hierro, principalmente hematita y goethita.

Los análisis químicos de las muestras tomadas dentro de los 25 m superficiales dan un contenido promedio de hierro de 51.7% en la mayoría de los análisis el contenido de hierro está entre 48% y 58%. El contenido máximo para Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, P, S y residuos insolubles es de: 1,75%, 0,63%, 0,65%, 0,12%, 0,13% y 10,5% respectivamente.

Los análisis de los núcleos de siderita obtenida en las perforaciones dieron un contenido promedio de: Fe 41%, Mn 2,2%, Mg 1,6% y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P, S y residuos insolubles muy bajos.

Con los trabajos realizados en este yacimiento se calculó que las reservas posibles de mineral de hierro de Ubalá exceden los 30 millones de toneladas métricas.

Los estudios efectuados indican la existencia de un depósito mineral de hierro potencialmente económico que justifica continuar con las investigaciones geológico-mineras encaminadas a probar las reservas del yacimiento.

### *Depósito de Sabanalarga*

El estudio de este yacimiento fue realizado por Camacho, et al. (1972). Está localizado en el municipio de Sabanalarga, en la parte oriental del cuadrángulo K-12 (pl-1, cuadrícula 6d).

Para el estudio de este trabajo se hizo una cartografía geológica a escala 1:25.000, en las cuadrículas 5d y 6d. Se levantaron columnas estratigráficas y muestras de afloramientos para análisis. Se perforaron 19 pozos con un equipo pequeño Mark IX, corazonando con brocas de diamante; los corazones del estrato con oolitos de hierro fueron cuarteados y enviados al laboratorio para análisis.

El estrato con oolitos de hierro se presenta en las Areniscas de El Limbo, localizado en ambos flancos del Anticlinal del Silbadero y en parte del flanco occidental del Sinclinal de la Botijera. El estrato con oolitos de hierro se extiende longitudinalmente por una distancia de 15 km con un espesor que varía entre 1 y 3 m. La concentración de oolitos de hierro no es constante en todo el espesor del estrato; disminuye hacia la base y hacia el techo; se presenta la mayor concentración en el flanco occidental de Anticlinal del Silbadero en una longitud aproximada de 6,5 km.

Los análisis de las muestras obtenidas en las perforaciones dieron un contenido promedio de 32% de Fe y 29,7% de SiO<sub>2</sub>, el azufre es bastante bajo, el fósforo alrededor de 0,70%.

Con base en los estudios realizados en este yacimiento, se hizo un cálculo de reservas geológicas de 17 millones de toneladas métricas en el flanco occidental del Anticlinal del Silbadero.

El tenor en hierro del yacimiento es bajo (30%) y alto en sílice (30%), lo cual hace antieconómico cualquier operación pirometalúrgica.

Según el resultado del ensayo de concentración efectuado en la Subdirección de Investigaciones Químicas, es posible hacer una concentración por método magnético, pero resultaría antieconómico a escala industrial.

BOL. GEOL. VOL. XXII - No. 1.

La localización geográfica, haría improbable por el momento cualquier explotación económica.

Es importante anotar que en el Borde Llanero existe una gran extensión de sedimentos terciarios inexplorados, en la cual podrían hallarse depósitos análogos de mayor tamaño.

### *Depósito de San Eduardo*

El informe de este yacimiento fue realizado por Camacho R. y Garzón A. (1972). Está localizado a unos 6 km al oriente de la población de San Eduardo (pl-1, cuadrícula 2d) a una altura que oscila entre 2.300 y 2.600 m.

Para el estudio de esta mineralización, se hizo cartografía a escala 1:25.000 en parte de las cuadrículas 1d y 2d y en áreas aledañas a estas, se abrieron trincheras con el objeto de definir las relaciones geológicas entre la roca encajante y el mineral siderítico y determinar espesores y continuaciones superficiales; se colectaron muestras representativas de la veta de hierro para análisis químicos y petrográficos.

La mineralización de siderita se halla rellenando fracturas en lutitas y areniscas arcillosas pertenecientes a la unidad Areniscas de Las Juntas (fig.9).

Los trabajos de exploración permitieron la localización de cuatro afloramientos alineados de siderita sobre una distancia de 3 km, con espesores variables entre 2 y 10 m; no se pudo determinar si los mismos tienen relación de continuidad.

Los afloramientos se encontraron en los siguientes puntos:

1. En la quebrada de Guarumera, a una altura de 2.180 m, localizado a unos 30 m de la margen oriental de la quebrada. El afloramiento ocurre en las zonas de brecha de la falla de la Guarumera.

La siderita se encuentra rellenando fracturas y reemplazando parte de la roca encajante y contienen abundantes inclusiones de materiales arenosos y arcillosos. La roca sedimentaria tiene una dirección N80° E y ligera inclinación hacia el este.



2. En el filo que separa las cuencas de drenaje de las quebradas Berrería y Uribeña, a una altura de 2.400 m.

La veta de siderita, en este afloramiento, presenta una dirección de  $N65^{\circ}E$  con buzamiento de  $80^{\circ}W$  y se halla discordante entre las rocas sedimentarias principalmente areniscas arcillosas, de grano fino, micáceas y lutitas negras a amarillentas por alteración.

3. En la cuenca de la quebrada Uribeña, a una altura de 2.400 m. En este afloramiento se observan claramente las relaciones de contacto angular entre la siderita y las capas sedimentarias, las cuales presentan una dirección  $EW/77^{\circ}N$  y  $N45^{\circ}E/50^{\circ}W$  respectivamente. La veta de siderita tiene un espesor de 2 m y su continuidad longitudinal no pudo establecerse.

4. En la cuenca de la quebrada Montenegro a una altura de 2.750 m. El afloramiento de siderita es continuo por lo menos por 50 m de longitud y presenta un espesor mayor de 3 m; se observa solo el respaldo inferior, el cual está muy meteorizado. Aunque no se observaron claramente las relaciones geométricas del contacto con la roca encajante, se notan dos características: una es la ocurrencia de remanentes de areniscas arcillosas y de lutitas embebidas y diseminadas en la masa siderítica; la otra es el relleno de fracturas de la roca encajante por mineral siderítico.

Con base en los análisis químicos, se observa en las muestras de siderita, un contenido promedio en hierro del 54,99%; en  $MnO$ , 82%; el contenido en  $P_2O_5$ , en sulfatos y sulfuros es casi nulo, el contenido promedio en residuos insolubles es de 3,16%.

Las mineralizaciones de siderita son de carácter hidrotermal, en forma de relleno de fracturas en lutitas y areniscas arcillosas.

Aun cuando se han encontrado afloramientos que por sus dimensiones son de importancia, es prematuro hablar de potencialidad económica de estas manifestaciones debido al carácter preliminar del estudio.

### *Manifestación de Tomincjas*

La mineralización está situada aproximadamente a 400 m al norte del camino real de Gachalá a la vereda de Algodones, en el sitio denominado Tominejas (pl-1. cuadrícula 7b).

Esta manifestación ha sido explotada en pequeña escala a tajo abierto y el mineral transportado a lomo de mula hasta la carretera, situada a una distancia aproximada de 6 km.

Las ocurrencias de hierro se presentan aparentemente concordantes entre lutitas claras y negras de la unidad Lutitas de Macanal, las cuales presentan una dirección  $N40^{\circ}E/30^{\circ}E$ . El mineral de hierro es del tipo especularita (oligisto especular), y se presenta en un filón de un espesor de 3 m el cual es observable en una distancia longitudinal de 20 m, adelgazándose hacia el occidente.

En la roca encajante se observan pequeñas manifestaciones de calcopirita y carbonato de cobre (malaquita), asociados al hierro.

Los resultados de los análisis químicos de las muestras (IGM-16780 a 16784, ver informe 1581) presentan un alto porcentaje de hierro (87,25 a 94,90%), con un contenido bajo de azufre (0,18%), manganeso (0,32%) y ausencia de fósforo.

Estas cualidades del mineral lo hacen apropiado para la industria; sin embargo, el volumen de reservas hasta ahora conocido parece muy escaso.

### *Manifestación de Algodones*

La manifestación de hierro se presenta aproximadamente a 1 km al oeste del camino de Algodones a la Inspección de Mámbita, sobre el río Naranjitos (pl-1, cuadrícula 7b), en forma de filón con un espesor de 20 cm y una dirección  $N20^{\circ}E/37^{\circ}E$ , aparentemente concordante entre areniscas cuarcíticas de grano fino, de edad probablemente carboniana.

Los resultados de los análisis químicos de 4 muestras (IGM-16857 - 16860, ver informe 1581) dieron un alto porcentaje de hierro (60%), escaso contenido de azufre, manganeso y fósforo, requeridos en la industria. El volumen de reservas conocidas es muy pequeño.

### *Manifestación de Montecristo*

El área mineralizada se encuentra localizada en la Inspección de Montecristo, municipio de Gachalá, sobre la quebrada La Mina, afluente de la quebrada El Tormento (pl-1, cuadrícula 7b).

Los afloramientos de hierro (especularita) se encuentran rellenando fisuras en una arenisca cuarcítica, algo calcárea del Grupo Farallones, de edad Paleozoico (Castillo, informe interno, 1969), que conforman el núcleo de un anticlinal de dirección N60°E, afectado en su flanco oriental por una pequeña falla longitudinal. Las fisuras son también más o menos longitudinales a la estructura con espesores desde 0,15 a 3 m y algunas se acuan y desaparecen.

El espesor de la roca encajante es 16,70 m y el espesor de la specularita aflorante es de 6 m, notándose mayor espesor de las fisuras hacia el núcleo del anticlinal. Hacia los respaldos, la cuarcita calcárea se altera a arenisca arcillosa bastante ferruginosa, de color amarillento oscuro a café, con piritita diseminada y presenta vetillas irregulares de cuarzo, a veces bien cristalizado, con piritita, calcopiritita y vetillas irregulares de specularita.

La mineralización de hierro se siguió en dirección noreste, mediante trincheras y tomando como nivel guía las areniscas ferruginosas; los resultados solamente sugieren que el hierro se extiende por 200 m, en esta dirección.

Un estudio de magnetómetro en esta área no reveló resultados positivos.

Los resultados de los análisis químicos de las muestras (IGM-16732 a 16740, ver informe 1581), dan los siguientes porcentajes promedios: Fe 63%, S 0,13%, Mn 0,02%, P 0,03% y el residuo ácido insoluble 4,33%. Estos resultados indican que se trata de un mineral de gran pureza. Las cantidades de mineral, hasta ahora prospectadas son pequeñas; el carácter selvático del área, dificultó su exploración detallada.

### *Manifestación de Las Minas*

Está localizada en la vereda Las Minas, aproximadamente 200 m al oeste de la escuela del mismo nombre, perteneciente al municipio de Manta (pl-1, cuadrícula 4a). La mineralización de hierro se presenta estratigráficamente dentro de la Formación Fómeque, la cual está constituida principalmente por lutitas grises claras y negras, con intercalaciones de pequeños bancos de calizas grises oscuras, de grano fino, fosilíferas.

La manifestación de hierro está constituida por siderita, la cual se presenta en una caliza gris oscura, en parte arenosa. La zona mineralizada tiene un espesor de 2 m y una distancia longitudinal corta.

El rumbo y buzamiento de la roca encajante, es aproximadamente N30°E/12°E, y presenta fracturas verticales que llevan una dirección N 55°E.

El mineral primario es siderita, el cual por alteración produjo hematita. Asociados con siderita se observan pequeñas diseminaciones de calcopiritita e impregnaciones pulverulentas de manganeso.

La presencia de pequeños islotes de la roca encajante encerrados entre masas de mineral de siderita, indican que se trata de una mineralización de origen hidrotermal, formada por reemplazamientos en calizas.

Los resultados de los análisis de las muestras (IGM-16923 a 16926, ver informe 1581), dan los siguientes resultados en porcentajes promedios: Fe: 49,20%, S 0,14%, Mn 0,76%, P 0,03%. Residuo ácido insoluble 11,23%. Una mineralización de hierro similar a la anterior y aparentemente más pequeña, se presenta hacia el norte (afloramiento de "El Salitre"), en el municipio de Tibirita (pl-1, cuadrícula 4a). Esta mineralización fue estudiada por Manjarrés, G. (1966) y McLaughlin, D. y Arce, M. (1972).

## COBRE

### *Cerro del Cobre*

La mineralización está localizada en el sitio denominado Cerro del Cobre, situado al noreste de Gachalá, aproximadamente a 8 km de esta población (pl-1, cuadrícula 7a). Esta manifestación de cobre, conocida también con el nombre de "La Colonia" fue estudiada por Stutzer, O. (1934), Suárez H. (1945), Wokittel, R. (1953) y Ordóñez, R. (1962).

El Cerro del Cobre corresponde a un anticlinal con dirección ligeramente noroeste; las rocas que lo constituyen son

margas fosilíferas y calizas intramicríticas dolomitizadas (IGM-16771) de grano fino, grises oscuras. Esta estructura anticlinal se encuentra fallada en su flanco oriental, falla quebrada La Colonia, presentándose la mayor concentración de mineral en el flanco occidental.

El mineral primario de esta mineralización lo constituye la calcopirita, la cual está distribuida irregularmente en las calizas dolomíticas, formando nidos, vetillas y en forma diseminada.

Asociados con el mineral principal, se observaron malaquita y azurita como resultado de alteración; los minerales de ganga son cuarzo, piritita y óxido de hierro (Limonita).

El carácter diseminado de la mineralización supone un origen hidrotermal, en el cual las fallas y fracturas sirvieron de conductos o canales para las soluciones metalíferas.

Esta mineralización ha sido clasificada (Suárez Hoyos, 1945) como de origen magmático, producido por soluciones hidrotermales metalíferas emanadas de un cuerpo ígneo en estado de enfriamiento. Otra hipótesis es la de que estos depósitos son originados por removilización de iones metálicos de las rocas sedimentarias produciendo así soluciones hidrotermales mineralizantes, no relacionadas a cuerpos ígneos (Wedow, comunicación oral, 1969).

Los resultados de los análisis químicos de 4 muestras (IGM-16771-16774, ver informe 1581), dan un promedio de cobre aproximado del 5%, el cual es más que aceptable para la industria, siempre que se encuentre un volumen suficiente de reservas. El cobre se encuentra asociado con plata (Ag), dando en los análisis un promedio de 30 gramos por tonelada.

La mineralización de cobre "La Colonia", está formada por relleno de fracturas y diseminaciones irregulares de calcopirita, esto último como resultado de reemplazamiento en horizontes calcáreos.

La irregularidad de la mineralización, su poca extensión conocida y la falta de vías de comunicación hacen que esta manifestación no sea económica en las actuales condiciones.

Se recomienda efectuar una prospección geoquímica en las áreas aledañas al Cerro del Cobre, en especial la parte septentrional del anticlinal, al norte del río Guavio. Si este estudio revela anomalías importantes puede intentarse una perforación en el núcleo del anticlinal lo cual podrá revelar reservas de importancia (Ordoñez, R., 1962).

#### PLOMO

Durante la realización del mapa de ocurrencias minerales (Rodríguez, E., 1971) se visitaron las manifestaciones de plomo de: Cueva Oscura, San Rafael y Quebrada Porras.

#### *Cueva Oscura y San Rafael*

Las mineralizaciones de galena están situadas en la carretera que de Ubalá conduce a Gachalá, en la margen derecha de la quebrada "El Gusano", aproximadamente a 3 km de la población de Ubalá (pl-1, cuadrícula 7a).

Estas mineralizaciones han sido explotadas a tajo abierto y el material escogido a mano. Entre los estudios efectuados a estas manifestaciones de mineral, se destacan los de los geólogos Suárez, H. (1945), Sandoval, J. (1951) y Wokittel, R. (1953). En esta área Ingeominas efectuó cuatro perforaciones (pl-1, cuadrícula 7a) con un total de 946,5 pies y cuyos resultados no fueron satisfactorios (Garzón, 1975).

La roca encajante de la mineralización, está constituida en su mayor parte por calizas arenosas, grano fino, grises oscuras, fosilíferas, pertenecientes a las Calizas del Guavio (Kieg). Estas rocas forman una estructura anticlinal fallada en su flanco oriental (falla de la quebrada "El Gusano"), en donde se presenta la mayor concentración del mineral.

El principal mineral de mena es la galena, la cual se encuentra diseminada irregularmente en las calizas y en relleno de fracturas verticales que llevan una dirección N80° W. Asociadas con el mineral principal, se observan manifestaciones de calcopirita, siderita, piritita, siendo los minerales de ganga, calcita y cuarzo.

Estas mineralizaciones probablemente están relacionadas con la falla de la quebrada "El Gusano", la cual tiene una prolongación hacia el sur, a lo largo del Río Farallones (K-11) en donde se presentan manifestaciones de plomo.

taciones de galena en ambos márgenes del río, lo cual permite esperar que estudios detallados podrían revelar reservas importantes.

Los resultados de los análisis químicos de 4 muestras (IGM-16775 a 16778, ver informe 1581), dan un tenor promedio de mineral de plomo del 7%, porcentaje aceptable para la industria, de encontrarse un volumen de reservas adecuado.

#### *Quebrada Porras*

Cinco kilómetros en línea recta al noroeste de la población de Zetaquirá y sobre la quebrada Porras (pl-1, cuadrícula 1c), se presenta una manifestación de galena de menor importancia. Se trata de pequeños nidos de galena como relleno de fisuras en una arenisca perteneciente a la Formación Une.

