

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL

SOBRE LA GEOLOGIA DE LA PARTE SUR DE LA MACARENA

(con 3 figuras en el texto y 13 fotografías)

POR

FERNANDO PABA SILVA Y THOMAS VAN DER HAMMEN

INFORME No. 1321

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA - 1960

CONTENIDO

| | Págs. |
|--|-------|
| RESUMEN | 11 |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| Agradecimientos | 13 |
| GEOGRAFÍA | 15 |
| Localización | 15 |
| Drenaje | 15 |
| Las Mesetas Orientales | 15 |
| El Valle Central | 16 |
| Las Mesetas Occidentales | 16 |
| Figura 1 | 17 |
| Figuras 2 y 3 | 18 |
| ESTRATIGRAFÍA, SECCIÓN Y MAPA | 19 |
| Mediciones de estratificación cruzada | 20 |
| Datos paleontológicos y palinológicos | 20 |
| TECTÓNICA | 23 |
| Falla | 23 |
| Diaclasas | 23 |
| RELACIÓN GEOLÓGICA CON EL ESCUDO DE LA GUAYANA Y CON LA CORDI- LLERA ORIENTAL | 24 |
| GEOLOGÍA ECONÓMICA | 25 |
| Conglomerados | 25 |
| Areniscas | 25 |
| Cuarcita | 26 |
| Jaspes | 26 |
| Diamantes | 26 |
| Hierro | 26 |
| Bauxita | 27 |
| Asfalto | 28 |
| HISTORIA GEOLÓGICA | 29 |
| BIBLIOGRAFÍA | 30 |

RESUMEN

La Sierra de La Macarena está situada entre las latitudes $2^{\circ} 10'$ y $3^{\circ} 20'$ y longitudes $73^{\circ} 40'$ y $74^{\circ} 05'$ al Oeste de Greenwich, su parte meridional se halla cubierta por sedimentos desde edad Reciente hasta el Cretáceo Superior entre los cuales predominan los guijarros, los conglomerados y areniscas con estratificación cruzada, lutitas y areniscas cuarcíticas con un buzamiento general suave hacia el Oriente que oscila entre 3° y 4° . La presencia de Siphogenerinoides clarki en los guijarros de jaspes confirma su edad maestrichtiano-campaniana como también el hallazgo de cierta asociación de polen en las lutitas de la Formación Losada hablan en favor del Paleoceno. Comprobada la correlación de la Formación La Macarena con la Formación Roraima hay la posibilidad de encontrarse diamantes económicamente explotables en las ollas y terrazas de los ríos y quebradas que descienden de La Macarena, sin violar su condición de ser reserva nacional.

Hay una extensa área cubierta por un yacimiento de bauxita pisolítica hasta con un contenido en Al_2O_3 de 73%, velada por una capa de óxido de hierro (limonita) de más o menos 0.6 m de espesor, con un contenido en hierro (Fe_2O_3) de 51.44%.

INTRODUCCION

Hasta ahora muy poco se ha publicado sobre la geología de La Macarena, aunque muchos datos se hallan en los archivos de varias compañías petroleras. Sólo TRUMPY (1943) y GANSSEY (1954) publicaron algunos datos. De estas publicaciones se puede resumir lo siguiente:

Sobre el basamento Precámbrico se encuentran en partes sedimentos del Paleozoico antiguo (Cámbrico Superior hasta Ordoviciano, comprobado por medio de fósiles, y un Devónico dudoso). Reposando sobre el basamento Precámbrico y parcialmente sobre el Paleozoico, se halla una serie de areniscas cuarcíticas del tipo de la Formación Roraima. Estas areniscas se pueden dividir en dos, separadas por unas series de "red beds" en la parte sur de La Macarena.

Esta parte sur fue precisamente el objeto de nuestros estudios. Morfológicamente dividimos esta parte más meridional de la Sierra en tres, correspondiendo a tres unidades geológicas de distinta edad: las Mesetas Orientales, el Valle Central y las Mesetas Occidentales.

Agradecimientos.

Los suscritos queremos dejar constancia de nuestros agradecimientos al personal directivo y científico del Instituto de Ciencias Naturales por las oportunas y valiosas atenciones que se sirvieron dispensarnos en el cometido de nuestra investigación, y muy especialmente nuestra gratitud para el profesor doctor Roberto Jaramillo por su cooperación en la parte botánica y su compañerismo fraternal.

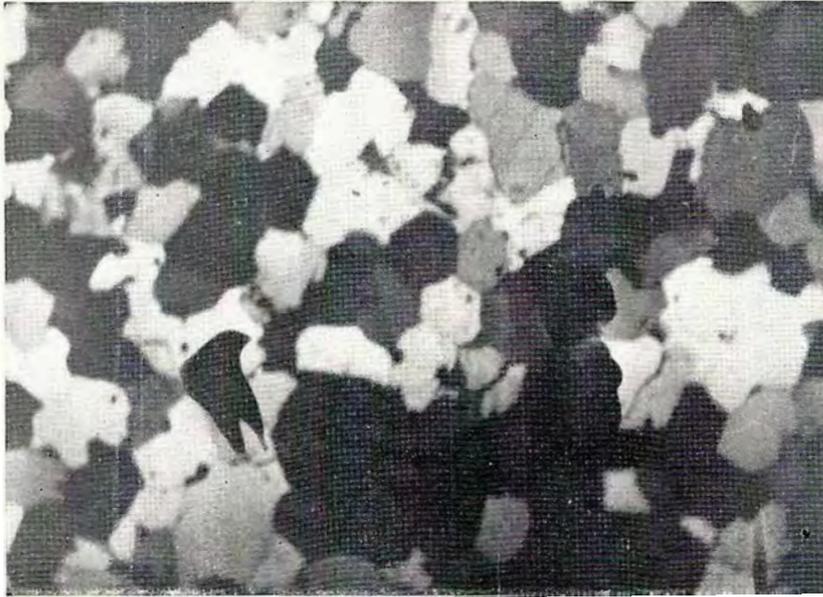


Foto 1. Arenisca del Eoceno. Aum. \pm 25 x.



Foto 2. Arenisca cuarcítica conglomerada del Eoceno. Aum. \pm 25 x.

