

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL



BOLETIN GEOLOGICO

VOL. XI

ENERO - DICIEMBRE 1963

NUMEROS 1 - 3



BOLETIN GEOLOGICO

VOLUMEN XI ENERO - DICIEMBRE 1963 Nos. 1 - 3

CONTENIDO

NOTAS CIENTIFICAS:

- SOLÉ DE PORTA, N.—Asociación espora-polínica hallada en una serie perteneciente a la formación La Cira del Valle del Magdalena (Colombia) 5- 16

ESTUDIOS GEOLOGICOS:

- CARTER, HAROLD; TENJO, SIGIFREDO, y TORRES, EDILBERTO.—Compilación de los estudios sobre arcillas en la Sabana de Bogotá 17-118
- DE PORTA, JAIME.—Observaciones sobre las calizas de Toluviejo. 119-132
- CHAMPETIER DE RIBES, G.; PAGNACCO, P.; RADELLI, L. y WEECKSTEEN, G.—Geología y mineralizaciones cupríferas de la Serranía de Perijá, entre Becerril y Villanueva (Departamento del Magdalena, Intendencia de la Guajira) 133-188
- VAN DER HAMMEN, T., y GONZÁLEZ, E.—Historia de clima y vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá 189-260
- JIMENO V., ANDRÉS y YEPES, JAIME.—Estudio de las reservas yesíferas de la región de los Santos-Batán-Villanueva ... 261-285

*La responsabilidad de las ideas emitidas en este Boletín
corresponde a sus autores.*

**ASOCIACION ESPORO-POLINICA HALLADA EN UNA SERIE
PERTENECIENTE A LA FORMACION LA CIRA DEL VALLE
DEL MAGDALENA (COLOMBIA)**

**POR
N. SOLE DE PORTA**

**SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA. 1963**

CONTENIDO

RESUMEN	9
SISTEMÁTICA	
Pteridophyta	13
Polypodiaceae	13
Palmae	14
Angiosperma	14
Coniferae	15
BIBLIOGRAFÍA	15

R E S U M E N

Se da a conocer la asociación completa de polen y esporas encontrada en una serie estratigráfica perteneciente a la Formación La Cira del Valle Medio del Magdalena y las variaciones en proporciones que presentan estos fósiles a través de ella.

A B S T R A C T

The complete association of pollen and spores found in a stratigraphic series belonging to La Cira Formation from the Middle Magdalena Valley and the vertical variations as shown by these fossils are studied.

La serie estudiada procede de la Quebrada del Tabaco, en el Municipio de Jerusalén (Departamento de Cundinamarca), en donde afloran unos sedimentos carbonosos con una potencia total aproximada de 12 metros y de los cuales se estudiaron diez muestras. El análisis palinológico de estas muestras ha proporcionado una flora muy variada e interesante, la cual se figura en las planchas adjuntas. Esta serie pertenece a la Formación La Cira, en el Valle Medio del Magdalena. La edad de esta Formación, posiblemente miocena, se discute en otro trabajo (Porta y Solé de Porta, 1962).

La serie consta en la parte basal de unas lutitas carbonosas que van pasando a areniscas. Aparece a continuación una veta de carbón de 0.15 metros, siguen lutitas y otra veta de carbón de 0.20 a 0.30 metros; a esto sigue una alternancia de areniscas y lutitas de aproximadamente 6.35 metros de potencia, y por encima aparece otra veta de carbón de 0.60 metros, dividida por 0.10 metros de arenisca; finalmente se encuentran lutitas alternando con areniscas, ambas con restos de plantas y pequeñas intercalaciones de carbón.

Las muestras estudiadas pertenecen a las capas de carbón y lutitas carbonosas, y fueron preparadas según el método de Schultze.

En la muestra basal, número 1, encontramos una proporción en la flora, como sigue: las formas monocarpadas, pertenecientes a la familia de las Palmae, alcanzan un 20%; entre ellas sólo un 2% se ha podido determinar como del género *Mauritia*, y del resto un solo ejemplar como posible *Orbignya cuatrecasana*. El resto de Angiospermas ocupa un 48%, de las cuales un 4% pertenece a un tipo de *Tricolpopollenites* sp., figurado en la lámina VII, figs. 3 a 6. En cuanto a las esporas, las Polypodiaceae tienen un 8%, las Schizaeaceae un 2% y las formas trilete con escultura psilada, posiblemente Cyatheaceae, alcanzan un 22%.

La muestra número 2, situada a 0.60 metros de la anterior; la flora viene representada de la siguiente manera: las formas monocarpadas o palmas indiferenciadas, 10%. Las Angiospermas aumentan a un 64%, entre estas angiospermas la forma *Tricolpopollenites* sp. de la lámina VII, figuras 3 a 6, alcanzan un 12%. Las Schizaeaceae y las Polypodiaceae solamente están representadas en un 1%, y las formas trilete, con escultura psilada, en un 24%. Hay presencia muy escasa de la forma trilete con escultura verrugada, perteneciente posiblemente a *Lygodium*.

A 0.95 metros por encima de la anterior está la muestra número 3, en la cual la familia de las Palmae alcanza un 5% y las Angiospermas un 67%, dentro de las cuales el tipo *Tricolpopollenites* sp. baja bruscamente en proporción y solamente se puede citar su presencia, muy escasa. Las

Polypodiaceae continúan en un 1%, y las Schizaeaceae no aparecen; las formas trilete, posiblemente Cyatheaceae, siguen su aumento leve, alcanzando un 26%. Aquí aparece el único ejemplar de la serie de Coniferae, posiblemente *Podocarpus* sp. ¿Continúa la presencia escasa de *Lygodium*?

A una distancia de 0.45 metros, siguiendo la serie, está la muestra número 4. En ella las Palmae indiferenciadas pasan a un 5.9%. El grupo de las Angiospermas queda reducido a un 11.8% con la presencia muy escasa del tipo *Tricolpopollenites* sp. de las muestras anteriores. Entre las esporas, las Polypodiaceae aumentan a un 17.7%, las Schizaeaceae a un 5.9% y las formas trilete con escultura psilada aumentan bruscamente hasta un 53%. En esta muestra la forma trilete con verrugas (*Lygodium*?) aumenta hasta un 5.7%.

La muestra número 5, a una distancia de 0.80 metros de la anterior, consta de las siguientes proporciones: las formas monocarpadas pertenecientes a las Palmae, aumentan a un 10%, las Angiospermas en un 22%; en ellas ya no aparece el tipo *Tricolpopollenites* sp., anteriormente citado. Las Polypodiaceae quedan reducidas a un 2%. Y las formas trilete psiladas alcanzan su máximo, con un 66%.

A 0.80 metros está la muestra número 6; en ella las proporciones entre la diferente flora es: las Palmae indiferenciadas, un 12%; las Angiospermas un 34%; entre ellas, una presencia escasa del tipo *Tricolpopollenites* sp. de las primeras muestras. Y entre las esporas solamente las posibles Cyatheaceae de forma trilete con escultura psilada en un 54%.

A una distancia de 0.80 metros hallamos la muestra número 7, con la flora representada como sigue: las Palmae continúan en un 10%, entre las cuales el género *Mauritia* representa un 4%; las Angiospermas, muy abundantes, de tamaño pequeño, un 54%. En cuanto a las esporas, vuelven a aparecer las Polypodiaceae en un 10% y las Schizaeaceae en un 4%. Finalmente, las formas trilete psiladas están representadas en un 22%.

En la muestra número 8, a 2.90 metros, las proporciones son: las Palmae un 8%; entre ellas el 2% pertenece a *Mauritia* sp., en las Angiospermas un 45%, con la presencia, escasa, del tipo *Tricolpopollenites* sp., anteriormente citado junto con el tipo *Tricolporopollenites* sp. (Lámina VII, figuras 1 y 2), el cual aparece por primera vez en la serie. Continúan estando representadas las Polypodiaceae con un 10% y las Schizaeaceae en un 1%. Las formas trilete psiladas alcanzan un 36%.

Finalmente, a una distancia de 1.25 metros, está la muestra número 9, con un 8% en las Palmae, dentro de las cuales un 2% sigue correspondiendo a *Mauritia* sp., con un 58% en las Angiospermas, un 12% en las Polypodiaceae y un 22% en las formas trilete psiladas.

Queda por último la muestra número 10, situada a 3.75 metros de distancia de la anterior. Las Palmae no están representadas; las Angiospermas alcanzan un 75%, y en cuanto a las esporas, las Polypodiaceae, un 8.4%, y las formas trilete psiladas un 16.6%.

Por lo tanto vemos, en conjunto, que partiendo de la base de la serie hay un predominio de Polen sobre las Esporas que se mantiene con ligera disminución hasta la muestra número 4; en ésta se invierte completamente esta relación, hay un alto predominio de esporas, en especial de la forma trilete con escultura psilada, sobre el resto de la flora. A partir de este punto vuelve a aumentar suavemente la proporción de polen sobre las esporas hasta llegar a la muestra número 7, en la cual se han vuelto a

invertir las proporciones, las cuales se mantienen con ligeras variaciones hasta el final de la serie, en donde el polen, representado en su totalidad por las Angiospermas indeterminadas, alcanza su punto máximo.

SISTEMATICA

PTERIDOPHYTA

Son muy frecuentes, a través de toda la serie estudiada, las formas trilete con escultura psilada, originarias de diversas especies naturales, que posiblemente se pueden referir a la familia Cyatheaceae y que por su forma general pueden agruparse bajo el género morfológico *Laevigatisporites* (B. y K.) Ibrahim, 1933 (Lámina I, figuras 3, 4 y 6, y Lámina II, figuras 1, 2 y 4).

También, las figuras 5, 7 y 8 de la Lámina I y la figura 3 de la Lámina II, se han agrupado en el género morfológico *Triplanosporites*, todas aquellas esporas de forma trilete y a la vez triplana, pertenecientes a más de una especie natural, aunque parece que todas puedan referirse a las Cyatheaceae.

Finalmente, en la Lámina II, figura 7, se ha representado un único ejemplar hallado en la parte basal de la serie, el cual coincide exactamente en cuanto a tamaño, por la concavidad de los lados, vértices redondeados, el grosor de la exina, por la marca trilete, así como por la escultura psilada con *Deunstaedtia cornuta*, que vive actualmente en Colombia.

En las figuras 8 y 10 de la Lámina II se figura una espora trilete con la escultura formada por verrugas de tamaño y forma irregular, más bien pequeñas, tiene un cierto parecido a *Corrugatisporites solidus* R. Pot. subesp. *multivallatus* Pflug, por su forma general y por el tamaño y forma de las verrugas, y cuya posible referencia natural sea *Lygodium*.

Por último, las esporas de forma trilete (Lámina II, figuras 11 y 12), con escultura formada por grandes verrugas redondeadas, corresponden posiblemente al género *Lygodium*.

Las esporas pertenecientes a la familia Schizaeaceae son muy abundantes en esta serie. Son de destacar de una manera especial las que poseen escultura estriada y que podemos colocar en el género morfológico *Cicatricosisporites* R. Pot. y Gell. Entre ellas podemos distinguir una forma con las estrías numerosas y apretadas, figurada en la Lámina IV, figuras 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 8 como *Cicatricosisporites cirae*. Las figuras 6 y 9 de la misma Lámina, determinadas como *Cicatricosisporites tabacensis*, poseen estrías más anchas y bien definidas. Y las figuras 10 y 11 (Lámina IV) pertenecientes a *Cicatricosisporites Cundinamarcensis* se caracterizan por estrías más separadas que las anteriores, y muy difusas. (Kedves y Solé de Porta, 1963). La primera especie la encontramos desde la base hasta la mitad de la serie, la segunda indistintamente a través de toda la serie, y finalmente la tercera solamente aparece en la mitad superior de ésta.

POLYPODIACEAE

Las Polypodiaceae son una familia bastante bien representada y casi constante a través de la serie estratigráfica de la Quebrada del Ta-

baco. Por la forma general de la espora y por la forma y tamaño de las verrugas, las figuras 2 a 7 de la Lámina III pueden colocarse en el género morfológico *Polypodiisporites* R. Pot, 1934. En la Lámina V, figura 4, se representa una espora con el exosporio constituido por verrugas de forma irregular y dispuestas irregularmente, características que recuerdan el género morfológico *Polypodiidites* Ross., pero la altura de estas verrugas no es superior al ancho, sino que igual o inferior, por lo cual lo aproxima a *Polypodiisporites* R. Pot.

Las figuras 10, 11 y 12 de la Lámina III presentan las verrugas del exosporio redondeadas y más bien altas, por lo que se pueden agrupar bajo el género *Verrucatosporites* Pflug 1952, aunque en realidad pertenezcan a varias especies diferentes.

Finalmente, las figuras 8 y 9 de la misma Lámina pertenecen a distintas esporas indeterminadas, también de la familia de las Polypodiaceae.

PALMAE

La figura 6 de la Lámina V corresponde a una Palmae con un tamaño máximo de aproximadamente 40 micras y lo ancho variable a lo largo del grano; presenta un colpo poco marcado, en cuyos extremos aparecen unos ensanchamientos redondeados. En Colombia vive actualmente una Palma, *Orbignya cuatrecasana* Dugand, cuyos granos de polen presentan idénticas características que la especie fósil; solamente varía el tamaño total, que en la especie actual es de 60 a 65 micras. Esta especie tiene actualmente en Colombia una dispersión en los bosques húmedos del litoral pacífico a una altura entre 5 a 50 metros.

Las figuras 5 a 13 y 15 de la Lámina V, y 1 y 2 de la Lámina VI, pertenecen a distintas especies de Palmae, y que las podemos agrupar dentro del género morfológico *Palmaepollenites* R. Pot. 1951.

La figura 14 de la Lámina V corresponde, tanto por su tamaño como por sus características, a *Monocolpites medius*, Van der Hammen, 1956, especie citada por primera vez de la Formación Guaduas de la Sabana de Bogotá (Colombia), y relacionada por este autor a una posible Palma. El género *Monocolpites*, Van der Hammen, 1954, no es válido, por no acompañarle descripción ni ningún holotipo. En 1956 creó un Lectogenotipo para este género morfológico, a base de una especie reciente colombiana, y perteneciente a una Iridiaceae. En el mismo año de 1956 fue creada la especie *medius* para una posible Palma. Por todo lo cual creemos necesario pasarlo a *Palmaepollenites medius* (Van der Hammen) enmendado.

La figura 3 de la Lámina VI corresponde a *Mauritia* sp. por su forma general y por presentar las tan características espinas.

ANGIOSPERMA

Las figuras 1 y 2 de la Lámina VII representan una Angiosperma tricolporada, de forma oval-redondeada, con la escultura formando un retículo muy pequeño, y que aparece por primera vez en la parte superior

de la serie; como desconocemos toda relación natural, podemos colocarla en el género morfológico *Tricolporopollenites*.

Las figuras 3 a 6 de la Lámina VII corresponden a una Angiosperma tricolpada, de forma oval-alargada, y con la escultura formada por un retículo muy pequeño, y que podemos colocarla en el género *Tricolpopollenites*. Esta especie es muy abundante en la parte inferior de la serie, luego desaparece completamente, y sólo vuelve a aparecer, con escasa representación, en la parte superior de la misma, asociada a la Angiosperma descrita anteriormente.

La figura 7 (Lámina VII) representa un grano de polen tricolpado, también con escultura formando un retículo muy pequeño, de forma oval-redondeada, pero de tamaño más pequeño que las especies anteriores; podría tratarse de la misma especie.

La figura 8 de la misma Lámina representa otra especie de *Tricolpopollenites*, pero con la escultura formada por apretadas estrías longitudinales que a su vez están formadas por un retículo muy pequeño y poco destacado; esta especie ha sido anteriormente encontrada en la serie de Montería-Planeta Rica (L. III, figs. 54, 55, 57, 58 y 59, 1961), y clasificada como *Isobertinia?* sp.

De la Lámina VIII, la figura 4 es una Malpigiaceae perteneciente al género *Stigmaphyllon*, viviente en Colombia.

CONIFERAE

Un solo ejemplar ha sido encontrado en la muestra número 3 y figurado en la Lámina VIII, figura 17, tratándose posiblemente de un *Podocarpus*.

BIBLIOGRAFIA

- KEDVES, M., y SOLÉ DE PORTA, 1963.—“Comparación de las esporas del género *Cicatricosisporites* R. Pot y Gell. 1933 de Hungría y Colombia. Algunos problemas referentes a su significado estratigráfico”. *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Sant., Nº 12, 9 lm., Bucaramanga.
- PORTA, J. de, 1962.—“Consideraciones sobre el estado actual de la estratigrafía del terciario en Colombia”. *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Sant., n. 9, pp. 5-43, 1 f., 5 tbs., Bucaramanga.
- PORTA, J. de y SOLÉ de PORTA, 1962.—“Discusión sobre las edades de las formaciones Hoyón, Gualanday y La Cira en la región de Honda-San Juan de Rioseco (Valle del Magdalena)”. *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Sant., n. 9, pp. 69-85. 1 f., 1 lm., Bucaramanga.
- POTONIE, R., 1956.—“Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae, *Beihefte zum Geolog. Jahrb.*, H. 23, 103 pp., Hannover.
- POTONIE, R., 1958.—“Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae, *Beihefte zum Geolog. Jahrb.*, H. 31, 114 pp., Hannover.
- POTONIE, R., 1960.—“Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae”, *Beihefte zum Geolog. Jahrb.*, H. 39, 188 pp., Hannover.

- SOLÉ DE PORTA, N., 1961.—“Contribución al estudio palinológico del terciario en Colombia”. *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Sant., n. 7, pp. 55-81, 2 f., 5 lm., Bucaramanga.
- SOLÉ DE PORTA, N., 1961.—“Contribución a la palinología del terciario del norte de Colombia”. *Boletín Geológico*, t. 8, n. 1-3, pp. 75-94, 5 lm., Bogotá.
- THOMSON & PFLUG, 1953.—“Pollen und Sporen der mitteleuropäischen Tertiärs, *Palaeontographica*”, t. 94, Abt. B., L. 1-4, pp. 1-138, 15 lm., 20 fs., Stuttgart.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1954.—“El desarrollo de la flora colombiana en los períodos geológicos. I: Maestrichtiano hasta terciario más inferior”. *Boletín Geológico*, t. 2, n. 1, pp. 49-106, 7 lm., Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1956.—“Descripción de algunos géneros y especies de polen y esporas fósiles”. *Boletín Geológico*, t. 4, n. 2-3, pp. 103-109, 2 lm., Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1956.—“Nomenclatura palinológica sistemática”. *Boletín Geológico*, t. 4, n. 2-3, pp. 23-62, 12 lm., Bogotá.

LAMINAS

LAMINA I

Figuras 1 y 2.—cf. Cyatheaceae.

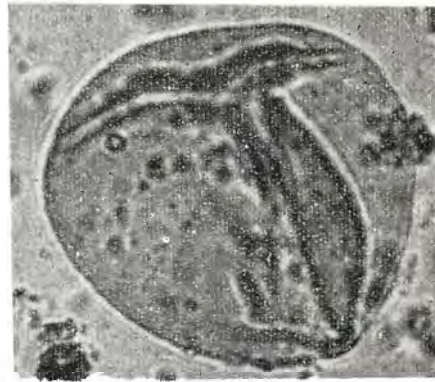
Figuras 3, 4 y 6. *Laevigatisporites* (Bennie y Kidston) Ibrahim 1933. cf. Cyatheaceae.

Figuras 5, 7 y 8.—*Triplanosporites* Pflug 1953. cf. Cyatheaceae.

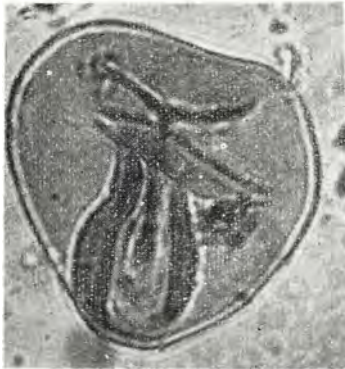
Lámina I



1



2



3



4



5



6



7



8

LAMINA II

Figuras 1, 2 y 4.—*Laevigatisporites* (Bennie y Kidston) Ibrahim 1933. cf. Cyatheaceae.

Figura 3.—*Triplanosporites* sp. cf. Cyatheaceae.

Figuras 5 y 6.—cf. Cyatheaceae.

Figura 7.—*Concavisporites* (Pf.) Th. y Pf. 1953. Pteridophyta.

Figuras 8 y 10.—*Lygodium?* Pteridophyta.

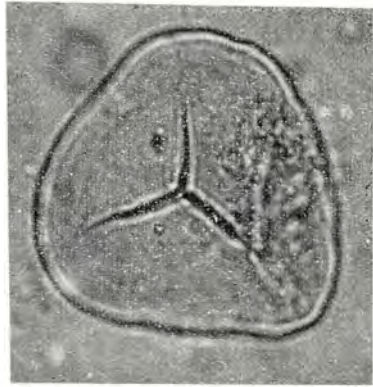
Figura 9.—Pteridophyta. (× 500).

Figuras 11 y 12.—*Lygodium?* Pteridophyta.

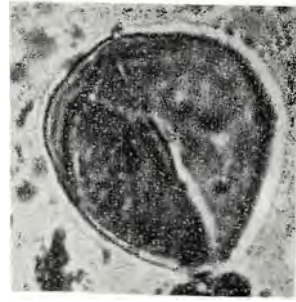
Lámina II



1



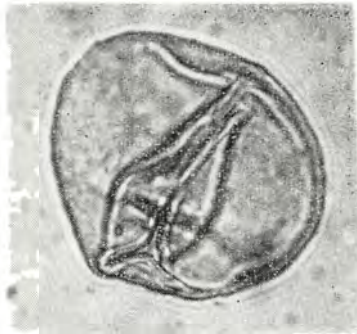
2



3



4



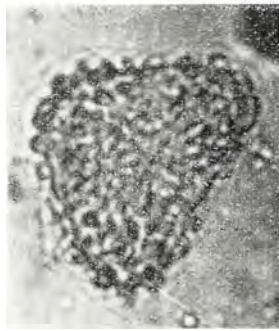
5



6



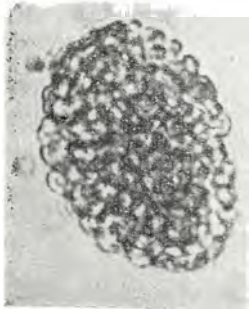
7



8



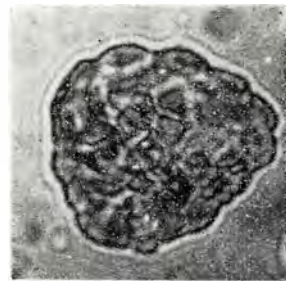
9



10



11



12

LAMINA III

Figura 1.—*Lygodium?* Pteridophyta.

Figuras 2 a 7.—*Polypodiisporites* R. Pot. 1934. Polypodiaceae.

Figuras 8 y 9.—Polypodiaceae.

Figuras 10, 11 y 12.—*Verrucatosporites* Pflug 1952. Polypodiaceae.

Lámina III



1



2



3



4



5



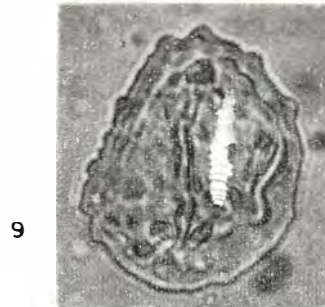
6



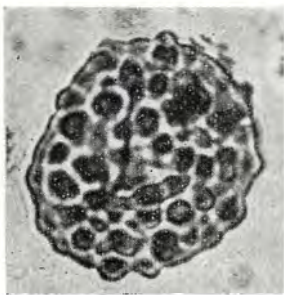
7



8



9



10



11



12

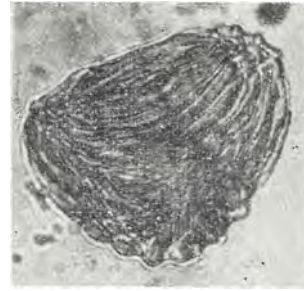
Lámina IV



1



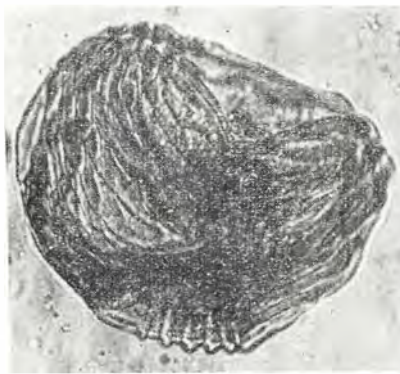
2



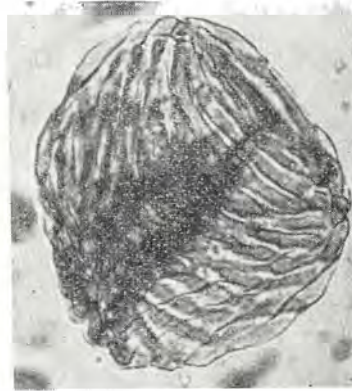
3



4



5



6



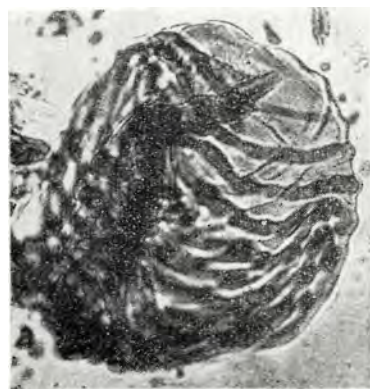
7



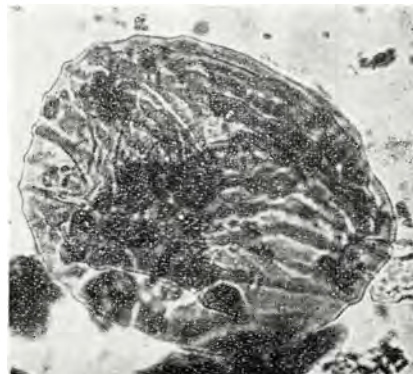
8



9



10



11



12

LAMINA V

Figuras 1 a 4.—Diversas Polypodiaceae.

Figuras 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 15. Diversas *Palmaepollenites*. cf. Palmae.

Figura 6.—cf. *Orbignyia cuatrecasana*. Dugand. Palmae.

Figura 14.—*Palmaepollenites medius* (Van der Hammen) enmend. cf. Palmae.

Lámina V



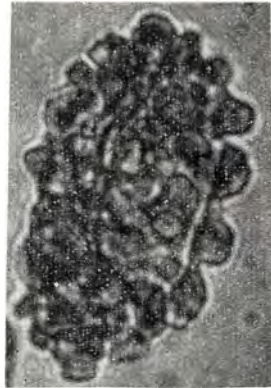
1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15

LAMINA VI

Figuras 1 y 2.—*Palmaepollenites* sp. Palmae.

Figura 3.—*Mauritia* sp. Palmae.

Figura 4.—Angiosperma.

Figuras 5 y 8.—cf. Bombacaceae.

Figura 6.—Angiosperma.

Figura 7.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 9.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 10. *Monocolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 11.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 12.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 13.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 14.—Angiosperma.

Lámina VI



1



2



3



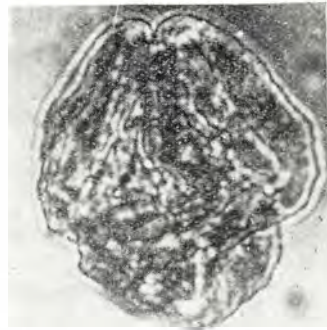
4



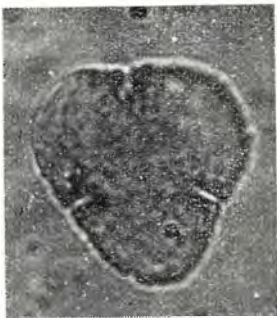
5



6



7



8



9



10



11



12



13



14

LAMINA VII

Figuras 1 y 2.—*Tricolporopollenites* sp. Angiosperma.

Figuras 3 a 6.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 7.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 8.—*Isobertinia?*

Figura 9.—*Tricolporopollenites* sp. Angiosperma.

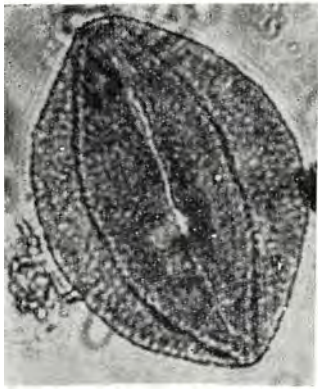
Figura 10.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 11.—*Tricolporopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 12.—Angiosperma.

Figura 13.—*Tripoporopollenites* sp. Angiosperma.

Lámina VII



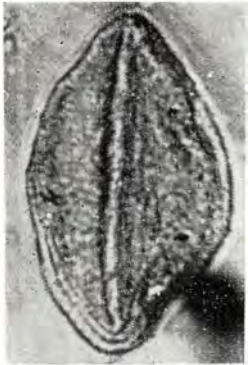
1



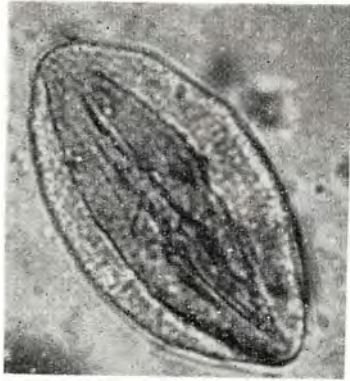
2



3



4



5



6



7



8



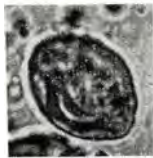
9



10



11



12



13

LAMINA VIII

Figuras 1, 2, 5 y 11.—cf. Sapotaceae.

Figura 3.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 4.—*Stigmaphyllon* sp. Malpigiaceae.

Figura 6.—Angiosperma.

Figura 7.—*Tricolporopollenites* sp. Angiosperma.

Figuras 8 y 12.—*Tripoporollenites* sp. Angiosperma.

Figura 9.—*Monocolpopollenites* sp. Angiosperma. (× 500).

Figuras 10, 13 y 16.—Diversas Angiospermas.

Figura 14.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 15.—*Tricolpopollenites* sp. Angiosperma.

Figura 17.—cf. *Podocarpus*. Coniferae.

Figura 18.—Hongo indet.

Lámina VIII



1



2



3



4



8



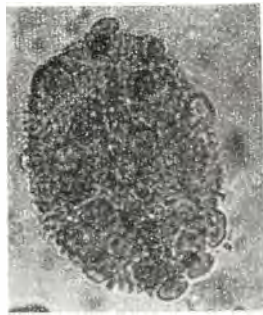
5



6



7



9



10



11



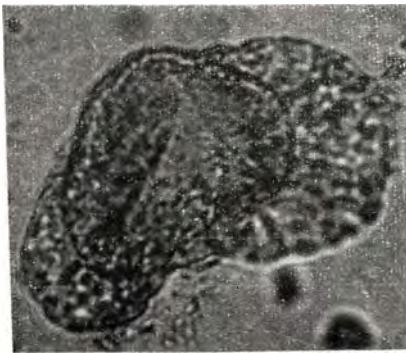
12



13



14



17



18



15



16

**COMPILACION DE LOS ESTUDIOS SOBRE ARCILLAS
EN LA SABANA DE BOGOTA**

POR
HAROLD CARTER SIGIFREDO TENJO EDILBERTO TORRES
GEOLOGOS

INFORMES Nos. 1404, 1415, 1420, 1421, 1429, 1430, 1439

**SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA. 1963**

CONTENIDO

COMPILACIÓN DE LOS INFORMES SOBRE ARCILLAS EN LA SABANA DE BOGOTÁ	23
INTRODUCCIÓN	25
GEOLOGÍA GENERAL	27
DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS ARCILLOSAS	28
EVALUACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE ARCILLAS	31
Municipio de Guasca	32
Municipio de Sopó	41
Municipios de Tocancipá y Gachancipá	54
Municipio de La Calera	63
Municipio de Zipaquirá	67
Municipio de Cajicá	68
Municipio de Chía	69
Municipio de Cota	71
Municipio de Tenjo	73
Municipio de Tabio	76
Municipio de Bojacá	77
Municipio de Bosa	77
Municipio de Engativá	79
Municipio de Facatativá	80
Municipio de Fontibón	82
Municipio de Funza	83
Municipio de Madrid	85
Municipio de Mosquera	86
Municipio de Soacha	92
Municipio de Subachoque	93
Municipio de Usme	95
Municipio de Suesca	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	98
COLUMNAS DE SONDEOS	99

Municipio de Cajicá	100
Municipio de Zipaquirá	101
Municipio de Tabio	101
Municipio de Tenjo	102
Municipio de Chía	103
Municipio de Tausa	104
Municipio de Tocancipá	104
Municipio de Gachancipá	104
Municipio de Bojacá	105
Municipio de Usme	105
Municipio de Bosa	106
Municipio de Engativá	106
Municipio de Facatativá	107
Municipio de Fontibón	108
Municipio de Funza	109
Municipio de Madrid	110
Municipio de Subachoque	112
Municipio de Mosquera	112
Municipio de Soacha	114
Municipio de Suba	116
Municipio de Cota	118
Municipio de Usaquén	118

A N E X O S

Columnas de Sondeos.

Mapa Geológico y de Localización de Pozos.

COMPILACION DE LOS INFORMES SOBRE ARCILLAS
EN LA SABANA DE BOGOTA

1404, 1415, 1420, 1421, 1429, 1430, 1439

R E S U M E N

El presente compendio trata del estudio preliminar de las arcillas de la Sabana de Bogotá y sus posibles aplicaciones industriales. El área estudiada hasta ahora comprende los Municipios de: Guasca, La Calera, Sopó, Tocancipá, Gachancipá, Tausa, Sutatausa, Zipaquirá, Cajicá, Chía, Cota, Tenjo, Tabio, Bojacá, Bosa, Engativá, Facatativá, Fontibón, Funza, Madrid, Mosquera, Soacha, Suba, Subachoque, Usaquén y Usme.

Durante el curso del estudio, 658 muestras fueron tomadas y se hicieron 248 sondeos con un total de 1.611 metros perforados.

Las reservas probadas de arcilla de todas clases se estiman en 4.877 millones de metros cúbicos de material. Como la Sabana está intensamente dedicada a la agricultura, este volumen en su totalidad no puede ser aprovechable.

Todos los Municipios estudiados tienen la ventaja de contar con buenas vías de acceso, lo cual facilitará el transporte del producto final a su principal centro de consumo, Bogotá.

INTRODUCCION

El objeto del estudio fue la localización, apreciación y evaluación de yacimientos de arcilla en la Sabana de Bogotá, para así facilitar su aprovechamiento en la industria de materiales de construcción, especialmente en la fabricación de tubos de gres, ladrillos, tejas, etc. Fueron visitados los Municipios de Guasca, La Calera, Sopó, Tocancipá, Gachancipá, Tausa, Sutatausa, Zipaquirá, Cajicá, Chía, Cota, Tenjo, Tabio, Bojacá, Bosa, Engativá, Facatativá, Fontibón, Funza, Madrid, Mosquera, Soacha, Suba, Subachoque, Usaquén y Usme.

Un total de 658 muestras fueron tomadas y se hicieron 248 sondeos con un total de 1.611 metros perforados.

El control topográfico está basado en los mapas municipales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística y el mapa "Croquis Geológico de la Sabana de Bogotá y sus Alrededores", de E. Hubach, utilizado en la localización de sondeos y muestras superficiales.

G E O L O G I A G E N E R A L

La estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores se encuentra descrita por Hubach (1957), Bürgl (1957) y Van der Hammen (1957/8). A tales trabajos nos referimos aquí.

Los sondeos fueron realizados en las formaciones: Sabana (Holoceno y Pleistoceno), Tilatá (Pleistoceno ?), Usme (Oligoceno), Bogotá (Eoceno-Paleoceno Superior) y Guaduas (Paleoceno Inferior-Maestrichtiano Superior), las cuales se describen a continuación, en orden de reciente a antiguo:

FORMACION DE LA SABANA

Los sedimentos de la formación de la Sabana fueron en su mayoría depositados en un medio ambiente de tipo de laguna intercalados con sedimentos menores de tipo fluvial y de pantano. A continuación se describe someramente la composición de cada uno de estos tipos de sedimentos:

Lagunares: Arcillas y arenas.

Fluviales: Arcillas de inundación, arenas y cascajos.

Pantano: Turbas.

En la parte superior de la formación de la Sabana (Pleistoceno Superior y Holoceno) dominan las arcillas, y en la parte inferior (Pleistoceno Inferior y probablemente Plioceno Superior), dominan más las arenas.

Según estudios palinológicos, la parte superior de la formación representa el Holoceno, la glaciación Würm, el Risswürm interglacial y el final de la glaciación Riss; en total, unos 100.000 años. Toda la formación de la Sabana podría representar un millón de años, aproximadamente.

FORMACION TILATÁ

Esta formación está ubicada en las regiones marginales de la Sabana de Bogotá y en los valles un poco más altos de los afluentes del río Bogotá. Por lo general, aflora en niveles más altos que la propia planicie de la Sabana.

Está constituida de arcillas, arenas y cascajos con intercalaciones de caolín, de diatomita y de capas de turba. Es posible que la parte superior de la formación Tilatá corresponda en tiempo a la parte inferior de la formación de la Sabana y que esta parte sea de Pleistoceno Inferior-Plioceno Superior.

FORMACION USME

La formación Usme está compuesta en la parte baja por un conjunto de areniscas intercaladas con cascajos bien redondeados. Capas de arcillas grises se encuentran entre las capas de arenas. La parte superior está compuesta de arcillas gris-claras que contienen los foraminíferos, intercaladas con bancos medianos hasta delgados de arenisca clara.

La formación tiene un espesor de 500 a 600 metros y se halla en concordancia con el Bogotá. La edad de la formación es Oligoceno.

FORMACION BOGOTA

El límite entre la formación de Bogotá y la formación Guaduas se distingue por el conjunto de areniscas de grano grueso del Cacho y representa la base del Bogotá.

Consta de arcillas abigarradas (grises, violáceas, moradas y rojas) sin fósiles, formando horizontes más o menos gruesos y con intercalaciones de bancos de arenisca arcillosa blanda. Se supone que esta formación pertenece al Paleoceno Superior.

FORMACION GUADUAS

En las zonas estudiadas sobre el Guaduas se encuentran arcillas rojizas, azulosas, verdosas y moradas, y bancos de arenisca friables de grano más o menos grueso, intercalados, correspondientes al Guaduas Superior. Los sedimentos del Guaduas superyacen directamente sobre la arenisca tierna (parte superior del Guadalupe) y parece existir una ligera disconformidad entre el Guadalupe y el Guaduas. La parte superior del Guaduas corresponde posiblemente al Paleoceno Inferior.

DESCRIPCION DE LAS ZONAS ARCILLOSAS

GUASCA

Los estudios en Guasca comprendieron un sondeo de cuatro metros y treinta y tres muestras superficiales. La mayoría de las muestras fueron tomadas de las formaciones Tilatá y Sabana. Existe una mina de arcillas de Azulejos Corona, de la cual se extrae material de la formación Bogotá.

En la opinión de los suscritos, el valle de Guasca es el segundo en calidad de las áreas estudiadas. La principal desventaja es el pésimo estado en que se encuentra la carretera Guasca-Bogotá.

LA CALERA

En esta zona se tomaron catorce muestras superficiales. Las arcillas de La Calera pueden tener aplicación en la fabricación de ladrillos, tubos,

tejas, etc. Aunque las reservas del material son muy limitadas para una empresa de grandes inversiones, hay material suficiente para el consumo del Municipio por muchos años.

SOPÓ

Se realizaron catorce sondeos y se tomaron 16 muestras superficiales. Casi todas las muestras fueron tomadas en la formación Sabana, y a la vista parecen muy buenas arcillas.

El área de mejores perspectivas parece ser la zona norte del Valle de Sopó por donde pasa la carretera troncal del Norte, la cual representa una excelente vía de transporte para los productos que se elaboren con esta arcilla.

Las arcillas de Sopó pueden tener aplicación en la fabricación de ladrillos, tubos, tejas, etc.

TOCANCIPA

Se efectuaron siete sondeos, y cuatro muestras superficiales fueron recolectadas. La zona estudiada es una continuación del norte del Valle de Sopó, y las arcillas y estratigrafía son iguales.

GACHANCIPA

En este Municipio se hicieron cinco sondeos y se tomaron dos muestras superficiales. Esta zona es una continuación del mismo valle de Sopó y de Tocancipá, y las arcillas y estratigrafía continúan iguales.

TAUSA

En esta área se hicieron dos sondeos y se tomaron cinco muestras superficiales. Las muestras son de la formación de la Sabana, con la excepción de una muestra de caolín tomada de la formación Guadalupe superior.

El yacimiento de caolín tiene un espesor de tres metros, con una dirección de N50°E y un buzamiento de 60°E.

SUTATAUSA

Una muestra fue tomada en el tejero situado dentro del pueblo.

VALLE DEL RIO BOGOTÁ

Esta zona incluye los Municipios de: Zipaquirá, Cajicá, Chía, Cota, Engativá, Fontibón, Funza, Soacha y Suba. Se tomaron 258 muestras y se hicieron 113 sondeos. Las arcillas encontradas aquí parecen aplicables a la fabricación de tubos de gres, ladrillos y tejas.

Las reservas probadas de arcilla son de 1.959.6 millones de metros cúbicos, repartidos en los siguientes Municipios:

Zipaquirá	84 millones de m ³		
Cajicá	136	"	" "
Chía	227	"	" "
Cota	203	"	" "
Engativá	100	"	" "
Fontibón	86	"	" "
Funza	321.6	"	" "
Soacha	370	"	" "
Suba	432	"	" "

VALLE DEL RIO CHICU

Esta zona incluye los Municipios de Tabio y Tenjo. Se tomaron treinta y tres muestras y se hicieron dieciocho sondeos. Esta área no parece tan buena como la anterior, debido a la alta plasticidad de las arcillas encontradas. El Municipio de Tabio está situado sobre un cono aluvial compuesto principalmente de gravillas y conglomerados, cuya capa de arcilla es delgada y demasiado ferruginosa.

Las reservas probadas de arcillas son de 366 millones de metros cúbicos, repartidas en los siguientes Municipios, así:

Tabio	46 millones de m ³		
Tenjo	320	"	" "

VALLE DEL RIO SUBACHOQUE

Esta zona incluye los Municipios de Bojacá, Facatativá, Madrid, Mosquera y Subachoque. Se tomaron ciento cuarenta y dos muestras y se hicieron sesenta y siete sondeos. Las arcillas encontradas aquí parecen aplicables a la fabricación de ladrillos, tejas y tubos de gres. Se parecen mucho a las arcillas encontradas en la zona del valle del río Bogotá. Los sondeos hechos en las orillas de este valle (Municipios de Bojacá, Facatativá y Subachoque) muestran menor espesor de arcilla, mucha arena fina y "silt" mezclada en las arcillas.

Las reservas probadas de arcilla son de 1.750.5 millones de metros cúbicos, repartidos en los siguientes Municipios:

Bojacá	69 millones de m ³		
Facatativá	288	"	" "
Madrid	535.5	"	" "
Mosquera	535.5	"	" "
Subachoque	322.5	"	" "

VALLE DEL RIO TUNJUELO

Esta zona incluye los Municipios de Bosa y Usme. Se tomaron cuarenta y una muestras y se hicieron diez y siete sondeos. Las arcillas encontradas aquí parecen aplicables a la fabricación de ladrillos y tubos de gres. Estos Municipios están dedicados ya a la producción de ladrillo en gran cantidad, que implica que la materia es buena para la fabricación de este producto.

Las reservas probadas de arcillas son de 380.5 millones de metros cúbicos, repartidos en los siguientes Municipios:

Bosa	100 millones de m ³
Usme	280.5 " " "

MUNICIPIO DE USAQUEN

El Municipio de Usaquén cuenta con 53.4 millones de metros cúbicos de arcillas aplicables a la fabricación de ladrillos, pero por estar urbanizado en su mayor parte, el aprovechamiento de este material se hace muy difícil.

EVALUACION DE LOS ANALISIS DE ARCILLAS

Aquí se presentan los resultados de los análisis químicos y físicos de las muestras de arcilla tomadas en los distintos Municipios de la Sabana de Bogotá. Para la localización de las muestras véase el mapa "Croquis Geológico de la Sabana de Bogotá y alrededores", de E. Hubach.

INTERPRETACION DE LOS ANALISIS

Para facilitar el estudio de los análisis, las arcillas han sido separadas en tres grupos: a) Para refractarios; b) Para gres, y c) Para materiales de construcción.

A) *Refractarios.*

Una arcilla refractaria se reconoce si su P.C.E. (1) es superior a 29. Arcillas con un P.C.E. entre 19 y 29 se consideran como material sub-refractario. Como el material de este tipo tiene poco uso, solamente material con un P.C.E. de 29 o superior, se clasifica como refractario en este estudio.

B) *Gres.*

Los requerimientos necesarios en una arcilla para producir gres de buena calidad son los siguientes:

60% mínimo de Sílice (SiO₂)
 20% mínimo de Alúmina (Al₂O₃)
 2% mínimo de Calcio (CaO)
 P.C.E. 13 a 19.

Cualquier arcilla con características similares o aproximadas a las anteriores se puede usar en la fabricación de gres, haciéndole la corrección necesaria. Cuando el contenido de calcio en las arcillas es bajo, se

(1) Pyrometric Cone Equivalent.—Un índice numérico de la temperatura de fusión de la muestra.

emplea a menudo el feldespato como corrector. El feldespato da también un producto final más resistente.

Cualquier compañía interesada en la fabricación de gres puede recibir información detallada concerniente a los correctores necesarios de la Sección de Cerámica del Laboratorio Químico Nacional.

C) *Materiales de construcción.*

Las características más importantes de las arcillas que van a ser usadas en la fabricación de materiales de construcción son: un P.C.E. de 13 o más, una plasticidad de 25 a 30% y una contracción no mayor del 8%. Sin embargo, puede aceptarse hasta 10% de contracción si las otras propiedades, y además los porcentajes de Fe_2O_3 y CaCO_3 son excelentes. También, mezclando arcillas de diferentes calidades, puede obtenerse un producto mejor.

MUNICIPIO DE GUASCA

En este Municipio se tomaron 39 muestras, incluyendo siete de diferentes estratos, en la mina de Azulejos Corona. El volumen de las reservas no puede darse debido a las limitaciones del sistema de prospección empleado; sin embargo, las áreas de interés se estiman en 1.000 hectáreas.

A) *Refractarios.*

Las siguientes muestras tienen las características deseables de quemado (crema a crema claro, con temperaturas de 1.000 a 1.200°C), y son refractarias de tercer grado (P.C.E. 29 a 31):

42 - HCC-61	64 - HCC-61
50 - HCC-61	66 - HCC-61
54 - HCC-61	67 - HCC-61
59 - HCC-61	68 - HCC-61
63 - HCC-61	69 - HCC-61

El material antes mencionado se puede usar en la fabricación de hornos para panadería, etc., refractarios para reverberos, cerámica fina con esmalte opaco, blanco o de color, ladrillos para enchape, los cuales pueden ser químicamente coloreados a cualquier tono deseado, accesorios eléctricos, instalaciones sanitarias, etc.

Las muestras 59 - HCC-61, 63 - HCC-61 y 64 - HCC-61 se tomaron en la mina de Azulejos Corona. Las muestras restantes se tomaron fuera de la mina, en un área de alrededor de 200 hectáreas, en donde se han encontrado cortes hasta de 10 metros.

B) *Gres.*

El material de los yacimientos de donde se recogieron las siguientes muestras, debidamente corregido, puede usarse para la fabricación de gres de alta calidad:

36 - HCC-61	48 - HCC-61
38 - HCC-61	51 - HCC-61
39 - HCC-61	53 - HCC-61
40 - HCC-61	70 - HCC-61
45 - HCC-61	71 - HCC-61

Como la cantidad del material que puede usarse para la fabricación de gres depende enteramente del costo de los correctores necesarios, la estimación de las reservas no se hizo.

C) *Materiales de construcción.*

Las muestras números 34 - HCC-61, 35 - HCC-61, 37 - HCC-61 y 41 - HCC-61 admiten con ventaja una cocción por sobre 1.000°C y son excelentes para la fabricación de tejas y ladrillos huecos y prensados.

Las muestras 37 - HCC-61, 43 - HCC-61, 49 - HCC-61, 56 - HCC-61, 57 - HCC-61 y 72 - HCC-61, tienen una contracción excesiva, pero mezclándolas con las muestras 34 - HCC-61, 35 - HCC-61, 44 - HCC-61, 46 - HCC-61, 47 - HCC-61, 52 - HCC-61 o 53 - HCC-61, puede obtenerse un material de características óptimas.

Quemadas a 1.000°C, las muestras 37 - HCC-61, 44 - HCC-61, 46 - HCC-61, 47 - HCC-61, 53 - HCC-61 y 72 - HCC-61, tienen un color y una textura excelentes y podrían emplearse para producir un ladrillo de enchape muy fino.

CONCLUSIONES

Las arcillas encontradas en el Municipio de Guasca son apropiadas para la fabricación de refractarios de tercer grado, gres, tejas y ladrillos de la más alta calidad. Además de las arcillas, el área dispone tanto de carbones de buena calidad, como de agua suficiente del río Tominé para la elaboración de los productos finales. Sería necesaria la instalación de una planta propia, ya que la energía que existe actualmente es probablemente insuficiente.

La única desventaja es el pésimo estado de la carretera a Bogotá que causaría un porcentaje elevado en roturas del producto final durante el transporte, lo cual afectaría el precio del producto elaborado.

Para hacer un cálculo detallado de las reservas de materiales arcillosos en esta área, se requiere una serie de perforaciones sobre una retícula cerrada (espaciamientos pequeños) con el fin de obtener un control apropiado, ya que se observa un cambio continuo en la calidad del material en distancias cortas y en cualquier dirección. Como este procedimiento exige un tiempo considerable y un costo elevado, concluimos que corresponde al interesado emprenderlo.

ANÁLISIS QUÍMICOS

Muestras Nos.	46532	46542	46552	46562
	34-HCC-61	44-HCC-61	54-HCC-61	64-HCC-61
	%	%	%	%
Carbonato de calcio	0.09	0.10	0.10	0.23
Sílice (SiO ₂)	83.49	70.90	60.93	60.22
Alúmina (Al ₂ O ₃)	5.33	14.57	22.21	23.19
Calcio (CaO)	1.40	1.30	2.20	2.00
Magnesio (MgO)	1.26	2.25	1.70	2.19
Hierro (Fe ₂ O ₃)	3.59	3.10	2.39	2.39
Fósforo (P ₂ O ₅)	0.51	2.55	3.38	1.33
Titanio (TiO ₂)	0.82	0.73	0.87	0.84
Pérdidas por calcinación	3.51	4.46	6.22	7.80
	100.00	99.96	100.00	100.19

Muestra N°	CaCO ₃ %	Muestra N°	CaCO ₃ %
46535	0.23	46547	0.16
46538	0.26	46548	0.07
46540	0.08	46549	0.12
46541	0.07	46550	0.15
46543	0.14	46551	0.07

Nota: Se efectuó análisis químico únicamente en algunas muestras, por no justificarse el análisis en todas. Con las pruebas físicas ejecutadas, es suficiente para juzgar de la buena calidad de estos materiales. Se determinó el contenido del carbonato de calcio, por ser esto de mucha importancia. La pequeña cantidad que contienen no afecta la adaptabilidad de estas arcillas para materiales de construcción.

ANÁLISIS FÍSICOS

Muestra N° 46532 — (34-HCC-61)

Agua de plasticidad 19.60%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono N° 20 = 1520°C.

Comportamiento térmico:

Contracción a 100°C 5.30%, a 1000°C 5.60%

Quema: Rojo claro a 1000°C
 Rojizo a 1200°C

Muestra N° 46533 — (35-HCC-61)

Agua de plasticidad 16.00%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono N° 20 = 1520°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 100°C 7.5%, a 1000°C.

Quema: Rosado claro a 1000°C
 Rosado claro a 1200°C

Muestra N° 46534 — (36-HCC-61)

Agua de plasticidad	28.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono N° 15 = 1410°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 9.60%, a 1000°C	11.60%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	

Muestra N° 46535 — (37-HCC-61)

Agua de plasticidad	21.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 13/14 = 1350/1390°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 12.50%, a 1000°C	15.20%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Gres rojizo a 1200°C	

Muestra N° 46536 — (38-HCC-61)

Agua de plasticidad	28.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 13/14 = 1350/1390°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 10.40%, a 1000°C	12.70%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	

Muestra N° 46537 — (39-HCC-61)

Agua de plasticidad	27.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 13/14 = 1350/1390°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 11.70%, a 1000°C	15.80%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	

Muestra N° 46538 — (40-HCC-61)

Agua de plasticidad	24.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 13 = 1350°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 12.30%, a 1000°C	17.50%
Quema: Rojo a 1000°C	
Gres y se agrieta a 1200°C	

Muestra N° 46539 — (41-HCC-61)

Agua de plasticidad	24.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 17 = 1465°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 9.4%, a 1000°C	10.10%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rojo a 1200°C	

Muestra N ^o 46540 — (42-HCC-61)	
Agua de plasticidad	26.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 30 = 1650°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 6.7%, a 1000°C	8.5%
Quema: Blanco a 1000°C	
Crema claro a 1200°C	
Muestra N ^o 46541 — (43-HCC-61)	
Agua de plasticidad	28.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18 = 1485°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 11.30%, a 1000°C	18.00%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Rojiza y se agrieta a 1200°C	
Muestra N ^o 46542 — (44-HCC-61)	
Agua de plasticidad	26.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100° 7.00%, a 1000°C	8.70%
Quema: Crema claro a 1000°C	
Rojizo a 1200°C	
Muestra N ^o 46543 — (45-HCC-61)	
Agua de plasticidad	31.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 15 = 1410°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 8.70%, a 1000°C	11.70%
Quema: Rojo a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	
Muestra N ^o 46544 — (46-HCC-61)	
Agua de plasticidad	23.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 19/20 = 1515/1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 5.40%, a 1000°C	5.90%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rojizo a 1200°C	
Muestra N ^o 46545 — (47-HCC-61)	
Agua de plasticidad	25.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 100°C 7.10%, a 1000°C	8.00%
Quema: Crema a 1000°C	
Rosado a 1200°C	

Muestra N° 46546 — (48-HCC-61)

Agua de plasticidad 27.00%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 14 = 1390°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 100°C 9.60%, a 1000°C 10.60%
 Quema: Rojo claro a 1000°C
 Rojo oscuro a 1200°C

Muestra N° 46547 — (49-HCC-61)

Agua de plasticidad 29.00%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 15/16 = 1410/1450°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 100°C 9.40%, a 1000°C 11.40%
 Quema: Crema oscuro a 1000°C
 Crema oscuro a 1200°C

Muestra N° 46548 — (50-HCC-61)

Agua de plasticidad 29.20%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 29 = 1640°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 100°C 7.5%, a 1000°C 10.60%
 Quema: Blanco a 1000°C
 Crema claro a 1200°C

Muestra N° 46549 — (51-HSS-61)

Agua de plasticidad 37.60%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 14/15 = 1390/1410°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 100°C 10.50%, a 1000°C 14.60%
 Quema: Rojo a 1000°C
 Rojo claro a 1200°C

Muestra número 46550 — (52-HCC-61)

Agua de plasticidad 24.20%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 15/16 = 1410/1450°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 100°C 5.20, a 1000°C 5.60%
 Quema: Rosado a 1000°C
 Rosado claro a 1200°C

Muestra N° 46551 — (53-HCC-61)

Agua de plasticidad 28.00%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 15/16 = 1410/1450°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 100°C 5.00%, a 1000°C 5.70%
 Quema: Rojo claro a 1000°C
 Rojo claro a 1200°C

Muestra N° 46552 — (54-HCC-61)	
Agua de plasticidad	42.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 30/31 = 1650/1680°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.5%, a 1000°C	17.90%
Quema: Crema claro a 1000°C	
Crema claro a 1200°C	
Muestra N° 46553 — (55-HCC-61)	
Agua de plasticidad	35.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 13/14 = 1350/1390°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 12.20%, a 1000°C	17.70%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rosado oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46554 — (56-HCC-61)	
Agua de plasticidad	29.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.30%, a 1000°C	15.50%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rosado oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46555 — (57-HCC-61)	
Agua de plasticidad	42.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 10.50%, a 1000°C	20.80%
Quema: Rojo oscuro, se agrieta a 1000°C	
Rojo oscuro, se agrieta y comba a 1200°C	
Muestra N° 46556 — (58-HCC-61)	
Agua de plasticidad	27.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 19 = 1515°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.20%, a 1000°C	11.50%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46557 — (59-HCC-61)	
Agua de plasticidad	41.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 29/30 = 1640/1650°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.90%, a 1000°C	11.40%
Quema: Crema claro a 1000°C	
Crema claro a 1200°C	

Muestra N° 46558 — (60-HCC-61)

Agua de plasticidad	26.60%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18 = 1485°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 8.20%, a 1000°C	9.60%
---	-------

Quema: Rosado a 1000°C

Rojo claro a 1200°C

Muestra N° 46559 — (61-HCC-61)

Agua de plasticidad	32.40%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1520°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 8.90%, a 1000°C	11.50%
---	--------

Quema: Rosado a 1000°C

Rojo claro a 1200°C

Muestra N° 46560 — (62-HCC-61)

Agua de plasticidad	33.00%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 19/20 = 1515/1520°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 8.60%, a 1000°C	12.10%
---	--------

Quema: Crema a 1000°C

Crema oscuro a 1200°C

Muestra N° 46561 — (63-HCC-61)

Agua de plasticidad	38.80%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 29/30 = 1640/1650°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 8.60%, a 1000°C	12.10%
---	--------

Quema: Crema a 1000°C

Crema oscuro a 1200°C

Muestra N° 46562 — (64-HCC-61)

Agua de plasticidad	44.00%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 30 = 1650°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 8.60%, a 1000°C	10.60%
---	--------

Quema: Crema claro a 1000°C y se agrieta

Crema claro a 1200°C

Muestra N° 46563 — (65-HCC-61)

Agua de plasticidad	29.80%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 27 = 1605°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 7.50%, a 1000°C	14.40%
---	--------

Quema: Crema a 1000°C, y se agrieta

Rosa claro a 1200°C

Muestra N° 46564 — (66-HCC-61)	
Agua de plasticidad	32.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 30 = 1650°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.50%, a 1000°C	14.40%
Quema: Crema a 1000°C, y se agrieta	
Rosa claro a 1200°C	
Muestra N° 46565 — (67-HCC-61)	
Agua de plasticidad	31.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 30 = 1650°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.50%, a 1000°C	13.50%
Quema: Crema claro a 1000°C	
Crema claro a 1200°C	
Muestra N° 46566 — (68-HCC-61)	
Agua de plasticidad	38.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 28 = 1615°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.70%, a 1000°C	11.80%
Quema: Crema claro a 1000°C	
Crema a 1200°C	
Muestra N° 46567 — (69-HCC-61)	
Agua de plasticidad	37.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 30/31 = 1650/1680°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.70%, a 1000°C	15.30%
Quema: Crema claro y se agrieta a 1000°C	
Crema claro y se agrieta a 1200°C	
Muestra N° 46568 — (70-HCC-61)	
Agua de plasticidad	31.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 15 = 1410°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 5.90%, a 1000°C	11.80%
Quema: Rojo oscuro a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46569 — (71-HCC-61)	
Agua de plasticidad	27.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 15 = 1410°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.20%, a 1000°C	14.70%
Quema: Gris oscuro a 1000°C	
Gris oscuro a 1200°C	

Muestra N^o 46570 — (72-HCC-61)

Agua de plasticidad	34.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 10.30%, a 1000°C	15.50%
Quema: Amarillo crema a 1000°C	
Rojo claro a 1200°C	

Notas: Muestras 46532 - 46541.

Estas arcillas son de buena calidad para materiales de construcción. Las muestras números 46532, 46533, 46535 y 46539 admiten con ventaja una cocción por sobre 1000°C, dando un material de buen aspecto y calidad. Son adaptables para la fabricación de ladrillo prensado y hueco. La muestra 46541 se agrieta.

La muestra 46540 puede emplearse para material refractario de 3ª clase (1640 a 1650°C). También puede emplearse, debidamente corregida, en la fabricación de cerámica fina con esmalte opaco, blanco o de color.

Los materiales de las muestras 46534, 46536, 46537 y 46538, debidamente corregidos, pueden emplearse en la fabricación de gres industrial.

La excesiva contracción de los números 46534, 46535, 46537, 46538, 46543 y 46549, se puede disminuir agregándole a la pasta un material de menor contracción, como por ejemplo, de los números 46532, 46533 y 46544.

Muestras 46542 - 46551.

Los números 46543, 46 y 49, debidamente corregidos, pueden producir gres de buena calidad. Con el material N^o 46548 se puede fabricar material refractario de tercera clase y también emplearse en cerámica fina con esmalte opaco, blanco o de color. El resto de las muestras es un material adaptable para la fabricación de ladrillo hueco y prensado.

Muestras 46552 - 46570.

Los números 46553, 56, 58, 68 y 69, debidamente corregidos, pueden producir gres de buena calidad. Con material de los números 46552, 57, 61, 62, 64, 65, 66 y 67 se puede fabricar material refractario de tercera clase y también emplearse en cerámicas. El resto de las muestras es un material adaptable para la fabricación de ladrillos hueco y prensado.

MUNICIPIO DE SOPO

En este Municipio se realizaron 14 sondeos y se tomaron 7 muestras superficiales. El área de interés es de aproximadamente 1.000 hectáreas y el promedio de profundidad de arcillas en los sondeos es de 3.77 m., que dan como reservas 38 millones de metros cúbicos.

A) *Refractarios.*

La muestra 93-HCC-61 tiene un P.C.E. de 29 a 31, pero sus usos industriales son limitados por su contenido en óxidos de hierro, que produce un color amarillento a temperaturas de 1000 a 1200°C.

El material antes mencionado se puede usar en la fabricación de hornos para panadería, refractarios para reverberos y accesorios eléctricos.

B) *Gres.*

El material de los yacimientos donde fueron colectadas las siguientes muestras, debidamente corregido, puede usarse para la fabricación de gres de alta calidad.

102-HCC-61	125-HCC-61	136-HCC-61
103-HCC-61	126-HCC-61	137-HCC-61
104-HCC-61	127-HCC-61	138-HCC-61
105-HCC-61	128-HCC-61	139-HCC-61
106-HCC-61	129-HCC-61	140-HCC-61
107-HCC-61	130-HCC-61	141-HCC-61
108-HCC-61	131-HCC-61	142-HCC-61
113-HCC-61	132-HCC-61	143-HCC-61
114-HCC-61	133-HCC-61	144-HCC-61
115-HCC-61	134-HCC-61	145-HCC-61
123-HCC-61	135-HCC-61	

Las reservas de este material se estiman en 34 millones de metros cúbicos. Por ser una zona agrícola y ganadera y por la influencia económica presentada por el costo de los correctores necesarios, el total de estas reservas no puede ser aprovechado.

C) *Materiales de construcción.*

Con las siguientes muestras se puede fabricar ladrillo hueco y prensado de buena calidad. Además, la muestra 97-HCC-61 tiene la ventaja de producir un ladrillo muy liviano.

95-HCC-61	129-HCC-61	144-HCC-61
96-HCC-61	131-HCC-61	146-HCC-61
97-HCC-61	134-HCC-61	148-HCC-61
119-HCC-61	135-HCC-61	149-HCC-61
121-HCC-61	136-HCC-61	150-HCC-61
124-HCC-61	140-HCC-61	152-HCC-61
127-HCC-61		

El material de las siguientes muestras tiene como desventaja que la contracción es excesiva. Debidamente corregido, puede usarse en la fabricación de materiales de construcción.

109-HCC-61	132-HCC-61	142-HCC-61
117-HCC-61	133-HCC-61	143-HCC-61
118-HCC-61	137-HCC-61	145-HCC-61
120-HCC-61	138-HCC-61	147-HCC-61
122-HCC-61	139-HCC-61	151-HCC-61
126-HCC-61	141-HCC-61	153-HCC-61
130-HCC-61		

Las muestras 94-HCC-61, 116-HCC-61 y 128-HCC-61 tienen las siguientes desventajas: que la contracción es excesiva, que se agrietan y se comban. Esos defectos pueden ser corregidos mezclándolas con otras arcillas, siempre y cuando esto sea económico.

D) *Material inservible.*

Las muestras 98 a 101-HCC-61 no son aptas, por tener los siguientes defectos:

1. Plasticidad, 28 a 52%.
2. Contracción, 17 a 18%.
3. Se agrietan y se comban.
4. Son muy ferruginosas.

Este material debe ser completamente descartado, para no degradar el producto. Sin embargo, por su contenido de hierro, puede ser usado en pocas cantidades, para dar tono rojo a otras arcillas.

CONCLUSIONES

Las arcillas encontradas en el Municipio de Sopó son apropiadas para la fabricación de refractarios de tercer grado, gres, tejas y ladrillos de la más alta calidad.

Las reservas de arcilla para usos de gres y materiales de construcción son aproximadamente 38 millones de metros cúbicos. Se combinan las reservas, porque el material que sirve para gres también es apto para ladrillos, y viceversa, con la adición de los correctores necesarios.

Además de las arcillas, el área dispone de buenas vías de transporte para los productos que se elaboren con el material, los cuales incluyen carreteras pavimentadas y ferrocarril.

Se recomienda un estudio más detallado basado en una serie de perforaciones sobre una retícula adecuada, con el fin de determinar tanto las reservas como la continuidad de la calidad de las arcillas.

ANALISIS QUIMICOS

	46592 94-HCC-61 %	46600 102-HCC-61 %
Carbonato de calcio	0.12
Sílice SiO ₂	66.53	60.15
Alúmina	14.64	22.28
Calcio CaO	2.05	1.75
Magnesio MgO	1.55
Hierro FeO ₃	1.59	5.98
Fósforo P ₂ O ₅	2.61
Titanio TiO ₂	0.56
Pérdidas de calcinación	10.26	9.23
	99.91	99.39

ANALISIS FISICOS

Muestra N° 46591 — (93-HCC-61)

Agua de plasticidad 36.40%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 28/29 = 1615/1640°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 110°C 10.00%, a 1000°C 16.10%
 Quema: Crema y se agrieta a 1000°C
 Amarillento a 1200°C

Muestra N° 46592 — (94-HCC-61)

Agua de plasticidad 29.40%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1520°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 110°C 7.20%, a 1000°C 11.00%
 Quema: Crema a 1000°C
 Amarillento y se agrieta a 1200°C

Muestra N° 46593 — (95-HCC-61)

Agua de plasticidad 32.80%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 17/18 = 1465/1485°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 110°C 5.20%, a 1000°C 7.70%
 Quema: Rosado a 1000°C
 Gres a 1200°C

Muestra N° 46594 — (96-HCC-61)

Agua de plasticidad 36.20%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18 = 1485°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 110°C 5.70%, a 1000°C 7.70%
 Quema: Crema rojizo a 1000°C
 Rojizo a 1200°C

Muestra N° 46595 — (97-HCC-61)

Agua de plasticidad 27.00%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1520°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 110°C 3.00%, a 1000°C 3.30%
 Quema: Rosado a 1000°C
 Rojizo a 1200°C

Muestra N° 46596 — (98-HCC-61)

Agua de plasticidad 48.00%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 31 = 1680°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	8.50%, a 1000°C	18.20%
Quema: Rojo oscuro, se agrieta y comba a 1000°C		
Rojizo oscuro	a 1200°C	

Muestra N° 46597 — (99-HCC-61)

Agua de plasticidad		51.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 30/31 = 1650/1680°C		

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	8.00%, a 1000°C	17.50%
Quema: Rojo oscuro a 1000°C. Se agrieta.		
Rojizo	a 1200°C	

Muestra N° 46598 — (100-HCC-61)

Agua de plasticidad		51.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18 = 1485°C		

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	9.10%, a 1000°C	17.00%
Quema: Rojo oscuro y se agrieta a 1000°C		
Rojizo	a 1200°C	

Muestra N° 46599 — (101-HCC-61)

Agua de plasticidad		49.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 31 = 1680°C		

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	8.60%, a 1000°C	17.70%
Quema: Rojo claro y se agrieta a 1000°C		
Rojizo	a 1200°C	

Muestra N° 46600 — (102-HCC-61)

Agua de plasticidad		47.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1520°C		

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	9.40%, a 1000°C	15.50%
Quema: Rojo oscuro a 1000°C		
Rojizo	a 1200°C	

Muestra N° 46690 — (103-HCC-61)

Agua de plasticidad		36.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 27 = 1605°C		

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	11.50%, a 1000°C	15.30%
Quema: Rosado a 1000°C. Se agrieta.		
Rojizo	a 1200°C	

Muestra N° 46691 — (104-HCC-61)

Agua de plasticidad		33.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C		

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 8.10%, a 1000°C 10.20%
 Quema: Crema a 1000°C
 Rojizo claro a 1200°C

Muestra número 46692 — (105-HCC-61)

Agua de plasticidad 25.20%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18/19 = 1490/1520°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 6.10%, a 1000°C 7.50%
 Quema: Rosado a 1000°C
 Rojizo oscuro a 1200°C

Muestra N° 46693 — (106-HCC-61)

Agua de plasticidad 30.80%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18/19 = 1490/1520°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 8.20%, a 1000°C 10.20%
 Quema: Rojo claro a 1000°C
 Gres oscuro a 1200°C

Muestra N° 46694 — (107-HCC-61)

Agua de plasticidad 35.40%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 10.00%, a 1000°C 16.40%
 Quema: Crema a 1000°C. Se agrieta.
 Crema claro a 1200°C

Muestra N° 46695 — (108-HCC-61)

Agua de plasticidad 39.00%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18/19 = 1490/1520°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 8.40%, a 1000°C 13.30%
 Quema: Rojo a 1000°C. Se agrieta.
 Gres oscuro a 1200°C

Muestra N° 46696 — (109-HCC-61)

Agua de plasticidad 34.00%
 Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20/23 = 1530/1580°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 8.40%, a 1000°C 12.10%
 Quema: Crema a 1000°C
 Crema a 1200°C

Muestra N° 46697 — (113-HCC-61)

Agua de plasticidad 30.60%

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23 = 1580°C

Comportamiento térmico:

Contracción a:

Quema: Rosado a 1000°C. Se agrieta.

Gres a 1200°C

Muestra N° 46698 — (114-HCC-61)

Agua de plasticidad 38.00%

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18/19 = 1490/1520°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 6.50%, a 1000°C 10.40%

Quema: Lila a 1000°C

Rojizo a 1200°C

Muestra N° 46699 — (115-HCC-61)

Agua de plasticidad 43.80%

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18/19 = 1490/1520°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 5.80%, a 1000°C 11.30%

Quema: Rosado a 1000°C

Rojizo oscuro a 1200°C

Muestra N° 46700 — (116-HCC-61)

Agua de plasticidad 39.00%

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23/26 = 1580/1595°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 9.40%, a 1000°C 15.70%

Quema: Crema a 1000°C. Se agrieta.

Rosado a 1200°C

Muestra N° 46701 — (117-HCC-61)

Agua de plasticidad 30.00%

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 8.20%, a 1000°C 11.00%

Quema: Rojo claro a 1000°C

Rojizo oscuro a 1200°C

Muestra N° 46702 — (118-HCC-61)

Agua de plasticidad 33.40%

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 27 = 1605°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C 6.00%, a 1000°C 11.30%

Quema: Crema a 1000°C

Crema a 1200°C

Muestra N° 46703 — (119-HCC-61)	
Agua de plasticidad	36.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 5.70%, a 1000°C	10.00%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rosado a 1200°C	
Muestra N° 46704 — (120-HCC-61)	
Agua de plasticidad	30.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.20%, a 1000°C	11.30%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema a 1200°C	
Muestra N° 46705 — (121-HCC-61)	
Agua de plasticidad	41.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 27 = 1605°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 10.00%, a 1000°C	10.20%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	
Rosado a 1200°C	
Muestra N° 46706 — (122-HCC-61)	
Agua de plasticidad	42.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 6.60%, a 1000°C	12.20%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rosa claro a 1200°C	
Muestra N° 46707 — (123-HCC-61)	
Agua de plasticidad	34.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 5.30%, a 1000°C	8.50%
Quema: Rosado a 1000°C	
Marrón a 1200°C	
Muestra N° 46708 — (124-HCC-61)	
Agua de plasticidad	29.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.50%, a 1000°C	8.30%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema amarillento a 1200°C	

Muestra N° 46709 — (125-HCC-61)	
Agua de plasticidad	38.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 21 = 1550°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.50%, a 1000°C	14.40%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Marrón a 1200°C	
Muestra N° 46710 — (126-HCC-61)	
Agua de plasticidad	39.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.10%, a 1000°C	13.20%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Gres a 1200°C	
Muestra N° 46711 — (127-HCC-61)	
Agua de plasticidad	38.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 4.40%, a 1000°C	7.00%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rosado oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46712 — (128-HCC-61)	
Agua de plasticidad	34.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 11.50%, a 1000°C	13.00%
Quema: Rosado claro a 1000°C	
Amarillo rojizo a 1200°C. Se agrieta.	
Muestra N° 46713 — (129-HCC-61)	
Agua de plasticidad	34.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.60%, a 1000°C	9.60%
Quema: Rosado a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N° 46714 — (130-HCC-61)	
Agua de plasticidad	41.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20/23 = 1530/1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.80%, a 1000°C	15.50%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Gres a 1200°C	

Muestra N° 46715 — (131-HCC-61)	
Agua de plasticidad	30.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20/23 = 1530/1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.50%, a 1000°C	9.30%
Quema: Crema a 1000°C	
Amarillo rojizo a 1200°C	
Muestra N° 46716 — (132-HCC-61)	
Agua de plasticidad	33.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.00%, a 1000°C	11.30%
Quema: Rojo a 1000°C	
Gres a 1200°C	
Muestra N° 46717 — (133-HCC-61)	
Agua de plasticidad	34.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.40%, a 1000°C	14.70%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N° 46718 — (134-HCC-61)	
Agua de plasticidad	35.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 6.60%, a 1000°C	9.10%
Quema: Crema a 1000°C	
Amarillo rojizo a 1200°C	
Muestra N° 46719 — (135-HCC-61)	
Agua de plasticidad	35.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.30%, a 1000°C	15.30%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Gres a 1200°C	
Muestra N° 46720 — (136-HCC-61)	
Agua de plasticidad	26.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20/23 = 1530/1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 4.80%, a 1000°C	5.00%
Quema: Crema a 1000°C	
Amarillo rojizo a 1200°C	

Muestra N° 46721 — (137-HCC-61)

Agua de plasticidad	33.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20/23 = 1530/1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.10%, a 1000°C	11.40%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	

Muestra N° 46722 — (138-HCC-61)

Agua de plasticidad	35.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.50%, a 1000°C	11.80%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	

Muestra N° 46723 — (139-HCC-61)

Agua de plasticidad	33.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.50%, a 1000°C	14.00%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Gres a 1200°C	

Muestra N° 46724 — (140-HCC-61)

Agua de plasticidad	32.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.60%, a 1000°C	10.10%
Quema: Rosado a 1000°C	
Gres a 1200°C	

Muestra N° 46725 — (141-HCC-61)

Agua de plasticidad	34.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 10.20%, a 1000°C	13.00%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	

Muestra N° 46726 — (142-HCC-61)

Agua de plasticidad	34.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 10.20%, a 1000°C	12.10%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	

Muestra N ^o 46727 — (143-HCC-61)	
Agua de plasticidad	38.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.00%, a 1000°C	11.30%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Gres a 1200°C	
Muestra N ^o 46728 — (144-HCC-61)	
Agua de plasticidad	32.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.00%, a 1000°C	10.50%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N ^o 46729 — (145-HCC-51)	
Agua de plasticidad	44.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 10.90%, a 1000°C	14.00%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema rojizo a 1200°C	
Muestra N ^o 46730 — (146-HCC-61)	
Agua de plasticidad	33.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 6.20%, a 1000°C	8.00%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema rojizo a 1200°C	
Muestra N ^o 46731 — (147-HCC-61)	
Agua de plasticidad	29.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 10.90%, a 1000°C	13.10%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Gres a 1200°C	
Muestra N ^o 46732 — (148-HCC-61)	
Agua de plasticidad	38.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20/23 = 1530/1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 6.60%, a 1000°C	8.20%
Quema: Crema a 1000°C	
Marrón a 1200°C	

Muestra N° 46733 — (149-HCC-61)

Agua de plasticidad	32.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 15/16 = 1435/1465°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 5.90%, a 1000°C	7.20%
Quema: Rojo a 1000°C	
Gres oscuro a 1200°C	

Muestra N° 46734 — (150-HCC-61)

Agua de plasticidad	36.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20/23 = 1530/1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.00%, a 1000°C	10.50%
Quema: Rosado a 1000°C	
Crema rojizo a 1200°C	

Muestra N° 46735 — (151-HCC-61)

Agua de plasticidad	36.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23/26 = 1580/1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.40%, a 1000°C	16.80%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	

Muestra N° 46736 — (152-HCC-61)

Agua de plasticidad	32.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 16/17 = 1465/1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 5.20%, a 1000°C	6.00%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rojizo a 1200°C	

Muestra N° 46737 — (153-HCC-61)

Agua de plasticidad	40.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 6.00%, a 1000°C	11.20%
Quema: Rosado a 1000°C	
Crema rojizo a 1200°C	

Notas:

Las muestras números 46591-95 son buenas; las números 91 y 92 se agrietan; la número 46595 da buen material, considerablemente liviano. Los números 46596 a 99 son ferruginosos y se agrietan, pero mezclándolos debidamente dan buen material. La número 46600, debidamente corregida, puede emplearse para gres.