La galena se encuentra asociada con esfalerita; parece que esta manifestación es puramente local.

#### ZINC

##### *Vereda de Nazareth*

Durante la elaboración del mapa de ocurrencias minerales en el cuadrángulo K-12 (Rodríguez, E., 1971) se localizó una ocurrencia de esfalerita, situada aproximadamente a 3 km al noreste de la población de Ubalá, en la vereda de Nazareth (pl-1, cuadrícula 7a).

La mineralización de esfalerita se presenta dentro de una zona de brecha probablemente producida por una falla que afecta rocas sedimentarias pertenecientes a la unidad Lutitas de Macanal. La mineralización se presenta en relleno de fracturas verticales de dirección E-W. La zona de brecha, se puede observar por una distancia longitudinal de 15 m. Asociada con la esfalerita, se observan diseminaciones esporádicas de galena y cuarzo como mineral de ganga.

En los resultados de análisis de dos muestras (IGM-16803 y 16804, ver informe 1581), se destaca el alto tenor de zinc, que varía de 51,10 a 63,15%. El análisis espectrográfico indica que el contenido en Cd de la esfalerita es superior a 5.000 ppm.

BOL. GEOL. VOL. XXII - No. 1.

#### MANGANESO

##### *Quebrada Colorada*

Se presenta óxido de manganeso en los nacimientos de la quebrada Colorada, afluente de la quebrada Guarumera, a una altura de 1.800 m (pl-1, cuadrícula 2d).

El estudio de los caracteres texturales y posición estratigráfica de estas ocurrencias (Camacho, R., y Garzón, A., 1972), indican que se trata de una acumulación residual de óxidos de manganeso (Wad), color negro mate, grano muy fino, poroso; cuando está seco es pulverulento y en estado húmedo es untuoso, se resquebraja en superficies irregulares, baja dureza, liviano, en texturas botroidales y amorfas. Ocurre dentro de material de derrubio cuaternario.

Los resultados de los análisis químicos (ver informe 1629) indican un contenido promedio de Mn de 15,04% y Fe 22,41%.

Los afloramientos de óxidos de manganeso se encuentran dispersos en un área irregular de unos 50 x 100 m y parece que no hay continuidad entre uno y otro; sin embargo es aconsejable un programa de trincheras y apiques para determinar su extensión.

#### MINERALES NO METALICOS

##### CALIZA

Constituyen recursos minerales muy importantes dentro del cuadrángulo K-12, Guateque, por su volumen de reservas y su alto contenido de carbonato cálcico, que las hace aptas para cemento, cal agrícola y otros usos industriales. Las principales áreas de material calcáreo están localizadas en la región del Guavio, estudio que fue realizado por Guerra, A. (1972). También existen afloramientos de calizas hasta 2 m de espesor en la Formación Fómèque, las cuales no parecen tener mayor potencial económico; sin embargo, podrían utilizarse localmente como corrector de los suelos ácidos, una vez calcinada en hornos sencillos.

##### *Región del Guavio*

Las áreas con material calcáreo, están restringidas a las Calizas del Guavio (Kicg), que consta de 5 miembros, de los cuales dos de éstos son calcáreos y fueron descritos por Guerra, A. (1972) como Miembros Calizas In-



feriores (Kci2) y Superiores (Kci4). Estas calizas fueron cartografiadas a escala 1:25.000 en un área de 200 km<sup>2</sup> y su muestreo se hizo teniendo en cuenta la importancia en cuanto a su espesor y contenido de carbonato cálcico; el tope del Miembro Calizas Inferiores fue controlado con muestras colectadas cada 2 km y analizadas para determinar su pureza. El Miembro Calizas Superiores fue muestreado en el río Chivor, 1 km al sur del sitio "Puente Mercedes" y en el Alto de San Pedro, tomando una muestra cada 5 m en dirección perpendicular al buzamiento. Las reservas potenciales fueron calculadas en 3 áreas: área de Las Mercedes, comprendida entre las fallas de San Isidro, Manizales y San Pedro en donde afloran los Miembros de Calizas Inferiores (Kci2) y Superiores (Kci4); área de la Vega de San Juan, delimitada al este por la falla de la Pichonera, al norte por la falla de Golpe de Agua, al oeste por la falla de San Pedro y al sur la falla de El Fríjol y área del río Murca, delimitada por la falla de San Pedro al este, por la continuación sur de la falla de Manizales al oeste y por la falla El Frijol al sur.

Los resultados de los análisis químicos de las muestras IGM-16576 a 16582 (ver informe 1615, apéndice I), correspondientes al Miembro Calizas Superiores, dan un contenido de CaCO<sub>3</sub> que varía de 84,10% a 95,53%; el porcentaje de carbonato de magnesio es 1,32% como máximo, hacia el techo de las calizas superiores, lo cual las hace óptimas en calidad para la metalurgia del hierro.

De acuerdo con los datos obtenidos en la cartografía geológica y estimando una densidad de 2,6, se calcularon las siguientes reservas geológicas potenciales de roca caliza, con un tenor no menor del 85% de CaCO<sub>3</sub>.

Localidad	Reservas Potenciales millones ton.metr.
1. Area Las Mercedes	618,7
2. Area La Vega de San Juan	286
3. Area del Río Murca	124,8
Total	1.029,5

#### CARBON

La Formación Guaduas que aflora en el extremo noroeste del cuadrángulo K-12, Guateque, no ha sido explotada en detalle para

la búsqueda de carbón; se conoce allí una veta de carbón de 1,50 m de espesor, la cual se encuentra en explotación (pl.1, cuadrícula 2b) y está localizada estratigráficamente en el conjunto C (fig. 12).

#### ESMERALDAS

En la región del cuadrángulo K-12, Guateque, correspondiente a los municipios de Ubalá, Gachalá, Almeida y Somondoco, se presenta una amplia zona esmeraldífera, actualmente en explotación en las minas de: La Vega de San Juan, Las Cruces, Diamante, Chivor y otros sitios.

La localización de las principales minas se indica en el cuadrángulo K-12. El estudio geológico de las esmeraldas, por sus características especiales, no fue contemplado como objetivo dentro de este trabajo. Este programa fue desarrollado como proyecto específico de Ingeominas y sus resultados se encuentran consignados en los informes Nos. 1683 y 1684.

#### YESO

En el área del cuadrángulo K-12, Guateque, se presentan manifestaciones de yeso en los municipios de Macanal, Almeida, Santa María, Gachalá y Páez.

Los afloramientos de yeso de los municipios de Macanal, Almeida y Santa María no fueron visitados en el trabajo del mapa de ocurrencias minerales; por tal razón se hace una breve descripción de ellos, basados únicamente en el conocimiento derivado de estudios anteriores (McLaughlin, D. y Arce, M. 1972) y de observaciones durante la cartografía geológica del área en estudio.

#### Afloramiento de Lusitania

Está situado aproximadamente 3 km al sur de la población de Macanal en la margen izquierda del río Batá sobre la carretera Las Juntas - Santa María (pl-1, cuadrícula 5b).

En este afloramiento, el yeso no se presenta en forma continua, sino en lentes de diferentes espesores y diseminaciones, emplazados en lutitas negras y grises, piríticas, fosilíferas, a veces calcáreas, con lentes de calizas grises claras. Se observa también una arcilla negra, pirítica y calcárea conocida con el nombre de "rute". McLaughlin, D. BOL. GEOL. VOL. XXII - No. 1.

y Arce, M. (1972) le atribuyen a este depósito una edad probable de Barremiano-Valanginiano, y sugieren que este depósito puede ser el resultado de acumulaciones de material residual insoluble, luego de la lixiviación de halita por aguas meteóricas.

#### *Afloramiento de Peña Blanca*

Está situado aproximadamente 3 km al noreste de Macanal y comunicado con esta población por carretable (pl-1, cuadrícula 4b). La ocurrencia de yeso se encuentra emplazada en rocas sedimentarias, especialmente lutitas negras y grises de las Lutitas de Macanal y presenta características similares al afloramiento de Lusitania, presentándose el yeso en forma lenticular en espesores variables.

Villegas, M. (1959) indica que la mineralización tiene un espesor que varía de 1 a 4 m. Otros afloramientos de características similares a los anteriores se presentan en los municipios de Almeida y Santa María, en los sitios denominados Gualí y Cachipay, respectivamente. Estos afloramientos han sido estudiados por Villegas, M. (1959).

En el municipio de Gachalá se presentan manifestaciones de yeso a lo largo del río Negro, en un trayecto aproximado de 7 km (pl-1, cuadrículas 5b y 5c). Estas mineralizaciones han sido estudiadas por Suárez H. (1945), Wokittel, R. (1953), Quintero y De La Espriella (1958).

El yeso se encuentra emplazado en rocas de la unidad Lutitas de Macanal la cual está constituida en su mayor parte por lutitas negras, margas grises oscuras con piritita y bancos de calizas grises claras y negras con impregnaciones de azufre. Estas rocas forman una estructura con dirección NE-SW, cuyo flanco oriental está afectado por la falla del río Negro o Murca.

Las principales manifestaciones están localizadas en las veredas Las Minas, San Isidro y la Florida.

#### *Afloramiento Las Minas*

El afloramiento de yeso está situado aproximadamente a 5 km de Gachalá (pl-1, cuadrícula 8a), comunicado con esta población por carretable. Esta mineralización se explotó originalmente para azufre durante cinco años y luego ha sido explotada para yeso (Quintero y De La Espriella, 1958).

La explotación de yeso se efectúa a lajo abierto.

Las manifestaciones de yeso están formadas principalmente por bolsones de distintas dimensiones y espesores. El yeso es de color gris claro asociado con azufre y piritita.

Los resultados químicos (IGM-16554-16555, ver informe 1581), indican un alto contenido de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , alrededor del 94%.

#### *Afloramiento de San Isidro*

Está situado aproximadamente a 7 km al sur de Gachalá (pl-1, cuadrícula 8a) y comunicado con esta población por camino de herradura.

Por información del propietario del terreno, esta manifestación fue explotada en muy pequeña escala y se extrajeron 14 toneladas de mineral. En el tiempo de la visita, la mineralización se encontraba abandonada y en gran parte cubierta por derrumbe.

La manifestación de yeso está formada por bolsones de mineral, emplazado en lutitas negras calcáreas con azufre, piritita y calizas grises claras que contienen impregnaciones de yeso. El mineral es de color blanco, en parte gris claro asociado con azufre y piritita.

Los resultados de los análisis de dos muestras (IGM-16798 - 16799) dieron un porcentaje de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  alrededor del 78%, el cual parece ser bajo; sin embargo estos valores no deben considerarse como absolutos, por tratarse de un muestreo de superficie. Otro afloramiento de yeso de características similares a los anteriores, se presenta a 5 km al noreste de Gachalá (pl-1, cuadrícula 8a) se trata de bolsones de mineral, emplazado en rocas sedimentarias de la unidad Lutitas de Macanal, principalmente en lutitas negras calcáreas con piritita y calizas grises claras que contienen impregnaciones de mineral. El yeso es de color blanco, en parte gris claro, asociado con azufre. Cerca al contacto con las rocas, se encuentran vetillas de selenita.

El porcentaje promedio de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , a partir de dos muestras (IGM-16805-16806, ver informe 1581), es alrededor del 78%.

*Afloramiento de Pozuclos*

Está situado aproximadamente a 2 km al sur de la población de Páez (pl-1, cuadrícula 3d) y comunicado con ésta por camino de herradura.

Concordante con las rocas sedimentarias de las Lutitas de Macanal se presenta una capa de yeso, de color blanco con piritita diseminada, con espesor de 3 m y una dirección N55°E/35°W.

Los resultados de los análisis químicos (IGM-16877 a 16885, ver informe 1581), dan un alto porcentaje de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , alrededor del 80%.

*Afloramiento de Hayapompo*

Está situado 3 km al sur de la población de Páez (pl-1, cuadrícula 3d).

Entre capas de limolita cuarzo sericítica (IGM-16903), con lentejones de caliza, gris clara a blanca con cristales de piritita diseminados, se presenta concordante una capa de yeso de color blanco de un espesor de 2 m y una dirección N50°E/20°E.

Los resultados de los análisis químicos (IGM-16887 a 16902, ver informe 1581) indican un porcentaje de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  que varía de 60% a 82%. Otro afloramiento dentro de la vereda Hayapompo está situado 2,5 km al sur de Páez (pl-1, cuadrícula 3d) y actualmente se encuentra en explotación.

La capa de yeso tiene un espesor de 4 m y dirección N 80° E/20° S y su porcentaje de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (IGM-16905 a 16915, ver informe 1581), es alrededor del 80%.

*Afloramiento de Muchilero*

Está situado aproximadamente a 3 km en línea recta al noreste de Páez, cerca al río Upía (pl-1, cuadrícula 3d).

Concordante con capas de limolita de color gris clara y negra correspondiente a las Lutitas de Macanal, se presenta una capa de yeso de color blanco con piritita diseminada, de un espesor de 5 m y dirección N58°E/57°W.

Los resultados de los análisis químicos de las muestras (IGM-16916 a 16919, ver informe 1581), dan un contenido promedio de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  del 80%.

Los yesos descritos en este informe, pueden clasificarse como sedimentarios, formados durante el proceso de precipitación de secuencia evaporítica. La formación de cuencas evaporíticas estuvo favorecida por la presencia de rocas paleozoicas que forman altos topográficos. La estratificación presente en los yesos de Páez es una prueba de que se trata de depósitos sedimentarios.

## BARITINA

*Afloramiento La Cascada*

Esta situada aproximadamente a 200 m al noroeste de la población de Ubalá, en el sitio denominado La Cascada (pl-1, cuadrícula 7a). Esta manifestación ha sido explotada en pequeña escala. Se extrajeron 38 toneladas de mineral que fueron procesadas en Bogotá (Wokittel, R., 1953).

El afloramiento de baritina, se presenta en forma de filón con un espesor de 20 cm y observable en una distancia de 15 m rellenando fracturas verticales que llevan una dirección N 70° E.

El mineral es de color blanco, en parte gris claro, y se encuentra emplazado en una arenisca ferruginosa, de grano fino, correspondiente a las Calizas del Guavio (Kieg).

Los resultados de los análisis químicos de las muestras (IGM-16787 a 16792, ver informe 1581) dan un porcentaje de sulfato de bario que oscila entre 54,50 a 93,99%.

En la vereda de Las Mercedes perteneciente al municipio de Ubalá, aproximadamente 500 m al sur de la Escuela de Las Mercedes, se presentan varias acumulaciones de rodados de baritina, que sugieren la presencia de otro filón en las vecindades. También es posible que la baritina se encuentre asociada al yacimiento de siderita que se presenta en esta región.

## ROCA FOSFORICA

El Ingeominas, por intermedio del Grupo de Fosfatos, ha venido adelantando estudios para la prospección de roca fosfórica. En cuanto se refiere al área del cuadrángulo K-12, Guateque, se han localizado capas de roca fosfórica (pl-1, cuadrículas 1a y 2a) dentro de la Formación Guadalupe (Ksgi), en los niveles lidíticos (Plaeners Inferiores y Superiores).

Localidad	Porcentaje de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Espesor en m
Escuela Chiratá	11,28	0,80
Chinquirá	17,53	1,50
Suroeste de Tibaná	24,56	1,40
Quebrada Albarracín	12,05	0,80
Sur de Tibaná - Cerro Marantá	11,43	0,55
Suroeste de Tibaná - Sitantá Abajo	24,72	0,50
Sur de Tibaná - Quebrada Chiguatá	11,51	0,70

Con base en el cuadro anterior, puede observarse que sólo tienen interés potencial, las áreas correspondientes a las localidades de Chinquirá y suroeste de Tibaná.

#### FUENTES SALADAS

Dentro del área investigada solamente se conocen dos fuentes saladas (McLaughlin, D. y Arce, M., 1972), localizadas una en El Salitre cerca de Somondoco (pl-1, cuadrícula 4a), la cual se encuentra en explotación, utilizándola como fuente de sal para ganado. La otra fuente salada, está localizada aproximadamente 2 km al sureste de Mámbita (pl-1, cuadrícula 7b), en estratos pertenecientes a las Lutitas de Macanal.

#### PETROLEO

En la región suroriental del cuadrángulo K-12, las compañías petroleras Texas y Continental, perforaron los pozos Guavios y Chaparral, respectivamente. Los resultados de estos pozos (Sección de Explotación del Ministerio de Minas y Energía) fueron los siguientes:

Pozos	Profundidad total en pies	Producción B/d.	Intervalo de Prod. en pies
Chaparral 1	15.990	No se probó	13.800 - 14.200
Guavio 1	10.592	216 340	6.890 a 6.914 7.692 a 7.728
Guavio 2	9.186	Seco	
Guavio 3	7.090	Seco	

#### CONCLUSIONES GENERALES

En el área estudiada del cuadrángulo K-12, Guateque, se encuentran manifestaciones de minerales, cuyo origen puede atribuirse a los siguientes procesos mineralizantes: BOL. GEOL. VOL. XXII - No. 1.

1. Hidrotermal, formado por: a) rellenos de fracturas y b) diseminaciones, como resultado de reemplazamientos o relleno de espacios porosos. Entre estos, se encuentran las mineralizaciones de sulfuros, hierro, siderita, oligisto especular, barita y posiblemente esmeraldas.

Los estudios geológicos hasta la fecha, sugieren que estas mineralizaciones están controladas estructuralmente por fallas.