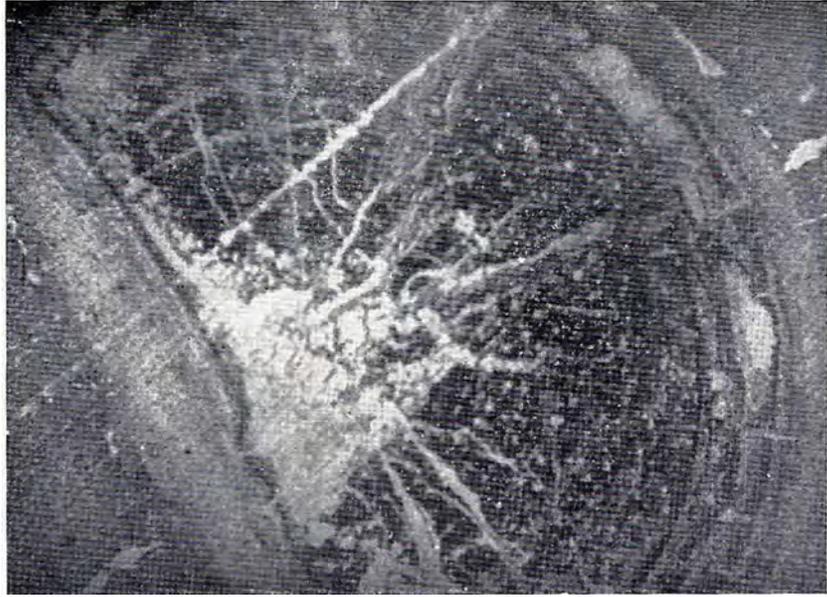


Foto 3. Bauxita pisolítica de La Macarena; sección delgada. Aum. \pm 25 x.

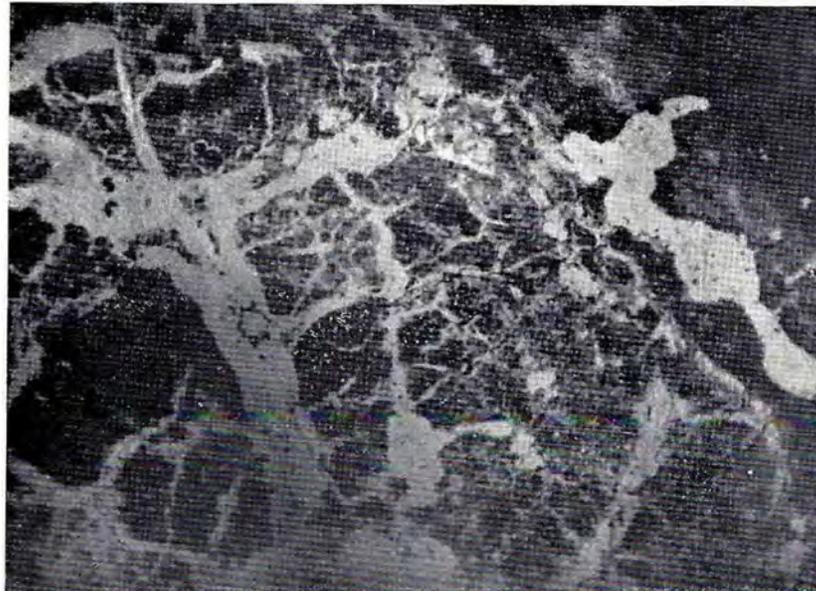
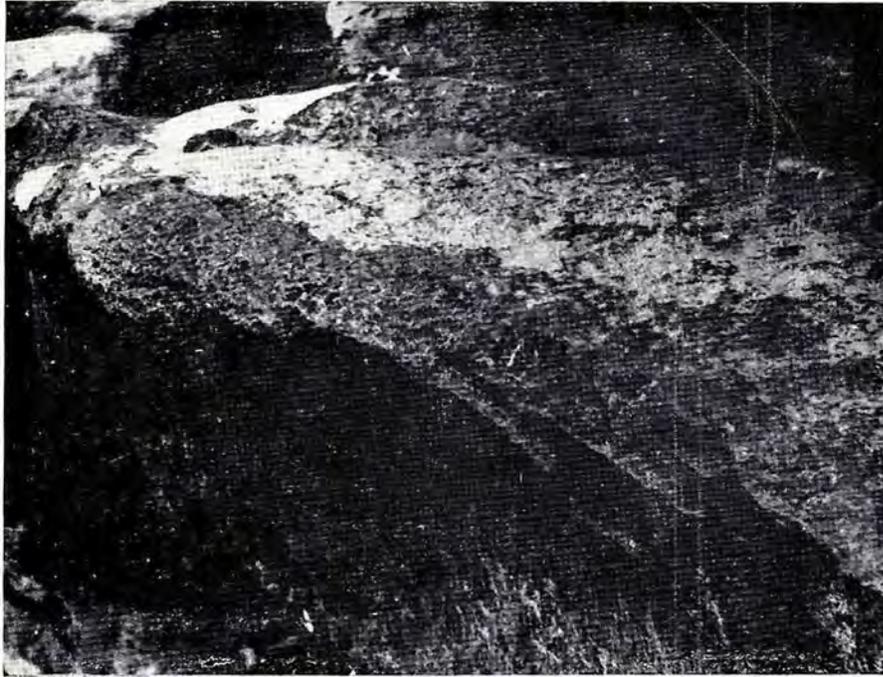


Foto 4. Bauxita pisolítica de La Macarena; sección delgada. Aum. \pm 100 x.

PANORAMICA
DE PARTE DE LA SIERRA
DE LA MACARENA



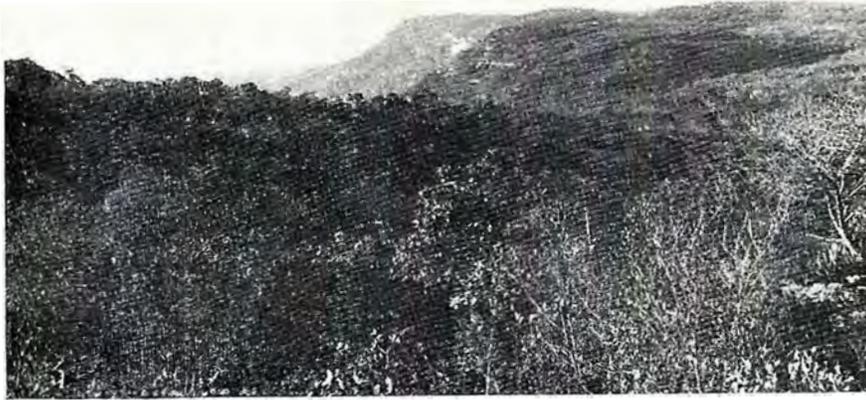
Vista hacia el noroeste desde la cima de las Mesetas Orientales. Los paredones son de la arenisca del Eoceno. Se aprecia el valle formado en los sedimentos del Paleoceno. En el horizonte se alcanzan a ver las Mesetas Occidentales.