Las muestras cuyo punto de fusión va del cono 29 en adelante, tienen propiedades refractarias. De éstas, la número 46589 puede dar un buen material refractario.

Las muestras números 46690 a 46709 dan buen material de construcción, corrigiendo el agrietamiento. Las números 46690 y 95, 97, 98, 99, 707 y 709, debidamente corregidas, pueden emplearse en la fabricación de gres.

Las muestras números 46710 a 29 dan buen material para gres, corrigiéndolas adecuadamente.

Las muestras números 46730 a 37 dan buen material de construcción.

MUNICIPIOS DE TOCANCIPA Y GACHANCIPA

Se realizaron 12 sondeos y se tomaron 12 muestras superficiales. El área de interés es aproximadamente de 91.000 hectáreas y el promedio de espesor de las capas arcillosas en los sondeos es de 2.70 m., que dan como reservas probadas 191 millones de metros cúbicos.

A) *Refractarios.*

Las muestras 87, 88, 89 y 90-HCC-61 tienen propiedades refractarias por su punto de fusión, que es mayor de cono 29. Sin embargo, no se puede usar, porque su plasticidad y contracción son excesivas, son muy ferruginosas, se agrietan y se comban.

La muestra 91-HCC-61 es refractaria del segundo grado y se puede usar el material en la fabricación de hornos, refractarios para reverberos, ladrillos para siderúrgica, accesorios eléctricos, etc.

La muestra 92-HCC-61 tiene un P.C.E. de 31, y se puede usar material de esta clase para la fabricación de hornos, refractarios para reverberos, accesorios eléctricos, etc.

B) *Gres.*

El material de los yacimientos de donde se obtuvieron las siguientes muestras, debidamente corregido, puede usarse para la fabricación de gres de alta calidad:

*112-HCC-61	184-HCC-61	193-HCC-61
*168-HCC-61	185-HCC-61	194-HCC-61
*177-HCC-61	187-HCC-61	195-HCC-61
178-HCC-61	188-HCC-61	196-HCC-61
179-HCC-61	*189-HCC-61	197-HCC-61
180-HCC-61	*190-HCC-61	198-HCC-61
181-HCC-61	191-HCC-61	199-HCC-61
182-HCC-61	192-HCC-61	

Los números marcados con asterisco corresponden a las muestras de mejores condiciones para la elaboración de gres.

Como la cantidad del material que puede usarse para la fabricación de gres depende enteramente del costo de los correctores necesarios, la estimación de las reservas de gres no ha sido diferenciada.

C) *Materiales de construcción.*

Con las siguientes muestras se puede fabricar ladrillo hueco y prensado de buena calidad:

110-HCC-61	172-HCC-61	194-HCC-61
111-HCC-61	178-HCC-61	196-HCC-61
167-HCC-61	179-HCC-61	197-HCC-61
169-HCC-61	183-HCC-61	198-HCC-61
171-HCC-61	186-HCC-61	199-HCC-61

El material de las siguientes muestras tiene como desventaja que la contracción es excesiva. Mezclando esas arcillas con las anteriores en las proporciones necesarias para corregir este defecto, se puede obtener un material apto para la fabricación de materiales de construcción:

170-HCC-61	176-HCC-61	192-HCC-61
173-HCC-61	180-HCC-61	193-HCC-61
174-HCC-61	182-HCC-61	194-HCC-61
175-HCC-61	188-HCC-61	

El material de la muestra 181-HCC-61 no tiene valor económico por su contracción excesiva y además porque se agrieta demasiado.

CONCLUSIONES

Las arcillas encontradas en los Municipios de Tocancipá y Gachancipá son apropiadas para la fabricación de refractarios de segundo y tercer grado, gres, tejas y ladrillos de la más alta calidad.

Las reservas probadas de arcilla para usos de gres y materiales de construcción, son de 191 millones de metros cúbicos. Se combinan las reservas porque el material que sirve para gres también es apto para ladrillos y viceversa, con la adición de los correctores necesarios. Sin embargo, por ser una zona dedicada a la siembra y a la ganadería, no se puede aprovechar la totalidad del volumen de arcilla calculado.

Además de las arcillas, el área dispone de buenas vías de transporte para los productos que se elaboren con el material, los cuales incluyen carreteras pavimentadas y ferrocarril.

Se recomienda un estudio más detallado basado en una serie de perforaciones sobre una retícula adecuada con el fin de determinar tanto las reservas como también la continuidad de la calidad de las arcillas.

ANÁLISIS FÍSICOS

Muestra N° 46585 — (87-HCC-61)

Agua de plasticidad	43.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 29 = 1640°C	

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°	7.90%, a 1000°C	14.00%
Quema: Rojo	a 1000°C	
Rojo oscuro	a 1200°C	

Muestra N° 46586 — (88-HCC-61)

Agua de plasticidad		50.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 28	= 1615°C	

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	10.60%, a 1000°C	19.70%
Quema: Rojo oscuro	a 1000°C	
Rojo oscuro y se agrieta	a 1200°C	

Muestra N° 46587 — (89-HHC-61)

Agua de plasticidad		55.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 31	= 1680°C	

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	15.80%, a 1000°C	26.50%
Quema: Rojo oscuro	a 1000°C	
Rojo oscuro y se agrieta	a 1200°C	

Muestra N° 46588 — (90-HCC-61)

Agua de plasticidad		57.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 29	= 1640°C	

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	6.60%, a 1000°C	17.20%
Quema: Rojo oscuro	a 1000°C. Se agrieta.	
Rojo oscuro	a 1200°C	

Muestra N° 46589 — (91-HCC-61)

Agua de plasticidad		48.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 32/33	= 1700/1745°C	

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	7.30%, a 1000°C	17.60%
Quema: Gris	a 1000°C. Se agrieta.	
Crema oscuro	a 1200°C	

Muestra N° 46590 — (92-HCC-61)

Agua de plasticidad		48.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 31	= 1680°C	

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	5.60%, a 1000°C	10.60%
Quema: Rosado oscuro	a 1000°C	
Crema oscuro	a 1200°C	

Muestra N° 46751 — (110-HCC-61)

Agua de plasticidad		25.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18	= 1490°C	

Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.60%, a 1000°C 8.20%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema rojizo a 1200°C	
Muestra N° 46752 — (111-HCC-61)	
Agua de plasticidad	31.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.80%, a 1000°C 11.00%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46753 — (112-HCC-61)	
Agua de plasticidad	36.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18 = 1500°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.70%, a 1000°C 13.10%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Marrón a 1200°C	
Muestra N° 46754 — (167-HCC-61)	
Agua de plasticidad	27.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 16/17 = 1465/1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	5.00%, a 1000°C 11.00%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rosado a 1200°C	
Muestra N° 46755 — (168-HCC-61)	
Agua de plasticidad	34.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.80%, a 1000°C 15.60%
Quema: Crema a 1000°C. Se agrieta.	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46756 — (169-HCC-61)	
Agua de plasticidad	28.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.50%, a 1000°C 11.10%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46757 — (170-HCC-61)	
Agua de plasticidad	23.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18 = 1490°C	

Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.80%, a 1000°C 12.40%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rosado a 1200°C	
Muestra N° 46758 — (171-HCC-61)	
Agua de plasticidad	28.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18/14 = 1490/1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.50%, a 1000°C 9.00%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rojizo oscuro a 1200°C	
Muestra N°46759 — (172-HCC-61)	
Agua de plasticidad	27.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.70%, a 1000°C 9.30%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46760 — (173-HCC-61)	
Agua de plasticidad	31.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18 = 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.50%, a 1000°C 13.30%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rosado a 1200°C	
Muestra N° 46761 — (174-HCC-61)	
Agua de plasticidad	29.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 22 = 1560°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.00%, a 1000°C 11.80%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46762 — (175-HCC-61)	
Agua de plasticidad	37.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.90%, a 1000°C 15.60%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46763 — (176-HCC-61)	
Agua de plasticidad	34.00%

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 26/27 = 1595/1605°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.60%, a 1000°C	14.60%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46764 — (177-HCC-61)	
Agua de plasticidad	23.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.00%, a 1000°C	8.80%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N° 46765 — (183-HCC-61)	
Agua de plasticidad	28.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 21 = 1540°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.80%, a 1000°C	11.30%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N° 46766 — (184-HCC-61)	
Agua de plasticidad	26.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.20%, a 1000°C	9.20%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N° 46767 — (185-HCC-61)	
Agua de plasticidad	38.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 6.70%, a 1000°C	8.80%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N° 46768 — (186-HCC-61)	
Agua de plasticidad	34.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 22 = 1565°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 5.50%, a 1000°C	6.50%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rojizo a 1200°C	
Muestra N° 46769 — (187-HCC-61)	
Agua de plasticidad	32.60%

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 22 = 1565°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.70%, a 1000°C 12.60%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N° 46770 — (178-HCC-61)	
Agua de plasticidad	33.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18/19 = 1490/1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.00%, a 1000°C 10.70%
Quema: Crema a 1000°C	
Marrón a 1200°C	
Muestra N° 46771 — (179-HCC-61)	
Agua de plasticidad	26.52%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.20%, a 1000°C 8.30%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46772 — (180-HCC-61)	
Agua de plasticidad	31.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.80%, a 1000°C 12.40%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N° 46773 — (181-HCC-61)	
Agua de plasticidad	31.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23/26 = 1580/1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.90%, a 1000°C 12.00%
Quema: Crema a 1000°C. Se agrieta.	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46774 — (182-HCC-61)	
Agua de plasticidad	35.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23/26 = 1580/1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.90%, a 1000°C 12.10%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46775 — (188-HCC-61)	
Agua de plasticidad	38.20%

Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 10.00%, a 1000°C	13.60%
Quema: Rojo a 1000°C	
Rojizo a 1200°C	
Muestra N° 46776 — (189-HCC-61)	
Agua de plasticidad	36.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.20%, a 1000°C	14.00%
Quema: Rosado a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N° 46777 — (190-HCC-61)	
Agua de plasticidad	33.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23/26 = 1580/1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.70%, a 1000°C	12.10%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46778 — (191-HCC-61)	
Agua de plasticidad	33.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20/23 = 1530/1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.80%, a 1000°C	12.70%
Quema: Crema a 1000°C	
Gres claro a 1200°C	
Muestra N° 46779 — (192-HCC-61)	
Agua de plasticidad	32.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20/23 = 1530/1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 10.40%, a 1000°C	14.10%
Quema: Rosado a 1000°C	
Gres a 1200°C	
Muestra N° 46780 — (193-HCC-61)	
Agua de plasticidad	30.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.70%, a 1000°C	11.80%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46781 — (194-HCC-61)	
Agua de plasticidad	22.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	

Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.00%, a 1000°C 7.20%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46782 — (195-HCC-61)	
Agua de plasticidad	36.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 22 = 1560°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.30%, a 1000°C 12.70%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	
Rojizo a 1200°C	
Muestra N° 46783 — (196-HCC-61)	
Agua de plasticidad	24.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 18 = 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.10%, a 1000°C 8.00%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46784 — (197-HCC-61)	
Agua de plasticidad	34.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	5.50%, a 1000°C 7.20%
Quema: Crema a 1000°C. Se agrieta.	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46785 — (198-HCC-61)	
Agua de plasticidad	31.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.00%, a 1000°C 9.30%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	
Muestra N° 46786 — (199-HCC-61)	
Agua de plasticidad	21.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.10%, a 1000°C 8.30%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema oscuro a 1200°C	

Notas:

Las muestras números 46585 a 88 son muy ferruginosas y se agrietan demasiado. No son adaptables sin mezcla para material de construcción; se pueden emplear

en mezcla para dar tono rojo a otros materiales. Los números 46589 y 90 tienen propiedades refractarias.

Las muestras números 46751 a 69 dan buen material de construcción. Los números 46753, 55, 64, 66, 67 y 69, debidamente corregidas, pueden dar gres de buena calidad.

Todas las muestras, de los números 46770 a 86, dan buen material de construcción. Corregidas debidamente, pueden dar gres de buena calidad, especialmente las números 46776, 77 y 78.

MUNICIPIO DE LA CALERA

Se tomaron 14 muestras de varias localidades dentro del Municipio. El volumen de las reservas no puede darse, debido a las limitaciones del sistema de prospección y a los problemas presentados por terrenos privados; sin embargo, las áreas de interés se estiman en 40 hectáreas.

A) *Gres.*

El material de los yacimientos de donde se recogieron las siguientes muestras, debidamente corregido, puede usarse para la fabricación de gres de alta calidad.

74 - HCC-61	80 - HCC-61
79 - HCC-61	81 - HCC-61

B) *Materiales de construcción.*

Las muestras números 73 - HCC-61, 74 - HCC-61, 75 - HCC-61, 76 - HCC-61, 77 - HCC-61, 78 - HCC-61, 79 - HCC-61, 80 - HCC-61, 81 - HCC-61, 82 - HCC-61 y 83 - HCC-61 son excelentes para la fabricación de tejas y ladrillos huecos y prensados. El Laboratorio Químico Nacional ha pedido más material de las muestras 77 - HCC-61, 79 - HCC-61 y 82 - HCC-61 para hacer ensayos de métodos de producción de ladrillos.

Las muestras números 84 - HCC-61, 85 - HCC-61 y 86 - HCC-61 tienen las desventajas de un porcentaje de hierro (Fe_2O_3) muy elevado y se agrietan demasiado. No son adaptables para materiales de construcción, pero se pueden usar en cantidades pequeñas como colorantes para dar tono rojo a otros materiales. Poseyendo propiedades refractarias, ya que su punto de fusión es de cono 29 en adelante, no sirven para estos usos por los mismos defectos citados anteriormente.

CONCLUSIONES

Las arcillas encontradas en el Municipio de La Calera son apropiadas para la fabricación de gres, tejas y ladrillos de alta calidad. Las reservas de material son muy limitadas para una empresa de grandes inversiones, pero hay material suficiente para el consumo del Municipio por muchos años. En este momento no hay tejares en producción en La Calera.

El Laboratorio Químico Nacional ha solicitado una cantidad mayor de las muestras números 77 - HCC-61, 79 - HCC-61 y 82 - HCC-61, ubicadas en tres áreas de notable interés, para ensayos de fabricación de ladrillos en planta piloto. En consecuencia, recomendamos un muestreo más detallado por medio de sondeos sobre una retícula adecuada para determinar así la continuidad de la calidad y cantidad del material, como base para la evaluación de reservas.

ANÁLISIS QUÍMICOS

	46572 74-HCC-61	46582 84-HCC-61
	%	%
Carbonato de calcio	0.07	0.09
Sílice (SiO ₂)	62.88	50.28
Alúmina (Al ₂ O ₃)	16.78	28.80
Calcio (CaO)	1.30	1.35
Magnesio (MgO)	2.07	1.52
Hierro (Fe ₂ O ₃)	8.57	8.77
Fósforo (P ₂ O ₅)	1.46	2.99
Titanio (TiO ₂)	0.74	0.69
Pérdidas por calcinación	6.05	5.49
	<hr/>	<hr/>
	99.92	100.89

ANÁLISIS FÍSICOS

Muestra N° 46571 — (73-HCC-61)

Agua de plasticidad	26.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 14 = 1390°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 5.30%, a 1000°C	10.60%
Quema: Rojo oscuro a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	

Muestra N° 46572 — (74-HCC-61)

Agua de plasticidad	32.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 14/15 = 1390/1410°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.5%, a 1000°C	13.40%
Quema: Rojo a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	

Muestra N° 46573 — (75-HCC-61)

Agua de plasticidad	49.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.60%, a 1000°C	12.40%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	
Rosa claro a 1200°C	

Muestra N° 46574 — (76-HCC-61)

Agua de plasticidad	31.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 17 = 1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.20%, a 1000°C	11.50%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	
Rosa claro a 1200°C	

Muestra N° 46575 — (77-HCC-61)

Agua de plasticidad	26.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 15/16 = 1410/1450°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 7.60%, a 1000°C	11.10%
Quema: Rosado a 1000°C	
Gres a 1200°C. Se agrieta.	

Muestra N° 46576 — (78-HCC-61)

Agua de plasticidad	25.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 16 = 1450°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 5.80%, a 1000°C	11.00%
Quema: Rosado a 1000°C	
Gres a 1200°C	

Muestra N° 46577 — (79-HCC-61)

Agua de plasticidad	27.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 12 = 1310°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 5.80%, a 1000°C	12.70%
Quema: Rojo oscuro a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C. Se agrieta.	

Muestra N° 46578 — (80-HCC-61)

Agua de plasticidad	36.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 16 = 1450°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 9.20%, a 1000°C	13.80%
Quema: Rojo a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	

Muestra N° 46579 — (81-HCC-61)

Agua de plasticidad	36.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 15/16 = 1410/1450°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.00%, a 1000°C	14.50%
Quema: Rojo oscuro a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	

Muestra N ^o 46580 — (82-HCC-61)	
Agua de plasticidad	37.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 16 = 1450°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 8.60%, a 1000°C	12.70%
Quema: Rojo a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	
Muestra N ^o 46581 — (83-HCC-61)	
Agua de plasticidad	34.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 16 = 1450°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110° 8.60%, a 1000°C	12.70%
Quema: Gres claro a 1000°C	
Gres oscuro a 1200°C	
Muestra N ^o 46582 — (84-HCC-61)	
Agua de plasticidad	50.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 29 = 1640°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 4.80%, a 1000°C	17.50%
Quema: Rojo oscuro a 1000°C	
Gres a 1200°C. Se agrieta.	
Muestra N ^o 46583 — (85-HCC-61)	
Agua de plasticidad	59.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 30 = 1650°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 6.90%, a 1000°C	15.70%
Quema: Rojo amarillento a 1000°C. Se comba y se agrieta.	
Rojo oscuro a 1200°C	
Muestra N ^o 46584 — (86-HCC-61)	
Agua de plasticidad	58.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 30 = 1650°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C 12.70%, a 1000°C	27.50%
Quema: Rojo oscuro a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	

N o t a :

Los números 46571 a 81 dan muy buen material de construcción; 46572 y 77 a 81 son adaptables para gres. Los números 46582 a 84 son muy ferruginosos y se agrietan demasiado. No son adaptables, sin mezcla, para material de construcción; se puede emplear en mezcla para dar tono rojo a otros materiales. Las muestras cuyo punto de fusión (P.C.E.) está del cono 24 en adelante, tienen propiedades refractarias.

MUNICIPIO DE ZIPAQUIRA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 48726 # 6-HCC-62

Agua de plasticidad	25.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 19/20 = 1520/1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	5.90%
Contracción a 1000°C	6.20%
Quema: Rojo claro a 1000°C	

Muestra N° 48727 # 7-HCC-62

Agua de plasticidad	29.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.70%
Contracción a 1000°C	9.20%
Quema: Rojo claro a 1000°C	

Muestra N° 48728 # 8-HCC-62

Agua de plasticidad	39.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 18/19 = 1490/1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	11.80%
Contracción a 1000°C	12.10%
Quema: Rojo oscuro a 1000°C. Se agrieta.	

Muestra N° 48729 # 9-HCC-62

Agua de plasticidad	33.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 20/23 = 1530/1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.80%
Contracción a 1000°C	9.20%
Quema: Crema a 1000°C	

Muestra N° 48730 # 10-HCC-62

Agua de plasticidad	37.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 20/23 = 1530/1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.20%
Contracción a 1000°C	7.40%
Quema: Crema a 1000°C	

Muestra N° 48731 # 12-HCC-62	
Agua de plasticidad	40.10%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.90%
Contracción a 1000°C	9.70%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	
Muestra N° 48732 # 13-HCC-62	
Agua de plasticidad	42.30%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 28 = 1615°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.80%
Contracción a 1000°C	8.20%
Quema: Crema a 1000°C. Se agrieta.	
Muestra N° 48733 # 14-HCC-62	
Agua de plasticidad	42.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.90%
Contracción a 1000°C	7.30%
Quema: Crema claro a 1000°C. Se agrieta.	
Muestra N° 48734 # 15-HCC-62	
Agua de plasticidad	36.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 19/20 = 1520/1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.60%
Contracción a 1000°C	7.90%
Quema: Crema a 1000°C	

Notas:

Estas arcillas dan buen material de construcción; los que se agrietan deben corregirse. La 48728 puede combinarse con 6 o con 10.

Las muestras 48729, 30, 31 y 32 pueden emplearse en cerámica fina con esmalte opaco.

Las muestras 48733 y 48734 corregidas, pueden emplearse en cerámica fina.

MUNICIPIO DE CAJICA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 48735 # 18-HCC-62	
Agua de plasticidad	29.10%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 19 = 1520°C	

Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.00%
Contracción a 1000°C	7.40%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	

Muestra N° 48746 — 18-ET-62

Agua de plasticidad	41.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.80%
Contracción a 1000°C	14.30%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	

Muestra N° 48747 — 19-ET-62

Agua de plasticidad	33.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	4.60%
Contracción a 1000°C	5.90%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	

Nota:

Estas arcillas pueden emplearse en la fabricación de material de construcción. La excesiva contracción puede corregirse agregándoles un material de menor contracción, tal como el N° 48747.

MUNICIPIO DE CHIA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 48748 — 30-ET-62

Agua de plasticidad	51.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.70%
Contracción a 1000°C	19.20%
Quema: Crema grisáceo a 1000°C	

Muestra N° 48749 — 31-ET-62

Agua de plasticidad	54.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1400°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.00%
Contracción a 1000°C	20.00%
Quema: Gris claro a 1000°C	
Rojo a 1200°C. Se agrieta.	

Muestra N ^o 48750 — 41-ET-62	
Agua de plasticidad	45.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	11.20%
Contracción a 1000°C	17.70%
Quema: Crema grisoso a 1000°C	
Muestra N ^o 48751 — 42-ET-62	
Agua de plasticidad	56.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.20%
Contracción a 1000°C	15.00%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	
Rojo	a 1200°C. Se agrieta.
Muestra N ^o 48752 — 43-ET-62	
Agua de plasticidad	63.50%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1570°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.60%
Contracción a 1000°C	17.50%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Rosado	a 1200°C. Se agrieta.
Muestra N ^o 48753 — 45-ET-62	
Agua de plasticidad	44.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.90%
Contracción a 1000°C	15.40%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Muestra N ^o 48754 — 46-ET-62	
Agua de plasticidad	57.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 17 = 1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.50%
Contracción a 1000°C	15.00%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Muestra N ^o 48755 — 44-HCC-62	
Agua de plasticidad	45.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1570°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.10%

Contracción a 1000°C	14.80 %
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Muestra N° 48756 — 45-HCC-62	
Agua de plasticidad	42.00 %
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 18=1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	11.70 %
Contracción a 1000°C	16.50 %
Quema: Crema a 1000°C	

Notas:

Estas arcillas pueden emplearse en la fabricación de material de construcción. La excesiva contracción puede corregirse agregándoles un material de menor contracción, tal como el N° 48747.

Los números 48749 y 51 pueden emplearse en la fabricación de gres, corregidos, para obtener una mezcla adecuada. Se remiten tres piezas quemadas a 1200°C.

MUNICIPIO DE COTA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 48757 — 49-ET-62	
Agua de plasticidad	47.00 %
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 18=1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.40 %
Contracción a 1000°C	12.80 %
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 48758 — 56-ET-62	
Agua de plasticidad	48.00 %
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1485°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.40 %
Contracción a 1000°C	15.00 %
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Muestra N° 48759 — 57-ET-62	
Agua de plasticidad	70.00 %
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 20=1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	5.90 %
Contracción a 1000°C	11.50 %
Quema: Crema claro a 1000°C. Se agrieta.	
Muestra N° 48760 — 58-ET-62	
Agua de plasticidad	57.00 %
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1485°C	

Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.40%
Contracción a 1000°C	15.20%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Muestra N° 48761 — 51-HCC-62	
Agua de plasticidad	47.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1500°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.10%
Contracción a 1000°C	15.00%
Quema: Crema grisáceo a 1000°C	
Muestra N° 48762 — 52-HCC-62	
Agua de plasticidad	51.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 17 = 1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.50%
Contracción a 1000°C	15.40%
Quema: Rojizo a 1000°C	
Muestra N° 48763 — 53-HCC-62	
Agua de plasticidad	52.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 17 = 1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.30%
Contracción a 1000°C	13.70%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Muestra N° 48764 — 54-HCC-62	
Agua de plasticidad	40.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.60%
Contracción a 1000°C	12.70%
Quema: Crema claro (casi blanco) a 1000°C	
Muestra N° 48765 — 55-HCC-62	
Agua de plasticidad	45.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 17 = 1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.70%
Contracción a 1000°C	13.60%
Quema: Crema amarillento a 1000°C	

Notas:

Estas arcillas dan buen material de construcción. La N° 48764 puede emplearse en cerámica fina, con esmalte opaco. La N° 48758 puede emplearse como materia prima para gres.

Se remite una pieza quemada a 1200°C.

MUNICIPIO DE TENJO

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 48766 — 65-HCC-62

Agua de plasticidad	43.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 27 = 1605°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	4.70%
Contracción a 1000°C	7.50%
Quema: Crema casi blanco a 1000°C. Material liviano.	

Muestra N° 48767 — 62-ET-62

Agua de plasticidad	41.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 17 = 1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.70%
Contracción a 1000°C	10.80%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C. Se agrieta.	

Muestra N° 48768 — 63-ET-62

Agua de plasticidad	38.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.60%
Contracción a 1000°C	11.70%
Quema: Crema claro a 1000°C., casi blanco, en atmósfera reductora. Crema rojizo en atmósfera oxidante.	

Muestra N° 48769 — 64-ET-62

Agua de plasticidad	29.20%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1565°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.20%
Contracción a 1000°C	8.20%
Quema: Crema claro, casi blanco, a 1000°C, en atmósfera reductora.	
Crema amarillento en oxidante.	

Muestra N° 48770 — 66-ET-62

Agua de plasticidad	32.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1565°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.60%
Contracción a 1000°C	8.70%

Quema: Crema, casi blanco, a 1000°C., en atmósfera reductora.

Muestra N° 48771 — 66-ET-62	
Agua de plasticidad	35.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 28/29 = 1615/1640°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.60%
Contracción a 1000°C	10.80%
Quema: Casi blanco, a 1000°C., en atmósfera reductora.	
Muestra N° 48772 — 67-ET-62	
Agua de plasticidad	48.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	5.70%
Contracción a 1000°C	8.30%
Quema: Crema a 1000°C. Da un producto liviano.	
Muestra N° 48773 — 68-ET-62	
Agua de plasticidad	46.40%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 19 = 1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.00%
Contracción a 1000°C	9.50%
Quema: Crema amarillento a 1000°C	
Muestra N° 48774 — 76-ET-62	
Agua de plasticidad	32.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 20 = 1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	5.40%
Contracción a 1000°C	6.50%
Quema: Crema claro a 1000°C	
Muestra N° 48775 — 77-ET-62	
Agua de plasticidad	35.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 19 = 1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	5.50%
Contracción a 1000°C	6.30%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 48776 -- 78-ET-62	
Agua de plasticidad	46.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	

Contracción a 110°C	6.40%
Contracción a 1000°C	9.60%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 48777 — 81-ET-62	
Agua de plasticidad	44.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1515°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.00%
Contracción a 1000°C	13.00%
Quema: Rojizo a 1000°C	
Rojo a 1200°C	
Muestra N° 48778 — 82-ET-62	
Agua de plasticidad	26.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1500°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	5.60%
Contracción a 1000°C	7.00%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 48779 — 83-ET-62	
Agua de plasticidad	46.60%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 17 = 1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.60%
Contracción a 1000°C	12.70%
Quema: Rojizo a 1000°C	
Rojo a 1200°C. Se comba.	
Muestra N° 48780 — 84-ET-62	
Agua de plasticidad	46.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 15/16 = 1435/1465°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.90%
Contracción a 1000°C	11.30%
Quema: Rojizo a 1000°C. Se comba.	
Rojo a 1200°C. Se agrieta.	

Notas:

Los números 48766 y 48772 contienen materia orgánica y dan un material liviano a 1000°C. El número 48767 da buen material de construcción; en mezcla adecuada puede emplearse como materia prima para gres. Los números 48768-69, 70, 71, 74 y 75 pueden emplearse en materia de construcción. Tratados convenientemente, pueden emplearse en cerámica fina con esmalte opaco. El número 48773, en mezcla, puede emplearse en material de construcción.

Se remite una pieza quemada a 1200°C.

Los números 48777, 79 y 80, corregidos debidamente, pueden emplearse para gres.

MUNICIPIO DE TABIO

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 48781 — 62-HCC-62	
Agua de plasticidad	40.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1660°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.10%
Contracción a 1000°C	8.40%
Muestra N° 48782 — 63-HCC-62	
Agua de plasticidad	36.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 32 = 1700°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	5.80%
Contracción a 1000°C	7.70%
Quema: Blanco a 1000°C	
Muestra N° 48783 — 64-HCC-62	
Agua de plasticidad	24.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a 1550°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.00%
Contracción a 1000°C	8.40%
Quema: Blanco a 1000°C	
Muestra N° 48784 — 69-ET-62	
Agua de plasticidad	30.80%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.80%
Contracción a 1000°C	12.00%
Quema: Crema rojizo a 1000°C. Se comba.	
Muestra N° 48785 — 70-ET-62	
Agua de plasticidad	34.00%
Cono pirométrico P.C.E. cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.80%
Contracción a 1000°C	10.00%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	

Notas:

Estas arcillas son de buena calidad para material de construcción.
 Los números 48781, 82 y 83, pueden emplearse en cerámica fina, especialmente el número 48781. El número 48782 es refractario de segunda clase.
 Se remiten tres (3) piezas quemadas a 1200°C.

MUNICIPIO DE BOJACA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49332 — 154-ET-62

Agua de plasticidad	35.00%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a 1685°C. Cayó (fusión) a cono 32/33=1700/ 1745°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.60%
Contracción a 1000°C	10.60%
Quema: Blanco a 1000°C	

Muestra N° 49333 — 170-ET-62

Agua de plasticidad	37.20%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a 1380°C. Cayó (fusión) a 1410°C.	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.10%
Contracción a 1000°C	11.50%
Quema: Rojizo a 1000°C	

Muestra N° 49334 — 171-ET-62

Agua de plasticidad	44.00%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a 1430°C. Cayó (fusión) a cono 17/18 = 1475/ 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	12.10%
Contracción a 1000°C	16.10%
Quema: Rojizo a 1000°C. Se comba.	

Notas:

Estas arcillas dan buen material de construcción.
El número 49332 es buen material para cerámica fina blanca.

MUNICIPIO DE BOSA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49301 — 213-HCC-62

Agua de plasticidad	43.40%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 23 = 1580°C (Se esponja).	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.90%

Contracción a 1000°C	11.20%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 49302 -- 214-HCC-62	
Agua de plasticidad	37.80%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1450°C. Cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C.	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.40%
Contracción a 1000°C	12.30%
Quema: Rosado a 1000°C	
Muestra N° 49303 — 215-HCC-62	
Agua de plasticidad	49.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1450°C. Cayó (fusión) a cono 18 = 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	11.80%
Contracción a 1000°C	14.30%
Quema: Rojizo a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	
Muestra N° 49304 — 223-HCC-62	
Agua de plasticidad	42.60%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1510°C. Cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C.	
(Se esponja).	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.70%
Contracción a 1000°C	10.80%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Rojo a 1200°C	
Muestra N° 49305 — 224-HCC-62	
Agua de plasticidad	37.20%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1510°C. Cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.30%
Contracción a 1000°C	11.10%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 49306 — 225-HCC-62	
Agua de plasticidad	38.80%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1415°C. Cayó (fusión) a cono 16 = 1465°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.60%
Contracción a 1000°C	12.70%

Quema: Rojo a 1000°C
Rojo oscuro a 1200°C

Muestra N° 49307 — 231-HCC-62

Agua de plasticidad.
Cono pirométrico P.C.E.
Comenzó a 1470°C. Cayó (fusión) a cono 18 = 1490°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	10.30%
Contracción a 1000°C	12.30%

Quema: Rojizo a 1000°C
Marrón a 1200°C

Muestra N° 49308 -- 232-HCC-62

Agua de plasticidad 47.60%

Cono pirométrico P.C.E.
Comenzó ablandamiento a 1450°C. Cayó (fusión) a cono
16 = 1465°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	12.30%
Contracción a 1000°C	15.30%

Quema: Rojo a 1000°C
Rojo oscuro a 1200°C. Se rompe.

Notas:

Estas arcillas dan buen material de construcción.

Los números 49303, 49304, 49306, 49307 y 49308, corregidos debidamente, pueden emplearse en la fabricación de gres.

Se remiten tres (3) piezas quemadas a 1200°C.

MUNICIPIO DE ENGATIVA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49335 — 187-HCC-62

Agua de plasticidad 51.00%

Cono pirométrico P.C.E.
Comenzó a 1480°C. Cayó (fusión) a cono 19 = 1520°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	8.70%
Contracción a 1000°C	16.10%

Quema: Rojizo a 1000°C. Se comba.

Muestra N° 49336 — 188-HCC-62

Agua de plasticidad 50.00%

Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a 1480°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	7.50%
Contracción a 1000°C	16.00%
Quema: Crema amarillento a 1000°C	
Muestra N° 49337 — 177-ET-62	
Agua de plasticidad	45.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a cono 12 = 1535°C. Cayó (fusión) a cono 27 = 1605°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.80%
Contracción a 1000°C	15.40%
Quema: Amarillo grisáceo. Se agrieta y se comba.	
Muestra N° 49338 — 178-ET-62	
Agua de plasticidad	53.60%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1480°C. Cayó (fusión) a cono 18 = 1490°C. Se esponja.	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.10%
Contracción a 1000°C	17.70%
Quema: Amarillento a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	
Muestra N° 49339 — 179-ET-62	
Agua de plasticidad	54.80%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó ablandamiento a 1400°C.	
Cayó (fusión) a 1450°C.	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.00%
Contracción a 1000°C	18.30%
Quema: Crema amarillento a 1000°C. Se comba.	
Rojo a 1200°C	

Notas:

Todas estas arcillas dan buen material de construcción.

El número 49338, corregido, puede emplearse para gres; se rompe al cocerlo a 1200°C.

MUNICIPIO DE FACATATIVA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49370 — 168-HCC-63	
Agua de plasticidad	43.00%
Cono pirométrico P.C.E.	

Comenzó a cono 28 = 1615°C.

Cayó (fusión) a cono 29 = 1640°C.

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	4.70%
Contracción a 1000°C	8.80%

Quema: Gris claro a 1000°C. Pulverulento con aspecto de ceniza.

Muestra N° 49371 — 169-HCC-63

Agua de plasticidad	32.80%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 26=1595°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	6.10%
Contracción a 1000°C	7.00%

Quema: Blanco a 1000°C

Muestra N° 49372 — 143-ET-62

Agua de plasticidad	35.40%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E.

Comenzó a 1530°C. Cayó (fusión) a cono 23 = 1580°C.

Se esponja.

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	7.50%
Contracción a 1000°C	8.30%

Quema: Blanco a 1000°C

Muestra N° 49373 — 144-ET-62

Agua de plasticidad	34.00%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E.

Comenzó a 1490°C. Cayó (fusión) a 1510°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	8.10%
Contracción a 1000°C	11.00%

Quema: Rojizo a 1000°C
Rojo oscuro a 1200°C

Muestra N° 49374 — 145-ET-62

Agua de plasticidad	48.80%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a 1510°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	6.50%
Contracción a 1000°C	10.80%

Quema: Crema a 1000°C

Muestra N° 49375-ET-62

Agua de plasticidad	23.40%
-------------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E.

Cayó (fusión) a cono 26 = 1595°C

Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.50%
Contracción a 1000°C	6.70%
Quema: Blanco a 1000°C	

Muestra N° 49376 — 151-ET-62	
Agua de plasticidad	32.60%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a 1540°C. Cayó (fusión) a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.70%
Contracción a 1000°C	8.80%
Quema: Crema a 1000°C	

Notas:

- El número 49373 podría servir para gres.
- El número 49370, quemado a 1000°C, da un producto pulverulento con aspecto de ceniza.
- Los números 49371 y 72 pueden emplearse en cerámica fina.
- Los números 49374 y 76 dan buen material de construcción.

MUNICIPIO DE FONTIBON

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49295 — 178-HCC-62	
Agua de plasticidad	44.00%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a 1575°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	11.20%
Contracción a 1000°C	14.60%
Quema: Marfil a 1000°C	

Muestra N° 49296 — 179-HCC-62	
Agua de plasticidad	52.00%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a conos 19/20 = 1520/1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.50%
Contracción a 1000°C	12.00%
Quema: Crema a 1000°C	

Muestra N° 49297 — 182-HCC-62	
Agua de plasticidad	45.20%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 19/20 = 1520/1530°C	
Comportamiento térmico:	

Contracción a 110°C	11.50%
Contracción a 1000°C	14.80%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 49298 — 183-HCC-62	
Agua de plasticidad	51.60%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 18 = 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.30%
Contracción a 1000°C	12.10%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 49299 — 184-HCC-62	
Agua de plasticidad	49.40%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a 1505°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.50%
Contracción a 1000°C	10.60%
Quema: Crema a 1000°C	

N o t a : Estas arcillas dan buen material de construcción.

MUNICIPIO DE FUNZA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49377 — 121-HCC-62	
Agua de plasticidad	47.20%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a cono 23 = 1580°C Cayó (fusión) a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.70%
Contracción a 1000°C	11.80%
Quema: Crema claro a 1000°C	
Muestra N° 49378 — 122-HCC-62	
Agua de plasticidad	42.00%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó ablandamiento a 1365°C Cayó (fusión) a cono 18 = 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.50%
Contracción a 1000°C	14.20%
Quema: Rojizo a 1000°C Rojo a 1200°C. Se agrieta.	

Muestra N° 49379 — 123-HCC-62	
Agua de plasticidad	59.00%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 19=1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.20%
Contracción a 1000°C	14.20%
Quema: Rojizo a 1000°C	
Muestra N° 49380 — 107-ET-62	
Agua de plasticidad	56.00%
(contiene mucha materia orgánica)	
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1500°C. Cayó (fusión) a cono 19 = 1520°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.00%
Contracción a 1000°C	15.00%
Quema: Rojizo a 1000°C	
Rojo a 1200°C. Se agrieta.	
Muestra N° 49381 — 108-ET-62	
Agua de plasticidad	58.80%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1445°C. Cayó (fusión) a cono 17 = 1475°C.	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.80%
Contracción a 1000°C	7.50%
Quema: Grisáceo a 1000°C	
Muestra N° 49382— 114-ET-62	
Agua de plasticidad	50.00%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó a cono 18 = 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.00%
Contracción a 1000°C	10.00%
Quema: Crema a 1000°C	
Crema rojizo a 1200°C. Se agrieta.	
Muestra N° 49383 — 115-ET-62	
Agua de plasticidad	55.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1145°C. Cayó (fusión) a 1470°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.70%
Contracción a 1000°C	8.00%
Quema: Grisoso a 1000°C	
Muestra N° 49384 — 116-ET-62	
Agua de plasticidad	49.20%

Cono pirométrico P.C.E.
Comenzó a 1500°C. Cayó (fusión) a cono 19 = 1520°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	10.00%
Contracción a 1000°C	11.00%

Quema: Rosado claro a 1000°C
Rojo claro a 1200°C. Se agrieta.

Notas:

Estas arcillas pueden utilizarse en la fabricación de materiales de construcción.
El número 49377 puede emplearse en cerámica fina.
Las arcillas 49478 y 80, corregidas, podrán emplearse para gres.

MUNICIPIO DE MADRID

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49385 — 135-HCC-62

Agua de plasticidad	50.40%
----------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E.
Comenzó a cono 16 = 1465°C. Cayó (fusión) a 1510°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	7.50%
Contracción a 1000°C	7.50%

Quema: Grisoso a 1000°C

Muestra N° 49386 — 136-HCC-62

Agua de plasticidad	49.20%
----------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 26=1595°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	8.00%
Contracción a 1000°C	8.00%

Quema: Grisoso a 1000°C. Casi blanco.

Muestra N° 49387 — 137-HCC-62

Agua de plasticidad	38.40%
----------------------------	--------

Cono pirométrico P.C.E.
Comenzó a cono 18 = 1490°C
Cayó (fusión) a cono 23 = 1580°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	7.50%
Contracción a 1000°C	7.10%

Quema: Gris claro, casi blanco, a 1000°C

Nota: Estas arcillas pueden utilizarse para cerámica fina.

MUNICIPIO DE MOSQUERA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49340 — 191-HCC-62	
Agua de plasticidad	46.00%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a 1575°C. Cayó (fusión) a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.70%
Se rompe a 1000°C Quema: Gris amarillento a 1000°C	
Muestra N° 49341 — 192-HCC-62	
Agua de plasticidad	37.50%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 18=1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.20%
Contracción a 1000°C	11.80%
Quema: Rosado a 1000°C Rojo oscuro a 1200°C	
Muestra N° 49342 — 193-HCC-62	
Agua de plasticidad	38.25%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a 1480°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.80%
Contracción a 1000°C	11.00%
Quema: Rosado a 1000°C Rojo oscuro a 1200°C	
Muestra N° 49343 — 194-HCC-62	
Agua de plasticidad	35.00%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a 1455°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.70%
Contracción a 1000°C	10.40%
Quema: Rosado a 1000°C Rojo a 1200°C	
Muestra N° 49344 — 195-HCC-62	
Agua de plasticidad	39.40%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a 1415°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.30%
Contracción a 1000°C	11.80%
Quema: Rojo claro a 1000°C Rojo oscuro a 1200°C	

Muestra N° 49345 — 196-HCC-62

Agua de plasticidad	42.00%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a 1415°C. Cayó (fusión) a 1455°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	12.40%
Contracción a 1000°C	14.80%
Quema: Rosado a 1000°C Rojo verdoso a 1200°C	

Muestra N° 49346 — 197-HCC-62

Agua de plasticidad	44.00%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a 1415°C. Cayó (fusión) a 1455°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.60%
Contracción a 1000°C	13.90%
Quema: Rosado a 1000°C Gres rojizo a 1200°C	

Muestra N° 49347 — 198-HCC-62

Agua de plasticidad	48.00%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó a cono 17 = 1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	11.40%
Contracción a 1000°C	14.50%
Quema: Rojo claro a 1000°C Gres rojizo a 1200°C	

N o t a : Todas estas arcillas sirven para material de construcción. El número 49340 se rompe al cocerlo; los números 49341, 44, 45, 46 y 47, corregidos, pueden emplearse para gres.

Muestra N° 49348 — 199-HCC-62

Agua de plasticidad	49.60%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 20=1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.90%
Contracción a 1000°C	13.10%
Quema: Rosado a 1000°C	

Muestra N° 49349 — 200-HCC-62

Agua de plasticidad	51.60%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 20=1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.30%
Contracción a 1000°C	11.70%
Quema: Rosado a 1000°C	

Muestra N° 49350 — 205-HCC-62	
Agua de plasticidad	45.20%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a cono mayor de 33 = mayor de 1745°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	5.00%
Contracción a 1000°C	8.30%
Quema: Blanco a 1000°C	
Muestra N° 49351 — 206-HCC-62	
Agua de plasticidad	53.40%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a cono mayor del 33 = mayor de 1745°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.20%
Contracción a 1000°C	8.80%
Quema: Gris claro, casi blanco a 1000°C. Se agrieta.	
Muestra N° 49352 — 207-HCC-62	
Agua de plasticidad	51.20%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1400°C. Cayó (fusión) a 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.30%
Contracción a 1000°C	9.20%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 49353 — 184-ET-62	
Agua de plasticidad	48.00%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a 1475°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.00%
Contracción a 1000°C	13.10%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Muestra N° 49354 — 187-ET-62	
Agua de plasticidad	46.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1390°C. Cayó (fusión) a 1465°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	11.20%
Contracción a 1000°C	13.80%
Quema: Rojo a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C. Se agrieta y esponja.	
Muestra N° 49355 — 188-ET-62	
Agua de plasticidad	55.00%
Cono pirométrico P.C.E.	

Comenzó a cono 14 = 1400°C	
Cayó (fusión) a cono 16 = 1465°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	11.20%
Contracción a 1000°C	12.80%
Quema: Rosado a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C. Se agrieta y esponja.	
Muestra N° 49356 — 192-ET-62	
Agua de plasticidad	44.80%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a cono 18 = 1490°C. Cayó (fusión) a 1560°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.00%
Contracción a 1000°C	12.40%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C. Se agrieta.	
Muestra N° 49357 — 193-ET-62	
Agua de plasticidad	51.60%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó cono 14 = 1400°C	
Cayó (fusión) a cono 16 = 1465°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	12.00%
Contracción a 1000°C	15.50%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C. Se agrieta y esponja.	
Muestra N° 49358 — 194-ET-62	
Agua de plasticidad	46.40%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1420°C. Cayó (fusión) a cono 16 = 1465°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.00%
Contracción a 1000°C	13.00%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	
Crema rojo a 1200°C. Se agrieta.	
Muestra N° 49359 — 197-ET-62	
Agua de plasticidad	45.40%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1395°C. Cayó (fusión) a cono 18 = 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	12.80%
Contracción a 1000°C	14.10%
Quema: Crema a 1000°C	
Marrón a 1200°C. Se agrieta.	

Muestra N° 49360 — 198-ET-62	
Agua de plasticidad	48.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1395°C. Cayó (fusión) a cono 18 = 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	13.00%
Contracción a 1000°C	13.80%
Quema: Rojo claro a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	
Muestra N° 49361 — 199-ET-62	
Agua de plasticidad	55.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1420°C. Cayó (fusión) a cono 18 = 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	10.60%
Contracción a 1000°C	19.20%
Quema: Rojo a 1000°C	
Rojo a 1200°C. Se agrieta.	
Muestra N° 49362 — 200-ET-62	
Agua de plasticidad	48.40%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1550°C	
Cayó (fusión) a cono 23/26 = 1580/1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.10%
Contracción a 1000°C	17.70%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 49363 — 201-ET-62	
Agua de plasticidad	55.40%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó a cono 23 = 1580°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	8.60%
Contracción a 1000°C	17.80%
Quema: Rosado a 1000°C	
Muestra N° 49364 — 202-ET-62	
Agua de plasticidad	59.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1495°C. Cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.40%
Contracción a 1000°C	19.00%
Quema: Rosado a 1000°C	

Muestra N° 49365 — 203-ET-62

Agua de plasticidad	38.00%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a 1495°C. Cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	12.30%
Contracción a 1000°C	21.10%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	

Muestra N° 49366 — 204-ET-62

Agua de plasticidad	46.00%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a 1540°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	12.40%
Contracción a 1000°C	19.60%
Quema: Crema oscuro a 1000°C	

Muestra N° 49367 — 205-ET-62

Agua de plasticidad	53.20%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a 1325°C. Cayó (fusión) a 1420°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	12.40%
Contracción a 1000°C	18.50%
Quema: Rojo a 1000°C Rojo oscuro a 1200°C. Se agrieta.	

Notas:

Estas muestras sirven para material de construcción.

Los números 49362 y 63 son refractarios de 4ª clase. Los números 49358, 59, 60, 61 y 67 podrían emplearse para gres, corrigiéndolos debidamente. Se remiten cinco piezas quemadas a 1200°C.

Los números 49348, 49, 52 a 57, pueden emplearse en material de construcción. Los números 49354, 355, 356 y 357, podrían emplearse para gres, corrigiéndolos, especialmente porque se esponjan y agrietan a 1200°C. Los números 49350 y 51 pueden emplearse en cerámica fina. Estos dos tienen propiedades de refractario, que corresponden a la 1ª clase. Se remiten cuatro (4) piezas quemadas a 1200°C.

Muestra N° 49368 — 206-ET-62

Agua de plasticidad	54.00%
Cono pirométrico P.C.E. Comenzó a 1460°C. Cayó (fusión) a cono 18 = 1490°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	12.70%
Contracción a 1000°C	20.60%
Quema: Rojo a 1000°C Rojo oscuro a 1200°C	

Muestra N° 49369 — 207-ET-62	
Agua de plasticidad ...	49.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1565°C. Cayó (fusión) a 1480°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C ...	10.50%
Contracción a 1000°C ...	20.40%
Quema: Rojo a 1000°C	
Rojo oscuro a 1200°C	

Nota: Estas dos arcillas podrían servir para gres.

MUNICIPIO DE SOACHA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49319 — 217-ET	
Agua de plasticidad ...	43.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1575°C. Cayó (fusión) a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C ...	2.60%
Contracción a 1000°C ...	5.00%
Quema: Gris a 1000°. (Pulverulento con aspecto de ceniza).	
Muestra N° 49320 — 18-ET	
Agua de plasticidad ...	34.40%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1590°C. Cayó (fusión) a cono 27 = 1605°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C ...	6.40%
Contracción a 1000°C ...	6.70%
Quema: Blanco a 1000°C	
Muestra N° 49321 — 254-HCC-	
Agua de plasticidad ...	57.60%
Cayó (fusión) a cono 20 = 1530°C	
Cono pirométrico P.C.E.	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C ...	8.60%
Contracción a 1000°C ...	9.00%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 49322 — 262-HCC	
Agua de plasticidad ...	35.40%
Cono pirométrico P.C.E.	

Comenzó a 1385°C. Cayó (fusión) a 1425°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	8.90%
Contracción a 1000°C	9.00%
Quema: Crema rojizo a 1000°C	

Muestra N° 49323 — 264-HCC

Agua de plasticidad 54.20%

Cono pirométrico P.C.E.

Comenzó a cono 20 = 1530°C

Cayó (fusión) a cono 23 = 1580°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	10.50%
Contracción a 1000°C	11.10%
Quema: Crema a 1000°C	

Muestra N° 49324 — 265-HCC

Agua de plasticidad 49.00%

Cono pirométrico P.C.E.

Comenzó a 1680°C cono 31.

Cayó (fusión) a cono 32 = 1700°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	11.00%
Contracción a 1000°C. Se rompe.	
Quema: Rojizo a 1000°C	

Notas:

Los números 49320, 21, 22 y 23 sirven para material de construcción. Pueden emplearse también en cerámica fina, con esmalte opaco. El número 49324 se rompe demasiado al cocerlo; es necesario corregirlo.

El número 49319 no sirve para cerámica; al cocerlo se convierte en un material pulverulento con aspecto de ceniza.

MUNICIPIO DE SUBACHOQUE

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49325 — 155-ET-62

Agua de plasticidad 37.00%

Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 23=1580°C

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	4.00%
Contracción a 1000°C	4.50%
Quema: Rosado a 1000°C (pulverulento).	

Muestra N° 49326 — 156-ET-62

Agua de plasticidad 41.00%

Cono pirométrico P.C.E. Cayó (fusión) a cono 23=1580°C

Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	1.50%
Contracción a 1000°C. Se rompe.	
Aspecto pulverulento (ceniza).	
Quema: Gris a 1000°C.	
Muestra N° 49327 — 161-ET-62	
Agua de plasticidad	38.80%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a 1570°C.	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.10%
Contracción a 1000°C	10.80%
Quema: Crema rojizo a 1000°C, con ligero agrietamiento.	
Muestra N° 49328 — 162-ET-62	
Agua de plasticidad	41.40%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a 1570°C. Cayó (fusión) a cono 31 = 1680°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	9.20%
Contracción a 1000°C	10.00%
Quema: Blanco a 1000°C	
Muestra N° 49329 — 166-ET-62	
Agua de plasticidad	44.40%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a cono 28 = 1615°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.30%
Contracción a 1000°C	11.10%
Quema: Rosado a 1000°C	
Muestra N° 49330 — 167-ET-62	
Agua de plasticidad	36.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.30%
Contracción a 1000°C	7.80%
Quema: Rosado a 1000°C	
Muestra N° 49331 — 168-ET-62	
Agua de plasticidad	25.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a 1570°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.30%

Contracción a 1000°C 7.50%
 Quema: Crema claro a 1000°C

Notas:

Los números 49327, 28, 30 y 31 dan buen material de construcción.

Pueden emplearse también en cerámica fina con esmalte opaco.

Los números 49325 y 26 no sirven para cerámica; al cocerlos se convierten en un material pulverulento con aspecto de ceniza.

MUNICIPIO DE USME

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49309 — 222-HCC-62

Agua de plasticidad 21.20%
 Cono pirométrico P.C.E.
 Comenzó ablandamiento a 1500°C
 Cayó (fusión) a cono 23 = 1580°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 110°C 4.80%
 Contracción a 1000°C 5.00%
 Quema: Marfil a 1000°C

Muestra N° 49310 — 226-HCC-62

Agua de plasticidad 41.20%
 Cono pirométrico P.C.E.
 Comenzó ablandamiento a 1550°C
 Cayó (fusión) a cono 26 = 1595°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 110°C 6.90%
 Contracción a 1000°C 7.90%
 Quema: Crema a 1000°C
 Rojo oscuro a 1200°C

Muestra N° 49311 — 227-HCC

Agua de plasticidad 38.40%
 Cono pirométrico P.C.E.
 Cayó (fusión) a conos 26/27 = 1595/1605°C
 Comportamiento térmico:
 Contracción a 110°C 9.80%
 Contracción a 1000°C 11.20%
 Quema: Crema a 1000°C

Muestra N° 49312 — 228-HCC

Agua de plasticidad 36.80%
 Cono pirométrico P.C.E.
 Cayó (fusión) a 1440°C (se esponja).

Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.60%
Contracción a 1000°C	6.70%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 49313 — 233-HCC	
Agua de plasticidad	33.40%
Cono pirométrico P.C.E. Cayó a 1625°C (fusión)	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.20%
Contracción a 1000°C	7.40%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 49314 — 234-HCC	
Agua de plasticidad	47.80%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó ablandamiento a cono 31 = 1680°C	
Cayó (fusión) a cono 31/32 = 1680/1700°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	13.30%
Contracción a 1000°C	15.10%
Quema: Crema a 1000°C	
Muestra N° 49315 — 235-HCC	
Agua de plasticidad	56.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a cono 31 = 1680°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	13.60%
Contracción a 1000°C	19.20%
Quema: Rojizo a 1000°C. Se agrieta.	
Muestra N° 49316 — 236-HCC	
Agua de plasticidad	58.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a cono 31 = 1680°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	15.60%
Contracción a 1000°C	20.20%
Quema: Grisáceo a 1000°C. Se rompe.	
Muestra N° 49317 — 237-HCC	
Agua de plasticidad	59.20%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a cono 31 = 1680°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	17.00%

Contracción a 1000°C	21.30%
Quema: Grisáceo a 1000°C. Se rompe.	
Muestra N° 49318 — 247-HCC	
Agua de plasticidad	36.20%
Cono pirométrico P.C.E.	
Comenzó a cono 28 = 1615°C	
Cayó (fusión) a cono 30 = 1650°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	7.40%
Contracción a 1000°C	7.60%
Quema: Crema a 1000°C	

Notas:

Estas arcillas son aptas para fabricación de materiales de construcción.
 Los números 49309, 11, 12, 13, 14 y 18 pueden emplearse en cerámica fina con esmalte opaco.
 Los números 49315, 16 y 17 se agrietan demasiado; es necesario corregirlos.
 Los números 49309, 10, 11 y 13 pueden emplearse como refractarios de 4ª clase.
 Los números 49314 a 17 pueden emplearse como refractarios de 2ª clase.

MUNICIPIO DE SUESCA

RESULTADO DEL ANALISIS FISICO

Muestra N° 49291 — 66-HCC-62	
Agua de plasticidad	33.20%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a cono 30 = 1650°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	1.90%
Contracción a 1000°C	2.60%
Quema: Marfil a 1000°C	
Muestra N° 49292 — 67-HCC-62	
Agua de plasticidad	34.20%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a cono 31/32 = 1680/1700°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	6.60%
Contracción a 1000°C	7.00%
Quema: Marfil a 1000°C	
Muestra N° 49293 — 68-HCC-62	
Agua de plasticidad	43.40%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a cono 30 = 1650°C	

Comportamiento térmico:

Contracción a 110°C	2.00%
Contracción a 1000°C	3.40%
Quema: Marfil a 1000°C	

Muestra N^o 49294 — 69-HCC-62

Agua de plasticidad	34.00%
Cono pirométrico P.C.E.	
Cayó (fusión) a cono 26 = 1595°C	
Comportamiento térmico:	
Contracción a 110°C	4.80%
Contracción a 1000°C	5.00%
Quema: Blanco a 1000°C	

Notas:

Las muestras 49291 y 93 son materiales livianos, refractarios de 3^a clase. Podrían emplearse como aislante para hornos. Levigados, sin cocimiento, pueden emplearse como material de relleno.

El N^o 49292 es refractario de 2^a clase.

El N^o 49294 puede emplearse en cerámica fina.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las arcillas muestreadas durante este estudio son aplicables a la fabricación de materiales de construcción como ladrillos, tejas y tubos de gres, y algunas para cerámica fina y ladrillos refractarios de segunda clase.

El espesor promedio de las arcillas oscila entre los 3.8 m. a 4.6 m.

Las reservas probadas de arcillas de todas clases llegan al total de 4.877 millones de metros cúbicos.

Por ser una zona agrícola dedicada a la siembra de diversos cultivos de clima frío, y por el problema que se presenta con los desmoronamientos de la tierra para dejarla nuevamente en condiciones aptas para la agricultura después de ser explotada la arcilla, consideramos que no se puede aprovechar la totalidad del volumen de arcilla calculado.

Teniendo en cuenta la creciente necesidad de materiales de construcción, de los cuales las arcillas forman parte indispensable, los autores de este estudio preliminar opinan que el proyecto de dicho estudio debería continuarse en forma detallada en las áreas escogidas de acuerdo con los resultados de laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- HUBACH, E. (1957).—“Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores”. *Bol. Geol.* Vol. V/2 pp. 93-112.
- VAN DER HAMMEN, T. (1958).—“Investigaciones de algunos importantes yacimientos de Diatomita, Caolín y Arcilla de la Sabana de Bogotá”, pp. 98 a 100.

COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE SOPO

El Rocio # 1

	Capa vegetal
93-HCC-61	Arcilla gris carmelita.
94-HCC-61	Arcilla gris Arena gris
	Arena amarilla
95-HCC-61	Arcilla gris verdosa
96-HCC-61	Arcilla gris verdosa Silty
97-HCC-63	Arcilla carmelita negra

Aposentos # 1

	Arena
144-HCC-61	Arcilla gris oscura
115-HCC-61	

Aposentos # 2

	Capa vegetal
120-HCC-61	Arcilla gris arenosa
121-HCC-61	Arcilla gris
	Arena gris
122-HCC-61	Arcilla con turba

Aposentos # 3

	Capa vegetal
117-HCC-61	Arcilla amarilla
118-HCC-61	Arena amarilla Arcilla gris
	Arena amarilla
119-HCC-61	Arcilla gris
123-HCC-61	Arcilla gris azul

Aposentos # 4

	Capa vegetal
124-HCC-61	Arcilla gris
	Arena
125-HCC-61	Arcilla gris clara
	Arena amarilla
126-HCC-61	Arcilla gris clara
	Arena gris
127-HCC-61	Arcilla carmelita negra

Aposentos # 5

	Capa vegetal
131-HCC-61	Arcilla gris
	Arena blanquecina
132-HCC-61	Arena amarilla Arcilla carmelita
133-HCC-61	Arcilla gris
	Arena
134-HCC-61	Arcilla gris

Aposentos # 6

	Capa vegetal
128-HCC-61	Arcilla gris
129-HCC-61	Arcilla carmelita
130-HCC-61	Arcilla carmelita
135-HCC-61	Arcilla carmelita
136-HCC-61	Arcilla negra
	Turba
	Arena gris

Aposentos # 7

	Capa vegetal
	Arena
139-HCC-61	Arcilla gris
140-HCC-61	Arcilla carmelita
	Arena

Aposentos # 8

	Capa vegetal
137-HCC-61	Arcilla gris
	Arena
138-HCC-61	Arcilla carmelita
153-HCC-61	Arcilla gris carmelita

Aposentos # 9

	Capa vegetal
144-HCC-61	Arcilla amarilla
	Arcilla gris Arena amarilla
145-HCC-61	Arena gris
	Arena amarilla
146-HCC-61	Arcilla gris
	Arena

Aposentos # 10

	Capa vegetal
141-HCC-61	Arcilla gris negra
142-HCC-61	Arcilla carmelita
143-HCC-61	Arcilla gris

Aposentos # 11

	Capa vegetal
150-HCC-61	Arcilla amarilla Arena gris
151-HCC-61	Arcilla gris
	Arena
152-HCC-61	Arena gris oscura

Aposentos # 12

	Capa vegetal
147-HCC-61	Arcilla amarilla
148-HCC-61	Arcilla gris
149-HCC-61	Arcilla gris oscura
	Arena

Aposentos # 13

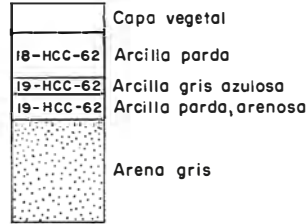
103-HCC-61	Arcilla carmelita
104-HCC-61	Arcilla car. arenosa
	Arena
105-HCC-61	Arcilla carmelita
106-HCC-61	Arcilla gris
107-HCC-61	Arcilla carmelita
108-HCC-61	Arcilla carmelita
109-HCC-61	Arcilla car. arenosa

COLUMNAS DE SONDEOS

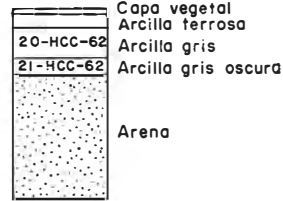
Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE CAJICA

Caji. # 1



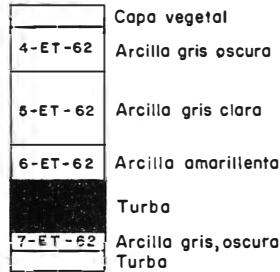
Caji. # 2



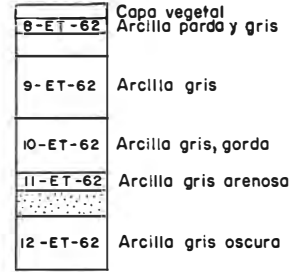
Caji. # 3



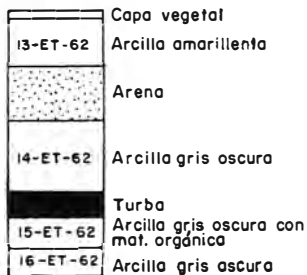
Caji. # 4



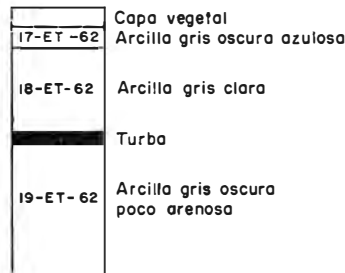
Caji. # 5



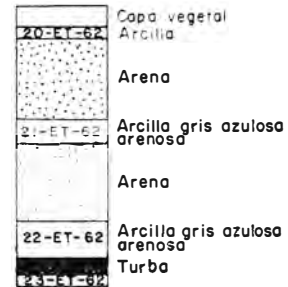
Caji. # 6



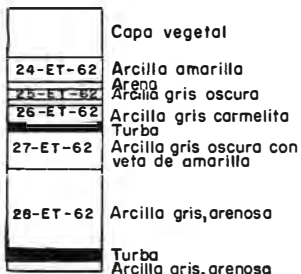
Caji. # 7



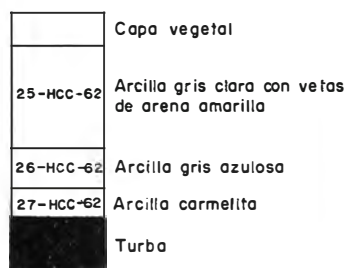
Caji. # 8



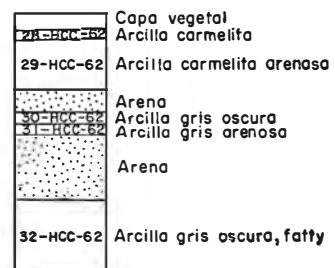
Caji. # 9



Caji. # 10



Caji. # 11



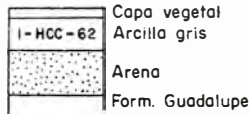
COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 1:200

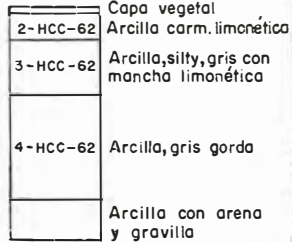
MUNICIPIOS DE

ZIPAQUIRA

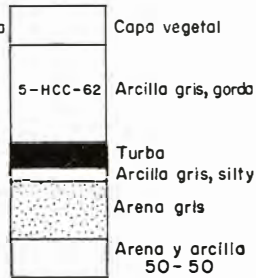
Zipa. # 1



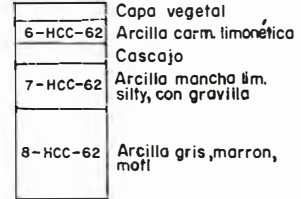
Zipa. # 2



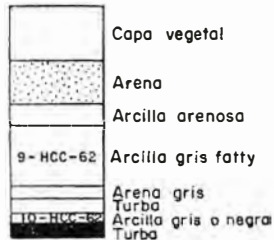
Zipa. # 3



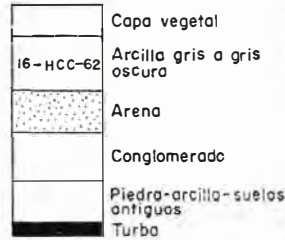
Zipa # 4



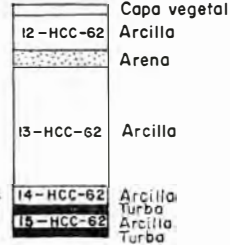
Zipa. # 5



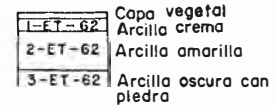
Zipa. # 6



Zipa. # 7

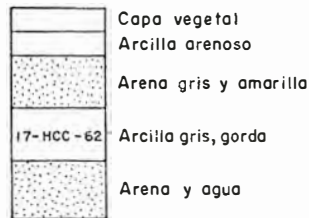


Zipa # 8

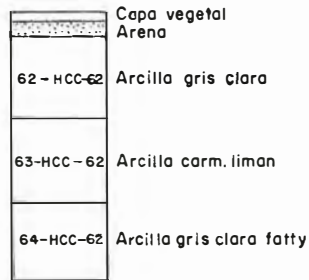


TABIO

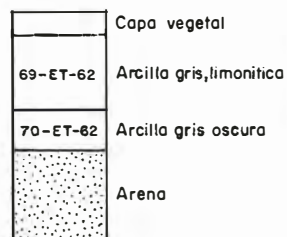
Zipa. # 9



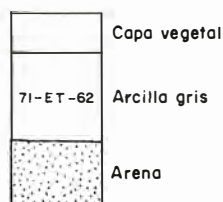
Tab. # 1



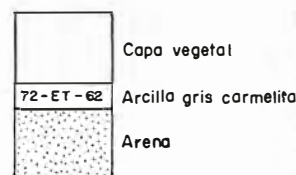
Tab. # 2



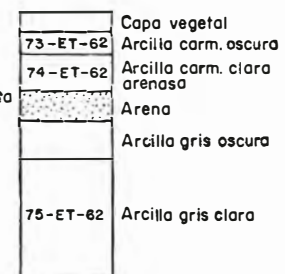
Tab. # 3



Tab. # 4



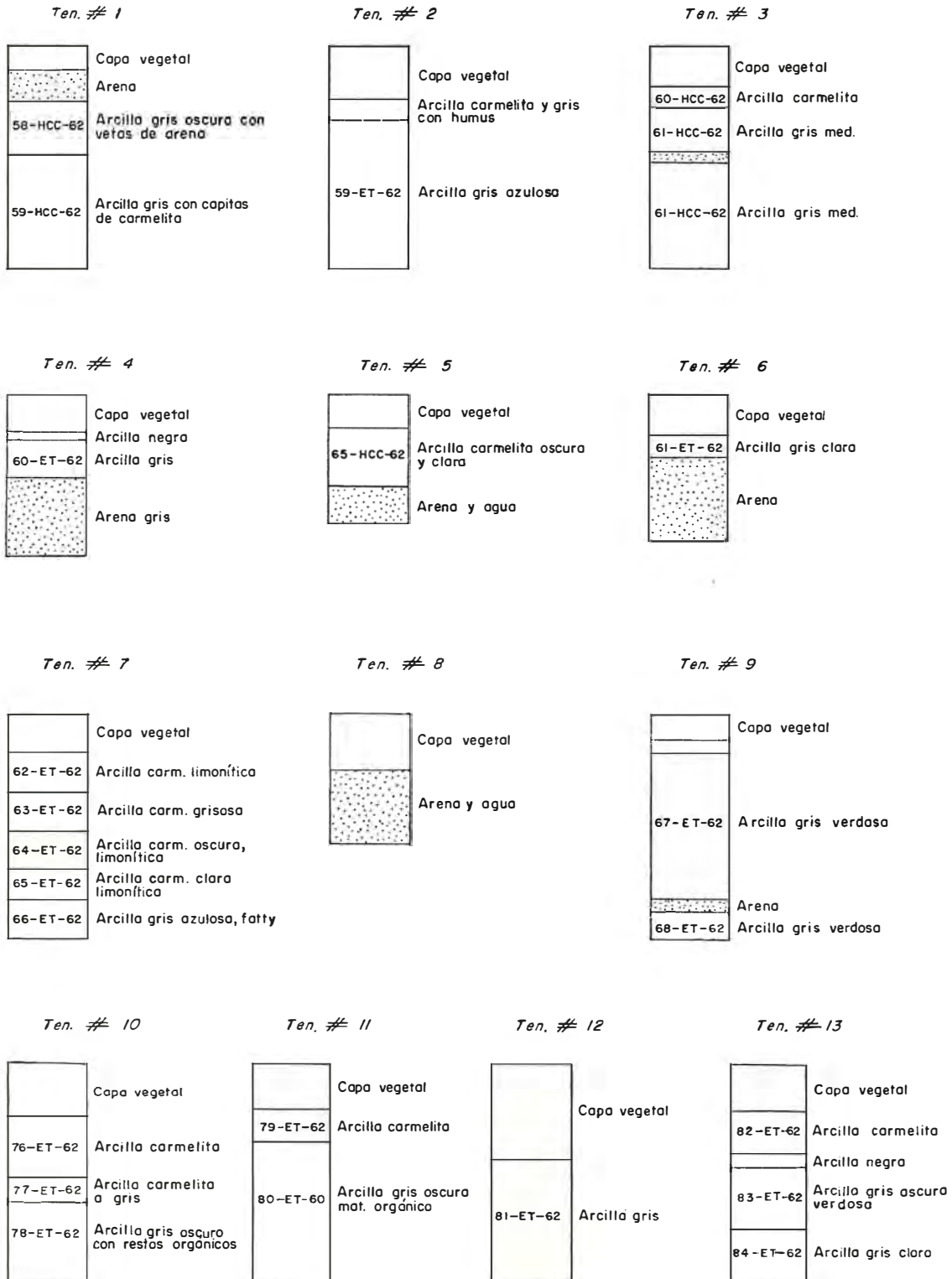
Tab. # 5



COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE TENJO

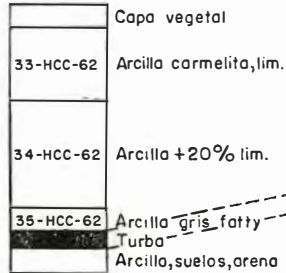


COLUMNAS DE SONDEOS

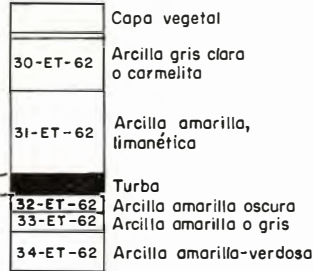
Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE CHIA