2. Sedimentarios, formados por varios procesos: ejemplos, yeso, calizas, carbones, fosforita y hierro oolítico.

#### RECOMENDACIONES

1. Continuar la prospección en las áreas de Ubalá, Gachalá y río Farallones en la búsqueda de minerales de plomo, zinc y en el área del Cerro del Cobre en la búsqueda de cobre.

2. Teniendo en cuenta que las mineralizaciones de hierro (especularita) en el área del cuadrángulo K-12, Guateque, no obedecen a ningún control estratigráfico, puesto que se encuentran emplazadas tanto en rocas paleozoicas como cretácicas y que únicamente están controladas estructuralmente por fallas las cuales son muy notorias en estas zonas, para la exploración del depósito de hierro specular debe tenerse en cuenta la distribución de fallas y fracturas. Este criterio es también aplicable en las vetas de siderita de Ubalá y San Eduardo y en las mineralizaciones hidrotermales.

3. Los depósitos de yeso en el área del cuadrángulo K-12 Guateque, se encuentran emplazados en rocas cretácicas de la unidad Lutitas de Macanal, relacionados con rocas calcáreas, obedeciendo en esta forma a un control estratigráfico, por lo tanto es de esperar que exploraciones detalladas en esta Formación en la búsqueda de yeso, darían resultados favorables.

4. La búsqueda de depósitos de hierro oolítico debe hacerse teniendo en cuenta los ambientes propicios para la formación de estas mineralizaciones. Estudios estratigráficos y sedimentológicos detallados pueden rendir buen



nos resultados. Las rocas sedimentarias del Terciario ofrecen las mejores posibilidades.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVARADO, B., y SARMIENTO S., R., 1944.- *Informe Geológico General sobre los Yacimientos de Hierro, Carbón y Caliza de la Región de Paz de Río.* Depto. Boyacá, Informe 468, Serv. Geol. Nal.
- BÜRGL, H., 1957.- *Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y Alrededores.* Bogotá, Bol. Geol., Vol.V, No. 2, p.113-185.
- , 1959a.- *Estratigrafía y Estructura de la Región entre Chia y Tenjo.* Depto. Cundinamarca, Serv. Geol. Nal., Informe 1331 (Inédito).
- , 1960b.- *El Jurásico e Infracretáceo del Río Batá, Boyacá.* Serv. Geol. Nal., Bol. Geol., Vol.VI, p.169-211.
- CASTILLO, L. y GUERRA, A., 1971.- *Informe de los Trabajos de Geoquímica realizados en las Cuencas de los Ríos Rucio y Muchindote.* Ingeominas, Informe No.1592.
- CAMACHO, R., y GARZON, A., 1972.- *Informe sobre la Ocurrencias de Siderita al Este de San Eduardo, Boyacá con un Apéndice sobre Ocurrencias de Oxidos de Manganeso.* Ingeominas-Bogotá, Informe No. 1629 (Inédito).
- CAMACHO, R., NIGRINIS, R. y ULLOA, C., 1972.- *Investigaciones Geológicas del Depósito de Hierro Oolítico del Municipio de Sabanalarga, Boyacá, Ingeominas-Bogotá, Informe No.1618 (Inédito).*
- CRUZ, J., y CAMACHO, R., 1971.- *Informe sobre las Investigaciones Geológicas Mineras en el Yacimiento de Hierro de Ubalá, Cundinamarca.* Ingeominas, Bogotá, Informe No. 1571 (Inédito).
- CAMPBELL, C., 1962.- *A Section Through the Eastern Cordillera of Colombia between Bogotá and Villavicencio.* Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, 4th Ann, Field conf., 29 p.
- CAMPBELL, C., y BURGL, H., 1965.- *Section Through the Eastern Cordillera of Colombia.* Geol. Soc. America, Vol. 76, No.5, p. 567-590.
- DE PORTA, J., 1966.- *Geología del Extremo S del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guatiquí, Bucaramanga.* Boletín de Geología, Univ. Ind. de Santander, Nos. 22-23, p. 5-347.
- ESCOVAR, R., 1975.- *Geología y Geoquímica de las Minas de Esmeraldas de Gachalá, Cundinamarca, Ingeominas, Informe No. 1684.*
- ETAYO, F., 1964.- *Posición de las Faunas en los Depósitos Cretácicos Colombianos y su valor en la Subdivisión Cronológica de los mismos.* Bol. Geol., Univ. Ind. Santander, No. 16-17, p. 5 - 141, 8 fol., Bucaramanga.
- GARZON, A., 1975.- *Prospección Geoquímica en suelos en Ubalá - Cueva Oscura y Río Farallones Región del Guavio, Ingeominas Bogotá, Informe No.1691.*
- GUERRA, A., 1972.- *Estudios Geológicos de las Calizas del Guavio, Municipios de Ubalá y Gachalá, Cundinamarca, Ingeominas-Bogotá, Informe No. 1615, (Inédito).*
- HETTNER, A., 1892.- *Die Kordillere von Bogotá; Palermans Mitteil. Eng., Vol. 22, No. 104, p. 1-131.*
- HUBACHI, E., 1931b.- *Exploración en la Región de Apulo - San Antonio - Viotá.* Bol. Min. Petr. No. 25-27, p. 41-60.
- , 1945.- *La Formación "Cáqueza", Región de Cáqueza (Oriente de Cundinamarca).* Comp. Est. Geol. Ofic. en Colombia. Tomo VI, p. 23-26.
- , 1957a.- *Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia.* Inst. Geol. Nal., Informe 1212, 166 p.
- , 1957b.- *Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus Alrededores.* Serv. Geol. Nal., Bol. Geol., Vol.IV, No.2, p.93-113.
- INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI", 1967.- *Atlas de Colombia Bogotá.* 203 p.

- IRVING, E., 1971.- *La Evolución Estructural de los Andes más Septentrionales de Colombia. Ingeominas, Bol. Geol. Vol. XIX, No. 2, 89 p.*
- JULIVERT, M., 1962a.- *Estudio Sedimentológico de la Parte alta de la Formación Guadalupe (Cretáceo Superior) al E de Bogotá, Bol. de Geología, No. 10, p. 25-54. Bucaramanga.*
- , 1962b.- *La Estratigrafía de la Formación Guadalupe y las Estructuras por Gravedad en la Serranía de Chia (Sabana de Bogotá), Bucaramanga, Boletín de Geología, Univ. Ind. Santander, No. 11, p. 5-21.*
- JULIVERT, M., et al., 1968.- *Colombia. Lexique Strat. Inter. vol. 5, fasc. 4a. 651, p. 27 fs., XIV cuadros, Paris.*
- KEHRER, G., 1933.- *El Carboniano del Borde Llanero de la Cordillera Oriental Colombia. Bol. Min. Petr. Nos. 49-54, p. 105-121.*
- McLAUGHLIN, D.H., Jr. y ARCE M., 1969.- *Geology and Mineral Resources of the Zipaquirá Area (Zona IV), Cordillera Oriental, Colombia. Inst. Nal. de Investigaciones Geológico-Mineras, Ministerio de Minas y Petróleos.*
- , 1972.- *Recursos Minerales de Parte de los Deptos. de Cundinamarca, Boyacá y Meta. Inv. Min. Nal., Bogotá, Tomo IV.*
- MANJARRES, G., 1966.- *Yacimientos de Hierro de Tibirita, Depto. de Cundinamarca, Informe 1500, Serv. Geol. Nal.*
- ORDOÑEZ, R., 1962.- *Yacimientos de Cobalto "La Colonia", Gachalá, Depto. de Cundinamarca, Informe No. 1381, Serv. Geol. Nal.*
- QUINTERO, R., y DE LA ESPRIELLA, R., 1958.- *Investigaciones Mineras en la Región del Guavio, Depto. de Cundinamarca, Informe 1265, Serv. Geol. Nal.*
- RADELLI, L., 1967.- *Geologie der Andes Colombiennes, Laboratoires de Grenoble, Mem. 6, 471 p.*
- RENZONI, G., 1962.- *Apuntes acerca de la Litología y Tectónica de la Zona al Este y Sureste de Bogotá. Bol. Geol. Vol. X, No. 1-3, p. 59-79, 1 map. Bogotá.*
- , 1965.- *Geología del Cuadrángulo L-11 Villavicencio. Serv. Geol. Nal. e Inventario Minero Nacional.*
- RENZONI, G., y OSPINA, C., 1969.- *Geología del Cuadrángulo J-12, Inst. Nal. de Investigaciones Geológico-Mineras, Inf. 1546, 30 p.*
- RODRIGUEZ, E., 1971.- *Ocurrencias Minerales en el Cuadrángulo K-12 y parte del K-11, Ingeominas, Bogotá, Informe No. 1581, (Inédito).*
- SEGOVIA, A., 1963.- *The Geology of Plancha L-12 (Paralonso Medina), Pennsylvania State University.*
- SANDOVAL, J.C., 1951.- *Informe Mineralógico de la Mina "La Aurora", Ubalá Serv. Geol. Nal., Informe No. 779 (Inédito).*
- SCHEIBE, E., 1938.- *Estudios Geológicos sobre la Cordillera Oriental Bogotá, Estudios Geológicos y Paleontológicos Cordillera Oriental, Colombia, Parte 1a. 85 p.*
- STUTZER, O., 1934.- *Contribución a la Geología de la Cordillera Oriental, Regiones cerca a Bogotá, Comp. Est. Geol. Ofic., Tomo II, p. 141-182.*
- STIBANE, F., 1966.- *Zur Geologie Von Kolumbien, S.A. Das Quelame and Garzón Massiv. Bogotá, Biblioteca del Serv. Geol. Nal.*
- SUAREZ, H. V., 1945.- *Reconocimiento Geológico de la Región del Guavio, Gachalá (Cundinamarca). Bogotá, Comp. Est. Geol. Ofic., Tomo VI, p. 147-188.*
- VAN DER HAMMEN, T., 1957b.- *Estratigrafía Palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia). Bogotá, Bol. Geol. Vol. V, No. 2, p. 189-203.*

- VAN DER HAMMEN, T., 1960.- *Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos, Bogotá, Informe 1279, Serv. Geol. Nat., p.73-126.*
- VILLEGAS, M., 1959.- *Estudio de los Yacimientos de Yeso de Macanal y Almeida, Depto. de Boyacá. Bol. Min. y Petr. Nos. 58-59, p. 36-41.*
- WOKITTEL, R. y LOPEZ CASAS, J., 1953.- *Estudio Minero y Geológico en la Región del Guavio y de los Farallones de Medina. Serv. Geol. Nat., Informe No. 913.*
- WOKITTEL, R. y MUTIS J. V., 1954.- *Yacimientos Esmeraldíferos en los Municipios de Ubalá, Gachalá, Almeida, Macanal y Somondoco. Serv. Geol. Nat., Informe No. 1050 (Inédito).*

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
GEOLOGICO-MINERAS

ESTUDIO SOBRE LOS DEPOSITOS DE BAUXITA EN CAUCA Y VALLE  
ESPECIALMENTE EN EL AREA DE  
MORALES Y CAJIBIO

INFORME 1642

Por:

HUMBERTO ROSAS GARCIA

BOGOTA, 1 9 7 6



## CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN . . . . .	61
INTRODUCCION . . . . .	61
LOCALIZACION . . . . .	61
CLIMA Y VEGETACION . . . . .	61
ASPECTOS CULTURALES . . . . .	63
ACTIVIDADES Y PERSONAL . . . . .	63
HISTORIA . . . . .	63
TRABAJOS PREVIOS . . . . .	63
TERMINOLOGIA . . . . .	64
BAUXITA . . . . .	64
ARCILLA BAUXITICA . . . . .	64
CLIACHITA . . . . .	64
GEOMORFOLOGIA . . . . .	65
TOPOGRAFIA Y FISIOGRAFIA . . . . .	65
GEOLOGIA . . . . .	65
FORMACION POPAYAN . . . . .	65
CARACTERISTICAS DE LOS DEPOSITOS . . . . .	67
DESCRIPCION . . . . .	67
PERFIL DE LA ZONA DE METEORIZACION . . . . .	67
CONDICIONES GENERALES PARA LA FORMACION DE DEPOSITOS BAUXITICOS RESIDUALES . . . . .	69
ORIGEN DE LOS DEPOSITOS . . . . .	69
CONTROL TOPOGRAFICO DE LOS DEPOSITOS . . . . .	70
EDAD DE LOS DEPOSITOS . . . . .	70
RELACION ENTRE ROCA ORIGINAL Y TIPO DE DEPOSITO . . . . .	72
CARACTERISTICAS QUIMICAS . . . . .	72
MINERALOGIA . . . . .	73
CARTOGRAFIA DE LOS DEPOSITOS . . . . .	73
EXPLOTACION DE LA ARCILLA BAUXITICA . . . . .	78
BENEFICIO DE LA ARCILLA BAUXITICA . . . . .	78
RESERVAS DE BAUXITA EN EL AREA MORALES - CAJIBIO . . . . .	78
ZONA 1 . . . . .	79
ZONA 2 . . . . .	79
ZONA 3 . . . . .	79
ZONA 4 . . . . .	80
ZONA 5 . . . . .	80
ZONA 6 . . . . .	80
ZONA 7 . . . . .	81
ZONA 8 . . . . .	81
ZONA 9 . . . . .	81
ZONA 10 . . . . .	81
TOTALES . . . . .	82
RESERVAS DE BAUXITA EN LOS DEPARTAMENTOS DE CAUCA Y VALLE . . . . .	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	82
REFERENCIAS CITADAS . . . . .	83

## FIGURAS

1.	Mapa Índice . . . . .	62
2.	Esquema Geológico del Valle Medio del Río Cauca . . . . .	66
3.	Perfil de la zona de meteorización. . . . .	68
4.	Cortes esquemáticos que ilustran el control topográfico de los depósitos . . . .	71
5.	Variaciones de Ca, Mn y Fe en profundidad (muestras de canal) . . . . .	74
6.	Variaciones de $Fe_2O_3$ , $SiO_2$ y $Al_2O_3$ en profundidad (muestras de canal). . . .	75
7.	Variaciones de Fe, Mn y Ca con relación a la topografía (muestras superficiales).	76
8.	Distribución de los depósitos de Bauxita en el área de Morales - Cajibío . . . . .	77

## CUADROS

1.	Clasificación modificada Thoenen - Burchard para distintos grados de bauxita.	64
2.	Composición de la arcilla bauxítica y de los agregados gibsíticos en el área de Morales - Cajibío, Cauca . . . . .	72
3.	Cálculo de reservas de bauxita en los departamentos de Cauca y Valle . . . . .	82

## PLANCHAS

Mapa de los depósitos de Arcilla Bauxítica en el área Morales - Cajibío, Departamento del Cauca (8 Planchas) . . . . .	(entre páginas 78 y 79)
--	-------------------------

## RESUMEN

En la región central de los departamentos de Cauca y Valle, ocurren depósitos de arcilla bauxítica, o bauxita de bajo grado, formados por meteorización química principalmente a partir de rocas de la formación Popayán. Esta formación consta de capas de material detrítico con algunos flujos de lavas, que se depositaron en una cuenca fluvio-lacustre de edad Plio-Pleistoceno, situada entre las cordilleras Central y Occidental.

Los depósitos aparecen preferentemente en áreas de topografía suave, formando un horizonte concordante con el suelo actual. La arcilla bauxítica es de color marrón, algo plástica, con abundantes agregados gibsíticos, y representa una etapa temprana del proceso de bauxitización. A partir de ésta arcilla bauxítica puede obtenerse bauxita de alto grado eliminando la fracción arcillosa y recuperando los agregados gibsíticos, mediante lavado y tamizado. Estos agregados contienen 59% de  $Al_2O_3$  y 3% de  $SiO_2$  y 4,5% de  $Fe_2O_3$ .

Con base en observaciones geológicas de campo, datos de pozos, y criterios geomorfológicos, se llevó a cabo la cartografía detallada de los depósitos en el área de Morales - Cajibío, y se efectuó el cálculo de reservas en dicha área, el cual da un total de 80'000.000 de toneladas de arcilla bauxítica en base seca, de las cuales podrían obtenerse 20'000.000 de toneladas de agregados gibsíticos.

La totalidad de las reservas posibles en los departamentos de Cauca y Valle se estima en 750'000.000 de toneladas de arcilla bauxítica en base seca que permitirían extraer 93'750.000 toneladas de agregados gibsíticos.

## INTRODUCCION

Extensos depósitos de arcilla bauxítica ocurren en la depresión andina del Alto Cauca. En 1970, el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras inició estudios geológicos detallados, tendientes a establecer las características físicas, mineralógicas y químicas de los mismos, así como su extensión, distribución, génesis y potencial económico. Inicialmente se seleccionó un área típica para concentrar allí la mayor par-

de las investigaciones, que fue la de Morales - Cajibío, la cual comprende un rectángulo de 300 km<sup>2</sup> (fig.1).

El área de Morales - Cajibío constituye el tema central de este trabajo. En forma suplementaria se incluyen algunos datos relacionados con otras zonas bauxíticas de los departamentos de Cauca y Valle.

## LOCALIZACION

La totalidad de las áreas de ocurrencia de bauxita se encuentran hacia el centro y flancos de la depresión andina del Cauca, aproximadamente entre las latitudes de Popayán al sur, y Cali al norte. La extensión de las zonas bauxíticas se estima aproximadamente en 1.000 km<sup>2</sup>.