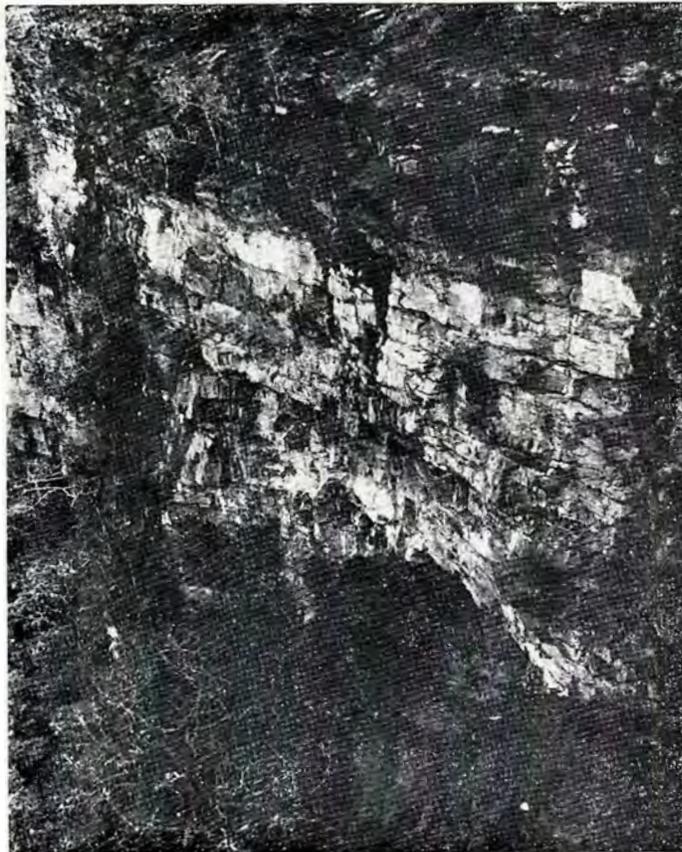
La arenisca tubular en la angostura del río Guayabero.



Paredón occidental de las Mesetas Orientales. Arenisca del Eoceno.



El borde occidental de las Mesetas Orientales. En primer plano la vegetación de Vellozia.



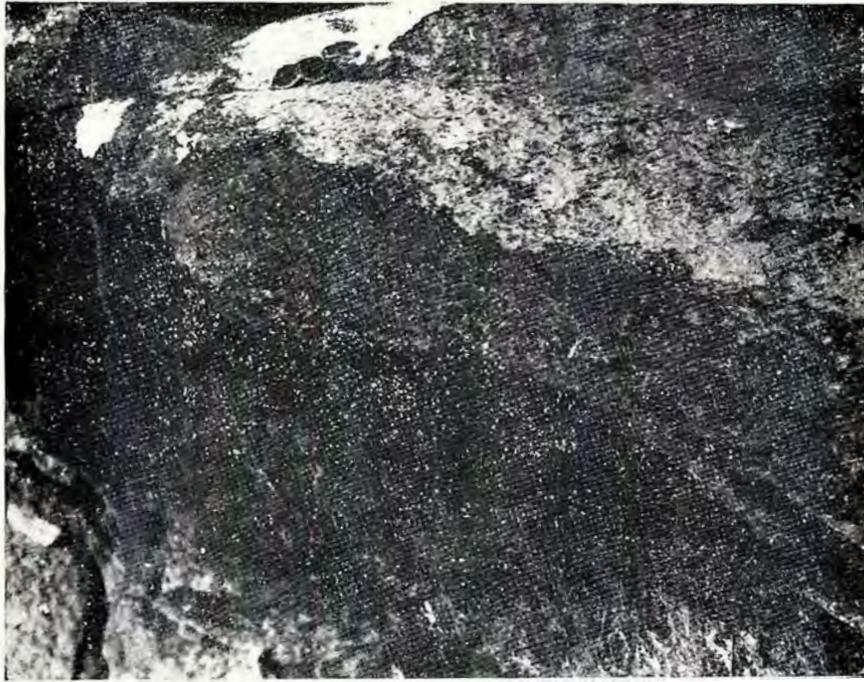
La parte inferior de la arenisca del Eoceno. Abajo está la transición hacia los sedimentos rojos del Paleoceno.



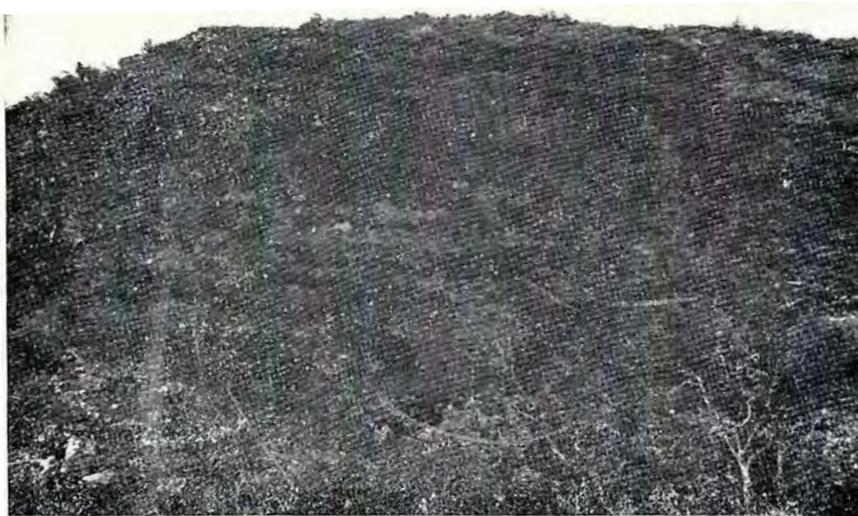
Paisaje típico de las Mesetas Orientales.



Grieta grande, originada por una diaclasa en el margen occidental de las Mesetas Orientales. Se ve la selva sobre el Paleoceno a unos 200 metros más abajo.



Arenisca tubular en la angostura del río Guayabero.



Aspecto superficial típico de las areniscas conglomeráceas del Eoceno.

GEOGRAFIA

Localización.

La Sierra de La Macarena se encuentra ubicada en los Llanos, al sur de Villavicencio, entre las latitudes 2° 10' y 3° 20' y longitudes 73° 40' y 74° 05' al oeste de Greenwich. El acceso a La Macarena se lleva a cabo por la carretera a Villavicencio, y de esta ciudad por avión más o menos una hora de vuelo; o directamente por avión desde Bogotá hasta el campo de aterrizaje de emergencia en la hacienda del señor Thomson.

El área cubierta en la exploración de la Sierra de La Macarena comprende la parte sur, cuyo flanco oriental va descendiendo suavemente hacia el Oriente. Aparentemente es plana, pero está cortada con frecuencia por valles amplios y pandos, y por angostos y profundos hasta de 50 metros de profundidad. En las partes planas se presentan testigos de erosiones con figuras caprichosas.