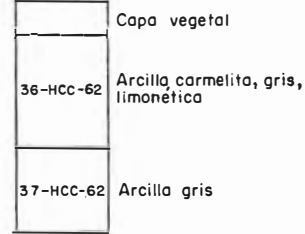
Chia # 1



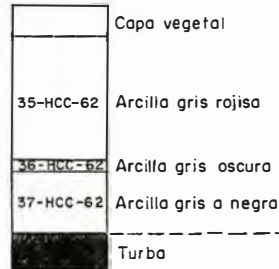
Chia # 2



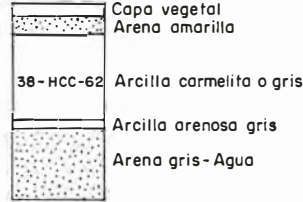
Chia # 3



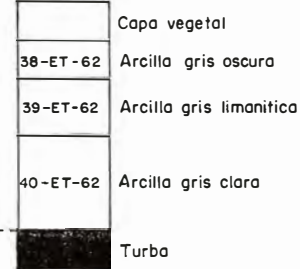
Chia # 4



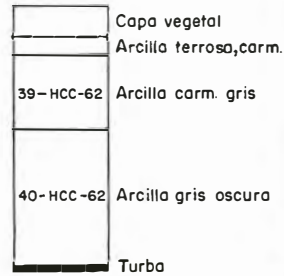
Chia # 5



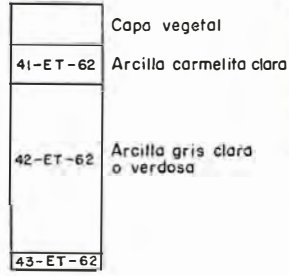
Chia # 6



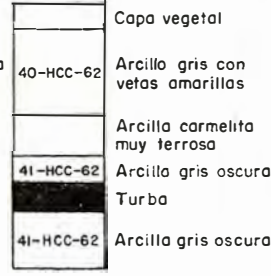
Chia # 7



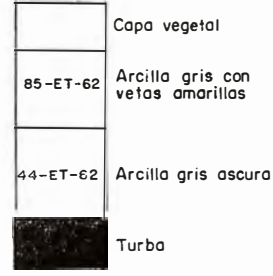
Chia # 8



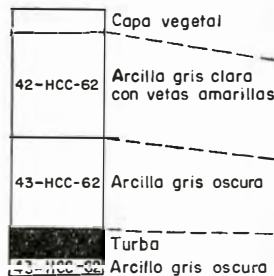
Chia # 9



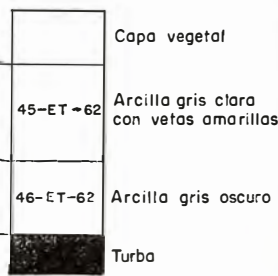
Chia # 10



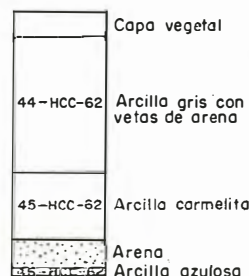
Chia # 11



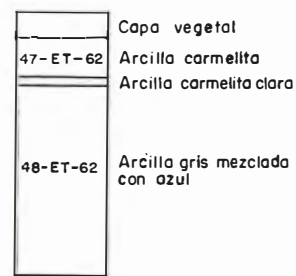
Chia # 12



Chia # 13



Chia # 14



COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 1:200

MUNICIPIOS DE

GUASCA

Guasca # 1

	Capa vegetal
	Arcilla orgánica
34-HCC-61	Arcilla amarilla arenosa
35-HCC-61	Arcilla amarilla plast.
36-HCC-61	Arcilla rojisa
37-HCC-61	Arcilla rojisa
38-HCC-61	Arcilla blanca
39-HCC-61	Arcilla blanca

TAUSA

Tausa # 1

	Capa vegetal
159-HCC-61	Arcilla amarilla
160-HCC-61	Arcilla gris
181-HCC-61	Arcilla amarilla

Tausa # 2

	Capa vegetal
162-HCC-61	Arcilla amarilla
163-HCC-61	Arcilla gris
	Roca arenisca

TOCANCIPA

Tocan. # 1

	Capa vegetal
168-HCC-61	Arcilla gris oscura
169-HCC-61	Arcilla gris clara
	Arena blanca
	Arena arcillosa
	Arena gris

Tocan. # 2

	Capa vegetal
170-HCC-61	Arcilla gris carmelita
171-HCC-61	Arcilla gris
172-HCC-61	Turba Arcilla gris
	Arena

Tocan. # 3

	Capa vegetal
173-HCC-61	Arcilla gris
174-HCC-61	Arcilla gris oscura
	Arena
174-HCC-61	Arcilla gris
	Arena

Tocan. # 4

	Capa vegetal
176-HCC-61	Arcilla carmelita
	Arena gris
177-HCC-61	Arcilla gris
	Arena gris

GACHANCIPA

Tocan. # 6

	Capa vegetal
183-HCC-61	Arcilla gris
184-HCC-61	Arcilla gris silty.
185-HCC-61	Arcilla gris oscura
	Arena
	Turba
186-HCC-61	Arcilla carmelita

Tocan. # 7

	Capa vegetal
187-HCC-61	Arcilla gris-arena
	Arena
	Turba
	Arena
	Arcilla gris

Gachan. # 1

	Capa vegetal
180-HCC-61	Arcilla carmelita mancha limanetica
181-HCC-61	Arcilla carmelita silty Turba Arena
182-HCC-61	Arcilla gris oscura a turbasa

Gachan. # 2

	Capa vegetal
188-HCC-61	Arcilla amarilla, silty
189-HCC-61	Arcilla gris, silty
190-HCC-61	Arcilla carmelita, silty
191-HCC-61	Arcilla gris clara, silty
	Arena

Gachan. # 3

	Capa vegetal
192-HCC-61	Arcilla silty gris
193-HCC-61	Arcilla carmelita
	Arena
194-HCC-61	Arcilla. Arená carm. Turba

Gachan. # 4

	Capa vegetal
195-HCC-61	Arcilla gris manchada
196-HCC-61	Arcilla gris
	Arena
197-HCC-61	Arcilla gris clara
198-HCC-61	Arcilla gris oscura Turba Arcilla sim. 198

Gachan. # 5

	Capa vegetal
199-HCC-61	Arcilla amarilla-gris manchada
	Arena

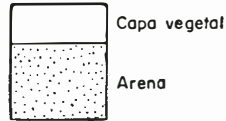
COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 1:200

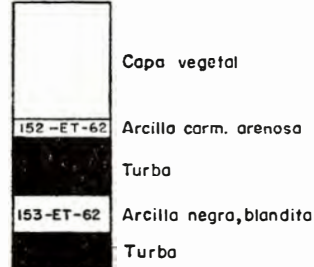
MUNICIPIOS DE

BOJACA

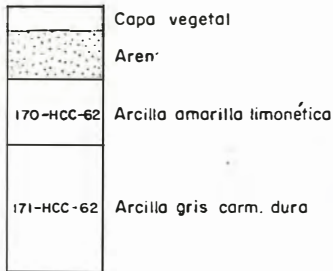
Boj. # 1



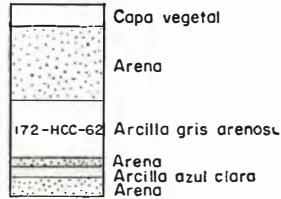
Boj. # 2



Boj. # 3



Boj. # 5



Boj. # 6

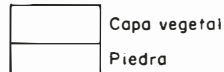


USME

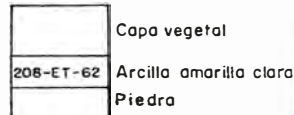
Usme # 1



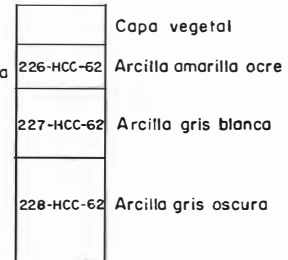
Usme # 2



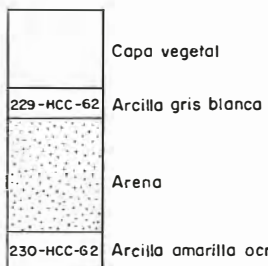
Usme # 3



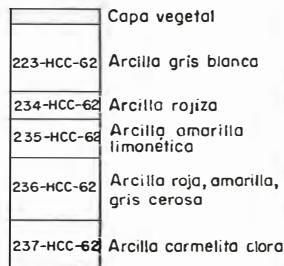
Usme # 4



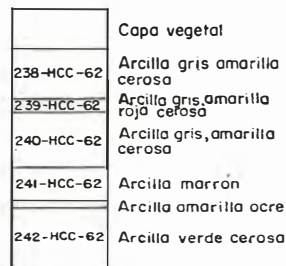
Usme # 5



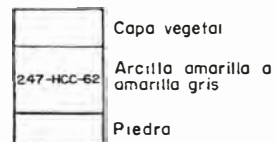
Usme # 6



Usme # 7



Usme # 8



COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 1:200

MUNICIPIOS DE

B O S A

Bos. # 1

	Capa vegetal
	Arena
210-HCC-62	Arcilla marrón
	Arena
211-HCC-62	Arcilla gris marrón

Bos. # 2

	Capa vegetal
	Arena
212-HCC-62	Arcilla marrón
213-HCC-62	Arcilla gris, roja
214-HCC-62	Arcilla gris, carmelita oscura
215-HCC-62	Arcilla gris, carmelita clara

Bos. # 3

	Capa vegetal
216-HCC-62	Arcilla gris clara
217-HCC-62	Arcilla gris, limonítica
	Arena

Bos. # 4

	Capa vegetal
218-HCC-62	Arcilla gris, roja amar.
219-HCC-62	Arcilla marrón
220-HCC-62	Arcilla gris oscura
	Arcilla gris oscura
221-HCC-62	Arcilla terrosa, silty

Bos. # 5

	Capa vegetal
223-HCC-62	Arcilla color ocre bastante limonítica
224-HCC-62	Arcilla gris-rojiza falta de plasticidad
225-HCC-62	Arcilla marrón

Bos. # 6

	Capa vegetal
231-HCC-62	Arcilla gris clara, limonítica
232-HCC-62	Arcilla gris clara, limonítica

Bos. # 7

	Capa vegetal
243-HCC-62	Arcilla gris amarilla clara
244-HCC-62	Arcilla gris amarilla oscura

Bos. # 8

	Capa vegetal
245-HCC-62	Arcilla gris, marrón amarillo
246-HCC-62	Arcilla marrón, algo de gris y amarillo

ENGATIVA

Bos. # 9

219-ET-62	Arcilla gris amarillosa
220-ET-62	Arcilla color ladrillo
	Arena roja

Eng. # 1

	Capa vegetal
173-ET-62	Arcilla gris clara
174-ET-62	Arcilla gris semioscura y algo verdosa
175-ET-63	Arcilla gris oscura

Eng. # 2

	Capa vegetal
	Arcilla amarilla
176-ET-62	Arcilla gris algo oscura y blanda

Eng. # 3

	Capa vegetal
	Arcilla amarillo
185-HCC-62	Arcilla amar-crema
	Arcilla gris carm.
186-HCC-62	Arcilla gris verdosa

Eng. # 4

	Capa vegetal
	Arcilla amarilla terrosa
187-HCC-62	Arcilla gris carmelita materia orgánica
188-HCC-62	Arcilla gris mediana

Eng. # 5

	Capa vegetal
177-ET-62	Arcilla carmelita amarillosa algo limonítica
178-ET-62	Arcilla marrón
179-ET-62	Arcilla gris gorda

Eng. # 6

	Capa vegetal
180-ET-62	Arcilla gris oscura
181-ET-62	Arcilla gris verdosa

Eng. # 7

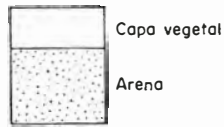
	Capa vegetal
182-ET-62	Arcilla gris oscura
	Arcilla gris oscura
183-ET-62	Arcilla gris verdosa

COLUMNAS DE SONDEOS

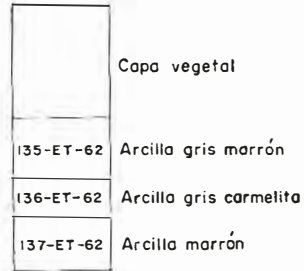
Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE FACATATIVA

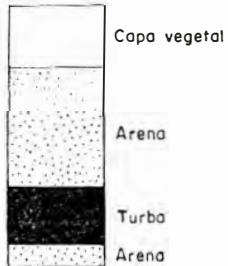
Faca # 1



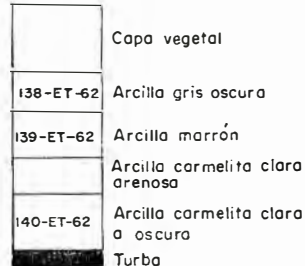
Faca # 2



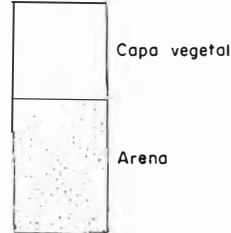
Faca # 3



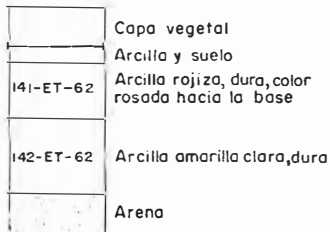
Faca # 4



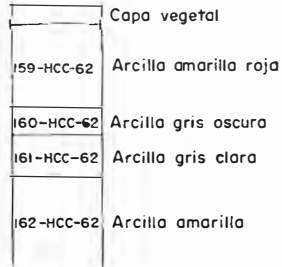
Faca # 5



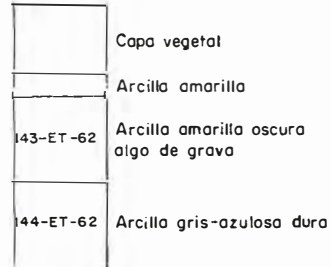
Faca # 6



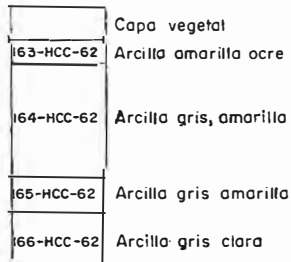
Faca # 7



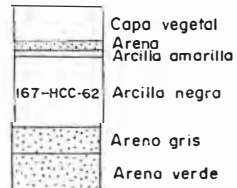
Faca # 8



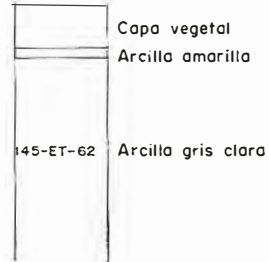
Faca # 9



Faca # 10



Faca # 11

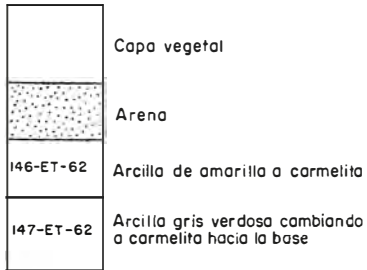


COLUMNAS DE SONDEOS

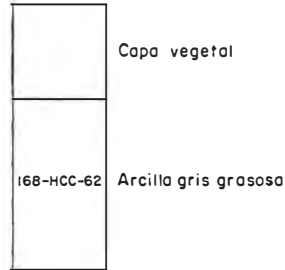
Escala vertical 1:200

MUNICIPIOS DE: FACATATIVA

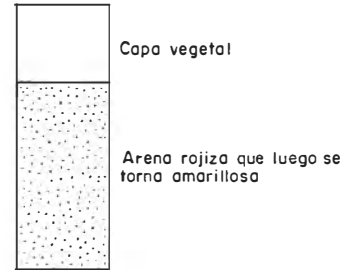
Faco. # 12



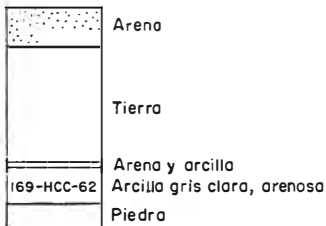
Faco. # 13



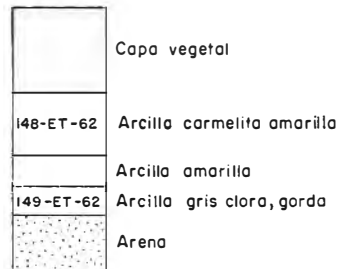
Faco. # 14



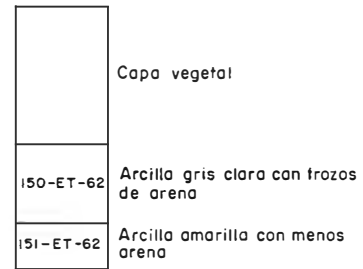
Faco. # 15



Faco. # 16

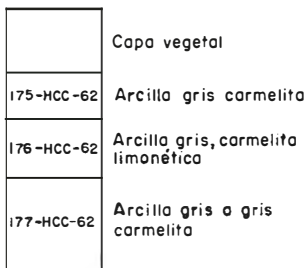


Faco. # 17

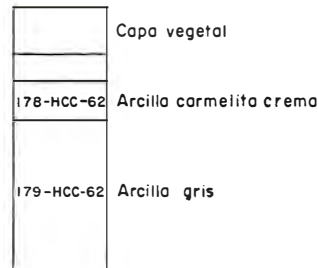


FONTIBON

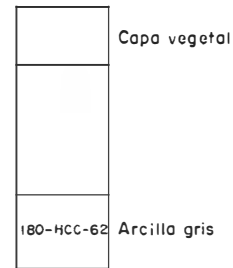
Font. # 1



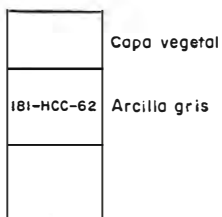
Font. # 2



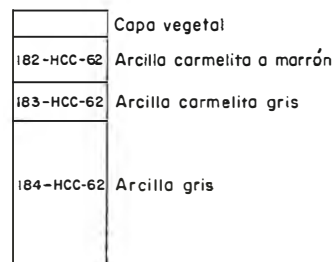
Font. # 3



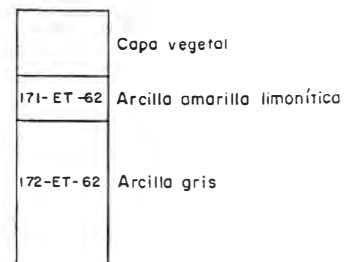
Font. # 4



Font. # 5



Font. # 6



COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE FUNZA

Fun. # 1

	Capa vegetal
97-ET-62	Arcilla gris clara
98-ET-62	Arcilla gris oscura gorda

Fun. # 2

	Capa vegetal
99-ET-62	Arcilla amarilla clara
100-ET-62	Arcilla gris clara
101-ET-62	Arcilla gris oscura, gorda

Fun. # 3

	Capa vegetal
102-ET-62	Arcilla amarilla clara
103-ET-62	Arcilla gris clara
104-ET-62	Arcilla gris oscura, gorda

Fun. # 4

	Capa vegetal
105-ET-62	Arcilla carmelita clara, limonética
106-ET-62	Arcilla gris verdosa

Fun. # 5

	Capa vegetal
	Arcilla amarilla clara
107-ET-62	Arcilla gris carmelita materia orgánica
108-ET-62	Arcilla gris clara a oscura, gorda

Fun. # 6

	Capa vegetal
121-HCC-62	Arcilla amarilla crema
122-HCC-62	Arcilla gris, gorda
123-HCC-62	Arcilla gris carmelita oscura, gorda

Fun. # 7

	Capa vegetal
109-ET-62	Arcilla amarilla clara
110-ET-62	Arcilla gris verdosa

Fun. # 8

	Capa vegetal
124-ET-62	Arcilla gris carmelita
125-ET-62	Arcilla gris, gorda

Fun. # 9

	Capa vegetal
111-ET-62	Arcilla amarilla clara
112-ET-62	Arcilla gris verdosa

Fun. # 10

	Capa vegetal
	Arcilla gris carmelita
	Arcilla gris
126-HCC-62	Arcilla ? gris oscura o negra, humus

Fun. # 11

	Capa vegetal
113-ET-62	Arcilla gris oscura, gorda

Fun. # 12

	Capa vegetal
127-HCC-62	Arcilla gris carmelita
128-HCC-62	Arcilla gris gorda

Fun. # 13

	Capa vegetal
114-ET-62	Arcilla carmelita a amarilla
115-ET-62	Arcilla carmelita con manchas de gris verdosa

Fun. # 14

	Capa vegetal
129-HCC-62	Arcilla gris carmelita
130-HCC-62	Arcilla gris gorda

Fun. # 15

	Capa vegetal
116-ET-62	Arcilla carmelita a amarilla
	Arcilla gris gorda

Fun. # 16

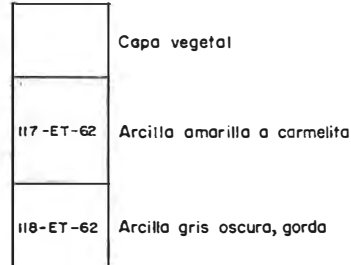
	Capa vegetal
	Arena amarilla
	Arena gris

COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE MADRID

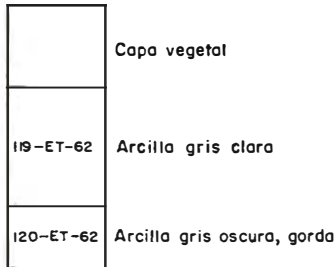
Mad. # 1



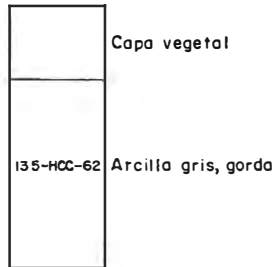
Mad. # 2



Mad. # 3



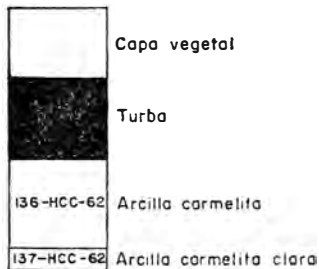
Mad. # 4



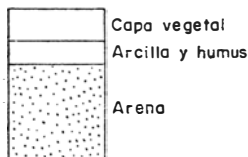
Mad. # 5



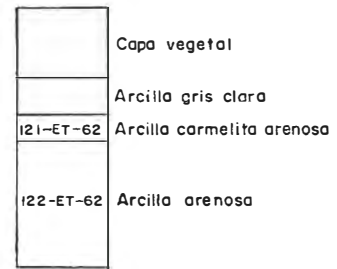
Mad. # 6



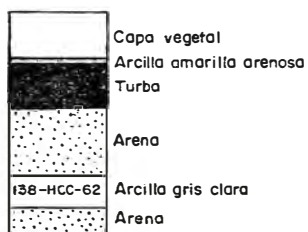
Mad. # 7



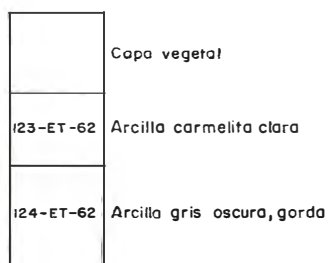
Mad. # 8



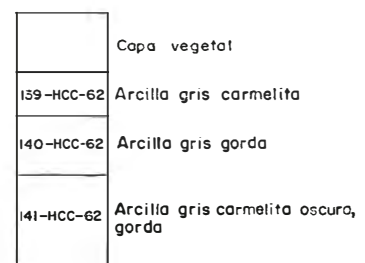
Mad. # 9



Mad. # 10



Mad. # 11

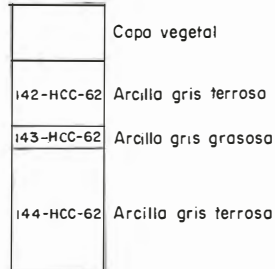


COLUMNAS DE SONDEOS

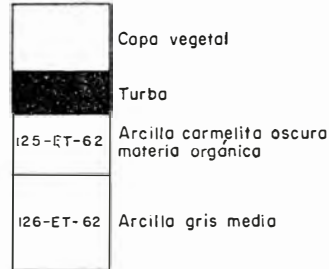
Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE MADRID

Mad. # 12



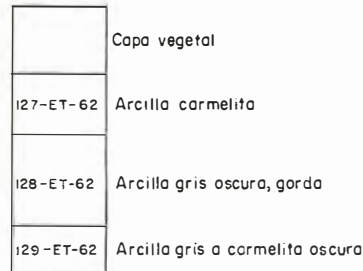
Mad. # 13



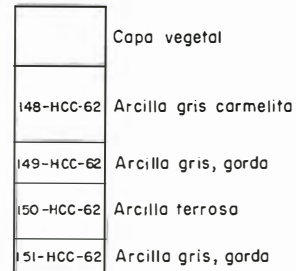
Mad. # 14



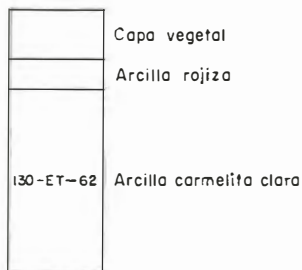
Mad. # 15



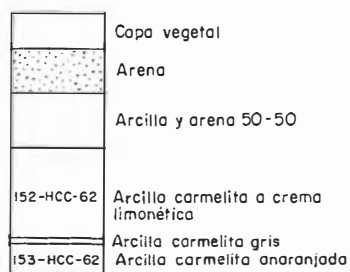
Mad. # 16



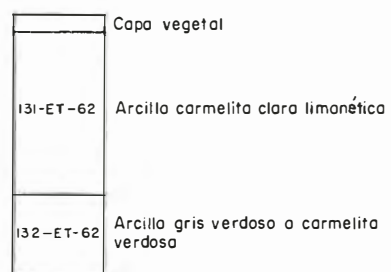
Mad. # 17



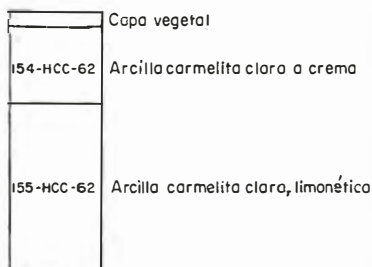
Mad. # 18



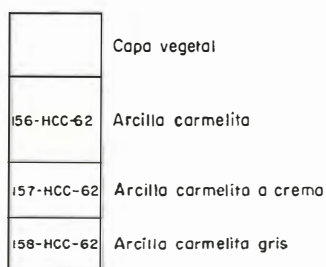
Mad. # 19



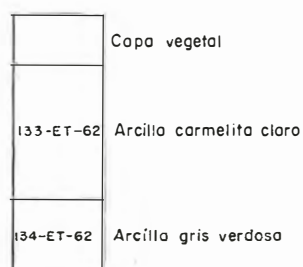
Mad. # 20



Mad. # 21



Mad. # 22



COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 1:200

MUNICIPIOS DE: SUBACHOQUE

Subac. # 1

	Capa vegetal
155-ET-62	Arcilla carmelita amarilliso
156-ET-62	Arcilla gris oscura
	Arcilla negra
	Piedra

Subac. # 2

	Capa vegetal
157-ET-62	Arcilla carmelita amarilliso
158-ET-62	Arcilla negruzca, gorda
	Arcilla arenosa y con grava
159-ET-62	Arcilla gris clara
	Arcilla gris clara con bastante cascajo

Subac. # 3

	Capa vegetal
160-ET-62	Arcilla carmelita oscura, cerosa al tacto
	Arcilla negra carmelitosa

Subac. # 4

	Capa vegetal
	Árena rojiza
161-ET-62	Arcilla amarilla clara muy dura
162-ET-62	Arcilla rosado oscura con pequeñas intercalaciones de arena

Subac. # 5

	Capa vegetal
163-ET-62	Arcilla carmelita oscura
164-ET-62	Arcilla amarilla oscura, pequeñas muestras de arena
165-ET-62	Arcilla gris clara algo limonítica

Subac. # 6

	Capa vegetal
	Arcilla terrosa
173-HCC-62	Arcilla gris clara con limonita
174-HCC-62	Arcilla amarilla dura

Subac. # 7

	Capa vegetal
166-ET-62	Arcilla amarilla clara
167-ET-62	Arcilla amarillito, dura
168-ET-62	Arcilla gris clara, dura
	Árena

Subac. # 8

	Capa vegetal
169-ET-62	Arcilla rojiza
	Árena
170-ET-62	Arcilla amarilla carmelita

MOSQUERA

Mos. # 1

	Capa vegetal
184-ET-62	Arcilla carmelita clara

Mos. # 2

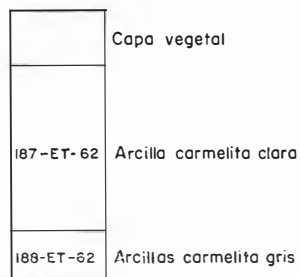
	Capa vegetal
185-ET-62	Arcilla carmelita clara
186-ET-62	Arcilla gris verdosa

COLUMNAS DE SONDEOS

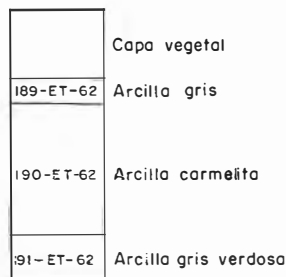
Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE MOSQUERA

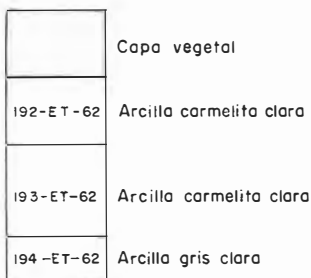
Mos. # 3



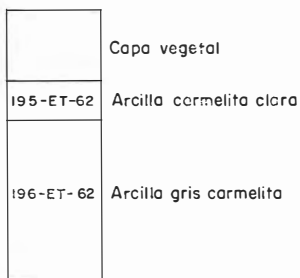
Mos. # 4



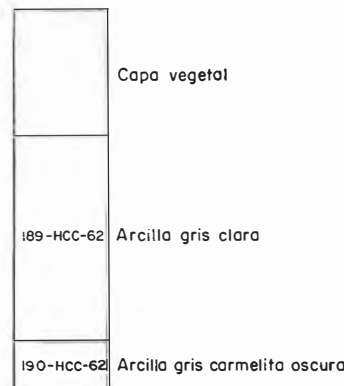
Mos. # 5



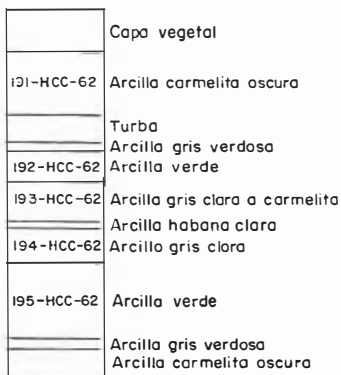
Mos. # 6



Mos. # 7



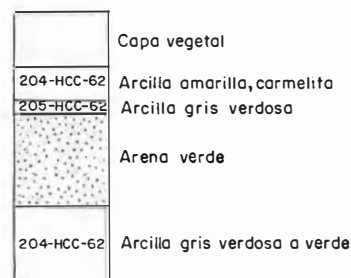
Mos. # 8



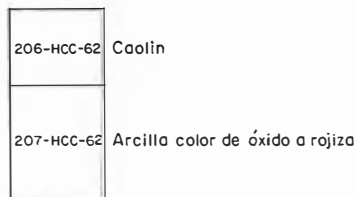
Mos. # 9



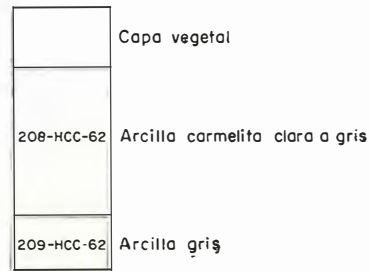
Mos. # 12



Mos. # 13



Mos. # 14

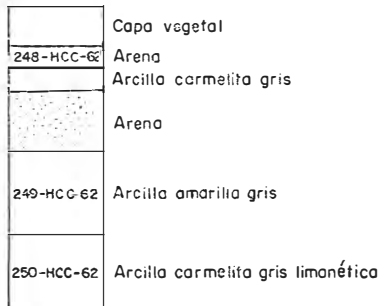


COLUMNAS DE SONDEOS

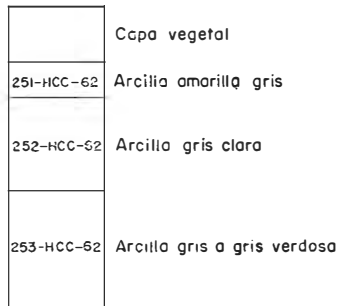
Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE SOACHA

Soa. # 1



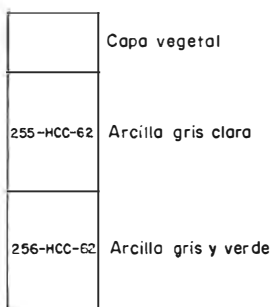
Soa. # 2



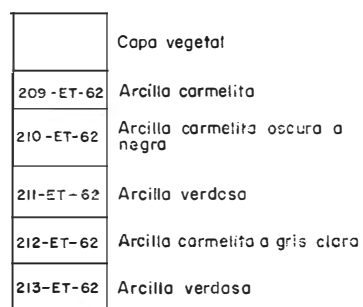
Soa # 3



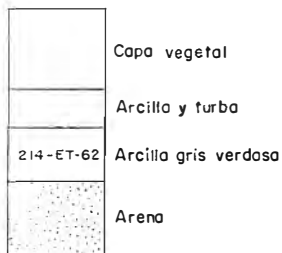
Soa. # 4



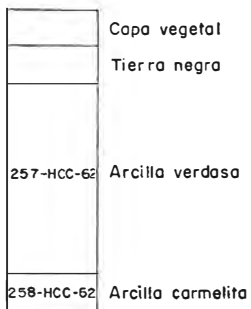
Soa # 5



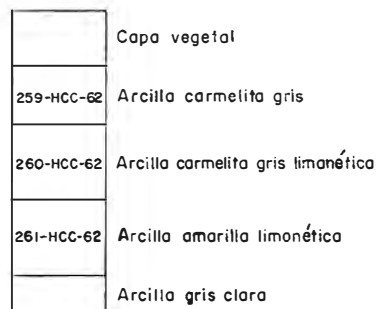
Soa # 6



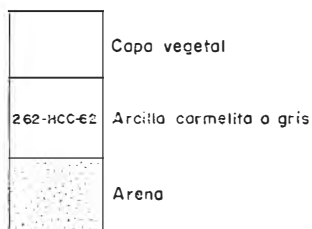
Soa. # 7



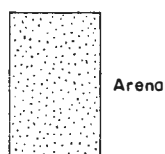
Soa. # 8



Soa. # 9 -



Soa. # 10



COLUMNAS DE SONDEOS

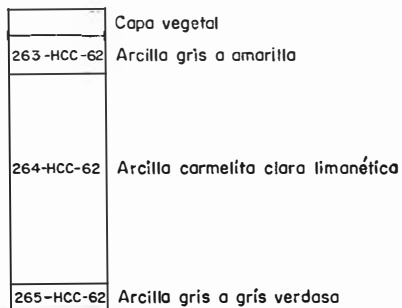
Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE SOACHA

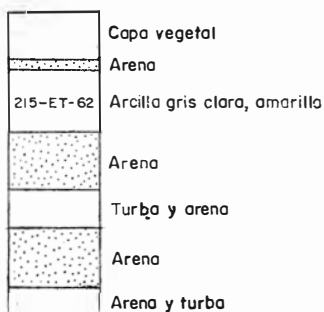
Soa. # 11



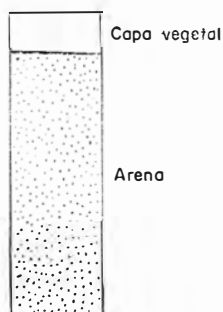
Soa. # 12



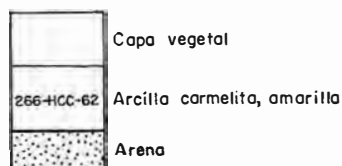
Soa. # 13



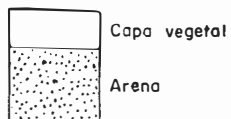
Soa. # 14



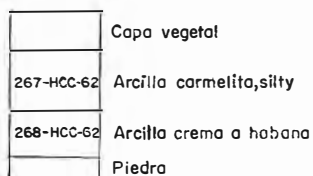
Soa. # 15



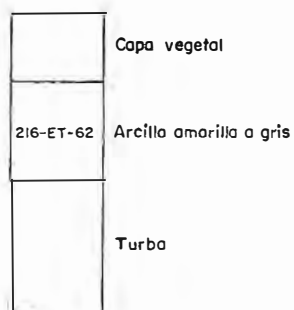
Soa. # 16



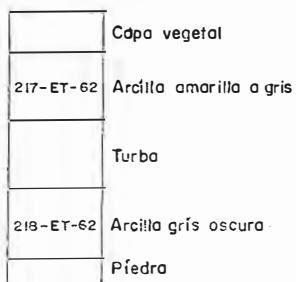
Soa. # 17



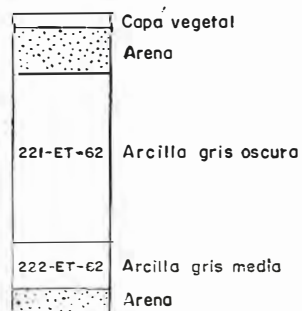
Soa. # 18



Soa. # 19



Soa. # 20



COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 1:200

MUNICIPIO DE SUBA

Suba # 1

	Capa vegetal
79-HCC-62	Arcilla amarilla a gris
80-HCC-62	Arcilla gris media gorda
81-HCC-62	Arcilla gris carmelita

Suba # 2

	Capa vegetal
82-HCC-62	Arcilla amarilla a gris
83-HCC-62	Arcilla gris media gorda
84-HCC-62	Arcilla gris carmelita

Suba # 3

	Capa vegetal
85-HCC-62	Arcilla gris a crema
86-HCC-62	Arcilla gris, materia orgánica
87-HCC-62	Arcilla gris azulosa gorda

Suba # 4

	Capa vegetal
88-HCC-62	Arcilla gris carmelita
89-HCC-62	Arcilla gris plástica

Suba # 5

	Capa vegetal
90-HCC-62	Arcilla gris carmelita
91-HCC-62	Arcilla gris, gorda
92-HCC-62	Arcilla gris carmelita plástica

Suba # 6

	Capa vegetal
86-ET-62	Arcilla gris amarilla
87-ET-62	Arcilla gris verdosa, gorda
	Arcilla carmelita
	Arcilla como 87-ET-62

Suba # 7

	Capa vegetal
93-HCC-62	Arcilla carmelita crema
	Turba
94-HCC-62	Arcilla gris oscura, arenosa
95-HCC-62	Arcilla gris azulosa clara

Suba # 8

	Capa vegetal
88-ET-62	Arcilla gris gorda

Suba # 9

	Capa vegetal
96-HCC-62	Arcilla carmelita crema
97-HCC-62	Arcilla gris medio gorda

Suba # 10

	Capa vegetal
89-ET-62	Arcilla carmelita clara a amarilla
90-ET-62	Arcilla carmelita oscura
91-ET-62	Arcilla gris verdosa, gorda

COLUMNAS DE SONDEOS

Escala vertical 200

MUNICIPIO DE SUBA

Suba # 11

	Capa vegetal
98-HCC-62	Arcilla gris amarilla, gorda
99-HCC-62	Arcilla gris med. silty

Suba # 12

	Capa vegetal
92-ET-62	Arcilla gris clara
93-ET-62	Arcilla gris oscura, gorda

Suba # 13

	Capa vegetal
100-HCC-62	Arcilla amarilla a gris
101-HCC-62	Arcilla gris medio gorda
102-HCC-62	Arcilla gris carmelita

Suba # 14

	Capa vegetal
103-HCC-62	Arcilla gris grasosa
104-HCC-62	Arcilla gris med. a azulosa

Suba # 15

	Capa vegetal
105-HCC-62	Arcilla amarilla
106-HCC-62	Arcilla gris verdosa
107-HCC-62	Arcilla gris carmelita gorda

Suba # 16

108-HCC-62	Arcilla amarilla a gris
109-HCC-62	Arcilla gris carmelita
110-HCC-62	Arcilla gris gorda
111-HCC-62	Arcilla gris carmelita oscura, gorda

Suba # 17

112-HCC-62	Arcilla gris carmelita
113-HCC-62	Arcilla gris gorda
114-HCC-62	Arcilla gris verdosa
115-HCC-62	Arcilla gris media

Suba # 18

	Capa vegetal
116-HCC-62	Arcilla amarilla a gris
117-HCC-62	Arcilla gris media

Suba # 19

	Capa vegetal
118-HCC-62	Arcilla amarilla a gris
119-HCC-62	Arcilla gris carmelita
120-HCC-62	Arcilla gris gorda

Suba # 20

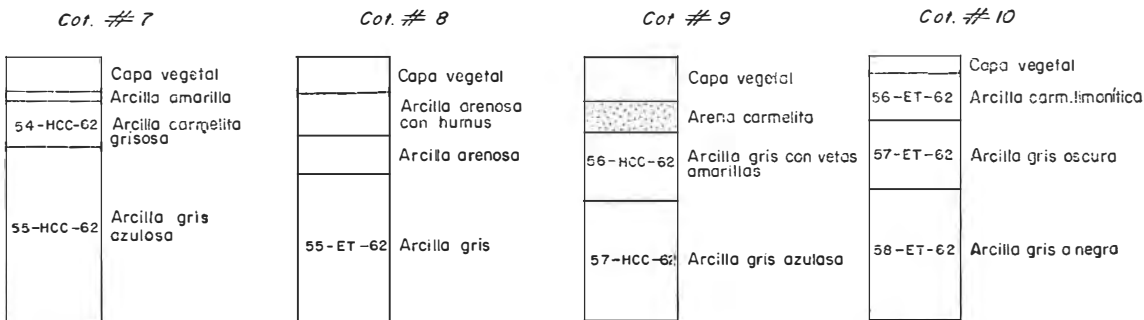
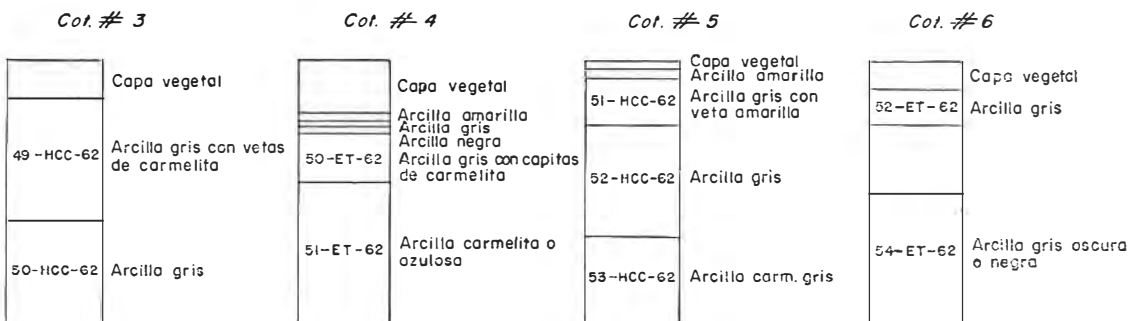
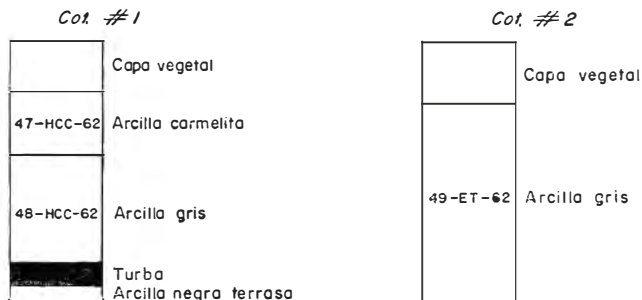
	Capa vegetal
94-ET-62	Arcilla amarilla dura
95-ET-62	Arcilla gris clara, limonética
96-ET-62	Arcilla gris media a carmelita

COLUMNAS DE SONDEOS

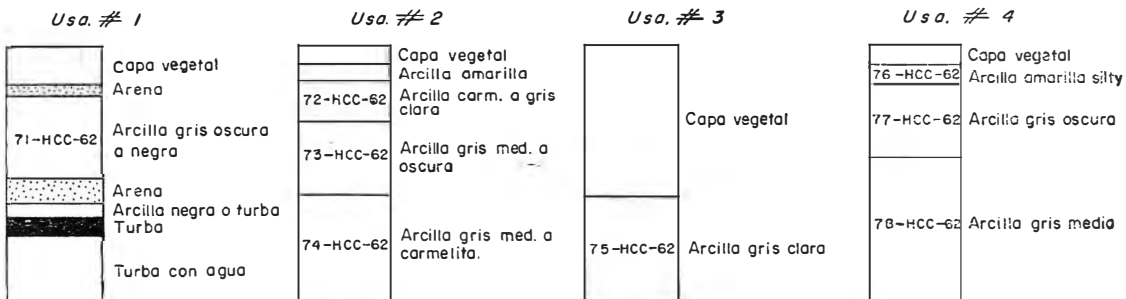
Escala vertical 1:200

MUNICIPIOS DE :

COTA



USAQUEN



OBSERVACIONES SOBRE LAS CALIZAS DE TOLUVIEJO

**POR
JAIME DE PORTA**

INFORME No. 1408

**SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA, 1963**

CONTENIDO

RESUMEN	123
INTRODUCCIÓN	125
RASGOS GEOGRÁFICOS	127
ESTRATIGRAFÍA	127
ESTRUCTURAS	129
PETROGRAFÍA	129
ANÁLISIS QUÍMICOS	131
EXTENSIÓN	131
BIBLIOGRAFÍA	131
MAPA CON LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS	132
MAPA GEOLÓGICO DE TOLÚVIEJO	132

RESUMEN

El terciario inferior, que consta de conglomerados de rocas ígneas, arenas, lutitas y calizas, forma en los alrededores de Tolúviejo un anticlinal con algunas complicaciones estructurales. Las calizas presentan potencias que oscilan entre 10 y 60 metros. El contenido en calcio (CaO) presenta valores siempre superiores al 50%. Dentro de las calizas existen cambios laterales de facies que dan lugar a una arenisca cuarzosa con cemento calcáreo y con abundantes fragmentos de fósiles, principalmente moluscos y foraminíferos. Estas variaciones presentan un carácter local, por lo menos dentro de la región estudiada.

La extensión de las calizas y el contenido en CaO, junto con las facilidades de explotación y transporte, las hacen aptas para la industria.

SUMMARY

The lower tertiary which is made up of igneous rocks conglomerates sands, shales and limestones forms an anticlinal with some structural complications *Tolúviejo* nearby. Thickness of the limestones ranges between 10 and 60 meters and the tenor of calcium (CaO) always is more than 50%. There are facies lateral changes giving rise to a quartzitic sandstone with calcareous cement and very abundant fossil fragments made up of molusca and foraminifera mainly. These variations are local at least as far as the region is concern.

Extension, tenor of calcium, exploitation advantages and transport facilities make these limestones good to the industry.

INTRODUCCION

Durante el trabajo de campo destinado al estudio de la estratigrafía y estructura de la Plancha fotogeológica E-8 (Departamento de Bolívar), me llamó la atención la importancia que tienen las calizas en esta región y la posibilidad de su industrialización.

En el presente trabajo se dan algunas observaciones sobre la estratigrafía, rasgos generales de la estructura y algunos análisis petrográficos y químicos de algunas muestras que dan una idea de la importancia y tipo de las calizas.

En ningún caso se ha pretendido hacer un estudio exhaustivo, y mucho menos un trabajo de Geología aplicada. La estratigrafía y la estructura detallada se da en un trabajo de conjunto que se está elaborando y que abarca un área mucho más amplia.

RASGOS GEOGRAFICOS

Geográficamente la región de Tolúviejo está caracterizada por un sistema de montañas dispuestas paralelamente, y en su mayoría dirigidas de NE a SW. Estas cadenas montañosas delimitan morfológica y geológicamente la plana cuaternaria que se extiende desde la población de Tolúviejo hasta el mismo borde de la costa.

La Serranía de Tolúviejo corresponde estructuralmente a un amplio anticlinal cuya bóveda se ha erosionado por completo y quedan al descubierto los materiales que constituyen el núcleo del anticlinal. Los flancos de este anticlinal están formados por calizas. Hacia el Suroeste, el anticlinal de Tolúviejo se continúa por Varsovia y Palmito. Las mismas calizas presentan una mayor extensión al noroeste de Tolúviejo, donde forman un conjunto de ondulaciones que ocupan prácticamente el área comprendida entre el Caserío de La Piche, Colosó y Chalán. Al oeste de esta pequeña villa las calizas forman los Cerros de Tonaya y Lomas del Desengaño, cuya dirección coincide con el eje del anticlinal, del cual forman el flanco occidental.

Todavía al pie de la Serranía de Tolúviejo, y separadas de ella, aproximadamente poco más de dos kilómetros, existen los Cerros de El Porvenir, Villanueva y Ojo de Agua, con una altura de 160 metros, que interrumpen la monotonía de la plana de Tolú.

ESTRATIGRAFIA

Región de Tolúviejo.—En esta sección las calizas forman una masa sin indicios de estratificación y están fuertemente diaclasadas. No existe ningún afloramiento que permita obtener una serie bien detallada, ya que siempre las calizas coinciden con la existencia de un matorral sumamente denso. Existen cambios de facies que se ponen de manifiesto, tanto de norte a sur como de este a oeste.

Estas calizas corresponden sin duda a la Caliza de Palmito de Beck (1921) y constituyen la parte más alta estratigráficamente de las Series de Tolúviejo, de Werenfels (1926). Tanto Beck como Werenfels asignan a esta caliza una edad eocénica por la presencia de *Helicolepidina spiralis* Tobler, *Lepidocyclina* sp. y *Operculina* sp., junto con pequeños foraminíferos que no están determinados. Bürgl (1957) también la considera de edad eocénica *. Indudablemente, tanto la Caliza de Palmito como las Series de

* En otro trabajo se discuten ampliamente las edades del terciario de esta región.

Tolúviejo, son formaciones litológicas que no están bien definidas por la falta de series detalladas y por no estar señalados los límites precisos con las formaciones infrayacentes ni con las formaciones que se les superponen.

La potencia de estas calizas es un factor bastante variable. Beck le atribuye alrededor de unos 60 metros. El espesor de la Serie de Tolúviejo corresponde, según Werenfels, a unos 400 metros. Evidentemente, la diferencia entre las dos series es muy elevada. Hay que considerar para su explicación varios factores. En primer lugar, las dos series no están tomadas en la misma localidad. Entre Tolúviejo y Palmito, las dos localidades tipo de estas formaciones litológicas, existe una separación superior a los veinte kilómetros. Naturalmente que influyen los cambios laterales de facies y las variaciones de potencia que presentan las mismas calizas; sin embargo, no son causas suficientes para que exista una diferencia tan notable. Esta radica especialmente en que la Serie de Tolúviejo, de Werenfels, comprende no sólo las calizas, sino también parte de las capas subyacentes formadas por arenas, lutitas y gravas, exceptuando posiblemente el núcleo del anticlinal formado por arenas y conglomerados de rocas ígneas. Para Beck la Caliza de Palmito constituye exclusivamente el techo de la Serie de Tolúviejo.

Con todo, los cambios de potencia que presentan las calizas son frecuentes y a veces quedan reducidas a menos de 20 metros. Los cambios laterales, principalmente a calizas arenosas con fragmentos de moluscos, tienen más bien un carácter local, por lo menos en la zona estudiada. Uno de estos cambios de facies se puede observar en los alrededores de la Hacienda La China y al noreste del caserío La Piche.

Región de Chalán.—Al oeste de Chalán existe otro anticlinal con las mismas características del anticlinal de Tolúviejo. El arroyo Chalán, que se ha abierto en parte dentro del flanco oriental del anticlinal, ofrece un buen corte, especialmente de las calizas.

Por el arroyo Ojo de Agua se obtuvo la siguiente serie:

Techo: Arcillas y arenas en alternancia.

Caliza compacta con <i>Ostrea</i> sp. y <i>Pecten</i> sp. en bancos grandes, con interbancos muy pequeños de lutitas	35	m.
Calizas alternando con lutitas	5	m.
Arenisca compacta	6	m.
Arenas arcillosas	4	m.
Arenisca compacta	1.60	m.
Arenas de grano fino	25	m.
Arcillas rojizas	4	m.
Arenas con costras limoníticas	20	m.

Yacente: Arcillas.

En esta sección las calizas no forman una masa sin estratificación como en la región de Tolúviejo, sino que se presentan en bancos de dos y tres metros de potencia. Al oeste y noroeste de la población de Chalán estas calizas se extienden ocupando una gran superficie, ya que forman una serie de ondulaciones, a veces más o menos bruscas, con potencias que oscilan entre los 10 y 20 metros.

ESTRUCTURAS

El eje del anticlinal de Tolúviejo presenta una dirección general NE-SW, y condiciona por tanto la dirección de la Serranía de Tolúviejo y la Serranía de Coraza. Al sur de Tolúviejo el anticlinal se estrecha notablemente, al mismo tiempo que el flanco occidental se curva. Las complicaciones estructurales que se encuentran junto a Tolúviejo constituyen en realidad la respuesta a esta estructura. Las calizas han respondido a este esfuerzo fisurándose completamente y deslizándose sobre los materiales subyacentes que han actuado de lubricante. De esta manera se han formado una serie de bloques gravitativos que se han desplazado en todas direcciones, dando al conjunto un aspecto caótico. En la Loma la Loca, junto al río Colosó, estas estructuras alcanzan su mayor significación. El contacto de los bloques calizos con las capas infrayacentes está siempre mecanizado y el desplazamiento sufrido en general no es muy notable. La fuerte fisuración de las calizas ha contribuido notablemente a su erosión.

Tanto el flanco oriental como el occidental presentan buzamientos que oscilan alrededor de los 50 grados, aunque en el flanco occidental se pueden observar muchas veces buzamientos superiores que alcanzan hasta los 70 grados. El eje del anticlinal sufre una serie de cabeceos más o menos pronunciados. En estas condiciones el núcleo del anticlinal no siempre llega a aflorar. En el Arroyo Seco, que coincide en una parte de su recorrido con el eje del anticlinal, aparecen un conjunto de arenas y conglomerados de rocas ígneas que corresponden a la parte más inferior de la serie estratigráfica.

En los alrededores de Chalán, más concretamente al oeste de la población, ya se ha indicado la existencia de un anticlinal, también con una dirección general N-S. Hacia el sur este anticlinal cabecea y se hunde definitivamente a la altura de Colosó. Aparte de este cabeceo, una falla afecta todo el flanco occidental.

PETROGRAFIA

Como carácter preliminar, y para seguir después un estudio más a fondo sobre estas calizas, se han preparado algunas secciones petrográficas para conocer las variaciones laterales y las condiciones de depósito.

Muestra N° 1.—Tomada frente a la hacienda La China.

Macroscópicamente se observa que contiene una elevada proporción de cuarzo y chert, así como numerosos fragmentos de fósiles, principalmente moluscos. Aun dentro de las mismas capas que presentan potencias de 0.20 m. y 0.50 m., existen variaciones en el contenido de sílice.

Microscópicamente la muestra está formada por granos de cuarzo con tamaños comprendidos entre 0.2 y dos milímetros. Los fragmentos de chert son menos frecuentes, pero siempre de mayor tamaño. Entre los fragmentos de caliza orgánica hay que señalar por su abundancia los moluscos y los foraminíferos. Entre los moluscos aparecen algunos frag-

mentos que permiten observar los prismas fibrosos de las conchas de Lamelibranchios. Los foraminíferos están representados por varias secciones, pero todos se presentan bastante fragmentados. Las cámaras de los foraminíferos están rellenas de calcita. En cuanto a la forma de los granos de cuarzo, son más bien angulosos y presentan indicios de corrosión. Todo este conjunto detrítico está cementado por una masa de calcita. No se observan los fragmentos de calcita detrítica que son característicos de los biocalcarentas en el sentido de Carozzi.

Las condiciones que presentan estas calizas arenosas constituyen un carácter local dentro de la región estudiada.

Muestra N° 2.—Camino de Tolúviejo al Arroyo Seco, frente a la loma Colorada.

Exteriormente se trata de una caliza compacta, de color blanco, ligeramente grisácea en la superficie externa y en contacto con la atmósfera. Presenta además pequeñas oquedades y señales de un karst muy débil.

Microscópicamente está formada por unos pocos fragmentos de caliza detrítica, pero principalmente por caliza orgánica procedente de los foraminíferos. El cuarzo apenas está representado por algún grano de tamaño sumamente pequeño. Esto viene confirmado por el valor de la sílice que arroja el análisis químico. Se observa también la presencia de algún oolito. La presencia de gránulos algáceos es bastante frecuente.

Muestra N° 3.—Se ha recogido en la carretera de Tolúviejo a Tolú, junto al cerro Villanueva.

Macroscópicamente corresponde a una caliza compacta de color blanco.

Al microscopio no aparece ningún grano de cuarzo ni de chert. Son frecuentes los fragmentos de foraminíferos con las cámaras rellenas por calcita. Aún más frecuentes son los gránulos algáceos de forma redondeada y elipsoidal, generalmente también fragmentados. Estos gránulos están formados por una caliza criptocristalina de color oscuro. En el núcleo son frecuentes los minerales detríticos, en este caso fragmentos sumamente pequeños de calcita.

Muestra N° 4.—Procede del flanco occidental de Chalán, junto al Arroyo de Chalán.

Caliza de color más bien oscuro, a veces con frecuentes oquedades debidas a la disolución. En algunos niveles son frecuentes los foraminíferos. Presenta un bajo contenido en sílice, procedente de los granos de cuarzo que son de tamaño muy pequeño y anguloso. Los granos algáceos son menos frecuentes que la muestra anterior.

Muestra N° 5.—Se recogió en el camino que conduce a Pijiguay, junto a Miramar, en la cantera donde se han explotado las calizas.

Corresponde a una caliza compacta, con tonos ocráceos que se deben a los restos orgánicos de numerosos foraminíferos que están englobados

en una masa de caliza de color violáceo que presenta una estructura criptocrystalina.

Muestra N° 6.—Corresponde al cerro Cota 160 metros, al oeste del caserío La Piche.

Caliza blanca compacta, con una gran abundancia de gránulos al-gáceos.

ANALISIS QUIMICOS

Los resultados de los análisis químicos sobre las muestras recogidas se dan en la siguiente tabla. Los análisis han sido realizados por el doctor Quijano, del Laboratorio Químico Nacional:

	Insolubles	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)	Fósforo (P ₂ O ₅)
Muestra N° 2 . . .	4.89%	51.60%	0.43%	0.70%
Muestra N° 3 . . .	1.06%	53.75%	0.78%	0.63%
Muestra N° 4 . . .	6.25%	50.15%	2.42%	0.51%
Muestra N° 5 . . .	4.80%	51.00%	0.72%	1.08%
Muestra N° 6 . . .	0.50%	53.80%	0.90%	0.31%

Como se deduce de las cifras indicadas por el análisis, la proporción de calcio (CaO) es bastante elevada, ya que todas las muestras están por encima del 50%. La proporción de sílice es baja, ya que aun en el caso de mayor proporción, sólo alcanza un 6%, y cabe tener en cuenta que todo este valor no corresponde por entero a la sílice, sino que ella está englobada dentro de los insolubles. Las proporciones de fosfatos y magnesio son también bajas. Cabe señalar aquí que una gran parte de la caliza corresponde a los fragmentos de fósiles que estas calizas engloban.

EXTENSION

Las calizas, como ya se ha indicado anteriormente, se extienden mucho más al norte y al sur de la región estudiada. Solamente en este sector alcanzan aproximadamente unos 15 kilómetros cuadrados, que con un promedio de 15 a 20 metros de potencia, dan una cantidad suficiente para que se puedan explotar. Tanto en el flanco oriental como en el occidental del anticlinal de Tolúviejo son frecuentes los derrubios de pendiente, que se extienden a veces en forma de pequeños conos al pie de estas serranías y que están formados por bloques de caliza.

Actualmente se están explotando algunos de estos derrubios.

BIBLIOGRAFIA

- BECK, E., 1921.—“Geology and Oil Resources of Colombia. The Coastal Plain”, *Econ. Geol.*, v. 16, pp. 463-464, 1 f.
- BÜRGL, H., 1957.—“Materia prima para la fabricación de cemento en los alrededores de Cartagena”. Informe N° 1221, 13 páginas, 3 fs., 1 mapa. Bogotá.
- CAROZZI, A., 1960.—“Microscopic Sedimentary Petrography”, John Wiley & Sons, Inc. pp., 88 fs., New York.
- WERENFELS, T., 1926.—“A stratigraphical Section through Tertiary of Tolúviejo”. *Eclogae Geol. Helv.*, v. 20, n. 1, pp. 79-84, Basel.

**GEOLOGIA Y MINERALIZACIONES CUPRIFERAS DE LA SERRANIA
DE PERIJA, ENTRE BECERRIL Y VILLANUEVA (DEPARTAMENTO
DEL MAGDALENA, INTENDENCIA DE LA GUAJIRA)**

**POR
G. CHAMPETIER DE RIBES
P. PAGNACCO
L. RADELLI
G. WEECKSTEEN**

INFORME No. 1431

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA. 1963

CONTENIDO

RESUMEN	141
PARTE I	143
INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES	143
Estudios anteriores	143
Lineamientos geográficos de la región	144
Condiciones de trabajo	145
Estudio fotogeológico de la Serranía de Perijá	145
Descripción fotogeológica de las formaciones	145
I. El Paleozoico	145
II. La Quinta	146
a) Riodacitas	146
b) Areniscas rojas y conglomerados	146
III. Cretáceo	147
a) Borde occidental	147
b) Frontera venezolana	147
IV. Afloramientos al borde de las terrazas	147
EL GEOSINCLINAL PALEOZOICO	148
1) Paleozoico inferior	148
a) Las rocas de la zona de Manaure	148
b) Las rocas del Horst del Socorro	149
2) El Paleozoico fosilífero	149
a) El Devoniano	150
b) El Permo-Carbonífero	150
Las riodacitas de Urumita-Villanueva	151
EL MESOZOICO	152
1) Mesozoico inferior (Juratriásico). Formación La Quinta	153
a) Los conglomerados	153
b) Rocas volcánicas ácidas recrystalizadas asociadas con areniscas	154
b') Las Tobas recrystalizadas	154
b'') La micropegmatita	154
c) Las areniscas	155

d) Tobas interestratificadas con areniscas	156
e) Las volcanitas asociadas a los sedimentos de La Quinta	156
2) Mesozoico superior. Cretácico	156
a) La formación detrítica	156
b) La formación calcárea	157
EL CENOZOICO	157
Las terrazas del río Manaure	157
Conclusiones: Geología Histórica - Tectónica	157
PARTE II	159
LAS MINERALIZACIONES CUPRÍFERAS	159
Generalidades	159
1) Las localidades mineras principales (San José, El Seno, Zeppelin, Ovejo)	159
Geología y Petrografía	159
a) San José, Quitafrió	160
b) El Seno	161
c) Zeppelin	163
d) El Ovejo	164
Aspectos de las mineralizaciones	164
Alteración de las rocas ígneas	166
Las mineralizaciones	166
Los minerales metálicos	163
Las gangas	169
Paragénesis	170
Edad y clasificación del yacimiento	172
Localidades mineralizadas de menor importancia	172
A) Impregnación en las areniscas	172
B) Venas de relleno de fisuras	173
PARTE III	174
PROSPECCIONES GEOQUÍMICAS	174
I. GENERALIDADES	174
Arroyo Las Piletas	174
Seno- Zeppelin	175
II. GEOQUÍMICA DEL SUELO	176
III. GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS	177
Interpretación de los perfiles	177
A) Máximo a campana regular	178
B) Máximo de pendientes fuertes y amplitud pequeña	178
C) Máximo asimétrico	178
El Seno	178
Perfil I	181
Perfil II	181
Perfil III	181
Perfil IV	181
Perfil V	181
Perfil VI	182

Zeppelin	182
Perfil A	182
Perfil B	183
Perfil C	183
Perfil D	183
Conclusiones	183
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	185
Geología	185
Exploraciones mineras	185
REFERENCIAS	187

G R A F I C O S

Mapa N° 1.—Esquema tectónico de la Serranía de Perijá, entre Codazzi y Villanueva.

Mapa N° 2.—Esquema geológico de la Serranía de Perijá, entre Codazzi y Villanueva.

Mapa N° 3.—Mapa geológico de la zona con indicios de cobre.

Mapa N° 4.—Mapa preliminar de El Seno.

Mapa N° 5.—Mapa geológico de la colina de Zeppelin.

Mapa N° 6.—Mapa geológico de la colina del Ovejo.

Plancha 1A.—Anomalía con máximo a campana regular.

Plancha 1B.—Anomalía con máximo de pendientes fuertes y amplitud pequeña.

Plancha 1C.—Anomalía con máximo asimétrico.

Plancha II.—Perfiles geoquímicos de El Seno.

Plancha III.—Perfiles geoquímicos de Zeppelin.

R E S U M E N

Desde hace tiempo se conocían indicios de mineralización en la zona de la Serranía de Perijá, comprendida entre los pueblos de Molino (Guajira), Codazzi (Magdalena) y la frontera venezolana. En toda esta región se hizo un estudio geológico y petrográfico que puso en evidencia la presencia de las siguientes formaciones: Paleozoico, una masa riodacítica, una formación de edad Juratriásica llamada "La Quinta" y Cretácico. Hacen parte de las formaciones paleozoicas: calizas, esquistos y cuarcitas de edad devoniana y permo-carbonífera. Las riodacitas tienen su origen en el ciclo orogénico que afectó las formaciones paleozoicas antes de la deposición de los sedimentos continentales mesozoicos. A la formación "La Quinta" pertenecen areniscas rojas de sedimentación continental, y de granulometría variada; en estas areniscas se hallan intercalaciones discordantes de rocas volcánicas y subvolcánicas. Al cretácico pertenecen calizas más o menos horizontales. Algunas fallas con rumbo aproximado norte-sur afectan la región. La parte más alta de la Serranía tiene estructura sinclinal. La mineralización (cobre nativo, cuprita, carbonatos básicos y calcocita) se encuentra en las rocas de la formación "La Quinta", en las areniscas, y también en las intercalaciones andesíticas y microgábricas. La mineralización es del tipo de impregnación (disseminated copper). Se hizo un estudio minero-genético y geoquímico de las áreas mineralizadas. Las localidades que parecen tener las mejores posibilidades económicas son las llamadas "El Seno" y "Ovejo".

R I A S S U N T O

Nella Zona della Serranía de Perijá compresa tra le località Molino (Guajira), Codazzi (Magdalena) e il confine venezolano si conoscevano da tempo indizi di mineralizzazione cuprifera. Su tutta la regione si è svolta una campagna di ricerca geologico-petrografica che ha messo in luce la presenza dei seguenti terreni; Paleozoico, una massa riodacitica, una formazione di età giura-triassica e cretaceo. Al Paleozoico appartengono calcari, scisti e quarziti di età devoniana e permo-carbonifera. Le riodaciti si fanno risalire al ciclo orogenetico che ha sollevato i terreni paleozoici, prima della deposizione dei sedimenti continentali mesozoici. La formazione "La Quinta", di età giura-triassica, è composta soprattutto da arenarie rosse di tipo continentale e di granulometria variabile; rocce vulcaniche e subvulcaniche di tipo mesosilicico sono intercalate in discordanza con le arenarie. Al cretaceo appartengono calcari trasgressivi in giacitura più o meno orizzontale. Alcune faglie di direzione approssimativamente Nord-Sud disturbano la regione. La parte più alta della catena ha struttura sinclinale. La mineralizzazione (rame nativo, cuprite, carbonati basici e calcocite) interessa le rocce della formazione La Quinta, sia le arenarie, sia specialmente le intercalazioni andesitiche e microgabbriiche, ed è di tipo di impregnazione (disseminated copper). Sugli indizi di mineralizzazione si è svolto uno studio minero-genetico e geochimico. Le località che sembrano avere le maggiori prospettive per lo sfruttamento minerario sono quelle denominate "El Seno" e "Ovejo".

R E S U M É

Dans la zone de la Serranía de Perijá comprise entre les villages Molino (Guajira) et Codazzi (Magdalena) et la frontière du Vénézuéla, sont connus depuis longtemps des indices de minéralisation cuprifère. Sur toute cette région nous avons fait une étude géologique et pétrographique qui a mis en évidence, la présence des terrains suivants: Paléozoic, une masse riodacitique, une formation dite "La Quinta" d'âge jura-triassique et du Crétacé. La Paléozoic comprend des calcaires, des schists et des quartzites d'âge dévonienne et permo-carbonifère. Nous approchons les riodacites au cycle orogénique qui a intéressé les terrains paléozoïques avant la sédimentation de La Quinta. Cette dernière formation se compose surtout de grès rouges continentales de granulométrie variable; des roches volcaniques et subvolcaniques mésosiliciques se trouvent intercalées en discordance dans les grès. Au cretacé appartiennent des calcaires transgressifs plus ou moins horizontaux. Des failles de direction à peu près N-S intéressent la région. La partie la plus élevée de la chaîne présente une structure synclinale. La minéralisation (cuivre natif, cuprite, carbonates basiques et calcosine) intéresse les roches de la formation La Quinta, surtout les intercalations andésitiques et microgabbriques. Il s'agit d'une minéralisation de type d'imprégnation (disseminated copper). Sur les indices de minéralisation nous avons conduit une étude minéragénétique et géochimique. Les endroits qui paraissent présenter les meilleures perspectives au point de vue économique sont "El Seno" et "Ovejo".

A B S T R A C T

Some mineralized copper bearing outcrops were known in the zone of Serranía de Perijá between the villages of Molino (Guajira) and Codazzi (Magdalena), and the Venezuela border. In this zone a geological and petrographic survey has been carried on by the geologists of the Colombian National Geological Service. This survey has demonstrated the presence of the following formations: Paleozoic, a complex of riodacite, a formation of Jura-triassic age called "La Quinta", and Cretaceous. To the Paleozoic formation belong limestones, schists and quartzites of Devonian and Permo-carboniferous age. The riodacites have their origin in the orogenic cycle which uplifted the paleozoic layers before the deposition of the mesozoic continental sediments. The La Quinta formation is chiefly composed of red continental sandstones, with unconformable intercalations of volcanic and sub-volcanic rocks. To the Cretaceous belong transgressive, nearly horizontal limestones. Some N-S faults disturb the formations. The summit of the chain has a synclinal structure. The mineralization (native copper, cuprite, basic carbonates and chalcocite) is confined in the La Quinta sandstones and chiefly in the andesitic and microgabbro intercalations, and is a disseminated copper impregnation. A minerogenetic and geochemical study has been carried on in the mineralized areas. The localities where it seems there are good possibilities of economic mining are those called "El Seno" and "Ovejo".

P A R T E I

INTRODUCCION Y GENERALIDADES

El presente estudio consigna las investigaciones geológicas y mineras en la vertiente occidental de la Serranía de Perijá, en la parte comprendida entre los pueblos de Molino, al Norte, y de Becerril, al Sur. Estas investigaciones tenían como fin:

- Elaborar un mapa geológico de escala 1 : 100.000 de toda la región.
- Localizar todos los indicios de cobre.
- Estudiar estos indicios con relación a la geología regional.
- Precisar la naturaleza de estos indicios y el tipo de mineralización.
- Conceptuar sobre su valor económico e indicar el tipo de investigaciones sucesivas, si fuera el caso.

Estos diferentes objetivos se alcanzaron en tres meses de trabajo de campo, seguidos de los estudios necesarios de laboratorio. Durante este período se hicieron también investigaciones geológicas de reconocimiento en el Macizo de Santa Marta y en el sur de la Península de la Guajira.

Las comisiones de campo tuvieron lugar:

La primera, con la participación de los señores Alvarez, Champetier de Ribes *, Duque, Pagnacco, Radelli, Weecksteen *;

La segunda, con la participación de los señores Champetier de Ribes *, Cucalón, Pagnacco, Radelli, Weecksteen *, Muñoz y Valdiri.

Los trabajos de laboratorio se efectuaron en dos meses, y comprenden estudios de petrografía, minerografía, análisis químicos y fotogrametría.

Estudios anteriores.

Sobre la geología de la Serranía de Perijá, especialmente acerca de su lado venezolano, existe una literatura abundante cuya parte esencial se encuentra en el Léxico estratigráfico de Venezuela (5).

Ultimamente, Hea y Whitman (3) ha publicado algunos estudios estratigráficos y petrográficos sobre la parte oriental de la Serranía, examinando, a veces, también el lado colombiano. Estos estudios presentan algún interés, pero su utilización es muy difícil debido a que los autores nombrados han subdividido las formaciones con mucho detalle, pero sin elaborar mapas geológicos, así que no se pudo efectuar una correlación.

* Geólogos de la Misión Técnica Francesa.

Mucho más interesante es el estudio tectónico de la región, publicado por J. B. Miller (4).

Al tratar de la vertiente colombiana, nos referimos más que todo a los trabajos de Wokittel (7 y 8), que comprenden un estudio geológico regional a grandes rasgos de la Serranía de Perijá y un estudio minero de los indicios de cobre entre Molino y San Diego.

Morer y Nicholls (6) tienen un estudio de reconocimiento del área.

Teniendo en cuenta los datos de Wokittel y Morer, el Servicio Geológico Nacional, División del Ministerio de Minas y Petróleos, emprendió una nueva campaña de investigación geológica que constituye el objeto de este trabajo.

Lineamientos geográficos de la región.

La Serranía de Perijá alcanza, en el sector estudiado, alturas de 3.000 metros o más por encima de la planicie de Valledupar, en frente de la majestuosa Sierra de Santa Marta, que llega a los 5.700 metros.

Los primeros relieves a lo largo de la carretera Codazzi-La Paz son por lo general escasos en vegetación boscosa; se encuentra solamente pasto pobre, que periódicamente los nativos queman al fin de la estación seca.

La selva se encuentra entre los 1.000-1.500 metros, y de este nivel en adelante se hace muy densa.

En los alrededores de La Paz una terraza de varios kilómetros de ancho penetra muy profundamente hacia el interior de la Sierra (aproximadamente 10 kms.) y vela todas las formaciones más antiguas. Al fondo de esta terraza se halla el pintoresco pueblo de Manaure.

Más al norte, otra terraza separa las localidades de Urumita y La Jagua.

Al borde del valle, los ríos están casi siempre secos, debido a que las aguas se infiltran con mucha facilidad en las terrazas o en zonas de falla. Los únicos ríos que tienen regularmente agua son aquellos que, colectando grandes volúmenes, bajan de la parte central de la Serranía.