El cuadrángulo que representa el área de Morales - Cajibío está situado 25 km al norte de Popayán y se halla comprendido entre las siguientes coordenadas planas:

Norte:	X = 800.000	metros
Este :	Y = 1'060.000	metros
Sur :	X = 780.000	metros
Oeste:	Y x 1'045.000	metros

Estas coordenadas corresponden a la convención adoptada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, según la cual se toma como origen un punto situado 3° al W de Bogotá, con coordenadas geográficas 4° 35' 56,57"N y 77°-04 -51,30"W Greenwich, y coordenadas planas (fig. 1):

X = 1'000.000 metros norte.
Y = 1'000.000 metros este.

## CLIMA Y VEGETACION

En el área de Morales - Cajibío el clima es húmedo tropical, lluvioso la mayor parte del año, con algunos períodos relativamente secos. Según registros pluviométricos que cubren un total de 27 años, la precipitación media anual fue de 2.000 mm, con 200 días de lluvia al año. El promedio de precipitación para el mes más seco, julio, fue de 50 mm, y para el más húmedo, noviembre, fue de 320 mm (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1969, p. 67, 68, 73).





La temperatura en la misma área varía entre 19 y 20° C. En algunas zonas bauxíticas del departamento del Valle, tales como San Antonio y Villa Colombia, la temperatura media asciende hasta 23° C.

La vegetación predominante en las zonas de ocurrencia de bauxita está clasificada, según mapa Ecológico del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1969, p. 74-75), como bosque húmedo subtropical. Parte del terreno está dedicado a la ganadería y a pequeños cultivos de café, yuca, plátano, maíz, etc. La fertilidad del suelo es baja, ya que está constituido en su mayor parte por latosoles rojos y amarillentos.

#### ASPECTOS CULTURALES

La mayor ciudad en el valle del Alto Cauca es Cali, capital del Departamento del Valle, centro industrial, con 1'500.000 habitantes, situada en el extremo norte de la zona de ocurrencia de bauxita.

En el extremo sur se encuentra la ciudad de Popayán, capital del Departamento del Cauca, con una población de 130.000 habitantes. La vía de comunicación más importante es la carretera troncal de occidente que une las ciudades de Cali y Popayán. Sobre esta vía se encuentran poblaciones menores como Jamundí, Santander y Piendamó.

En el sector rural, la ganadería y la agricultura constituyen las principales fuentes de ingreso de la población. Pequeñas explotaciones mineras, principalmente auríferas, se llevan a cabo en algunos sectores. En los alrededores de Villa Colombia y San Antonio, se extrae bauxita para la producción de sulfato de alumina en una planta que opera en Cali.

#### ACTIVIDADES Y PERSONAL

En el desarrollo de los trabajos, uno de los principales objetivos fue el de establecer las condiciones genéticas y geomorfológicas que controlaron la forma y distribución de los depósitos. Con este propósito se efectuó la cartografía detallada de los mismos, controlada por observaciones de superficie y por un extenso programa de perforaciones llevado a cabo en cooperación con el geólogo Luis A. León. En su fase final tuvo una activa participación el geólogo Egon Castro.

La mayor parte de los análisis de laboratorio fueron realizados en Ingeominas; otros en el U. S. Geological Survey, Estados Unidos y algunos sobre beneficio en el Departamento de Suelos de la Universidad del Cauca.

#### HISTORIA

El hallazgo de los depósitos bauxíticos en la región tuvo lugar como resultado de actividades exploratorias desarrolladas por la Compañía Química Industrial "QUIN" de Cali, en busca de bauxita como materia prima para la producción de sulfato de alumina. En el año 1966, varios moradores de la región, conocedores del interés de QUIN por encontrar materiales altamente aluminicos, colaboraron en la búsqueda, recolectando muestras de diversos materiales y haciéndolos llegar a la Compañía para análisis de laboratorio. En el mismo año los señores Alvaro Rodríguez y Fermín Cuellar encontraron las primeras muestras de arcillas bauxíticas en Matarredonda, municipio de Morales (Cauca). Pocos meses después el señor Ramiro Bejarano, en la población de Morales, recogió de un afloramiento de arcilla bauxítica unos agregados duros, de formas irregulares, que al ser analizados en los laboratorios de QUIN, resultaron ser bauxita ya que estaban constituidos en su mayor parte por hidróxido de aluminio.

En 1968 fueron presentadas ante el Ministerio de Minas y Petróleos las primeras propuestas de concesiones para exploración de bauxita en los municipios de Morales y Cajibío (Cauca).

#### TRABAJOS PREVIOS

A raíz de las determinaciones realizadas en los laboratorios de la Compañía Quin S. A., fue presentado a la Compañía Kaiser, con carácter privado, el primer informe escrito sobre los depósitos (Ordóñez, 1968).

Cucalón y Restrepo (1969) efectuaron algunas observaciones geológicas relacionadas con la ocurrencia de lateritas aluminicas en la formación Popayán.

En noviembre de 1969, el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, inició un estudio detallado encaminado a determinar el potencial económico de

los depósitos. Los primeros resultados de ese estudio fueron presentados ante el Segundo Congreso Nacional de Minería (Rosas, 1970).

A partir de 1970, J.B. Cathcart (1970-1972), llevó a cabo algunas breves y esporádicas visitas a las zonas bauxíticas, durante las cuales recogió diversa información relativa a estos depósitos. En su último informe hizo una serie de recomendaciones sobre la forma en que deberían estudiarse tales depósitos.

En estudios subsiguientes se ahondó sobre las características físicas, químicas y mineralógicas de los depósitos; se efectuó el levantamiento cartográfico de los mismos en el área de Morales - Cajibío, se realizaron algunos ensayos sobre beneficio y se hizo estimativo de las reservas (Rosas, 1971). Posteriormente se presentó un nuevo trabajo sobre estos yacimientos (Rosas, 1973).

## TERMINOLOGIA

### BAUXITA

Este término fue usado por primera vez en la literatura geológica por A. Dufrenoy (1856), para designar una roca de aspecto arcilloso y color rojo que se encuentra al sur de Francia en las colinas de Les Beaux. Posteriormente se usó "bauxita" para designar el mineral  $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$  principal constituyente de la roca de Les Beaux.

Actualmente está generalizado el uso de éste término para designar simplemente una laterita con abundancia de hidróxido de aluminio, sin implicar fórmula química o propiedades físicas determinadas que constituye la mena laterítica de aluminio. Harder y Greig (1960) son claros sobre este punto al definir bauxita como "a rock consisting of one or more aluminium mineral together with impurities. The term is now used synonymously with aluminium ore".

En el presente informe se entiende por bauxita aquel material que reúne las características establecidas para los diversos grados de bauxita, según la clasificación de Thoenen-Burchard, con las modificaciones de Cloud (1967, p.26), tal como se presenta en el Cuadro No. 1.

### ARCILLA BAUXITICA

Se entiende aquí como arcilla bauxítica al material que muestra las características de la bauxita grado D en la clasificación modificada de Thoenen-Burchard (Cuadro No.1). Esta definición corresponde al significado más común de arcilla bauxítica.

(Valores en porcentaje)

Grado	Alúmina	Sílice
A	+ 55	Menos de 7
B	50 - 55	Menos de 15
C	45 - 50	Menos de 30
D	30 - 45	Porcentaje menor que el de alúmina
D'	30 - 45	Porcentaje mayor que el de alúmina

CUADRO 1. Clasificación modificada Thoenen-Burchard para distintos grados de Bauxita.

### CLIACHITA

Quien primero usó este término fue Goldman (1955) para referirse al hidróxido aluminico de aspecto amorfo que se encuentra frecuentemente en la bauxita y que Goldman describe como "more less amorphous-looking generally brownish material".

La definición de Goldman aparece en el "Glossary of Geology" de American Geological Institut (1966, p. 12 sup). Un significado similar le dan a este término Clockman and Ramdohr (1961, p.455), quienes lo consideran sinónimo de alumogel. Kerr (1959, p.126-206) al tratar de los hidróxidos aluminicos, describe la cliachita como un mineral microamorfo, pisolítico o masivo, sin indicación alguna de estructura bajo el microscopio polarizante. Kerr aclara que el término "microamorfo" se emplea porque los estudios de rayos X indican que este material presenta propiedades direccionales sensibles a las longitudes de onda corta. En el presente informe el término cliachita se refiere al material que presenta en seccion delgada las mismas propiedades descritas por Kerr.

## GEOMORFOLOGIA

### TOPOGRAFIA Y FISIOGRAFIA

La mayor parte del área pertenece al altiplano de Popayán que constituyó una superficie plana en el Paleo-Cuaternario y hoy se encuentra intensamente disectado por su red hidrográfica. Esta acción disectora destruyó la antigua superficie llana y le imprimió al altiplano una fisiografía caracterizada por cadenas de colinas bajas de formas redondeadas, separadas entre sí por valles cuya profundidad no supera regularmente los 60 m. Sin embargo, el antiguo llano aún se refleja en el relieve actual, debido a que las cimas de las colinas se hallan aproximadamente al mismo nivel, formando éstas, en conjunto, un plano casi horizontal. La elevación media de este plano es de 1.700 m.

Dentro del área cartografiada, el accidente fisiográfico más sobresaliente lo constituye el río de Piendamó que corre en dirección noroeste y sirve de límite entre la jurisdicción de Morales al norte y la de Cajibío al sur.

El río forma un estrecho valle flanqueado por escarpes verticales. Hacia el extremo oriental del área, el valle de este río tiene 100 metros de profundidad, mientras que en el extremo occidental su profundidad alcanza los 400 metros. En este extremo occidental, sobre el lecho del río, se encuentra el punto topográficamente más bajo, a 1.270 metros sobre el nivel del mar.

### GEOLOGIA

En la depresión andina del Alto Cauca, entre las latitudes de Cali y Popayán, afloran rocas cuya edad varía entre Paleozoico y Cuaternario (fig.2). Sin embargo, las principales zonas de ocurrencia de bauxita, entre ellas la de Morales - Cajibío, están localizadas dentro de la formación Popayán. Por esta razón, solo esta última formación será descrita con algún detalle.

#### FORMACION POPAYAN

Está compuesta de conglomerados, aglomerados, tobas volcánicas y algunos flujos de lavas de edad Plio-Pleistoceno que se depositaron en una cuenca fluvioacustre entre las cordilleras Central y Occidental.

La formación Popayán reposa discordantemente sobre rocas de edad variable entre Paleozoico y Eoceno. Debido a las irregularidades de la superficie topográfica sobre las cuales se depositó esta formación, su espesor varía entre menos de 1 metro y 500 m.

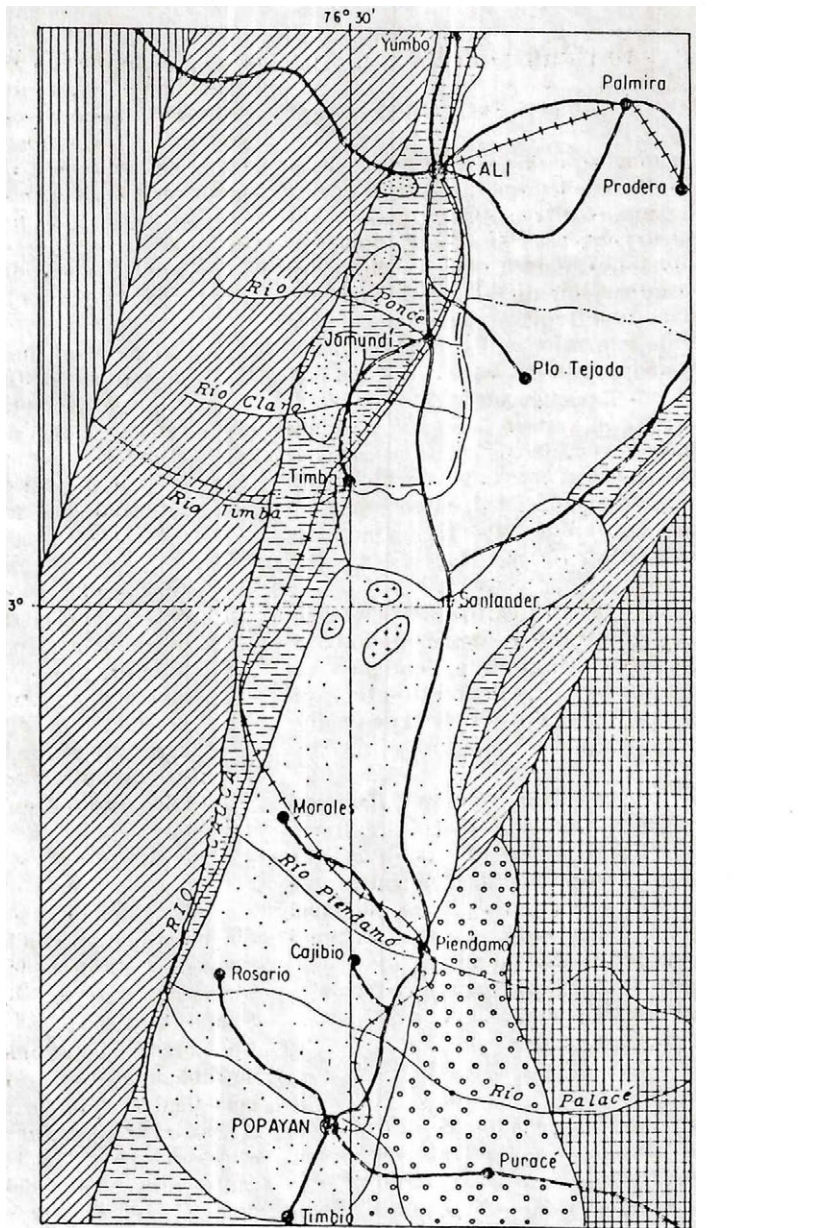
Dentro de la formación Popayán se han reconocido dos miembros:

1. Un miembro inferior, hasta de 300 m de espesor, constituido por conglomerados y aglomerados que alternan con tobas y flujos de lava. Este miembro aflora en el borde oriental de la cuenca, y aparece afectado por un ligero tectonismo, lo cual sugiere una edad Plioceno.
2. Un miembro superior sin flujos de lava, enteramente clástico. Por lo demás, este miembro es litológicamente similar al inferior, y está compuesto de conglomerados, aglomerados y capas túficas. El miembro superior aflora hacia la parte central de la cuenca, y sus capas se encuentran esencialmente horizontales, casi indisturbadas. A este miembro se le ha asignado una edad Pleistoceno.

En el área Morales - Cajibío, lo mismo que en la mayoría de las demás áreas bauxíticas, sólo aflora el miembro superior de la formación Popayán. Este miembro presenta algunos cambios laterales en su composición. En Morales - Cajibío predominan los cantos de toba andesítica provenientes de la Cordillera Central y se aprecia en pequeña escala el aporte de otros materiales como diabasa, esquisto y chert. En cambio, cerca de Cali, cantos provenientes del grupo diabásico predominan sobre los cantos andesíticos. Los fragmentos varían entre pequeños guijos y bloques de más de 1 metro de diámetro. En general las capas son muy irregulares, comúnmente lenticulares. Localmente los planos de estratificación pueden resultar imperceptibles.

El carácter alumínico de las rocas de la formación Popayán, su condición clástica, su bajo contenido de cemento y consecuentemente su buena permeabilidad, ofrecen condiciones litológicas favorables para la meteorización química y la bauxitización.





CONVENCIONES









- |   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|  | Cuaternario  |  | Capas sedimentarias (Terciario medio)                |
|  | Popayán Superior (Plio-pleistoceno)                            |  | Diabasas, sedimentos del Grupo Diabásico (Mesozoico) |
|  | Popayán Inferior (Plioceno)                                    |  | Rocas metamórficas del Grupo Dagua (Mesozoico)       |
|  | Rocas hipabisales de composición dácítica (Terciario Superior) |  | Rocas Metamórficas del Grupo Cajamarca (Paleozoico)  |



FIGURA 2. ESQUEMA GEOLOGICO DEL VALLE MEDIO DEL RIO CAUCA



## CARACTERISTICAS DE LOS DEPOSITOS

## DESCRIPCION

Los depósitos forman una capa de arcilla bauxítica, con espesor variable desde pocos centímetros hasta 3 metros, situada a una profundidad máxima de 3,50 metros. Esta capa corresponde aproximadamente al horizonte "B" en el sentido que se le da en pedología (Millar, Turk y Foth, 1966).

La arcilla bauxítica es de color amarillo crema, moderadamente plástica. Puede retener un peso de agua equivalente al 180% de su peso en base seca. El peso específico promedio del horizonte enriquecido es de 1,5 gramos por centímetro cúbico.

Uno de los principales constituyentes de la arcilla bauxítica es el hidróxido de aluminio coloidal en forma de hidrogeles. Estos le imprimen al material una textura plástica; pero a medida que la arcilla bauxítica, pierde humedad, los hidrogeles se deshidratan, y las partículas de hidróxido se aglutinan para formar agregados sólidos, en parte amorfos (cliachita) y en parte cristalinos (gibsita).

El paso del hidróxido alumínico, del estado de gel (plástico) a un estado sólido granular (no plástico) por pérdida de la fase líquida, se traduce en un cambio irreversible de las propiedades físicas del material. Por esta razón el suelo bauxítico, que en su estado natural presenta una textura arcillosa plástica, al deshidratarse se torna arenoso, y pierde su anterior plasticidad.