La vegetación consiste en arbustos pequeños y malezas, y especialmente abunda la "Vellozia" en aquellas partes más secas. El moriche y los árboles de algún tamaño se encuentran en los valles y en las zonas húmedas.

El clima es caliente, pero relativamente fresco en las mesetas; la temperatura máxima es probablemente de más de 30°C, pero en las primeras horas del día desciende por lo menos a 20°C, lo cual obliga a veces al uso de frazadas.

Drenaje.

El drenaje del área lo efectúan los ríos Guayabero por el Sur y el Occidente, y por el Norte y Oriente el Ariari con sus afluentes, de los cuales algunos son intermitentes, pues en épocas de verano son muy pocas las quebradas que permanecen con agua corriente. En general, con las excepciones de quebradas cortas que corren al Occidente, la mayoría de las quebradas enrumban sus cursos hacia el Oriente, debido al buzamiento general.

Las Mesetas Orientales.

Las Mesetas Orientales consisten en una formación principalmente de areniscas y conglomerados, que buzán unos 3°-4° hacia el Este (o más exacto hacia el ESE); conforme a esta inclinación el terreno sube lentamente desde el llano hacia el Oeste (y hacia el Norte), hasta alturas de 600-700 m. Hacia el Oeste esta formación está recortada, de Norte a Sur,

casi verticalmente, formando una larga serie de entrantes y salientes (“narices”). Este tipo de erosión se debe al hecho de que se encuentra una formación más blanda debajo, que forma el Valle Central y al efecto de las diaclasas. Las areniscas demuestran frecuentemente estratificación cruzada. Se presentan hacia la base, bancos macizos de arenisca cuarcítica. En la mitad superior de la formación hallamos una capa de bauxita pisolítica. El espesor de la formación debe ser aproximadamente de 300 metros.

El Valle Central.

Entre las Mesetas Orientales y Occidentales se halla una especie de valle ancho que se extiende de Sur a Norte. En el valle se presentan colinas y mesetas bajas. Este valle está formado por una sucesión de arcillas arenosas rojizas y areniscas arcillosas rojas, más blanda que la formación de las mesetas.

Las Mesetas Occidentales.

Al occidente del Valle Central se elevan las Mesetas Occidentales, compuestas por una formación de areniscas cuarcíticas, en parte tubulares y en parte con estratificación cruzada. Es en la parte más meridional de estas mesetas donde se encuentra la angostura del río Guayabero. Estas mesetas se van elevando en su totalidad hacia el Oeste (donde están localmente cortadas más o menos verticalmente) y hacia el Norte. Las capas buzan con 3°-4° hacia el ESE.