El clima es muy caliente en el valle. Para encontrar un clima agradable hay que ascender por lo menos a los 1000 metros sobre el nivel del mar.

La penetración hacia el interior de la Serranía sólo se puede hacer siguiendo por caminos de herradura; lo restante es muy difícil, debido a la vegetación y a los precipicios que se encuentran. Los caminos de herradura tampoco son muchos, por ser la región en general poco poblada. Los principales pueblos se hallan todos en la planicie, a lo largo de la carretera hacia Riohacha (Villanueva, Urumita, La Paz, San Diego, Codazzi); con la sola excepción de los pueblos de Manaure y San José de Oriente, que se hallan al desemboque de dos valles profundos que terminan en la terraza de Manaure.

La Paz se halla hoy en día conectada con Valledupar por una carretera pavimentada.

Condiciones de trabajo.

A causa del clima muy caliente, las condiciones de trabajo son bastante duras. A esto se suman las dificultades de penetración (vegetación, precipicios) tan pronto como se desee salir de los caminos. Por esto, fue necesario prever en esta región la rotación de varios equipos humanos.

En la zona se consigue con facilidad mano de obra para pequeños trabajos (trincheras, etc.).

Estudio fotogeológico de la Serranía de Perijá.

Por faltar mapas topográficos de la parte de la Serranía de Perijá, al norte del Paralelo de Manaure, la base topográfica de esta región fue elaborada íntegramente en el Servicio Geológico Nacional, por uno de nosotros (Weecksteen), haciendo uso de fotos aéreas y siguiendo el método del "Templet".

Como la triangulación que existe en la región no ha sido todavía localizada en las fotos aéreas, los puntos fijos fueron tomados en los mapas existentes, al oeste y al sur de la región elaborada, según dicho método.

La elaboración de este mapa topográfico, con base en las fotos, presentó problemas bastante complicados, los cuales se deben de una parte al relieve muy accidentado que se manifiesta en distorsiones apreciables; de Oeste a Este, en 16 kms., se encuentran desniveles de 3.000 metros. Otra dificultad se debe a la superposición insuficiente de las fotografías por el distanciamiento muy grande entre las líneas de vuelo. A pesar de las dificultades anteriores, la base topográfica elaborada puede considerarse suficiente, si se tiene en cuenta la escala de la publicación. A pesar de lo dicho, hay que hacer notar la existencia de una zona en la cual las nubes cubrieron una parte de los afloramientos del cretáceo, cerca de la frontera con Venezuela. Esta frontera está trazada siguiendo la línea "divortium aquarum", y su localización es bastante precisa.

Descripción fotogeológica de las formaciones.

I. EL PALEOZOICO

En la parte N de la región estudiada; se trata de una formación en relieve que da lugar a montículos elevados de formas más bien redondeadas, por lo general no cubiertos de bosques.

La hidrografía es de "mallas anchas"; los valles presentan flancos abruptos y rocosos. La esquistosidad se observa raramente en las fotografías aéreas, con excepción de los casos de cambios abruptos en la topografía.

Desde el punto de vista estructural, el paleozoico aparece al Este de una falla grande de rumbo de NE-SO al Norte, que hacia el Sur pasa a ser SSE.

Las formaciones paleozoicas están en su mayoría limitadas por fallas, con algunas excepciones en las cuales éstas parecen continuar por debajo de La Quinta, y corresponden a "horsts".

Una franja estrecha de Paleozoico no fosilífero se observó también, por debajo de la formación La Quinta, al E de Casacará.

En las fotografías aéreas esta formación no presenta una morfología característica, pero se distingue de los terrenos de La Quinta, que se halla al W por su cubierta de selva.

El límite E de esta formación está muy bien definido por el contacto con los estratos de La Quinta, mientras que los límites N y S son más bien hipotéticos. En el terreno, la disposición de esta formación y la de La Quinta sugiere un contacto discordante.

II. LA QUINTA

a) *Riodacitas.*

Desde el punto de vista fotogeológico, estas rocas se parecen un poco a las del paleozoico, por tener las mismas formas redondeadas, debido a la erosión granular, mientras que se diferencian de aquéllas por el tono grisoso de los afloramientos. En el mapa, las zonas constituídas por riodacitas están caracterizadas por la falta de estratos y de buzamientos.

Al E de Urumita, ellas aparecen en el núcleo de una estructura anticlinal de La Quinta, lo que corresponde muy bien a la posición estratigráfica observada en el terreno.

Al S de San Diego aflora una estrecha franja de riodacita, comprendida entre los sedimentos de La Quinta y la falla, que limita el "horst" paleozoico de Socorro.

b) *Areniscas rojas y conglomerados.*

En sentido fotogeológico, esta formación aflora típicamente a lo largo del borde occidental de la Serranía de Perijá. Sus principales características son: color muy claro y redícula hidrográfica muy ramificada, la cual muchas veces en las zonas de selva da lugar a verdaderos túneles entre la vegetación.

Su erosión recuerda la de las formaciones esquistosas.

Los estratos no son verdaderamente observables sino únicamente en aquellos valles que penetran profundamente en la formación. En las otras partes su presencia se deduce bastante bien por la topografía, pero es posible cometer algunos errores siguiendo este método indirecto.

Hacia el interior de la Serranía estas características son menos claras; la formación se presenta en las fotografías como más masiva, y la distinción entre La Quinta y el Paleozoico es muchas veces difícil. Lo anterior parece ser más una función de la pendiente topográfica que una variación de facies litológicas.

Cerca de la frontera con Venezuela, La Quinta está constituída por una serie de estratos horizontales, o con buzamiento muy débil. En este sector la formación da lugar a altiplanicies sin vegetación característica (Cerro Pintado, Sabana Rubia).

Al E de Casacará los sedimentos de La Quinta también dan lugar a altiplanicies sin vegetación, con paredes extremadamente pendientes, casi insuperables. Los buzamientos son muy débiles y los estratos están cortados por muchas fallas. En la planicie al N y al W de Codazzi aparecen por fin montículos aislados constituídos por series muy regulares de estratos de areniscas rojas que dan lugar a grandes estructuras.

III. CRETACEO

Se nota una distinción marcada entre las facies que aparecen a lo largo del borde occidental de la Serranía de Perijá, las localizadas cerca de la frontera con Venezuela y al E de Becerril.

a) *Borde occidental.*

Los estratos cretácicos calcáreos se diferencian muy bien en las fotografías aéreas de los de La Quinta. Constituyen estructuras sinclinales, en las cuales la retícula hidrográfica es mucho menos estrecha que en los terrenos donde aflora la formación La Quinta. La vegetación tiene en estos terrenos distribución muy homogénea, mientras que en los de La Quinta sólo se halla en los valles. La distribución regular de los estratos se observa muy claramente; algunos estratos más duros dan lugar a crestas continuas.

En resumen, la facies fotogeológica de las calizas cretácicas está caracterizada por la continuidad de los estratos, que no son tan finamente erosionados como los de La Quinta.

Hacia el S, después de una interrupción entre San Diego y Codazzi, las calizas cretácicas afloran nuevamente en estratos típicos bastante continuos, dando lugar a algunas estructuras. Al W de Becerril fue colectada una *Trigonia hondaana* Lea en las calizas cretácicas. (¿Aptiano?)

b) *Frontera venezolana.*

Al E de Villanueva: los estratos sub-horizontales de la formación La Quinta están cubiertos por una faja de calizas, también horizontales. Las calizas de color gris claro forman un escarpe visible desde Valledupar. Se trata de calizas fisuradas con muchas dolinas. Los buzamientos indicados en el mapa son muy débiles.

c) *E. de Becerril.*

Al E de Becerril: entre este poblado y el límite E del mapa, el río Maracas constituye el límite entre dos facies muy diferentes del Cretáceo. Al W de este río se halla la misma facies que en el borde occidental, en la cual se encontró un *Acanthoceras* (Cenomaniano). Al E, las calizas cretáceas se presentan con una facies muy diferente de altiplanicies poco elevadas, con buzamiento débil, recubiertas de una vegetación silvestre muy densa. Los estratos presentan varias ondulaciones de menor amplitud, un retículo de diaclasas muy característico y fenómenos de disolución del carbonato.

IV. AFLORAMIENTOS AL BORDE DE LAS TERRAZAS

Entre La Paz y Manaure, al borde de las terrazas, aparecen muy pocos afloramientos, y no es posible, sobre las fotografías, determinar con seguridad su naturaleza. Por eso mismo, se ha preferido reunirlos aquí bajo el título "afloramientos al borde de las terrazas". En la parte SW de la zona de las terrazas, su naturaleza (riodacítica) ha sido determinada en el terreno. Por lo demás, parece tratarse esencialmente de terrenos de la formación La Quinta, menos en la parte oriental, en donde

el sinclinal cretácico de Manaure parece continuar por debajo de la terraza misma.

EL GEOSINCLINAL PALEOZOICO

1) *Paleozoico inferior.*

La base de la serie paleozoica aflora, en la Serranía de Perijá, en dos franjas estrechas de rumbo aproximado NS, y están limitadas por fallas subverticales.

La primera y más importante de éstas se halla al E de Manaure y constituye los primeros rasgos de la cordillera propiamente dicha: está en contacto al W con los sedimentos del Cretáceo, al E con la serie paleozoica fosilífera.

La segunda se encuentra al E de El Socorro y está en contacto, tanto en el E como en el W, con sedimentos mesozoicos; constituye por lo tanto un verdadero "horst", que será llamado "Horst del Socorro". Por lo que se refiere a la litología, a pesar de muchos caracteres comunes, por falta de una posibilidad de correlación segura, será conveniente tratar por separado las rocas de la región de Manaure y las del horst del Socorro.

a) *Las rocas de la zona de Manaure.*

Se trata de rocas de origen detrítico (areniscas cuarzosas y cuarzo-feldespáticas) que después de una clastesis han sufrido un metamorfismo de bajo grado.

La textura esquistosa puede estar o no presente, según se trate de areniscas feldespáticas o puramente cuarzosas. La estructura es grano-blástico-cataclástica pseudoporfiroblástica. En los puntos en que la clastesis ha sido menor, se reconocen los siguientes minerales: cuarzo, cantidades variables de feldespatos y escasos elementos filíticos, especialmente clorita, moscovita y sericita; como accesorios se observa circón, en granos bastante redondeados y pequeños granos de minerales de cobre.

El cuarzo se halla en granulaciones menudas, entre las cuales se alojan plaquitas de moscovita y clorita alotriomórfica, o porfiroblastos. Siempre tiene el cuarzo extinción fuertemente ondulada.

Entre los feldespatos se reconocen los sódico-cálcicos (por lo general oligoclasa) y el potásico. En donde la clastesis ha sido más fuerte, el feldespato, especialmente el potásico, ha desaparecido dando origen a una masa de minerales filíticos, en los cuales se hallan inmergidos granos de cuarzo.

Contemporáneamente, la roca adquiere un aspecto más esquistoso y una exfoliación en escamas. Se revela un metamorfismo de bajo grado en el origen de delgadas capitas de clorita en facies locales más ricas de elementos ferro-magnesianos.

En una de las muestras colectadas en el valle del río Manaure, en la parte inferior de su curso, se puede ver bajo el microscopio un filoncito delgado de cuarzo discordante.

b) *Las rocas del "Horst del Socorro"*.

El tipo litológico predominante es una arenisca arcósica afectada por metamorfismo, cuyo grado corresponde al de la zona de las micacitas superiores.

La roca tiene textura ligeramente esquistosa, estructura granoblástico-cataclástica, y se compone de abundante cuarzo, feldespato potásico (ortosa y microclina), plagioclasa, sericita, poca moscovita y epidota.

El cuarzo se halla en granulaciones, en las cuales se alojan plaquitas micáceas, o también en alotrioblastos, muchas veces con estructura de mosaico, y tiene extinción fuertemente ondulada, debido a un pronunciado fenómeno de clastesis.

Hay que pensar en que el feldespato potásico y la plagioclasa son minerales residuales o persistentes; la transformación ortosa-sericita y la sausuritización de la plagioclasa con origen de zoisita no es completa; la sericitización de la plagioclasa apenas está en una fase inicial.

A menudo los feldespatos se encuentran en granos de evidente carácter detrítico; se reconocen en tal caso las maclas de Karlsbad en la ortosa, enrejadas en la microclina, y las de la albita, en la plagioclasa (oligoclasa).

Las transformaciones indicadas tienen desarrollo bastante profundo en los granos pequeños de la matriz y un desarrollo menor en los cristales mayores, en los cuales éstas empiezan siguiendo superficies de menor resistencia: fracturas, planos de macla.

En donde la clastesis es acentuada, lo es por lo tanto también la blastesis, y se originan así abundantes masas irregulares de sericita en las cuales flotan restos de cristales de feldespatos más o menos alterados y muchas veces corroídos por cuarzo. La moscovita, variable en cantidad según las zonas de una misma sección, se presenta en láminas bien desarrolladas, o bien en estructuras fibrosas alargadas y distorcidas; es posible que en este segundo caso se trate de un mineral residual.

Los accesorios más comunes son óxidos de hierro, apatito y circón.

Además de éstas, se encuentra en la misma estructura una facies calcárea, representada por calcarenitas cataclásticas. Al examen macroscópico sobre secciones pulidas de la roca, es fácil observar elementos detríticos, más o menos redondeados, inmersos en una matriz fina.

Bajo el microscopio, estas dos partes resultan ambas constituidas de material calcáreo y se observa con facilidad también un fenómeno cataclástico, debido al cual los elementos calcáreos detríticos están intensamente fracturados, y en algunos casos la clastesis ha sido suficiente para desplazar entre sí los diferentes fragmentos, que se hallan inmersos sin orden ninguno en la matriz. Como consecuencia de estos fenómenos dinámicos la roca ha podido también ser atravesada por una pequeña inyección de cuarzo.

Desde el punto de vista estratigráfico, es posible que estas rocas intensamente cataclásticas y ligeramente metamórficas corresponden a la "Serie de Perijá" de los geólogos venezolanos.

2) *El Paleozoico fosilífero.*

La serie paleozoica fosilífera aflora en la vertiente W de la Serranía de Perijá, al E de la franja constituida por las rocas ya descritas, de las

cuales está separada por una falla subvertical de rumbo aproximadamente NS.

a) *El Devoniano.*

La parte inferior de la serie fosilífera está constituida por rocas ligeramente metamórficas, de origen tobáceo, que se pueden observar con facilidad en el valle del río Manaure.

Estas son rocas de grano extremadamente fino y con superficies de esquistosidad algo brillantes por la presencia abundante de sericita, de color variable entre el negruzco, el verde y el rojizo oscuro. Contienen una fauna bastante bien conservada, en la cual se reconocen lamelibranquios y braquiópodos (¿Spirifer?)

Por sus caracteres litológicos, paleontológicos y por su posición estratigráfica con respecto a las formaciones Permo-carboníferas, esta formación puede corresponder a la formación "Caño Grande" del "Grupo Cachimiri", según la nomenclatura propuesta por los geólogos que han trabajado en Venezuela.

Al hacer un examen microscópico, las rocas resultan constituidas por un fieltro de laminillas isorientadas de sericita y por una masa muchas veces irresoluble, a veces aparentemente isotropa, en la cual el solo mineral reconocible fácilmente es el cuarzo, quedando en duda la presencia de feldespatos.

El cuarzo se halla en granos diminutos de formas muy irregulares, de baja esfericidad y redondez, muchas veces en pequeños lentejones arqueados, muy pocas veces en cristales automorfos.

Faltan huellas de cataclasis, lo cual está comprobado por la buena conservación de los fósiles.

El conjunto de estos caracteres —falta de cataclasis, ligero metamorfismo, bajo grado de redondez y esfericidad del cuarzo— parece demostrar que estas rocas tienen un origen tobáceo más bien que detrítico.

b) *El Permo-carbonífero.*

b-I) *La formación calcárea.*

Suprayacente al Devónico tobáceo se halla en la misma región una formación calcárea de espesor considerable.

Se trata de calizas grises, que al golpearlas emanan un olor fétido, estratificadas en bancos de un metro o más, muchas veces con abundantes fósiles, que parecen corresponder a la formación venezolana "Palmarito".

Contienen faunas de microforaminíferos pertenecientes probablemente a la familia de las fusulinas, pequeños lamelibranquios, restos de amonitas (¿Orthoceras?), gasterópodos, crinoideos y corales, cuyo estudio detallado permitirá sin duda llegar a la división de la formación en términos de tiempo-roca.

La caliza está en algunas partes disuelta, pudiéndose observar cuevas con estalactitas.

Su origen sin duda es químico-orgánico. Está constituida casi por completo de calcita; la mayoría en diminutos granos, pero también existen algunos cristales mayores con trazas típicas de exfoliación.

Repartidos sin ningún orden dentro de la masa calcárea se encuentran además algunos cristales alotriomórficos de calcedonia, derivada de la cristalización de sílice coloidal.

Además de la facies puramente calcárea, hacen parte de la formación algunos niveles de margas escamosas; lo que tiene interés, porque estos niveles son responsables de algunas complicaciones tectónicas que se observan en el detalle, por haber dado lugar, por su mayor plasticidad, a fenómenos de tectónica de despegamiento.

b-II) *La formación tobácea.*

La parte superior de la serie paleozoica está constituida, al E de Manaure (entre Manaure y San José de Oriente) por rocas de color oscuro y grano finísimo, con fósiles abundantes (crinoideos y corales).

El examen microscópico de este tipo litológico permite reconocer una gran cantidad de granos de cuarzo esparcidos dentro de una mesostasis diminuta absolutamente irresoluble, aun bajo la mayor magnificación microscópica y pequeñas laminillas de minerales filíticos (¿sericita, moscovita?)

El cuarzo tiene a veces formas irregulares, esfericidad y redondez bajas; otras veces es idiomórfico o se encuentra en forma de delgados lentejones, alargados y arqueados. La mesostasis tiene colores de interferencias bajos, relieve variable y a veces parece contener feldespatos; en algunos casos también se presenta parcialmente isótropa.

Las laminillas de minerales filíticos son transparentes con un solo Nicol, tienen colores de interferencia amarillentos y son isorientadas.

Algunas cavidades de forma rómbica, más o menos perfecta, están ocupadas por calcita. Tal como se describió, la roca anterior podría ser considerada una pelita, en la cual, después de una fuerte cataclasis, se ha desarrollado un metamorfismo de bajo grado, pero al concepto anterior se opone la conservación perfecta de los fósiles y la presencia de cuarzo automorfo; se puede pensar, por lo tanto, que esta roca se depositó como toba en ambiente marino, provocando el exterminio de toda forma de vida y que después sufrió un ligero metamorfismo.

Las riocacitas de Urumita-Villanueva.

Una gran masa de riocacita aflora al E de los pueblos de Urumita y Villanueva; afloramientos del mismo tipo se hallan también al W del "Horst" de Socorro; aunque en el valle de Medialuna se encuentre una gran cantidad de cantos rodados de la misma roca. En esta zona nunca se observó la riocacita *in situ*.

La posición estratigráfica de estas rocas es un problema muy delicado. El límite superior está muchas veces marcado por delgados niveles conglomeráticos con elementos riocacíticos, que ya pertenecen a la formación La Quinta, pero, también durante la deposición de La Quinta, como se verá más adelante, hubo manifestaciones efusivas ácidas (tobas); esta masa de lava, por lo tanto, hay que interpretarla como el correspondiente a la parte principal del complejo fenómeno efusivo ya empezado en el Paleozoico.

Por las razones anteriores, aunque nunca se pudo observar la riódacita atravesar a los sedimentos del Paleozoico, es correcto presumir que ella es posterior a los sedimentos paleozoicos, pero anterior a los mesozoicos.

La composición de las riódacitas es sensiblemente constante.

Se trata de rocas masivas, claras o débilmente rosadas, de estructura porfirítica.

Bajo el microscopio, en sección delgada, se observan en una mesostasis diminuta clara, fenocristales de plagioclasa y cuarzo (ortosa y sanidina están subordinados), láminas de biotita decoloradas de dimensiones medias o pequeñas y masas de clorita de forma prismática, en las cuales segregaciones de óxidos de hierro demarcan los bordes y los planos de exfoliación del anfíbol, de cuya alteración la clorita misma deriva.

La mesostasis es difícilmente resoluble: se aprecian abundantes granos de cuarzo; son raros pequeños cristales de plagioclasa, productos laminares, escamosos y a veces fibrosos, con colores de interferencia bajos, que en su mayoría parecen ser cloritas y muchas veces esferulitas.

En algunas partes de esta masa se observan con un solo nicol turbideces que con nicoles cruzados adquieren un color rojizo.

La plagioclasa (oligoclasa) se halla en idiomorfos maclados como la albita. El cuarzo automorfo presenta, especialmente en los cristales mayores, fuertes fenómenos de reabsorción.

Ortosa y sanidina son mucho menos abundantes y tienen, especialmente la sanidina, carácter idiomórfico.

Es muy abundante, por lo contrario, una mezcla eutéctica entre ortosa y plagioclasa, que da lugar a grandes estructuras en las cuales la plagioclasa se halla íntimamente inmersa en la ortosa huésped.

En algunas muestras se encuentra también epidota ferrífera, en cristales de dimensiones medianas a pequeñas, con fuerte relieve y colores de interferencia anómalos y fuertes.

Los accesorios son muy escasos y están representados más que todo por óxidos de hierro y apatito.

EL MESOZOICO

Un importante cambio de las condiciones ambientales demarca el paso del Paleozoico al Mesozoico; a la sedimentación marina se sustituye para largo tiempo una sedimentación continental, hasta que aparezcan otra vez las facies marinas típicas con la transgresión cretácica.

Es probable que unas de las causas que produjeron estas nuevas condiciones sean intrusiones profundas, de las cuales las riódacitas de Urumita-Villanueva serían testigos superficiales. Esta es una interpretación que se basa, sea en las huellas de metamorfismo comprobado en los sedimentos paleozoicos (y ausentes por completo en el Mesozoico) o bien en la discordancia que existe, aunque no siempre observable fácilmente entre estos terrenos, la cual fue anotada también por Kundig en la base de su sección tipo de la formación La Quinta (5), a la cual corresponden, como se verá, los terrenos mesozoicos precretácicos del valle del río Cesar.

1) *Mesozoico inferior (Juratriásico). Formación La Quinta.*

Esta formación consiste en sedimentos de origen continental, de edad precretácica, por lo general de color rojo. Estos sedimentos son desde hace tiempo familiares a los geólogos colombianos, para quienes constituyen genéricamente la formación Girón. Existe cierta ambigüedad acerca del significado y de la posición estratigráfica de esta formación, que nunca ha sido bien definida. Esta ambigüedad, que en los últimos años ha ido aumentando, se debe en particular a los descubrimientos paleontológicos de Brükner (2) en el "Girón" del Departamento de Santander, los cuales indicarían una edad carbonífera.

Al contrario, la secuencia continental o subcontinental de la Serranía de Perijá está limitada entre el Paleozoico Superior y el Cretácico; por lo tanto, corresponde estratigráficamente a la formación La Quinta de los autores venezolanos, a la cual también corresponde, en cuanto se refiere a ambiente sedimentario y contenido de materiales volcánicos.

Una descripción detallada de esta formación es muy difícil: las rocas presentan macroscópicamente un aspecto muy uniforme; el contenido paleontológico es muy escaso y por lo general ausente, así que faltan en el terreno niveles guía que permitan reconocer con seguridad sus diferentes partes, desplazadas por la tectónica terciaria.

Por otra parte, una descripción de este tipo, además de sobrepasar los límites de este trabajo, probablemente no sería muy útil, debido al carácter mismo de la formación.

A continuación nos limitaremos por lo tanto a caracterizarla, indicando sus facies más características, y en particular aquellas susceptibles de aportar luces acerca de la geología regional.

El carácter de esta formación es prevalentemente arenáceo, pero, además de las rocas de origen puramente detrítico, son muy abundantes las de origen volcánico y las rocas híbridas, que resultan de la íntima asociación de una parte arenosa y de una volcánica.

En conclusión, se pueden reconocer las siguientes facies:

- a) Conglomerados;
- b) Areniscas y rocas volcánicas ácidas recrystalizadas;
- c) Areniscas;
- d) Tobas interestratificadas con areniscas;
- e) Areniscas, tobas y lavas básicas.

a) *Los Conglomerados.*

Conglomerados con guijarros de lavas ácidas son comunes en la base de las areniscas, cerca al contacto con las riodacitas, y deberían corresponder a la parte inferior de la formación. Se trata, por lo general, de unidades de poco espesor, en las cuales, empotrados en una matriz arenosa rojiza, sobresalen, por su color claro, elementos redondeados de roca volcánica.

Estos conglomerados se pueden observar, por ejemplo, a lo largo del camino que va desde Urumita al punto geodésico N^o 597, y del que de Villanueva llega hasta la localidad llamada Africa y al W del "Horst" del Socorro.

b) *Rocas volcánicas ácidas recristalizadas asociadas con areniscas.*

En el contacto (de falla) con el "Horst" del Socorro se hallan, asociadas a las areniscas, rocas de origen volcánico, en las cuales se pueden reconocer dos facies: tobas ácidas recristalizadas y micropegmatitas que provienen de la devitrificación de un vidrio ácido antiguo.

A pesar de que faltan elementos seguros de correlación, parece lógico pensar que debido a que el volcanismo mesozoico siempre es muy básico, estas rocas correspondan a una parte basal de la formación La Quinta y que representen el último producto de la actividad volcánica que había llegado al máximo en el Paleozoico.

b') *Las tobas recristalizadas.*

Se trata de rocas claras, de estructura porfirítica, la que se debe a la presencia de fenocristales feldespáticos de color rosado en una mesostasis diminuta, que con facilidad se puede confundir con verdaderas lavas. Proviene de la consolidación de los productos eruptivos volcánicos muy finos, y tienen carácter de "welded tuffs".

Con el examen microscópico se reconocen: una matriz diminuta, cuarzo en granos diminutos que deriva de procesos de devitrificación, cristales mayores de cuarzo automorfo, plagioclasa ácida con la macla de la albita (oligoclasa), feldespato potásico, "lapilli" fisurados debido al enfriamiento, algunas láminas de biotita muchas veces decoloradas, clorita y apatito como accesorios. En algunos puntos se hallan, cementadas en la mesostasis, algunas pequeñas masas compuestas esencialmente de microlitos de plagioclasa, que se pueden interpretar como material solidificado en la chimenea volcánica y expulsado en el momento de la erupción.

Se encuentra, además, calcita cristalina en filoncitos no orientados que a veces se hinchan en formas irregulares. Es muy probable que esta calcita se deba a la recristalización de material calcáreo depositado junto con las tobas, en cuyo caso indicaría deposición de las tobas en ambiente acuático, en vez que una inyección posterior.

La roca contiene también restos orgánicos: madera silicificada, perfectamente reconocible por su típica estructura, y glóbulos de naturaleza aparentemente vegetal, muchas veces rodeados por una corona de cuarzo secundario, raramente sustituidos por calcedonia. El conjunto de estos caracteres indica deposición de las tobas en ambiente subcontinental.

b'') *La micropegmatita.*

Es una roca que deriva de la devitrificación de un antiguo vidrio.

Tiene grano fino y color rojizo. Se compone de cuarzo, ortosa y plagioclasa ácida (albita). La ortosa y la plagioclasa son idiomórficas y macladas; la ortosa presenta maclas de Karlsbad, y la plagioclasa polisintéticas o de la albita-periclina.

Al observar a través del microscopio con un solo nicol, ambos feldespatos presentan un aspecto turbio, debido a un comienzo de alteración.

La ortosa es mucho más abundante que la plagioclasa.

El cuarzo, alotriomorfo, cementa y penetra a los feldespatos, dando lugar a una estructura de interpenetración con las formas más complejas.

Localmente, en esta masa fundamental, se encuentran esferulitas. Los accesorios más difundidos son apatito y granos de material opaco, probablemente óxidos de hierro.

Esta roca se halla en filoncitos irregulares atravesando las areniscas.

c) *Las areniscas.*

Parece ser esta la facies más abundante en la formación La Quinta. Son areniscas rojas, compactas, de grano fino, de fractura conoidea, que se pueden clasificar como "red-beds" estratificados en bancos de espesor variable.

Su composición mineralógica es más bien uniforme.

Cuarzo, en granos poco redondeados, y feldespatos, especialmente sódico-cálcicos ácidos, constituyen la casi totalidad de la roca. El cemento puede ser ferruginoso, calcáreo-ferruginoso, calcáreo o arcilloso. El diámetro medio de los granos no pasa los 0,1 mm. Lo descrito anteriormente es el tipo litológico predominante, pero son muchas las particularidades observables en los estratos.

La estratificación cruzada es frecuente y es necesario hacer resaltar que ésta se observa preferentemente a medida que se nota aumento de la granulometría, en más o menos delgados niveles rudáceos.

Otro carácter importante es la presencia de conglomerados locales, con elementos angulosos, poco clasificados, que no están separados de ningún tipo intermedio de la roca fina en la cual se hallan inmersos y que hacen pensar en una sedimentación especial, debido a corrientes rápidas, ocasionales.

La definición precisa del ambiente en el cual estas rocas han sido depositadas es un problema que presenta ciertas dificultades.

La relativa constancia de la granulometría, junto con la fineza del grano, hacen pensar muchas veces en sedimentos eólicos.

La presencia de feldespatos, poco o no alterados, sugiere condiciones áridas, porque en clima diferente éstos hubieran sido alterados.

Lo dicho hace pensar en un ambiente desértico, en cuyo caso las facies conglomeráticas, tratadas anteriormente, se podrían explicar como producidas por corrientes originadas por lluvias torrenciales poco frecuentes.

A la tesis anterior se oponen dos hechos, a saber:

Primero: que recientemente se ha reconocido que suelos rojos se forman hoy en día en regiones calientes y húmedas, es decir, en condiciones de oxidación rápida.

Segundo: presencia de más o menos abundante cemento calcáreo, que parece difícil explicar por completo con fenómenos diagenéticos sobre una parte calcáreo-clástica derivada de la erosión de los terrenos paleozoicos.

En último análisis, si se tienen en cuenta todas estas observaciones, el ambiente deposicional de la formación La Quinta parece haber sido un ambiente subcontinental de clima caliente, en parte probablemente sub-

aéreo o quizá sometido a fuertes variaciones estacionales de humedad, en parte cubierto por aguas bajas, en su mayoría dulces o salobres.

d) *Tobas interestratificadas con areniscas.*

Existen intercalaciones tobáceas en diferentes niveles de la serie arenácea, las cuales se reconocen con dificultad en el terreno, porque no se diferencian de las areniscas por ningún carácter macroscópico. Son constatables únicamente por examen microscópico.

Se componen de una mesostasis diminuta en la cual están inmergidos pequeños cristales de cuarzo automorfo, feldespatos y minerales filíticos, especialmente láminas de biotita, que faltan por lo general en las rocas detríticas.

No se observan los fenómenos de recristalización y devitrificación que caracterizan las rocas piroclásticas descritas a comienzo de este capítulo y que aparecen en la base de la formación La Quinta.

e) *Las volcánitas asociadas a los sedimentos de La Quinta.*

Se trata de rocas volcánicas o básicas, de carácter prevalentemente andesítico, muchas veces con tendencia basáltica.

Se hallan intercaladas en los sedimentos ya descritos, en unidades stratigráficas concordantes y discordantes, representando por lo tanto un fenómeno efusivo posterior, por lo menos en una parte de la sedimentación de los terrenos clásticos de la formación La Quinta, anterior al Cretáceo calcáreo suprayacente, si se tiene en cuenta que esta formación no tiene intercalaciones de lavas.

Estas rocas se hallan de una manera especial a lo largo de una franja más o menos continua desde el Cerro Quitafrió (Sur de San Diego) hasta Urumita. Manifestaciones, menos importantes y no continuas, se encuentran tanto al Norte como al Este de los relieves de la Serranía de Perijá propiamente dicha.

Por ser estas rocas la sede de las manifestaciones cupríferas, cuyo estudio ha sido el motivo primordial de este trabajo, su descripción será tratada con más detalle en el capítulo dedicado al estudio de las mineralizaciones.

2) *Mesozoico superior. - Cretácico.*

Otro importante cambio paleogeográfico demarca el paso al Mesozoico superior. El ambiente continental que había ocasionado por largo tiempo la sedimentación de la formación La Quinta, es invadido por el mar cretácico y contemporáneamente termina la actividad volcánica.

a) *La formación detrítica.*

La parte inferior del Cretácico está constituida por una formación detrítica que corresponde al comienzo de la transgresión.

Cuando no se encuentran verdaderos conglomerados, resulta muy difícil diferenciarla de los sedimentos de la formación La Quinta, con la cual tiene en común muchos caracteres.

Estratigráficamente, corresponde a la formación Río Negro de los geólogos venezolanos.

Probablemente también hacen parte de esta formación los sedimentos clásticos que se encuentran, como base del Cretácico calcáreo, en la carretera de San Diego a Manaure, en donde se hallan asociados conglomerados y areniscas finas bien estratificadas y plegadas.

b) *La formación calcárea.*

Concluida así la transgresión marina, empieza la sedimentación cretácica en su forma más típica, químico-orgánica, dando origen a una formación calcárea.

Se trata de calizas gris-claras, con un gran contenido fosilífero. Entre las muchas faunas fósiles que estas calizas contienen, son característicos particularmente unos pelecípodos de abundante ornamentación, gracias a los cuales estas calizas siempre se pueden diferenciar perfectamente de las paleozoicas.

Localmente en la masa calcárea se observan (por ejemplo cerca de Manaure) particularidades sedimentarias, como bloques redondeados, en el interior de niveles margoso-escamosos, que hacen pensar en una sedimentación bajo condiciones especiales, probablemente corrientes de turbidez.

Las calizas constituyen por lo general sinclinales interrumpidos por fallas, yacentes sobre la formación La Quinta, y también sobre formaciones más antiguas, en particular sobre la riodacita.

Debido a las dislocaciones terciarias, se encuentran las calizas desde el valle del río Cesar, hasta las más altas estribaciones de la Cordillera (por ejemplo, en el Cerro Colorado).

EL CENOZOICO

Las terrazas del río Manaure.

Importantes terrazas se encuentran en la parte inferior del río Manaure, entre el pueblo homónimo y su confluencia en el río Cesar.

Se trata de una formación reciente, posiblemente de edad pliocénica, porque el ciclo de erosión cuaternario dejó abundantes huellas en la morfología de esta misma formación.

Están constituídas por diferentes materiales, especialmente cantos rodados de andesita, riolita, esquistos, cuarcitas y areniscas, mal cementados, pero también se encuentran algunos niveles de areniscas cuarzosas perfectamente cementadas, cuyo origen no ha sido bien entendido.

Conclusiones: Geología Histórico-Tectónica.

De acuerdo con los resultados de nuestros trabajos, la historia geológica de esta parte de la Serranía de Perijá comprende las etapas siguientes:

La sedimentación marina del Paleozoico, con predominio de facies calcáreas.

El volcanismo tuvo varias erupciones durante este período, lo cual se manifiesta por intercalaciones tobáceas en los sedimentos marinos.

Al final del Paleozoico, tuvo lugar una fase tectónica que produjo deformaciones de gran amplitud, acompañadas de fracturas en la cubierta Paleozoica. En esta era no parecen existir plegamientos propiamente dichos. Tal vez es esta una de las razones por las cuales las direcciones paleozoicas no aparecen claramente en nuestro mapa geológico. De otra parte, es difícil precisar cuáles son las fallas que pertenecen a este ciclo tectónico, debido a que la mayor parte de ellas han sido puestas otra vez en movimiento por la tectónica terciaria.

Aproximadamente en la misma época se sitúa la erupción de las riolacitas (Media Luna, Manaure, Urumita, Villanueva).

Discordancia y deposición de las areniscas rojas de la formación La Quinta sobre un relieve riolítico no completamente erodado.

Hacia la parte final de la deposición de las areniscas rojas, erupción de lavas con tendencia básica, que pueden causar basculamientos en la formación La Quinta.

Transgresión del Cretáceo, que empieza hacia el final del Jurásico con deposición de facies de transición. Todas las formaciones precedentes están cubiertas por esta transgresión.

Tectónica terciaria que causó el levantamiento de la Serranía, en bloques limitados por grandes accidentes longitudinales, que se encuentran en ambas vertientes de la cadena montañosa. La tectónica terciaria no produjo plegamientos propiamente dichos.

Los accidentes mayores tienen aproximadamente la misma orientación de la cadena montañosa. En nuestro mapa geológico están representados por la gran *falla Botella-Manaure*, que hace subir al Este terrenos de edad paleozoica, fuertemente milonitizados en la zona de Manaure. Esta falla desvía al Sur de Manaure, para tomar rumbo SSE. Todo el bloque situado al Este de la falla Botella-Manaure ha sido levantado conservando las diferentes formaciones en su posición stratigráfica y produciendo así la estructura general de la parte central de la cadena montañosa paralela a Manaure. Esta estructura aparece como un sinclinal "perché" Mesozoico (La Quinta y Cretáceo) yacente en discordancia sobre el Paleozoico.

Esta estructura general está acompañada por múltiples accidentes secundarios, que ha sido imposible detallar a la escala a la cual se hizo el trabajo.

En la región de Socorro (San Diego-Medialuna) el Paleozoico forma un pequeño "horst" al interior de los estratos rojos de La Quinta.

Cierto número de accidentes de rumbo EW también aparece en el estudio fotogeológico. Resulta difícil pronunciarse acerca de la edad exacta de estas fallas. Algunas pueden ser contemporáneas, otras posteriores de la grande fase tectónica.

A este propósito la gran terraza de Manaure indica que algunos movimientos tectónicos se produjeron en tiempos bastante recientes. Es posible se trate de un rejuvenecimiento de fallas EW antiguas; este rejuvenecimiento y el basculamiento reciente pueden explicar también el afloramiento anómalo de zonas mineralizadas de diferente profundidad (zonas oxidadas menos elevadas que las de cementación).

P A R T E I I

LAS MINERALIZACIONES CUPRIFERAS

Generalidades.

Indicios de mineralización cuprífera se encuentran en una vasta zona del valle del río Cesar y en el Alto Magdalena, y en la Baja Guajira. La zona mineralizada se extiende desde el Municipio de Codazzi (Magdalena) hasta el de Molino (Guajira) sobre una longitud de aproximadamente 100 kms.

Los indicios principales se hallan en la vertiente occidental de la Serranía de Perijá; otros de menor importancia se hallan, en la misma situación geológica, a lo largo del borde meridional del Macizo de Santa Marta, en la localidad Camperucho, en donde existen trabajos mineros de pequeña entidad, ya abandonados y en su mayoría derrumbados.

De todas maneras el mayor número de localidades que presentan afloramientos de rocas mineralizadas se halla en la vertiente oriental del valle, es decir, en las estribaciones de la Serranía de Perijá.

Las localidades más importantes, de Sur a Norte, son: San José, entre Codazzi y San Diego, en donde existen algunas trincheras de pequeñas dimensiones en la localidad de Quitafrió. El Seno, al Este de San Diego; Zeppelin, al Noreste de San Diego; el Ovejo, entre La Paz, Manaure y San Diego, dentro del valle del río Manaure; Gallinazo, al Este de Urumita; La Botella, al Este de Villanueva, en donde existen algunos túneles abandonados; y la localidad situada al Este de Molino y al Noreste de Villanueva.

Entre éstos, los más interesantes y que por lo tanto serán tratados con mayor detalle, son: los de San José-Quitafrió, el Seno, Zeppelin y Ovejo, los cuales obviamente representan diferentes manifestaciones de una sola provincia geológico-minera.

- 1) *Las localidades mineras principales (San José, el Seno, Zeppelin, Ovejo).*

Geología y Petrografía.

La región estudiada está constituida por las rocas arenáceas de la formación "La Quinta", las cuales están atravesadas por manifestaciones volcánicas e hipoabisales (con manifestaciones metálicas), que, en sentido geológico, se pueden interpretar como el producto de un volcán compuesto lineal o de fisura.

Por encima de estos terrenos yace en discordancia el Cretáceo calcáreo, estéril en cuanto se refiere a la mineralización.

Las lavas son de tipo andesítico, con tendencia basáltica de color rojizo. Ellas constituyen el techo de las facies hipoabisales y atraviesan, interstratifican o intruyen las areniscas, dando lugar a áreas donde se pueden observar asociaciones íntimas entre roca volcánica y arenisca, en casi igual cantidad.

También la composición de las rocas hipoabisales varía de diorítica a gábrica.

Establecido así el cuadro general de la zona mineralizada, se pasa a continuación a examinar por separado las diferentes localidades que en detalle presentan ciertas diferencias.

a) *San José-Quitafrió.*

La serie geológica local está constituida por microgabros cuarcíferos cubiertos por lavas y por sedimentos arenáceos de la formación La Quinta.

Los microgabros cuarcíferos constituyen gran parte de la colina de San José y reaparecen más al Oeste en el pequeño relieve de Quitafrió.

Estas rocas tienen estructura holocristalina ipidiomórfica y presentan carácter ligeramente traquítico en la disposición de los cristales alargados de plagioclasa. El grano es medio a fino.

Al estudiarse al microscopio, resulta la siguiente composición mineralógica:

Componentes esenciales: plagioclasa, piroxeno uralitizado (?), clorita originada de la alteración de olivino y anfíbol, cuarzo y ortosa.

Accesorios: apatito, circón, titanita, siderita, minerales de cobre, óxidos de hierro.

La plagioclasa se halla en idiomorfos alargados, por lo general maclados según albita y pertenecen a dos generaciones; los fenocristales de primera generación tienen composición de 50 An, mientras que los cristales menores de la segunda son más ácidos (35-40 An).

Cuarzo y ortosa se hallan en la roca en cantidad subordinada con respecto a la plagioclasa.

La ortosa forma cristales de pequeñas dimensiones, y por lo general no tiene maclas. Muchas veces se halla asociada con cuarzo, constituyendo material intersticial de carácter micropegmatítico; en este caso ambos minerales se originaron de la devitrificación de un vidrio que representa la parte más ácida de la roca.

Por cuanto se refiere a los minerales coloreados, se reconocen penina, con colores azulosos de interferencia, y un mineral con trazas muy finas de exfoliación, bastante relieve, incoloro con un solo nicol, con colores de interferencia a veces amarillos anaranjados, otras veces más elevados e irregularmente repartidos, ángulo de extinción $Z:c$ variable entre 20° y 40° , que se puede interpretar como piroxeno más o menos completamente uralitizado. Es posible que la alteración hidrotermal, si no ha sido completa, también haya seguido el desarrollo: piroxeno-anfíbol (uralita)-clorita. Se reconocen además varios fenocristales de olivino, por lo general completamente alterados a antigorita.

Entre los accesorios merece recordar la siderita, de la cual se encuentran algunos granos alotriomórficos y que es de origen tardío.

Las lavas que cubren estas rocas hipoabisales son andesitas piroxeno-olivínicas con tendencia basáltica, de estructura microlítica, por lo general de color gris-rojizo.

Su composición mineralógica es la siguiente:

Minerales esenciales: Plagioclasa en gran cantidad, piroxeno y olivino alterado a clorita.

Accesorios: ortosa, cuarzo, minerales metálicos, calcita, esferulitas. La plagioclasa tiene composición 50 An en algunos fenocristales, 35 An en los cristales menores.

El *Piroxeno*, casi incoloro y con bastante relieve con un solo nicol, es una augita con ángulo de extinción $Z:c = 35-40^\circ$.

Como olivino original se interpretan algunos cristales con la forma característica de los de este mineral, completamente alterados a antigorita, que contienen además abundantes segregaciones de óxidos de hierro.

La *ortosa* se halla en pequeños cristales, a veces con la macla de Karlsbad. El *cuarzo* es intersticial y se encuentra en granos diminutos. La calcita es secundaria.

b) *El Seno*.

Faltan en esta localidad las facies hipoabisales y las areniscas están atravesadas sólo por rocas efusivas, las cuales presentan cierta variabilidad de punto a punto.

En el arroyo del Potrero se hallan andesitas con textura microlítica y con cristales vidriosos y vacuolares mostrando la misma orientación.

Al microscopio, estas rocas resultan constituidas esencialmente por microlitos de plagioclasa (35-40 An), inmersos en una masa vidriosa rica en productos ferruginosos de color rojizo, y de algunos cristales de olivino alterados a clorita; los minerales accesorios son: clorita, calcita, turmalina y óxidos de hierro; de éstos, parte de la clorita, la calcita y la turmalina son de origen tardío.

La clorita se encuentra como producto de alteración de minerales ferromagnesianos, en cuyo caso se trata por lo general de la variedad penina, o también al borde de la calcita entre ésta y la masa fundamental de la roca. En el segundo caso se trata de una variedad incolora que se halla en pequeñas láminas irregulares.

La turmalina, de la cual se tratará en detalle al hablar de las gangas, cristaliza especialmente en las vacuolas de la roca.

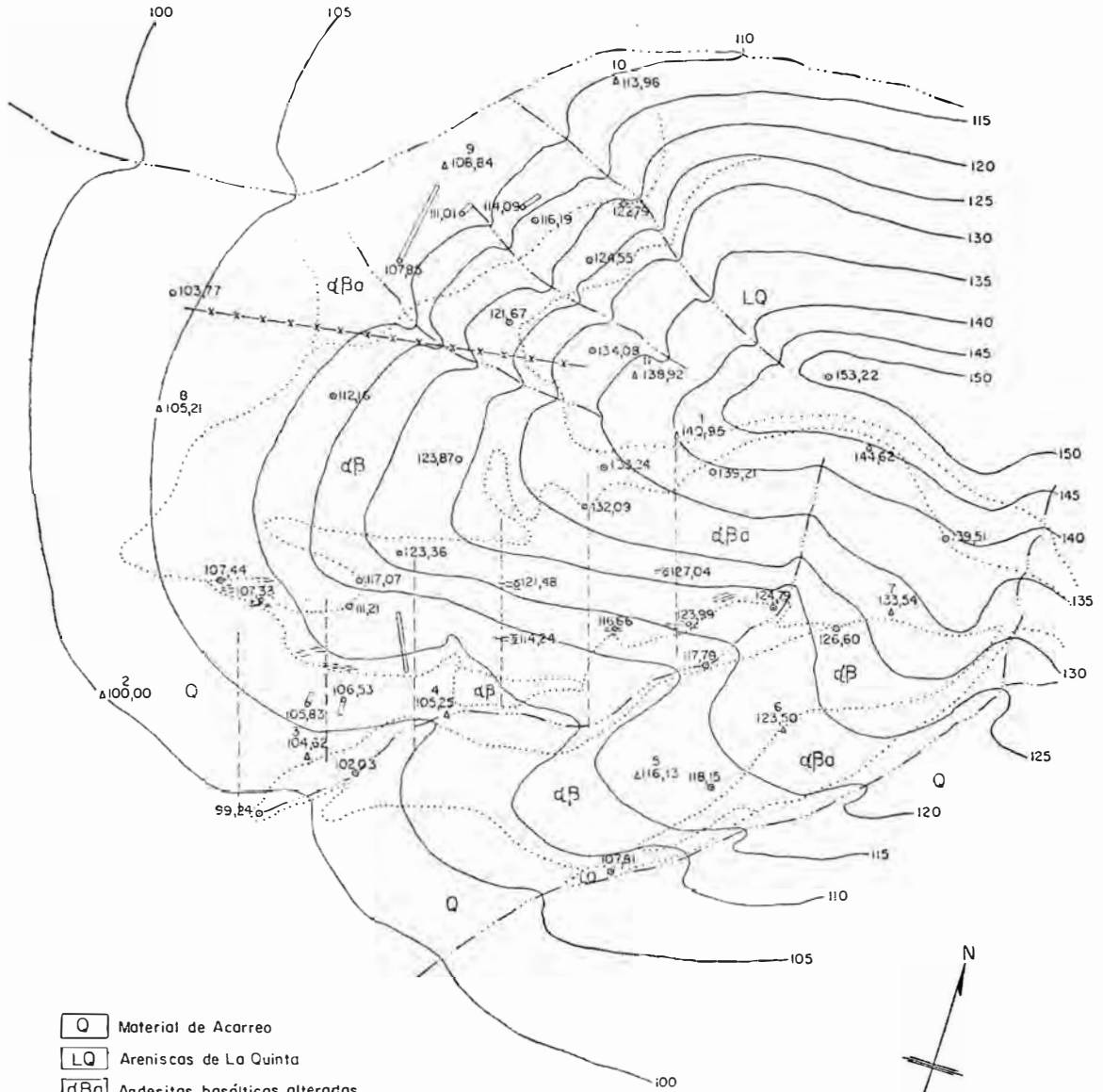
En las cercanías de la finca de El Seno, en ambas vertientes del valle, las lavas tienen menor cantidad de vidrio, son más compactas y no vacuolares; presentan estructura microlítica y las texturas fluidales se hallan sólo en algunos puntos, en tanto que en otros los microlitos de plagioclasa, que también aquí es el mineral más abundante, tienen orientación irregular. En estas rocas también se encuentra clorita, y la calcita está por lo general ausente; se observan abundantes granos y filoncitos de epidota ferrífera, y además se encuentra turmalina rellenando microfracturas.

En las facies fluidales se observa que la corriente ha sido interrumpida por la presencia de óxidos de hierro de segregación magmática, alrededor de los cuales están dispuestos los microlitos de plagioclasa.

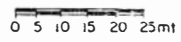
Hacia la localidad La Riga, las volcanitas presentan características y facies diferentes, es decir, estructura microporfírica, que se debe a la presencia de fenocristales feldespáticos en una masa menuda y parcialmente vidriosa que contiene abundantes esferulitas.

Los fenocristales están en la realidad constituidos de un agregado, muchas veces alterado, en el cual predomina la plagioclasa, a la que se asocia el feldespato potásico distribuido irregularmente.

MAPA PRELIMINAR DEL SENO DEPTO. DEL MAGDALENA



- Q Material de Acarreo
- LQ Areniscas de La Quinta
- αβa Andesitas basálticas alteradas
- αβ Andesitas basálticas
- Lentejones cupríferos epidotizados
- Líneas de muestreo geoquímico
- ==== Trinchera
- Arroyo
- ▲ 112,2 } Estaciones levantamiento topográfico, con su elevación s.n.m.
- 99,24 }



Dibujó: Clara Q. de Paule

La masa fundamental es diminuta y se reconoce en ésta: granos de augita, cloritas, granos de cuarzo, óxidos de hierro, esferulitas y vidrio.

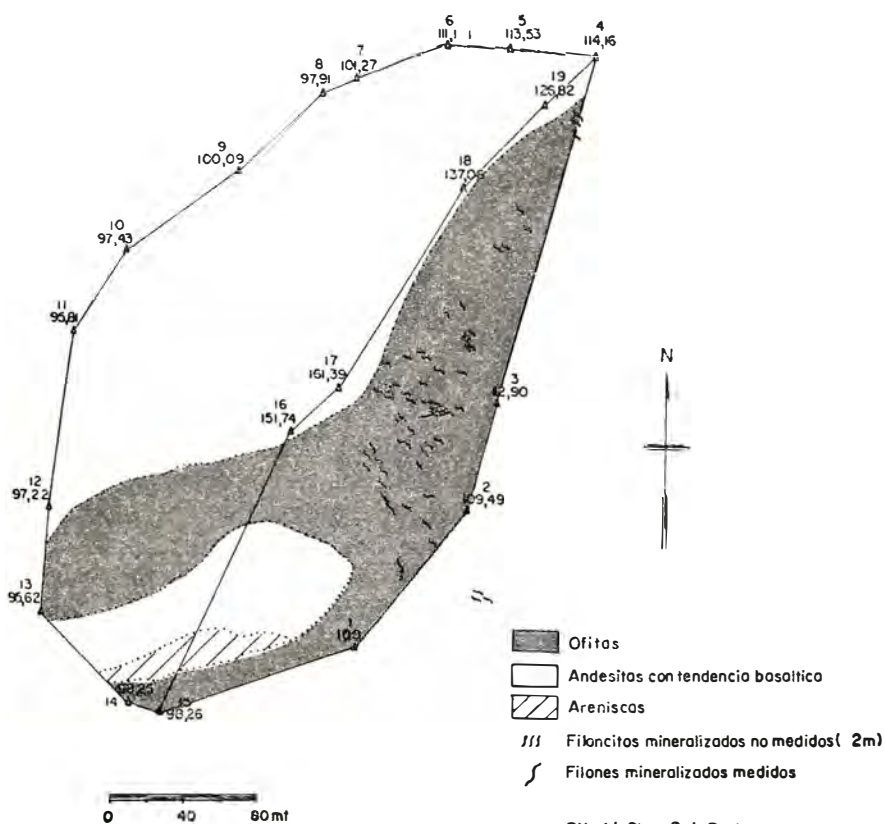
Son muy evidentes en la roca las huellas de una clastesis que permitió la invasión de cuarzo automorfo y de calcita; con este mismo hecho dinámico parecen estar relacionadas las manifestaciones cupríferas que se hallan próximas a estas rocas en las areniscas de la formación La Quinta.

c) *Zeppelin.*

La pequeña colina de Zeppelin está constituida por ofitas, cubiertas por lavas y por paquetes de areniscas de la formación La Quinta, incluidas en las rocas cristalinas, cuyo contacto está demarcado por calcita cristalina de origen tardío.

Las ofitas (diabasas olivínicas) están ubicadas en la vertiente Este de la colina. Son rocas de color oscuro, de grano fino, que a causa de la acción atmosférica meteorizan en bolas más o menos redondeadas.

CROQUIS GEOLOGICO DE LA COLINA DE ZEPPELIN



La estructura de estas rocas es microdiabásica, lo cual se debe a un acceso de plagioclasas, entre las cuales se alojan cristales de augita. Además de plagioclasa y piroxeno, se encuentran, entre los componentes de estas rocas, fenocristales de olivino, por completo alterados a serpentina laminar (antigorita).

La plagioclasa tiene composición de labradorita y se presenta en microlitos maclados, según albita.

La augita se halla en granos alotriomórficos, incoloros con un solo nicol, amarillentos bajo nicoles cruzados y con ángulo de extinción $Z:c = 40^\circ$.

Las lavas tienen textura intersertal y caracteres intermedios entre los de una andesita y de un basalto.

Se componen casi por completo de microlitos de plagioclasa básica (andesina-labradorita), entre los cuales se aloja vidrio, granos de óxidos de hierro, algunos diminutos granos de epidota ferrífera y pocos cristales de olivino por completo alterado a clorita (antigorita).

d) *El Ovejo.*

Las rocas que afloran en esta localidad son muy parecidas a las descritas. Son rocas básicas hipoabisales con las mismas formas de meteorización que las de Zeppelin, lavas básicas y areniscas.

Hay que hacer resaltar que en la vertiente W de la colina, las lavas, además de atravesarlas, han penetrado íntimamente las areniscas, dando lugar muchas veces a rocas híbridas, en las cuales, algunas porciones de areniscas se hallan incluídas en la roca volcánica, dando lugar a una especie de red.

Aspecto de las mineralizaciones.

Las manifestaciones cupríferas que se hallan en este sector en las rocas ígneas, aunque difieren ligeramente una de otra en los minerales presentes y en la roca encajante (rocas hipoabisales, rocas efusivas), son muy parecidas en la forma y en el tipo.

En el terreno se presentan de la siguiente manera:

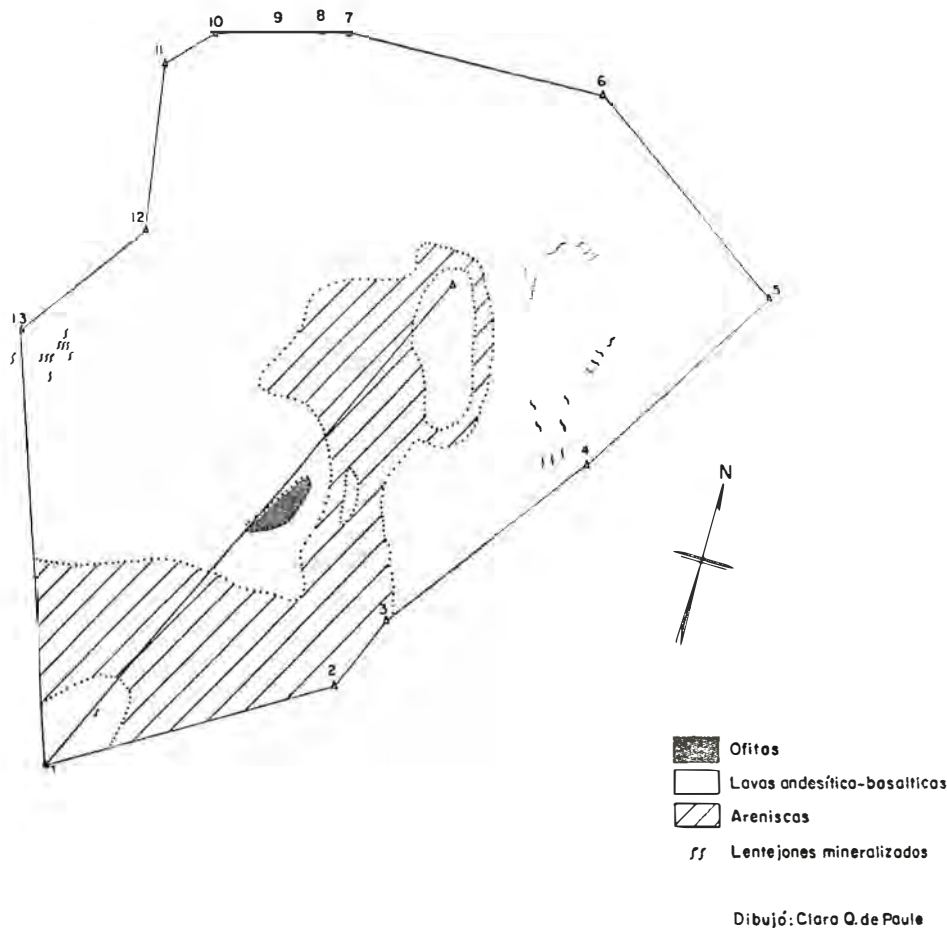
En las rocas ígneas intercaladas en la formación La Quinta se observan áreas más o menos extensas, de un color claro con un ligero tinte verdoso, en las cuales la roca está muy alterada y friable.

En estas zonas se desarrolló la mineralización (revelada actualmente por pequeños lentejones de diferentes dimensiones), de una roca por completo epidotizada y silicificada, que muy pocas veces alcanzan los 15-20 metros de longitud y los 40-50 cms. de espesor.

Por lo que se observa en algunas trincheras ejecutadas, no parece que estos lentejones o filoncitos continúen en la profundidad. Ellos por lo general se terminan a pequeña distancia de la superficie, así que se puede pensar que su tercera dimensión alcance como máximo a algunos metros.

El rumbo general de estos cuerpos es E-W. Siempre tienen "sola-pas" perfectamente reconocibles y sobresalen de la roca volcánica normal por su mayor dureza, debida probablemente a la fuerte silicificación secundaria.

CROQUIS GEOLOGICO DE LA COLINA DE EL OVEJO
(SERRANIA DE PERIJA)



Esta observación explica también el porqué se conservan en el interior de los lentejones los minerales de cobre: las aguas superficiales no pudieron en realidad circular fácilmente en esta roca compacta, y sólo provocaron fenómenos de oxidación, sin transporte hacia abajo de todos los minerales disueltos. Se encuentran por lo tanto en estos filoncitos casi solamente minerales oxidados, especialmente carbonatos hidratados (azurita y malaquita), óxidos (cuprita y tenorita), y cobre nativo. Los sulfuros son muy escasos, y con cierta frecuencia sólo se encuentra calcocita en el Cerro del Ovejo, en tanto que los sulfuros primarios (calcopirita, bornita, cubanita) están casi completamente ausentes.

Es necesario observar que no todos los lentejones epidotizados contienen minerales de cobre y que no en todas las zonas de rocas volcánicas alteradas se hallan lentejones epidotizados. Se encuentran muchas veces zonas con rocas volcánicas alteradas por completo o casi sin lentejones epidotizados (en particular entre El Seno y Zeppelin) y otras con muy escasos lentejones epidotizados y casi todos estériles.

Alteración de las rocas ígneas.

En la zona en examen las rocas ígneas se presentan, como ya se dijo muchas veces, profundamente alteradas.

Esta alteración afecta a veces extensas áreas (por ejemplo, valle entre La Riga y Zeppelin). Otras veces la alteración se observa en zonas más reducidas, de formas irregulares, interrumpidas por zonas de roca no alterada, o también estratos volcánicos intercalados en los terrenos arenáceos. Son éstas, como se dijo, las zonas en las cuales se desarrolló la mineralización.

Las soluciones hidrotermales, en realidad, además de aportar los minerales cupríferos, han provocado en la roca una alteración profunda, así que su color y su compactación han sido variados notablemente con respecto a la roca fresca. Se presentan con un color verde claro, verde claro grisoso o también blancuzco, y siendo completamente descompuestas, su estudio microscópico resulta prácticamente imposible.

En estas rocas no se encuentran por lo general minerales de cobre, que, por su fácil lixiviabilidad, han sido transportados a zonas más profundas. Sin embargo, se encuentran en cantidad relativamente abundante minerales oxidados de hierro, como goetita, limonita, etc., los cuales son característicos de las partes superiores de todos los yacimientos metálicos y, en particular, de los yacimientos cupríferos, por derivar sus óxidos de la descomposición de la calcopirita, debido a la circulación de aguas superficiales.

La presencia de estas zonas alteradas indica por lo tanto un fenómeno hidrotermal mucho más grande que el señalado por las manifestaciones cupríferas filonianas.

La magnitud de la mineralización no se debe limitar *a priori* por lo que se puede ver en la superficie, porque aun en el caso de una impregnación metálica primaria débil, este tipo de roca podría haber facilitado una concentración supergénica grande.

Las mineralizaciones.

Del estudio microscópico de varias secciones pulidas, obtenidas de muestras colectadas en las localidades estudiadas, resulta que los minerales cupríferos se hallan en lentejones epidotizados, en forma de impregnación.

Los fenómenos de sustitución de los minerales de la roca encajante son muy escasos, pero son más desarrollados entre los diferentes minerales metálicos, y entre éstos y las gangas, debido a los fuertes fenómenos de oxidación.

El esquema general de la impregnación es el siguiente:

Al principio hubo la formación de muchas fracturas pequeñas, debidas al enfriamiento relativamente rápido de la roca y a la fuerte alteración hidrotermal que se produjo inmediatamente antes de la mineralización que tuvo como consecuencia un gran aumento de la porosidad y permeabilidad en las rocas. Así se abrió el camino para que las soluciones mineralizantes circularan y depositaran sus sales metálicas.

El resultado de esta mineralización fue el relleno de las pequeñas cavidades existentes en la roca y la sustitución de algunos minerales

silíceos por sulfuros primarios de hierro y cobre. Después estos sulfuros, por acción de las aguas oxidantes en circulación, fueron transformados en óxidos, carbonatos hidratados y cobre nativo, que son los minerales que se encuentran en el presente.

La mineralización descrita es por lo tanto parecida al tipo "Disseminated Copper", la cual es el resultado de la impregnación de extensas zonas de rocas cristalinas con pequeñas concentraciones de sulfuros de cobre y hierro, que debido a fenómenos de oxidación, lixiviación y enriquecimiento supergénico pueden dar origen a cuerpos de concentración mineral, económicamente explotables en forma de "manto". El "manto" económico puede hallarse a diferentes profundidades, lo cual es función de las condiciones climatéricas y paleoclimatéricas de la región. Su límite superior es por lo general bien definido, en tanto que el inferior se desvanece hacia la zona de los sulfuros primarios.

En el caso de la Serranía de Perijá, donde toda la roca volcánica es alterada, friable y porosa, puede que haya tenido origen una mineralización de este tipo; en tal caso, a la mineralización primaria habría seguido el enriquecimiento de cobre, fenómeno muy común en los yacimientos de este mineral, especialmente en los del tipo "Disseminated Copper".

Este fenómeno se debe a la circulación, en el terreno, de aguas ricas en oxígeno y en carbonato, las cuales ejercen una fuerte acción oxidante y disolvente sobre sulfuros.

Estos son transformados en sulfatos y luego disueltos.

La presencia de carbonatos y bicarbonatos en las aguas superficiales favorece la precipitación de los carbonatos hidratados de cobre, tipo malaquita y azurita, en las zonas más altas del yacimiento, mientras que donde hay abundancia de oxígeno, se forma cobre nativo y óxidos tipo cuprita y tenorita.

En la zona inferior llamada de cementación, en la cual ya falta el oxígeno, el cobre es precipitado de las soluciones ricas en sulfatos que provienen de la zona de oxidación en forma de sulfuro (calcocita y covelita).

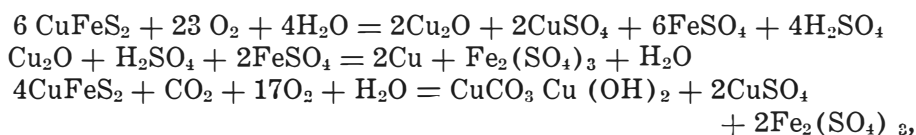
La presencia de sulfuros primarios de hierro y cobre facilita esta precipitación, sea por metasomatosis, o bien por acción del ácido sulfídrico proveniente de su disolución.

Los sulfatos de hierro que acompañan a los de cobre, en las soluciones en "descensum", se enriquecen progresivamente, debido a la precipitación del cobre, hasta llegar a un estado de equilibrio que da lugar a su propia precipitación.

Se forma así, por debajo de la zona con calcocita, una zona con sulfuros dobles de hierro y cobre, más ricos en cobre en la parte superior y en hierro en la inferior. En otras palabras: la zona de cementación está formada, de arriba hacia abajo, de una primera zona con calcocita; luego una segunda, en la cual prevalece la bornita; después una tercera, en la cual prevalece la calcopirita, y de ésta se pasa por grados a la zona con sulfuros primarios no enriquecidos.

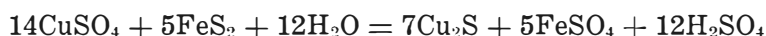
Las reacciones químicas que se producen durante estos procesos no son todavía bien conocidas. De todos modos, el proceso se puede indicar en la forma siguiente:

a) Para la zona de oxidación:



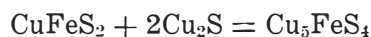
en donde se ve cómo al empezar con la calcopirita, en ambiente superficial rico en oxígeno, agua y anhídrido carbónico, se obtienen malaquita, cuprita, cobre nativo, ácido sulfúrico y soluciones ricas en sulfatos de hierro y cobre.

b) Para la zona de cementación:



El sulfato de cobre que proviene de la zona de oxidación, reaccionando con la piritita primaria, da lugar a calcocita.

La calcocita, en reacción con la calcopirita primaria, da lugar a bornita:



La importancia de la zona de cementación, en este tipo de yacimientos, se debe a que aunque muchas veces la mineralización primaria no alcanza a porcentajes de mineral económicamente explotable, estos porcentajes se pueden encontrar, debido al enriquecimiento secundario en la zona de cementación, y el yacimiento puede ser explotable.

Los minerales metálicos.

Todos los minerales metálicos que se hallan en los afloramientos son secundarios y derivados de los primarios debido a circulación de aguas oxidadas superficiales. Se encuentran en los afloramientos minerales de hierro y cobre, lo que indica que son originarios de sulfuros dobles de los dos elementos.

El cobre nativo siempre se halla en granos, a menudo de grandes dimensiones, que muchas veces son idiomórficos. Se observa por lo general en el borde de los granos de cobre nativo una corona de óxido (cuprita), derivado de la alteración del metal.

La cuprita, además de la forma que se describió en el párrafo anterior, se halla en venillas delgadas, en los espacios intergranulares de la ganga, en fisuras menores o también en cristales más o menos idiomórficos diseminados en la ganga.

Los carbonatos, *malaquita* y *azurita*, se encuentran en venitas o en incrustaciones en las fracturas de la roca.

La calcocita es más bien escasa. Se halla con cierta frecuencia sólo en la localidad El Ovejo, mientras que en las otras está ausente o representada sólo por restos pequeños profundamente alterados.

La forma de los cristales es prismática, de sección rómbica.

No contiene desmezclas de bornita, ni da lugar con este mineral a cristales mezclados. Por lo tanto, se puede concluir con toda seguridad

que la temperatura de formación del sulfuro de cobre es inferior de los 105°C, es decir, que también este mineral es de origen secundario.

También se observaron, en la localidad de San José, algunos pequeños cristales de *tenorita*, asociados a cuprita, y con el mismo origen de ésta.

Los minerales de hierro están representados por *hematita* y *goetita*. La primera se halla en cantidad relativamente abundante sólo en San José, El Seno y Zeppelin. Se encuentra por lo general en pequeños cristales idiomórficos microgranulares o microlaminares.

Estos cristales presentan a menudo fenómenos de maclas laminares de tres órdenes, que presentan ángulos de 60° entre sí.

Los cristales tienen en su mayoría forma isodiamétrica, por lo cual es probable se trate de martita, es decir, de un pseudomorfismo de la hematita sobre magnetita. Por lo tanto este mineral, o por lo menos los cristales que pertenecen a la variedad martita, tiene un origen distinto del de los demás minerales presentes, por cuanto el paleosoma, magnetita, se encontraba con toda probabilidad en las lavas, antes de la mineralización con sulfuros, como producto de segregación magmática.

La *goetita* está mucho más difundida que la hematita en todas las localidades mineralizadas. Pertenece a la variedad terrosa, por lo que está íntimamente asociada a limonita y lepidocrocita.

Los minerales primarios (protores) están ausentes. Sólo en la localidad de El Ovejo se observaron algunos diminutos granos microscópicos de calcopirita.

Calcocita primaria, bornita y especialmente calcopirita, debieron ser los minerales primarios que han dado origen a los supergénicos descritos.

La alteración de los minerales primarios fue gradual: de los sulfuros primarios a calcocita secundaria, luego a cobre nativo, y por último a cuprita.

Esta alteración gradual se reconoce gracias a la presencia de los restos dejados por los diferentes minerales. A veces se observan cristales de calcocita secundaria reducidos a una corona periférica, mientras en su parte central se halla a un núcleo de cobre nativo en cuyos bordes se formó un anillo de cuprita, estructura que prueba la sucesión (calcopirita), calcocita, cobre nativo, cuprita.

Las gangas.

Se describen en el presente párrafo las gangas que acompañan a los minerales metálicos en las localidades indicadas.

Epidota acompaña siempre la mineralización en los filoncitos, en los cuales es a menudo éste el mineral más abundante, mientras que están menos repartidos en las rocas encajantes. Constituye granos alotriomórficos, con fuerte relieve y colores de interferencias intensos y variables dentro de un mismo cristal. En la roca encajante se halla de la misma manera o también en delgados filoncitos.

Con anterioridad a la epidotización se produjeron:

- 1) Un fenómeno de *cloritización*, con origen en laminillas irregulares de antigorita, perfectamente transparentes, las cuales se desarrollan desde las salbandas hacia el centro del filón.

2) La *sericitización* de las plagioclasas; y

3) Una alteración que ha dado *origen a minerales arcillosos* en las rocas encajantes.

En algunos casos parece que junto con la epidotización hubo un pequeño aporte de cuarzo (cuarzo I, alotriomórfico).

Estos minerales hacen parte de una primera mineralización sin minerales metálicos. Posteriormente hubo una segunda mineralización con aporte de cuarzo (II), minerales metálicos y barita.

El cuarzo (II) muy abundante, es alotriomórfico y sin duda posterior a la epidota; además de penetrar en las rocas epidotizadas, incluye partes de éstas hasta en algunos centímetros de diámetro y las atraviesa en delgados filoncitos.

La *barita* es blancuzca, y bajo el microscopio se presenta en grandes estructuras radiadas; es transparente y fuertemente relieveada con un solo nicol, y bajo nicoles cruzados tiene colores desde amarillentos a parduscos.

En una segunda fase de más alta temperatura se formó clorita coloreada y se depositaron turmalina, cuarzo (III) y calcita.

La *clorita* (penina) se encuentra en láminas bien desarrolladas, de color verdusco muy pálido, pleocroismo poco sensible, colores de interferencia bajos y sensiblemente uniáxica.

La *turmalina* tiene color oscuro y constituye prismas de diferentes dimensiones, muchas veces reunidos en asociaciones radiadas.

Siempre muy relieveada, es a veces fuertemente pleocroica de amarillo vivo a fuerte amarillo pálido o al incoloro, con $o > e$; otras veces el pleocroismo apenas es perceptible.

Bajo nicoles cruzados presenta colores muy vivos y una estructura zonar muy marcada.

El *cuarzo* (III) está caracterizado por su fuerte idiomorfismo.

Algunas veces es pecilítico e incluye todos los minerales mencionados en lo anterior.

La *calcita* sólo se halla en algunas muestras y penetra en los intersticios y en las cavidades, dando lugar a pequeñas masas de forma irregular.

Paragénesis.

Del estudio microscópico en luz tanto reflejada como transmitida de las muestras colectadas, resulta la siguiente sucesión paragenética:

En las rocas volcánicas consolidadas, a causa de su enfriamiento y de pequeños movimientos se originaron pequeñas fracturas, de rumbo general EW.

Posteriormente gran parte de la roca volcánica sufrió una alteración profunda, debido a la circulación de aguas epitermales, procedentes de un receptáculo magmático, que no es necesario sea el mismo que causó la formación de las rocas volcánicas.

Las soluciones epitermales subieron a través de las fisuras de enfriamiento e impregnaron la roca a través de los espacios intergranulares.

El aporte de estas soluciones es nulo desde el punto de vista económico, mientras que desde el punto de vista mineralógico se observa la deposición de abundante clorita.

Soluciones epidotíferas se difundieron por toda la roca, especialmente en donde ésta había perdido su compactibilidad, debido a la alteración. La epidota se concentró por lo tanto principalmente en las fracturas EW, en donde la brecha de fricción, por su fuerte porosidad, constituyó el ambiente más favorable para la deposición de este mineral.

Cuarzo en alguna cantidad acompaña en ciertos puntos a la epidota.

Después de la epidotización hubo la deposición de los minerales metálicos, sulfuros de cobre y sulfuros dobles de cobre y hierro, llevados por soluciones mesotermales. Junto con los minerales metálicos subieron cuarzo y barita: el primero antes de los sulfuros, la segunda después.

Toda la roca alterada, por su débil compactación, teóricamente puede haber sido afectada por la impregnación, pero ésta ha sido naturalmente más fuerte en las fracturas con brecha de fricción, que presentaban una porosidad mucho mayor.

A esta fase mineralizante siguió otra con aporte de clorita, turmalina, cuarzo y calcita, en el mismo orden en que se mencionan.

El cuarzo provocó una fuerte silicificación de los lentejones epidotizados y su endurecimiento, a lo cual se debe que estos lentejones se ven actualmente en relieve entre las rocas encajantes no silicificadas.