El tamaño de los agregados depende en parte del grado de compactación que haya experimentado el material durante el secado. A mayor grado de compactación, mayor tamaño de los agregados. En material disgregado, extraído del suelo original, bajo condiciones atmosféricas, los agregados de hidróxido difícilmente alcanzan a crecer hasta 1 cm de diámetro; la mayoría logra un tamaño arena. En cambio, en afloramientos de material "in situ", con grado de compactación más alto que en el caso anterior, se observaron agregados hasta de 20 cm de diámetro.

En material "in situ", el crecimiento de los agregados es favorecido por una contribución adicional de partículas de hidróxi-

do alumínico que migran en aguas de infiltración desde el interior del suelo hasta la superficie. Este enriquecimiento superficial generalmente se acentúa cuando las impurezas son removidas por las aguas lluvias. En ese caso los agregados gibsíticos se hacen más conspicuos, lo cual llevó a Cathcart (1972, p.31) a creer que los agregados sólo ocurrían en la superficie de los afloramientos.

Los agregados gibsíticos exhiben formas irregulares, redondeadas, tabulares y cilíndricas. En muchos casos las formas de los agregados sugieren movimiento de hidróxido alumínico en suspensión coloidal.

Cuando los afloramientos de arcilla bauxítica presentan paredes fuertemente inclinadas, los agregados suelen adoptar allí formas cilíndricas alargadas generadas por escurrimiento de fluidos coloidales alumínicos.

## PERFIL DE LA ZONA DE METEORIZACION

El perfil continuo de la zona de meteorización (fig. 3) presenta los siguientes horizontes en orden descendente:

1. Capa vegetal, caracterizada por alta actividad biótica y acumulación de materia orgánica. El material es de color negro en la parte superior del horizonte y ligeramente más pálido hacia la base. Espesor promedio: 1 metro.
2. Zona relativamente pobre en hidróxido de aluminio, debido a que la alta actividad química y alguna biótica que caracteriza este horizonte produce la disolución y lixiviación de los hidróxidos de aluminio. El material es de color café oscuro, de textura arcillosa, poco plástico. Espesor promedio: 1,5 metros.
3. Zona de enriquecimiento en hidróxido de aluminio. El material es arcilla bauxítica de color crema, textura arcillosa, moderadamente plástica. En esta zona los hidróxidos de aluminio se encuentran en estado coloidal formando geles. Por pérdida de agua las partículas de hidróxido se aglutinan y forman agregados gibsíticos compactos hasta de 20 cm de diámetro. Espesor promedio: 2 metros.

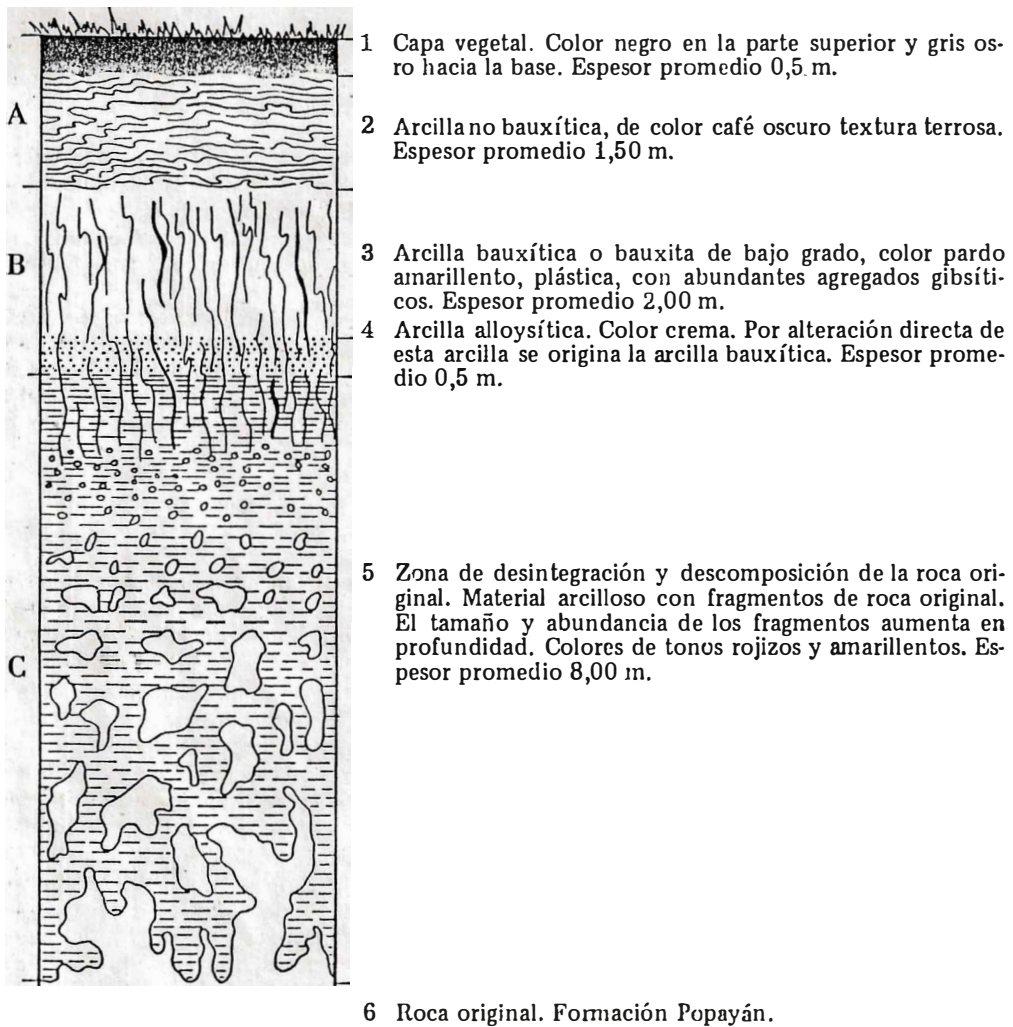


FIGURA 3.

PERFIL DE LA ZONA DE METEORIZACION

4. Zona que representa una etapa inmediatamente anterior a la bauxitización, antes de producirse la lixiviación de la sílice. El aspecto macroscópico que presenta este material es similar al del horizonte 3 aunque un poco más compacto y posee un color crema ligeramente más claro que el de la arcilla bauxítica. Espesor promedio: 0,50 m.
5. Zona de desintegración y descomposición de la roca original. El material presenta tonos rojizos y amarillentos. Hacia el tope es arcilloso, y hacia la base pasa gradualmente a la roca original.
6. Roca original formación Popayán.

Los contactos entre los distintos horizontes del suelo son conformes, a grandes rasgos, con la superficie topográfica.

#### CONDICIONES GENERALES PARA LA FORMACION DE DEPOSITOS BAUXITICOS RESIDUALES

Las siguientes condiciones se consideran indispensables para la formación de depósitos bauxíticos:

1. Presencia de rocas aluminicas susceptibles de producir material bauxítico en condiciones adecuadas de meteorización.
2. Clima tropical o subtropical húmedo.
3. Disponibilidad de reactivos que produzcan la descomposición de los silicatos y la disolución de la sílice.
4. Superficies que favorezcan la infiltración descendiente del agua meteórica.
5. Buen drenaje para lograr el arrastre de los productos sobrantes disueltos.
6. Ubicación de la roca por encima del nivel freático.
7. Erosión mínima para lograr la preservación del mineral.
8. Las condiciones anteriormente enumeradas deben prevalecer por un prolongado intervalo de tiempo.

#### ORIGEN DE LOS DEPOSITOS

Inicialmente la formación Popayán formaba una planicie la cual fue gradualmente disectada por la erosión. Sobre esta planicie disectada se formaron por meteorización química los depósitos de bauxita. Las rocas aluminicas de la formación Popayán al ser expuestas a la superficie, fueron atacadas por los agentes meteorizantes, y los silicatos primarios alterados a minerales arcillosos (hidrosilicatos de aluminio).

Un clima subtropical con alternancia de períodos de sequía y de humedad, favorece la descomposición de estas arcillas en óxidos hidratados de hierro y aluminio, y la disolución y lixiviación de otros constituyentes como sílice, sodio, potasio, calcio y magnesio. Según Bateman (1957, p. 239), la estación húmeda estimula la formación de  $Al_2O_3$  y la estación seca da lugar a la lixiviación de la sílice.

Los depósitos de Morales - Cajibío se originaron en formas topográficas suaves con pendientes menores de  $20^\circ$ . En relieves más abruptos, las condiciones de erosión y de drenaje impidieron la acumulación de material bauxítico.

En el horizonte enriquecido, los hidróxidos de aluminio han sido disueltos, han perdido la sílice, y se hallan parcialmente en forma de gibsita, o como cliachita dispuesta a formar gibsita por deshidratación. Debajo del horizonte bauxítico el material revela etapas cada vez más tempranas del proceso de bauxitización.

El predominio de hidróxido aluminico amorfo (cliachita) en la arcilla bauxítica indica que los depósitos se encuentran en una etapa incipiente de formación. A partir del hidróxido aluminico amorfo habrían de formarse con el tiempo los demás minerales bauxíticos, gibsita, bohemita y diásporo (Frederickson, 1952, p.3; Milligan y McAttec, 1952, p. 98).

La escasa profundidad a la cual se encuentran los depósitos y el alto grado de concordancia que presentan con el perfil del suelo moderno, no solo corroboran la reciente edad de la bauxitización sino sugiere que los depósitos continúan formándose en el presente. En efecto, las condiciones climáticas

actuales llenan ciertos requisitos que se consideran necesarios para la formación de bauxita por meteorización química; esto es, un clima tropical con alternancia de períodos lluvioso y secos (Harder, 1952, p. 35).

Mohr (1933, p.15) explica el efecto de la temperatura sobre los suelos tropicales por medio de la relación entre macroflora que elabora humus y la microflora que lo destruye, y demuestra que  $25^{\circ}\text{C}$  es la temperatura crítica por encima de la cual el humus es destruido más rápidamente de lo que se forma. Mohr (1933 p. 17, 18) también considera que el ácido silícico de los minerales es más soluble en las aguas puras que en las aguas que contengan humus, mientras que el hidróxido aluminico es insoluble en agua pura pero es soluble en presencia de humus.

Con base en las anteriores consideraciones, Gordon y Tracey (1958, p. 145), suponen que la formación de bauxita por meteorización requiere ausencia de humus y por tanto condiciones climáticas en las cuales la temperatura supera los  $25^{\circ}\text{C}$  la mayor parte del año.

La formación de humus en los suelos modernos del área de Morales y Cajibío, bajo  $25^{\circ}\text{C}$ , concuerda con las observaciones de Mohr. Sin embargo, la bauxitización de estos suelos sugiere que la presencia de humus no impide necesariamente la formación de bauxita.

Debido a la moderna edad de los depósitos, éstos aparecen genéticamente influidos por las formas topográficas actuales.

#### CONTROL TOPOGRAFICO DE LOS DEPOSITOS

La estrecha relación existente entre los rasgos topográficos actuales y la distribución del horizonte bauxítico ha permitido establecer ciertos parámetros que han servido de guía para la delimitación del horizonte en el campo. Los más importantes (fig. 4), aplicables al altiplano de Popayán son:

- a) El horizonte bauxítico ocurre en formas topográficas suaves, con pendientes de  $0$  a  $20^{\circ}$ .
- b) El espesor del horizonte bauxítico tiende a ser máximo en pendientes topográficas de  $5$  a  $10^{\circ}$ .

- c) A mayor extensión de las formas topográficas, corresponde mayor espesor del horizontes bauxítico.
- d) Los cambios cóncavos de pendiente topográfica provocan, por lo regular, aumentos locales de espesor en el horizonte bauxítico.

#### EDAD DE LOS DEPOSITOS

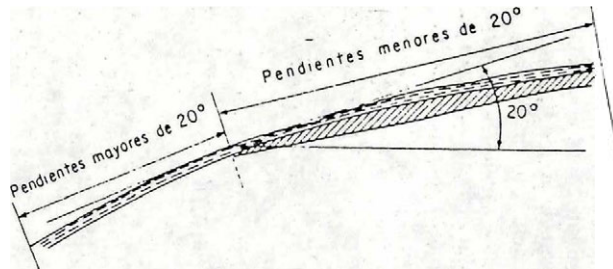
Los depósitos se formaron después de la depositación de la formación Popayán, de edad Plio-Pleistoceno, cuando la cuenca se había desecado, sollevantado y entrado en proceso de erosión. Por lo tanto la edad de los yacimientos no puede ser anterior al Cuaternario. Todavía se carece de datos suficientes para establecer el momento del Cuaternario en que empezó la laterización en la región.

De algunas relaciones geomorfológicas se deducen datos adicionales sobre la edad de los depósitos. Como se mencionó anteriormente, éstos presentan una notable concordancia con el relieve actual, lo cual indica que a partir de su formación las condiciones fisiográficas no han variado apreciablemente y por lo tanto debió transcurrir un intervalo de tiempo relativamente corto desde que se inició la lateritización hasta el presente.

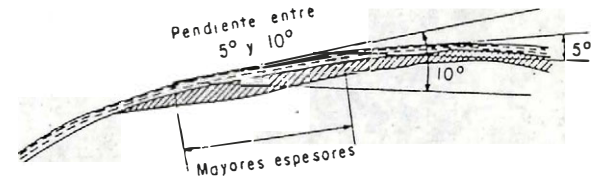
Por ejemplo, existen depósitos residuales formados en zonas recientemente excavadas de algunos valles aluviales, a sólo 2 m por encima del cauce actual de la corriente. Asumiendo que la rata de erosión producida por la corriente fuera extremadamente baja, 1 metro en 15.000 años, que es aproximadamente la rata promedio de erosión del continente (Grabau, 1960, p.247), se tendrá que la edad máxima de los depósitos situados 2 m por encima del cauce actual sería 30.000 años.

De otra parte, como se mencionó al tratar sobre el origen de los depósitos, la reciente edad de la arcilla bauxítica está corroborada por el predominio de hidróxido aluminico amorfo el cual es característico de una fase temprana de la bauxitización.

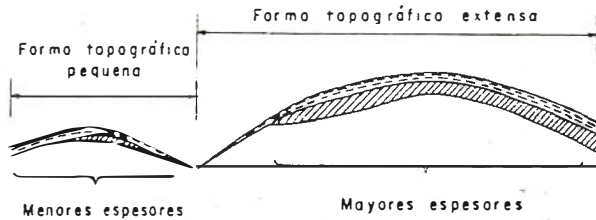
Aún más, existen razones suficientes para pensar que los depósitos continúan formándose en el presente, toda vez que las características litológicas, climáticas y topográficas



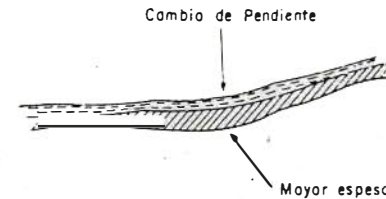
a) El horizonte bauxítico ocurre en formas topográficas suaves con pendientes de  $0^\circ$  a  $20^\circ$ .



b) El espesor del horizonte bauxítico tiende a ser máximo en pendientes topográficas de  $5^\circ$  a  $10^\circ$ .



c) A mayor extensión de las formas topográficas mayor espesor del horizonte bauxítico.



d) Los cambios cóncavos de pendiente topográfica, producen por lo regular aumentos locales de espesor en el horizonte bauxítico.

 Horizontes 1 y 2


 Horizonte bauxítico

FIGURA 4. CORTES ESQUEMATICOS QUE ILUSTRAN EL CONTROL TOPOGRAFICO DE LOS DEPOSITOS



ficas de la región son actualmente favorables para la bauxitización. El alto grado de concordancia que presenta el horizonte bauxítico con el suelo moderno y con la topografía actual, también está reflejando la influencia genética de eventos presentes. Además, no se ha visto indicio alguno que revele la interrupción del proceso de bauxitización.

Según lo anterior, las conclusiones sobre edad de los depósitos pueden resumirse así:

1. Los depósitos son de edad Cuaternario. Todavía no es posible determinar el momento en que empezó esta bauxitización, pero muy probablemente no se remonta a más de 50.000 años.
2. El proceso de formación de arcilla bauxítica residual no ha concluido sino que continúa desarrollándose en el presente.

#### RELACION ENTRE ROCA ORIGINAL Y TIPO DE DEPOSITO

En el área de Morales - Cajibío, donde se concentró la mayor parte de los trabajos, los depósitos provienen de la descomposición de rocas de la formación Popayán, litológicamente heterogénea. Esta heterogeneidad se refiere más a características texturales, que a composición química y mineralógica. En conjunto, son rocas compuestas en su mayor parte por material de origen ígneo tipo andesita.

Las diferencias de textura modifican la porosidad de la roca y por lo tanto la capacidad de acceso y circulación de agua. De allí que tales diferencias puedan producir variaciones en las condiciones de meteorización y consecuentemente en las características de los depósitos resultantes. Sin embargo, en el proceso de bauxitización, la meteorización en el área ha sido suficientemente intensa y uniforme para atenuar la influencia que las pequeñas variaciones mineralógicas y texturales de la roca original ejercen sobre las características de los depósitos. Según Patterson S. H. (1967) en el proceso de formación de bauxita, las características de la roca original no son tan importantes como la intensidad y duración de la meteorización. Los ligeros cambios litológicos de la roca original han repercutido tan débilmente sobre los depósitos, que las diferencias entre éstos resul-

tan demasiado sutiles para tratar de hacer subdivisiones de carácter práctico. Así que, por sus notables semejanzas, todos los depósitos en el área de Morales - Cajibío, genética, litológica y mineralógicamente pueden ser considerados como del mismo tipo.