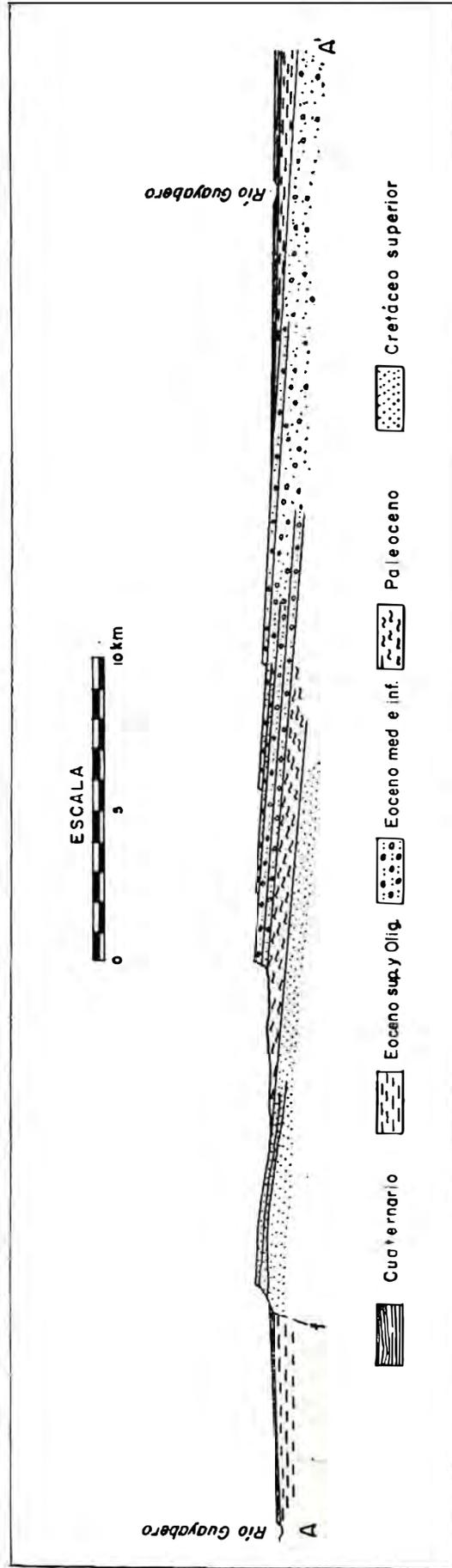


Fig. 1

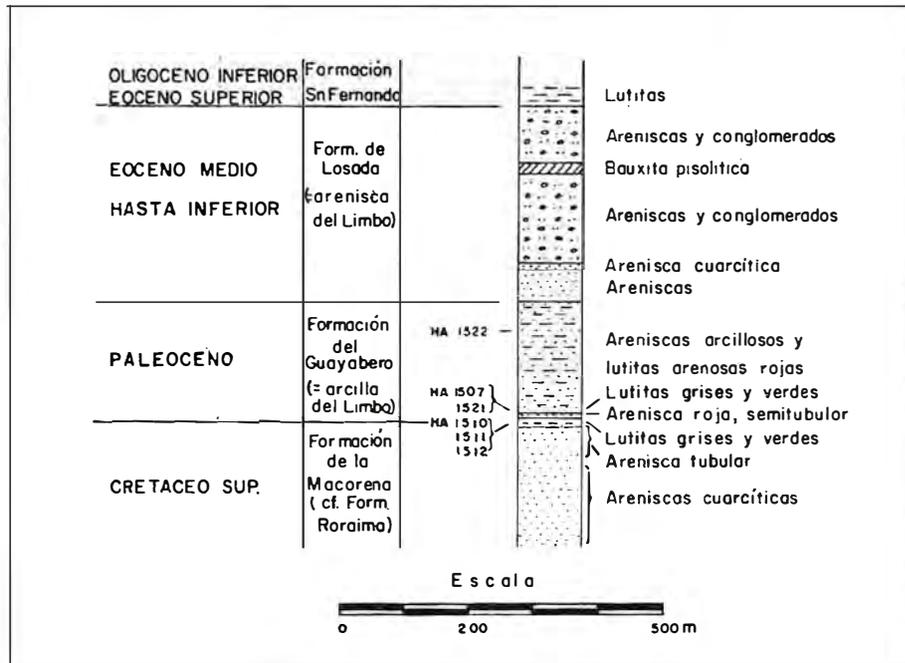


Fig. 2

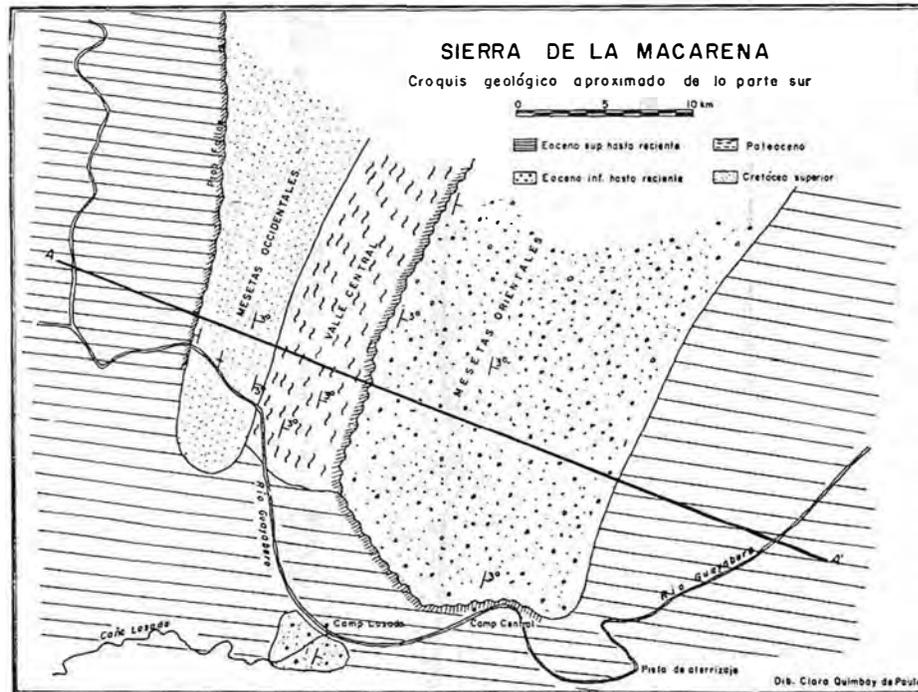


Fig. 3

ESTRATIGRAFIA, SECCION Y MAPA

La sección geológica y la columna estratigráfica (figs. 1 y 2) fueron levantadas en las Mesetas Orientales a lo largo del río Guayabero de Oriente a Occidente hasta pasada la Angostura, y en las Mesetas Occidentales respectivamente.

La formación más antigua expuesta en la parte más meridional de la Sierra es la de las areniscas de la Angostura. Sólo los 50 m superiores de esta formación están expuestos en la Angostura, pero en vista de la altura a que se elevan las Mesetas Orientales, debe tener un espesor mayor de 400 metros. La parte superior la forman areniscas tubulares y areniscas cuarcíticas, en parte con estratificación cruzada.

Encima de esta formación, que llamaremos provisionalmente Formación de La Macarena, se encuentra la formación de arcillas arenosas rojas y areniscas arcillosas, también de color rojo, que llamaremos provisionalmente Formación del Guayabero. El contacto está expuesto, sobre centenares de metros cuadrados, inmediatamente al oriente de la Angostura. Este contacto es perfectamente normal, y no hay ningún indicio de una interrupción en la sedimentación.

Sobre las areniscas tubulares se encuentran primero unos pocos metros de lutitas verdes y grises, sigue para arriba unos 8 metros de arenisca arcillosa roja y "semitubular", y encima unos metros de lutitas verdes y grises. Siguen después arcillas y areniscas rojas. En la parte alta de la formación se encuentra una arenisca gris-verdosa de grano más grueso. El espesor total de esta formación es de aproximadamente 200 metros.

Encima de la Formación del Guayabero se encuentra la formación de areniscas y conglomerados de las Mesetas Orientales, que llamaremos provisionalmente Formación de Losada, por los afloramientos que se hallan cerca a la desembocadura del caño Losada en el Guayabero.

El contacto entre la Formación de Losada y la Formación del Guayabero es gradual y perfectamente normal. En la zona de transición se encuentran areniscas grises y verdosas alternando con arcillas rojas. La parte baja de la formación la forman unos 50 metros de areniscas de grano medio con estratificación cruzada. Siguen para arriba unos 10 metros de arenisca cuarcítica gris clara, y después aproximadamente 250 metros (o quizás algo menos) de areniscas y conglomerados de cuarzo, con frecuente estratificación cruzada. En la parte alta de esta parte superior se encuentra una capa de unos 5 a 10 metros de espesor, de bauxita pisolítica.

Encima de la Formación de Losada, ya casi en el llano, se encuentran lutitas grises del Eoceno Superior y del Oligoceno Inferior, la Formación San Fernando (véase GANSSE, 1954, y VAN DER HAMMEN, 1957), y formaciones aún más recientes (véase más adelante).

Un mapa aproximado de la parte más meridional de la Sierra se encuentra en la fig. 3.

Mediciones de estratificación cruzada.

Con el objeto de orientarnos sobre la localización de la región fuente de abastecimiento de los sedimentos a nuestra vista, se llevó a cabo la determinación de la orientación general de la estratificación cruzada en los siguientes sitios:

- 1º En la parte superior de la Formación de La Macarena.
- 2º En la parte inferior de la Formación de Losada.
- 3º En la parte superior de la Formación de Losada.

El resumen de nuestras observaciones en los estratos con estratificación cruzada nos suministró la siguiente dirección principal de deposición:

- 1º Basado sobre 27 mediciones, promedio: 345° (NNW).
- 2º Basado sobre 16 mediciones, promedio: 87° (E).
- 3º Basado sobre 15 mediciones, promedio: 84° (E).

El resultado es, entonces, que el material de la Formación de Losada vino del Occidente, es decir, de la Cordillera de los Andes, y el material de la parte alta de la Formación de La Macarena vino del SSE, lo cual quiere decir que son depósitos fluviales continentales depositados por ríos que vinieron del Escudo de la Guayana. Es interesante anotar aquí que mediciones similares llevadas a cabo por uno de nosotros en la Formación Roraima (parte baja) de Jirijirimo (río Apoporís), dio un promedio de 308°, es decir un transporte del SE hacia NW. Este valor está muy bien de acuerdo con los que medimos en la Formación de La Macarena.

Datos paleontológicos y palinológicos.