Todos los minerales depositados han sufrido posteriormente una ligera cataclasis, por efecto de pequeños movimientos tectónicos. Debido a esto, se encuentran minerales cupríferos oxidados en delgadas venillas.

La circulación de las aguas superficiales, la erosión y la acción de la atmósfera provocaron sucesivamente la oxidación de los minerales primarios y su lixiviación con transporte hacia abajo.

En la superficie sólo permanecieron los minerales oxidados en los lentejones epidotizados que, por su mayor compactación, no han permitido la lixiviación completa, la cual hubo en las rocas menos compactas. De manera esquemática, los eventos que produjeron la mineralización de algunas áreas entre el cerro Quitafrió y el cerro El Ovejo se pueden resumir así:

- I fase tectónica:* Formación de fisuras EW.
- I. Subida: alteración de las rocas (clorita).
 - II. Subida: epidota (a veces con cuarzo I).
- I fase mineralizante:* Cuarzo II.
- III. Subida: Cu, Fe sulfuros.
 - Barita.
 - Clorita (coloreada).
 - Turmalina.
- II fase mineralizante:* Cuarzo III.
- Calcita.
- II fase tectónica:* Cataclasis de los minerales.

Oxidación, lixiviación y enriquecimiento supergénico.

Edad y clasificación del yacimiento.

Del conjunto de hechos observados, el origen de la mineralización resulta ser posterior a las rocas volcánicas e independiente de éstas.

Esta afirmación se basa en los siguientes hechos:

a) La paragénesis no tiene ningún carácter subvolcánico (paragénesis telescópica, en la cual están representados todos los estados magmáticos; propilitización de las rocas, etc.).

b) La forma del yacimiento no es filoniana, como habría que esperar en el caso de un yacimiento subvolcánico.

c) La presencia de la turmalina, que se halla en granitos considerados terciarios en la zona cercana de la Alta Guajira, atravesando formaciones análogas a las de la Serranía de Perijá.

Además, esta hipótesis está sugerida por el normal esquema de las mineralizaciones andinas (esmeraldas de Colombia, Cerro de Pasco en Perú, Pulacayo en Bolivia, Chuquicamata en Chile, para no recordar sino las más conocidas) todas relacionadas con el magmatismo terciario.

Hay por lo tanto que suponer la presencia de un batolito terciario en la profundidad, con el cual se pueda correlacionar el origen de las mineralizaciones en la Serranía de Perijá.

El yacimiento puede por lo tanto ser considerado como de impregnación de rocas silicáticas, mesothermal y de edad terciaria.

Localidades mineralizadas de menor importancia.

Además de las localidades mineralizadas descritas en los capítulos anteriores, existen en el valle del río Cesar otros indicios de importancia menor. Algunos de estos han sido antiguamente explotados, pero debido a la escasez de mineral, a los bajos porcentajes y a la irregularidad de la mineralización, la explotación se encuentra hoy abandonada.

Hay dos tipos fundamentales de manifestaciones cupríferas secundarias en la región:

A) Impregnación en las areniscas.

B) Venas de relleno en fisuras.

A) Impregnación en las areniscas.

En donde las areniscas rojas de la formación la Quinta tienen un grano más grueso del normal y una porosidad más elevada, se observa a veces una ligera impregnación de la roca por parte de minerales de cobre, más que todo carbonatos hidratados. De otra parte, en las fisuras de la roca se depositaron incrustaciones de mineral debidas a soluciones "per descensum".

Como efecto de la circulación de las soluciones, la roca resulta fuertemente endurecida y forma pequeños relieves alargados de rumbo definido (muchas veces EW).

Debido al fuerte color verdusco que tomaron las areniscas, estas manifestaciones llamaron la atención del hombre desde épocas muy antiguas y han sido el objeto de explotaciones a pequeñísima escala.

Entre estas localidades hay que recordar: La Riga y El Socorro, en la región de San Diego; el cerro de la Palangana, al Este de Molino.

Los minerales presentes en estas manifestaciones son más que todo malaquita y azurita, pero en localidad Palangana se encuentran, además de los carbonatos, buenas cantidades de calcocita y covelita que, debido a sus características, también se pueden atribuir a soluciones "per descensum". En esta localidad siempre se hallan algunos cristales de cubanita, sulfuro doble de cobre y hierro de origen hipogénico, pero profundamente alterados y sustituidos por calcocita supergénica.

En El Socorro también se encuentran cobre nativo y cuprita.

B) *Venas de relleno en fisuras.*

En la localidad La Botella, 15 kms. aproximadamente al E de Villanueva, en el río Villanueva, se encuentran pequeñas venas de algunos centímetros de espesor, mineralizadas con calcocita, neodigenita y bornita.

Estas venas se encuentran en un cuerpo de roca volcánica (30 × 50 m aprox.), intruído en las areniscas de La Quinta, cerca de una zona de contacto entre éstas y las volcanitas, dentro de una zona fallada.

El relleno de las venas es por lo general masivo, a causa de que la ganga cuarzosa es escasa. Casi siempre las venas tienen salbandas bien definidas, pero muchas veces la roca alrededor ha sido sustituida por calcocita, formando cuerpos masivos, de dimensiones reducidas.

Crisocola y malaquita impregnan la roca más o menos en toda parte cerca de los afloramientos mineralizados.

Es interesante anotar que aproximadamente un centenar de metros arriba de los afloramientos con calcocita, la arenisca ha sido impregnada por malaquita y crisocola en forma igual a la que se describió en las localidades La Riga y El Socorro.

En la zona intermedia entre estos afloramientos superiores e inferiores se hallan pequeñas trazas de mineralización.

En los afloramientos inferiores, cerca del lecho del río Villanueva, han sido ejecutados en tiempos pasados algunos trabajos mineros de cierta importancia. Todavía existe un túnel que penetra aproximadamente 50 metros en la montaña, siguiendo las venas mineralizadas. Otros dos túneles han sido excavados algunos metros más abajo del principal.

El origen de la mineralización de esta zona no es diferente del que se describió para las localidades principales, debido a que en toda la región alrededor se encuentran filoncitos de roca epidotizada, más o menos estériles desde el punto de vista económico, pero similares absolutamente a los descritos para las localidades principales.

La diferencia está en que aquí, en lugar de la zona de oxidación encontramos una zona mucho más profunda, en el límite entre la de los sulfuros primarios y la de cementación.

Lo dicho resulta del estudio microscópico de las muestras colectadas en las afueras y en el interior de los túneles.

Se encuentra aquí calcocita supergénica y bornita hipogénica, pero con fuerte prevalencia de la primera, lo que pone en evidencia que estamos en el límite inferior de la zona de cementación con calcocita.

No se puede afirmar con seguridad si la neodigenita es de origen primario o secundario, pero es probable que como está asociada con la

calcocita, sea derivada de intercambios entre ésta y la bornita, es decir, que sea de origen secundario.

La poca covelita, que se halla siempre en la roca encajante y nunca en las venas, parece más bien de origen supergénico.

Para completar, hay que recordar, entre las manifestaciones cupríferas secundarias, las de Gallinazo y Camperucho.

Gallinazo, situado a 10 kms. aproximadamente al SE de Urumita, tiene aspectos muy similares a los descritos para las localidades de alrededor de San Diego. Aquí también se encuentran rocas volcánicas, más o menos alteradas, asociadas con areniscas, pero la epidotización, además que a lentejones alargados, da lugar a bolsas más grandes.

Se encuentran aquí los mismos minerales que en la zona de San Diego, pero en cantidades muy reducidas.

En Camperucho, localidad situada en el lado occidental del valle del río Cesar, a unos cincuenta kilómetros de Valledupar, cerca de la carretera de Santa Marta, se encuentran impregnaciones de malaquita y azurita en rocas tanto volcánicas como arenáceas.

Hace varios años han sido ejecutadas en esta localidad algunas excavaciones que hoy en día se encuentran abandonadas y parcialmente derrumbadas.

Entre el material extraído de estos pozos se encuentran muestras mineralizadas con calcopirita.

P A R T E I I I

PROSPECCIONES GEOQUIMICAS

I. GENERALIDADES

Del estudio geológico y microscópico de la mineralización (véase parte II), resulta que la zona más favorable en la Serranía de Perijá, para las posibilidades de explotación minera, es la de San Diego. En esta zona se hizo un trabajo inicial de prospección geoquímica para poder sugerir, si los resultados fuesen favorables, investigaciones futuras.

Tres proyectos de prospección geoquímica han sido ejecutados en esta zona: el primero en el valle del arroyo Las Piletas; el segundo en El Seno y el tercero en Zeppelin.

Arroyo Las Piletas.

Al Este de San Diego se halla una pequeña zona plana aluvial de unos 10 kms. de largo y de dos a cinco de ancho. Dicha zona está compuesta por aluviones arenáceo-terrosos, transportados y sedimentados por el arroyo Las Piletas y retrabajados por el mismo río, de manera que ahora constituyen una terraza grande, más o menos plana.

Los aluviones de este río son bastante permeables y porosos, a pesar de que sean a menudo cementados.

En estos aluviones se halla una capa freática perenne que está sometida a variaciones de nivel durante el año, causadas por la alteración de estaciones secas y de lluvia (verano e invierno).

Durante el verano esta capa está a una profundidad no muy distante de la superficie y aflora en unos puntos del lecho del río.

Si debajo de estos aluviones se encontraran rocas mineralizadas con cobre, las aguas freáticas, que suben por los poros capilares, podrían haber facilitado una dispersión de soluciones ricas en cobre. Los aluviones en este caso llevarían un contenido en cobre mayor del normal.

Para ver si efectivamente debajo de los aluviones existen rocas mineralizadas con cobre, se hizo un muestreo sistemático de ellos y se analizaron las muestras tomadas.

Fueron muestreadas cuatro líneas paralelas con rumbo norte-sur, a distancia de quinientos metros una de otra. Las muestras fueron tomadas a lo largo de cada línea a cincuenta metros una de otra, y a una profundidad de más o menos un metro de la superficie.

Seno - Zeppelin.

En estas localidades no fue posible estudiar la dispersión del cobre en el suelo, debido a la falta casi total de éste. Hubo entonces que estudiar el contenido en cobre de las rocas en los varios sitios donde afloran, más o menos alteradas.

El fin de este trabajo no era el estudio de la dispersión primaria del cobre alrededor del cuerpo de mineral, sino reconocer la presencia de anomalías de contenido en cobre de las rocas superficiales, que han sido alteradas por las soluciones termales. Estas anomalías demostrarían la existencia efectiva de una impregnación metálica de la roca, que después ha desaparecido por causa de la lixiviación.

En otras palabras, este estudio no tuvo otro fin que el de descubrir la existencia de restos o trazas de la impregnación primaria.

Por lo tanto, se han excluido a propósito los filoncitos epidotizados cuya determinación no tendría ningún significado para el fin del trabajo, y, además, habría turbado los valores.

Las muestras fueron tomadas a lo largo de trincheras excavadas hasta una profundidad de 30-50 cms., lo cual ha permitido obtener muestras de roca muy poco o nada alteradas por la meteorización.

Las muestras fueron tomadas con continuidad, colocando en talegos distintos las muestras de cada metro.

Se procedió en esta forma, aunque parezca excesivo el trabajo, por dos motivos: para eliminar hasta donde fuera posible la subjetividad del muestreo, y para poder más tarde reconocer y excluir los valores fuertes debidos a la presencia de los filoncitos epidotizados, que son de ancho pequeño y de rumbo más o menos perpendicular al de las líneas de muestreo. De esta manera, el número de las muestras incluidas por el mayor contenido en cobre de los filoncitos epidotizados es uno o dos no más. Lo cual permite separar los valores altos originados por la presencia de filoncitos, de las verdaderas anomalías de contenido en cobre de las rocas.

En la localidad El Seno se muestrearon seis líneas paralelas con rumbo aproximado NNW-SSE, distantes 18 metros una de otra, por una longitud de 40 metros aproximadamente.

En la localidad Zeppelin se muestrearon cuatro líneas paralelas con rumbo NNE-SSW, distantes 10 metros una de otra, por una longitud de un centenar de metros. Estas líneas se encuentran en la pendiente SE de la colina de Zeppelin.

Para la determinación del contenido en cobre de las muestras, se usó el método colorimétrico de la biquinolina.

Este método fue estudiado e introducido en la práctica por Breckenridge, Lewis y Quick en el año 1939, y fue perfeccionado después por sabios de varios países.

El método de la biquinolina tiene muchas ventajas sobre los métodos colorimétricos tradicionales, como sería el ditizone y otros, pues no hay ningún metal que pueda interferir con el cobre.

El método usado en este trabajo es un poco diferente del sugerido por Almond (1).

Las muestras, después de haber sido pulverizadas, fueron disueltas en agua regia en lugar de ácido clorhídrico, y a cada tubo de ensayo se añadió unas gotas de solución saturada de cloruro férrico, para activar la reacción. Además, los "patrones" fueron preparados en solución acuosa y siempre se conservaron al abrigo de los rayos ultravioletas, pues la acción de éstos es sumamente fuerte en la región de Bogotá, debido a la altura (2.600 m), y causan por lo tanto una rápida alteración de los colores.

II. GEOQUIMICA DEL SUELO

Como se ha explicado en el capítulo precedente, el fin de la prospección geoquímica en las terrazas aluviales del valle del arroyo Las Piletas fue el reconocimiento de la presencia de anomalías de contenido en cobre en los aluviones, para poder establecer si las rocas subyacentes a éstos son mineralizadas o no.

Como las muestras fueron tomadas con malla muy grande (500 m por 50 m) no hubo la posibilidad de dibujar mapas con curvas isoanómalas en esta región.

Sin embargo, se diseñaron unos perfiles geoquímicos, que indican el tenor en cobre de los aluviones a lo largo de las líneas de muestreo.

Estos perfiles se pueden ver en la Plancha I.

Como fácilmente se puede notar, los tenores de las muestras colectadas, con pocas excepciones, son mayores del valor del contenido normal de fondo ("background") que en este tipo de aluviones tendría que ser de 0.005%, es decir, de 50 partes por millón (ppm).

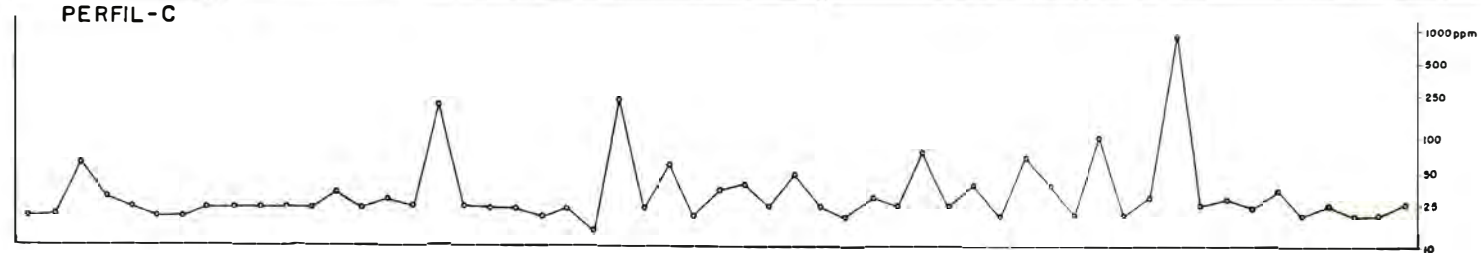
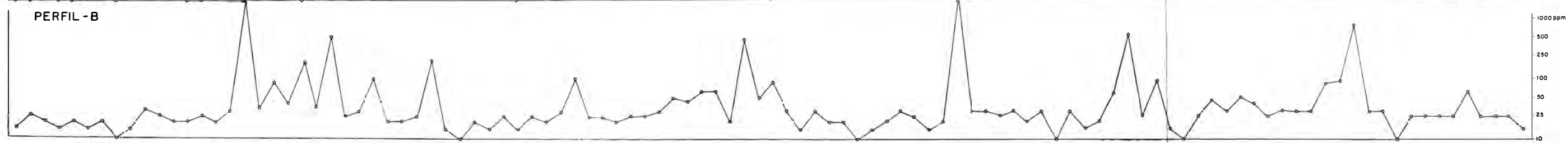
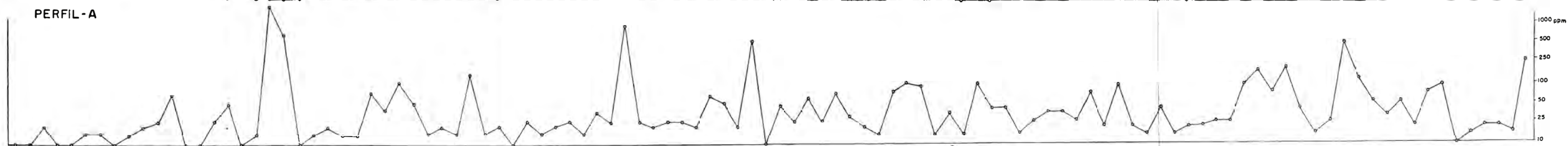
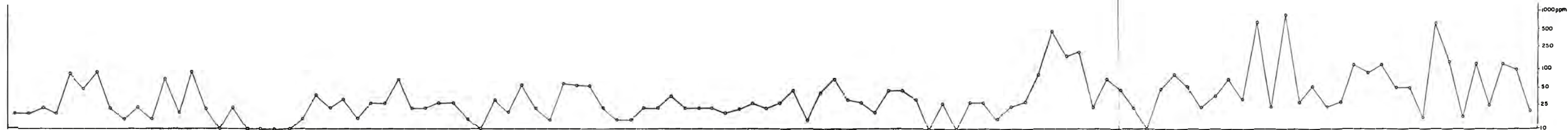
Además, las curvas no tienen oscilaciones fuertes, lo cual demuestra que se trata de un tenor alto que se difundió en los sedimentos aluviales después de la formación de éstos, no proveniente de las rocas madres de los sedimentos.

El hecho de que el tenor en cobre del suelo sea bastante alto puede ser explicado con las dos hipótesis siguientes:

1) Las aguas del río se han enriquecido en sales de cobre al pasar las zonas mineralizadas que se encuentran más arriba del plano aluvial, y estas sales se han difundido en los aluviones.

2) Las rocas en sitio que se hallan debajo de los aluviones son mineralizadas con cobre, y esta mineralización dio lugar a la difusión del cobre en los aluviones, debido a la circulación de las aguas de superficie.

Por medio de los trabajos hechos hasta ahora, no se puede establecer la importancia de la mineralización, su forma, la ubicación de los máximos de los tenores, ni los mínimos de profundidad.



PERFILES GEOQUIMICOS DE ZEPPELIN



Se sugiere entonces una segunda prospección geoquímica de malla mucho más reducida. Por ejemplo, 100 metros de distancia entre las líneas y 10 metros de distancia entre las muestras de una misma línea.

Este trabajo permitiría cartografiar las anomalías con curvas isoanómalas. Se podrá entonces obtener indicaciones más precisas sobre la ubicación, importancia y distancia de la superficie de los cuerpos mineralizados.

Donde las anomalías sean más marcadas, se podrá, más tarde, muestrear líneas intermedias a las ya muestreadas con distancia de 50 o 25 metros, una de otra. Esto permitirá cartografiar con mayor exactitud las curvas isoanómalas en las zonas más interesantes.

Será conveniente, ante todo, hacer algunos análisis de las muestras del agua del arroyo Las Piletas, colectadas arriba del plano aluvial, para excluir la posibilidad de ser cierta la primera hipótesis enunciada, es decir, que la difusión del cobre sea originada por las aguas del río.

Después de haber hecho estas prospecciones geoquímicas, será necesario ejecutar unas perforaciones en los puntos de anomalía máxima, para comprobar la presencia del cuerpo mineralizado, su extensión y su volumen.

III. GEOQUIMICA DE LAS ROCAS

Interpretación de los perfiles.

No es posible, con los resultados de este estudio, construir mapas con curvas isoanómalas en las localidades Seno y Zeppelin.

En realidad, la fuerte irregularidad de las anomalías, la desproporción entre la distancia de las líneas y de las muestras en la misma línea no permite la correlación entre las anomalías que se encuentran en dos líneas contiguas. Por lo tanto, se elaboraron perfiles geoquímicos que indican el contenido en cobre de las rocas a lo largo de las líneas muestreadas.

Estos perfiles se pueden ver en las Planchas II y III.

Estos perfiles se construyeron tomando como abscisa la distancia entre las muestras, y como ordenada el contenido en cobre de las muestras en partes por millón (ppm).

En estos perfiles queda entendido que la correspondencia entre las concentraciones en cobre y la posición de las muestras existe solamente en los puntos que tienen el valor medio del tenor en un metro de línea, y no en los empalmes de los puntos.

Para las ordenadas se escogió la escala logarítmica, pues esta escala es más adaptable, dentro de ciertos límites, a la sensibilidad del método de análisis usado.

Se han eliminado los valores menores de 10 ppm, siendo la sensibilidad del método, en este campo, muy escasa y subjetiva.

Para la interpretación de los perfiles es necesario tener en cuenta solamente las partes arriba de la línea del "background", que en este tipo de rocas mesosilícicas está alrededor de las 55 ppm.

Los valores debajo de esta línea no tienen ninguna importancia, siendo ellos indicativos de zonas no anormales.

Las partes del perfil que se encuentran arriba de la línea del "background" pueden presentar diferentes aspectos. Se describen en seguida los tres tipos principales:

A) *Máximo a campana regular* (Plancha IA).

El valor del máximo no es muy fuerte (500 - 1.500 ppm). La característica más importante de este tipo de anomalía es la grande amplitud.

Este tipo de perfil indica una variación más o menos regular del contenido de cobre en la roca por una longitud de al menos tres metros.

Esto significa una verdadera anomalía del tenor de cobre en la roca, que demuestra la presencia de residuos de una antigua impregnación, desaparecida por lixiviación.

B) *Máximo de pendientes fuertes y amplitud pequeña* (Plancha IB).

En este tipo de anomalía se encuentra un valor máximo por lo general muy fuerte, es decir, alrededor de 1.000 - 3.000 ppm. y una amplitud de uno o dos metros no más.

Esta anomalía es originada por un cuerpo mineralizado de dimensiones limitadas, de fuerte tenor cerca de la superficie.

En el caso particular de la zona en estudio, estos cuerpos mineralizados no pueden ser sino los lentejones o filoncitos epidotizados, que corresponden muy bien a las características delineadas en el precedente párrafo.

Para el fin de este trabajo, estas anomalías no tienen importancia, y entonces tienen que ser distintas de las otras.

C) *Máximo asimétrico* (Plancha IC).

Si se unen las dos anomalías A y B, la resultante es una curva más o menos asimétrica, llevando un máximo muy fuerte y con pendiente fuerte de un lado y regular de otro.

Las anomalías de este tipo son por lo tanto debidas, ya sea a la presencia de un lentejón epidotizado, o a un residuo de impregnación de la roca.

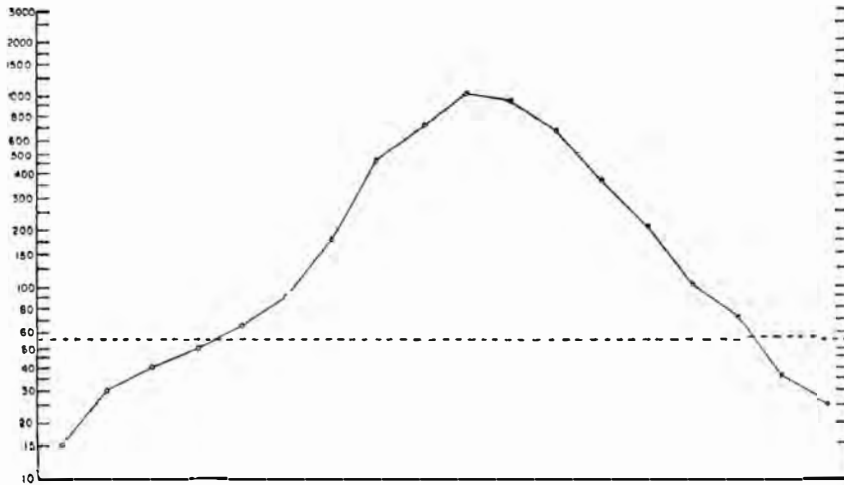
Estas anomalías también tienen importancia, puesto que muestran la existencia de una impregnación de la roca, desaparecida por lixiviación.

La importancia de la distinción de los tres tipos de anomalía tiene su razón a causa del fin que se persigue con este trabajo. Es en realidad necesario distinguir las anomalías originadas por los lentejones de las que indican una verdadera anomalía del tenor de cobre en las rocas.

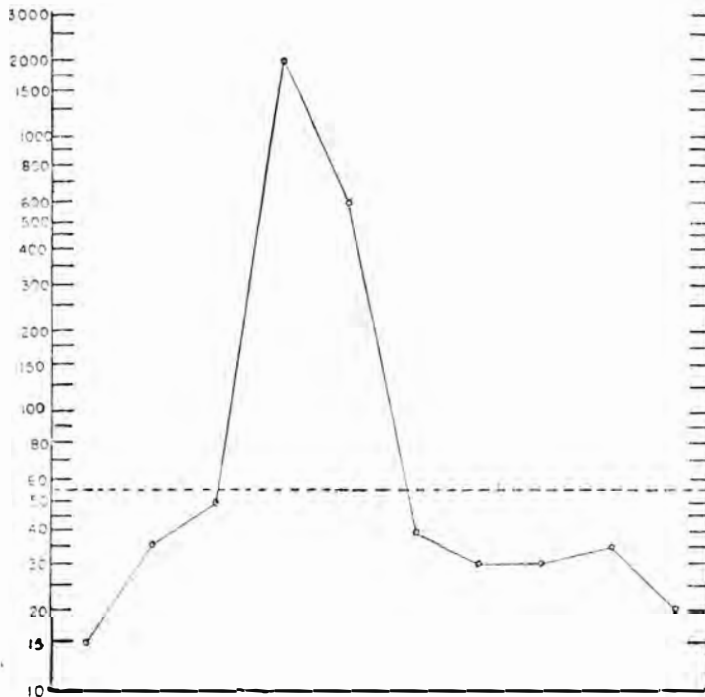
Pero esta distinción no es siempre muy fácil, como en los casos teóricos presentados anteriormente. Al contrario, la interpretación de las anomalías es frecuentemente muy dudosa.

El Seno (véase Plancha II).

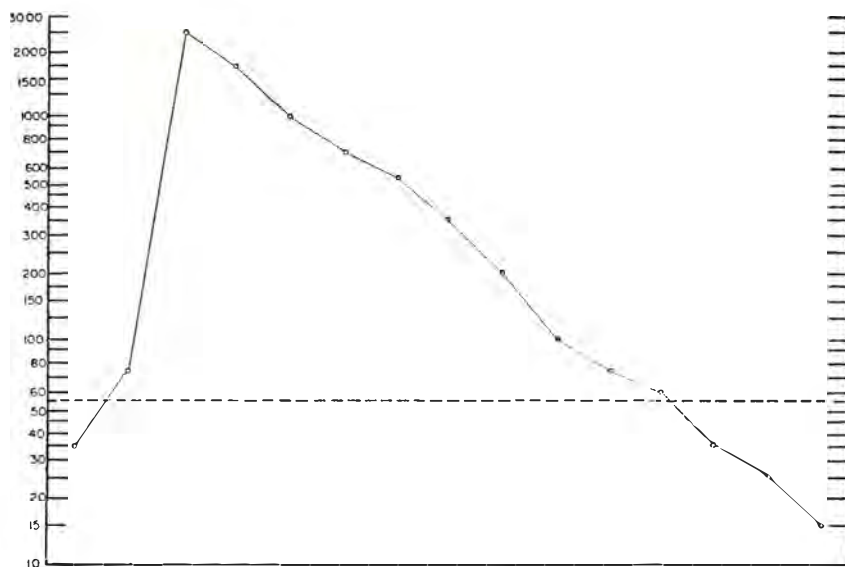
La característica más notoria al observar los perfiles de las líneas de muestreo de esta localidad es una fuerte irregularidad de las anomalías de contenido de cobre en las rocas.



PLANCHA I A
ANOMALIA CON MAXIMO A CAMPANA REGULAR



PLANCHA I B
ANOMALIA CON MAXIMO DE PENDIENTES
FUERTES Y AMPLITUD PEQUEÑA



PLANCHA I C

ANOMALIA CON MAXIMO ASIMETRICO

Para que se entienda esta irregularidad, es necesario tener en cuenta el origen de estas anomalías. No son, en realidad, halos primarios, como ya se dijo en el capítulo de las generalidades, sino residuos de una antigua impregnación.

La causa de la desaparición casi total de esta impregnación es la lixiviación de los minerales de cobre, la que fue favorecida por la porosidad de la roca que ha permitido la circulación de las aguas oxidadas de superficie.

El tenor actual de la roca en la superficie deriva por lo tanto de la porosidad de ésta, y la irregularidad de la distribución del metal, deriva de las fuertes variaciones de porosidad de la roca.

En realidad la roca que se encuentra en esta localidad es una lava superficial que si en unos puntos es bastante compacta, en otros es muy granulada.

Por esto se explica la presencia de anomalías digitales (perfiles IV y V y anomalías Nos. 8 y 9, y perfil VI N^o 15), es decir, anomalías que no presentan un solo máximo, sino dos o más, divididos por mínimo que, a veces, pueden estar también debajo de la línea de background.

Estos mínimos son originados por aumentos de porosidad muy locales, regulares en este tipo de roca volcánica, y por lo tanto no interrumpen la individualidad de la anomalía.

Además, hay que anotar que el tenor de cobre baja a valores muy débiles (5, 10 o 15 ppm), que no se pueden explicar en este tipo de roca mesosilícica sino con una fuerte porosidad.

Por lo que se refiere a la distinción de las varias anomalías geoquímicas, reveladas por estos perfiles, en los tipos delineados arriba, muy frecuentemente se encuentran dificultades e incertidumbres. Pero casi siempre se pueden distinguir las anomalías de tipo B, es decir, las que, por ser originadas por los lentejones epidotizados, hay que excluir.

Perfil I

La primera anomalía de este perfil (Nº 1) es evidentemente asimétrica, y entonces puede ser atribuida sin duda al tipo *C*.

Las anomalías 2 y 3 interesan respectivamente una longitud de 2 y 3 metros y llevan máximos respectivamente de 3.000 y 3.500 ppm. Estos valores altos y la escasa longitud de la anomalía pueden ser atribuidos a lentejones epidotizados, aflorante el primero y subaflorante con dimensiones mayores el segundo. Estas anomalías son por lo tanto de tipo *B*.

Perfil II.

Las anomalías Nos. 4 y 5 de este perfil, debido a su pequeña amplitud, son de tipo *B*.

La Nº 6 es una anomalía digitada de fuerte amplitud (7 metros) con dos máximos de 350 ppm. Sin duda, esta anomalía pertenece al tipo *A*.

La Nº 7 es de determinación dudosa entre el tipo *A* y el tipo *C*. En realidad, se encuentran en esta anomalía la asimetría típica del tipo *C*, pero no los valores fuertes originados por la presencia de lentejones mineralizados.

Perfil III.

En este perfil no se encuentran anomalías. Además, más de la mitad de los valores son muy bajos (5, 10 o 15 ppm.) Lo cual demuestra que por esta línea la porosidad en el área es muy fuerte.

Perfil IV.

Todas las anomalías de este perfil son digitadas.

La anomalía Nº 8 tiene dos máximos de 1.750 y 450 ppm. e interesa una longitud total de línea de cinco metros. Siendo el máximo más fuerte el valor perteneciente al primer metro de la anomalía, esta es asimétrica y entonces de tipo *C*.

La Nº 9 tiene tres máximos: uno de 200 y los otros dos de 1.500 ppm. Siguiendo la línea que une estos tres máximos, se nota que la anomalía es asimétrica, y por lo tanto pertenece al tipo *C*.

La Nº 10 es de catalogación dudosa entre el tipo *A* y el tipo *C*, por las mismas razones de la anomalía Nº 7 del perfil II. También ésta es de forma digitada, pero muy ligeramente (200 - 75 - 85 - 90 ppm.)

Perfil V.

Las anomalías de este perfil no tienen forma digitada.

La Nº 11 es de tipo *C*, asimétrico; pero se podría añadirle el pequeño máximo que está a su izquierda, de tal manera que esta anomalía resultaría de tipo *A* digitado.

La Nº 12 interesa no más que un metro de línea, con un valor de 850 ppm. Por lo tanto, se trata de una anomalía de tipo *B*.

Desafortunadamente, la anomalía Nº 13 está al final de la línea. No se puede por lo tanto decir de cuántos metros sea su amplitud. Podría pertenecer, sea al tipo *A*, o al tipo *C*.

Perfil VI.

Reaparecen en este perfil las anomalías digitadas.

La N^o 14, o bien la N^o 15, son de tipo A, siendo la primera de tres metros de amplitud y la segunda de seis.

Es interesante notar aquí cómo la porosidad de la roca, indicada por los valores bajos del contenido en cobre, está sujeta a variaciones fuertes en el sentido transversal al rumbo de las líneas.

En el perfil I, excluyendo los primeros 15 metros que se encuentran en roca arenácea, los valores bajos en contenido de cobre (5, 10 y 15 ppm) son alrededor del 22% del total; en el perfil II, excluyendo aquí también los primeros 9 metros por la misma razón, son el 40%; en el perfil III son el 72½%; en el IV el 51%; en el V el 281½%, y en el VI el 261½%.

Siendo estos valores proporcionales a la porosidad, se puede decir que ésta tiene un máximo que corresponde a la línea III y que baja regularmente en ambos lados.

Zeppelin (véase Plancha III).

Observando los perfiles geoquímicos de Zeppelin, se nota una mayor regularidad en la distribución de cobre en las rocas, que en El Seno.

Además, el número de valores alrededor de 10 ppm. es el 191½% del total, mientras que en El Seno era el 38%. Esto tiene su explicación en el tipo de roca que se encuentra en Zeppelin, que es muy diferente de la del Seno. Aquí se encuentran en realidad rocas subvolcánicas de textura y compactabilidad más regulares que las del Seno. Por lo tanto, la porosidad es mucho menor y mucho menos variable localmente. Por esto los valores de los tenores en cobre son mucho más regulares que en El Seno, y los valores bajos son mucho más escasos.

Si la roca de Zeppelin hubiese sido impregnada por soluciones cupríferas, la lixiviación de los minerales de cobre habría sido muy regular y muy poco intensa.

Aquí también se pueden dividir las anomalías en los tres tipos delineados A, B y C, pero se presentan frecuentemente dificultades.

Perfil A.

La primera anomalía de cierta importancia en este perfil se encuentra desde 76 m hasta 79 m. Esta anomalía presenta incertidumbre para catalogarla en el tipo A o el tipo C. Tiene dos máximos de 450 y 200 ppm, divididos por un mínimo de 175 ppm. Por lo cual es una anomalía digitada, pero sólo ligeramente.

Las anomalías 2 y 3 se observa que interesan no más que en un metro de longitud cada una, con máximos respectivamente de 675 y 875 ppm. Se trata entonces de una anomalía de tipo B.

La 4 tiene una amplitud de tres metros de línea, con valor no muy fuerte (125 - 90 - 125 ppm.) Es entonces una anomalía de tipo A, ligeramente digitada.

La 5 tiene un máximo de 600 ppm y una amplitud de dos metros. Se trata entonces de una anomalía de tipo B.

Perfil B.

La primera anomalía de este perfil, la N^o 6, es de tipo *B*, teniendo un máximo de 2.000 ppm y una amplitud de dos metros.

La anomalía 7 puede también ser de tipo *B*. Interesa un metro de longitud, con un valor de 150 ppm. El lentejón que dio origen a esta anomalía tiene que ser muy pequeño y muy pobre, debido al escaso valor del tenor de cobre encontrado.

Las anomalías 8 y 9 son parecidas a la 7. Tienen amplitud de un metro cada una, pero tienen máximos respectivamente de 900 y 550 ppm. Son por lo tanto de tipo *B*.

La 10 interesa tres metros de longitud, con valores de 75, 100 y 90 ppm. Se trata entonces de una de tipo *A*.

La 11 es de catalogación dudosa entre el tipo *A* y el tipo *C*. Tiene amplitud de cuatro metros y dos máximos de 150 y de 175 ppm. *Es digitada*.

La 12 interesa dos metros de longitud con un máximo de 450 ppm. Se puede entonces catalogar ésta al tipo *B*.

Perfil C.

Las anomalías 13, 15 y 17 de este perfil son de tipo *B*, debido a su amplitud de un metro cada una, y sus máximos (2.000 - 200 - 2.000 ppm). Para la 15 valen las mismas observaciones hechas para la 7 del perfil *B*.

Las 14 y 16 al contrario son de tipo *C*, y ambas digitadas. A la 14 se podría añadir los dos altos que están a ambos lados, y así esta anomalía sería de tipo *A*.

La 18 es de catalogación dudosa entre los tipos *A* y *C*. Es digitada con dos máximos de 550 y 90 ppm. La asimetría no es muy marcada.

La 19 es de tipo *C*. Interesa tres metros de longitud y tiene un máximo de 750 ppm.

Perfil D.

Las tres únicas anomalías de este perfil, la 20, la 21 y la 22, son de tipo *B*. En efecto, tienen una amplitud de un metro cada una, pero la 20 y la 21 tienen máximos no muy fuertes (220 y 225 ppm, respectivamente), como ya se anotó para la anomalía 7 del perfil *C*. La 23 tiene un máximo de 850 ppm.

CONCLUSIONES

Recapitulando lo expuesto en los capítulos precedentes, resulta que en El Seno, en 250 metros totales de líneas muestreadas, hay 10 anomalías de tipo *A* y *C* y 5 de tipo *B*, mientras que en Zeppelin, en 382 metros totales de líneas muestreadas, las anomalías *A* y *C* son 8 y las *B* son 13.

Entonces, debido a la presencia de anomalías *A* y *C* en las dos localidades, se puede decir que en ambas hubo una impregnación de las rocas por soluciones cupríferas. Sin embargo, en la localidad El Seno, las anomalías *A* y *C* son más numerosas; tienen valores máximos más fuertes,

interesan un mayor número total de metros de longitud (18.8%, contra 6.3%).

Además, la porosidad de la roca es mucho más fuerte en la localidad El Seno que en Zeppelin, como se ha dicho en el capítulo precedente. Entonces, es lógico pensar que la impregnación y la lixiviación de los minerales de cobre haya sido mucho más fuerte en la primera localidad que en la segunda.

De todo esto se puede concluir que:

1) Las rocas volcánicas de la localidad El Seno han sido impregnadas por soluciones cupríferas, de manera bastante fuerte. Pero debido a la gran porosidad de la roca, esta impregnación ha desaparecido. Lo cual hace pensar que en profundidad se halle una zona no lixiviada y además enriquecida por el cobre proveniente de la zona superior.

2) En Zeppelin la impregnación y la lixiviación han sido menos fuertes debido a la mayor compactabilidad de la roca (subvulcanitas); lo cual hace pensar que el tenor que se encuentra ahora en la roca sea muy poco diferente del que se encontraba antes de la lixiviación. Entonces, a profundidad tendremos una zona no lixiviada, de muy bajo tenor y ligeramente enriquecida, de tal manera que no se pueden esperar tenores de utilidad económica.

Aplicando estos resultados a las otras dos localidades mineras principales, San José y Ovejo, se puede pensar "a priori" que la primera, por ser semejante, en tipo de roca, a Zeppelin, no tenga, como ésta, interés desde el punto de vista minero, mientras que la segunda, donde se encuentran rocas parecidas a las de El Seno, sí debe ser interesante desde el punto de vista de la explotación minera.

No me parece útil desarrollar otras búsquedas geoquímicas en las localidades Zeppelin y Seno, puesto que en Zeppelin es muy poco probable encontrar minerales útiles, y en El Seno es muy difícil llegar a una delimitación cartográfica más o menos exacta de las anomalías, debido a su gran irregularidad.

Además, no parece necesario delimitar con precisión las anomalías en el área de El Seno, siendo éstas, como ya hubo ocasión de decir varias veces, restos de una impregnación desaparecida por lixiviación. La limitación de estas anomalías, aun cuando fuere posible, no sería de ninguna utilidad para la localización del cuerpo mineralizado. Al contrario, indicarían zonas de menor lixiviación, y por lo tanto de menor enriquecimiento a profundidad.

Pero parece útil desarrollar una prospección geoquímica, hecha de la misma manera que las que ya se hicieron, en la localidad de Ovejo, para establecer si en realidad también aquí hubo impregnación de las rocas por soluciones cupríferas y lixiviación.

Es ahora necesario ejecutar unas cuantas perforaciones en la localidad de El Seno y en la localidad de Ovejo, si allí el resultado de las prospecciones geoquímicas fuese positivo. Estas perforaciones serán de corazón continuo, donde el tenor sea económicamente útil para asegurar la efectiva existencia del cuerpo mineralizado, su profundidad, tenor y espesor.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para concluir este estudio se desea hacer resaltar los principales resultados obtenidos, tanto desde el punto de vista geológico como minero, y así dar alguna idea en lo que se refiere a la continuación de los trabajos en la región.

Geología.

Se elaboró un mapa geológico a escala 1 : 100.000 de la región comprendida entre el río Molino, al norte, y Becerril, al sur. Se tomó como base topográfica la del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", complementada al E y al N hasta la frontera venezolana. Este mapa topográfico ha sido realizado por medio de fotos aéreas. El mapa geológico se elaboró por medio de la interpretación de las fotos aéreas y de varias secciones de terreno ejecutadas principalmente entre San Diego y Villanueva. A pesar de algunas imperfecciones, que se deben a dificultades de penetración y también a una tectónica fallada muy compleja, este mapa contiene muchos elementos nuevos e interesantes para el conocimiento geológico de la Serranía de Perijá, a saber:

a) La extensión de los terrenos de edad paleozoica en el sector de Manaure (Valles de Manaure y de San José de Oriente) con sus diferentes facies. Se ensayó hacer algunas correlaciones con las formaciones paleozoicas de la vertiente venezolana de la Serranía, pero es evidente que sólo con una cartografía completa de la Cordillera se llegaría a confirmar el valor de estas correlaciones.

b) La presencia del cretáceo que cubre los estratos rojos de La Quinta de la cumbre de la Cordillera en la zona del Cerro Pintado. Este cretáceo había sido mencionado también por Miller (4).

c) El desarrollo de las riodacitas en la base de la serie de La Quinta sugiere la presencia a profundidad de intrusiones graníticas contemporáneas de estas riodacitas. Estos granitos parecen existir en la vertiente venezolana de la Serranía.

Las riodacitas han sido representadas en el mapa geológico con cierta precisión, lo que permite ver que relieves riodacíticos han existido durante toda la deposición de las areniscas rojas de La Quinta.

d) Un gran accidente tectónico más o menos paralelo a la dirección de la cadena ha sido delineado, el cual pone en contacto el paleozoico con terrenos más modernos permo-triásicos y cretácicos. El hace parte del sistema de las grandes fallas longitudinales que ha definido Miller (4) en la vertiente venezolana de la Serranía.

Además, el estudio de laboratorio aportó ideas originales acerca de la petrografía de las rocas sedimentarias y efusivas de la región.

Exploraciones mineras.

La exploración minera tuvo por objeto la búsqueda de indicios de cobre y la localización de yacimientos económicos eventuales. Con este fin se hicieron los siguientes trabajos:

1) Limitación de todos los indicios de cobre entre Molino y Codazzi, es decir, en una área de aproximadamente 1.000 kilómetros cuadrados.

Estos indicios se hallan repartidos en tres zonas:

A) Este de San Diego (Ovejo, Zeppelin, El Seno, San José).

B) Este de Urumita (Gallinazo, Portachuelo).

C) Este de Villanueva (Botella, Molino).

2) Estudio geológico y minero de detalle del sector de San Diego y elaboración de un mapa geológico de todo el sector a escala 1 : 25.000 y otros mapas de mayor escala de las localidades de Ovejo, Zeppelin, El Seno, San José.

Se escogió este sector, tanto por la abundancia y continuidad que aquí presentan los indicios como por su mayor facilidad de acceso.

3) Estudio genético de la mineralización y estudio petrográfico de detalle de los principales puntos con indicios de mineralización.

4) Estudios de geoquímica, tanto en las rocas como en los sedimentos recientes del valle, entre El Seno y San José.

De todos estos estudios, y en particular de los análisis de laboratorio realizados, resulta que:

No existe concomitancia entre el ascenso de las lavas y el de la mineralización cuprífera.

Esta mineralización puede ser bastante reciente, posiblemente de edad terciaria.

Las lavas, por su naturaleza, fueron más o menos favorables a la mineralización.

Los estratos arenáceos rojos de La Quinta, en su mayoría no son favorables con respecto a la mineralización.

Por lo que se refiere a las lavas, las investigaciones de detalle en la zona de San Diego no dejan ver concentración económica alguna en la superficie o en sus alrededores inmediatos. El cobre nativo, los óxidos y los carbonatos que lo acompañan, sólo se hallan dentro de filoncitos o lentejones que representan un porcentaje inferior al volumen total de la roca (menos de 1%).

Los tenores en el interior de estos filoncitos pueden variar de 1 a 5% de cobre metálico, o aún más.

Además, se observó:

Una alteración hidrotermal muy extensa en las lavas de las zonas indicadas arriba.

Ciertas anomalías en el interior de estas zonas, en particular en la de El Seno, que hacen aparecer concentraciones muy débiles en franjas definidas, pero de toda manera altamente superiores al "background". Estas anomalías han sido reveladas por los estudios de geoquímica.

Todo esto hace avanzar la hipótesis de que una parte de las lavas ya ha sido impregnada por soluciones cupríferas, las cuales dieron lugar a una mineralización del tipo "disseminated copper".

Posteriormente, con la erosión, se produjo un fenómeno importante de lixiviación, que hizo desaparecer todos los minerales de cobre contenidos en las lavas.

Esta hipótesis es compatible con nuestras observaciones y con los análisis de laboratorio. Si es correcta, se puede pensar en la existencia a profundidad de zonas de cementación o de zonas de sulfuros primarios.

Puede parecer extraño que en los valles de la región no se manifieste la existencia de estas zonas (menos el caso de La Botella), pero hay que tener en cuenta que estos valles no son muy profundos y que, por otra parte, se sabe que la lixiviación del cobre se opera de manera muy rápida.

Teniendo en cuenta este estudio y los resultados que él aporta, el problema del desarrollo de nuevas investigaciones tiene que ser analizado en función de los siguientes datos:

a) Ninguna concentración económica de cobre existe en la superficie o cerca de ésta en toda la zona estudiada entre Molino y San Diego.

b) Existe la posibilidad de concentraciones a profundidad y de yacimientos explotables económicamente. Esto queda subordinado a la verificación de las hipótesis que se hizo anteriormente.

Esta verificación se puede hacer en forma bastante rápida con algunos sondeos en el sector de San Diego, a saber:

Vertiente W de la colina de El Ovejo.

Valle entre La Riga y Zeppelin.

Terraza entre El Seno y San José.

En el caso de que los sondeos confirmen esta hipótesis, se podría pensar en adelantar una campaña geofísica apropiada para determinar la localización de nuevos sondeos, con el fin de llegar a localizar un yacimiento de interés económico.

En el caso contrario, no parece útil que el Ministerio de Minas y Petróleos adelante investigaciones futuras en este sector.

R E F E R E N C I A S

INFORME N° 1431

- (1) ALMOND, H. (1955).—“Rapid field and laboratory method for the determination of copper in soil and rocks”. U.S.G.S. *Bull* 1036A, T. 136 (1955).
- (2) BRUCKNER, W. D. (1954).—“Note on some fossils from the Girón group in the Río Lebrija valley, Department of Santander, Colombia”. *Journ Paleont*, V. 28, N° 1, pp. 112-113, (1954).
- (3) HEA J. P. y WHITMAN A. B. (1960).—“Stratigraphy and petrology of the pre-Cretaceous sediments of the north-central Sierra de Perijá, State of Zulia, Venezuela”. (Versión en español). *Bol. de Geol. Venezuela*. Publ. Esp. N° 3, tomo 1 (1960).

- (4) MILLER, J. B. (1960).—“Directrices tectónicas en la Sierra de Perijá”. *Bol. Geol. Venezuela*. Publ. Esp. N° 3, tomo I, (1960).
- (5) MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS. DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA, Rep. de Venezuela (1956). “Léxico Estratigráfico de Venezuela”. *Bol. de Geol.* Publ. Esp. N° 1 (1956).
- (6) MORER, J. J. y NICHOLLS, E. (1960).—“Visita a la mina Anima Sola, corregimiento de San Diego, Municipio de Robles, Departamento del Magdalena. Servicio Geológico Nacional. Ministerio de Minas y Petróleos. República de Colombia”. Informe 1358 (1960).
- (7) WOKITTEL, R. (1957).—“Bosquejo geográfico y geológico de la Sierra Nevada de Santa Marta y de la Serranía de Perijá”, Servicio Geológico Nacional. Ministerio de Minas y Petróleos, República de Colombia. *Bol. Geol.* Vol. 5 N° 3, pp. 28-50 (1957).
- (8) WOKITTEL, R. (1957).—“La información cuprífera de la Serranía de Perijá (Intendencia de la Guajira y Departamento del Magdalena)”, pp. 51-67 (Ver. ref. 7).

**HISTORIA DE CLIMA Y VEGETACION DEL PLEISTOCENO
SUPERIOR Y DEL HOLOCENO DE LA SABANA DE BOGOTA**

THOMAS VAN DER HAMMEN
JEFE - PALEOBOTANICA

FOR

ENRIQUE GONZALEZ
AUXILIAR - PALEOBOTANICA

INFORME No. 1322

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA. 1963

CONTENIDO

ABSTRACT	195
Conclusions	195
RESUMEN	196
INTRODUCCIÓN	199
Posición geográfica e historia geológica de la Sabana de Bogotá	201
Clima actual de la Sabana de Bogotá y alrededores	205
Vegetación actual de la Sabana de Bogotá y alrededores	208
Bosque Andino	209
Weinmannietum tomentosae	209
Alnetum jorullensis	212
Quercetum	213
Bosque enano de páramo andino	214
Vaccinion floribundi y asociaciones relacionadas	214
Polyleprietum	215
Escalonietum	215
Praderas y rosulicaulon del Páramo Andino	216
Espeletietum	216
Acaenetum	217
Límite altitudinal del bosque y límite de las nieves	218
Deposición actual de polen	221
La perforación, los corazones y los sedimentos	222
Descripción de las especies	224
Quercus	224
Podocarpus	224
Hedyosmum	225
Myrica	225
Styloceras	225
Bocconia	225
Juglans	225

Weinmannia	225
Rapanea	226
Symplocos	226
Drimys	226
Ilex	226
Miconia	226
Urticaceae	227
Alnus	227
Gramineae	227
Acaena	227
Melastomataceae	228
Aragoa	228
Ericaceae	228
Geranium	228
Valeriana	229
Polygonum	229
Caryophyllaceae	229
Gentiana	229
Plantago	229
Jussiaea	230
Gaiadendron	230
Eugenia	230
Myrtaceae	230
Monocotyledoneae	230
Cyperaceae	231
Compositae (Tubuliflorae)	231
Compositae (Liguliflorae)	231
Umbelliferae	231
Hydrocotyle	231
Rumex	231
Borreria	232
Coniferae - tipo A y B	232
Ranunculus	232
Chenopodiaceae —Amaranthus— tipo	232
Panopsis	233
Valeriana stonophylla	233
Malvaceae	233
Tricolporites "tipo C"	234

Stephanoporites "tipo D"	234
Thalictrum - tipo	234
Evolvulus - tipo	234
Solanaceae	235
Polygalaceae	235
Hypericum	235
Dodonaea	235
Malpighiaceae	235
Cuphea	236
Gunnera	236
Cenothera	236
Amaranthaceae	236
Fuchsia	236
Cordia lanata	236
Daphnopsis - tipo	237
Compositae (Liguliflorae)	237
Dacrydium - tipo	237
Podocarpaceae - "Tipo E"	237
Mutisia	237
Aetanthus	237
Ribes	238
Croton	238
Berberis	238
Jamesonia	238
Lycopodium (foveolado)	238
Lycopodium (reticulado)	238
Cyatheaceae - tipo	239
Hymenophyllum - tipo	239
Hemitolia	239
Verrutriletes "tipo F"	239
Verrutriletes "tipo G"	239
Triletes "tipo I"	240
Triletes "tipo H"	240
Triletes "tipo J"	240
Triletes "tipo K"	240
Verrumonoletes	240
Psilamonoletes	240
Isoetes	241

Descripción e interpretación del diagrama. Interpretaciones y observaciones generales	241
Diagrama general	243
Curvas individuales	244
Las curvas de temperatura y precipitación	245
Las fechas del radiocarbono y su interpretación	253
Conclusiones	258
BIBLIOGRAFÍA	260

A B S T R A C T

Upper Pleistocene and Holocene climate and vegetation history of the Sabana of Bogotá (Colombia, South America)

The uppermost 32 metres of a 200 metres core of principally lake sediments Pleistocene and Holocene age from the Sabana of Bogotá were analysed on its pollen content, with a sample distance of 10-15 cms. The rest of the cores is being analysed and the diagram will be published later. The Sabana of Bogotá lies at an altitude of approximately 2560 metres above sea level, $4\frac{1}{2}^{\circ}$ - 5° North of the equator and 74° - $74\frac{1}{2}^{\circ}$ West of Greenwich. About seventy species, genera or families could be recognized.

From the diagram it may be deduced that glacial and interglacial periods affected the tropics in the same manner as Europe and North-America. It may also be deduced from the diagram, that the glacial periods were at the same time pluvials, and the interglacials interpluvials.

Curves for the real fluctuations of the forest-limit, for the changes of annual precipitation, and for the changes of temperature could be calculated. The temperatures during the high-glacial phases of the Würm-glacial were $\pm 8^{\circ}\text{C}$ lower than today, the forest limit came down some 1300 metres and the snowline even more.

Radiocarbon dates proved that the portions of the diagram considered to represent the Holocene and the last part of the high Würm glacial, respectively really corresponded to those ages. Moreover the temperature curve for the upper Pleistocene of the Sabana of Bogotá corresponds surprisingly well with the one published by Gross for Europe.

With this knowledge it seemed fully justified to correlate also the older phases with the glacials and interglacials of Europe and North America, using principally the alpine nomenclature. The lowest part of the diagram seems to correspond to the end of Riss I (=Drenthe stadial), followed by the Riss I-II interstadial, and the Riss II (=Warthe stadial). Then follows the Riss-Würm interglacial, the Würm-glacial (subdivided by two long interstadials together called Interpleniglacial), and the Holocene.

The more important conclusions of the present study are summarized in paragraph 12, which follows here in literal translation.

C O N C L U S I O N S

The more important conclusions of the present study may be summarized as follows:

1^o The tropics were equally effected by important temperature fluctuations, glacials and interglacials as the Northern temperate regions.

2^o The average year temperatures during the coldest phases of the Würm-glacial in the Andes of equatorial South America, were approximately 8°C lower than today. During the warmest phases of the interglacials these temperatures were about $2-3^{\circ}\text{C}$ higher than today. These ciphers are not essentially different from those calculated for Europe, and those found by Emiliani for surface ocean water. During the Riss I glacial, temperatures were apparently 11°C lower than today.

3° The glacials of the tropics are also periods with a major annual atmospheric precipitation, that is to say pluvials. The interglacials of the tropics are also periods with a minor annual atmospheric precipitation, that is to say interpluvials.

4° Minor fluctuations of the annual atmospheric precipitation occur during the glacials, partly independent of the minor temperature fluctuations. The late Würm and the late Riss I were relatively dry periods.

5° The fluctuations of the forest limit, at least in the equatorial Andes, did not depend only on temperature fluctuations, but also on fluctuations of the annual precipitation. A lower temperature caused a downward shift of the forest limit, but a higher annual precipitation forced it upward. For that reason the lowerings of the forest limit during glacial-pluvial phases were less than would correspond to the decrease of temperature only.

6° On the basis of the temperature curves for the Upper Pleistocene and Holocene and combined radio carbon dates, it may be said that the glacials and interglacials, and also the interstadials and probably the minor climatic fluctuations of the Holocene, of equatorial South America, are perfectly contemporaneous and may directly be correlated with the ones known from the temperate regions of the Northern hemisphere (see fig. 6).

7° The snow limit and the forest limit during the three glacial maxima (temperature minima) of the last portion of the Würm glacial (Pleniglacial II), were situated approximately as follows:

<i>Snow-limit</i>	<i>Forest-limit</i>
Mínimo 1° — 3050 m	2250 m
Mínimo 2° — 3025 m	2400 m
Mínimo 3° — 3215 m	2400 m

For the Riss I glacial maximum these ciphers are:

2800 m ± 1700 m

And the present day conditions:

4550 m 3200 m

8° In the late glacial and Holocene of the Sabana of Bogotá eight zones (numbered I-VIII) may be distinguished. In so far as C 14 dates are available, the zone limits seem to coincide very well with european zone-limits. The succession of dry-wet-dry-wet during the Holocene in the Sabana of Bogotá seems to correspond very well with the european Boreal-Atlantic-Subboreal - Suatlantic succession.

9° During the wet and cold glacial phases *Quercus* was one of the most common trees on the slopes of the mountains which surround the Sabana of Bogotá. During the drier and warmer interglacials the Quercetum was almost entirely replaced by a Weinmannietum or simmilar associations.

10° The following major subdivisions of the Upper Pleistocene (and Holocene) could be recognized in the Sabana of Bogotá (see also point 6): Holocene (with 5 zones); Late glacial; Würm-glacial: Pleniglacial II, Interpleniglacial (including two interstadials separated by a cold phase), Pleniglacial I; Riss-Würm interglacial; Riss-glacial: Riss II (=Warthe), Riss I-II interstadial, Riss I.

R E S U M E N

Los 32 metros superiores de un corazón de 200 metros, principalmente sedimentos de laguna de edad pleistocena y holocena de la Sabana de Bogotá, se analizaron sobre su contenido de polen, con una distancia entre muestras de 10 a 15 cms. El resto del corazón se está analizando, y el diagrama de esa parte se publicará más tarde.

A base de polen se pudieron reconocer aproximadamente setenta especies, géneros o familias, muchas de ellas por primera vez.

Se puede deducir del diagrama qué períodos glaciales e interglaciales afectaron al trópico, lo mismo que a Europa y Norte-América. También se colige del diagrama que los períodos glaciales fueron al mismo tiempo pluviales, y los interglaciales interpluviales.

Se calcularon curvas para las fluctuaciones del límite altitudinal del bosque, para los cambios de precipitación anual y para los cambios de la temperatura. Las temperaturas medias durante las principales fases de la glaciación Würm eran más o menos 8°C más bajas que las de hoy día; el límite altitudinal del bosque se bajó hasta 1.300 metros, y el límite de las nieves todavía más.

Las fechas obtenidas por medio de los análisis del radiocarbono, comprobaron que las partes del diagrama consideradas respectivamente como Holoceno y última parte de la glaciación Würm, efectivamente correspondieron a estas edades. Con estos conocimientos parece completamente justificado correlacionar también las fases más antiguas con las glaciaciones e interglaciales de Europa y Norte-América, utilizando la nomenclatura alpina. La parte inferior del diagrama parece corresponder al final de Riss I, seguido por el interstadial Riss I-II, y el Riss II (Warthe-stadial). Siguen entonces el interglacial Riss-Würm, el glacial Würm (subdividido por dos interstadales largas, juntos llamados Interpleniglacial, y varios interstadales de menor importancia), y el Holoceno.

Las conclusiones más importantes del presente estudio están resumidas en las conclusiones.

INTRODUCCION

La Sabana de Bogotá, una altiplanicie rodeada por montañas en la Cordillera Oriental de Colombia, siempre ha sido considerada como el fondo plano de una antigua laguna. También los Chibchas que vivieron en la Sabana, antes de la llegada de los conquistadores, tenían una leyenda según la cual la Sabana se convirtió en laguna. Esa leyenda nos cuenta, además, que Bochica, el héroe chibcha de piel blanca, abrió un camino a las aguas de la Sabana, en el sitio del actual Salto de Tequendama.

Cuando analizamos provisionalmente algunas muestras de pozos de la joven Formación de la Sabana, nos damos cuenta que esta formación de varios centenares de metros de espesor consistía casi enteramente de sedimentos de laguna, muy ricos en algas y polen. Parecía entonces que existía aquí una serie completa, y muy gruesa, de sedimentos del Pleistoceno y probablemente también del Plioceno, desarrollado en facies de laguna, ofreciendo la posibilidad de hacer un diagrama de polen completo y continuo desde el Plioceno Superior, pasando por todo el Pleistoceno y Holoceno, un ejemplo que sería casi único en el mundo.

Pero el problema era cómo conseguir corazones continuos cuidadosamente tomados de este material. Por este motivo se llevó a cabo una perforación especial a principios de 1957, en predios de la Ciudad Universitaria, con la ayuda del equipo de perforación de la Sección de Hidrogeología del Servicio Geológico Nacional, tomando corazones continuamente. A los 203 metros debajo de la superficie fue alcanzada la base de los sedimentos de laguna, que posan sobre arcillas rojas del Terciario Inferior.

Ahora presentamos los resultados del análisis de polen de los 33 metros superiores de esta sección, que comprende el Holoceno y el Pleistoceno Superior de la Sabana de Bogotá, 4½° al norte del Ecuador, a una altura de 2.560 metros.

Queremos expresar nuestra gratitud al doctor Enrique Hubach y al doctor Benjamín Alvarado, anteriores directores del Servicio Geológico Nacional, y al actual director, doctor Fernando Pava Silva, por haber facilitado la realización de este estudio, y al doctor Jaime López Casas, anterior Jefe de la Sección de Hidrogeología, por su ayuda en la ejecución técnica de la perforación.

También queremos agradecer a la Compañía Shell-Cóndor en Bogotá el habernos facilitado varios corazonadores y otros accesorios.

Schlumberger de Colombia ejecutó el registro eléctrico gratuitamente.

Recibimos del Año Geofísico Internacional (Subcomité de Glaciología), por medio del Reverendo Padre Jesús Emilio Ramírez, ayuda económica.

Los análisis de C-14 fueron llevados a cabo gratuitamente por el doctor H. Tauber, del Laboratorio de Copenhague, a petición del doctor Johs. Iversen.

El señor Enrique González, auxiliar de palinología de la Sección de Paleobotánica del Servicio Geológico Nacional, realizó muchos análisis y fue un colaborador continuo en este estudio. El señor Juan B. Perico, ayudante de laboratorio de la Sección de Paleobotánica, preparó todas las muestras y realizó valiosos trabajos en todas nuestras excursiones de campo.

Los colaboradores del Instituto de Ciencias, especialmente los señores Roberto Jaramillo y Jorge Hernández, contribuyeron esencialmente a este estudio, determinando las colecciones de plantas recientes, colaborando en los estudios de la vegetación actual y facilitando la colección de polen reciente de especímenes del herbario.

El señor Erwin Kraus nos suministró muchos datos, basados en sus propias observaciones, sobre la altura de las nieves en diferentes nevados; fue además nuestro guía e inestimable compañero de montaña en la Sierra Nevada de Santa Marta.

A todos estos amigos e instituciones, sin la ayuda de los cuales no hubiera sido posible terminar este estudio, nuestra más sincera gratitud.

2. POSICION GEOGRAFICA E HISTORIA GEOLOGICA DE LA SABANA DE BOGOTA

La Sabana de Bogotá es la más grande de varias altiplanicies de la Cordillera Oriental de Colombia, a una altura de aproximadamente 2.560 metros. Su posición geográfica (fig. 1) está entre los $4\frac{1}{2}^{\circ}$ y 5° norte del Ecuador, y los 74° y $74\frac{1}{2}^{\circ}$ oeste de Greenwich. La parte plana de la Sabana de Bogotá comprende un área de 1.400 kms.², sobre la cual se encuentran varias pequeñas ciudades o pueblos, y la capital de la República, Bogotá. La Sabana de Bogotá representa una cuenca casi completamente cerrada, rodeada por cerros, y drenada por el río Bogotá y sus afluentes, que tiene una sola salida en el Suroeste, vía Alicachín-El Charquito-Salto de Tequendama.

La situación actual es el resultado lógico de la historia geológica. Aunque la geología de la región se conoce bastante bien (Hubach, 1957; Burgl, 1957; Van der Hammen, 1957), todavía hay varios problemas estructurales por resolver.

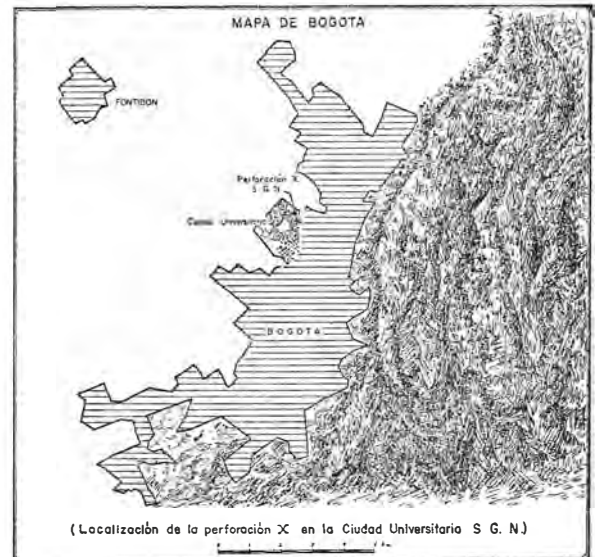
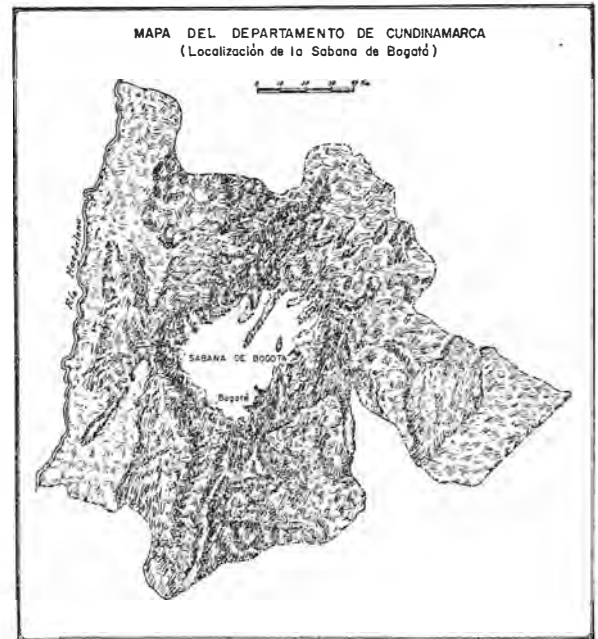
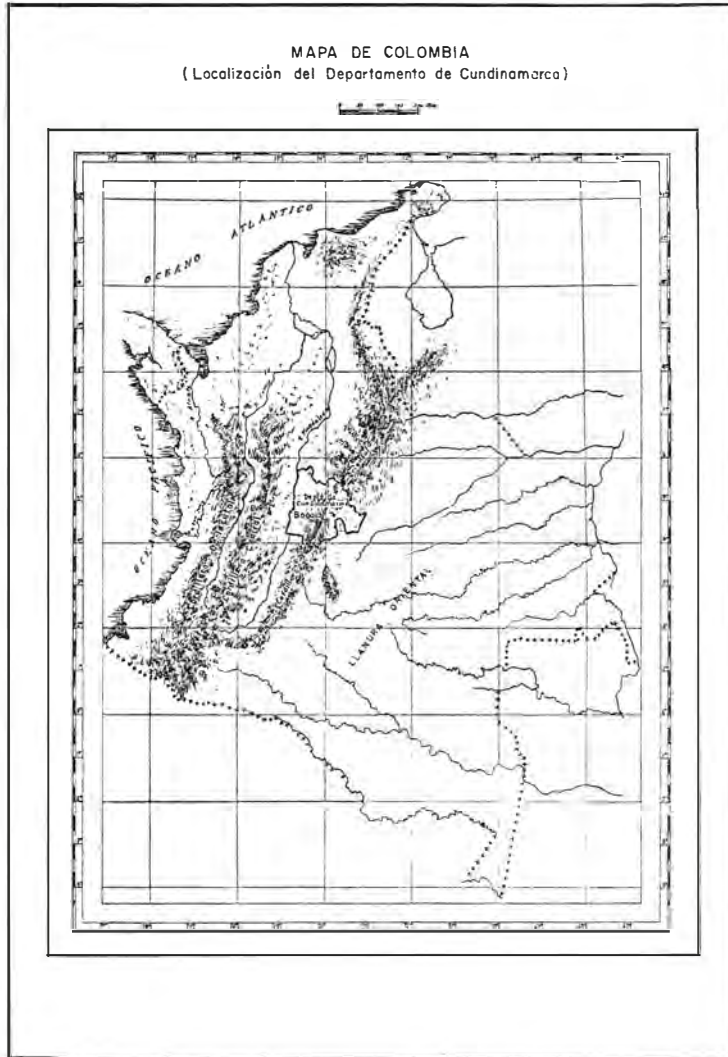
Durante el Cretáceo y el Terciario Inferior, la actual Sabana de Bogotá formaba parte del geosinclinal del Oriente Andino. Durante el Cretáceo Inferior se depositaron lutitas negras marinas con algunas capas de arenisca (Formación Villeta). Durante el Cretáceo Superior aumentó la sedimentación de las areniscas, y este período marino termina con la alternancia respectiva de areniscas y "plaeners", y finalmente, se deposita una arenisca llamada "arenisca tierna" (Formación Guadalupe). La "arenisca tierna", que es del Maestrichtiano Inferior. Encima de esta arenisca se encuentra la Formación Guaduas, de edad maestrichtiana superior, exceptuando la parte más superior, que ya es de edad paleocena. La Formación Guaduas presenta principalmente una facies intermedia hasta terrestre (lutitas y arcillas grises, areniscas y mantos de carbón). Es claro, por consiguiente, que el geosinclinal sufrió un ligero movimiento positivo durante la primera parte del Maestrichtiano, o el mar se retiró.

Nuevamente se realizaron movimientos poco después de principiar el Paleoceno, resultando en la sedimentación de areniscas (Areniscas del Cacho).

La Arenisca del Cacho forma la arenisca basal de la Formación Bogotá, de edad Paleoceno y Eoceno Inferior. Esta Formación Bogotá consiste principalmente en arcillas manchadas de rojo, y areniscas arcillosas. En la parte media de la formación se puede presentar una arenisca de grano grueso representando la base del Eoceno Inferior (Arenisca de Lenguazaque). En el valle del Tunjuelo, al sur de Bogotá, aflora la formación de Usme, encima de la Formación Bogotá. Esta formación consiste en una arenisca basal muy gruesa, de edad probable Eoceno Medio, y una serie de lutitas localmente con foraminíferos de Edad Eoceno Superior

MAPAS INDICANDO LA SITUACION DEL DEPARTAMENTO
DE CUNDINAMARCA, LA SABANA DE BOGOTA Y LA
PERFORACION X EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA

MAPS INDICATING THE LOCATION OF THE DEPARTMENT O
CUNDINAMARCA, THE SABANA DE BOGOTA, AND THE
BORING X IN THE UNIVERSITY PARK



hasta Oligoceno Inferior. Una arenisca con varios mantos de carbón indica aparentemente el principio del Oligoceno Medio.

Al principio del Oligoceno Superior, esta parte del geosinclinal del Oriente Andino que actualmente es la Cordillera Oriental, sufrió fuertes movimientos orogénicos: levantamiento y probablemente plegamiento (Van der Hammen, 1959). En este tiempo se empiezan a desarrollar las principales características estructurales y morfológicas de la Sabana. Este desarrollo fue completado durante el Mioceno, y el levantamiento principal tuvo lugar probablemente al principio del Plioceno. Entonces la Sabana era un valle sinclinal compuesto, ancho, profundo y cerrado. El hecho de que varias altiplanicies similares (pero más pequeñas) se encuentran aproximadamente a la misma altura en la Cordillera Oriental, parece indicar que debe haber alguna razón en la profundidad para su formación, pero no sabemos aún de qué se trata.

Una sección geológica este-oeste por la Sabana de Bogotá se puede ver en la figura 2.

Durante el Plioceno, y posiblemente el Pleistoceno más inferior, se depositó la formación de Tilatá en valles, desembocando en la propia Sabana, y cerca de la base de los cerros que la circundan. Esta formación consiste en arenas, cascajo, gredas y arcillas, y a veces diatomita, ceniza volcánica y caolín. Cerca a la base de la formación se encontraron frutas fósiles de *Hümiria cipaconensis* (Berry) Selling (Hubach, 1957), que indicarían que la Cordillera todavía se hallaba en un nivel mucho más bajo que el actual, pero en las partes más altas de la formación se encontró una flora de polen que indica un clima y una altura similar a la actual (Van der Hammen, 1957 y 1958). Lo cual parece sugerir que la Cordillera Oriental sufrió un fuerte levantamiento desde el principio de la deposición Tilatá. Esta formación no sufrió plegamiento de alguna importancia, pero presenta a veces pequeñas fallas.

Probablemente desde la última parte del Plioceno, por todo el Pleistoceno y Holoceno fue depositada la Formación de la Sabana en lo que actualmente es la parte plana de la Sabana. Esta formación consiste principalmente en sedimentos de laguna de un espesor generalmente entre 200 y 400 metros. La parte inferior podría representar una facies de laguna más profunda de la Formación Tilatá.

A distintas profundidades se encuentran capas de turba, demostrando que la laguna durante ciertos intervalos se convirtió parcialmente en pantano. Solamente los pocos metros superiores de la Formación de la Sabana no contienen sedimentos de laguna o de pantano, sino arcillas depositadas por inundaciones durante las estaciones húmedas. Estas inundaciones, no obstante el drenaje artificial, ocurren todavía hoy día, aunque en menor escala, en las partes bajas de la Sabana. El límite de los sedimentos de laguna con las arcillas de inundación coincide, como se mostrará más adelante, con el principio del mejoramiento del clima durante el final de la última glaciación.

Es obvio que, en el curso del Cuaternario, y probablemente durante la última parte del Plioceno, fueron erodadas por el río Bogotá y sus afluentes, grandes cantidades que se depositaron en la laguna de la Sabana en forma de arcilla y arena.