#### CARACTERISTICAS QUIMICAS

En el Cuadro 2, se muestran los resultados promedios de análisis químicos de arcilla bauxítica, comparados con los de agregados gibsíticos, después de aislar éstos por lavado y tamizado. Como puede apreciarse, mediante este sencillo proceso se logra eliminar gran parte de las impurezas de la arcilla bauxítica ya que, en los agregados gibsíticos resultantes, decrecen considerablemente los valores de hierro y de sílice y se incrementa el contenido de alúmina.

Los análisis químicos y espectrográficos practicados sobre muestras de pozos y de canal, procedentes de los suelos de Morales y Cajibío, mostraron los siguientes hechos en relación con los componentes:

Las muestras del horizonte B presentan mayor contenido de  $Al_2O_3$  con respecto al  $SiO_2$ , que las tomadas en el horizonte A. La relación Sílice/Alúmina es menor que 1 en la zona de arcilla bauxítica y mayor que 1 en los demás horizontes. En todos los casos se observó que el aumento del contenido total de alúmina está acompañado por un aumento de plasticidad de la arcilla.

(Valores en Porcentaje)

Componente	Arcilla Bauxítica	Agregados Gibsíticos
$Al_2O_3$	35,70 - 43,87	59,02
$SiO_2$	20,07 - 32,34	3,02
$Fe_2O_3$	10,16 - 13,03	4,43
$TiO_2$	0,74 - 1,11	1,19
CaO	0,03 - 0,08	0,05
MgO	0,24 - 0,71	0,12
MnO	0,04 - 0,10	0,02
Pérdidas por ignición	16,67 - 23,41	32,15

Analizado por J. Rodríguez, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras.

CUADRO 2. Composición de la arcilla bauxítica y de los agregados gibsíticos cos en el área de Morales - Cajibío, Cauca.

El valor del calcio generalmente decrece con la profundidad, particularmente hacia los límites de los horizontes A y B donde aparecen los agregados gibsíticos (fig. 5). Es posible que la plasticidad de la arcilla sea debida en parte a la disminución del contenido de calcio.

El hierro y el manganeso decrecen hacia el horizonte de arcilla bauxítica y en la capa vegetal (fig. 5).

El cobalto y el níquel se comportan en forma parecida al hierro y manganeso.

El bario presenta un valor máximo de 700 ppm, y decrece en los niveles inferiores del suelo hasta llegar a ser menor de 20 ppm en algunas muestras.

Cobre y molibdeno tienden a ser detectables en las muestras más profundas.

El cromo y titanio varían notablemente en su concentración, pero parecen menos concentrados en suelos ricos en materia orgánica, quizás debido simplemente a su disolución.

En la figura 6 se ilustran las variaciones de  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  y  $Al_2O_3$ , según análisis químicos de muestras de canal. El aumento de la relación Alúmina/Silice hacia el horizonte B, particularmente dentro de la arcilla bauxítica, se ilustra con el cruce de las líneas.

Ciertos hechos muy singulares se hallaron en los análisis de muestras tomadas a 50 cm de profundidad, con intervalos regulares siguiendo una línea. Los perfiles de Ca, Fe y Mn resultaron notablemente concordantes con el perfil topográfico, especialmente los de Fe y Ca (fig. 7). Solamente en las dos últimas muestras de la parte izquierda del perfil, donde se presentan las cotas más bajas, los valores de los elementos resultan tan altos que desarmonizan con la topografía. Esta desarmonía puede ser debida, al menos en parte, a la erosión en virtud de la cual la superficie topográfica es desplazada hacia horizontes más bajos del suelo.

#### MINERALOGIA

La arcilla bauxítica está constituida esencialmente por tres clases de minerales:

minerales arcillosos, hidróxidos de aluminio y óxidos de hierro. El mineral arcilloso predominante es la halloysita. Los óxidos de hierro están representados por magnetita, hematites y goetita. Los hidroxidos de aluminio son cliachita y gibsita.

En la arcilla bauxítica bajo condiciones naturales de humedad, el hidróxido de aluminio se encuentra principalmente en estado coloidal formando geles. Cuando la arcilla se deshidrata, decrece el grado de dispersión de las partículas coloidales aluminicas y estas pasan a formar agregados de cliachita compactos y estables en agua. Si la pérdida de agua continúa, se produce cristalización de gibsita a expensas de la cliachita.

Los agregados gibsíticos vistos al microscopio en sección delgada, presentan numerosas cavidades en cuyas paredes se produce crecimiento de cristales de gibsita a partir de cliachita. La cristalización de cliachita en gibsita se corroboró mediante estudios de difracción de rayos X.

#### CARTOGRAFIA DE LOS DEPOSITOS

Los mapas de los depósitos se hicieron sobre la base de datos obtenidos directamente en afloramientos, apiques, cortes y perforaciones, complementados con la fotointerpretación de dos hechos geomorfológicos principales:

1. La fisiografía actual está estrechamente relacionada con la forma, tamaño y espesor de los depósitos.
2. Las zonas bauxíticas son ligeramente más resistentes a la erosión que las zonas estériles. Por esta razón en las fotografías aéreas las zonas bauxíticas aparecen más prominentes que las no bauxíticas y comúnmente muestran superficies más llanas que las estériles.

Los mapas que se incluyen en el presente informe son: 1) Un mapa no detallado (fig. 8) que muestra la distribución de la bauxita en la totalidad del área Morales - Cajibío. Debido a que el horizonte bauxítico es discontinuo y sólo ocurre a manera de manchas en el área, en este mapa se diferenciaron unidades de 10, 20, 25 y 30%, de acuerdo al porcentaje de área que contiene bauxita. 2) Ma-

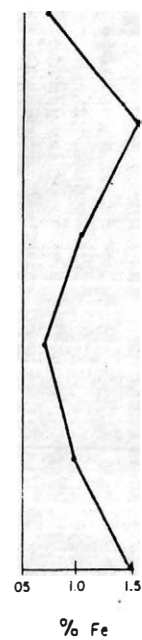
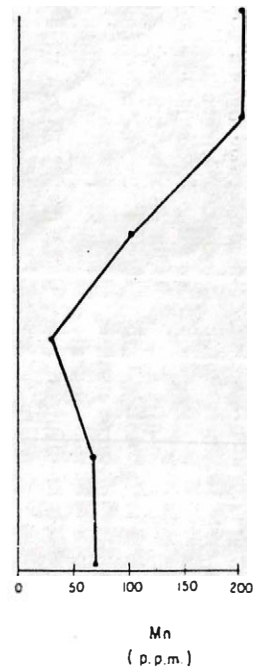
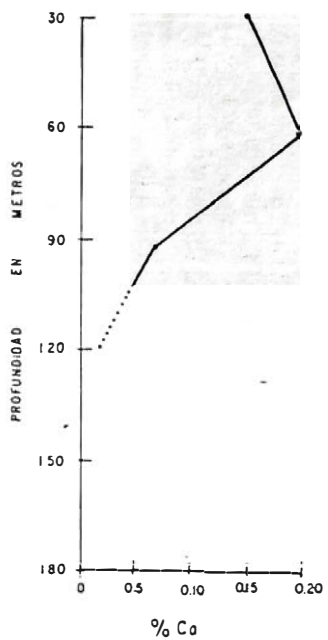


FIGURA 5.

VARIACIONES DE Ca, Mn, Y Fe EN PROFUNDIDAD

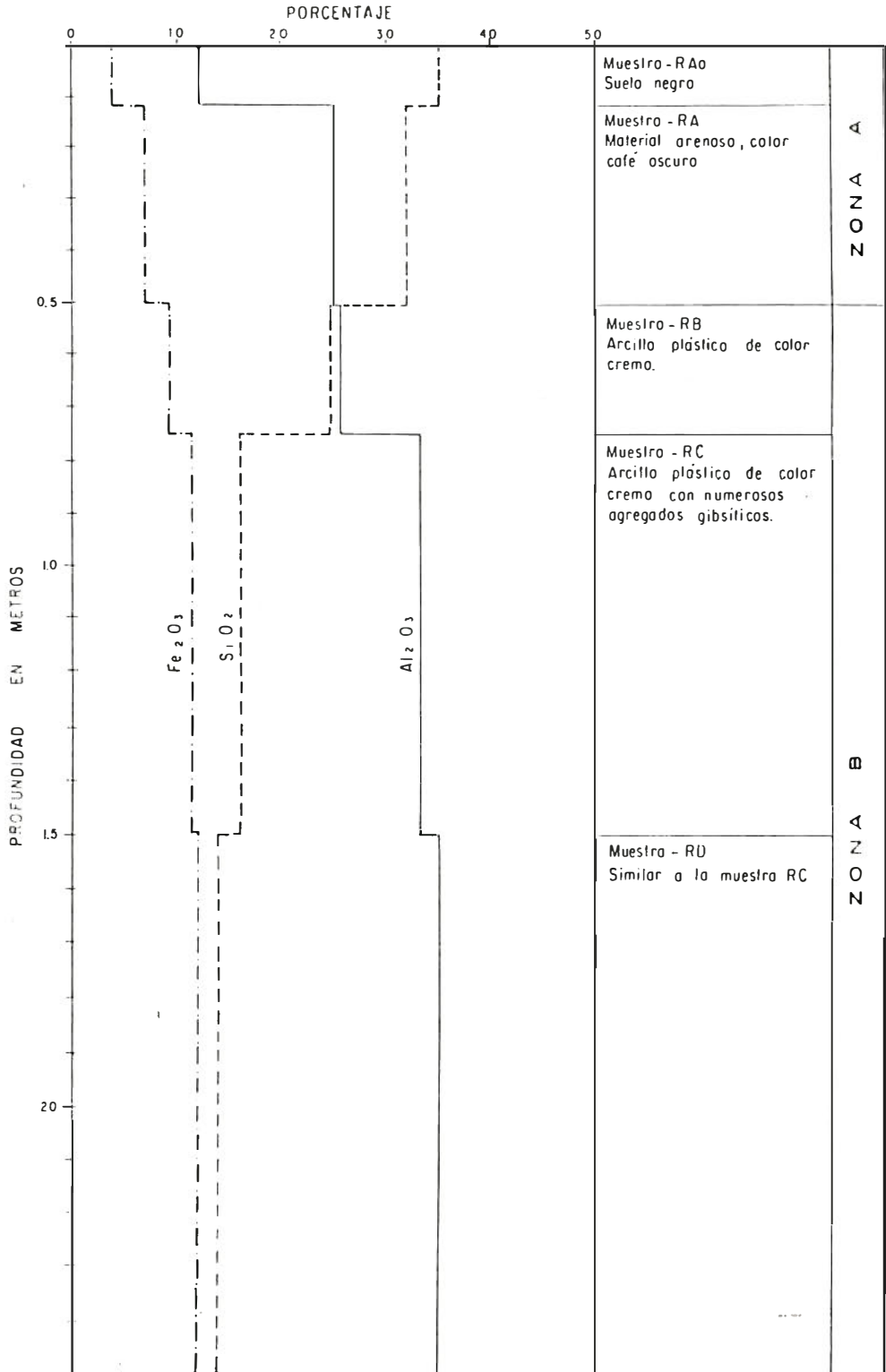


FIGURA 6. VARIACIONES DE Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> Y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> EN PROFUNDIDAD MUESTRAS DE CANAL - CAMINO MORALES - SANTA ROSA

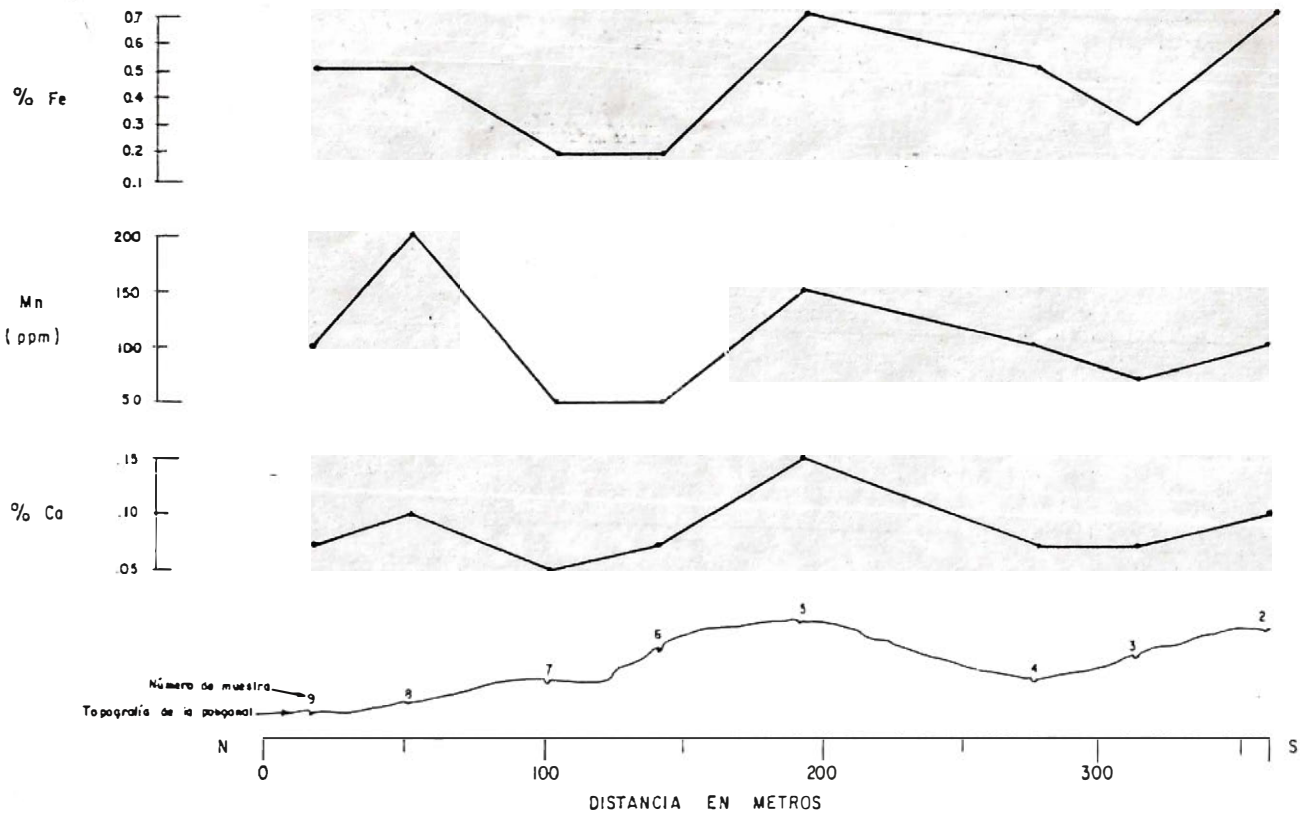
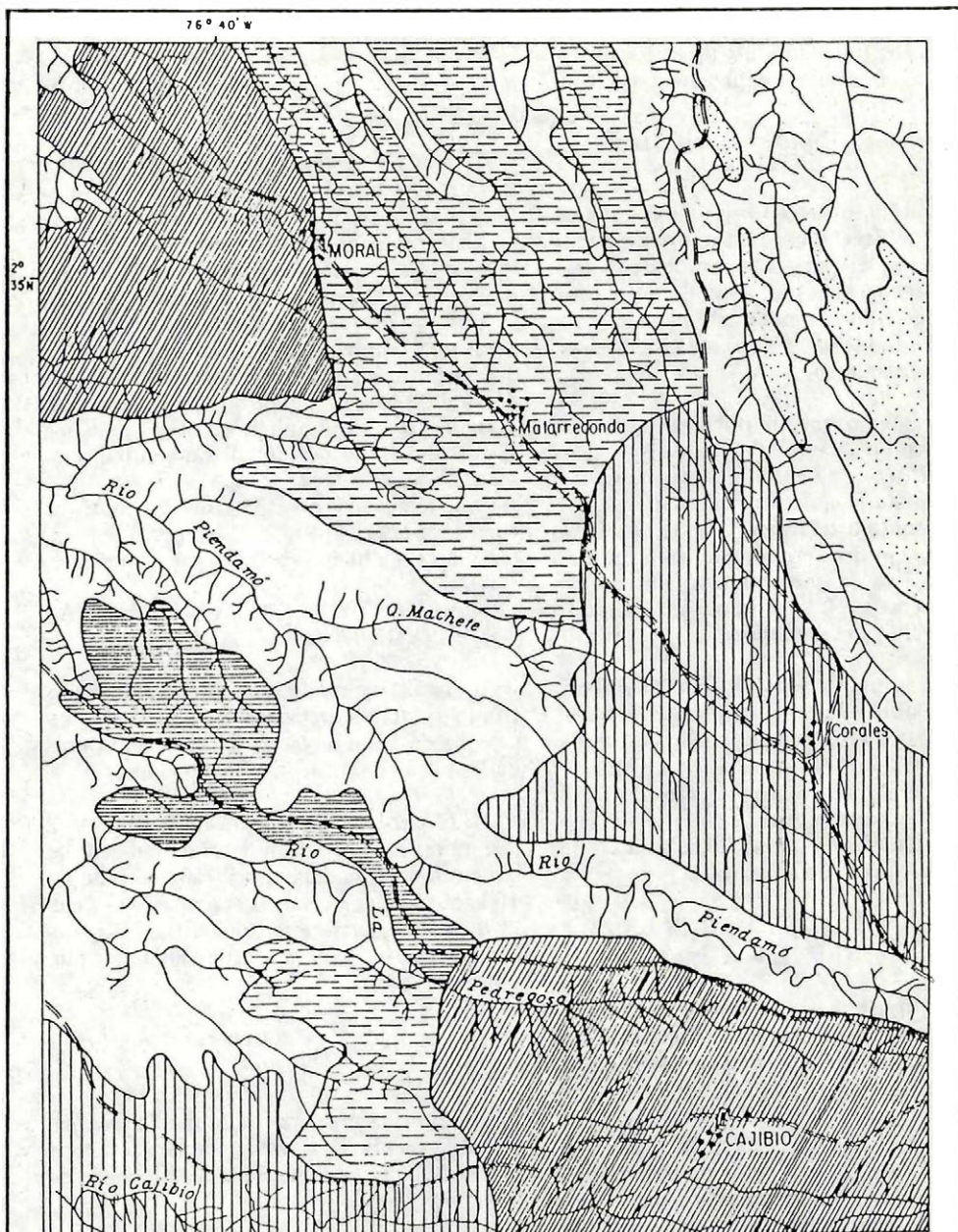



FIGURA 7.