En los sedimentos terciarios que se encuentran estratigráficamente encima de la Formación de Losada, se hallaron foraminíferos Eo-Oligocenos. Por análisis palinológicos de muestras de distintas partes del llano, sabemos que esta formación (San Fernando) corresponde en edad al Eoceno Superior y Oligoceno Inferior. El análisis de polen de muestras colectadas por el doctor Medem en el río Guayabero, más o menos a 4 horas y un día, aguas abajo del segundo raudal, nos revela que sedimentos de edad Oligoceno Medio (hasta Superior) deben seguir a la Formación de San Fernando, es decir, que encima de ésta reposa la Formación Diablo. Hay entonces una sucesión de sedimentos terciarios normal, igual a la de otras partes del Llano (véase VAN DER HAMMEN, 1957). Es entonces lógico esperar que la Formación de Losada corresponde a la Arenisca del Limbo, de edad Eoceno Inferior (a Medio). Efectivamente una muestra de la Formación Losada, de una región cercana, analizada palinológicamente indica esta edad. En vista del contacto normal (transicional) de las Formaciones de Losada y del Guayabero, es de esperarse que en el caso de los sedimentos rojos de esta última formación, se trata del Paleoceno.

Una serie de muestras de lutitas coleccionadas en la base y en la parte superior de la formación, contienen asociaciones de polen de edad Paleocena, lo cual viene a corroborar nuestras apreciaciones.

Aun cuando el polen en estas muestras está bastante mal conservado no hay dudas sobre su determinación. En la columna estratigráfica se anota la situación de las muestras que contienen el polen que se indica más adelante.

| | Ha-1507 | Ha-1511 | Ha-1522 |
|--|---------|---------|---------|
| | % | % | % |
| <i>Monocolpites medius</i> grupo | 64 | 59 | 21 |
| <i>Monocolpites franciscoi</i> grupo | 1 | 1.5 | 13.5 |
| <i>Proxapertites operculatus</i> grupo | 21 | 33.5 | 29 |
| <i>Angiospermas</i> grupo | 10 | 5 | 23 |
| <i>Psilatrilletes</i> grupo | 4 | 1 | 13.5 |

En la muestra Ha-1507 fueron encontradas las siguientes especies de Angiospermas: *Tricolporites annacoides*, *Tripurites iverseni* y *Tricolporites minutus*.

Según estos análisis las muestras Ha-1507 y Ha-1511 deben pertenecer a la zona A (¿o eventualmente el principio de la zona B?) del Paleoceno, y la muestra Ha-1522 probablemente a la zona B.

Debajo de este Paleoceno sigue, en contacto normal, la Formación de La Macarena. De estas areniscas no vimos expuestas sino la parte más superior, que no contiene fósiles. No obstante, es probable que haya sitios en donde se encuentre expuesto el resto de la formación, ya que hallamos en las terrazas pleistocenas del río Guayabero y de las quebradas que descienden de La Macarena guijarros con fósiles que no pueden proceder sino de arenisca de tipo cuarcítico de esta formación. El doctor H. Bürgl, Paleontólogo-Jefe de la Sección de Estratigrafía del Servicio Geológico Nacional, hizo el estudio de los fósiles hallados en los guijarros y rindió el siguiente informe:

Ha-1502 b-Guijarros silicosos, de color amarillo-ocroso.

Siphogenerinoides spec. ind.

Siphogenerinoides clarki CUSHMAN & CAMPBELL

Restos de peces

Bastoncillos de fosfato

La muestra proviene seguramente del Campaniano o Maestrichtiano. La especie *Siphogenerinoides clarki* se halla en la Sabana de Bogotá y sus alrededores en el Campaniano y Maestrichtiano Inferior, pero con más frecuencia en el Campaniano. Es posible que la muestra contenga *Siphogenerinoides* maestrichtianas entre los ejemplares específicamente no determinables. Sin embargo, la frecuencia de *Siphogenerinoides clarki* habla más en favor de una edad Campaniana.

Ha-1502 a-Guijarro de cuarcita gris y amarillosa.

Breviarca spec. A BÜRGL.

El lamelibranquio pertenece a una especie aparentemente no descrita aún, la cual se halla con frecuencia en el Maestrichtiano Inferior en la zona entre Sopó y Usaquén (véase el Informe número 1233, por H. Bürgl, en el archivo del Servicio Geológico Nacional). La edad de la muestra se determina, por lo tanto, como Maestrichtiano Inferior.

Los guijarros silicosos de la muestra Ha-1502 b son muy frecuentes en el río y en las terrazas. En parte son amarillo-ocroso, en parte carmelito y en parte rojo, representando entonces verdaderos jaspes rojos y carmelitos. Se encuentran todas las transiciones entre estos tipos de rocas silicosas mencionadas, inclusive de amarillo y carmelita a rojo. También en los jaspes se encuentran a veces todavía inclusiones de fosfato y restos de peces. Todo esto demuestra que estas rocas son del mismo origen. Ya que el jaspe no se encuentra en la Cordillera Oriental, por lo tanto debe provenir de La Macarena, por otra parte estos guijarros con sus distintas variedades forman en algunos sitios hasta más del 50% del material de terrazas de las quebradas que descienden de La Macarena.

Es claro entonces que la Formación de La Macarena, que sigue inmediatamente y con contacto normal debajo de rocas de edad Paleocena, es de edad Cretácea.

TECTONICA

Falla.

Es muy poco lo que se sabe de la estructura de los Llanos, pero los elementos fisiográficos y geológicos observados sugieren ciertos rasgos tectónicos para La Macarena. La parte meridional se presenta como un bloque levantado por el lado occidental, sin solución de continuidad, en tanto que en la parte oriental hay una serie normal de sedimentos en que todas las formaciones buzcan de 3° a 4° hacia el ESE y se continúa sin interrupción con sedimentos más recientes en el llano, lo cual sugiere la existencia de una falla (o sistema de fallas) en el flanco occidental. Se presenta una pequeña ondulación (anticlinal) en el Valle Central en donde aflora la Arenisca de La Macarena nuevamente (sitio que no se indica ni en el mapa ni en la sección).

Diaclasas.

Se presenta un sistema de diaclasas más o menos de dirección definida y de alguna significación tectónica, pero las más destacadas son las que se orientan N 35° W y N 60° E, que dieron origen a la formación de valles angostos y profundos hasta de 50 metros de profundidad, y en las cuales son frecuentes los pequeños saltos y las ollas de erosión características de valles jóvenes.

Estas diaclasas de buzamiento vertical sirven a veces de albergue a la palma "Mauritia", denominada "Moriche", planta indicadora de agua, la cual se presenta generalmente en hileras siguiendo el rumbo general de la diaclasa.

RELACION GEOLOGICA CON EL ESCUDO DE LA GUAYANA Y CON LA CORDILLERA ORIENTAL

La Sierra de La Macarena tiene una posición intermedia entre el Escudo de la Guayana y la Cordillera Oriental, y por esta razón podría tener la clave de los problemas de correlación y determinación de edad.