Así las montañas que rodean la Sabana de Bogotá eran naturalmente más altas al final del Plioceno de lo que son en la actualidad. Como

CORTE GEOLOGICO DE LA
CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA
(Principalmente según E. Hubach)

GEOLOGICAL SECTION THROUGH
THE EASTERN CORDILLERA OF COLOMBIA
(According to E. Hubach)

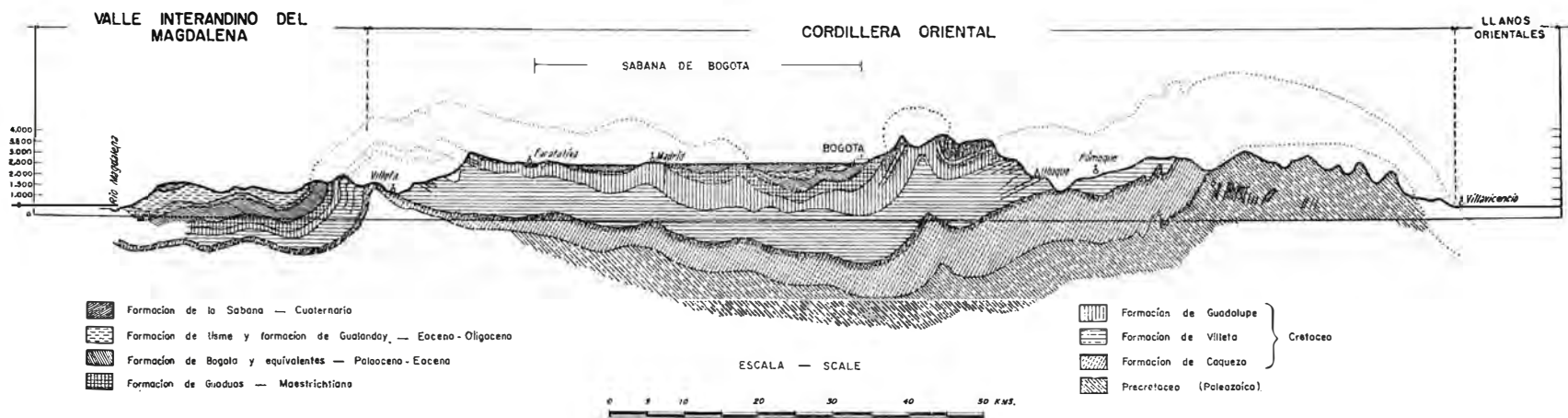


FIG.- 2

es importante para nuestro estudio el saber cuánto más altas eran esas montañas en el pasado, realizamos el siguiente cálculo aproximado:

El área de la parte plana de la Sabana de Bogotá es de 1.400 kms.² El espesor de los sedimentos de la Sabana no es constante, pero tiene un promedio de 300 m. Así, la parte plana de la Sabana contiene 420 kms.³ de material. Los sedimentos en los valles algo más altos no son muy gruesos, y la cantidad de material depositado allá se puede estimar en 80 kms.³ Así la cantidad total de sedimentos es aproximadamente de 500 kms.³ El área expuesta a erosión, es decir, el área de recogimiento del río Bogotá, menos su área de sedimentación (la parte plana de la Sabana de Bogotá y los valles planos algo más altos), es aproximadamente de 2.500 kms.² Extendiendo los 500 kms.³ de material equitativamente sobre dicha área, formarían una capa de 200 m de espesor. Así podemos sacar la conclusión de que las montañas que rodean la Sabana de Bogotá fueron aproximadamente 200 m más altas al final del Plioceno que hoy día. Si el tiempo de sedimentación fue de un millón de años, entonces la rata de sedimentación sería de 0.2 mm por año, 2 cms. por siglo o 20 cms. por milenio. Veremos más adelante que estas cifras están muy cercanas a la verdad.

3. CLIMA ACTUAL DE LA SABANA DE BOGOTA Y ALREDEDORES

La Sabana de Bogotá está situada a 4½° latitud norte del Ecuador y a una altura de 2.600 m. Esos dos factores determinan su clima.

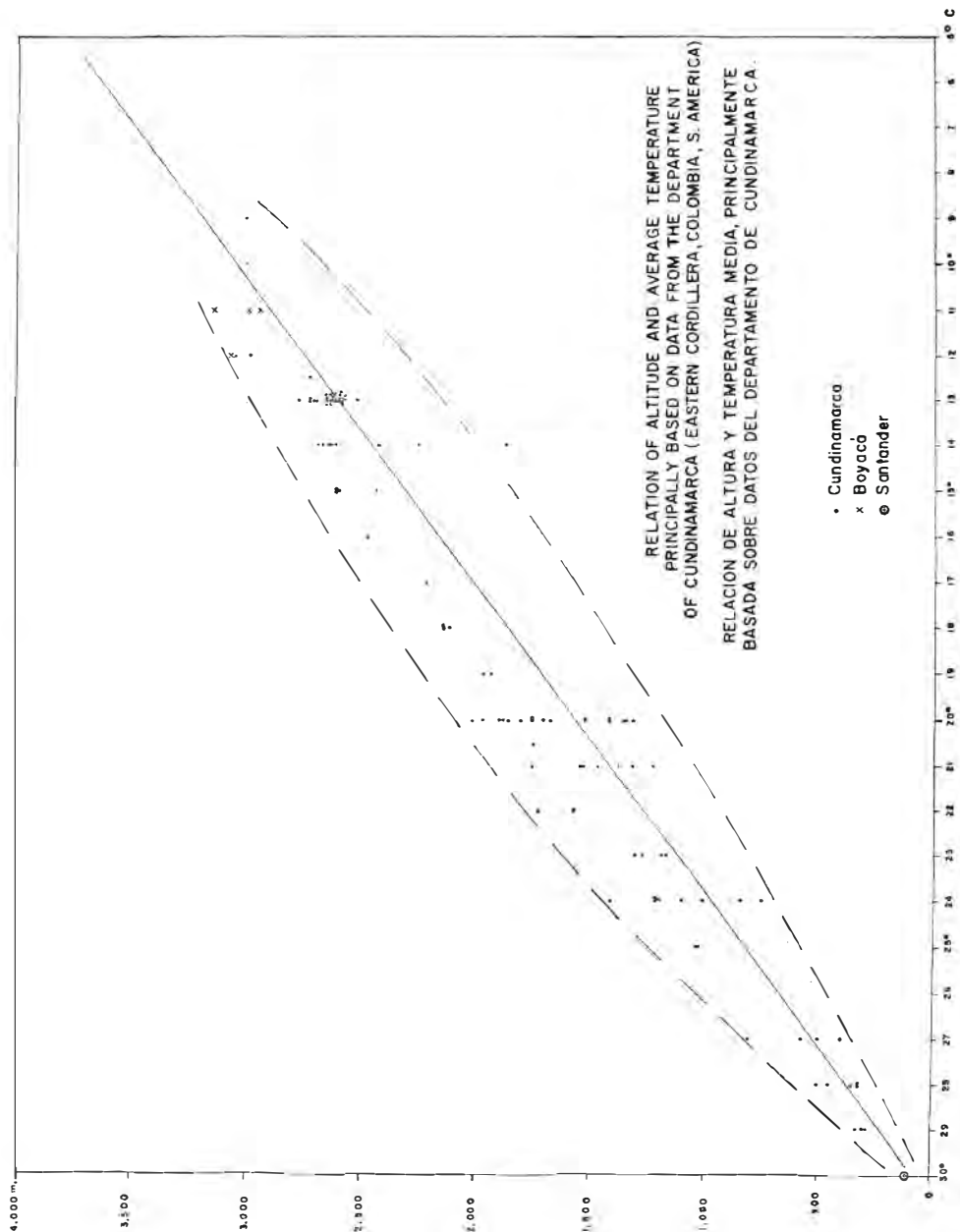
Para poder apreciar los cambios climáticos del Pleistoceno y del Holoceno, es necesario saber algo del clima actual del Departamento de Cundinamarca.

El centro del Departamento está ocupado por la altiplanicie de la Sabana de Bogotá; el Oeste comprende parte del valle tropical del río Magdalena, y el Este está compuesto en montañas altas hasta de 4.000 m de altura y de partes planas, los Llanos Orientales tropicales.

Para llegar a saber la relación de temperatura media y altura en Cundinamarca, utilizamos más de cien puntos en la figura 3. Lógicamente los puntos están relativamente distanciados por las condiciones locales de cada sitio (precipitación, viento); no obstante, vemos que el promedio forma claramente una línea recta. Esta línea da una temperatura teórica de más o menos 30.5°C al nivel del mar y de 0°C, más o menos 4.540 m. La última altura mencionada corresponde muy bien con el límite de las nieves de la Cordillera Oriental.

Podemos deducir de esta curva que la temperatura baja 2/3°C por cada 100 m que se asciende en la Cordillera (siempre que las condiciones locales no cambien).

La climatología de Cundinamarca fue tratada extensamente por Eidt (1952), quien clasificó los climas de este Departamento según el sistema de Köppen. Nos prolongaríamos demasiado el tratar este tema con más detalles, lo cual para nuestro trabajo no tiene objeto, pero los interesados pueden consultar el mencionado estudio de Eidt. Solamente queremos indicar los siguientes hechos mencionados por Eidt. En la Sa-



bana de Bogotá se pueden reconocer dos estaciones húmedas alternando con dos estaciones secas (véase fig. 4). Las estaciones húmedas se presentan en abril-mayo y octubre-noviembre. Las temperaturas promedio son más bajas durante los meses secos y más altas durante los meses de lluvia. Esto depende principalmente del hecho de que la radiación durante la noche es mucho más grande si no hay cubierta de nubes (las heladas ocurren a veces en la Sabana de Bogotá durante las estaciones secas).

Eidt da la siguiente explicación de las dos estaciones húmedas:

“El Departamento de Cundinamarca está situado en la zona donde generalmente se encuentran los vientos alisios de ambos hemisferios. En

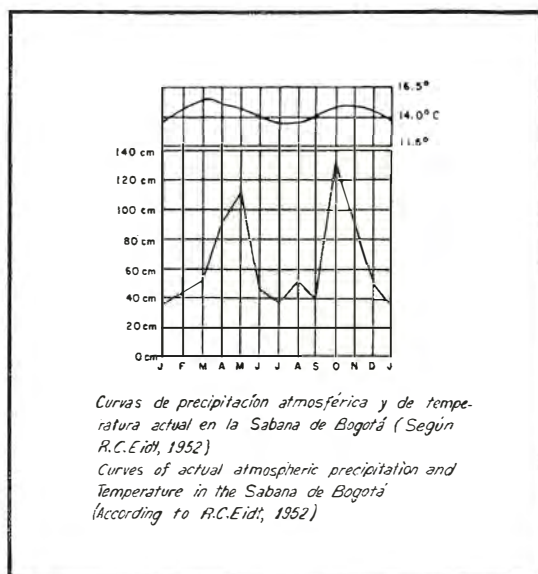


FIG. 4a

esta zona los vientos son frecuentemente variables. Las fuertes lluvias que caen en esta zona son causadas principalmente por la convergencia, de tal manera que mientras el sol pasa de un trópico a otro cada año, ocurren dos períodos de máxima precipitación: uno cuando el sol se mueve hacia el Norte y el otro cuando se mueve hacia el Sur”.

La imagen general de 4 estaciones equivalentes alternando de seco a húmedo puede cambiar yendo hacia el Oeste o hacia el Este desde la Sabana. Hacia el Oeste el período seco de junio a septiembre puede ser mucho más pronunciado que el otro, y hacia el Este el período seco de diciembre a febrero puede ser mucho más pronunciado.

Mientras que la precipitación total anual en la Sabana de Bogotá es relativamente baja, NW y SE aumenta notablemente.

La precipitación anual de la Sabana de Bogotá es de 600-900 mm, con máximas locales hasta de 1.390 mm (cerca de Bogotá). Bajando de la Sabana hacia el NW, aumenta la precipitación hasta 2.850 mm en la región de Sasaima (fig. 4b).

El borde occidental de la Sabana está situado a la sombra de las lluvias, y por eso allí están las regiones más secas (vegetación xerofítica de Mosquera, etc.).

Por otro lado, ocurre una precipitación mucho mayor en los declives occidentales de los cerros que forman el límite occidental de la Sabana, los cuales caen muy inclinados hacia regiones más cálidas. Esos declives se hallan en muchas partes casi continuamente cubiertos con nubes y neblina. Este hecho parece ser la principal razón de la diferencia de vegetación entre esos declives con la vegetación de los declives de los cerros al oriente de la Sabana; una diferencia clara existe entre Weinmannietum (bosques relativamente secos con temperaturas máximas más altas y mínimas más bajas), y el Quercetum o asociaciones relacionadas (bosques relativamente húmedos o bosques nublados, con diferencias de temperatura menos grandes).

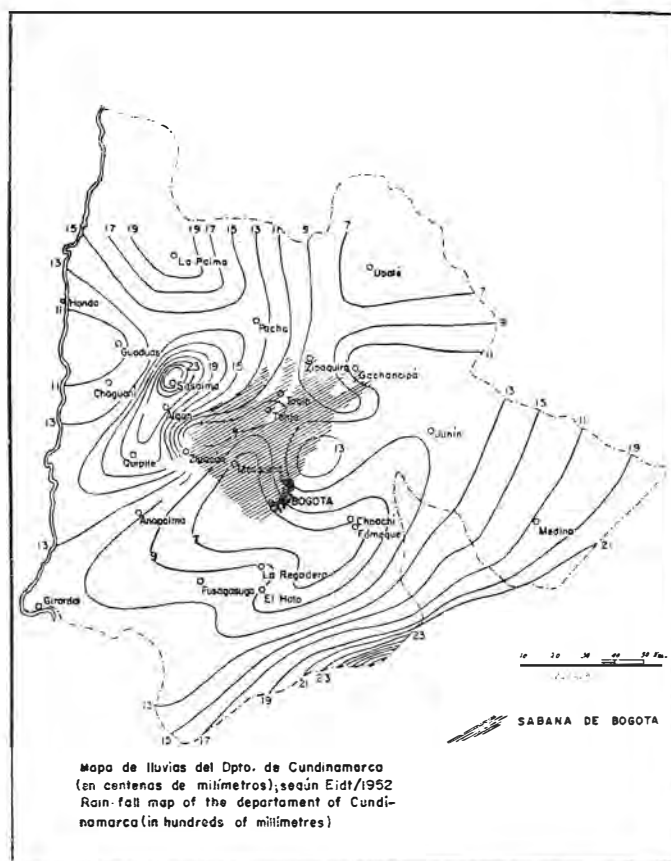


FIG. 4

4. VEGETACION ACTUAL DE LA SABANA DE BOGOTA Y ALREDEDORES

Aunque el contenido específico de la flora de la Cordillera Oriental es relativamente bien conocido, verdaderos estudios sociológicos de la vegetación fueron sólo publicados por Cuatrecasas (1934). Estas observaciones sociológicas, según el mismo autor, no pretenden ser completas. Si se considera el corto tiempo en que realizó sus "observaciones", no se puede sino admirar profundamente este trabajo, que en realidad da una gran cantidad de datos importantes.

Usaremos en el presente estudio los nombres y definiciones de Cuatrecasas. Estas asociaciones, que no fueron estudiadas por Cuatrecasas, y que no obstante son de gran importancia para el estudio de la historia de la vegetación, fueron investigadas por los doctores Roberto Jaramillo y Jorge Hernández (ambos del Instituto de Ciencias Naturales) y el autor.

Se pueden distinguir en la Cordillera Oriental las siguientes zonas mayores de vegetación (Cuatrecasas, 1934) :

	Límites altitudinales aproximados cerca de Bogotá
Nieve perpetua	4.580 m
Praderas y rosulicaulon del páramo andino	3.200 — 3.300 m
Bosque enano del páramo andino	3.000 — 3.200 m
Bosque andino	± 2.400 m
Bosque subandino	
Selva tropical	

De estas zonas, las tres superiores son de importancia para el presente estudio, y serán discutidas más en detalle.

Al bosque andino pertenecen el Weinmannion y el Quercion, a los cuales pertenecen la mayoría de las asociaciones. Una asociación especial, aunque relacionada con el Weinmannietum, es el bosque de la parte plana de la Sabana de Bogotá, y también el edaficamente determinado Alnetum.

A la próxima zona altitudinal (bosque enano del páramo andino), pertenece el Vaccinion, ciertos derivados del Weinmannion y algunos otros tipos de bosque enano.

A la zona más alta (praderas y rosulicaulon del páramo andino) pertenece el Espeleton.

Hay que recordar que los límites altitudinales de estas zonas pueden cambiar considerablemente según las condiciones locales del microclima. De esta manera el Weinmannion y el Vaccinion pueden subir considerablemente más alto en valles o declives protegidos del viento, etc. Es de importancia anotar que hay muchas variaciones locales en las asociaciones, y que en las siguientes descripciones sólo se han mencionado algunas de las más importantes.

El término "páramo" que se utiliza aquí no se puede definir estrictamente; popularmente se usa para las partes altas y frías de las montañas. En el presente estudio el término se refiere a estas partes elevadas de la Cordillera, que están cubiertas con praderas y rosulicaulon, o con el bosque enano cerca del límite altitudinal del bosque.

BOSQUE ANDINO

Weinmannietum tomentosae (Cuatrecasas, 1934).

En los declives de las montañas que forman el borde oriental de la Sabana de Bogotá, y más hacia el oriente en la Cordillera, la vegetación climax original más común es un bosque bastante alto con *Weinmannia tomentosa* L. f. como especie constante y frecuentemente dominante. En las partes bajas de los declives la vegetación climax original fue entera o parcialmente destruída por la influencia del hombre, pero en varios sitios a una altura de 2.800 a 3.100 metros puede todavía hallarse intacto sobre extensiones relativamente grandes. Los declives cubiertos de Weinmannietum tienen, hasta donde se pudo controlar, una precipitación total

anual de aproximadamente 650-900 mm. La temperatura media anual se halla entre 9° y 14°C. Hay dos estaciones secas (diciembre-marzo y junio-septiembre) y dos estaciones húmedas (abril-mayo y octubre-noviembre). Cuatrecasas (1934) menciona entre otras las especies siguientes del Weinmannietum cerca de Guasca:

<i>Weinmannia tomentosa</i>	<i>Clethra chrysolenea?</i>
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	<i>Oreopanax discolor</i>
<i>Hesperomeles goudotiana</i>	<i>Clusia</i> sp. div.
<i>Drimys granatensis</i>	<i>Tibouchina grossa</i>
<i>Bucketia glutinosa</i>	<i>Berberis goudotii</i>
<i>Vallea atipularis</i>	<i>Myrica parviflora</i>
<i>Gynoxis trianae</i>	<i>Pernettya pentlandii</i>
<i>Baccharis floribundum</i>	<i>Ribes colombianum</i>
<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	<i>Rubus floribundus</i>
<i>Miconia eleaoides</i>	<i>Rubus loxensis</i>
<i>Miconia summa</i>	<i>Rubus nubigenus</i>
<i>Miconia ligustrina</i>	<i>Salpichroa</i> aff. <i>diffusa</i>
<i>Hypericum hartwegii</i>	<i>Muchlenbeckia tamnifolia?</i>
<i>Rapanea ferruginea</i>	<i>Passiflora lanata</i>
<i>Senecio lanatus</i>	<i>Gaultheria coccinea</i>
<i>Viburnum suratence</i>	<i>Gaultheria lanigera</i>
<i>Vaccinium floribundum</i>	<i>Diplostephium phyllicoides</i>
<i>Gaultheria anastomosans</i>	<i>Valeriana oblongifolia</i>
<i>Cavendishia cordifolia</i>	<i>Bomarea tomentosa</i>
<i>Macleania nitida</i>	<i>Blechnum moritzianum</i>
<i>Ceratostema parvifolium</i>	<i>Alsophila</i> sp.
<i>Cavendishia guascensis</i>	<i>Lycopodium complanatum</i>
<i>Miconia salicifolia</i>	<i>Peperomia blanda</i>
<i>Bejaria aestuans</i>	<i>Pilea</i> aff. <i>jamesoniana</i>
<i>Bejaria resinosa</i>	<i>Cortaderia colombiana</i>
<i>Aragoa abietina</i>	<i>Chusquea tessalata</i>
<i>Arcytophyllum nitidum</i>	<i>Tillandsia recurvata</i>
<i>Perilochroa lindenianum</i>	<i>Tillandsia turneri</i>
<i>Gaylussacia buxifolia</i>	<i>Guzmania</i> sp.
<i>Hypericum goyanesii</i>	<i>Pleurothallis</i> sp.
<i>Hypericum mexicanum</i>	<i>Hymenophyllum</i> sp.
<i>Hypericum laricifolium</i>	<i>Aetanthus mutisii</i>
<i>Hypericum brathys</i>	<i>Gaiadendron tagui</i>

Entre 2.600 y 2.800 metros la vegetación se halla parcialmente destruída (recientemente o en el pasado) por el hombre. La vegetación de arbustos y bosque bajo no representa en general la vegetación de climax original.

A menudo distintas especies de *Miconia* son muy frecuentes en esas vegetaciones secundarias y en otros sitios *Alnus jorullensis* o varias especies de Ericaceas pueden volverse especies frecuentes. Una especie interesante en la vegetación climax como en las secundarias, es *Bocconia frutescens*.

Cuatrecasas describe de una altura de 2.650-2.750 metros, cerca de Bogotá, la "Consocietas de *Cordia lanata*", con *Cordia lanata* como espe-

cie más constante, con las siguientes plantas formando la mayoría: *Vallea stipularis*, *Palicaurea lineariflora*, *Palicaurea angustifolia*, *Clusia*, *Baccharis floribundum*, *Stevia lucida*, *Piper croccatum*, *Oreopanax incisum*, *Miconia*, *Durantha mutisii*, *Solanum cornifolium*, *Cavendishia cordifolia*, *Lantana* y *Eupatorium*. Otras especies importantes son: *Alnus jorullensis* var. *ferruginea*. *Weinmannia tomentosa*, *Rapanea ferruginea*, *Croton bogotatum*, *Miconia* sp. div., *Bomarea frondea*, *Pteridium aquilinum*, etc. Cuatrecasas considera esta vegetación como muy cerca a un climax.

No obstante, parece ser difícil reconstruir con seguridad la vegetación de las partes bajas de los declives de las montañas que circundan la Sabana. Probablemente era muy semejante, si no casi idéntico, al *Weinmannietum tomentosae*, con la única diferencia de pequeños cambios en la frecuencia de varias plantas; *Alnus jorullensis*, *Vallea stipularis*, *Cordia lanata*, *Palicaurea*, *Piper*, *Bocconia* y *Croton bogotatum* pueden haber sido más frecuentes, mientras que otras especies como *Drimys*, *Ribes*, *Valeriana*, *Aragoa*, etc., pueden haber sido menos frecuentes o en parte ausentes.

Iliëto Valleetum Eugenietoso (J. Hernández, inédito).

La propia parte plana de la Sabana de Bogotá está cubierta hoy día casi completamente por praderas cultivadas. No obstante, existen todavía en unos pocos sitios restos de bosque, especialmente cerca de Suba. Junto con el señor Jorge Hernández hicimos las siguientes observaciones y el siguiente inventario:

Las especies dominantes son:

Ilex kunthiana y *Vallea stipularis*.

Subdominante es:

Eugenia foliosa.

Además, se encontraron las siguientes especies:

<i>Alnus jorullensis</i>	<i>Polymnia pyramidalis</i>
<i>Symplocos</i> sp.	<i>Miconia reclinata</i>
<i>Hesperomeles</i> sp.	<i>Senecio americanus</i>
<i>Piper bogotense</i>	<i>Cestrum buxifolium</i>
<i>Verbesina crassiramia</i>	<i>Cestrum melanochloranthum</i>
<i>Alchemilla</i> sp.	<i>Physalis peruviana</i>
<i>Salvia palaeifolia</i>	<i>Polygonum nepalense</i>
<i>Oxalis</i> sp.	<i>Muehlenbeckia</i> sp.
<i>Hydrocotyle</i> sp.	<i>Plantago</i> sp.
<i>Cynanchum</i> sp.	<i>Eupatorium fastigiatum</i>
<i>Borreria anthospermoides</i>	<i>Peperomia</i> sp.
<i>Castilleja</i> sp.	<i>Baccharis floribunda</i>
<i>Solanum caripense</i>	<i>Rubus bogotensis</i>
<i>Nertera (Gomozia)</i> sp.	<i>Rubus floribundus</i>
<i>Salpichroa tristis</i>	<i>Rubus guianensis</i>
<i>Bomarea</i> sp.	<i>Rubus glaucus</i>

Senecio formosus
Prunus serotina
Solanum nigrum
Rhamnus goudotianus

Polypodium angustifolium
Polypodium murorum
Polypodium lanceolatum
Dryopteris paleacea

Las diferencias de esta asociación con el Weinmannietum podrían principalmente depender de condiciones edáficas y de suelo.

Las especies dominantes o subdominantes *Ilex*, *Vallea* y *Eugenia* pueden encontrarse a niveles mucho más altos, en parte hasta el propio límite altitudinal del bosque, pero son en general especies no muy frecuentes del Weinmannietum. En la parte plana de la Sabana de Bogotá, ellas llegan a dominar, y *Weinmannia* es en general mucho más rara, o puede hasta faltar por completo.

La temperatura promedio anual de la parte plana de la Sabana es aproximadamente 13° a 14°C y la precipitación atmosférica anual alrededor de 700-900 mm.

Alnetum jorullensis (J. Hernández, inédito).

En sitios húmedos e inundados de la parte plana de la Sabana (antiguos lechos de río, etc.), se desarrolla una vegetación, que forma turba, muy parecida al Alnetum de la zona templada del hemisferio norte.

En la Sabana de Bogotá, *Alnus jorullensis* var. *ferruginea*, es la especie dominante de esta asociación.

El Alnetum debe haber sido muy común en las partes bajas de la Sabana, inundadas durante las estaciones húmedas. Pero hoy día sólo se han quedado unos pocos restos de esta asociación.

Alnus jorullensis se encuentra también en el Weinmannietum hasta alturas de 3.100 m y posiblemente más. En la Sierra Nevada del Cocuy la encontramos a una altura de 3.500 m.

El siguiente inventario de plantas fue hecho por el señor J. Hernández y el autor en un Alnetum bien preservado al norte de Funza:

Alnus jorullensis
Miconia reclinata
Eupatorium fastigiatum
Cestrum buxifolium
Cuphea racemosa
Prunus serotina
Epilobium sp.
Jussiaea peruviana
Prunella vulgaris
Solanum nigrum
Lachemilla aphanoides
Oxalis sp.
Verbena sp.
Polygonum hydropiperoides
Calceolaria palustris
Galium trianae
Stellaria cuspidata
Lachemilla c.f. mutisii

Rubus floribundus
Rubus nubigenus
Rubus glaucus
Borreria anthospermoides
Lythrum maritimum
Geranium sp.
Baccharis revoluta
Stachys sp.
Nertera granadensis
Carex sp.
Cortaderia sp.
Scirpus californicus
Cynanchum tenellum
Polypodium angustifolium
Blechnum sp.
Dryopteris sp.
Equisetum bogotense.

Quercetum

Un Quercetum se puede presentar en la Cordillera Oriental a alturas entre 2.500 y 3.600 metros. En la Cordillera inmediatamente al oriente de la Sabana de Bogotá, el Quercetum es completamente ausente, pero aparece en el flanco occidental de los cerros que forman el límite occidental de la Sabana, y que demuestran un declive bastante fuerte hacia regiones más cálidas. Aquí corrientes de aire de regiones más bajas, saturadas con vapor de agua, son forzadas a subir hasta la altura de la Sabana, resultando en una nubosidad fuerte y casi continua y una precipitación atmosférica anual más alta.

También en el Departamento de Boyacá se encuentra un Quercetum en muchas partes y que sube hasta una altura de 3.600 m, y posiblemente hasta más. Esto se debe probablemente a una precipitación más alta y frecuente nubosidad, lo que no permite descensos mayores de la temperatura por radiación durante noches claras, etc.

Así vemos que uno de los factores principales para la presencia de un Quercetum de este tipo en vez de un Weinmannietum, es con la mayor probabilidad una precipitación anual más alta y una nubosidad más continua. El suelo no parece ser de importancia en este caso, ya que ambos, el Quercetum y el Weinmannietum, se encuentran especialmente sobre areniscas.

Los siguientes géneros y especies fueron encontrados por R. Jaramillo, J. Hernández, E. González y el autor en el Quercetum cerca del límite de los Departamentos de Boyacá y Santander:

<i>Quercus lindenii</i>	<i>Bocconia</i>
<i>Quercus humboldtii</i>	<i>Panopsis</i>
<i>Tibouchina lepidota</i>	<i>Cedrela</i>
<i>Cinchona</i>	<i>Hedyosmum</i>
<i>Carica</i>	<i>Rapanea</i>
<i>Gunnera</i>	<i>Myrica</i>
<i>Podocarpus</i>	<i>Miconia</i>
<i>Pilea</i>	<i>Berberis</i>
<i>Soralea</i>	<i>Gaiadendron</i>
<i>Rhamnus</i>	<i>Clethra</i>
<i>Siphocampylus</i>	<i>Palicaurea</i>
<i>Piper</i>	<i>Persea</i>
<i>Weinmannia</i>	Etc.

Una lista de géneros y especies hecha entre 3.060 y 3.450 metros de altura en el Quercetum del Alto de Onzaga (Boyacá), es la siguiente:

<i>Quercus lindenii</i> (dominante)	<i>Oreopanax</i>
<i>Vallea stipularis</i>	<i>Palicaurea</i>
<i>Vaccinium</i>	<i>Psychotria</i>
<i>Clusia</i> sp. div.	<i>Persea mutisii</i>
<i>Weinmannia tomentosa</i>	<i>Viburnum</i>
<i>Rapanea guyanensis</i>	<i>Symbolanthus</i>
<i>Rapanea ferruginea</i>	<i>Bomarea</i>
<i>Schefflera</i>	<i>Hedyosmum bonplandianum</i>

<i>Macleanea</i>	<i>Passiflora</i>
<i>Gaiadendron punctatum</i>	<i>Cestrum</i>
<i>Ternstroemia</i>	<i>Aethanthus</i>
<i>Cavendishia</i>	<i>Gaultheria</i>
<i>Clethra fimbriata</i>	<i>Brunellia</i>
<i>Vernonia karstenii</i>	<i>Podocarpus oleifolius</i>
<i>Panopsis suaveolens</i>	<i>Compositae</i> indet
<i>Eugenia</i>	<i>Myrsinaceae</i> indet
<i>Diplostegium</i>	<i>Myrtaceae</i> indet
<i>Berberis</i>	<i>Blechnum</i>
<i>Gaultheria</i>	<i>Elaphoglossum</i>
<i>Symplocos</i>	<i>Polypodium glaucophyllum</i>
<i>Rhamnus</i>	<i>Polypodium</i> sp.
<i>Miconia</i> sp. div.	

De esta lista se entenderá que el Quercetum y el Weinmannietum tienen muchos géneros y especies en común. Hasta la misma *Weinmannia* (varias especies) está presente en el Quercetum; pero mientras *Quercus* es la dominante del Quercetum, no se encuentra ni un solo *Quercus* en el Weinmannietum de la Sabana de Bogotá y alrededores.

BOSQUE ENANO DEL PARAMO ANDINO

Vaccinium floribundi y asociaciones relacionadas.

Cerca del límite altitudinal del bosque se puede presentar una zona transicional del bosque enano. Esta zona irregular puede empezar cerca de Bogotá a 3.000 - 3.200 m y terminar a 3.200 - 3.300 m. Cuatrecasas (1934) describe el *Vaccinium floribundi* de la Cordillera Oriental, con las siguientes especies dominantes (arbustos y árboles pequeños):

<i>Vaccinium floribundum</i>	<i>Senecio lanatus</i>
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	<i>Weinmannia tomentosa</i>
<i>Clethra chrysolauca</i>	<i>Hypericum laricifolium</i>
<i>Miconia eleaoides</i>	<i>Gaultheria anastomosa</i>
<i>Miconia summa</i>	<i>Tibouchina grossa</i>
<i>Hypericum hartwegii</i>	<i>Miconia salicifolia</i>

Asociaciones idénticas o similares se encuentran a alturas hasta 3.600 m o más en pequeños valles protegidos del viento, detrás de paredes naturales de roca, etc. Asociaciones de este tipo encontradas a alturas entre 3.500 y 3.600 m por J. Hernández, E. González y el autor en el Páramo de Palacio, pueden contener como especies dominantes:

<i>Miconia summa</i>	<i>Aragoa</i> sp.
<i>Hypericum</i> sp.	<i>Diplostegium</i> sp.
<i>Vaccinium floribundum</i>	<i>Valeriana arborea</i>

Además, se encuentran en general *Ribes* y *Berberis*, pero *Weinmannia* es prácticamente ausente.

Polylepietum

Un tipo especial de bosque enano es el *Polylepietum*, encontrado frecuentemente en tramos a alturas bastante encima del límite altitudinal del bosque local. Esta asociación puede a veces alcanzar el aspecto de un verdadero bosque alto, con árboles hasta de 7-10 m y más. El siguiente inventario de especies fue hecho por R. Jaramillo, J. Hernández, E. González y el autor, de un *Polylepietum* sobre suelo de morrena a una altura de 3.400 m en el Páramo de Guantiva:

<i>Polylepis boyacensis</i> (dominante)	<i>Gaylussacia buxifolia</i>
<i>Hypericum mexicanum</i>	<i>Senecio</i>
<i>Hypericum</i> sp.	<i>Bidens rubifolia</i>
<i>Arcythophyllum</i>	<i>Befaria</i>
<i>Clethra</i>	<i>Bomarea</i>
<i>Vallea stipularis</i>	<i>Chusquea</i>
<i>Aragoa</i>	<i>Espeletia verrositae</i>
<i>Weinmannia</i>	<i>Espeletia glandulosa</i>
<i>Miconia</i>	<i>Niphogeton</i>
<i>Bucquetia</i>	<i>Halenia</i>
<i>Berberis</i>	<i>Cerastium</i>
<i>Vaccinium</i>	<i>Paepalanthus</i>
<i>Ilex</i>	<i>Ranunculus</i>
<i>Gynoxis</i>	<i>Geranium</i>
<i>Macleanea rupestris</i>	<i>Eryngium</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Excremis</i>
<i>Symplocos</i>	<i>Rubus</i>
<i>Pernetia prostrata</i>	<i>Blechnum</i>
<i>Gaultherium</i>	<i>Jamesonia</i>
<i>Tibouchina</i>	<i>Elaphoglossum</i>
<i>Syphocampylus columnae</i>	

En la Sierra Nevada del Cocuy encontramos un *Polylepietum*, desarrollado como un bosque alto, hasta alturas de 4.000 metros.

Escalonietum

En la "Ciénaga del Visitador" (Páramo de Guantiva) se encontró otro tipo de bosque enano, de 2.5 m de altura, sobre suelo turboso (pantano), a una altura de 3.300 m.

El siguiente inventario fue hecho de este *Escalonietum* por R. Jaramillo, J. Hernández, E. González y el autor:

<i>Escallonia myrtilloides</i> (dominante)	<i>Galium</i>
<i>Eupatorium fastigiatum</i> (codominante)	<i>Paepalanthus</i>
<i>Senecio subbruncinatus</i>	<i>Vicia andicola</i>
<i>Hypericum struthoeolaefolium</i>	<i>Puya</i>
<i>Hypericum</i> sp.	<i>Gentiana</i> (2 esp.)
<i>Niphogeton</i>	<i>Xyris</i>

<i>Halenia</i>	<i>Cerastium</i>
<i>Cortaderia</i>	<i>Festuca</i>
<i>Cyperaceae</i>	<i>Lycopodium</i>
<i>Geranium</i>	

En sitios con agua abierta:

<i>Potamogeton</i>	<i>Marsilia</i>
--------------------	-----------------

Praderas y rosulicaulon del Páramo Andino.

Desde 3.200 o 3.300 m para arriba (en la Cordillera Oriental, cerca de Bogotá), grandes áreas son ocupadas por asociaciones en su mayoría caracterizadas por diferentes especies de *Espeletia* (frailejón). En la parte baja de esta zona, pequeños arbustos son todavía comunes al lado de las gramíneas, como *Hypericum*, *Galtheria*, *Pernettya*, *Vaccinium*, *Arcytophyllum*, *Diplostephium*, etc.; pero en las partes más altas, las gramíneas, especialmente *Calamagrostis* y *Chusquea*, pronto se vuelven las dominantes.

Espeletietum

Cuatrecasas (1934) da la siguiente lista de especies de su *Espeletietum argenteae calamagrostiosum* del Páramo de Guasca (3.300-3.460 m):

<i>Espeletia argentea</i>	<i>Geranium multiceps</i>
<i>Espeletia grandiflora</i>	<i>Azorella multifida</i>
<i>Gaultheria anastomosans</i>	<i>Paepalanthus karstenii</i>
<i>Diplostephium phyllicoides</i>	<i>Acaena cylindrostachya</i>
<i>Hypericum laricifolium</i>	<i>Ranunculus peruvianus</i>
<i>Pernettya pentlandii</i>	<i>Rhizocephalum candoleii</i>
<i>Arcytophyllum aristatum</i>	<i>Castratella piloselloides</i>
<i>Gaultheria mutisiana</i>	<i>Erigeron hybridus</i>
<i>Niphogeton glaucescens</i>	<i>Eryngium humile</i>
<i>Lobelia tenera</i>	<i>Paepalanthus ensiolius</i>
<i>Cosmos chrysanthemifolius</i>	<i>Halenia pauana</i>
<i>Senecio formosus</i>	<i>Rhychospora ruiziana</i>
<i>Halenia asclepiadea</i>	<i>Orthosanthus ocisapunga</i>
<i>Bartschia pedicularioides</i>	<i>Cerastium caespitosum</i>
<i>Alchemilla gallioides</i>	<i>Calamagrostis effusa</i>
<i>Elaphoglossum caulolepis</i>	<i>Festuca</i> sp.
<i>Jamesonia glutinosa</i>	<i>Paspalum humboldtianum</i>
<i>Lupinus paniculatus</i>	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>

Turberas son muy abundantes en la zona del *Espeletion* y *Sphagnum*; cubre el suelo sobre grandes extensiones. En la parte alta de esta zona, en el Páramo de Palacio, con muchas turberas, las siguientes plantas son abundantes:

<i>Calamagrostis</i>	<i>Stachys</i>
<i>Chusquea</i>	<i>Bomarea</i>
<i>Festuca</i>	<i>Lachemilla</i>

<i>Geranium</i>	<i>Ranunculus</i>
<i>Halenia</i>	<i>Paepalanthus</i>
<i>Gentiana</i>	<i>Jamesonia</i>
<i>Bartschia</i>	<i>Blechnum</i>
<i>Valeriana stenophylla</i>	<i>Elaphoglossum</i>
<i>Valeriana</i> sp.	<i>Polypodium</i>
<i>Rhizocephalum</i>	<i>Sphagnum</i>

Aunque no se encontró *Isoetes*, esporas de esta planta son muy comunes en la turba de los mismos sitios.

Acaenetum

Una asociación muy curiosa, con *Acaena cylindrostachya* como especie dominante se encuentra en los páramos arriba del límite altitudinal del Quercetum en Boyacá (Alto de Onzaga, Páramo de Guantiva, etc.). También lo encontramos en la Sierra Nevada del Cocuy en altura hasta más de 4.000 metros, y en la Sierra Nevada de Santa Marta en alturas hasta 4.300 m. Aunque *A. cylindrostachya* se puede encontrar en los páramos arriba del límite altitudinal del Weinmannietum alrededor de Bogotá, el Acaenetum parece estar ausente en esta región.

Se encuentra en general el Acaenetum sobre el suelo rocoso con muy poco humus, y parece en algunos casos estar relacionado con pastoreo de ganado. No obstante, en la mayoría de los casos se presenta como una asociación natural.

El siguiente inventario de este Acaenetum fue hecho en el Alto de Onzaga (Boyacá), a una altura aproximada de 3.450 m:

<i>Acaena cylindrostachya</i> (dominante)	<i>Geranium</i>
<i>Acaena elongata</i>	<i>Miconia</i>
<i>Orthosanthus chimboracensis</i>	<i>Senecio</i>
<i>Arcythophyllum nitidum</i>	<i>Clethra</i>
<i>Hypericum mexicanum</i>	<i>Gaultheria</i>
<i>Excremis coartata</i>	<i>Weinmannia</i> (forma enana)
<i>Paepalanthus</i>	<i>Pernettya</i>
<i>Espeletia</i>	<i>Hypericum</i>
<i>Carex</i>	<i>Lycopodium</i>
<i>Lachemilla</i>	<i>Festuca</i>
(<i>Castilleja</i>)	<i>Calamagrostis</i>
(<i>Befaria</i>)	<i>Jamesonia</i>

A veces, *Espeletia* se vuelve más abundante, sin cambiarse la composición específica, y en este caso la asociación podría llamarse un *Espeletietum acaenosum*. Pero en general las *Espeletias* son escasas o faltan por completo.

Datos meteorológicos exactos no están disponibles para alturas arriba de los 3.300 m en la Cordillera Oriental. Espinosa (mencionado en Cuatrecasas (1934) indica para la República del Ecuador temperaturas medias mensuales que oscilan entre 6.5°C (3.600 m) y 2.9°C (4.450 m), mínimas absolutas de 1.5°C (3.600 m) y máximas absolutas de 16°C

(3.600 m) ; oscilación diaria de 15°C. En Cotopaxi la precipitación anual es, según el mismo autor, 1.071 mm, con 234 días de lluvia. La humedad relativa oscila entre 80 y 90.

Hicimos en abril de 1958, durante cinco días, en Páramo de Palacio, la observación (a una altura de 3.650 m), de 4°C a las 8 p. m., y la misma temperatura a las 7 a. m. 6.5°C temperatura promedio a 3.600 m en el Ecuador corresponde muy bien con nuestra relación de altura y temperatura para Cundinamarca (fig. 3), pero 2.9°C 4.450 m parece ser una temperatura demasiado alta para la región nuestra.

5. LIMITE ALTITUDINAL DEL BOSQUE Y LIMITE DE LAS NIEVES

Entendemos aquí por límite altitudinal del bosque, el límite superior de bosque denso y cerrado (para este límite no se han tomado en cuenta tramos de bosque aislados a mayor altura, o bosque enano en valles pequeños protegidos del viento, etc.).

El límite altitudinal del bosque en los alrededores de Bogotá se encuentra a 3.200-3.250 m de altura. En el Páramo de Palacio en la Cordillera Oriental (al este de la Sabana de Bogotá) se encuentra a más o menos 3.250 m. En el declive occidental de la Sierra Nevada del Cocuy se encontró el límite del bosque a más o menos 3.300 m, pero en el flanco oriental (húmedo) a 3.500 m. En el Alto de Onzaga (con una precipitación anual aparentemente más alta y frecuentemente nublado), el límite del bosque se encuentra a 3.500-3.600 m. (Quercetum).

En la Cordillera Central, en sitios con un clima más húmedo, el límite altitudinal del bosque se encuentra a 3.800 m (Nevado del Tolima) : Cuatrecasas (1934). En los declives del Nevado del Huila, donde llueve durante todo el año, sin una estación seca pronunciada, este límite se encuentra a los 3.900 m. (Erwin Kraus, información personal), y hay indicaciones de que el bosque puede encontrarse hasta los 4.000 m; sin embargo, se pueden encontrar pequeños grupos de árboles enanos hasta varios centenares de metros más altos.

Por los datos mencionados anteriormente, se comprenderá que el límite altitudinal del bosque depende principalmente de dos factores:

1º Temperatura (altura).

2º Humedad (cantidad de precipitación anual y su distribución durante el año).

Otro factor que influye es el viento, pero sólo tiene importancia local (en bosque o bosque enano en valles protegidos del viento mucho más alto que el propio límite altitudinal del bosque o en la ausencia del bosque sobre cimas batidas por el viento, debajo del propio límite del bosque), ya su efecto es prácticamente igual en todas las regiones de páramos más extensos.

Se podría expresar lo anterior de la siguiente manera:

El límite del bosque más alto en los Andes colombianos se encuentra a 3.900 (—3.800) m, y el más bajo a 3.200 (—3.000) metros. (No se

han tomado en cuenta condiciones semi-desérticas). Las diferencias locales en la altura del límite del bosque, entre esos dos valores, dependen de la precipitación anual y de la distribución de dicha precipitación durante el año. Si la precipitación anual alcanza valores máximos, y si no hay estación seca pronunciada, entonces el límite altitudinal del bosque llega a su mayor altura (3.800-3.900) m. Si la precipitación anual alcanza valores mínimos y si hay una o dos estaciones secas pronunciadas, entonces el límite altitudinal del bosque se encuentra en su altura mínima (3.200-3.000 m).

La anterior explicación la podemos resumir en los siguientes puntos:

1º El efecto de una precipitación anual mayor y la falta de una estación seca pronunciada es la causa de una continua nubosidad (bosques nublados), de la carencia de temperaturas mínimas bajas (e igualmente de temperaturas máximas altas) y eventualmente de un pequeño aumento de la temperatura media anual.

2º El efecto de una precipitación anual menor y la presencia de una o dos estaciones secas pronunciadas, es la causa de sólo nubosidad temporal (sólo durante las estaciones húmedas o lluviosas), de la existencia de temperaturas mínimas bajas (y temperaturas máximas altas) durante las estaciones secas y de un eventual pequeño descenso en la temperatura media anual.

En estas regiones del país donde existen ciertas especies de *Quercus* (*Quercus* es un inmigrante relativamente reciente y aparentemente no ha alcanzado su máximo areal); la diferencia de las condiciones mencionadas en los puntos 1º y 2º se halla expresada por los diferentes tipos de bosque. En el primer caso (bosque nublado) se encuentra un Quercetum (o una asociación relacionada), y en el segundo caso un Weinmannietum (o una asociación relacionada).

Tomaremos la altura máxima del bosque nublado (Quercetum o asociaciones relacionadas) a 3.800 (—3.900) metros, y la altura mínima del bosque seco (Weinmannietum, etc.) en la Sabana de Bogotá (condiciones actuales a 3200 m; con más o meros 800 (700 - 900) mm de precipitación y dos estaciones secas pronunciadas).

La combinación de una mayor cantidad de precipitación anual, la ausencia de una o dos estaciones secas pronunciadas y la ausencia de una nublación más continua se indicará en adelante, con el término “humedad” o “clima húmedo”. El caso contrario será indicado con el término “sequía” o “clima seco”.

Varias especies del bosque húmedo se caracterizan por una superficie de hoja más grande (esclero mesomicrofilas) y varias especies del bosque relativamente seco, por una superficie de hoja relativamente más pequeña (esclero micro-nanofilas).

El límite de las nieves en la Cordillera Oriental se encuentra a 4.500 m, o más alto. Erwin Kraus (información personal) midió 4.520 m en varias ocasiones en el flanco occidental del Nevado del Cocuy (Laguna de La Sierra), sin ningún cambio entre los años de 1938 y 1943. En otros sitios, en el mismo nevado, encontró valores diferentes y un retroceso general del límite de las nieves (o glaciares). Damos aquí sus observaciones en la siguiente tabla. Todas las observaciones fueron hechas en el flanco occidental del Nevado del Cocuy:

	1938	1942	1943	1946	1948
Laguna de La Sierra	4.520	4.520	4.520	4.550	4.600
Pan de Azúcar	4.500	4.650		4.740	4.720
Ritacuva		4.690			
Cerros de la Plaza			4.640	4.780	
Pico del Castillo			4.600	4.650	
(Without name)				4.660	

El retiro del límite de las nieves durante los últimos diez años es probablemente el efecto de una fluctuación climática menor que no puede haber ejercido en el curso de unas pocas décadas una influencia de importancia sobre la posición del límite del bosque. Por esta razón tomamos el promedio de todos los datos obtenidos por Kraus en la Sierra Nevada del Cocuy entre 1938 y 1948. Este promedio es 4.616 m, o aproximadamente 4.600 m. La altura (teórica) dada por la línea que representa la relación de altura y temperatura media (fig. 3) para 0°C, es aproximadamente 4.550 m. Además, sabemos que el Nevado del Sumapaz (en el extremo SE de Cundinamarca), que perdió su casco de nieve hace algunas décadas, tiene una altura de 4.560 m.

Si tomamos en cuenta todos estos datos, podemos concluir que un límite teórico de las nieves de 4.550 m para la parte central de Cundinamarca (Sabana de Bogotá y alrededores) parece ser una cifra muy cercana a la verdad.

En la región de los nevados de la Cordillera Central, donde el límite del bosque se encuentra a 3.800 (—3.900) metros, el límite de las nieves puede encontrarse considerablemente más bajo. El señor Erwin Kraus nos suministró las siguientes observaciones:

En 1943 el límite de las nieves en el Nevado del Tolima se encontró en el flanco NE a 4.200 m, en el flanco SW a 4.150 m, y en el flanco W a 4.150 m (Cuatrecasas menciona aproximadamente 4.500 m en el flanco E en 1934).

En 1943 el límite de las nieves en el Nevado de Santa Isabel se encontró en el flanco W a 4.200 m, y en el flanco W del norte del Ruiz, el mismo año, a 4.200 m.

En 1940 el límite de las nieves en el flanco W del Nevado del Huila (límite del bosque a 3.900 m, se localizó a 4.100 m, y en 1944 la misma altura de 4.100 m).

El promedio de estas cifras para el flanco occidental del grupo central de nevados de la Cordillera Central es de 4.150 m. El promedio para el flanco oriental (basado en dos observaciones solamente hechas en 1934 y 1943 en el Nevado del Tolima), es de 4.350 m; el límite del bosque se encuentra en este flanco, según Cuatrecasas, a 3.800 m.

Es interesante destacar que esta cifra que acabamos de mencionar corresponda con bastante exactitud con el límite de las Espeletias en el Nevado del Tolima, dado por Cuatrecasas (1934) a 4.320 m.

Nos parece probable que el límite de las nieves continuamente se retira y avanza quizás debido a cortos ciclos solares. La extensión promedio de la nieve perpetua coincidiría entonces en ciertas regiones con el límite superior de las Espeletias, visible durante los años de extensión mínima.

De lo anterior podemos ahora sacar las siguientes conclusiones:

Por la influencia de una "humedad" local mayor o menor, el límite de las nieves fluctúa entre aproximadamente 4.550 m (en los alrededores de la Sabana de Bogotá) y 4.150 m (grupo central de nevados de la Cordillera Central, flanco occidental). Como el límite del bosque depende de la misma influencia, podemos decir que un límite de bosque de 3.200 m corresponde a un límite de las nieves de 4.550 m y un límite de bosque de 3.900 m a un límite de las nieves de 4.150 m.

El límite de bosque teórico más alto correspondería a la línea donde con una humedad todavía mayor se encuentran el límite del bosque y el límite de las nieves. Esta línea teórica se encontraría aproximadamente a 4.000 m.

6. DEPOSICION ACTUAL DE POLEN

La deposición actual de polen aéreo en la Sabana de Bogotá y alrededores lo trata Van der Hammen (1960). El polen reciente se recogió en seis sitios diferentes durante un año en placas de vidrio con glicerina-gelatina, y cada placa fue reemplazada por placa nueva cada dos semanas. Sumando la deposición de polen total durante un año, de cada uno de estos sitios, y calculando los porcentajes de la misma manera como se hizo para los espectros fósiles del diagrama, se obtuvieron espectros de polen promedio. Estos espectros de polen están casi todos grandemente influenciados por los extensos prados de la Sabana de Bogotá, debidos a la influencia humana, o en general por la destrucción del bosque por el hombre. Por esta razón el porcentaje de gramíneas es en general mucho más alto de lo que correspondía al mismo sitio con una vegetación natural no destruída. El espectro más interesante, el menos influenciado por la acción humana, es uno de un sitio a 3.450 m de altura en el Páramo de Cruz Verde, al oriente de Bogotá. Este espectro demuestra los siguientes porcentajes:

	%	
<i>Gramíneas</i>	51.5	
<i>Alnus</i>	3.6	
<i>Podocarpus</i>	0.4	
<i>Miconia</i>	4.3	
<i>Bocconia</i>	0.6	
<i>Hedyosmum</i>	23.5	
<i>Weinmannia</i>	0.1	
<i>Myrica</i>	9.9	
<i>Urticaceae</i>	5.7	
<i>Drimys</i>	0.2	
<i>Rapanea</i>	0.2	
	<hr/>	
	48.5	
Total de elementos de bosque	48.5%	
	<hr/>	
Total	100%	

Los resultados más interesantes de este espectro son casi el 50% de polen de elementos de bosque, incluyendo un porcentaje de *Hedyosmum*, tan alto como 23.5%, en un sitio aproximadamente 250 m encima del propio límite altitudinal del bosque, en una área de páramo extenso. Como veremos más adelante, espectros casi idénticos se pueden encontrar en la parte pleistocena del diagrama de polen.

Otro hecho muy interesante se encuentra en el espectro del Alnetum de Subachoque. Aunque la estación de colección fue puesta en el centro del bosque, completamente rodeada por los árboles de *Alnus* de alta producción de polen, se ve muy claramente la influencia de los potreros que rodean este bosque (38% de gramíneas).

Es todavía más grande esta influencia en el espectro del bosque cerca a Suba, con casi 80% de gramíneas. Los árboles dominantes de este bosque, con una producción de polen evidentemente muy baja (*Ilex*, *Vallea*, *Eugenia*), están representados sólo por unos pocos porcentajes. El *Alnus*, casi ausente en la vegetación, está representado con el 10%, aproximadamente.

El centro de los prados y potreros, en la estación de recolección o de polen de la Ciudad Universitaria, las gramíneas alcanzan el 80%; los árboles cultivados (*Acacia*, *Eucalyptus*) 8%, y los árboles de la vegetación natural (que sólo se encuentran en los cerros que rodean la Sabana, el más cercano a una distancia de 3.5 kms.), 12%.

Se encontró un porcentaje bastante alto de *Weinmannia* (16%) en la estación de recolección cerca a La Cita, a una altura de 2.880 m, rodeada de Weinmannietum parcialmente destruido. Aparentemente, los pequeños granos de polen de este árbol común no son transportados muy lejos por el viento. La influencia de la cultura es aparentemente todavía bastante grande en este sitio (56% de gramíneas), y el mismo caso sucede en otra estación de recolección dentro de un tramo de bosque, en una región parcialmente cultivada a 3.330 m de altura, cerca al Páramo de Cruz Verde, dio 78% de gramíneas.

Varias de las conclusiones deducidas de estos espectros de polen recientes se utilizarán más adelante para la interpretación del diagrama.

7. LA PERFORACION, LOS CORAZONES Y LOS SEDIMENTOS

A principios de 1957 se llevó a cabo la primera parte de la perforación con un pequeño equipo de minería. El sitio exacto se indica en la figura 1; la elevación es de aproximadamente 2.560 m sobre el nivel del mar. Se tomaron corazones con un diámetro de una pulgada sin interrupción, y fueron extraídos cada 1 o 1.5 m, aproximadamente. Se corazonó en seco, evitando el uso de agua o lodo. De esta manera se consiguió una sección completa desde una profundidad de 2.5 metros hasta una profundidad de 32.2 m.

A pocos metros de distancia del primer pozo, desde una profundidad de 30 metros hasta 212 m, se realizó una segunda perforación con un equipo "Portadril", y corazonando sin interrupción con un corazonador de 2 pulgadas de diámetro.

Para coleccionar los primeros 2.5 m, y además para reservar material para análisis de C-14, se hizo una excavación en el mismo sitio de

la perforación, de 2×2 m de ancho y cuatro metros de profundidad. Fuera de una serie continua de muestras para análisis de polen, se coleccionaron cuatro muestras para análisis de C-14, de las cuales las tres superiores consistían en carbón vegetal.

No hubo pérdida de corazones, pero fueron comprimidos en el corazonador al tomarlos, más o menos a la mitad del largo original.

Para cada corazón se determinó la compresión exacta, para llegar a saber la distancia real de las muestras tomadas para el análisis de polen de este corazón.

La distancia real de las muestras usadas (véase diagrama de polen), fue de 7.5 o 15 cms. en los 2.3 m superiores, 10 cms. (o en algunos casos un poco menos), desde 2.3 hasta 5.5 m, y 15 cms. desde 5.5 hasta 32.2 m.

Solamente se han analizado, hasta ahora, los 32.2 m superiores (primera perforación; C. U. X.), y el diagrama corresponde a esta parte. El diagrama de la continuación de esta sección (segunda perforación; C. U. Y.) será analizado y publicado posteriormente.

Daremos una corta descripción de la sucesión de sedimentos de la perforación C. U. X. (véase la columna estratigráfica del diagrama de polen).

Debajo de los 20 cms. de material de relleno de arena y ladrillo traído por el hombre en tiempo muy reciente, se encuentran los sedimentos naturales superiores que consisten en una arcilla gris bastante oscura con venas de color carmelita-rojizo, hasta una profundidad de 85 cms. A esta profundidad se encuentra un límite bastante claro con la capa que sigue hacia abajo. Esta capa se extiende de 85 a 230 cms. de profundidad, y consiste en arcilla gris amarillosa, con venas carmelito-amarillosas; se encuentran partículas de carbón vegetal, especialmente entre 165 - 200 cms. de profundidad. Desde 235 hasta 265 cms. de profundidad se encuentra una arcilla gris con humus y partículas de carbón vegetal. Sigue (entre 265 y 305 cms.) una arcilla gris-amarillosa y de 300 - 345 cms. una arcilla negruzca con humus.

Los sedimentos mencionados antes contienen polen en abundancia, pero algas como *Botryococcum* y *Pediastrum*, que forman una parte importante de los sedimentos de 345 cms. para abajo, no se encontraron sino ocasionalmente.

La explicación es que la laguna de la Sabana se desecó en el momento representado por el nivel de 345 cms. Pero la sedimentación continuó por medio de inundaciones durante las estaciones lluviosas (las que en ciertas partes de la Sabana ocurren aún hoy día). Estas arcillas las llamaremos "Arcillas de inundación".

Desde los 3.45 hasta los 22.25 m se encuentra una serie continua de sedimentos de laguna; estos sedimentos son principalmente arcillas de laguna (gyttjas arcillosas), con un contenido de algas bastante grande (especialmente *Botryococcum* y *Pediastrum*), y detritus fino de plantas y polen; diatomeas se encuentran a distintas profundidades (5.70, 12.90, 18.45, 18.75, 19.05 y 19.65 m).

De 22.25 - 24.00 m se encuentra una capa de turba. Esta turba contiene algo de arcillas, y algas no se encuentran.

De 24.00 - 29.00 m vuelve a aparecer una serie continua de arcilla de laguna (o gyttjas arcillosas) del mismo tipo de las que se en-

cuentran encima de la capa de turba. Se presenta Diatomeas a 24.85, 28.30, 28.60 y 29.00.

De 29.00 - 31.00 m se halla una capa con humus negra, en parte turbosa, y con un contenido de arcilla mucho más alto que la capa de turba a 24.00 m.

En algunas muestras se encontraron unas pocas algas, y de 30.50-30.85 m una capa delgada de diatomita; esta diatomita contiene también ceniza volcánica.

Desde 31.00 m para abajo, hasta el punto más profundo de la perforación C. U. X. (32.20 m) se presenta una capa de arenilla fina y arcillosa; mientras que los 60 cms. superiores de esta capa no tienen algas ni esporas de *Isoetes*, el resto contiene algunas algas y un progresivo porcentaje de *Isoetes*. Por esto hemos de concluir que la parte principal de la capa de arenilla es un sedimento de laguna.

8. DESCRIPCION DE LAS ESPECIES

Como muchas de las especies indicadas en el diagrama son mencionadas aquí por primera vez en la literatura por granos de polen fósiles, daremos las características principales y además fotografías de cada una. Se darán también algunos detalles sobre el aspecto, el habitat y las condiciones ecológicas de la especie, género o familia. Los términos morfológicos utilizados son los de Iversen & Troels Smith (1950).

Quercus (Pl. I, 1 - 7)

Pl.I,1: C.U.X., N° 183. - Pl.I,2: C.U.X., N° 183. - Pl.I,3: C.U.X., N° 37. Pl.I,4: C.U.X., N° 37. - Pl.I,5: C.U.X., N° 179b. - Pl.I,6: C.U.X., N° 179b. Pl.I,7: C.U.X., N° A150.

Tricolporado, escabrado (inord.) +28-48 micras. Distintos tipos se pueden diferenciar, pero la determinación específica es difícil. La figura 1 corresponde al tipo de *Quercus lindenii* A.D.C. Dominante en el Quercetum, formando bosques más o menos nublados.

Podocarpus (Pl. I, 8 - 9)

Pl.I,8: C.U.X., N° 184A. - Pl.I, 9: C.U.X., N° 159.

Vesiculado, \pm 55 - 82 micras. Distintos tipos se pueden diferenciar, pero la determinación específica fue imposible. Hay un tipo de tamaño relativamente pequeño (55 - 70 micras; Pl.I,8), y otro relativamente grande (+ 82 micras; Pl.I,9). El tipo grande es el dominante en las muestras C.U.X. N° 146-153, y el tipo pequeño es en general el más común en las demás muestras.

Podocarpus oleifolius D. Don (de granos de polen de tipo pequeño) es un elemento del Quercetum en Boyacá hasta 3.500 metros de altura). Otras especies se encuentran en asociaciones distintas.

Hedyosmum (Pl. II, 10 - 12)

Pl.II,10: C.U.X., N° 88. - Pl.II,11: C.U.X., N° 88. - Pl.II,12: C.U.X., N° 87.

Inaperturado (?), clavado de \pm 38-48 micras. (Algunas pequeñas ranuras irregulares en una zona definida).

Hedyosmum bonplandianum H B K es una trepadora leñosa del Quercetum de Boyacá; pero se encuentra *Hedyosmum* igualmente en el Weinmannietum y en asociaciones de clima medio hasta tropical. La producción de polen es grande (probablemente es anemófila).

Myrica (Pl. II, 13 - 14)

Pl.II,13: C.U.X., N° 184A - Pl.II,14: C.U.X., N° 184A.

Triporado, psilado, más o menos 25-40 micras; poros con annulus; zona granulada alrededor de los poros.

Hay dos especies importantes: *M. parviflora* y *M. pubescens*. Ensayos para diferencia de las dos especies por medio de estadísticas del tamaño, no dieron resultado. Árboles o arbustos comunes, ambos en el Quercetum y el Weinmannietum y asociaciones relacionadas.

Styloceras (Pl. II, 15 - 16)

Pl.II,15: C.U.X., N° 150 - Pl.II,16: C.U.X., N° 179b

Periporado, reticulado \pm 40-50 micras. Los muri tienen 1 o 2 gránulos de ancho. Número de poros \pm 12-25.

Styloceras laurifolium (Willd.) H.B.K. es una especie arbórea del bosque andino en general.

Bocconia (Pl. II, 17)

Pl.II,17: PV 4aII

Periporado, reticulado \pm 30-40 micras. Número de poros \pm 6.

Bocconia frutescens L. es un árbol o arbusto muy común del bosque andino en general.

Juglans (Pl. III, 18 - 20)

Pl.III,18: C.U.X., N° 201. - Pl.III,19: C.U.X., N° 201. - Pl.III,20: PV9aII.

Periporado (heteropolar), psilado de \pm 35 - 55 micras. Poros en el plano del ecuador (como en un grano stephanoporado) y en uno de los dos hemisferios. Hay varias especies de *Juglans*, árboles que aparentemente no son muy comunes en el bosque andino.

Weinmannia (Pl. III, 21)

Pl.III,21: C.U.X., N° 177.

Tricolporado, micro (¿intra?) reticulado de 11-15 micras.

Weinmannia tomentosa L.f. es un árbol muy común del Weinmannie-

tum y asociaciones relacionadas de la Cordillera Oriental. Varias especies se encuentran también en el Quercetun. Ciertas especies pueden subir hasta bastante más arriba del propio límite altitudinal del bosque.

Rapanea (Pl III, 22 - 23)

Pl.III,22: C.U.X., N° 124. - Pl.III,23: C.U.X., N° 132.

Stephanocolpado (4 colpos), psilado de ± 25.30 micras, Area polar grande (a veces tricolpado).

Varias especies, que son árboles o arbustos, son frecuentes en el bosque andino.

Symplocos (Pl. III, 24)

Pl.III,24: C.U.X., N° 142

Tricolporado, foveolado (-psilado) de $\pm 40-45$ micras. Colpos muy cortos (en vista polar da la impresión de un grano triporado). Pequeños colpos transversales, no siempre visibles. Arbustos hasta pequeños árboles del bosque andino.

Drimys (Pl. III, 25; Pl. IV, 26)

Pl.III,25: C.U.X., N° 132. - Pl.IV,26: C.U.X., N° 70

Tetrade, reticulado de + 45-50 micras. Cada grano monoporado.

Drimys granatensis L.f., árbol relativamente común, especialmente de la zona alta del bosque andino.

Ilex (Pl. IV, 27 - 31)

Pl.IV,27: C.U.X., N° 183 Pl.IV,28: C.U.X., N° A-154; Pl.IV,29: C.U.X., N° A-154; Pl.IV,30: C.U.X., N° 184A; Pl.IV,31: C.U.X., N° 184A.

Tricolpado, clavado de + 30-40 micras. Las especies son difíciles de diferenciar a base del polen. Pl.IV,28 es el tipo de *Ilex kunthiana*. Árboles y arbustos del bosque andino. Ciertas especies suben bastante más alto que el propio límite altitudinal del bosque.

Miconia (Pl. IV, 32 - 33)

Pl.IV,32: C.U.X., N° 183; Pl.IV,33: C.U.X., N° 183.

Heterocolpado, psilado de + 13 - 19 micras.

Hay muchas especies en el bosque andino (y también en clima tropical), que no se pueden diferenciar a base del polen. Algunas especies suben hasta bastante más alto que el propio límite del bosque. Morfológicamente no se pueden diferenciar los granos de polen del género *Miconia* de la mayoría de las demás Melastomataceae. Las diferenciamos a base del tamaño: todas las especies de *Miconia* que conocemos de esta región, son más pequeñas que 19 micras (en general entre 13 y 17 micras), mientras las demás Melastomataceae de la región son mayores que 19 micras.

Urticaceae (Pl. IV, 34-36; Pl. XIV, 117)

Pl.IV,34: C.U.X., N° 184A; Pl.IV,35: C.U.X., N° 184A; Pl.IV,36: C.U.X., N° 50; Pl.XIV,117: C.U.X., N° 183.

Triporado o diporado, psilado o escabrado, de \pm 12-25 micras. *Pilea* es diporado -escabrado (Pl.IV,36). El tipo stephanoporado (Pl.XIV, 117) se encuentra también.

Varios géneros (entre otros *Phenax* y *Pilea*) son herbáceas hasta arbustos, comunes en la zona del bosque andino (y más abajo).

Alnus (Pl. IV, 37 - 39)

Pl.IV,37: C.U.X., N° 154; Pl.IV,38: C.U.X., N° 154; Pl.IV,39: C.U.Y., N° inferior.

Stephanoporado, psilado de + 25-35 micras. Arcos de poro a poro. *Alnus jorullensis* es el dominante del Alnetum, y además se encuentra en toda la zona del bosque andino, en el Weinmannietum y en el Quercetum. Los observamos hasta una altura de 3.500 metros en el Nevado del Cocuy. Es un gran productor de polen (anemófila).

Gramineae (Pl. V, 40)

Pl.V,40: C.U.X., N° 37.

Monoporado, psilado (hasta escabrado), de 20-90 micras. Poro con annulus claro. Los granos de polen de las gramíneas comunes de Páramo, como *Calamagrostis*, *Festuca*, etc., son más pequeños que 45 micras. Los granos de polen del género *Chusquea*, común en el Páramo. La zona alta del Weinmannietum y en la zona de transición, tiene tamaños entre 44 y 55 micras. Se han encontrado además en las muestras de la sección C.U.X. (en la parte correspondiente al glacial Würm), algunos granos bastante grandes, de \pm 80 micras, que posiblemente son de maíz. Al ser cierto esto, comprobaría la existencia de ciertas razas primitivas de maíz en Colombia, mucho antes de la llegada de la agricultura.

Acaena (Pl. V, 41 - 43)

Pl.V,41: C.U.X., N° 179b; Pl.V,42: C.U.X., N° 179b Pl.V,43: C.U.X., N° 179b.

Tricolporado, escabrado + psilado hasta irregular (\pm rugulado verrugado, de + 30-45 micras. Poros con opérculo protuberante. Colpos muy cortos y colpo transversal.

Acaena cylindrostachya (hierba) y *Acaena elongata* (arbusto enano), son localmente muy comunes en el páramo. Aunque es difícil separar las dos especies siempre con seguridad a base de polen, se ha observado que la mayoría de los granos encontrados pertenecen a *A. cylindrostachya*. Los granos de polen de *Polylepis*, el cual es un árbol que se encuentra en bosques aislados a gran altura (hasta 4.000 metros en el Nevado del Cocuy), son bastante similares, pero son algo más grandes y tienen una escultura diferente.

Acaena cylindrostachya la encontramos hasta una altura de más o menos 4.300 metros en la Sierra Nevada de Santa Marta, y *Acaena clongata*, hasta una altura de más o menos 3.850 metros.

Melastomataceae (Pl. V, 44 - 45)

Pl.V,44: C.U.X., N° 183; Pl.V,45: C.U.X., N° 183.

Heterocolpado, en general psilado de más o menos 1930 micras. (*Miconia* es más pequeña, véase arriba).

Las Melastomataceae son arbustos o árboles muy frecuentes en el bosque andino (y también en el trópico). Algunas especies suben hasta bastante más arriba del propio límite del bosque. Hay una pequeña hierba, *Castratella*, común en el alto páramo. Por esta razón no incluimos las Melastomataceae en el bosque. Sólo el género *Miconia* sí pudo ser incluido (diferenciación a base de tamaño, véase arriba).

Aragoa (Pl. V, 46)

Pl.V,46: C.U.X., N° 178b.

Tricolpado, escultura muy típica: foveolas, conectadas las unas con las otras por canales, que salen radialmente de cada una de las foveolas. Tamaño del grano varía más o menos 40 micras.

Las especies de *Aragoa* son arbustos de páramo abierto, hasta alturas de 4.000 metros por lo menos. Se encuentran también en la zona de transición superior del bosque andino, y en bosques aislados en el páramo abierto.

Ericaceae (Pl. V, 47 - 49)

Pl.V,47: C.U.X., N° 183; Pl.V,48: C.U.X., N° 183; Pl.V,49: C.U.X., N° 183.

Tetrade, psilado-foveolado-fosulado, de \pm 30-45 micras.

Numerosos géneros y especies, árboles, arbustos y arbustos enanos, en el bosque andino y en el páramo. Especialmente común en la zona de transición superior del bosque.

Geranium (Pl. VI, 50 - 52)

Pl.VI,50: C.U.X., N° 21; Pl. VI,51: C.U.X., N° 32; Pl.VI,52: C.U.X., N° 21.

Tricolpado, clavado, hasta reticulado, de más o menos 60-85 micras. Colpos cortos y más o menos irregulares, a veces presentándose casi como poros. Clavos a veces uniéndose para formar un retículo más o menos completo.

Hay varias especies, todas herbáceas, y principalmente del páramo abierto. También a veces en zonas pantanosas de la región del bosque andino.

Valeriana (Pl. VII, 53 - 54)

Pl.VII,53: C.U.X., N° 88; Pl.VII,54: C.U.X., N° 86.

Tricolpado, (micro-) echinado de más o menos 40 micras. Es posible diferenciar varios grupos de especies, a base de tamaño de los granos y tamaño de las columellas y echinas. En el diagrama todos fueron tomados juntos.

Son plantas herbáceas del páramo abierto. Hay sólo una especie arbórea (*Valeriana arborea*), de bosquitos aislados arriba del propio límite altitudinal del bosque, pero esta especie es fácilmente determinable a base de polen, y no se han encontrado granos de esta especie en la sección C.U.X.

Polygonum (Pl. VII, 55 - 56)

Pl.VII,55: C.U.X., N° 88; Pl.VII,56: C.U.X., N° 141.

Periporado, reticulado, de más o menos 50-65 micras. Los poros en lumina del retículo, tectado. Se trata del *Persicaria*-tipo.

Hay varias especies del *Polygonum* del tipo de polen de *Persicaria*. Todas son herbáceas, y se encuentran en el páramo y en la zona del bosque.

Caryophyllaceae (Pl. VII, 57 - 58)

Pl.VII,57: C.U.X., N° 184A; Pl.VII,58: C.U.X., N° 37.

Periporado, más o menos psilado, de más o menos 15-40 micras. Columelas relativamente grandes. Aunque tal vez sea posible, no se hizo intento de determinaciones genéricas.

Las Caryophyllaceae son plantas herbáceas de páramo y de la zona de bosque.

Gentiana (Pl. VIII, 59 - 61)

Pl.VIII,59: C.U.X., N° PV9aII; Pl.VIII,60: C.U.X., N° PV9aII;
Pl.VIII,61: C.U.X., N° 142.

Tricolporado, psilado o estriado, de más o menos 40-50 micras. Columelas grandes. Estrías, entre otras, en *Gentiana corymbosa*. Determinación específica, en algunos casos posible.

Las Gentianas son hierbas de distintos tamaños de páramo abierto.

Plantago (Pl. VIII, 62 - 63)

Pl.VIII,62: C.U.X., N° A159; Pl.VIII,63: C.U.X., N° 124.

Periporado, verrugado, de más o menos 25-35 micras. Poros no muy bien delimitados. Se presentan dos tipos distintos, uno con verrugas bien claras y altas, y otro con verrugas no muy claras y más bajas. La determinación específica no se ha podido realizar con absoluta seguridad. Hay varias especies de *Plantago*, en parte herbáceas y en parte algo leñosas.

Son localmente muy abundantes en el páramo abierto. Algunas se pueden presentar en la región del bosque, cuando éste se halla destruído y bajo la influencia del hombre.

Jussiaea (Pl. IX, 64)

Pl.IX,64: C.U.X., N° 183.

Triporado, psilado hasta con ondulaciones (verrugas) y fossulas irregulares, de más o menos 60-110 micras. Poros más o menos del tipo de *Oenothera*, pero menos prominentes y salientes. Plantas frecuentemente de suelo húmedo o de pantano, a diferentes alturas.

Gaiadendron (Pl. IX, 65)

Pl.IX,65: C.U.X., N° 154.

Syncolporado, psilado hasta escabrado, de más o menos 20-24 micras. Forma triangular, con lados fuertemente cóncavos. Colpos unidos en los polos, sin área triangular. Se encuentra en el bosque andino.

Eugenia (Pl. IX, 66)

Pl.IX,66: C.U.X., N° 32.

Syncolporado, psilado hasta micro-verrugado, más o menos 20-24 micras. Más o menos triangular. Colpos unidos en los polos, en una área triangular. Árboles del bosque andino. Subdominante del Iliëto Valleetum Eugenietoso.

Myrtaceae (Pl. IX, 67)

Pl.IX,67: C.U.X., N° 32.

Syncolpado, psilado hasta scabrado, de más o menos 25 micras.