VARIACIONES DE Fe, Mn Y Ca EN MUESTRAS SUPERFICIALES Y RELACION CON LA TOPOGRAFIA






 35% del área con bauxita infrayacente

 30% del área con bauxita infrayacente

 25% del área con bauxita infrayacente

 20% del área con bauxita infrayacente

 10% del área con bauxita infrayacente

 Terreno estéril.

0 1 2 3 4 Km.

Escala

FIGURA 8. DISTRIBUCION DE LOS DEPOSITOS DE BAUXITA EN EL AREA DE MORALES CAJIBIO

pas detallados (planchas 1 a 8) en los que se muestran los contornos de la capa bauxítica.

### EXPLOTACION DE LA ARCILLA BAUXITICA

Debido a lo delgado de la cubierta superficial que yace sobre el horizonte de arcilla bauxítica (ver perfil de la zona de meteorización, fig. 3), la explotación de los depósitos se reduciría a remover esta capa superficial con un buldozer y extraer la arcilla bauxítica a cielo abierto.

Un aspecto muy importante que debe considerarse en la explotación de estos suelos residuales en la factibilidad de rehabilitar las tierras para la agricultura una vez removido el horizonte bauxítico. Para tal efecto, la explotación podría contemplar un método que permitiera extender uniformemente sobre el terreno explotado la cubierta superficial removida en el descapote.

En los municipios de San Antonio y Villa Colombia (Valle) se explotan rudimentariamente, a pico y pala, depósitos de arcilla bauxítica residual similares a los de Morales y Cajibío. De allí se obtienen cerca de 1.000 toneladas de bauxita mensualmente, las cuales son empleadas en su totalidad para la producción de sulfato de alúmina.

### BENEFICIO DE LA ARCILLA BAUXITICA

La importancia económica de estas arcillas bauxíticas radica en la facilidad con que puede eliminarse la fracción arcillosa para obtener bauxita de alta calidad.

En San Antonio (Valle), la arcilla bauxítica se beneficia mediante un simple proceso de lavado y tamizado con agua; la arcilla es removida por el agua mientras los agregados gibsíticos quedan retenidos en la malla.

En algunas pruebas de laboratorio con muestras del área de Morales - Cajibío, se observó que la pérdida de humedad natural en la arcilla bauxítica causa dos efectos opuestos en el proceso de beneficio por el método de lavado y tamizado: Un efecto positivo, al favorecer el crecimiento de agregados gibsíticos, lo cual permite recuperar agregados más gruesos; y un efecto negativo, por que promueve la aglutinación de partículas de

óxido de hierro en granos de mayor tamaño, impidiendo la separación de agregados gibsíticos menores.

Estos ensayos indicaron que, aunque de la arcilla bauxítica previamente deshidratada pueden recuperarse agregados gibsíticos de mayor tamaño, mayor cantidad puede obtenerse del material que conserva su humedad natural. Cuando esta humedad se pierde, es posible recuperar los agregados mayores de 2 mm, equivalentes a un 15% (en peso) del material en base seca; los agregados menores de 2 mm no pudieron ser separados en la malla, por resultar tan gruesos como los granos de óxido de hierro. En cambio, empleando arcilla bauxítica sin secar, se obtuvieron agregados gibsíticos de 0,5 mm, los cuales representan un 25% (en peso) del material total en base seca.

### RESERVAS DE BAUXITA EN EL AREA MORALES - CAJIBIO

Tomando como base el mapa de la distribución de los depósitos (fig. 8) se hizo un cálculo de las reservas de bauxita en el área de Morales - Cajibío.

El proceso de cálculo de reservas está resumido a continuación y se indican las magnitudes calculadas para cada una de las 10 zonas que aparecen en el mapa de la figura 8. Al final, bajo el título "totales" aparecen los valores para la totalidad del área Morales - Cajibío.

Los valores se obtuvieron en la forma siguiente:

Porcentaje del área con arcilla bauxítica infrayacente: Este valor, para cada una de las zonas bauxíticas, está dado en el mapa de la figura 8.

Area con arcilla bauxítica infrayacente: Resultado de multiplicar el área total de la zona por el porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente.

Volumen del horizonte bauxítico: Se obtiene multiplicando el área con arcilla bauxítica infrayacente, por el espesor promedio del horizonte bauxítico.

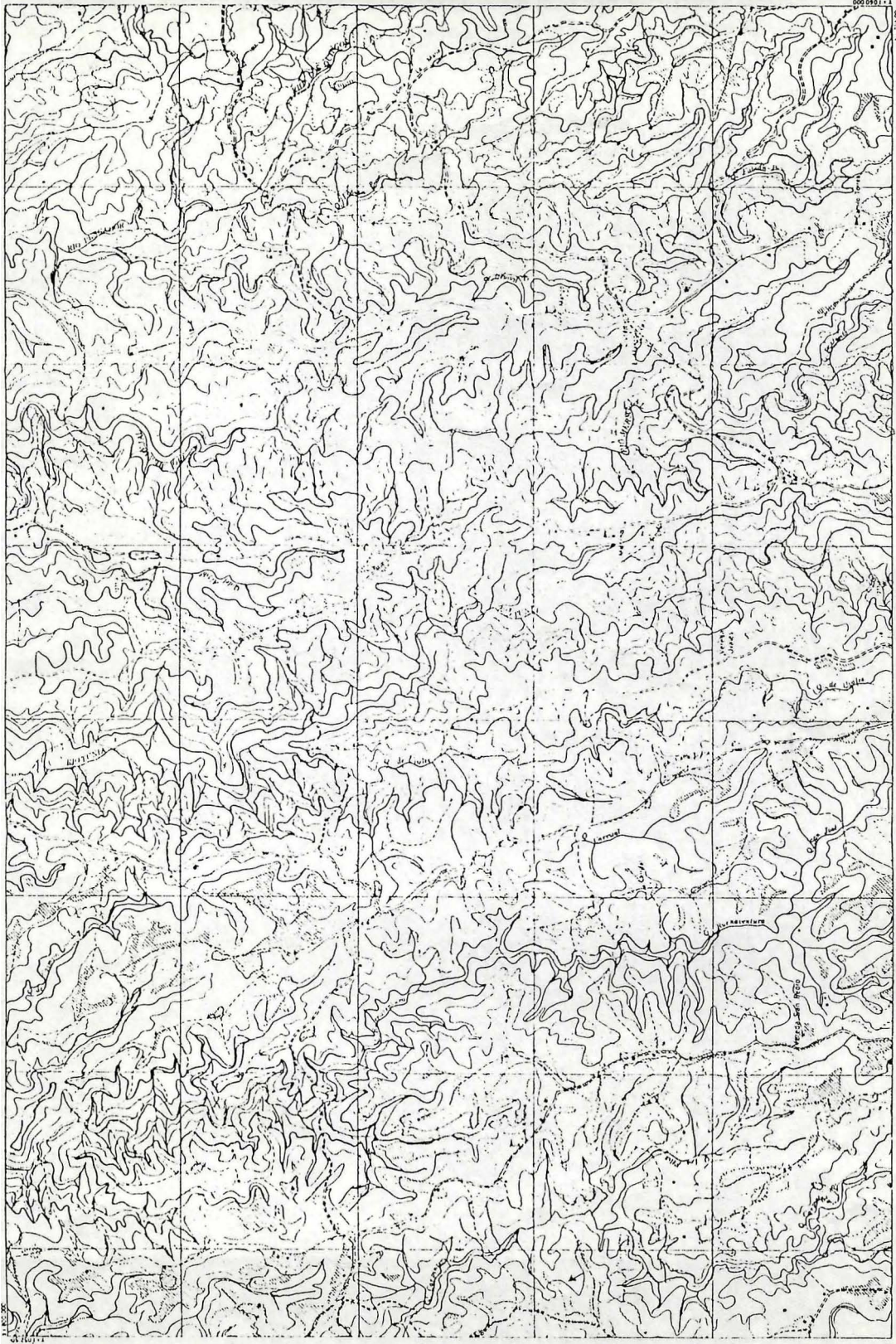
Densidad media de la arcilla bauxítica: Corresponde a la densidad de la arcilla bau-





MAPA DE LOS DEPOSITOS DE ARCILLA BAUNITICA EN EL AREA DE MORALES -CAJIBIO, DEPTO. DEL CAUCA





MAPA DE LOS DEPOSITOS DE ARCILLA BAUXITICA EN EL AREA DE MORALES-CAJIBIO, DEPTO. DEL CAUCA

PLANCHA N.º 2  
Escala 1:50,000

ESCALA 1:50,000

CONVENCIONES  
[Symbol] Area de los depósitos  
[Symbol] [Symbol]





MAPA DE LOS DEPOSITOS DE ARCILLA BAUXITICA EN EL AREA DE MORALES-CAJIBIO-DEPTO. DEL CAUCA

PLANCHA N° 3

INSTITUCION

ESCALA 1:50,000

CONVENCIONES

1. LINEAS DE CONTOUR

2. RIOS

3. CERRAMIENTOS

4. CARRETERAS

5. VECINDARIOS

6. LUGARES

7. LUGARES DE INTERES

8. LUGARES DE INTERES

9. LUGARES DE INTERES

10. LUGARES DE INTERES

11. LUGARES DE INTERES

12. LUGARES DE INTERES

13. LUGARES DE INTERES

14. LUGARES DE INTERES

15. LUGARES DE INTERES

16. LUGARES DE INTERES

17. LUGARES DE INTERES

18. LUGARES DE INTERES

19. LUGARES DE INTERES

20. LUGARES DE INTERES

21. LUGARES DE INTERES

22. LUGARES DE INTERES

23. LUGARES DE INTERES

24. LUGARES DE INTERES

25. LUGARES DE INTERES

26. LUGARES DE INTERES

27. LUGARES DE INTERES

28. LUGARES DE INTERES

29. LUGARES DE INTERES

30. LUGARES DE INTERES

31. LUGARES DE INTERES

32. LUGARES DE INTERES

33. LUGARES DE INTERES

34. LUGARES DE INTERES

35. LUGARES DE INTERES

36. LUGARES DE INTERES

37. LUGARES DE INTERES

38. LUGARES DE INTERES

39. LUGARES DE INTERES

40. LUGARES DE INTERES

41. LUGARES DE INTERES

42. LUGARES DE INTERES

43. LUGARES DE INTERES

44. LUGARES DE INTERES

45. LUGARES DE INTERES

46. LUGARES DE INTERES

47. LUGARES DE INTERES

48. LUGARES DE INTERES

49. LUGARES DE INTERES

50. LUGARES DE INTERES

51. LUGARES DE INTERES

52. LUGARES DE INTERES

53. LUGARES DE INTERES

54. LUGARES DE INTERES

55. LUGARES DE INTERES

56. LUGARES DE INTERES

57. LUGARES DE INTERES

58. LUGARES DE INTERES

59. LUGARES DE INTERES

60. LUGARES DE INTERES

61. LUGARES DE INTERES

62. LUGARES DE INTERES

63. LUGARES DE INTERES

64. LUGARES DE INTERES

65. LUGARES DE INTERES

66. LUGARES DE INTERES

67. LUGARES DE INTERES

68. LUGARES DE INTERES

69. LUGARES DE INTERES

70. LUGARES DE INTERES

71. LUGARES DE INTERES

72. LUGARES DE INTERES

73. LUGARES DE INTERES

74. LUGARES DE INTERES

75. LUGARES DE INTERES

76. LUGARES DE INTERES

77. LUGARES DE INTERES

78. LUGARES DE INTERES

79. LUGARES DE INTERES

80. LUGARES DE INTERES

81. LUGARES DE INTERES

82. LUGARES DE INTERES

83. LUGARES DE INTERES

84. LUGARES DE INTERES

85. LUGARES DE INTERES

86. LUGARES DE INTERES

87. LUGARES DE INTERES

88. LUGARES DE INTERES

89. LUGARES DE INTERES

90. LUGARES DE INTERES

91. LUGARES DE INTERES

92. LUGARES DE INTERES

93. LUGARES DE INTERES

94. LUGARES DE INTERES

95. LUGARES DE INTERES

96. LUGARES DE INTERES

97. LUGARES DE INTERES

98. LUGARES DE INTERES



99. LUGARES DE INTERES

100. LUGARES DE INTERES



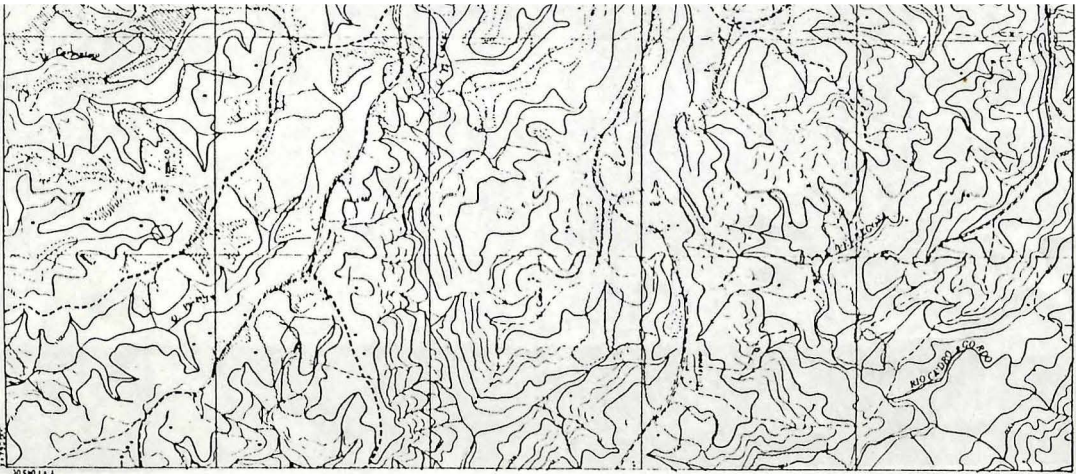
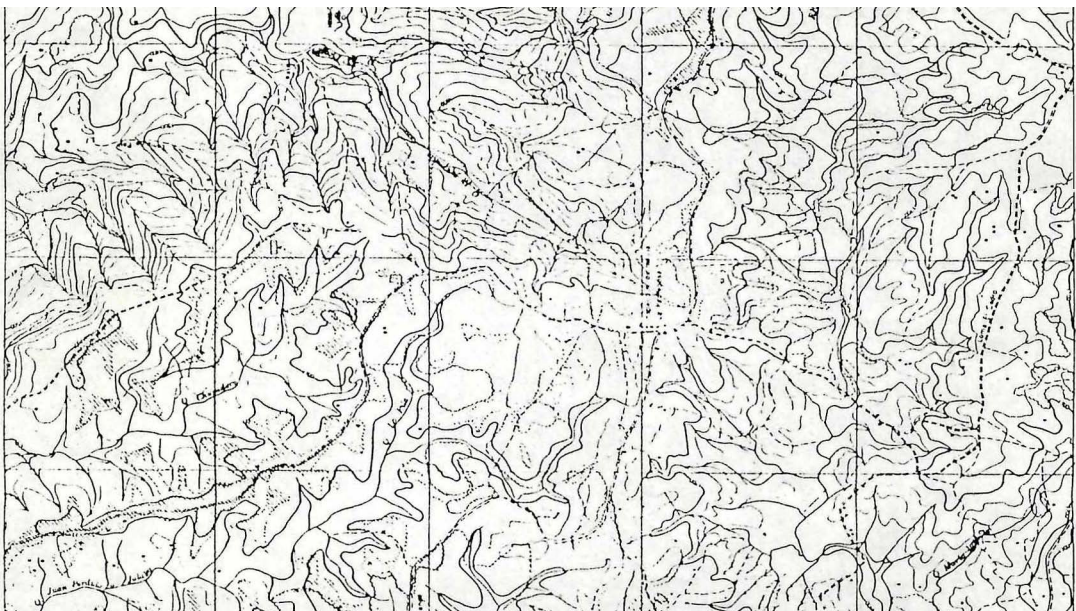
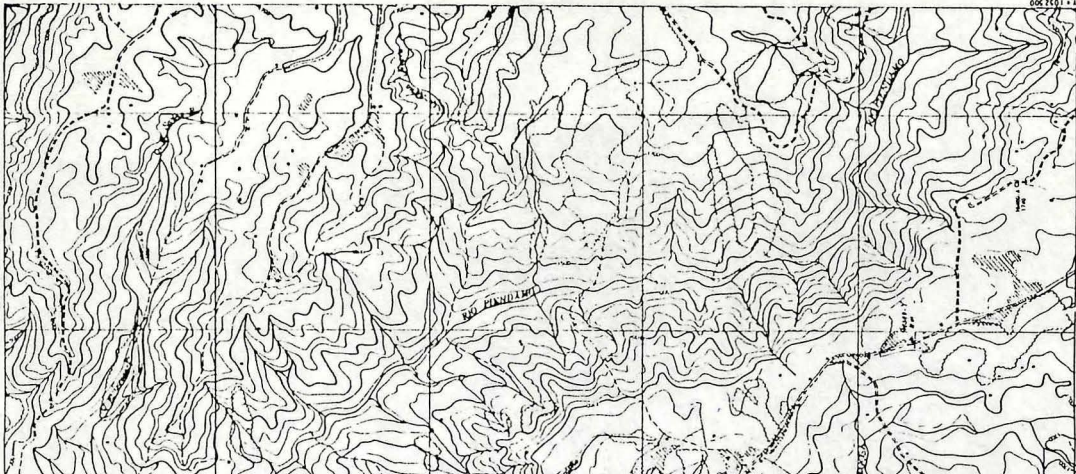