Un problema es la edad de la Formación Roraima y su correlación con las formaciones de la Cordillera Oriental.

La Formación Roraima es una formación principalmente de areniscas, sin fósiles, que tiene su mayor espesor (varios miles de metros) en la región donde se encuentran el Brasil, Venezuela y la Guayana Británica. Una de las rocas características de la parte media de esta formación (GANSSEY, 1954, MCCONNELL, 1959, etc.) es el jaspe rojo o verde. Comparando nuestras muestras de jaspe de La Macarena con jaspe de la Guayana Británica, pudimos establecer que son completamente idénticos.

Según Hubach (1957) la Formación de La Macarena corresponde litológica y estratigráficamente a las Areniscas de Vaupés, estas mesas aisladas de areniscas y areniscas cuarcíticas, en la selva del Vaupés, generalmente se consideran por razones bien fundadas, como equivalente de la Formación Roraima (GANSSEY, 1954).

En San José del Guaviare existe una sucesión estratigráfica igual a la de la parte sur de La Macarena: dos formaciones de areniscas y cuarcitas, separadas por "red beds" (GANSSEY, 1954). El espesor de las areniscas en San José parece ser considerable (¿más de 1.000 metros?).

Encima de la arenisca superior siguen también lutitas del tipo de la Formación San Fernando. La correlación entre La Macarena y San José del Guaviare es entonces segura. También en San José del Guaviare se encuentran numerosos guijarros de jaspe en el río.

Parece que en alguna de las mesas del Vaupés se encuentran areniscas tubulares como las que se hallan en la parte superior de la Formación de La Macarena. Si ello es así podemos entonces concluir que la Formación de La Macarena corresponde a la Formación Roraima. En vista de que, como expusimos arriba, la Formación de La Macarena es de edad Cretácea, la Formación Roraima debe ser también Cretácea. Entonces debe ser correcta la idea de GANSSEY (1954), de que el Cretáceo se torna más arenoso en la Cordillera Oriental de Occidente a Oriente, y que en los Llanos se unen finalmente las areniscas que constituyen la Formación Roraima. La parte superior de la Formación Roraima debe ser de edad Maestrichtiana, correspondiendo a la arenisca tierna y dura de la Cordillera Oriental. Los jaspes rojos y carmelitas (todavía no encontrados in situ en La Macarena) corresponderían entonces a las lutitas de edad Campaniana, etc., de la Cordillera Oriental. En la parte baja de la formación podemos quizás esperar entonces el equivalente de la Arenisca de Une (Albiano), y quizás de la Arenisca de Cáqueza (Hauteriviano). La Macarena es la región más adecuada para tratar de probar por medio de fósiles la existencia de rocas de estas edades, en la Formación Roraima.

GEOLOGIA ECONOMICA

La zona sur explorada de la Sierra de La Macarena ofrece desde el punto de vista de geología económica renglones de mucho interés comercial; desgraciadamente, su situación con relación a las vías de comunicación deja mucho que desear. Su futuro desarrollo debe entenderse a largo plazo, sin embargo, para despertar el interés, no ya científico sino económico, nos permitimos informar sobre algunos de los recursos que nos fue dable observar en el corto tiempo de nuestra exploración. Mas, en vista de que La Macarena es una reserva nacional, seguramente no se realizarán explotaciones de ninguna clase dentro de sus límites, pero las observaciones hechas pueden ser de importancia para regiones vecinas o similares. En el caso de una eventual explotación de diamantes no existe impedimento de ninguna clase, ya que se podría llevar a cabo fuera de los límites de La Macarena.

CONGLOMERADOS, ARENISCAS Y CUARCITA

Conglomerados.

Los conglomerados al igual que las areniscas se presentan expuestos en una gran extensión y como son compactos y duros se podrían utilizar como material de ornamentación en la industria de la construcción. Los guijarros son de cuarzo blanco pero frágiles, hasta del tamaño de un huevo.

Lo mismo que las areniscas, ya que se encuentran interestratificados con ellas, ofrecen facilidades de explotación a tajo abierto. Los espesores mínimos de los estratos oscilan entre 1 y 1.5 m y el máximo es de unos 10 m.

Areniscas.

Los estratos de areniscas son desde el punto de vista industrial de mucha importancia ya que por su gradación, se les puede utilizar en la preparación de mezclas de concreto, en la fabricación de vidrio, de papel de lija, de rellenos, elaboración de silicato de sodio, etc., flagging - piedra para pulir, sandlating. La arenisca se compone principalmente de granos de cuarzo de diferentes tamaños, de forma angular, cementados con material arcilloso y sericítico. (Fotos 1 y 2).

La explotación de estos yacimientos sería sumamente fácil ya que ofrece por doquier frentes de trabajo para ser explotados a tajo abierto, sistema que ofrece bajos costos de explotación.

Cuarcita.

La cuarcita también es muy importante pues además de su empleo en la industria del vidrio, del refractario y de los otros usos de las areniscas, se emplea como flujo en la fundición de cobre y como bolas para la trituración en los molinos de bolas.

También como la arenisca y el conglomerado ofrece muchos sitios adecuados a la explotación a tajo abierto.

Jaspes.

Es un cuarzo cripto-cristalino, generalmente impuro que se presenta en varios colores desde el rojo opaco, al amarillo, hasta pardo, que se encuentra en forma de guijarros hasta de 10 m de diámetro en el valle del río Guayabero, especialmente en las terrazas del Pleistoceno de este río y de las quebradas que descienden de La Macarena. Desde el punto de vista industrial podría ser interesante, pues estos jaspes sometidos a calentamiento artificial entre 300°C y 450°C pueden adquirir colores atractivos.

Nada podríamos decir de su potencialidad comercial por el rápido reconocimiento que hicimos, pero sí son abundantes y valdría la pena hacer una inspección más detenida de este posible recurso, sobre todo buscando el sitio dentro de La Macarena donde debe aflorar este mineral in situ.

Diamantes.

También hay la posibilidad de que en la Sierra de La Macarena se encuentren diamantes, ya que, como vimos arriba, la Formación de La Macarena corresponde con mucha probabilidad a la Formación Roraima, de la cual provienen los diamantes que se explotan en Venezuela, la Guayana Británica y el Brasil. Sería interesante hacer una extensa búsqueda, especialmente en las ollas de erosión y en la Angostura del río Guayabero.

Hierro.

Este mineral básico para el desarrollo industrial de los países se encuentra como producto de la meteorización de una capa de bauxita, es pisolítico y al parecer alcanza un espesor de un metro, extendiéndose en una longitud de aproximadamente 3 km por 2 km de ancho.