El grano de la fotografía puede ser una *Eugenia* u otra Myrtaceae. Estos granos fueron unidos con los de *Eugenia* (que forman la mayoría en una curva para Myrtaceae).

Monocotyledoneae (Pl. IX, 68 - 69)

Pl.IX,68: C.U.X., N° 37; Pl.IX,69: C.U.X., N° 32.

Monocolpado, reticulado, de más o menos 30-55 micras. Muri compuestos de gránulos, a veces separados o unidos. Hay distintos tipos, pero la mayoría de los granos incluídos en la curva la constituyen el tipo de la figura 68.

Estos granos corresponden probablemente a hierbas del páramo, pero no se han podido determinar los géneros.

Cyperaceae (Pl. IX, 70 - 71)

Pl.IX,70: Secc. L.H.C.; Pl.IX,71: Secc. L.H.C.

Monoporado (hasta periporado); psilado (hasta scabrado). Tamaño muy variable. Límite de los poros irregulares. Hierbas frecuentes en los páramos y en pantanos. Pero hay también algunos en el bosque andino.

Compositae (Tubuliflorae) (Pl. IX, 72 - 74)

Pl.IX,72: Secc. L.H.C.; Pl.IX,73: Secc. L.H.C.; Pl.IX,74: C.U.X. N° 171c.

Tricolporado, echinado, de más o menos 25-45 micras. Frecuentemente con colpos transversales. Echinaz largas (figs. 72 y 74) o cortas (fig. 73). Determinación genérica no ha sido posible. Hierbas, arbustos y árboles comunes en todas las alturas.

Compositae (Liguliflorae). (Pl. XIV, 116)

Pl.XIV,116: Secc. L.H.C.

Fenestrado, echinado, de más o menos 40-50 micras. Determinación no ha sido posible. Granos de polen muy escasos.

Umbelliferae (Pl. X, 75 - 76)

Pl.X,75: C.U.X., N° 183; Pl.X,76: C.U.X., N° 154.

Tricolporado, psilado, hasta micro-reticulado. Tamaño muy variable. Forma alargada.

En general hierbas, frecuentes en el páramo, pero también algunas en la zona de bosque.

Hydrocotyle - tipo (Umbelliferae) (Pl. XIV, 115)

Pl.XIV,115: C.U.X., N° A159.

Tricolporado, más o menos reticulado, de más o menos 25-35 micras. Pequeños colpos transversales. Exina claramente más gruesa en las áreas polares, con columelas bien definidas.

Este tipo corresponde a *Hydrocotyle*, hierba de áreas pantanosas o de suelo húmedo en la región del bosque andino (y más abajo).

Rumex (Pl. X, 77 - 79)

Pl.X,77: C.U.X., N° 150; Pl.X,78: C.U.X., N° 150; Pl.X,79: C.U.X., N° 183.

Tricolporado (o Pericolporado); con un retículo fino más o menos claro; de más o menos 30-40 micras. A veces una determinación específica es posible. *Rumex tolimensis* (fig. 79). Probablemente la mayoría de los granos de *Rumex* encontrados pertenece a esta especie de hierba gigante del alto páramo.

Borreria (Pl. X, 80 - 81)

Pl.X,80: C.U.X., N° 183; Pl.X,81: C.U.X., N° 37.

Stephanocolpado, reticulado, de más o menos 45 micras. Colpos muy cortos, número aproximadamente 8. Retículo de grandes gránulos separados.

Hierbas de la zona del bosque andino (y más abajo). *Borreria anthospermoides*, con la cual corresponden los granos encontrados, es una especie frecuente del Alnetum de la Sabana de Bogotá.

Coniferae - tipo A y B (Pl. X, 82 - 83)

Pl.X,82: C.U.X., N° 15; Pl.X,83: C.U.X., N° A159.

Granos más o menos inaperturados, microgemado. Tipo A: tamaño muy variable; el ejemplar de la figura 82 tiene 75 micras. Tipo B: más o menos 45 micras (pero bastante variable).

Estos tipos son muy semejantes a ciertas especies de *Juniperus*, pero podrían pertenecer también a otros géneros de Coniferae (*Araucaria?*, etc.). La determinación exacta no ha sido posible por falta de suficiente material de comparación.

No existe actualmente en Colombia este tipo de coníferas (el único género nativo de coníferas es *Podocarpus*). *Juniperus* se encuentra en Norte América, y aparentemente también en Centro América. Otras coníferas de este tipo se encuentran en Chile y Patagonia.

Esperamos poder determinar el género de estos tipos de coníferas cuando tengamos suficiente material de comparación. De todas maneras, son elementos que existieron hasta el Pleistoceno Superior en Colombia, pero se extinguieron aquí al principiar el Holoceno.

Ranunculus (Pl. XI, 84 - 85)

Pl.XI,84: C.U.X., N° 201; Pl.XI,85: C.U.X., N° 200.

Syncolpado (más o menos espirales, etc.), escabrado-micro echinado, de más o menos 25-35 micras. Exina relativamente gruesa, columelas bien visibles (en *Paepalanthus* la exina es muy delgada. La mayoría de los granos corresponden a *R. peruvianus*, hierba frecuente en el alto páramo.

Chenopodiaceae - Amaranthus - tipo (Pl. XI, 86)

Pl.XI,86: C.U.X., N° A187.

Periporado, psilado, de 30-35 micras. Número de poros, más de 50. Columelas bien visibles, pero no tan bien definidas como en los Caryophyllaceae.

Estos granos de polen pueden ser de Chenopodiaceae del *Amaranthus* - tipo de las Amaranthaceae, pero parecen corresponder mejor con *Amaranthus*.

Panopsis (Pl. XI, 87 - 88)

Pl.XI,87: C.U.X., N° 157; Pl.XI,88: C.U.X., N° A176.

Triporado, escabrado y foveolado, de más o menos 25 - 30 micras. Forma más o menos triangular. Arbol del bosque andino.

“Valeriana” stenophylla (Pl. XI, 89 - 91)

Pl.XI,89: C.U.X., N° 34; Pl.XI,90: C.U.X., N° 10; Pl.XI,91: C.U.X., N° 32.

Stephanocolporado, estriado (y reticulado), de más o menos 45 micras. Hay siempre 6 colpos, que se hallan de dos en dos más juntos, aparentando (sin serlo) un tipo tricolporado operculado.

Pequeña hierba, más o menos formando cespedones, del alto páramo.

Estos granos de polen muy típicos los hallamos en los sedimentos de la Sabana de Bogotá (y en varias otras lagunas de páramos de la Cordillera Oriental), antes de conocer la planta. Posteriormente encontramos la planta en el Páramo de Palacio, pero no fue posible determinarla aquí, ya que no se hallaba espécimen alguno en el Herbario Nacional. El doctor A. Fernández tuvo la amabilidad de determinarla en los Estados Unidos, donde halló material idéntico, descrito por Killip (Jour. Wash. Acad. Sc. 18; 1928) como *Valeriana stenophylla*. Mientras que no hay duda que la planta de donde proviene este tipo de polen corresponde a la planta descrita como *Valeriana stenophylla*, queremos expresar nuestra duda si la clasificación en el género *Valeriana* y hasta en la familia es correcto, por las razones expuestas en seguida.

Los granos de polen del género *Valeriana*, incluyendo también otros géneros de Valerianaceae como *Phyllactis*, son todos muy semejantes, tricolpados (micro-) echinados, y completamente diferentes al tipo de *“Valeriana” stenophylla*. Por esta razón, nos parece imposible que esta especie tenga alguna relación estrecha con el género *Valeriana* ni con *Phyllactis*. Aunque diferente, el tipo de polen de *V. stenophylla* tiene más relación con el de *Rhizocephalum* (Campanulaceae).

Malvaceae (Pl. XII, 92 - 93)

Pl.XII,92: C.U.X., N° 166; Pl.XII,93: C.U.X., N° 166.

Periporado, echinado, de más o menos 50 - 75 micras.

Los granos encontrados son todos de un tipo, y son especialmente frecuentes en el diagrama en la parte Riss-glacial.

En la Sierra Nevada del Cocuy encontramos desde 3.800 metros para arriba (observada hasta 4.200 m, pero probablemente hasta más alto), con un máximo desarrollo a los 4.000 metros, pequeñas Malvaceae que fueron determinadas como *Malvastrum acaule* (Cav.) Gray. El tipo de polen de esta planta corresponde exactamente a los granos fósiles.

El porcentaje alto encontrado en la muestra 210 (Glacial Riss), correspondiendo entonces a una altura de aproximadamente 4.000 m bajo las circunstancias actuales, indica que las zonas de vegetación estuvieron

unos 1.400 metros más bajas que hoy día. Esto corresponde muy bien al valor de más o menos 1.300 metros de descenso del límite altitudinal real del bosque, que corresponde a esta muestra, según las curvas. Es esto entonces una buena verificación de la exactitud de estas curvas, y en especial de las bajas temperaturas durante el glacial Riss.

Tricolporites "tipo C." (Pl. XII, 94)

Pl.XII,94: C.U.X., N° 72-A.

Tricolpado, micro-echinado (-escabrado), de más o menos 15-20 micras. Colpos a veces difícilmente visibles. Poros perfectamente redondos y con annulus muy delgado. Espesor de la exina más o menos 1-1.3 micras. Las pequeñas espinas son en general menores que 1 micra, pero en raros casos alcanzan 1 micra y más.

Granos de este tipo fueron encontrados en muchas muestras de la sección C.U.X. (véase la curva en el diagrama). No obstante, hasta ahora no ha sido posible determinar el género natural.

Stephanoporites "tipo D". (Pl. XII, 95 - 96)

Pl.XII,95: C.U.X., N° 124; Pl.XII,96: C.U.X., N° 124.

Stephanoporado, echinado, de más o menos 35-40 micras. Equinas más o menos 1-2 micras. Número de poros más o menos 6. Poros con annulus. Espesor de la exina más o menos 2 micras. Columelas bien visibles.

Este tipo fue encontrado con cierta frecuencia en la sección C.U.X. (véase la curva del diagrama), pero no lo hemos podido determinar hasta ahora. Estos granos se parecen algo a *Nothofagus*, pero las aberturas son perfectamente redondas y las espinas son más grandes, etc. Se parecen también algo a *Picrodendron* (Erdtman, 1952).

Thalictrum (Pl. XII, 97 - 98)

Pl.XII,97: C.U.X., N° 27; Pl.XII,98: C.U.X., N° 27.

Periporado, psilado, hasta escabrado, más o menos 25 micras, poros con gránulos. El número de poros varía entre 6-9. Hierba trepadora del bosque andino.

Evolvulus - tipo (Pl. XIII, 99)

Pl.XIII,99: C.U.X., N° 88.

Pericolpado, psilado (aparentemente con un tectum con pequeñas perforaciones). Más o menos 35 micras. Columelas bien definidas. Exina relativamente gruesa (2-3 micras).

Hierba de partes abiertas en la zona de bosque.

Solanaceae (Pl. XIII, 100 - 101)

Tricolporado, psilado, de más o menos 25-30 micras. Colpos transversales. Solanaceae se encuentran a casi todas las alturas.

Polygalaceae (Pl. XIII, 102 - 104)

Pl.XIII,102: C.U.X., N° 183; Pl.XIII,103: C.U.X., N° 141; Pl.XIII,103;
Pl. C.U.X., N° 183.

Stephanocolpado (o fenestrado, cf. Iversen, 1950), foveolado, de más o menos 35-50 micras, y de más o menos 10-12 colpos. Colpo ecuatorial (transversal).

La mayoría de los granos encontrados corresponde probablemente al género *Moninna*, arbustos del bosque andino.

Hypericum (Pl. XIII, 105)

Pl.XIII,105: C.U.X., N° A183.

Tricolpado, reticulado, de más o menos 25-35 micras. Retículo muy fino. Parte ecuatorial de los colpos muy típico. Arbustos, muy comunes en el páramo abierto, en el bosque enano y en la parte alta de la zona del bosque.

Ya que en los primeros análisis no distinguimos todavía estos granos de otros semejantes, no presentamos una curva para *Hypericum* en el diagrama. No obstante, gran parte de los granos que son representados en la curva de los tricolporados indet., pertenecen a *Hypericum*.

Dodonaea (Pl. XIII, 106)

Pl.XIII,106: C.U.X., N° 25.

Tricolporado, micro-rugulado-micro-reticulado, de más o menos 34-45 micras. Poros algo protuberantes. Espesor de la exina 3-3.5 micras. Colpos angostos; poros grandes con costae pori. Pequeño arbusto, frecuente en zonas de bosque destruido y sabanas entre 1.500 y 3.000 metros.

Malpighiaceae (Pl. XIII, 107)

Pl.XIII,107: C.U.X., N° 185.

Periporado, más o menos psilado, de más o menos 38 micras. Exina muy gruesa (más o menos 4-5 micras). Dos granos fueron encontrados: uno en la muestra 185 y otro en la 86. Los Malpighiaceae son árboles y arbustos de tierras más cálidas, pero varios representantes del género *Stygmophyllon* suben más altas: *S. bogotense* hasta más o menos 2.100 metros, y *S. ruzianum* hasta más o menos 2.800 metros.

Cuphea (Pl. XIII, 108)

Pl.XIII,108: C.U.X., N° 43.

Syncolporado, estriado, de más o menos 23 micras. Forma más o menos triangular, con lados convexos. Poros protuberantes. Se trata del tipo de *Cuphea dipétala*, con el cual nuestros granos coinciden en todos los detalles. Los granos de polen de *Cuphea serpyllifolia* son bastante distintos, ya que no son estriados. Hierbas leñosas del bosque andino (y más bajo).

Gunnera (Pl. XIV, 112)

Pl.XIV,112: C.U.X., N° A-183.

Tricolpado, microreticulado, de más o menos 35 - 40 micras. Intercolpos salientes (y colpos hundidos). Plantas de sitios húmedos y pantanos en la zona de bosque. *G. megallanica* es una especie del alto páramo de la Cordillera Central.

Oenothera (Pl. XIV, 113)

Pl.XIV,113: C.U.X., N° 163A.

Triporado, más o menos psilado, de más o menos 70 micras. Poros más grandes y salientes que en *Juseae* del tipo Oenothraceae.

O. multicaulis es una hierba de la zona alta del bosque y sube hasta en el páramo.

Amaranthaceae (Pl. XIV, 114)

Pl.XIV,114: C.U.X., N° A172.

Fenestrado, escabrado (-micro-echinado), de más o menos 15-25 micras. Se trata del tipo de *Alternanthera*. Hierbas de todas las alturas, menos del páramo.

Fuchsia (P. XIV, 109)

Diporado, psilado, de más o menos 80 micras. Poros grandes tipo Oenothraceae. El grano de la figura 109 corresponde muy bien a *Fuchsia hartwegii*. Hierbas y arbustos pequeños del páramo abierto y de la parte alta de la zona de bosque. También más abajo.

Cordia lanata (Pl. XIV, 110)

Pl.XIV,110: C.U.X., N° A175.

Reticulado, de más o menos 45-50 micras. Typus pollinis no está claro, probablemente triporado, pero poros no muy bien definidos. Muri del retículo compuestos de gránulos separados grandes.

El tipo de polen de *Cordia lanata* es muy distinto del de otras especies de *Cordia*, como *Cordia alliodora*, que son tricolporados y frecuentemente micro-echinados. *Cordia lanata* es un árbol del bosque andino.

Daphnopsis - tipo (Pl. XIV, 111)

Pl.XIV,111: C.U.X., N° 12.

Periporado, escultura más o menos tipo Croton (formando un reticulum, tal vez scabrado en los muri), de más o menos 35-40 micras. *Daphnopsis bogotensis* es un arbusto del bosque andino.

Dacrydium - tipo (Pl. XV, 118)

Pl.XV,118: Secc. C.U.P., N° 2.

Dos granos muy parecidos al tipo de *Dacrydium guillauminii*, de más o menos 67 micras, fueron encontrados, uno en el N° 2 de la Sección C.U.P., y otro en el N° A159 de la Sección C.U.X. El primero es de edad glacial Würm y el segundo de edad "glacial Riss II". La presencia de *Dacrydium* durante el Pleistoceno en Colombia, significaría una grande ampliación del área de este género, ya que hoy día en Sur América no se encuentra sino en la parte más meridional de este Continente.

Podocarpaceae "Tipo E" (Pl. XV, 119)

Pl.XV,119: C.U.X., N° 124.

Vesiculado, bolsa circular, de más o menos 80 micras.

Se trata de un representante de las Podocarpaceae, sea *Dacrydium* o *Podocarpus*. Parece que se trata de todas maneras de una especie desconocida en la flora actual de Colombia. Falta suficiente material de comparación para determinar con más exactitud este grano. No se encontró sino un ejemplar.

Mutisia

C.U.X., N° 86.

Tricolporado, escabrado, hasta echinado, más o menos 65 (95 micras). Colpos transversales, costillas transversales. Exina gruesa, columnellas grandes y bien definidas. "Echinas" de bases anchas y muy bajas. Trepadora del bosque andino.

Aetanthus

C.U.X., N° 18.

Syncolpado, escabrado, de más o menos 40-65 micras. Forma triangular, con lados cóncavos. Varias especies se encuentran en la zona alta del bosque, hasta en el páramo.

Ribes

C.U.X., N° 31.

Periporado, psilado, de más o menos 35 micras. Poros con opérculo. (\pm 5-6 poros?). Corresponde este tipo de polen a una placa del polen reciente de *Ribes bogotanium*. Otras placas recientes de *Ribes* demuestran el conocido tipo de *Ribes*, donde los poros de 2 en 2 están conectados por zonas de exina muy delgada. Arbusto o arbolito de los bosques enanos a grande altura, en el páramo.

Croton

C.U.X., N° 30a

Inaperturado, escultura más o menos "croton tipo" de (más o menos 50-75 micras). El tipo encontrado demuestra ser un *Croton* que corresponde a la especie *Croton bogotanus*, y el cual tiene como escultura clavos, por lo cual se diferencia de las demás especies. *C. bogotanus* es una especie del bosque andino.

Berberis

C.U.X.

Muy irregular, pero aparentemente syncolpado; foveolado, de más o menos 45-70 micras. Arbusto del bosque enano y del páramo.

Jamesonia (Pl. XVI, 120-121)

Pl.XVI,120: C.U.X., N° 158A; Pl.XVI,121: C.U.X., N° 158A.

Trilete, psilado (a veces unas ligeras verrugas o unas pocas foveolas) de más o menos 45-80 micras. Exosporio muy grueso en los lados y más delgado hacia los ángulos, los cuales se presentan salientes. La capa exterior del exosporio suelta fácilmente, y no se encuentra en los ejemplares fósiles. Helecho muy abundante en el alto páramo.

Lycopodium (foveolado) (Pl. XVI, 122)

Pl.XVI,122: C.U.Y. (base).

Trilete, foveolado en el lado distal, de más o menos 45-60 micras. Especies de *Lycopodium* que tienen esporas de este tipo, son especialmente abundantes en el alto páramo.

Lycopodium (reticulado) (Pl. XVI, 123)

Pl.XVI,123: C.U.Y. (base).

Trilete, reticulado en el lado distal y en el lado proximal, en parte un retículo más o menos incompleto. Muri muy alto. Más o menos 40-60 micras.

Especies de *Lycopodium* de este tipo se encuentran abundantes en el páramo alto, y también en las zonas de bosque.

Cyatheaceae - tipo (Pl. XVI, 124)

Pl.XVI,124: C.U.X., N° A150.

Trilete, psilado de 35-60 micras. Exosporium relativamente delgado hasta mediano. Marca tetrade con "margo" y a veces sin "margo". Forma más o menos triangular, con ángulos fuertemente redondeados, lados planos hasta ligeramente cóncavos.

Parece que las esporas encontradas en este tipo pertenecen principalmente a ciertos géneros de las *Cyatheaceae*.

Hymenophyllum - tipo (Pl. XVI, 125)

Pl.XVI,125: C.U.X., N° 179b.

Trilete, más o menos escabrado-micro-gemado-micro-clavado-micro-echinado, de más o menos 45-65 micras. Brazos de la marca tetrade muy característicos, llegando al límite entre el lado distal y proximal, abriéndose en los extremos con frecuencia. Helechos comunes en diferentes zonas de vegetación, hasta en el páramo (*H. calodictyon*, hasta 3.600 m).

Hemitelia (Pl. XVI, 126)

Pl.XVI,126: C.U.X., N° 66.

Trilete, psilado, más o menos 45 micras. Forma muy característica, exosporio con cavidades, una grande en la mitad de cada lado. Sólo un grano fue encontrado; proviene probablemente de transporte sobre distancia más larga. (Altura hasta 2.100 m).

Verrutrilletes "Tipo F" (Pl. XVII, 127)

Pl.XVII,127: C.U.X., N° 142.

Trilete, verrugado-gemado; más o menos de 60-70 micras. Verrugas-gemas transparentes. La determinación segura ha sido imposible hasta ahora.

Verrutrilletes "Tipo G" (Pl. XVII, 128)

Pl.XVII,128: C.U.X., N° 199.

Trilete, verrugado, de más o menos 50-60 micras. Verrugas cubren completamente tanto el lado distal como el proximal. La determinación ha sido imposible hasta ahora.

Triletes "Tipo I" (Pl. XVII, 129)

Pl.XVII,129: C.U.X., N° 176.

Trilete, "muri" irregulares. La mayoría no conectadas y siguiendo un curso ondulante e irregular, más o menos 60-70 micras. Estas esporas son semejantes a *Ophyoglossum*.

Triletes "Tipo H" (Pl. XVII, 130)

Pl.XVII,130: C.U.X., N° 132.

Trilete, con grandes verrugas, más o menos se presentan sólo en los lados, con un promedio de dos en cada lado; esporas de más o menos 55-80 micras. La determinación ha sido imposible hasta ahora.

Triletes "Tipo J" (Pl. XVIII, 131)

Pl.XVIII,131: C.U.X., N° A176.

Trilete, escultura difícil de describir; en el lado distal, más o menos rugulado-fosulado, esporas de más o menos 60 micras. Exosporio bastante grueso. La determinación ha sido imposible hasta ahora.

Triletes "Tipo K" (Pl. XVIII, 132)

Pl.XVIII,132: C.U.X., N° A176.

Trilete. Grandes y pequeñas "foveolas" en el lado distal. Esporas de más o menos 65 micras. Exosporio muy grueso. Este tipo es muy semejante a *Lophosoria*.

Verrumonoletes (Pl. XVIII, 133-134)

Pl.XVIII,133: C.U.X., N° 132; Pl.XVIII,134: C.U.X., N° 27.

Monolete, verrugado. Tamaño muy variable. Todas las esporas de este tipo fueron reunidas en un grupo en el diagrama. Se debe tratar de Polypodiaceae.

Psilamonoletes (Pl. XVIII, 135-136)

Pl.XVIII.135: C.U.X., N° 158A; Pl.XVIII,136: C.U.X., N° A184.

Monolete, psilado. Tamaño muy variable. Todas las esporas de este tipo fueron reunidas en un grupo en el diagrama. Se debe tratar de Polypodiaceae.

Isoetes (Pl. XVIII, 137)

Pl. XVIII, 137: C.U.X., N° A154.

Monolete. Parte exterior del exosporio transparente, y con una amplia bolsa, y una especie de falda en el lado proximal, espora de más o menos 40-50 micras. Superficie lisa u ondulada.

Plantas del fondo de lagunas y de pantanos en alto páramo.

9. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DEL DIAGRAMA. INTERPRETACIONES Y OBSERVACIONES GENERALES.

De los corazones se tomaron muestras para análisis de polen cada 10 o 15 centímetros, y estas muestras fueron preparadas, primero con el método modificado de Erdtman (K.O.H. y acetolysis) en la manera descrita por Faegri & Iversen (1950). Después las muestras que contenían arcilla o arena se trataron unos pocos minutos con H.F, y en seguida se efectuó la separación por gravedad en una mezcla de bromoformo y alcohol de densidad 2.

Entre 200 y 300 granos de polen se contaron de las especies incluidas en la suma de polen que formó la base para los cálculos de porcentaje. Granos de polen de las siguientes plantas se incluyeron:

<i>Gramineae</i>	<i>Weinmannia</i>
<i>Acaena</i>	<i>Rapanea</i>
<i>Alnus</i>	<i>Symplocos</i>
<i>Podocarpus</i>	<i>Drimys</i>
<i>Quercus</i>	<i>Ilex</i>
<i>Hedyosmum</i>	<i>Miconia</i>
<i>Myrica</i>	<i>Urticaceae</i>
<i>Styloceras</i>	<i>Vallea</i>
<i>Bocconia</i>	<i>Juglans</i>

Los porcentajes de los granos de polen de otras plantas se calcularon con base en esta suma.

Para la construcción del diagrama se pusieron en práctica los principios de tipo propuesto por Iversen para la representación de cambios de vegetación del Tardiglacial.

El ancho del diagrama representa el 100% de la suma de polen. De derecha a izquierda se representan los porcentajes acumulados de los elementos (anemófilos) más importantes de la vegetación abierta (rayado y rayas interrumpidas). De izquierda a derecha están presentes los elementos más importantes del bosque por curvas separadas. Para *Alnus* se usó un símbolo cuadrado abierto, para *Quercus* un cuadro cerrado, para *Podocarpus* un círculo cerrado, y para el total del resto de los elementos de bosque, una cruz. Aunque los últimos dos símbolos se usan también para otros árboles (que no se encuentran en Colombia), preferimos utilizar estos sencillos símbolos en lugar de tipos más complicados, para hacer más fácil la lectura del diagrama.

Si excluimos tipos de vegetación de desierto o semi-desierto (que se pueden reconocer por la ocurrencia de varias especies típicas, ausentes en nuestra sección), entonces la vegetación abierta (gramíneas + *Acaena*) indica tipos de vegetación de los altos Andes (páramo abierto; Espeletion). Los elementos de bosque representan juntos el bosque andino (incluyendo también, por una parte, el bosque enano del páramo andino, cerca al límite altitudinal del bosque, y por otra los tramos de bosques aislados en sitios protegidos encima del límite del bosque).

La lluvia de polen que caía sobre la laguna de la Sabana fue suministrada principalmente por la vegetación de los cerros y montañas circundantes. Estas montañas alcanzan una altura de aproximadamente 3.200 a 3.300 m (o más alto en montañas más distantes). De esta manera un porcentaje de sólo unos pocos porcientos de granos de polen de vegetación abierta (gramíneas + *Acaena*) indicará que los declives de estos cerros estuvieron casi completamente cubiertos de bosque (siendo más o menos las mismas condiciones actuales) antes de la influencia del hombre cuando el porcentaje de la vegetación abierta se vuelve un poco más alto, entonces dicha vegetación abierta debe haber aparecido en las cimas de los cerros, y cuando aumenta aún todavía más, el límite altitudinal del bosque se debe haber bajado más. Como también tramos de bosques se encuentran aislados muy arriba del propio límite del bosque cerrado (y como los declives de los cerros hacia la Sabana, con sus abundantes quebradas, ofrecen muchos sitios protegidos), el porcentaje de vegetación abierta sólo podrá alcanzar, en casos extremos, un porcentaje cercano a 100, es también en estos casos donde el propio límite del bosque cerrado ya se encuentra mucho más bajo que el nivel de la Sabana de Bogotá.

Se entenderá por lo anterior que la curva de las gramíneas + *Acaena* es un indicador excelente de las fluctuaciones relativas del límite del bosque.

Fuera de las principales fluctuaciones de la curva para la vegetación abierta, se ven en el diagrama importantes cambios en la composición cuantitativa del bosque. Especialmente significativa es la curva de *Quercus*: a veces esta curva alcanza valores altos, y a veces llega a cero. Como vimos arriba, el Quercetum indica aquí un clima más húmedo con estaciones secas menos pronunciadas, precipitación anual más alta y una nublación más continua. Cuando desaparece *Quercus* en el diagrama, la curva para el resto de los elementos de bosque, incluyendo *Weinmannia* (pero sin incluir *Alnus* y *Podocarpus*), sigue o muestra porcentajes más altos. Aunque muchos de estos elementos pueden encontrarse también en el Quercetum, la relación de la curva *Quercus* con esta curva del resto de los elementos de bosque nos dará una idea de las fluctuaciones de la precipitación aérea anual.

Durante los períodos más secos, la laguna de la Sabana se secaba parcialmente, siendo reemplazada la deposición de sedimentos de laguna por deposición de turba o sedimentación de avenidas de río (arcillas). Entonces la vegetación local se vuelve más importante, y las fluctuaciones de humedad parecen estar expresadas por las fluctuaciones relativas de la curva de *Alnus* y por la curva para el total del resto de los elementos de bosque.

La curva de *Podocarpus* muestra máximas y mínimas características en ciertos intervalos, pero no se pueden hasta ahora deducir de ella

condiciones climáticas especiales, por lo que las diferentes especies tienen condiciones ecológicas bastante diferentes, y no se pudieron realizar determinaciones específicas.

La curva para la vegetación abierta (fluctuaciones del límite del bosque) y la curva de la relación de *Quercus* con la del total del resto de los elementos de bosque (fluctuaciones de precipitación aérea anual, etc.) se pudieron convertir, de curvas relativas, en curvas más exactas, y con las dos se pudo calcular una curva de temperatura; de ellas se tratará separadamente en el próximo párrafo.

En los párrafos 4 y 5 vimos que cuando la precipitación anual es más alta que la de hoy día cerca a Bogotá, el límite del bosque está situado en un nivel más alto. Este hecho es muy importante, porque entonces la curva para las fluctuaciones del límite del bosque se determina no sólo por la temperatura, sino también por los cambios de precipitación anual (véase el párrafo siguiente).

En general (pero no siempre en detalles de menor importancia) la curva de *Quercus* es alta en estos intervalos del diagrama donde la curva de las gramíneas + *Acaena* es alta. Podemos entonces concluir, hablando en términos generales, que las fases frías eran considerablemente más frías de lo que parece indicar la curva de la vegetación abierta.

Diagrama general.

Los tres metros superiores de la sección consisten en arcilla de inundación. El diagrama de esta parte demuestra en general porcentajes bajos de gramíneas y máximas alternando de *Alnus* y *Myrica*. Parece lógico que la mayoría de esta parte del diagrama comprenda el Holoceno. Los datos de radiocarbón verificaron esta suposición (véase párrafo 11). En los espectros superiores la curva de las gramíneas es mucho más alta, lo cual corresponde a la destrucción del bosque por el hombre. Una interpretación más detallada de los 4 metros superiores se da en el párrafo 11.

De tres a ocho metros de profundidad las gramíneas (y también *Acaena*) presentan un porcentaje alto, aunque con varias fluctuaciones. *Quercus* también está representado con porcentajes relativamente altos; el polen de este árbol desaparece en la muestra 12, y poco después la laguna de la Sabana se seca (nivel de 3.5 m). Interpretamos esta parte del diagrama como perteneciente a la última fase glacial y más importante de la glaciación Würm (Pleniglacial II), que duró en Europa, según datos recientes obtenidos por radiocarbón desde más o menos 28.000 A.C. hasta más o menos 14.000 A.C. un dato de radiocarbón obtenido del nivel de 340 cms. confirma esta interpretación (véase párrafo 11). Es interesante observar aquí que varios de los espectros, con un alto porcentaje de *Hedyosmum*, son casi idénticos (no tomando en cuenta la presencia de *Quercus*) con el espectro anual de la estación de recogimiento de polen aéreo a 3.450 m de altura en el páramo de Cruz Verde (véase párrafo 6).

De 8-11.5 m, de 14-15.5 m el diagrama demuestra condiciones climáticas intermedias. Estos dos intervalos están separados por el intervalo de 11.5 - 14 m, que demuestra condiciones más frías, aunque menos frío que durante la importante fase glacial mencionada arriba (véase la curva de temperatura y el párrafo 10). La interpretación como inters-

tadales de la glaciación Würm ("Interpleniglacial", Van der Hammen, 1957), parece ahora muy lógico.

De 15.5 - 19.5 m se presenta otro intervalo muy frío, de nuevo con porcentajes relativamente altos de *Quercus*. Interpretamos este intervalo como representando la primera importante fase glacial de la glaciación Würm (Pleniglacial I).

El intervalo de 19.5 - 22.2 m demuestra condiciones menos frías, pero no obstante más frías que interstadial.

De 22.2 - 24 m, la laguna había desaparecido en parte, y se formó turba. *Quercus* está ausente o muy bajo; el clima fue seco. La curva de las gramíneas es muy baja en la parte inferior y la parte superior de este intervalo, pero algo más alto en la parte intermedia. Interpretamos este intervalo como interglacial Riss Würm. La sedimentación debe haber sido mucho más lenta durante este tiempo. Parece que hay un intervalo algo más frío en el interglacial, demostrando además los valores más altos de *Podocarpus* del diagrama entero.

De 24 - 29 m se presenta un intervalo mucho más frío, demostrando en parte condiciones altoglaciales. Esta parte consiste de nuevo en sedimentos de laguna. Interpretamos este intervalo como glacial Riss II (= Warthe stadial).

De 29 - 31 m prevalecen de nuevo condiciones interstadales. La laguna se desecó de nuevo en parte durante este tiempo y se formó turba. Nuestra interpretación de este intervalo es interstadial Riss I - II. En la parte inferior de este intervalo, en el principio del interstadial, se sedimentó ceniza volcánica, que tuvo su origen probablemente en erupciones volcánicas en la Cordillera Central.

La parte más inferior del diagrama de 31 - 32.2 m demuestra nuevamente condiciones altoglaciales. Pero *Quercus* está ausente o muy bajo. El clima es seco y muy frío. Interpretamos esta parte del diagrama como la última parte del glacial Riss I (= Drenthe stadial). Esta última parte del Riss I fue aparentemente seca, como también lo fue la última parte de la última fase altoglacial del Würm.

Curvas individuales.

Curvas individuales para todos los géneros y familias reconocidas se pueden ver a la derecha del diagrama general. Para la descripción de los granos de polen, y datos sobre las condiciones ecológicas que ellos representan, véase parágrafo 8.

Inmediatamente a la derecha del diagrama general se encuentran las curvas para los tipos incluidos en este diagrama (suma de polen). Se dan curvas individuales para todos los elementos que constituyen juntos la curva del "resto" de los elementos de bosque (menos *Alnus*, *Quercus* y *Podocarpus*).

Sigue entonces una lista de cifras indicando el número de granos de polen incluidos en la suma para el cálculo de cada muestra. Siguen luego las tres curvas climáticas (fluctuación del límite del bosque, "humedad" o precipitación aérea anual y temperatura). Una descripción detallada de estas curvas se da en el parágrafo 10.

A la derecha de la tercera de estas curvas sigue de nuevo una lista de cifras, representando el número total de granos de polen encontrados en cada muestra.

Siguen luego las curvas de estos tipos de polen que no fueron incluidos en el diagrama general ni en la suma de cálculo. Representan ellos géneros o familias que son herbáceas, y en parte arbustivos o arborescentes.

Con la *Jamesonia* principian las curvas de las esporas. Después de la curva de *Isoetes*, el diagrama termina con una curva de la densidad de polen expresado en número de granos por placa de 22×22 mm.

La interpretación de todas estas curvas individuales no presentará dificultades con la ayuda de los datos ecológicos o sociológicos dados en el parágrafo 8.

Una de las curvas más sorprendentes del diagrama es la curva para *Acaena*. La mayoría de los granos de polen incluidos en esta curva pertenecen a la especie *Acaena cylindrostachya*. Como vimos anteriormente (parágrafo 4), esta especie de páramo es en general poco común, y hasta en estas regiones con un desarrollo local muy fuerte de un Acaenetum, está representado sólo por un escaso porcentaje en la flora de polen de los sedimentos recientes de laguna (Van der Hammen & González, 1959 b).

Bajo las condiciones actuales, la presencia de un Acaenetum parece localmente estar relacionada con el pastoreo y abono de ganado, pero no se encuentra en las partes altas de la región del Weinmannietum, alrededor de Bogotá, sino en las partes altas de la región del Quercetum. En la Sierra Nevada del Cocuy se encuentra *Acaena* relativamente abundante sobre morrenas antiguas, etc., en sitios con escasa o ausente capa de humus. Durante el glacial Würm en la Sabana de Bogotá, cuando el Quercetum tomó el lugar del Weinmannietum interglacial, el Acaenetum debió haber ocupado extensiones considerables encima del límite del bosque, porque se encuentran porcentajes relativamente altos de *Acaena* en todas las muestras que corresponden a este tiempo. Es también muy interesante la curva de las Malvaceae, que sólo se encontraron en el Riss I glacial. Se trata de una especie que encontramos recientemente en el Nevado del Cocuy, a una altura de 4.000 metros. La presencia de esas Malváceas es una prueba más del gran descenso de temperatura durante el Riss I (véase el parágrafo siguiente).

10. LAS CURVAS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION

La curva de las gramíneas + *Acaena* en el diagrama indica lógicamente las fluctuaciones relativas del límite del bosque. Como muchos de los elementos de bosque incluidos en la suma de polen se encuentran todavía en tramos de bosque por encima del propio límite del bosque, y como éstos cada vez más escasean con la altura, la curva arriba mencionada no demostrará un cambio brusco cuando el propio límite del bosque pasa al nivel de la Sabana.

Ahora es posible convertir esta curva relativa en una curva absoluta, la cual indica los valores en metros, de desplazamiento del límite del bosque; esto fue realizado de la manera siguiente:

Un espectro de polen de Páramo de Cruz Verde (calculado con base en la colección del polen aéreo durante un año; véase parágrafo 6), dio 51.5% de gramíneas, a 3.450 m sobre el nivel del mar, o aproximadamente 250 m por encima del límite del bosque local. En un diagrama de polen de sedimentos de laguna el de la "laguna de América", Páramo de Palacio (Van der Hammen & González, 1959a), el espectro número 51 (inmediatamente debajo de los dos espectros superiores con influencia humana), demuestra 49% de gramíneas a 3.500 m sobre el nivel del mar, o aproximadamente 250 m por encima del límite original, de bosque local. En un diagrama de polen de la "Laguna de los Bobos", Boyacá (Van der Hammen & González, 1959b), el espectro número 4 (inmediatamente debajo de los tres espectros superiores, con creciente influencia humana), demuestra 52% de gramíneas a una altura de 3.800 m, o aproximadamente 250 m por encima del límite local del bosque.

Así encontramos que tres fuentes diferentes (una de polen aéreo, otra región con *Weinmannietum*, y con un límite de bosque local de 3.250 m, y otra con *Quercetum* y un límite de bosque local de 3.550 m), dan una información prácticamente idéntica: aproximadamente el 50% de gramíneas corresponde a un sitio aproximadamente de 250 m por encima del límite del bosque local. Otro dato se puede encontrar en el diagrama de la Sabana de Bogotá. La muestra 1-d, inmediatamente debajo de las muestras con creciente influencia humana, contiene 8% de gramíneas. Como el límite de bosque local, cerca de Bogotá, está aproximadamente a 3.250 m, y el nivel de la Sabana aproximadamente 2.600 m, podemos concluir que el 8% de gramíneas corresponde a un sitio de 550 m debajo del límite de bosque local.

Como la curva de gramíneas + *Acaena* no demostrará cambios bruscos al pasar el límite de bosque por el nivel de la Sabana, por las razones ya expuestas, podemos ahora, con base en los dos datos calculados anteriormente, calcular cuánto porcentaje de gramíneas corresponde a cada 100 m de desplazamiento del límite del bosque.

Tomamos 52% de gramíneas 250 m encima del límite de bosque local y 8% de gramíneas 550 m debajo del límite de bosque local. Así tenemos 44% de gramíneas para un desplazamiento de 800 m, o 5.5% por cada 100 m de desplazamiento.

De esta manera hemos convertido la curva relativa en una curva indicando valores absolutos en metros de desplazamiento del límite del bosque (véase el diagrama principal). El error de esta curva no excederá probablemente los más o menos 50 m. Para la Sabana de Bogotá podemos trazar más la curva exacta cuando la curva de gramíneas es más baja del 8% (o el límite de bosque más alto que 3.250 m); como las cimas más altas de los cerros que forman el límite inmediato de la Sabana tienen aproximadamente una altura de 3.200 a 3.300 m, se puede esperar una discontinuidad en la curva cuando estas montañas se llegan a cubrir totalmente con bosque.

Consideremos ahora la curva de precipitación. Hemos visto arriba que la cantidad relativa de *Quercus* al total de los elementos de bosque menos *Alnus* y *Podocarpus* ("rata de *Quercus*"), también es una curva relativa. Trataremos ahora de convertirla en una curva indicando valores absolutos, expresado en el límite de bosque correspondiente, bajo las ac-

tuales condiciones de temperatura. Podemos acercarnos a la solución teórica de este problema desde dos puntos distintos, basado en observaciones.

Teóricamente la "rata de *Quercus*" más alta en el diagrama correspondería al límite de bosque más alto posible en la Cordillera Oriental. Así una "rata de *Quercus*" de 84% correspondería a un límite de bosque de más o menos 3.800 m. Por otro lado, la "rata de *Quercus*" es de 0% cerca de Bogotá, donde el límite de bosque se encuentra a más o menos 3.200 - 3.250 m. Así 600 m de desplazamiento del límite del bosque, bajo las actuales condiciones de temperatura, correspondería a 84% de cambio en la "rata de *Quercus*", lo que equivale a 14% por cada 100 m.

Las observaciones son las siguientes: en la "Laguna de los Bobos" encontramos en el espectro cuatro (inmediatamente debajo del punto donde empieza la influencia humana) una "rata de *Quercus*" de 50%.

El límite actual de bosque se encuentra allí a más o menos 3.550 m (Van der Hammen & González, 1959 b). En la "Laguna de América" (Páramo de Palacio), con un límite de bosque actual de 3.250 m, se encontró una "rata de *Quercus*" de 2.5% en el espectro 51 (Van der Hammen & González, 1959 a). En el espectro de polen aéreo de Páramo de Cruz Verde, con un límite de bosque local de más o menos 3.200 m, se halló una "rata de *Quercus*" de 0%.

Los cálculos teóricos y las observaciones están muy satisfactoriamente de acuerdo:

Límite de bosque	"Rata de <i>Quercus</i> " teórico	"Rata de <i>Quercus</i> " observado
3.200 m	0	0
3.250 m	6%	2.5%
3.550 m	49%	50 %

En este caso, como en el anterior, el límite de error es muy pequeño, de todas maneras menor que más o menos 25 m. Así podemos convertir la curva de "rata de *Quercus*" en una curva que indique la altura teórica del límite de bosque debido a "humedad" (suponiendo las actuales condiciones de temperatura).

La curva de las fluctuaciones verdaderas del límite de bosque es el resultado de dos factores: cambios de temperatura y cambios de "humedad". Para obtener una curva de temperatura tenemos que eliminar de esta curva la influencia de los cambios de "humedad". Así para cada punto de esta curva tenemos que sumar a la correspondiente altura verdadera del límite del bosque, el mismo número de metros indicados por el punto correspondiente de la curva convertida de la "rata de *Quercus*".

De esta manera obtenemos una curva que indica la posición imaginaria del límite de bosque, si este límite sólo fuese afectado por cambios de temperatura. El posible error de esta curva no será más de 75 metros. Esta curva puede convertirse ahora fácilmente, con la ayuda del gráfico de la figura 3. De este gráfico, basado en un gran número de observaciones de la actual relación de altura y temperatura media anual en la Cordillera Oriental (principalmente del Departamento de Cundinamarca), se puede deducir que la temperatura disminuye regularmente 2/3°C por cada 100 metros de subida (véase parágrafo 3). Un límite de bosque de 3.200 metros, el límite de bosque actual cerca de Bogotá, corresponde

entonces a la actual temperatura media anual de la Sabana de Bogotá, es decir, 14°C; y para cada 100 metros que baje el límite imaginario del bosque, 2/3°C más bajo.

El valor de 2/3°C por cada 100 metros es un valor bastante exacto. La relación temperatura-altura de diferentes sitios de observación están frecuentemente situados fuera de la línea del gráfico de la figura 3, pero esto sólo se debe a condiciones climáticas geográficas que pueden cambiar considerablemente en una cordillera. Como estamos considerando fluctuaciones climáticas en uno y en el mismo sitio, este factor lógicamente no tiene ninguna influencia sobre nuestra curva. Por esta razón ningún error es tomado en cuenta para esta última conversión. Los límites de error de la curva de temperatura serán entonces $75/100 \times 2/3 = + 1/2^\circ\text{C}$.

Tenemos a nuestra disposición tres curvas (véase el diagrama principal):

1º Verdaderas fluctuaciones del límite del bosque (expresado en metros).

2º Fluctuaciones de "humedad" (principalmente precipitación aérea anual), (expresadas en metros de fluctuación del límite del bosque, como resultado de fluctuaciones de "humedad" solamente).

3º Fluctuaciones de temperatura (expresada en °C).

Si consideramos las tres curvas juntas, se apreciará inmediatamente que son 2 "congruentes" en sus características más importantes, cuando la temperatura baja, la "humedad" aumenta. No hay duda que los glaciales son al mismo tiempo pluviales, y que los interglaciales son al mismo tiempo interpluviales, (véase también: Maarleveld & Van der Hammen, 1959). Pero en detalles menores vemos con frecuencia que fluctuaciones menores de "humedad" no tienen relación con fluctuaciones menores de temperatura.

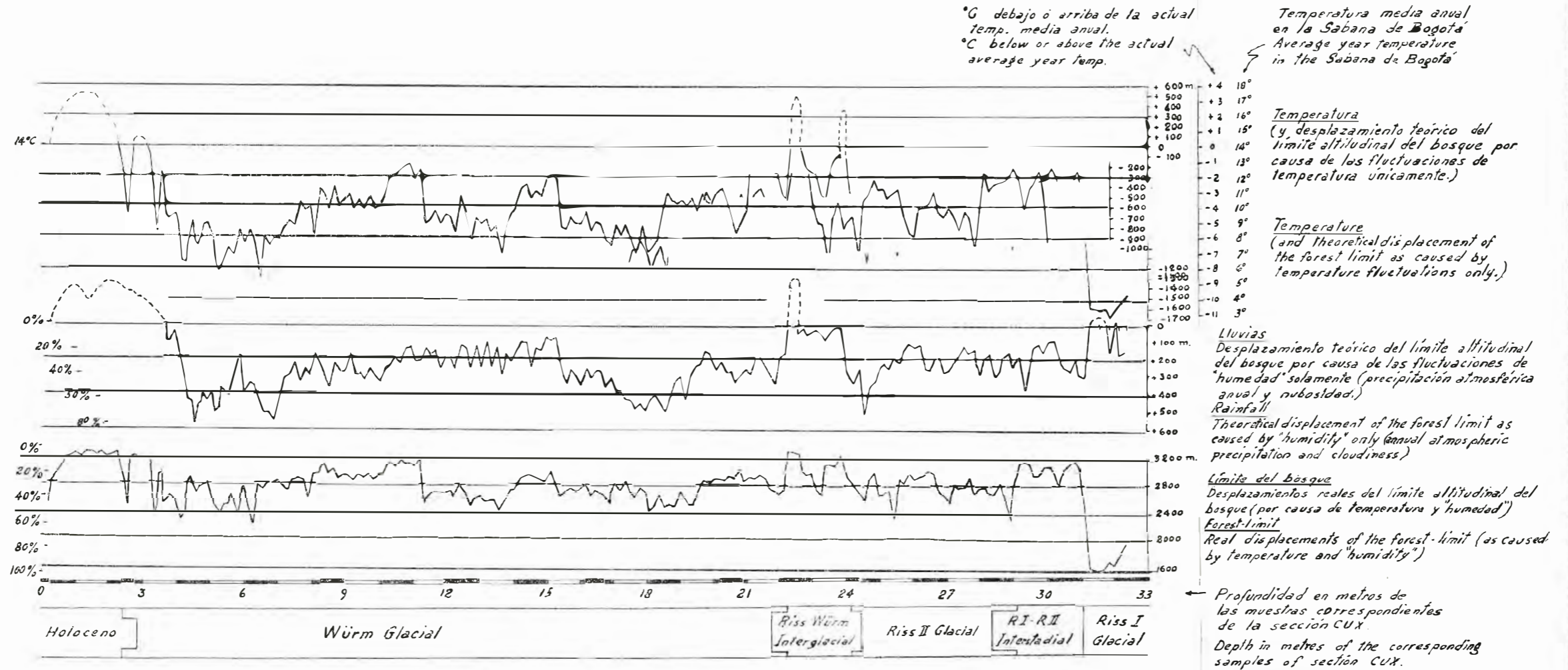
Como el descenso de temperatura baja el límite del bosque, y el aumento simultáneo de "humedad" sube dicho límite, estos dos factores son opuestos, y el verdadero límite del bosque bajó menos durante los glaciales que lo que se hubiera podido esperar de las fluctuaciones de temperatura solamente. Pero no hay que olvidar que las fluctuaciones del límite de las nieves siguió las fluctuaciones de temperatura (y la creciente humedad durante los glaciales bajó el límite de las nieves hasta algo más de lo que se hubiera podido esperar de las fluctuaciones de temperatura solamente). El resultado fue que el límite de las nieves y el límite del bosque estuvieron mucho más cerca el uno del otro durante los glaciales que durante los interglaciales, y pudieron eventualmente haber estado en contacto en sitios particularmente húmedos (esto es hoy día prácticamente el caso del actual Nevado del Huila), en la Cordillera Central, con un clima extremadamente húmedo durante todo el año; (véase párrafo 5).

El mayor descenso de temperatura media anual durante la fase más fría del glacial Würm está situado entre 7° y 8°C. Estos valores son 2°C más altos que los calculados por Wilhelmy (1956). Las temperaturas mínimas para el glacial Würm, encontradas por Emiliani (1955) para agua superficial del mar Caribe y del Atlántico ecuatorial, son aproximadamente 6°-8° más bajas que las de hoy día. Esas temperaturas están

Curvas climáticas para el Pleistoceno Superior de la Sabana de Bogotá — Climatic curves for the upper Pleistocene of the Sabana de Bogotá

(Basado en el diagrama de la sección CUX)

(Based on the diagram of section CUX)



en perfecto acuerdo con nuestros datos de los Andes ecuatoriales de Colombia.

Las temperaturas del glacial Riss I en nuestra curva son todavía más bajas que las del glacial Würm (véase más adelante).

El límite de las nieves durante el glacial Würm, tomando en cuenta una baja de temperatura de $8 \frac{2}{3}^{\circ}$, debe haber estado por lo menos 1.300 metros más bajo que el límite actual en la Cordillera Oriental. Pero el clima pluvial debe haber bajado todavía más el límite de las nieves: el límite de las nieves estaba 1.300 metros más bajo que la altura de dicho límite en la actualidad, en áreas con una precipitación aérea anual igual a la que duran las mínimas de temperatura del Würm en la Sabana de Bogotá.

Las tres mínimas de temperatura del Würm - Pleniglacial II dan los siguientes datos:

Temperatura (°C más baja que la actual)	Altitud del límite del bosque, teórica, según "humedad" solamente	Descenso del límite de las nieves, según baja de temperatura solamente
Mínimo 1º $\pm 8 \frac{2}{3}^{\circ}\text{C}$	$\pm 3.550 \text{ m}$	$\pm 1.300 \text{ m}$
Mínimo 2º $\pm 8^{\circ}\text{C}$	$\pm 3.700 \text{ m}$	$\pm 1.225 \text{ m}$
Mínimo 3º $\pm 7.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 3.550 \text{ m}$	$\pm 1.135 \text{ m}$

Si suponemos que la relación del actual límite de bosque ("humedad") —el límite de las nieves es aproximadamente una línea recta (lo que parece probable, si representamos gráficamente las relaciones dadas en parágrafo 5), y esta línea pasa por los dos puntos que corresponden a la relación de: límite de bosque 3.900, a límite de nieves 4.150 m, y el límite de bosque 3.200 m, a límite de nieves 4.550 m, entonces encontramos los siguientes datos para las mencionadas fases de temperaturas bajas:

Altura del límite del bosque teórica, según "humedad" solamente	Altura del límite de las nieves, teórica, según "humedad" solamente
Mínimo 1º 3.350 m	4.350 m
Mínimo 2º 3.700 m	4.250 m
Mínimo 3º 3.550 m	4.350 m

Para los límites de las nieves más bajas del glacial Würm, en la Sabana de Bogotá, encontramos entonces:

Mínimo 1º	4.350 — 1.300 \pm 3.050 m
Mínimo 2º	4.250 — 1.225 \pm 3.025 m
Mínimo 3º	4.350 — 1.135 \pm 3.215 m

Para las temperaturas del glacial Riss I encontramos en nuestra curva una temperatura mínima de 11°C más baja que la de hoy día, correspondiente a un descenso del límite de las nieves de 1.650 metros. El límite de bosque teórico, según "humedad" solamente, tiene una altura de 3.380 metros, lo que correspondería hoy día a un límite de las nieves de 4.450 m. Encontramos entonces el límite de las nieves más bajo del Riss I. $4.450 - 1.650 = \pm 2.800$ metros.

Estos datos sobre la posición del límite de las nieves en el área de la Sabana de Bogotá, corresponden muy bien con la altura de fenómenos glaciales observados, tomando en cuenta que glaciares de valle pueden haber avanzado en algunos casos unos 100 metros más bajo que el propio límite de las nieves. Cerca de La Calera (en la cordillera al oriente de Bogotá), se encuentran importantes restos de morrenas a más o menos 2.700 metros, y valles glaciales en forma de U (en algunos sitios combinados con morrenas), se encuentran en los cerros que rodean la Sabana, demostrando que los glaciares bajaban en estos valles hasta aproximadamente 2.700 metros.

Fenómenos muy claros y frescos se pueden observar en muchas partes alrededor de la Sabana de Bogotá (y en general en la Cordillera Oriental) desde 3.000 metros para arriba. Especialmente alrededor de los 3.200 metros se encuentran morrenas en muchas partes de la Cordillera Oriental. En el norte de Boyacá pudimos reconocer los siguientes importantes niveles de morrenas terminales: 3.400 m, 3.200 m y 3.050 m. Más abajo se encuentran morrenas en parte destruidas por la erosión, entre 2.750 y 2.800 m.

Es interesante observar que el verdadero límite de bosque durante las temperaturas anuales mínimas del glacial Würm en la Sabana de Bogotá se encontraba relativamente cerca al límite de las nieves. Para el Würm encontramos los siguientes datos:

Límite de las nieves	Límite del bosque	Distancia vertical
Mínimo 1º 3.050	2.050	± 800 m
Mínimo 2º 3.025	2.400	± 625 m
Mínimo 3º 3.215	2.400	± 815 m

Para la temperatura mínima durante el Riss I encontramos:

2.800	1.700	± 1.100 m
-------	-------	-----------

Actualmente esta distancia, en la parte central de la Cordillera Oriental, es de aproximadamente 1.350 metros.

Muy interesante es que las temperaturas interstadales máximas son sólo entre 1.5 - 2°C más bajas que las de hoy día, aunque durante la mayor parte de los interstadales prevaleció una temperatura entre 3º y 4°C más baja que la de hoy. Pero los interstadales eran mucho más húmedos (Quercetum) que los interglaciales; por otra parte, esta humedad fue la causa por la cual el límite del bosque pudo acercarse todavía mucho más al actual, quedando solamente por debajo del límite de hoy unos 200 - 300 metros, y en un caso extremo lo alcanzó. Mientras en la región de la Sabana de Bogotá desaparecieron por completo los glaciares durante los interstadales, en el norte de Europa pudieron mantenerse en estos tiempos considerables masas de hielo. Tal vez este hecho sea la causa de que la temperatura en Europa durante algunos interstadales no pudo llegar a subir tanto como en nuestra región ecuatorial.

Como no podemos calcular ningún dato cuando el verdadero límite del bosque alcanza una altura mayor de 3.200 metros (véase arriba), no se pueden hacer estimaciones sobre la posición del límite del bosque durante el Holoceno. Además, la influencia de vegetación local en los sedi-

mentos arriba de los 350 cms. (arcillas de inundación), hace muy difícil hacer algún cálculo sobre las fluctuaciones de temperatura de ambos, el Tardiglacial y el Holoceno. Afortunadamente, tenemos buenos datos de la historia del clima del Tardiglacial y del Holoceno, basados en los análisis de polen de los sedimentos de laguna de Páramo de Palacio, en la cordillera al NE de Bogotá (Van der Hammen & González, 1959 a). Los siguientes datos exactamente calculados fueron obtenidos de la misma manera que se explicó anteriormente: el límite de bosque estaba durante las condiciones óptimas de temperatura del Holoceno a 300-400 m (ocasionalmente hasta 500 m) más alto que el de hoy día (en Páramo de Palacio, donde el límite de bosque se encuentra actualmente a 3.250 m, este límite alcanzó aproximadamente 3.550 - 3.650 m; ocasionalmente alcanzó 3.750 m durante un corto intervalo). Este dato está perfectamente de acuerdo con datos de los Alpes, donde el límite del bosque estaba 300-400 m más alto que el actual, durante el Subboreal (Lüdi, 1955). Deevey & Flint (1957) calculan con estos datos para los Alpes una temperatura de 2°-3°C más alta que la de hoy. Nuestros datos dan exactamente la misma diferencia de temperatura: $3 \times 2/3^{\circ}\text{C} = 2^{\circ}\text{C}$ y $5 \times 2/3^{\circ}\text{C} = 3 \frac{1}{3}^{\circ}\text{C}$.

Es interesante observar que durante este tiempo de condiciones climáticas óptimas, deben haber desaparecido casi por completo todas las regiones de páramo (Espeletion) en las cercanías de la Sabana de Bogotá.

Las curvas climáticas de la Sabana están representadas a escala menor en la figura 5.

En la figura 6 se da una curva de temperatura algo simplificada, basada en los análisis de la Sabana de Bogotá, completados con la curva del Tardiglacial y Holoceno del Páramo de Palacio, comparada con la curva para el Pleistoceno superior de Europa, en parte fechada, de Gross (1958). Las dos curvas son tan sorprendentemente similares, especialmente en la parte fechada y mejor documentada de la curva de Gross, que no queda ninguna duda sobre la correlación e interpretación de nuestra curva y diagrama.

Es importante realizarnos, al respecto, que cualquier desplazamiento de una de las dos curvas queda imposible y absurdo, ya que una de las dos curvas tendría que terminar en el futuro en vez de en el presente. Las fechas de C-14 del Holoceno hacen también imposible tal desplazamiento. Con esto queda excluida la posibilidad de que los cambios climáticos se presentarían en Sur América algo más retardados que en Europa, o al revés.

También quedan ya definitivamente excluidos movimientos de los polos, etc., como explicación de los cambios climáticos. Estos problemas de correlación de glaciales y pluviales fueron también tratados con el mismo resultado por Flint & Gale (1958) y Maarleveld & Van der Hammen (1959).

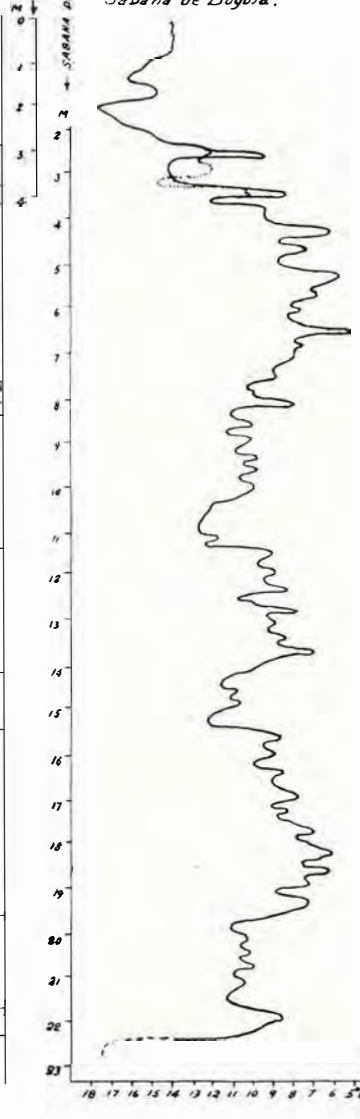
El Riss-Würm Interglacial está representado en nuestro diagrama (y curvas) con un intervalo aparentemente demasiado delgado. Esto se debe con seguridad al hecho de que la laguna de la Sabana se desecó (por lo menos en parte) durante este tiempo. Se formó turba, pero la sedimentación de turba se suspendió o fue muy lenta durante las partes más secas y más cálidas, cuando la Sabana estaba cubierta de bosque.

Holoceno		
Glacial	Pleni-glacial II	Stadiales Principales del Würm (Brandenburg, Frankfurt, Pommern) Principal Würm Stadials. Interstadial (de Pawdorff?) stadial
		Interstadial [de Göttweig (Aurignac)]
		Stadial (con un corto interstadial) (With a short interstadial)
		Interstadial (de Brörup-Loopstedt)
	Interpleni-glacial	
	Pleni-glacial I	Stadial
	Temprano Glacial / Early Glacial	Interstadial
		Stadial
Riss-Würm Inter-glacial		

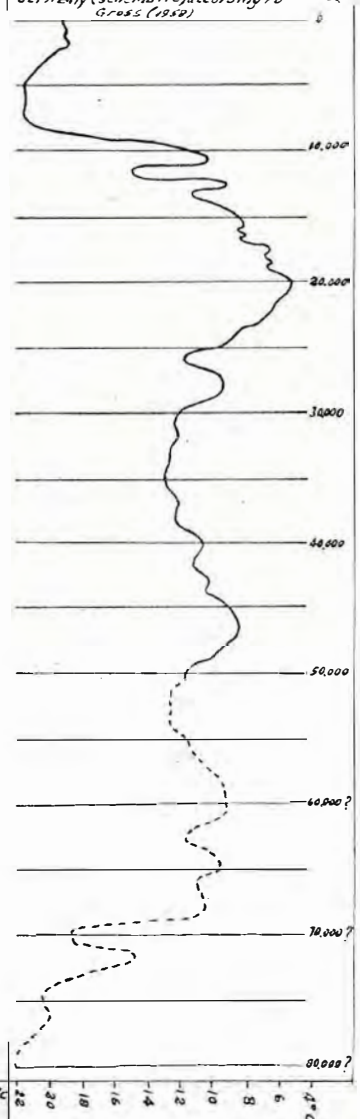
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

PARAN DE PALACIO
SABANA DE BOGOTÁ

Curva de temperatura media anual para la Sabana de Bogotá.
Curve of average year Temperatures, for the Sabana de Bogotá.



Curva de temperaturas medias de Julio, para Alemania central (esquemática) según Gross (1938). - Curve of average temperatures of July, for central Germany (schematic) according to Gross (1938).



Años antes de / present
Years before present

Curva de temperatura del Pleistoceno Superior y del Holoceno de los Andes ecuatoriales (Sabana de Bogotá), comparado con una curva para el Pleistoceno Superior de Europa de H. Gross.

Temperature curve of the upper Pleistocene and Holocene of the equatorial Andes (Sabana de Bogotá), compared with a curve for the upper Pleistocene of Europe of H. Gross.

Los datos que conseguimos sobre la altura del límite altitudinal del bosque y la altura del límite de las nieves durante las distintas fases del Pleistoceno superior y del Holoceno fueron utilizadas para dibujar mapas de la vegetación y de la extensión de las nieves de la Sabana de Bogotá y alrededores en estas épocas. Estos mapas fueron construídos utilizando las curvas de nivel, y no se tomaron en cuenta posibles cambios de altura de los límites indicados, bajo circunstancias locales (como por ejemplo en los valles el límite del bosque será más alto y el de las nieves más bajo, etc.). Estos mapas se encuentran en las planchas XLI - XLV.

11. LAS FECHAS DEL RADIOCARBONO Y SU INTERPRETACION

Con el fin de establecer si nuestras interpretaciones y correlaciones con las fases climáticas del Pleistoceno Superior y Holoceno de Europa y Norteamérica eran correctas, se coleccionó una serie de muestras para análisis de radiocarbono. Para este fin se hizo una excavación en el mismo sitio de la perforación C.U.X. de 2×2 metros de ancho y 4 metros de profundidad. En las paredes de este pozo aparecieron varios horizontes con pequeñas partículas de carbón vegetal, de las cuales se colectaron muestras. Además, se tomó una muestra de arcilla con humus cerca al fondo del pozo.

La figura 7 representa el diagrama de la parte superior de la sección C.U.X. en una manera más detallada que en el diagrama completo, con la posición de las muestras fechadas por medio de análisis del radiocarbono. Estas muestras fueron analizadas por el doctor H. Tauber en el laboratorio de Copenhague, por mediación del doctor Johs Iversen.

Damos aquí en seguida la lista de las muestras:

- K - 576 - Col. 25 — Carbón vegetal. Sección X, Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 75 cms..... 1650
(± 160) D.C.
- K - 560 - Col. 9 — Carbón vegetal. Sección X, Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 170-205 cms..... 6070
(± 120) A.C.
- K - 561 - Col. 10 — Carbón vegetal. Sección X, Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 235-265 cms..... 7010
(± 400) A.C.
- K - 568 - Col. 11 — Arcilla con humus. Sección X, Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 320-345 cms..... 21.900
(± 600) A.C.

La figura 8 representa otro diagrama de la sección C.U.P., tomado solamente unos 500 metros al sur de la sección C.U.X. De esta sección se analizaron dos muestras en el laboratorio de Conpenhague, ambas tomadas de la capa de turba entre 440 y 460 cms.; su posición está indicada en el diagrama. Los resultados fueron los siguientes:

- K - 536 - Col. 2a — Turba. Sección C.U.P., Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 450-460 cms. 34.000.
- K - 538 - Col. 2b — Turba. Sección C.U.P., Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 440-450 cms. 34.000.

Consideramos ahora la interpretación de los diagramas fechados. La parte inferior del diagrama de la figura 7, desde 425 hasta 335 cms., fue interpretada como representando parte de una fase fría, de la cual suponemos que correspondiera al glacial Würm (Weichsel). La fecha 21.900 (± 600) A.C. confirma esta interpretación. No obstante, parece que sea unos miles de años demasiado antiguo. La razón podría ser redeposición de material más antiguo, proveniente de capas de turba interstadiales o interglaciales erodadas en la orilla de la laguna al bajarse el nivel del agua (sección C.U.P.!) Sólo futuros análisis de C-14 podrán resolver este problema definitivamente. Hasta entonces tendremos que contar con la posibilidad de que esta muestra sea en realidad varios milenios más reciente de lo que indica el presente análisis.

La parte del diagrama desde 245 cms. hasta la superficie fue interpretada como Holoceno. Esto está confirmado por las tres fechas disponibles: 7.010 (± 400) A.C., 6.070 (± 120) A.C. y 1.650 (± 160) D.C. En esta parte del diagrama se manifiestan importantes cambios en la composición del bosque, principalmente determinados por dos especies: *Alnus* y *Myrica*. Estas especies parecen indicar períodos relativamente húmedos y relativamente secos. Cuando *Alnus* domina, la Sabana debe haber sufrido más frecuentes y más largas inundaciones durante el año, mientras que cuando *Myrica* domina, parece haber ocurrido lo contrario. Si eso es correcto, entonces podemos distinguir las siguientes fases climáticas (véase figura 7):

- VIII — Fase húmeda (20 - 85 cms.)
- VII — Fase seca (85 - 115 cms.)
- VI — Fase húmeda (115 - 155 cms.)
- V — Fase seca (155 - 235 cms.)

El hecho de que un poco debajo del límite V-VI se encontró una fecha de 6.070 \pm 120 A.C., sugiere fuertemente que este límite corresponde al límite Boreal-Atlántico (del sistema de Blytt-Sernander) en Europa, que tiene una fecha de \pm 5.500 A.C. Esto sugiere que también los otros límites palinológicos podrían corresponder a los de las zonas europeas: límite VI-VII con el límite Atlántico-Subboreal, y límite VII-VIII con el límite Subboreal-Subatlántico. La fecha 1.650 (± 160) D.C. a ± 20 cms., encima del límite VII-VIII, aunque más reciente de lo esperado, no está en contradicción con esta suposición (véase más adelante).

La siguiente correlación parece por estas razones ser muy posible:

Sabana de Bogotá	Europa
VIII Fase húmeda	Sub-atlántico
VII Fase seca	Sub-boreal
VI Fase húmeda	Atlántico
V Fase seca	Boreal

La interpretación de la parte del diagrama entre 335 cms. y 235 cms. es más difícil. Esta parte es de todas maneras más joven que 21.900 (± 600) A.C., y la parte más superior tiene la edad de 7.010 (± 400) A.C. La última fecha mencionada fue obtenida de partículas de carbón vegetal

sacadas del intervalo 233-257 cms., pero la mayoría de las partículas fueron coleccionadas entre 234 y 236 cms.; la fecha 7.010 (\pm 400) A.C. es una fecha que indica que estamos en una zona que corresponde al Preboreal europeo. Algo debajo de este intervalo (234-236 cms.), entre 245 y 260 cms., se presenta un máximo de las gramíneas y la presencia de ciertas especies de polen. (*Valeriana*, *Aragoa*) indican también un clima más frío. Así parece muy probable correlacionar el intervalo frío de 245-260 cms. con el "Younger Dryas time", y el intervalo de 230-245 cms. con período de gradual mejoramiento del clima, con el Preboreal europeo.

Si las interpretaciones arriba mencionadas son correctas, se podría interpretar el intervalo de 260-285 cms. como Interstadial de Alleröd, con un clima más seco que el intervalor restante de 285-330 cms.

Este último intervalo tiene que representar entonces por lo menos la parte del Tardiglacial anterior al Alleröd. Entonces se presenta el interrogante: ¿por qué es el porcentaje de gramíneas tan bajo, mientras este polen alcanza más de 40% durante el "Younger Dryas time"? La respuesta parece ser la siguiente: El clima durante la última parte de la última glaciación se volvía poco a poco más seco (la laguna de la Sabana se estaba desecando, y su superficie estaba más baja de 2.556 metros), pero todavía considerablemente más húmedo que durante el Holoceno inferior; por consiguiente, el límite del bosque estaba todavía más alto que hoy día. Cuando el clima se mejoraba todavía más, se formó un denso Alnetum sobre el pantanoso antiguo fondo de la laguna. Esta situación continuó hasta que en el principio del Interstadial del Alleröd el clima definitivamente se volvió más caliente y más seco (dominio de *Myrica*). Después, durante el "Younger Dryas time", el clima se volvió más frío, pero continuó siendo seco. La posibilidad existe también de que la sedimentación del intervalo de 330-355 cms., depositada inmediatamente después de que el sitio donde se tomó la sección se desecó, fue muy lenta o que podría haber un pequeño hiato (se observaron pequeñas grietas, formadas aparentemente por la desecación de la arcilla con humus).

De todas maneras, está claro que las condiciones locales influyeron en la imagen dada por el diagrama, después de que desapareció la laguna (a 355 cms.), resultando primero en porcentajes bastante altos de gramíneas, y cuando el clima se volvió un poco más favorable (de manera que *Alnus* podría crecer en el mismo sitio), en porcentajes de *Alnus* demasiado altos.

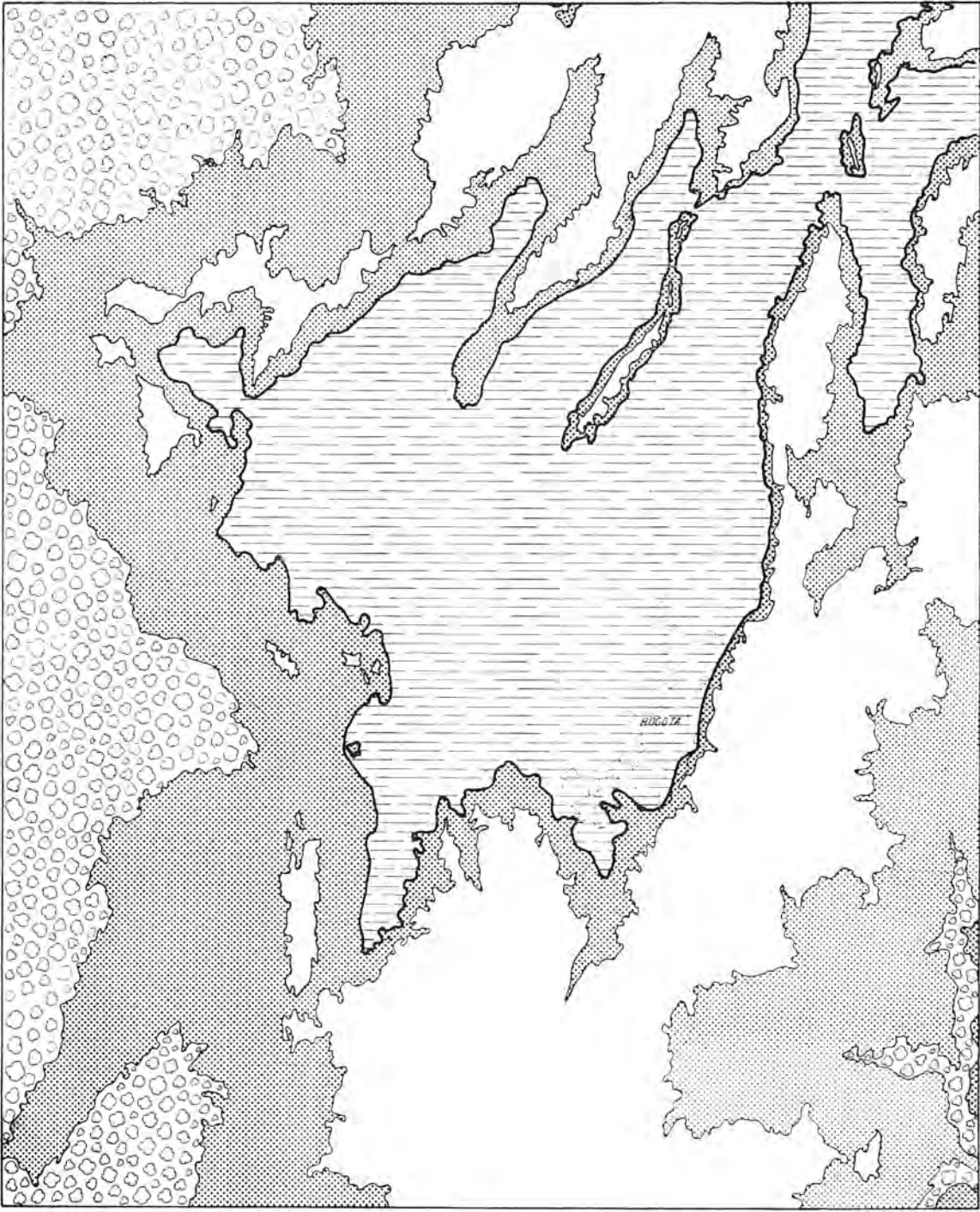
Las siguientes zonas se pueden ahora distinguir en el diagrama, con su probable o posible correlación con zonas europeas fechas de C-14 y probables o posibles fechas de los límites de las zonas. Los números de las zonas se refieren a la Sabana de Bogotá solamente, y el hecho de que coinciden en parte con los números de las zonas europeas, eventualmente inclusive con una correspondencia en tiempo, es accidental.