MAPA DE LOS DEPOSITOS DE ARCILLA BAUXITICA EN EL AREA DE MORALES-CAJIBIO, DEPTO. DEL CAUCA

-  Area con depósitos de arcilla bauxítica
-  Otro tipo

Esc. 1:60,000





PLANCHA Nº 8  
 No. 1541 (M. 24)

MAPA DE LOS DEPOSITOS DE ARCILLA BAUXITICA EN EL AREA DE MORALES-CAJIBO, DEPTO DEL CAUCA

ESCALA : 1:25,000

CONVENCIONES  
 [Symbol] Rio  
 [Symbol] Camino  
 [Symbol] [Symbol]





MAPA DE LOS DEPOSITOS DE ARCILLA BAUXITICA EN EL AREA DE MORALES-CAJIBIO, DEPTO. DEL CAUCA

PLANCHA N.º

CONVENCIONES

- Línea de drenaje
- Línea de nivel





MAPA DE LOS DEPOSITOS DE ARCILLA BAUXITICA EN EL AREA DE MORALES-CAJIBIO, DEPTO. DEL CAUCA

PLANCHAS No 7  
MHI 15416 (12-2-53)

ESCALA 1:25,000

CONVENCIONES  
[Symbol] Arz. con bauxita  
[Symbol] Arz. pardo





PLANCHA N.º 8  
M. 1552-1553

MAPA DE LOS DEPOSITOS DE ARCILLA BAUXITICA EN EL AREA DE MORALES-CAJIBIO, DEPTO. DEL CAUCA

ESCALA: 1:50,000

CONVENCIONES  
1952-53  
1954-55  
1956-57



xítica en su estado natural. Se tomó un promedio de medidas efectuadas con hidrómetro sobre material "in situ".

Reservas de arcilla bauxítica: Resultado de multiplicar el volumen del horizonte bauxítico por la densidad media de la arcilla bauxítica.

Relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda: Es la relación de pesos calculada en el laboratorio.

Reservas de arcilla bauxítica en base seca: Se obtiene multiplicando las reservas de arcilla bauxítica húmeda, por la relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda.

Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos: Se determinó en las pruebas sobre beneficio.

Reservas de agregados gibsíticos: Se obtiene multiplicando las reservas de arcilla bauxíticas seca, por el porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos.

## ZONA 1

Area . . . . .	2.490,6 ha
Porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	35%
Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	871,7 ha
Volumen del horizonte bauxítico. . . . .	21'792.500 m <sup>3</sup>
Densidad media de la arcilla bauxítica. . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>
Reservas de arcilla bauxítica húmeda. . . . .	32'688.750 ton
Relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda. . . . .	50%
Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	16'344.375 ton
Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos . . . . .	25%
Reservas de agregados gibsíticos (bauxita de alto grado) . . . . .	4'086.084 ton

## ZONA 2

Area . . . . .	4.734,5 ha
Porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	20%
Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	946,9 ha
Espesor promedio del horizonte bauxítico. . . . .	2,0 m
Volumen del horizonte bauxítico . . . . .	18'938.000 m <sup>3</sup>
Densidad media de la arcilla bauxítica. . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>
Reservas de arcilla bauxítica húmeda . . . . .	28'407.000 ton
Relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda . . . . .	50%
Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	14'203.500 ton

Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos . . . . .	25%
Reservas de agregados gibsíticos (bauxita de alto grado) . . . . .	3'550.088 ton

## ZONA 3

Area . . . . .	62,5 ha
Porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	10%
Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	6,3 ha
Espesor promedio del horizonte bauxítico . . . . .	1,5 m
Volumen del horizonte bauxítico. . . . .	94.500 m <sup>3</sup>
Densidad media de la arcilla bauxítica . . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>
Reservas de arcilla bauxítica húmeda . . . . .	141.750 ton

Relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda. . . . .	50%	Espesor promedio del horizonte bauxítico. . . . .	1,5 m
Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	70.875 ton	Volumen del horizonte bauxítico . . . . .	1'087.500 m <sup>3</sup>
Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos . . . .	25%	Densidad media de la arcilla bauxítica. . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>
Reservas de agregados gibsíticos (bauxita de alto grado)	17.719 ton	Reservas de arcilla bauxítica húmeda. . . . .	1'631.250 ton
<b>ZONA 4</b>		Relación entre arcillas bauxítica seca y húmeda. . . . .	50%
Area . . . . .	146,9 ha	Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	815.625 ton
Porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente . .	10%	Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos. . . .	25%
Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	14,7 ha	Reservas de agregados gibsíticos (bauxita de alto grado)	203.906 ton
Espesor promedio del horizonte bauxítico. . . . .	1,5 m	<b>ZONA 6</b>	
Volumen del horizonte bauxítico . . . . .	220.500 m <sup>3</sup>	Area . . . . .	1.156,3 ha
Densidad media de la arcilla bauxítica. . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>	Porcentaje de área con arcilla infrayacente . . . . .	30%
Reservas de arcilla bauxítica húmeda. . . . .	330.750 ton	Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	346,9 ha
Relación entre arcilla bauxítica en base seca y húmeda	50%	Espesor promedio del horizonte bauxítico. . . . .	2,5 m
Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	165.375 ton	Volumen del horizonte bauxítico . . . . .	8'672.500 m <sup>3</sup>
Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos . . . .	25%	Densidad media de la arcilla bauxítica. . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>
Reservas de agregados gibsíticos (bauxita de alto grado)	41.344 ton	Reservas de arcilla bauxítica húmeda. . . . .	13'008.750 ton
<b>ZONA 5</b>		Relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda. . . . .	50%
Area . . . . .	725,0 ha	Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	6'504.375 ton
Porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente	10%	Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos . . . .	25%
Area con arcilla bauxítica infrayacente. . . . .	72,5 ha	Reservas de agregados gibsíticos (bauxita de alto grado)	1'626.094 ton

		Relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda . . . . .	50%
Area . . . . .	3.665,6 ha	Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	2'541.000 ton
Porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente . .	25%	Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos . . . .	25%
Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	916,4 ha	Reservas de agregados gibsíticos (bauxita de alto grado)	635.250 ton
Espesor promedio del horizonte bauxítico. . . . .	2,0 m		
ZONA 9			
Volumen del horizonte bauxítico . . . . .	18'328.000 m <sup>3</sup>	Area . . . . .	3.337,5 ha
Densidad media de la arcilla bauxítica. . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>	Porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente . . . .	35%
Reservas de arcilla bauxítica húmeda. . . . .	27'492.000 ton	Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	1.168,1 ha
Relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda. . . . .	50%	Espesor promedio del horizonte bauxítico. . . . .	2,5 m
Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	13'746.000 ton	Volumen del horizonte bauxítico . . . . .	29'202.500 m <sup>3</sup>
Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos . . . .	25%	Densidad media de la arcilla bauxítica. . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>
Reservas de agregados gibsíticos (bauxita de alto grado)	3'436.500 ton	Reservas de arcilla bauxítica húmeda . . . . .	43'803.750 m <sup>3</sup>
ZONA 8			
		Relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda. . . . .	50%
Area . . . . .	846,9 ha	Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	21'901.875 ton
Porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente . .	20%	Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos . . . .	25%
Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	169,4 ha	Reservas de agregados gibsíticos (bauxita de alto grado)	5'475.469 ton
Espesor promedio del horizonte bauxítico. . . . .	2,0 m		
ZONA 10			
Volumen del horizonte bauxítico . . . . .	3'388.000 m <sup>3</sup>	Area . . . . .	1.451,1 ha
Densidad media de la arcilla bauxítica. . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>	Porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente . . . .	25%
Reservas de arcilla bauxítica húmeda . . . . .	5'082.000 ton	Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	363,3 ha

Espesor promedio del horizonte bauxítico . . . . .	2,5 m
Volumen del horizonte bauxítico . . . . .	9'082.500 m <sup>3</sup>
Densidad media de la arcilla bauxítica . . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>
Reservas de arcilla bauxítica húmeda . . . . .	13'623.750 ton
Relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda . . . . .	50%
Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	6'811.875 ton
Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos . . . . .	25%
Reservas de agregados gibsíticos (bauxita de alto grado) . . . . .	1'702.969 ton
TOTALES	
Area total . . . . .	18.618,8 km <sup>2</sup>
Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	4.876,2 ha
Volumen del horizonte bauxítico . . . . .	110'806.500 m <sup>3</sup>
Reservas de arcilla bauxítica húmeda . . . . .	166'209.750 ton
Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	83' 104.875ton
Reservas de agregados gibsíticos . . . . .	20'775.433 ton

#### RESERVAS DE BAUXITA EN LOS DEPARTAMENTOS DE CAUCA Y VALLE

La cartografía levantada en el área Morales - Cajibío permitió obtener suficiente información sobre el comportamiento de los depósitos para hacer un estimativo global de las posibles reservas de bauxita en los departamentos de Cauca y Valle. Con este propósito se hicieron algunos reconocimientos geológicos en las áreas que presentan características favorables para ocurrencias de bauxita.

Siguiendo un procedimiento esencialmente análogo al empleado en el cálculo de reservas para el área Morales - Cajibío, pero con menor grado de exactitud, se hizo un cálculo general del potencial de los depósitos en el Cauca y Valle incluyendo los de Morales - Cajibío. En el Cuadro 3 se indican las diferentes magnitudes estimadas.

Area total . . . . .	1.000 km <sup>2</sup>
Porcentaje de área con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	25%
Area con arcilla bauxítica infrayacente . . . . .	250 km <sup>2</sup>
Espesor promedio del horizonte bauxítico . . . . .	2,00 m
Volumen del horizonte bauxítico . . . . .	500'000.000 m <sup>3</sup>
Densidad media de la arcilla bauxítica . . . . .	1,5 gr/cm <sup>3</sup>
Reservas de arcilla bauxítica húmeda . . . . .	750'000.000 ton
Relación entre arcilla bauxítica seca y húmeda . . . . .	50%
Reservas de arcilla bauxítica en base seca . . . . .	375'000.000 ton
Porcentaje de recuperación de agregados gibsíticos . . . . .	25%
Reservas de agregados gibsíticos . . . . .	93'750.000 ton

CUADRO 3. Cálculo de reservas de bauxita en los departamentos de Cauca y Valle.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los aspectos más importantes relacionados con el posible aprovechamiento económico de los depósitos, son los siguientes:

1. El volumen de las reservas de arcilla bauxítica es suficiente para su explotación en gran escala.

2. La arcilla bauxítica, en su estado natural, presenta un contenido de impurezas demasiado alto para ser tratado directamente en una planta industrial.
  3. Las impurezas de la arcilla bauxítica se han podido eliminar en el laboratorio por lavado y tamizado con agua, lograndose una bauxita de alta calidad, apta para la obtención de alúmina y otros productos industriales.
  4. La misión técnica de las N.U. que recientemente visitó el país con el propósito de estudiar las perspectivas de industrialización de las bauxitas del Cauca, encontró bases suficientes para recomendar la realización de análisis industriales a escala de planta piloto con miras a promover la producción de aluminio en Colombia a partir de estas bauxitas (Sigmond, 1976).
- Formación Popayán como Recursos Potenciales de Bauxita en Colombia, Servicio Geológico Nacional, Inf. 1545 Inédito.*
- CLOUD, P.E. Jr., 1967.- Geology and Bauxite Deposits of the Rock run and Goshen Valley areas Northeast Alabama: U.S. Geological Survey, Bull, 1199-N, 74 p.*
- DUFRENOY, A., 1856.- Bauxites: Traité de Mineralogie, v.2, p. 347, 1845; v.3, p. 799, 1847; 2a. ed. v.2, p.467, París, 1856; Citado por Gordon M., et al, 1958.*
- FREDERICKSON, A.F., 1952.- The Genetic Significance of Mineralogy: Am. Inst. Mining Metall. Engineers, Problems of Clay and Laterite Genesis p. 1-11.*
- GOLDMAN, M. I., 1955.- Petrography of Bauxite Surrounding a core of Kaolinized Nepheline Syenite in Arkansas, Econ. Geol. v.50, p.586-609.*
- GORDON, M. Jr., TRACEY, J. I., Jr. and ELLIS, M. V., 1958.-Geology of the Arkansas Bauxite Region; U.S., Geol. Survey Prof. Paper 299, 268 p.*
- GRABAU, A.W., 1960.- Principles of Stratigraphy, 1a. edición, Dover publications, inc, New York.*
- HARDER, E.C., 1952.- Examples of Bauxite Deposit Illustrating Variations in Origin: Am. Inst. Mining Metall., Engineers, Problems of Clay and Laterite Genesis, 35-64.*
- HARDER, E.C., GREIG, E.W., 1960.-Bauxite en GILLSON, J.L., y otros, Industrial Minerals and Rocks, Nometallics other than fuels; 3a. edition, New York Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers, p. 65-85.*

#### REFERENCIAS CITADAS

- AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE.- 1966.- Glossary of Geology and related Sciences, 2a. ed; Washington, D.C. Am. Geol. Inst.*
- BATEMAN, A.M., 1957.- Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico, 2a. edición, traducción de J. L. Amorós, Ediciones Omega S.A., Barcelona, p. 975.*
- CATHCART, J. B., 1970.- Phosphate Investigations in Colombia, 1969, a progress report, with a note on the aluminous laterite deposits of department of Cauca, U. S. Geological Survey, Colombia Investigations, p. 44.*
- , 1972.- Phosphate and bauxite investigations, Colombia, 1972, U.S. Geological Survey project report (IR) CO-26, p.62.
- CLOCKMANN, F. and RAMDORF, P., 1961.- Tratado de Mineralogía, editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 735 p. Translated from German by F. Pardo.*
- CUCALON, I. y RESTREPO, H., 1969.- Lateritas Gibsíticas en la Costra de la*
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, 1969.- Atlas de Colombia. Litografía Arco, Bogotá, 2a. ed., 219 p.*
- KERR, P.F., 1959.- Optical Mineralogy, 3a. ed., McGraw-Hill Book, Co., New York.*



- MILLIGAN, W.O., and McATEE, J.L., 1952.- *The Structure of Hydrous Aluminum Oxides and Hydroxides*, Am. Inst. Mining Metall. Engineers, *Problems of Clay and Laterite Genesis*, p.94-99.
- MILLAR, C.E., TURK, L.M., and FOTH, H. D., 1966.- *Fundamentals of Soil Science*; John Willey and Sons, Inc., ed. 491 p.
- MOHR, E.C.J., 1930.- *De Grond van en Sumatra*: 2a. ed., Amsterdam. English Translations by Pendleton R. L., 1933, *Tropical Soils with Special Reference to Java and Sumatra*: Peiping, China Natl. Geol. Survey.
- ORDOÑEZ, R., 1968.- *Preliminary Report on the Bauxite Deposits of Morales Cauca, Southwestern Colombia*. Inédito.
- , 1969.- *Depósitos de Bauxita en el Norte del Cauca como bases para Industria del Aluminio*, Química de Abrasivos Refractarios. Inédito.
- PATTERSON, S.H., 1967.- *Bauxite Reserves and Potencial Aluminium Resources of the World*; U.S. Geol. Survey Bull, p.176.
- ROSAS, G.H., 1970.- *Bauxitas del Cauca*, Segundo Congreso Nacional de Minería, Manizales, Vol. 2.
- , 1971.- *Depositos Bauxíticos en Morales y Cajibío, Cauca y nota sobre Recursos de Bauxita en los Departamentos de Cauca y Valle del Cauca*; Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras, presentado III Congreso Nacional de Minería, Bucaramanga, Colombia.
- , 1973.- *Bauxite in the Morales - Cajibío Area, Cauca, Colombia*. Presentado al III Congreso Internacional ICSOBA, Niza, Francia.
- SIGMOND, G., 1976.- *Report of the Technical Advisory Mission concerning technical assistance for the Establishment of the Aluminium Industry Using Indigenous raw Materials and Hydroelectric Energy in Colombia: United Nations Industrial Development. Organization IS/COL/75/012/11-01.*