El mineral de hierro es del tipo hematita que reemplaza totalmente la estructura pisolítica y tiene el siguiente análisis promedio:

| | Porcentaje. |
|---|-------------|
| Humedad | 1.55 |
| Pérdidas por calcinación | 10.01 |
| Sílice como SiO_2 | 12.32 |
| Hierro como Fe_2O_3 | 51.44 |
| Aluminio como Al_2O_3 | 20.88 |
| Titanio como TiO_2 | 1.20 |
| Calcio como CaO | 0.04 |
| Magnesio como MgO | 0.06 |
| Fósforo como P_2O_5 | 0.18 |

alcanzando un máximo en contenido de Fe_2O_3 hasta de 55%, pero su contenido en fósforo no la hace apetecible.

Bauxita.

Es otro mineral muy importante que se presenta en la Sierra de La Macarena en forma de pisolitas hasta de 10 mm de diámetro, interstratificado entre las areniscas y los conglomerados, y de un color aceituna claro a amarillo muy pálido. (Fotos 3 y 4).

Puesto que el mineral de hierro es una meteorización de la bauxita, la exposición de ésta en la zona explorada tiene más o menos las mismas dimensiones, es decir, 3 km \times 2 km, pero estimamos que su espesor pueda ser mayor de los 10 m.

Su aplicación en la industria es muy amplia, se emplea en la obtención del aluminio metálico, en la fabricación de refractarios, de aleaciones especiales, en medicina y en la fabricación de alambre para transmisión eléctrica.

Como se trata de un mineral con el 73% de Al_2O_3 , y en el país es muy escaso, sería conveniente hacer el estudio detallado del yacimiento ya que también ofrece facilidades para su explotación a tajo abierto.

El origen de la bauxita es muy discutido, pues mientras unos se inclinan por aceptarla como producto de laterización o de reacciones químicas entre rocas con contenido de Al_2O_3 y pirita, otros se inclinan a aceptar su origen puramente químico; lo cierto es que la bauxita pisolítica de La Macarena pudo haberse formado de la siguiente manera: después de un receso de la grande erosión, durante el cual se depositó una parte de los conglomerados y areniscas, vino otra clase de sedimentación, posiblemente procedente de áreas cubiertas por sienita biotítica meteorizada a caolín, en que las condiciones climáticas eran: temperatura superior a los 20°C y períodos alternados de verano e invierno, factores que favorecieron los procesos químicos de lixiviación, el retiro de la sílice y la consiguiente concentración de óxidos de hierro y aluminio. Después de la deposición de la bauxita se presentó nuevamente otro ciclo de erosión similar al primero, depositándose los conglomerados y areniscas similares a los subyacentes y, finalmente, se presentaron los movimientos tectónicos que levantaron la región dejándola expuesta a los agentes erosivos.

Asfalto.

El asfalto se presenta en dos formas: una como manadero a través de las diaclasas en varios sitios, y otra a orillas del río Guayabero, impregnando las areniscas y arenas de las terrazas y formando capitas hasta de 2 cm de espesor. Hasta la fecha en el país no se conocen explotaciones de asfalto, sólo se le ha tenido en cuenta como indicio de la presencia de petróleo en el subsuelo. Encontramos manaderos de asfalto en las areniscas de la Formación Losada ("Areniscas del Limbo"), como también en las areniscas de la Formación de La Macarena (Roraima).

HISTORIA GEOLOGICA

En el basamento precámbrico fueron introducidas sienitas y pegmatitas durante el Cámbrico (la edad de estas mismas rocas fue establecida de dos muestras de San José de Guaviare, como respectivamente 436 y 484 millones de años (HURLEY c. s., 1958). Durante el Cámbrico Superior hasta el Ordovícico fueron depositados sedimentos marinos (TRUMPY, 1943).

Discordantemente sobre estas rocas, en partes reposando sobre el basamento precámbrico (con intrusiones de sienitas) y en partes sobre los sedimentos del Paleozoico Inferior, fue depositada la formación de La Macarena (= prob. Formación Roraima). Esta formación en La Macarena es en parte terrestre y en parte marina, y consiste principalmente de areniscas cuarcíticas y areniscas, y debe contener probablemente también capas de jaspe rojo, carmelito y amarilloso. La edad de la parte superior de esta formación es Maestrichtiano hasta Campaniano; la edad de la parte inferior no es conocida aún, pero debe ser también cretácea. Los ríos que depositaron la parte fluvial de esta formación, vinieron del SSE. En sucesión normal fueron depositadas encima de esta formación lutitas y areniscas rojas de edad Paleocena, y encima de ellas areniscas (en parte cuarcíticas) y conglomerados de edad Eoceno Inferior hasta Medio. Los ríos que depositaron estos sedimentos vinieron del Occidente. Encima de estas areniscas y conglomerados fueron depositadas en sucesión normal, lutitas de edad Eoceno Superior y Oligoceno Inferior, y lutitas y areniscas del Oligoceno Medio, y probablemente Oligoceno Superior. El cambio tan importante en la dirección de los ríos del Cretáceo Superior y los del Eoceno, se debe haber realizado durante el Paleoceno. Mientras que en el Cretáceo Superior estos ríos se dirigían hacia el geosinclinal oriental de los Andes, en el Eoceno ya se dirigían desde los Andes hacia el Oriente, como actualmente. Es probable que el primer levantamiento de los macizos paleozoicos de la Cordillera Oriental en el principio del Paleoceno (véase VAN DER HAMMEN, 1958), acentuados todavía por los movimientos tectónicos del mismo Eoceno Inferior, fue la causa de este cambio total en la orografía de esta parte del Continente.

El levantamiento del bloque de La Macarena (incluyendo el basamento) por fallas que corren por el lado occidental de ella, se debe haber realizado durante la fase final del orogenismo andino, es decir, durante el Mio-Plioceno (aunque parece que ciertas partes de La Macarena fueron ya levantadas temporalmente antes, como durante el Paleoceno, etc.).

Bogotá, D. E., abril de 1959.

BIBLIOGRAFIA

- GANSSEER, A. 1954.—“The Guiana Shield (S. América)”. *Eclogae Geol. Helvet.*, Vol. 47, 1.
- HAMMEN, TH. van der. 1958.—“Estratigrafía del Terciario y del Maestrichtiano y Tectogénesis de los Andes Colombianos”. *Inf.* 1279.
- HURLEY, P. M., 1958.—“Variations in isotopic abundances of Strontium, Calcium and Argon and related topics”. *Sixth annual progress report for 1958*, U. S. Atomic Energy Commission.
- MC. CONNELL, R. B. 1959.—*The Takutu Formation in British Guiana, and the probable age of the Roraima Formation*. Second Carib. Geol. Conf., Puerto Rico.
- TRUMPY, D., 1943.—“Pre Cretaceous of Colombia”. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, Vol. 54.