Aunque hay todavía mucho para probar en detalles, la imagen en general parece ser clara: una correlación de las fases climáticas del Holoceno (y posiblemente también del Tardiglacial) de la Sabana de Bogotá con las europeas y norteamericanas, parece ser perfectamente posible, y los límites de las zonas parecen ser sincrónicos (por lo menos estos límites donde las fechas de C-14, algo debajo o encima de estos límites, son disponibles).

Zonas en la Sabana de Bogotá	Fechas de C-14	Clima	Vegetación (Sabana de Bogotá)	Probable o posible correlación con las fases climáticas europeas	Posible edad de los límites de las zonas
VIII	1650 ± 160 D.C.	húmedo (¿y algo más frío?)	Alnus domina. Las gramíneas aumentan gradualmente, empezando algo después del principio de esta fase, siendo el resultado de creciente agricultura.	Subatlántico.	700 A.C.
VII		relativamente seco.	Alnus-Myrica .	Subboreal.	3000 A.C.
VI		húmedo.	Alnus domina.	Atlántico.	5500 A.C.
V	6070 ± 120 A.C.	seco.	Myrica domina.	Boreal.	6800 A.C.
IV	7010 ± 400 A.C.	seco; relativamente frío, gradualmente volviéndose más caliente.	Myrica domina. (Gramíneas más frecuentes que en la fase que sigue, pero menos frecuente que en el anterior).	Preboreal	8100 A.C.
III		Seco frío.	"Paisaje de parque". Myrica domina entre los arboles. Gramíneas frecuentes.	Younger Dryas time.	8900 A.C.
II		Seco más caliente que la fase anterior y la que sigue.	Myrica domina.	Allerød	9900 A.C. ?
I	¿Pequeño hiato?	Húmedo y frío.	Alnus domina.	Allerød parte inferior).	14000 a 16000 A.C. ?
	21900 ± 600 A.C. (?) (probablemente demasiado antiguo)	Húmedo y frío.	Alnus en general domina. Quercus es frecuente, pero desaparece gradualmente hacia el final. Gramíneas y <i>Acaena</i> frecuente: Sabana de Bogotá cubierta por una laguna, que se diseca hacia el final de esta fase.		

GLACIAL W Ő R M
Pl. Peñingitralca al Tardiglacial

En el gran ciclo Glacial-Interglacial, el clima en Europa y en el Norte de Norteamérica fue respectivamente seco y húmedo, pero en la Sabana de Bogotá, cerca al ecuador, respectivamente húmedo y seco. En los cambios climáticos menores del Holoceno esta inversión de las condiciones climáticas no parece presentarse: ambas en Europa, etc., y sincrónicamente en la Sabana de Bogotá, encontramos la bien conocida alternación seco-húmedo-seco-húmedo. Un punto de interés todavía para aclarar es el aumento de gramíneas en la zona VIII, desde una profundidad de 70 cms. hacia arriba. Este aumento no está acompañado por especies de páramo, sino por ciertas especies como *Plantago*. El aumento no puede ser motivado por un clima considerablemente más frío (hoy día los declives de los cerros que rodean la Sabana están cubiertos o estuvieron cubiertos en tiempo histórico, casi completamente de bosque hasta una altura de ± 3.200 m, y tampoco a un clima excesivamente seco (sa-



Dib. Maximiliano Uspiria, 1911


SABANA DE BOGOTA

MAPA DE NIEVES PERPETUAS Y
VEGETACION, DURANTE EL MAXIMO
DE LA GLACIACION RISS I

MAP OF ETERNAL SNOW AND
VEGETATION DURING THE MAXIMUM
OF THE RISS I GLACIATION


ESCALA-SCALE

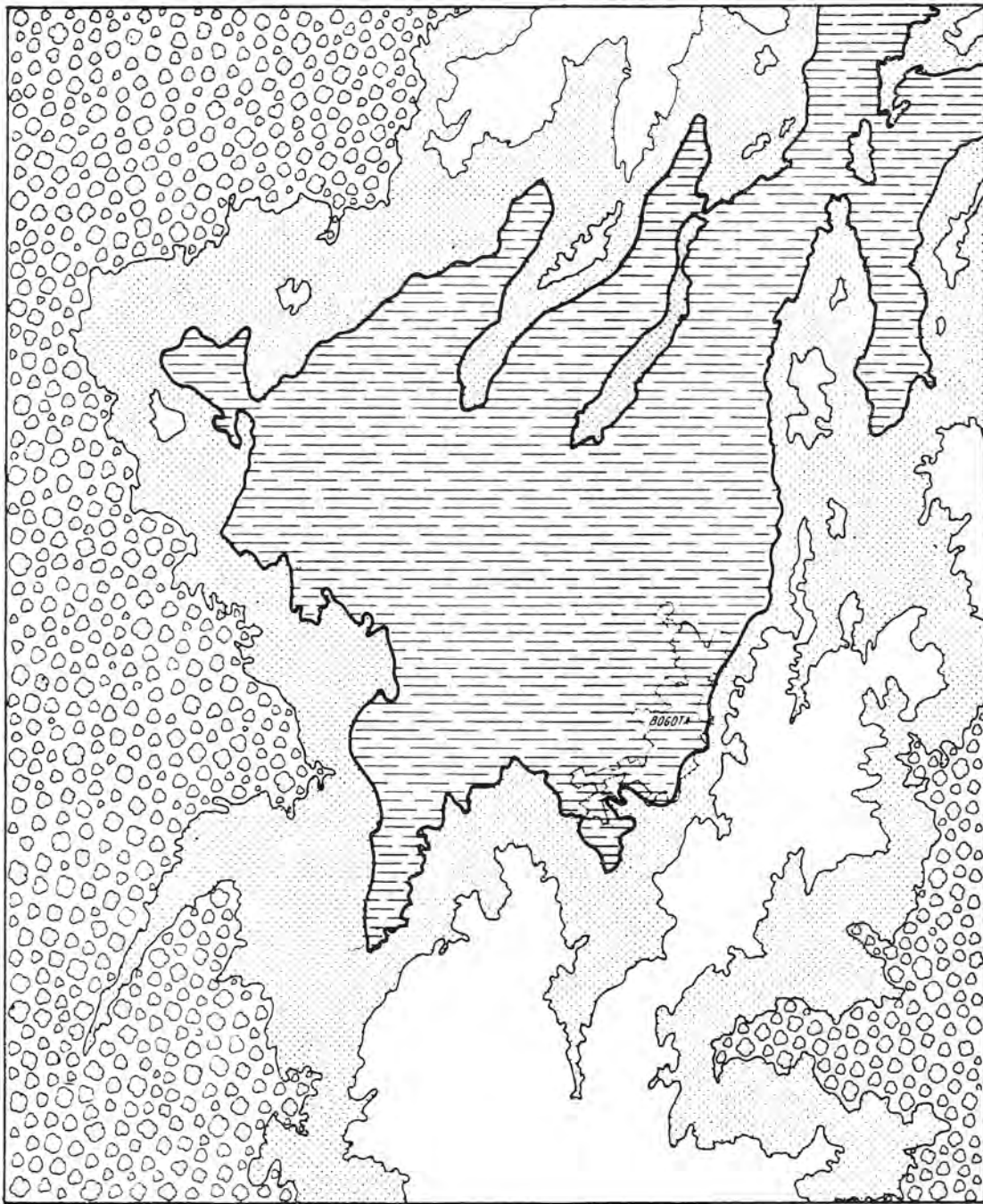


 Nieves perpetuas
Eternal snow

 Páramo { Vegetación principalmente abierta
Principally open vegetation

 Bosque
Forest

 Laguna de la sabana
Sabana lake



SABANA DE BOGOTA

MAXIMO DE LA GLACIACION
WÜRM (PLENIGLACIAL II, 1º Y
2º MINIMO DE TEMPERATURA)


MAXIMUM OF THE WÜRM -
GLACIATION (PLENIGLACIAL II, 1st AND
2nd TEMPERATURE MINIMUM)

ESCALA - SCALE

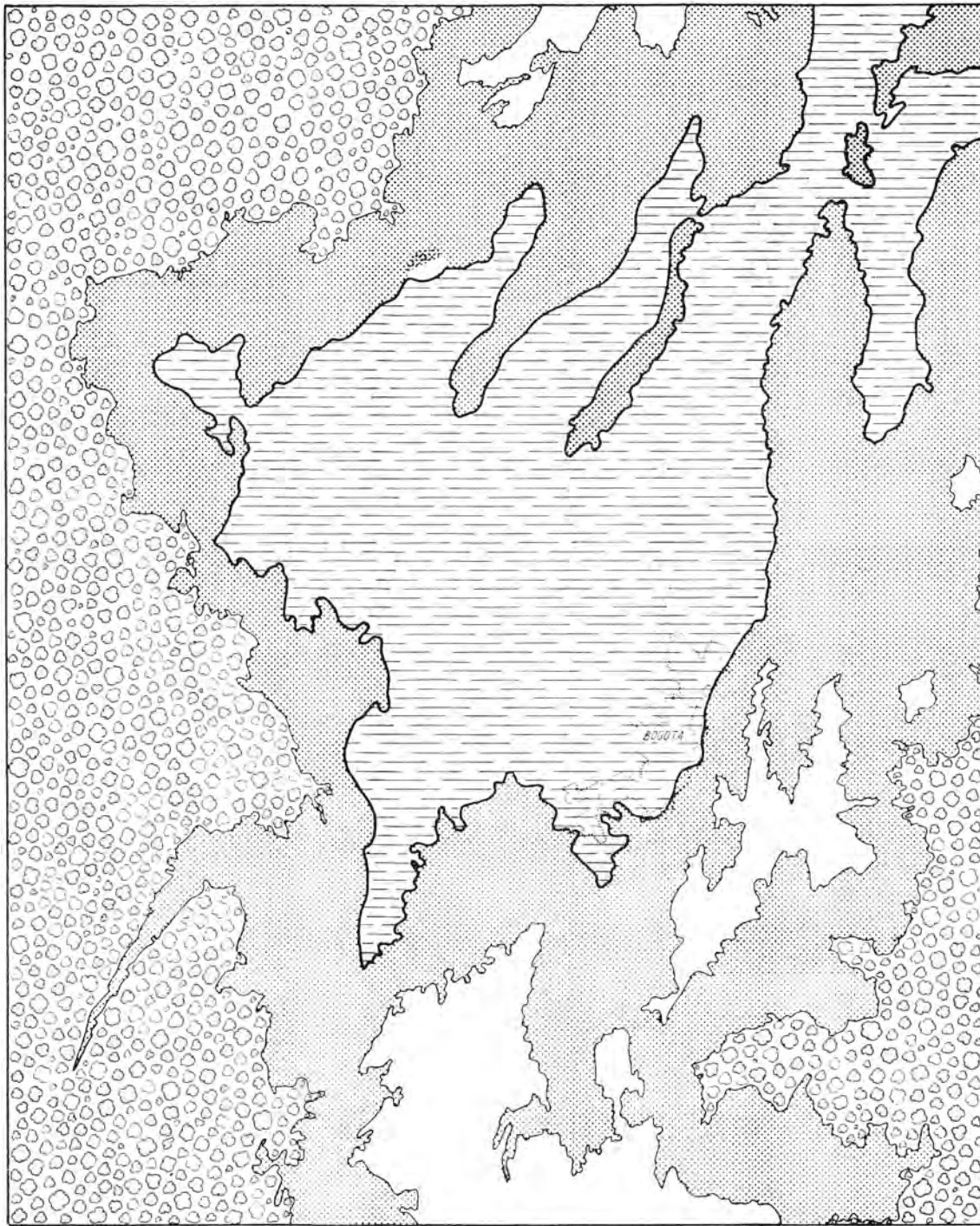


 Nieves perpetuas
Eternal snow

 Páramo { Vegetación principalmente abierta
Principally open vegetation

 Bosque
Forest

 Laguna de la sabana
Savana late



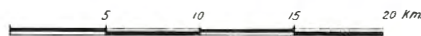
Dib. Magdalena Ospina K.





SABANA DE BOGOTA

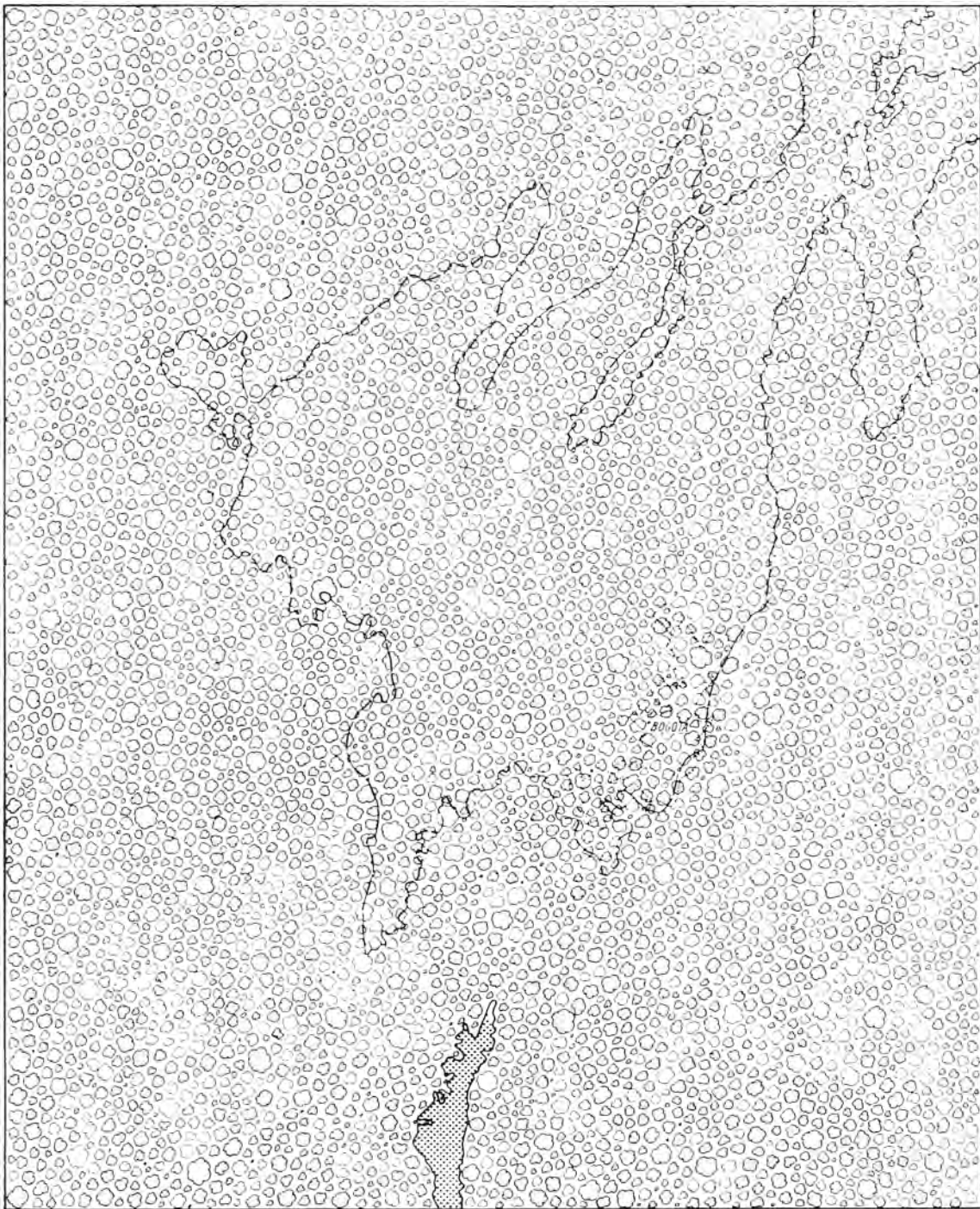
DURANTE EL 3^o MINIMO DE TEMPERATURA DEL PLENI-GLACIAL II, DEL GLACIAL WÜRM

DURING THE 3rd MINIMUM OF THE PLENI-GLACIAL II, OF THE WÜRM - GLACIAL

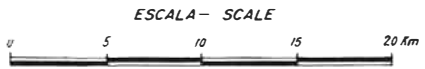
ESCALA - SCALE



- | | | | |
|---|---|---|------------------------------------|
|  | Nieves .perpetuos
Eternal snow |  | Bosque
Forest |
|  | Paroma (Vegetacion principalmente abierta)
Principally open vegetation |  | Laguna de la sabana
Sabana lake |



SABANA DE BOGOTA
EN EL OPTIMO CLIMATICO DEL HOLOCENO **AT THE CLIMATIC OPTIMUM OF THE HOLOCENE**



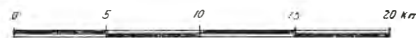
- | | | | | | |
|--|--------|--|--|--|------------------|
| | Páramo | Vegetación principalmente abierta
Principally open vegetation | | | Bosque
Forest |
|--|--------|--|--|--|------------------|



Dib. Magdalena Ospina A

SABANA DE BOGOTA
 MAPA DE LA VEGETACION ACTUAL MAP OF THE PRESENT DAY VEGETATION

ESCALA—SCALE



Páramo { Vegetacion principalmente abierta
 Principally open vegetation



Bosque
 Forest

bana climática), por lo que estamos en un período relativamente húmedo, y los períodos secos anteriores no demuestran tal vegetación de sabana.

El aumento de gramíneas se debe entonces al incremento de la agricultura en la era del hombre. La agricultura fue practicada por los chibchas antes de la llegada de los conquistadores. Por esta razón los españoles encontraron un tipo de paisaje de parque, y ellos llamaron la altiplanicie Sabana de Bogotá. Pero de lo anterior se entenderá que ésta fue una sabana antropógena; antes de la llegada de la agricultura. La Sabana de Bogotá estaba cubierta por densos bosques. Restos de estos bosques se pueden encontrar todavía en bosque de *Alnetum* en distintos sitios, y especialmente en los bosques de *Ilex*, *Vallea* y *Eugenia*, cerca de Suba. El comienzo de la agricultura intensiva en la Sabana de Bogotá se puede fechar ahora con la ayuda del C-14, inmediatamente en el nivel donde principia, como más o menos 1.650 (± 160) D.C., es decir, después de la llegada de los conquistadores. La fecha de radiocarbono de esta muestra es quizás demasiado joven, quizás por la influencia de pequeñas raíces que, por la cercanía a la superficie, pudieron haber penetrado a las partículas de carbón vegetal, sin ser observado. La rata de sedimentación desde el nivel fechado aumentó considerablemente, probablemente por el aumento en la frecuencia de las inundaciones por la destrucción de los bosques, ambos en la Sabana misma, y en los cerros que la rodean.

Consideremos ahora el diagrama de la sección C.U.P (fig. 8). La sección fue tomada unos 500 m al sur de la sección C.U.X., cerca a la entrada de la Ciudad Universitaria. La parte superior (no representada aquí) es de edad Holoceno; sigue después hacia abajo de 440-460 cms. una capa de turba, y debajo de ella sedimentos de laguna alternando con capas delgadas turbosas hasta de 620 cms., que representa una facies de orilla de laguna. Desde 620 cms. para abajo se encuentran arcillas de laguna, puras. Se tomaron muestras para C-14 de la capa de turba (col. 2-a y 2-b), y se analizaron en el laboratorio de Copenhague (véase arriba); ambas muestras tienen una edad mayor de 34.000 años.

La interpretación del diagrama presenta serios problemas, principalmente por lo que representa una facies de orilla, mientras que en el diagrama C.U.X. los sedimentos más antiguos que 21.900 A.C. (?) están representados por puros sedimentos de laguna.

El diagrama demuestra una curva continua, relativamente baja, de *Quercus*, porcentajes relativamente altos de *Alnus*, una curva de *Podocarpus* que presenta porcentajes bastante altos en la parte superior y porcentajes altos para el resto de los elementos de bosque. Exceptuando la parte más inferior, los porcentajes de gramíneas y *Acaena* son relativamente bajos.

Gran parte del "resto de los elementos de bosque" consiste en *Myrica*; esta planta forma el dominante absoluto del mismo grupo en las arcillas de inundación del Holoceno, y es relativamente escasa en los sedimentos de la laguna. Como los sedimentos de esta sección son sedimentos de la orilla, tendremos que abstraer esta influencia local si queremos comparar esta sección con los sedimentos de laguna de la Sección C.U.X. Si hacemos esto, se subirán todas las otras curvas, entre ellas la de *Quercus*, *Podocarpus* y Gramíneas. Toda la imagen será entonces la de un interstadial, y no parece haber otro sitio en el diagrama de la Sección C.U.X. con el cual el diagrama de la Sección C.U.P. corresponda.

razonablemente bien, que en alguna parte en el intervalo entre 8 y 11.5 metros. Este intervalo fue interpretado como correspondiendo a un interstadial glacial-Würm, y vemos entonces que una fecha mayor de 34.000 años cuadra muy bien en esta imagen.

En vista de los hechos arriba mencionados, se entenderá que en el sitio de la Sección C.U.P. faltan unos cinco metros de sedimentos, representando la última fase altoglacial del Würm (Pleniglacial II). Los sedimentos interstadales se hallan allí por lo menos unos 4.5 metros más altos que en el sitio de la perforación C.U.X., medio kilómetro más al norte. ¿Son pequeños movimientos tectónicos responsables de este hecho? Esto no parece ser imposible, pero no se puede todavía dar una respuesta definitiva a esta cuestión.

12. CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes del presente estudio se pueden ahora resumir en la siguiente forma:

1ª El trópico fue igualmente afectado por importantes fluctuaciones de temperatura, glaciales e interglaciales como las regiones templadas y frías del hemisferio norte.

2ª Las temperaturas medias anuales durante las fases más frías del Glacial-Würm, en los Andes ecuatoriales de Sur América, fueron aproximadamente de 8°C más bajas que las de hoy. Durante las fases más calientes de los interglaciales estas temperaturas fueron alrededor de 2 a 3°C más altas que las actuales. Estas cifras no difieren esencialmente de las calculadas para Europa y las encontradas por Emiliani para el agua superficial de los océanos. Durante el glacial Riss I las temperaturas fueron aparentemente más bajas (hasta 11°C por debajo de la actual).

3ª Los glaciales del trópico fueron al mismo tiempo también períodos con una mayor precipitación atmosférica anual, o sea pluviales. Los interglaciales del trópico eran al mismo tiempo también períodos con una menor precipitación atmosférica anual, o sea interpluviales.

4ª Se presentan fluctuaciones menores de precipitación atmosférica anual durante los glaciales, en parte independientes de las fluctuaciones menores de temperatura. El Würm tardío y el Riss I tardío, eran períodos relativamente secos.

5ª Las fluctuaciones del límite del bosque, por lo menos en los Andes ecuatoriales, no dependieron solamente de fluctuaciones de temperatura, sino también de fluctuaciones de precipitación anual. Una temperatura más baja hacía descender el límite del bosque, pero una precipitación anual más alta lo hacía subir: por esta razón, los descensos del límite del bosque durante las fases glaciales pluviales fueron menores de lo que correspondería a la baja de temperatura solamente.

6ª Con base en las curvas de temperatura para el Pleistoceno superior y Holoceno, y en las fechas de radiocarbono, se puede decir que los glaciales e interglaciales, y también los interstadales y probablemente las fluctuaciones climáticas menores del Holoceno de Sur América ecua-

torial, son contemporáneos y directamente correlacionables con las fluctuaciones conocidas de las regiones templadas y frías del hemisferio norte.

7ª El límite de las nieves y el límite del bosque están situados durante las tres máximas glaciales mínimas de temperatura de la última parte del glacial Würm (Pleniglacial II) aproximadamente como sigue:

	Límite de las nieves	Límite del bosque
Mínimo 1º	3.050 m	2.250 m
Mínimo 2º	3.025 m	2.400 m
Mínimo 3º	3.215 m	2.400 m

Para el máximo glacial del Riss I estas cifras son:

2.800 m ± 1.700 m

y las condiciones de hoy día son (Sabana de Bogotá):

4.550 m 3.200 m

8ª En el Tardiglacial y Holoceno de la Sabana de Bogotá se pueden distinguir ocho zonas (numeradas I-VIII). Donde hay fechas de C-14 disponibles, los límites de las zonas parecen coincidir muy bien con los límites de las zonas europeas. La sucesión de seco-húmedo-seco-húmedo durante el Holoceno en la Sabana de Bogotá, parece corresponder muy bien con el Boreal-Atlántico-Subboreal-Subatlántico de Europa.

9ª Durante las fases húmedas y frías glaciales, el roble (*Quercus*) fue uno de los árboles más comunes en los declives de los cerros que rodean la Sabana de Bogotá. Durante los más secos y más calientes Interglaciales, el Quercetum fue casi enteramente reemplazado por un Weinmannietum o asociaciones similares.

10. Las siguientes subdivisiones mayores del Pleistoceno superior (incluyendo el Holoceno) se pudieron reconocer en la Sabana de Bogotá (véase también punto 6); Holoceno (con 5 zonas); Tardiglacial; glacial-Würm: Pleniglacial II, Interpleniglacial (incluyendo dos interstadales separados por una fase fría), Pleniglacial I; Riss-Würm Interglacial; glacial-Riss: Riss II (=Warthe), Riss I-II Interstadial, Riss I.

BIBLIOGRAFIA

- BURGL, H., 1957.—Biostratigrafía de la Sabana de Bogotá y Alrededores". Bogotá. *Boletín Geológico*, Vol. 5, 2.
- CUATRECASAS, J., 1934.—"Observaciones geobotánicas en Colombia". Madrid. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, *Serie Botánica*, Vol. 27.
- DEEVEY, E. S. & R. F. FLINT, 1957.—"Postglacial Hypsothermal Interval". *Science*, Vol. 125, 3240, pp. 182-184.
- EIDT, R. C., 1952.—"La Climatología de Cundinamarca". *Rev. Acad. Col. de Ciencias*, Vol. 8, 32.
- EMILIANI, C., 1955.—"Pleistocene temperatures". *The Journal of Geology*, Vol. 63, 3.
- ERDTMAN, G., 1952.—"Pollen morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms. Stockholm".
- ERDTMAN, C., 1957.—"Pollen and Spore morphology and Plant Taxonomy. Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta. Stockholm".
- FAEGRI, K. & J. IVERSEN, 1950.—Textbook of modern pollen analysis". Copenhagen.
- FLINT, R. F. & W. A. GALE, 1958.—"Stratigraphy and radiocarbon dates at Searles lake", California. *Amer. Journ. Science*, Vol. 256, pp. 689-714.
- GROSS, H., 1958.—Die bisheringen Erghnisse von C-14 Messungen und Paläontologischen Untersuchungen für die Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und den Nachbargebieten. Eiszeitalter und Gegenwart", Vol. 9, pp. 155-187.
- HAMMEN, TH. VAN DER, 1957 a.—"A new interpretation of the pleniglacial stratigraphical sequence in Middle and Western Europe". *Geologie & Mijnbouw (Nw Ser.)*, Vol. 19, pp. 493-498.
- HAMMEN, TH. VAN DER, 1957 b.—"Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá". *Boletín Geológico*, Vol. 5, 2.
- HAMMEN, TH. VAN DER, 1957 c.—"Periodicidad climática y evolución de floras suramericanas del Maestrichtiano y del Terciario. (Climatic periodicity and evolution of South American Maestrichtian and Tertiary floras)". Bogotá. *Boletín Geológico*, Vol. 5, 2.
- HAMMEN, TH. VAN DER, 1958.—"Pollenanalysis of pleistocene lake sediments from the Sabana of Bogotá. Actes du V Congres International d'Inqua", 1957.
- HAMMEN TH. VAN DER, 1959.—"Estratigrafía del Terciario y del Maestrichtiano y tectogénesis de los Andes Colombianos". Bogotá. *Boletín Geológico*. En preparación.
- HAMMEN, TH. VAN DER, 1959.—"Deposición reciente de polen atmosférico en la Sabana de Bogotá y alrededores". En preparación.
- HAMMEN, TH. VAN DER & GONZÁLEZ, E., 1959 a.—"Historia de clima y vegetación del Tardiglacial y del Holoceno de Páramo de Palacio (Cordillera Oriental de Colombia)". En preparación.
- HAMMEN, TH. VAN DER & GONZÁLEZ, E., 1959 b.—"Historia del clima y vegetación del Páramo de Guantiva y la influencia del hombre prehistórico". En preparación.
- HUBACH, E., 1957.—"Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores". Bogotá, *Boletín Geológico*, Vol. 5, 2.
- LUDI, W., 1955.—"Ber. Geobotan. Forschungsinst". Rübél 1954, 36.
- MAARLEVELD, G. C. & TH. VAN DER HAMMEN, 1959.—"The correlation between Upper Pleistocene pluvial and glacial stages". *Geologie en Mijnbouw*, N. S., Vol. 21, 2.
- WILHELMY, H., 1956.—"Eiszeit und Eiszeitklima in den feuchttropischen Anden. Geomorphologische Studien, Machasckek. Festschrift".

**ESTUDIO DE LAS RESERVAS YESIFERAS DE LA
REGION DE LOS SANTOS - BATAN - VILLANUEVA**

POR

**ANDRES JIMENO V.
GEOLOGO**

**JAIME YEPES
ING. DE MINAS**

INFORME No. 1418

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA. 1963

CONTENIDO

Lista de ilustraciones	265
Lista de cuadros	265
Resumen	267
Introducción	269
Geografía	271
Geología	271
Geología general	271
Estratigrafía	272
Método de prospección empleado	274
Cálculo de reservas	275
Reservas	276
Análisis químico y características del yeso	278
Sistema de explotación	280
Costos	281
Precios	281
Mejoramiento del sistema de explotación	282
Conclusiones	283

LISTA DE ILUSTRACIONES

- Figura N° 1. Mapa Geológico.
Sector Los Santos-Batán-Villanueva.
Escala 1 : 25.000.
(En el bolsillo).
- Figura N° 2. Zonas yesíferas probadas y probables.
Sector Los Santos-Batán-Villanueva.
Escala 1 : 25.000.
(En el bolsillo).

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1. Reservas probadas	276
Cuadro N° 2. Total de reservas probadas	277
Cuadro N° 3. Reservas probables	277
Cuadro N° 4. Total de reservas probables	278
Cuadro N° 5. Análisis químico del yeso	279
Cuadro N° 6. Costos de explotación	281
Cuadro N° 7. Resultado de los análisis	284

R E S U M E N

En este informe se estudian las reservas yesíferas de la region Los Santos-Batán-Villanueva, Departamento de Santander. El yeso se encuentra principalmente en las arcillas de la formación La Paja (Barremiano-aptiano). Se exploró un área de 200 kms. cuadrados y se llevó a cabo una búsqueda minera más detallada en una extensión de 111 kms. cuadrados, localizándose 18 depósitos con una superficie total de 283 hectáreas. Las reservas probadas son del orden de 1.703.000 toneladas, considerando el tenor mínimo de valor comercial en 150 libras de yeso por metro cúbico y un espesor promedio de explotación de 25 metros. El tenor de los depósitos varía entre 150 y 600 lbs/m³. El contenido de SO₃ entre 35.2 y 42.8%. Estas reservas, aun cuando excelentes, pueden quedar en parte marginadas si se localizan en otros sitios del país depósitos yesíferos de mejor calidad y con condiciones más favorables de explotación y transporte.

Además se describen la geología general del área, sistemas de explotación, los costos y se recomiendan algunas mejoras en los sistemas actualmente empleados.

INTRODUCCION

En tres meses de trabajo de campo se exploró un área de 200 kms² y se llevó a cabo la búsqueda minera detallada en una extensión de tierra de 111 kms², de los cuales el señor Eduardo Rueda levantó con plancheta el control topográfico de un área de 40 kms² y localizó los sitios para excavación de trincheras, mediante la mensura de un reticulado de 500 ms. de lado, resultando un total de 80 kms. lineales medidos. El geólogo Andrés Jimeno y el ingeniero de minas Jaime Yepes, con base en aerofotos y mapas preliminares del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, hicieron el reconocimiento de las características geológicas regionales, cartografiaron las diversas formaciones geológicas presentes en el área y las zonas yesíferas más prometedoras de la región. Además, colectaron muestras de las trincheras y de las minas en explotación, hicieron el cálculo de reservas y dan las bases para un avalúo económico del área.

G E O G R A F I A

Localización y accesibilidad.—La zona yesífera explorada, con una extensión aproximada de 130 kilómetros cuadrados, está situada en el Departamento de Santander y abarca gran parte de la Mesa de Los Santos; la parte occidental de la Mesa de Zapatoca y la faja norte de la Mesa Barichara, aledaña al río Chicamocha.

La zona en cuestión está localizada a unos 40 kilómetros al sur de Bucaramanga, con la cual están comunicadas por carreteras las principales poblaciones del área como Barichara, Zapatoca y Los Santos. Existen dentro de la zona una serie de caminos carreteables que facilitan el transporte del yeso hasta las carreteras principales.

Topografía y drenaje.—El relieve de la región es el producto de la acción erosiva de los ríos Chicamocha, Suárez, Sogamoso y sus afluentes sobre una zona originalmente plana, dando lugar a una serie de mesas. Las cuchillas y colinas existentes fueron causadas por erosión diferencial en arcillas y calizas, quedando siempre una costra calcárea protegiendo la cima de las cuchillas.

La zona pertenece a la cuenca hidrográfica del río Sogamoso, el cual sigue en esta área un curso sur norte, siendo sus principales afluentes los ríos Chicamocha y Suárez. Estos ríos corren por cañones de más de 600 mts. de profundidad. Las corrientes menores se caracterizan por el escurrimiento rápido del agua, siendo escasas las quebradas con agua permanente.

G E O L O G I A

Geología General.—El área estudiada forma parte de la llamada “Zona de las Mesas de Santander” y está situada al suroeste de Bucaramanga entre los ríos Suárez, Sogamoso-Fonce, o sean las Mesas de Los Santos y Barichara.

La geología estructural del área es bastante sencilla. Los estratos Juratriásicos y Cretáceos presentes en el área tienen en general un leve buzamiento hacia el Oeste que fluctúa entre los 4° y 10°. No existen plegamientos de interés dentro del área, y los accidentes estructurales de mayor importancia son la falla de Santa Marta-Bucaramanga y la falla o flexión del Suárez, las cuales limitan la zona por sus costados oriental y occidental, respectivamente.

La primera de las fallas mencionadas separa en la zona Bucaramanga-Piedecuesta las unidades del Juratriásico y del Cretáceo inferior,

del basamento cristalino del macizo de Santander, el cual emerge hacia el Este. Más hacia el sur la falla se pierde dentro del macizo. Julivert (1).

La falla del Suárez sigue un curso paralelo al río Suárez por su ribera izquierda hasta unos 15 kilómetros al norte de Las Juntas, en donde lo atraviesa. En realidad, en la zona estudiada esta falla no tiene carácter de tal, sino que se manifiesta como una ondulación o plegamiento que hace aflorar los sedimentos del Juratriásico sobre su flanco occidental.

ESTRATIGRAFIA

Los sedimentos presentes en el área abarcan desde el Juratriásico hasta el Albiano y están representados por las formaciones Girón, Tambor, Rosablanca, La Paja y Tablazo. El carácter de los sedimentos indica un origen continental para el Girón y El Tambor, y un medio pandonérico a nerítico para las unidades más recientes.

JURATRIASICO

Formación Girón.—No se observó la base del Girón en el área. El tope de la unidad se trazó donde las margas rojo-violáceas de la formación subyacen en inconformidad angular con las areniscas limpias y cuarzosas de la formación Tambor, observándose localmente la presencia de un conglomerado basal.

La unidad fue observada en el camino Los Santos-Jordán, en el cañón del Chicamocha y está compuesta de:

Areniscas: rojo-violáceas, de grano fino, arcillosas, micáceas, con venas de calcita y bancos menores de arcillas algo calcáreas, de color rojizo. Localmente presenta aspecto brechoso, con cavidades amigdaloides, composición heterogénea; granos verdosos, calcita, y fragmentos de rocas ígneas. Hacia la parte superior se presentan *areniscas* de color marrón-violeta con parches de color verde claro, de grano medio a grueso, localmente conglomeráticas, con venas de calcita, micáceas, *gruesamente* estratificadas (± 1 m.), intercaladas con arcillas pizarrosas rojizas o verdosas, las cuales se presentan más abundantes hacia el tope de la formación. El espesor de la formación en la zona estudiada es aproximadamente de unos 450 m.

CRETACEO

Formación Tambor. (¿Hauteriviano? - Barremiano).

Esta unidad reposa en inconformidad sobre el Girón y subyace bajo la formación Rosa Blanca. El tope se trazó donde la última arenisca clara del Tambor da paso a las margas y calizas de la formación Rosa Blanca.

El Tambor fue observado en Las Juntas, en la Quebrada Cuevecitas y en el camino Los Santos-Jordán; su espesor se estima en unos 125 me-

tros. La formación está compuesta predominantemente de: areniscas claras, cremas a rosadas en las superficies alteradas, blancas cuando frescas, de grano fino a medio, bien redondeado, cuarzosas, con algo de óxidos de hierro, micáceas especialmente en los planos de estratificación, maciza y con estratificación cruzada, localmente conglomerática, intercalada con bancos menores de margas rosadas. En algunas partes se observa un conglomerado basal.

No se encontraron fósiles en las secciones estudiadas, pero según E. Hubach (2) la formación es de edad Hauteriviano.

Formación Rosa Blanca. (Hauteriviano-Barremiano).

Los contactos de esta formación son concordantes, siendo el superior con la formación La Paja sumamente definido. Este contacto se determinó donde las calizas de la formación Rosa Blanca dan paso a margas y arcillas de la formación La Paja.

La unidad fue observada en Las Juntas, en las quebradas Chivatera, Dañina y Aguas Blancas; su espesor es aproximadamente de unos 300 metros.

La formación consiste de:

Calizas: grises claras a azulosas, fosilíferas, gruesamente estratificadas (+ 2 mts.), localmente arenosas, con venas de calcita, muy duras. Algunos bancos presentan aspecto concrecionario. Se presentan intercalaciones de bancos de: *arcillas pizarrosas*, de color gris azulado a gris oscuro; algunas son calcáreas y seleníticas, otras presentan textura fino arenosa a limosa, con bandas bien definidas de concreciones o guijarros redondos de caliza; *areniscas calcáreas*, grises oscuras, fino a medio granuladas, con minerales de óxidos de hierro que le dan tintes rojizos, fosilíferas, con fracturas rellenas de calcita, algo micáceas, bien consolidadas; y *areniscas arcillosas*, grises claras a grises oscuras unas, otras rojo-violáceas, de grano medio; algunas son glauconíticas, micáceas, con óxidos de hierro, venas de calcita y granos de caliza; algunas son fosilíferas, regularmente consolidadas. En algunos sitios, especialmente en el cañón del río Sogamoso, se presentan diques de barita hasta de 1.20 metros de espesor.

La fauna colectada en la formación consiste de:

Pulchellia multicostata RIEDEL, *Pulchellia caicedi* KARSTEN, *Pulchellia* (*Nicklesiella*) cf. *pseudo karsteni* BURGL. *Pulchellia galeata*, *Hamulina* sp. *Nicklesia lenticulata* HYIATT. *Pedioceras caquesensis* KARSTEN. *Ancyloceras van dem Hecke* ASTIER. *Lucina porrecta* GERHARDT. *Ancyloceras simitense* BREISSTROFFER. *Leploceras*.

Con base en esta fauna se ha considerado la edad de la formación Hauteriviano-Barremiano.

Formación La Paja (Barremiano-Aptiano).

Esta unidad superyace en forma concordante a la formación Rosa Blanca, y en la parte superior las margas de la unidad traspasan gradacionalmente a las calizas de la formación superyacente Tablazo.

La formación fue estudiada en las quebradas La Agua Blanca, Chivatera y Chivatera Dañina; su espesor aproximado es de unos 280 mts.

Esta unidad es muy deleznable y está compuesta de:

Arcillas pizarrosas, grises verdosas, azules y negras. Cuando están alteradas presentan una coloración rojo-violácea; yesíferas, frecuentemente calcáreas; fosilíferas y fisiles; abundan las concreciones calcáreo-arenosas; algunas de ellas despiden un fuerte olor azufrado al partirlas; intercaladas con lechos menores de: calizas arcillosas (\pm 50 cms.), grises oscuras y marrones oscuras, algo arenosas, fosilíferas, con venas de calcita, muy duras, y *areniscas* calcáreas de grano fino, grises oscuras, con tonalidades rojizas producidas por óxidos de hierro, micáceas y bien consolidadas.

Las arcillas pizarrosas constituyen el 60% de la formación y son los estratos yesíferos explotables comercialmente. El yeso se presenta en forma de láminas no continuas, de espesor variable desde medio milímetro hasta dos centímetros.

La fauna de la formación está representada en las secciones estudiadas por *Cheloniceras* sp. *Cheloniceras* aff. *cornuelianum* D'OBYNY; *Colombicera* sp., *Colombicera rotundatum* GERHARDTH; *Acantohoplites pulcher* RIEDEL; *Procheloniceras albrecthi-a ustriae* UHLIG; *Dufrenoya lexana* BURCKN; *Colombicera Alexandrinum* D'ORB; *Deshayesites stutzeri* RIEDEL; *Parahoplites* aff. *obliquus* RIEDEL, y se le ha asignado la edad del Aptiano.

En cuanto al medio ambiental, parece haber sido del tipo pandone-rítico a lagunal árido, restringido por barras.

Formación Tablazo. (Albiano).

Esta unidad fue observada al lado sur del cañón del Chicamocha, en la zona de Villanueva, pero no fue estudiada en detalle.

La formación, con un espesor aproximado de unos 300 metros, está compuesta predominantemente de calizas, claras a grises, gruesamente estratificadas en bancos de 4 a 13 metros de espesor, fosilíferas, micáceas, concrecionarias, con intercalaciones menores de arcillas pizarrosas y areniscas calcáreas.

Esta formación se caracteriza por presentar escarpes y por servir de capa protectora de las cuchillas donde los estratos delezna-bles de La Paja han estado sometidos a una intensa erosión.

No se colectaron muestras de esta unidad, pero por su posición estratigráfica, según E. Hubach (2), se le asigna una edad Albiano Inferior.

METODO DE PROSPECCION EMPLEADO

Se levantó a plancheta un reticulado de 500 metros de lado para localizar los sitios para las excavaciones, cubriéndose un área de 40 kilómetros cuadrados, donde las arcillas yesíferas de la formación La Paja están expuestas. De las 217 localizaciones sólo se pudieron aprovechar 190 para excavar trincheras y hoyos, por estar las restantes cubiertas por material calcáreo de acarreo, de un espesor mayor de 4 metros. Por

la misma razón, en algunas partes de las áreas de Batán y Villanueva no se pudo seguir el sistema de retículas y hubo que localizar las trincheras en los sitios más favorables, las cuales están indicadas en las figuras números 1 y 2 por círculos pequeños y por su respectivo número.

De cada una de las trincheras y bancos en explotación se tomaron muestras de yeso que fueron enviadas al Laboratorio Químico Nacional para el análisis correspondiente. (Véase cuadro N° 7).

Las medidas promedias de las trincheras son: 2 metros cuadrados de superficie por 3.50 metros de profundidad. Teniendo en cuenta el carácter laminar del yeso, el tenor se determinó dividiendo el peso del mineral extraído de cada trinchera por el volumen de la misma, y se expresó en libras por metro cúbico. En las minas actualmente en explotación se hicieron zanjas de pared de un ancho y profundidad promedias de 25 cms. y 20 cms., respectivamente, variando su longitud de acuerdo con las dimensiones del banco en explotación. El tenor fue calculado en la misma forma que en las trincheras.

Durante la prospección se localizaron 18 zonas o bloques yesíferos, cada uno de los cuales se identificó con un número, como se observa en la figura N° 2 y en el cuadro N° 1. Los 18 bloques cubren una extensión de tierra de 283.1 hectáreas. Para la selección de estos bloques se consideró como tenor mínimo comercial el de 150 lbs. de yeso por metro cúbico de material total. Vale la pena anotar que en algunas de las explotaciones actuales se trabajan bancos con un tenor de 100 lbs. de yeso por metro cúbico. Como es lógico suponer, puede existir yeso en cantidades comerciales en las zonas vecinas a los bloques en cuestión, pero desgraciadamente no se pudo comprobar su existencia debido a la capa de material de acarreo que cubre la zona, y a las limitaciones del sistema de sondeo (trincheras) que no permitía alcanzar profundidades mayores de 4 metros en forma rápida. Estas zonas aledañas se clasifican en este estudio como áreas de reservas yesíferas inferidas o probables, y las más favorables están identificadas con su respectiva letra en el cuadro N° 3 y en la figura N° 2, asignándoseles un tenor probable de 150 lbs. de yeso por metro cúbico.

CALCULO DE RESERVAS

El método empleado fue el siguiente: se midió con planímetro al área de cada uno de los bloques yesíferos y se asumió un espesor neto de arcillas yesíferas de 10 metros para una diferencia de elevación de 25 metros. En otras palabras, se consideró que las arcillas yesíferas constituyen las dos quintas partes del espesor total de la formación. Realmente la proporción asumida es muy conservadora ya que las columnas estratigráficas levantadas en las quebradas, bancos y trincheras demuestran que las arcillas yesíferas constituyen las dos terceras partes de la formación. Como tenor de cada bloque se asumió el tenor mínimo obtenido entre las trincheras excavadas en él. El cálculo de reservas se obtuvo así:

$$\text{Toneladas de yeso} = \frac{\text{Area} \times 10 \times \text{tenor}}{2 \times 2000}$$

De acuerdo con la arriba expuesto, las reservas calculadas que se muestran en los cuadros números 1 y 2 pueden pecar por defecto pero no por exceso.

RESERVAS

Si consideramos como tenor mínimo de valor comercial el de 150 libras por metro cúbico, obtenemos un total de 1.703.000 toneladas de yeso probadas para la región Los Santos-Batán-Villanueva, distribuidas de acuerdo con el siguiente cuadro:

CUADRO N° 1

RESERVAS PROBADAS

VILLANUEVA

Bloque N°	Superficie en m ²	Espesor neto en m.	Volumen en m ³	Tenor lbs/m ³	Reserva de yeso en miles de toneladas
1	871.5 × 10 ³	10	4.357.5 × 10 ³	150	327
2	192.5 × 10 ³	10	962.5 × 10 ³	600	289
3	75.0 × 10 ³	10	375.0 × 10 ³	150	28
4	85.0 × 10 ³	10	425.0 × 10 ³	600	127
Totales . . .	1.224.0 × 10 ³	10	5.737.5 × 10 ³		771

BATAN

Bloque N°	Superficie en m ²	Espesor neto en m.	Volumen en m ³	Tenor lbs/m ³	Reserva de yeso en miles de toneladas
5	145.0 × 10 ³	10	725.0 × 10 ³	500	181
6	37.5 × 10 ³	10	187.5 × 10 ³	150	14
Totales . . .	182.5 × 10 ³	10	912.5		195

LOS SANTOS

Bloque N°	Superficie en m ²	Espesor neto en m.	Volumen en m ³	Tenor lbs/m ³	Reserva de yeso en miles de toneladas
7	185.0 × 10 ³	10	925.0 × 10 ³	160	74
8	103.0 × 10 ³	10	515.0 × 10 ³	200	51
9	40.0 × 10 ³	10	200.0 × 10 ³	300	30
10	207.0 × 10 ³	10	1.035.0 × 10 ³	250	103
11	191.7 × 10 ³	10	958.5 × 10 ³	150	72
12	102.0 × 10 ³	10	510.0 × 10 ³	200	51
13	101.7		508.5 × 10 ³	400	102
14	86.5 × 10 ³	10	432.5 × 10 ³	150	32
15	254.8 × 10 ³	10	1.274.0 × 10 ³	200	127
16	40.0 × 10 ³	10	200.0 × 10 ³	250	25
17	15.0 × 10 ³	10	75.0 × 10 ³	250	9
18	98.0 × 10 ³		490.0 × 10 ³	250	61
Totales . . .	1.424.7 × 10 ³	10	7.123.5 × 10 ³		737

Sobre el cuadro anterior se pueden hacer las siguientes consideraciones: El sector de Villanueva, con sólo 4 bloques yesíferos, es el que

posee mayor tonelaje de reservas probadas y presenta los tenores máximos obtenidos en toda la región. El área de Batán aparentemente es la menos prometedora de los tres sectores, pero sus reservas pueden ser mucho mayores que las calculadas si se tiene en cuenta que la zona al norte del recodo del río Suárez (véase fig. N^o 2) no fue estudiada debido a la falta de vías de acceso y de condiciones favorables para establecer campamentos. Además la zona de Batán, junto con el lado oriental del río Suárez (zona de Villanueva) son los que han recibido mayor cantidad de material de acarreo, lo cual dificulta su prospección por el método de trincheras. En cuanto al sector de Los Santos, fue el estudiado en más detalles y sus reservas son casi tan grandes como las de Villanueva pero de un tenor más bajo. Asimismo, este sector es el sometido a una explotación más intensa debido a su mejor sistema de caminos carreteables y su cercanía a Bucaramanga.

En el cuadro número 2 se muestran en forma resumida los datos correspondientes a las reservas probadas de toda la región:

CUADRO N^o 2

TOTAL DE RESERVAS PROBADAS

Sector	Superficie en m ²	Volumen en m ³	Reserva de yeso en miles de toneladas
Villanueva . . .	$1.224.0 \times 10^3$	$5.737.5 \times 10^3$	771
Batán	182.5×10^3	912.5×10^3	195
Los Santos . . .	$1.424.7 \times 10^3$	$7.123.5 \times 10^3$	737
Totales	$2.831.2 \times 10^3$	$13.773.5 \times 10^3$	1.703

En los cuadros números 3 y 4 se muestran respectivamente las reservas probables para cada zona y el resumen total de las mismas. Para este cálculo se asumió un tenor de 150 libras por metro cúbico.

CUADRO N^o 3

RESERVAS PROBABLES

Asumiendo un tenor de 150 lbs/m³ y un espesor de 10 ms.

VILLANUEVA

Bloque	Superficie	Volumen	Reservas de yeso en miles de toneladas
F	287×10^3	1.435×10^3	108
G	108×10^3	540×10^3	40
H	172×10^3	860×10^3	64
	567	2.835×10^3	212

BATAN			
I	150×10^3	750×10^3	56
LOS SANTOS			
A	180×10^3	900×10^3	67
B	75×10^3	375×10^3	28
C	107×10^3	535×10^3	40
D	96×10^3	480×10^3	36
E	195×10^3	975×10^3	73
	653×10^3	3.265×10^3	244

CUADRO N° 4

TOTAL DE RESERVAS PROBABLES

Bloque	Superficie	Volumen	Reservas de yeso en miles de toneladas
Villanueva . . .	567×10^3	2.835×10^3	212
Batán	150×10^3	750×10^3	56
Los Santos . . .	653×10^3	3.265×10^3	244
	1.370×10^3	6.840×10^3	512

ANÁLISIS QUÍMICO Y CARACTERÍSTICAS DEL YESO

El yeso encontrado en la zona estudiada corresponde a las variedades seleníticas y fibrosas, y se presenta en forma de láminas delgadas no continuas, dentro de las arcillas yesíferas de la formación La Paja.

El cuadro N° 5 muestra los resultados de 65 muestras de yeso colectadas en las trincheras, clasificadas en 18 grupos de acuerdo con la cercanía de las trincheras a cada bloque yesífero. Se puede observar que los principales minerales extraños son: carbonatos de calcio y magnesio, alúmina y óxidos de hierro, pero en cantidades tales que no alcanzan a afectar la calidad del yeso. La principal impureza presente es arcilla proveniente de los estratos dentro de los cuales se presentan las láminas de yeso.

Los análisis indican que la pureza del yeso de los 18 grupos varía entre 79.9 a 91.7%. El contenido de SO_3 es de 35.2 a 42.8. De los 18 bloques yesíferos 11 tienen una pureza igual o mayor al 90%, 10 tienen un SO_3 mayor o igual al 40%, y en 16 es mayor o igual al 38%.

Sólo por vía informativa, nos permitimos comparar estos datos con los obtenidos en 12 grupos colectados en las minas de Nueva York, y que según D. H. Newland (3), son los siguientes: pureza del yeso de 72.5 a 99.6%, SO_3 de 30.5 a 45.2%. De los 12 grupos, 8 tienen una pureza mayor del 90%, y 8 tienen un SO_3 mayor del 40%.

De acuerdo con lo anterior, consideramos que la calidad del yeso del área estudiada es más que aceptable.

CUADRO N° 5

ANALISIS QUIMICO DEL YESO

SECTOR	VILLANUEVA			BATAN			LOS SANTOS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Bloque N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
% MgO	0.46	0.45	0.46	0.26	0.45	0.50	0.39	0.05	0.04	0.05	0.05	0.27	0.07	0.38	0.31	0.35	0.29	0.12
Al ₂ O ₃	0.80	0.53	0.54	0.36	0.79	0.20	0.18	0.52	0.41	0.10	0.43	0.66	1.41	0.38	0.22	0.79	0.37	0.59
F ₂ O ₃	2.97	1.21	1.22	0.79	2.99	1.01	0.59	0.92	0.99	1.53	0.99	1.59	1.59	0.82	1.88	1.98	1.18	1.22
Res. Insolb.	8.49	5.93	5.95	7.83	8.57	10.49	6.90	6.42	5.38	7.59	5.76	5.74	15.08	8.00	5.97	7.21	8.18	8.04
Al ₂ O libre	0.12	0.05	0.07	0.06	0.10	0.12	0.09	0.13	0.18	0.13	0.13	0.24	0.18	0.10	0.13	0.12	0.20	0.17
H ₂ O com.	16.70	16.96	16.84	16.86	16.67	16.50	16.90	16.73	14.08	17.04	15.70	12.82	12.16	16.88	17.60	16.08	18.04	15.67
SO ₃	39.20	41.58	40.75	40.78	39.21	38.26	38.00	42.82	42.55	39.07	39.95	36.93	35.32	41.28	40.89	31.64	41.35	41.52
CaO	29.25	31.34	30.20	30.16	29.23	29.35	30.86	29.78	29.94	28.35	31.17	25.97	25.76	28.45	29.56	29.52	28.76	28.87
Yeso aprox.	86.90	91.60	91.42	90.4	86.80	87.22	91.32	91.74	92.52	89.98	92.18	89.90	79.98	89.95	91.19	88.09	89.61	89.46

SISTEMA DE EXPLOTACION

Las zonas yesíferas estudiadas en los tres Municipios están cubiertas en su mayoría por concesiones y permisos de explotación que cursan en el Ministerio los trámites correspondientes; las principales minas que existen en el área son las siguientes:

Los Santos.—El Banco, Coclínes, Caimo, La Aguadita, El Diamante y Rubén Serrano. En esta última la explotación está suspendida.

Batán.—Mina del mismo nombre.

Villanueva.—El Espinal y Hato Grande.

Las minas enumeradas son las que ocupan o han ocupado un volumen apreciable de trabajadores, pero hay muchos sitios de los yacimientos que son objeto de laboreo por grupos aislados de dos o tres obreros y que no tienen nombre especial.

La explotación de los yacimientos se hace a cielo abierto en escalones formando bancos rudimentarios de dimensiones variables y sin llevar ningún plan definido. Los trabajadores (hombres, mujeres y niños) arrancan con pico, barra y pala el material yesífero de los bancos de explotación; luego escogen a mano el yeso, limpiándolo a golpes de la arcilla que lleve adherida, y lo empaican en sacos de fique; cada saco lleno pesa más o menos 125 libras. (Esto según los propietarios de las minas). El material estéril se retira del frente con carretillas.

El yeso empacado se carga a mano en volquetes y camiones para transportarlo a los centros de consumo. Según informes obtenidos en el campo, en algunas minas hace bastante tiempo se utilizaron bulldozers para quitar el material de cubierta del depósito y para retirar el remanente estéril.

Personal.—La cantidad de personal empleado en la explotación es muy variable; esto se debe a varios factores: la demanda de los consumidores que no es constante; los trabajadores son en su gran mayoría agricultores que dedican a la minería el tiempo libre que les queda entre las épocas de siembra y cosecha de tabaco, que es el principal cultivo de la región. Este personal trabaja en forma voluntaria sin que exista contrato de trabajo de ninguna clase, y la única obligación del beneficiario de la concesión o del permiso de explotación es comprarle el yeso en el mismo frente de trabajo, sin tener en cuenta el tiempo gastado en la extracción de cada tonelada. Por las razones anteriores, ninguna mina tiene un número de trabajadores fijo que pueda garantizar una producción más o menos constante.

Producción.—Por las mismas razones enumeradas anteriormente, la producción es muy variable. Esta se podría estimar en unas 10.000 toneladas anuales, que se venden a las fábricas de cementos de Bucaramanga, Bogotá, San Gil, Medellín y Nobsa; algo de yeso se ha vendido en Bogotá para calcinación.

C O S T O S

1) El costo de explotación en los tres sectores fluctúa entre \$ 40.00 y \$ 60.00 por tonelada. Esta gran diferencia se debe a varios factores, tales como: tenor, grado de compactación de las arcillas, facilidades de separación del yeso, etc... El cuadro N° 6 muestra el costo de explotación para cada sector en forma bastante estimativa, de acuerdo con datos suministrados por algunos propietarios:

C U A D R O N ° 6

COSTOS DE EXPLOTACION

	Los Santos	Batán	Villanueva
Arranque \$	48.00	44.00	32.00
Cargue	2.00	2.00	2.00
Sacos	2.00	2.00	2.00
Derecho de romana	0.25	0.25	0.50
Sost. y amort. carreteras	0.90	0.90	0.50
Administración	3.00	3.00	3.00
Costo total por tonelada	56.15	52.15	40.00

2) A continuación se dan algunos datos de gastos de transporte por tonelada a algunos de los centros de consumo:

	Valor tonelada
Los Santos-Bucaramanga (carretera) \$	20.00
Los Santos-San Gil (carretera)	30.00
Los Santos-Bogotá (carretera)	90.00
Villanueva-San Gil (carretera)	30.00
Villanueva-Cali (carretera)	120.00
Villanueva-Nobsa (carretera)	70.00
Villanueva-Bogotá (carretera)	90.00
Bucaramanga-Medellín (ferrocarriles)	84.20
Bucaramanga-Nare (ferrocarriles)	50.00
Batán-Zapatoca-Barrancabermeja. No se conocen datos.	

P R E C I O S

El precio de la tonelada de yeso en algunos de los centros de consumo es de:

	Valor por tonelada
Bucaramanga \$	90.00
San Gil	95.00
Bogotá (yeso para calcinar)	175.00
Bogotá	140.00
Nobsa	120.00
Cali	180.00
Medellín. No se tienen datos.	

En general, los precios anteriores son para yeso con un contenido de SO_3 entre 30 y 34%, exceptuando el yeso para calcinar, cuyo contenido de SO_3 debe ser mucho mayor.

El sector de Los Santos normalmente suministra yeso a los mercados de Bucaramanga y San Gil. La zona de Villanueva a Nobsa, Bogotá, y esporádicamente a Cali. El sector de Batán, a Nare y Medellín, pero no en forma constante.

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE EXPLOTACION

Si se analiza el sistema de explotación utilizado actualmente, es necesario concluir que la falta de mecanización en las operaciones es una de las causas de la ineficacia, poco rendimiento y altos costos de la explotación. Según los datos indicados en el cuadro N° 6, la mano de obra absorbe alrededor del 90% del costo de explotación, el cual en nuestro concepto es excesivo; en efecto, como vimos anteriormente, las operaciones principales de explotación, descapote, arranque, escogencia y cargue se hacen a mano, lo que las hace lentas e ineficaces.

Según se observa en la descripción del sistema de explotación, el material estéril que queda después de separar el yeso se retira del frente en carretillas, pero ocurre que generalmente los trabajadores depositan ese material muy cerca del frente de trabajo, y por lo tanto al avanzar el corte el material va tapando zonas que son productivas, impidiendo así en muchos sitios la creación de un nuevo frente o banco de explotación.

Con base en los comentarios anteriores, para obtener mejores resultados en las explotaciones se hace necesaria su mecanización. Para quitar el material de cubierta y retirar el material estéril, sería aconsejable el uso de bulldozers.

El proceso del "arranque" se podría hacer más rápido y más barato usando picos neumáticos y compresores portátiles; los picos tipo Trench Digger pueden ser los apropiados para este caso.

La escogencia o separación del yeso de la arcilla que lleva adherida, es uno de los problemas más graves que han afrontado los explotadores para obtener un producto de una pureza aceptable por las fábricas de cemento (principales consumidores) y por las fábricas calcinadoras. Hasta ahora la eliminación de la arcilla se hace a mano; parece que en Bucaramanga hubo una planta lavadora de yeso, pero debido a los altos costos del proceso, fracasó.

Creemos que dado el gran tonelaje de yeso que existe en la zona, y que en el país hay otros yacimientos de tipo similar, valdría la pena emprender un estudio del proceso de beneficio más favorable para esta clase de material yesífero.

El cargue de los volquetes y camiones que transportan el yeso se podría acelerar utilizando pequeñas palas mecánicas o tolvas instaladas en sitios adecuados.

Es claro que otras mejoras de carácter general, como: las de sistematizar los bancos de explotación, arreglar y conservar los carretables, evitar tapar las capas yesíferas con material estéril, etc., redundarían en aumento de la producción.

Ninguno de los 18 bloques yesíferos presenta dificultades para la construcción o mejoramiento de sus vías de acceso.

Las minas y bloques yesíferos que presentan mejores perspectivas para realizar una explotación técnica o para mejorar la ya existente, por contar con botaderos apropiados para el material estéril, presentar facilidades para la construcción sistemática de bancos de explotación, etc., son los siguientes: 18 (minas Coclínes y Caimo), 12, 13, 10, 11, 17, 7 (mina Diamante), 4 (mina Hato Grande), 2 y 3 (mina Espinal), 1,5 (mina Batán) y 6.

Muchas de las recomendaciones enumeradas anteriormente sería fácil hacerlas efectivas, si se estableciera un plan de trabajos conjunto por parte de productores y consumidores de yeso; éstos podrían prestar ayuda técnica y financiera a los productores, ayuda que derivaría en su propio beneficio al obtener un mejor producto a costos seguramente menores.

CONCLUSIONES

En resumen, las principales conclusiones que se deducen del presente informe son las siguientes:

1) La unidad yesífera en la región es la formación La Paja, y sería conveniente estudiarla en otras áreas donde está expuesta, especialmente en la zona de Villa de Leiva, con el fin de aumentar las reservas probadas de yeso del país.

2) El sistema de prospección con trincheras u hoyos, a pesar de sus limitaciones, parece ser el más aconsejable para esta clase de material yesífero.

3) Las reservas probadas son bastante apreciables si se tiene en cuenta el consumo actual de yeso en el país.

4) Las reservas de yeso son indudablemente mayores que las calculadas, pero el material de acarreo que cubre gran parte del área, hace difícil estimar la cantidad real de dichas reservas.

5) La calidad del yeso es aceptable como para ser usado en la industria del cemento y en la de calcinación, sobre todo si se introducen mejoras en el sistema de separación o escogencia del yeso.

6) El sistema de explotación actualmente empleado es muy rudimentario y se hace necesaria su mecanización para mejorar la productividad de la zona.

7) Si se descubren en el país yacimientos de mejor calidad y con condiciones de explotación y transporte más favorables, esta zona yesífera podría llegar a quedar parcialmente marginada.

CUADRO N° 7

RESULTADO DE LOS ANALISIS

Muestra	Referencia	Agua	Agua	Resd.	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO
		libre	Comb.	Insib.					
		%	%	%	%	%	%	%	%
46844	J × 105	0.30	15.68	16.07	3.17	1.58	24.65	19.52	0.51
46845	J × 106	0.18	14.16	9.14	2.78	1.02	29.25	32.76	0.36
46846	J × 104	0.10	17.78	8.34	0.79	0.76	27.99	37.66	0.38
46847	K × 104	0.12	18.08	7.54	0.79	0.41	28.83	39.79	0.42
46848	K × 106	0.06	18.20	5.28	1.18	0.57	29.80	30.53	0.34
46849	K × 107	0.20	18.04	8.18	1.18	0.37	28.76	41.35	0.29
46850	K × 108	0.18	19.26	5.59	0.79	0.21	30.29	44.13	0.24
46851	L × 105-60W	0.26	16.74	12.93	1.59	0.16	27.30	37.48	0.16
46852	L × 105	0.16	19.12	4.14	0.79	0.01	30.50	42.76	0.24
46853	L × 109	0.12	18.20	7.30	1.98	0.37	28.55	41.94	0.14
46854	L × 109 (1.90)	0.14	14.06	5.92	0.79	0.66	29.66	43.20	0.00
46855	M × 102	0.24	12.82	5.74	1.59	0.66	25.97	36.93	0.27
46856	M × 103	0.18	12.16	15.08	1.59	1.41	25.76	35.32	0.07
46857	M × 106	0.18	13.14	7.27	3.17	1.33	26.11	38.68	0.04
46858	M × 109-85W	0.18	13.94	6.47	0.79	0.66	30.08	42.59	0.02
46859	M × 109	0.32	11.82	18.51	2.38	1.47	24.33	34.19	0.00
46860	N × 104	0.18	12.38	11.61	7.34	1.46	25.20	28.49	0.00
46861	O × 101	0.54	7.60	36.65	5.35	2.10	17.40	19.41	0.33
46862	O × 103	0.07	18.27	9.82	0.87	0.14	27.90	41.15	0.72
46863	O × 104	0.18	13.54	5.76	0.79	0.86	28.83	40.70	0.04
46864	O × 105	0.04	18.84	8.43	0.79	0.14	28.62	42.01	0.37
46865	P × 100	0.18	14.08	5.38	0.99	0.41	29.94	42.55	0.04
46866	P × 101	0.24	13.66	8.16	1.39	1.26	28.76	40.02	0.00
46867	P × 102	0.22	13.00	10.04	4.36	0.79	25.48	35.83	0.04
46868	P × 103-50W	0.36	11.54	15.64	3.17	1.03	24.51	31.82	0.04
46869	P × 106	0.32	14.46	19.37	3.96	0.09	23.12	34.63	0.05
46870	P × 107	0.20	16.66	8.50	1.18	0.02	28.97	38.40	0.13
46871	Q × 98	0.12	19.08	1.89	0.40	0.00	31.62	45.64	0.07
46872	Q × 100	0.26	16.70	10.85	2.97	0.33	26.46	37.89	0.09
46873	Q × 101	0.08	15.02	7.28	1.18	0.02	32.17	35.87	0.09
46874	Q × 103	0.34	13.92	25.30	3.57	0.78	21.07	28.05	0.07
46875	Q × 104	0.28	15.74	15.76	1.18	0.02	26.60	30.11	0.05
46876	Q × 106	0.18	11.78	15.20	2.58	0.07	28.83	25.65	0.05
46877	R × 99	0.10	17.80	7.20	0.79	0.03	28.97	38.68	0.04
46878	R × 100	0.06	17.32	6.40	1.18	0.02	28.41	40.12	0.05
46879	R × 101	0.06	18.44	1.85	0.40	0.02	32.59	43.96	0.05
46880	R × 102	0.26	13.30	11.23	2.78	0.02	28.83	34.63	0.036
46881	R × 104	0.20	14.72	8.28	1.18	0.17	30.36	38.81	0.11
46882	R × 105	0.24	15.90	10.69	1.78	0.52	26.85	40.26	0.33
46883	S × 99	0.12	16.36	5.92	1.18	0.02	29.58	39.60	0.036
46884	S × 102	0.32	14.20	8.40	2.58	0.47	29.39	37.82	0.054
46885	S × 103	0.26	15.92	9.96	0.79	0.26	27.91	40.80	0.072
46886	S × 104	0.40	14.68	17.56	1.39	0.21	25.76	36.35	0.090
46887	T × 97	0.22	15.46	10.71	0.99	1.36	27.92	41.46	0.054
46888	T × 98	0.10	16.50	5.19	0.79	0.16	30.50	42.90	0.036
46889	T × 99	0.06	18.24	3.36	0.99	0.03	30.92	44.10	0.07
46890	Hoyo N° 11	0.18	14.24	12.38	2.78	0.37	28.55	33.47	0.05
46891	Hoyo N° 2	0.14	16.22	14.74	1.78	0.00	26.18	31.17	0.11
46892	Hoyo N° 26	0.06	17.74	5.54	0.79	0.01	30.22	37.96	0.13

Muestra	Referencia	Agua libre	Agua Comb.	Resd. Insib.	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO
		%	%	%	%	%	%	%	%
46893	Hoyo N° 33	0.12	16.37	8.45	0.95	0.11	31.89	39.99	0.37
46894	Hoyo N° 38	0.07	16.62	10.47	0.91	0.29	29.94	38.55	1.45
46895	Hoyo N° 40	0.24	15.26	17.51	1.39	0.41	25.35	36.55	0.054
46896	Hoyo N° 16	0.48	10.55	39.92	4.71	0.30	16.85	24.28	0.54
46897	Hoyo III-10	0.12	16.53	9.25	2.29	0.01	30.15	40.78	0.05
46898	Hoyo 65 N° 1	0.03	17.78	4.34	0.68	0.47	30.92	42.73	0.53
46899	Hoyo 65 N° 2	0.02	17.80	1.48	0.43	0.22	33.29	44.72	0.37
46900	Hoyo 65 N° 3	0.12	14.84	13.17	2.73	1.08	28.38	37.54	0.37
46901	Hoyo 65 N° 4	0.04	17.40	4.74	1.01	0.35	32.78	41.33	0.54
46902	Hoyo 86	0.06	16.86	7.83	0.79	0.36	30.16	40.78	0.26
46913	El Caimo	0.06	16.76	4.43	0.59	0.16	30.29	43.08	0.31
46914	Aguadita	0.10	16.08	7.81	2.97	0.43	28.62	39.03	0.38
46915	Dorotea	0.08	14.94	13.53	1.18	0.37	29.76	30.05	0.51
46916	Rubén Serrano	0.10	18.86	0.27	0.00	0.00	31.96	45.96	0.27
46917	Hoyo 12	0.16	15.52	14.67	5.16	0.72	25.91	36.03	0.18
46918	Hoyo 9	0.05	17.82	2.47	0.82	0.86	32.55	42.39	0.72

R E F E R E N C I A S

- (1) M. JULIVERT.—“La Morfoestructura de la zona de Mesas al SW de Bucaramanga” (*Boletín de Geología* N° 1, Universidad Industrial de Santander, página 10, 1958).
- (2) E. HUBACH.—“Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia”. (Informe N° 1212, págs. 139, 145. - 1957).
- (3) D. H. NEWLAND.—“The Gypsum Resources and Gypsum Industry of New York” (*New York State Museum Bulletin*, págs. 131, 132. - 1929).

BOLETIN GEOLOGICO

CONTENIDO DE LOS VOLUMENES ANTERIORES

Año I, 1953. — Volumen I.

*Número 1. Enero.**

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

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

Número 2. Febrero.

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

Número 3. Marzo.

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

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

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

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

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

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

Número 4. Abril.

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

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

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

Número 5. Mayo.

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

Números 6, 7. Junio y julio.

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

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

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

Números 11 y 12. Noviembre - diciembre.

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

Año II, 1954. — Volumen II.

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

Número 2. Mayo - septiembre.

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

Año 1955. — Volumen III.

*Número 1. Junio.**

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

Número 2. Septiembre.

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

Número 3. Diciembre.

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

A N E X O 1

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

A N E X O 2

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

A N E X O 3

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

Año 1956.—Volumen IV.

Número 1. Abril.

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

Números 2 - 3. Agosto, diciembre.

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

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

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

Año 1957.—Volumen V.

Número 1. Enero - abril.

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

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

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

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

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

Número 2. Mayo - agosto.

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

Número 3. Septiembre - diciembre.

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

Año 1958. — Volumen VI.

Números 1-3. Enero - diciembre.

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

Año 1959. — Volumen VII.

Números 1 - 3. Enero - diciembre.

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

Año 1960. — Volumen VIII.

Números 1 - 3. Enero - diciembre.

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

Año 1961. — Volumen IX.

Números 1 - 3. Enero - diciembre.

NOTAS CIENTIFICAS:

RADELLI, L.—Epocas magmáticas y metalogenéticas en los Andes colombianos: Un cuadro preliminar.

ESTUDIOS GEOLOGICOS:

UJUETA LOZANO, GUILLERMO.—Geología del noreste de Bogotá (con un mapa índice, siete fotografías, siete láminas y cinco figuras).

LÓPEZ CASAS, JAIME.—Informe preliminar sobre irrigación con agua subterránea, del Municipio de Codazzi, Departamento del Magdalena (con dos mapas y tres dibujos).

NELSON, H. WOLFGANG.—Oservaciones geológicas y estudio petrográfico sobre 54 muestras colectadas por el doctor Laureano Rincón, en el Departamento de Nariño, en la vía Tambo, Peñol, Policarpa (con siete fotografías).

MORER, JEAN JACQUES y NICHOLLS V., EDUARDO.—Calizas de la región de Cartagena (con cuatro planchas).

MORER, J. J. y NICHOLLS V., E.—Levantamiento geológico de la carretera Ríohacha-Puente Bomba-Río Ancho (con un gráfico).

RESTREPO A., HERNÁN.—Informe geológico del páramo al este de Bogotá (con un mapa índice y tres planchas).

RESTREPO A., HERNÁN.—Algunas calizas del Departamento del Tolima para la obtención de cal agrícola (con un mapa índice y tres planchas).

Año 1962. — Volumen X.

Números 1 - 3. Enero - diciembre.

RAASVELDT, H. C.—Investigación de la visión estereoscópica. (Con veintiuna figuras).

RENZONI, GIANCARLO.—Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá. (Con una plancha).

NELSON, H. WOLFGANG.—Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental. Sección carretera Cali-Buenaventura. (Con doce fotos).

MEGYESI, IMRE.—Estudios sobre los depósitos de azufre en la mina de "El Vinagre", Puracé. (Con cuatro fotos, tres figuras y cinco mapas).

NELSON, H. WOLFGANG.—Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia. Sección entre Ibagué y Armenia. (Con tres figuras y doce fotos).

ARCE HERRERA, MARINO.—Estudio sobre la erosión en el Cerro de la Popa, Cartagena. (Con dos planchas).

MORER, JEAN JACQUES, Y NICHOLLS V., EDUARDO.—Informe de la mina "El Socorro", Mercurio, Municipio de Aguadas, Departamento de Caldas.

SE TERMINO LA EDICION DE ESTE BOLETIN,
VOLUMEN XI, Nos. 1-3, EL 20 DE JUNIO
DE 1964, EN LOS TALLERES EDITORIALES DE
LA IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA.