

Cespedesia

Boletín científico del Departamento del Valle del Cauca, Colombia.
Licencia del Ministerio de Comunicaciones N° 341
Registro N° 516 de Tarifa para Libros y Revistas
Permiso N° 341, ADPOSTAL.

VOL. IX

Calí, julio-diciembre de 1980

Nos. 35-36



INSTITUTO VALLECAUCANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

I N C I V A

JUNTA DIRECTIVA:

Principales:

Dr. Humberto González Narváez,
Gobernador. Presidente.

Dr. Roberto Ospina G.,
Srío. de Agricultura y Fo-
mento, Vicepresidente.

Dr. Alberto Murgueitio R.,
Planeación Deptal.

Dr. Carlos Alberto Potes,
Srío. de Educación.

Dr. Alvaro H. Alegria, Ph. D.,
Universidad del Valle.

Dr. Alvaro Arango,
Universidad Nacional, sede
Palmira.

Dr. Alberto Patiño, I.C., CVC.

Suplentes:

Sra. Maritza Uribe de Urdinola

Dr. Carlos Alberto Villegas

Dr. Gonzalo Mejía

Líc. Sigifredo Holguín

Dr. Pablo Barreto, Ph. D.

Dr. Adalberto Figueroa Potes, Ph. D.

DIRECTOR:

Víctor Manuel Patiño

JEFE DIVISION ADMINISTRATIVA:

Omar Hernán Perea

ASISTENTE EDITORIAL:

Inés Mireya Calvo Quintero

C E S P E D E S I A

Boletín dedicado al científico y prócer de la
independencia de Colombia

JUAN MARIA CESPEDES
(1776 - 1848)

*

Edita esta publicación el Director del Instituto
Vallecaucano de Investigaciones Científicas
I N C I V A

VICTOR MANUEL PATIÑO

*

Publicase en la Imprenta Departamental, Cali.

*

Registrado en la Sección de Registro de la Propiedad Intelectual
y Publicaciones del Ministerio de Gobierno, Resolución N° 0270,
de 1° de marzo de 1972.

*

La responsabilidad de las ideas y conceptos emitidos en el
Boletín, corresponde a sus autores.
La colaboración es solicitada.

*

Se autoriza la reproducción de fragmentos, artículos
o monografías, siempre que se cite la fuente.

*

Toda la correspondencia debe dirigirse a:

CESPEDESIA. — I N C I V A.
Apartado aéreo 5660. Cali, Colombia.

*

Se solicita canje. Pede-se permuta. On demande
l'échange. We ask for exchange. Man bittet um
Publikationsaustausch.

Cespedesia

Boletín científico del Departamento del Valle del Cauca, Colombia.
Licencia del Ministerio de Comunicaciones N° 341
Registro N° 516 de Tarifa para Libros y Revistas
Permiso N° 341, ADPOSTAL.

VOL. IX

Cali, julio-diciembre de 1980

Nos. 35-36

NOTAS DE LA DIRECCION

Con la creación del Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas INCIVA, que empezó a funcionar el 1º de abril de este año, se abrirá una etapa de investigaciones en varias ramas de la ciencia que hasta ahora han estado excluidas del interés oficial regional. Una de ellas ha sido la Geología, a pesar de que la cuenca del Cauca se destaca por la presencia de yacimientos minerales que como las calizas, los carbones y la bauxita, tienen una importancia económica innegable.

Para llenar ese vacío, se ha dado principio a la recolección de material bibliográfico sobre aquellos aspectos, con el fin de publicar las contribuciones que se destaquen por su valor de referencia. La circunstancia de que la mayor parte de las investigaciones sólo se conocen por los especialistas y han estado vedadas al gran público, hace doblemente necesaria esta tarea divulgativa.

En la primera serie de trabajos sobre Geología y recursos minerales del Valle del Cauca, que hoy se publican, se incluyen contribuciones de varias épocas, reproduciendo algunos trabajos que se pueden considerar clásicos pero que están totalmente agotados, y presentando otros contemporáneos, en que se han utilizado métodos más modernos de investigación, correlativos con el avance de la ciencia y la tecnología.

Para 1981 se planea publicar otra serie de trabajos sobre Geología y recursos minerales del Valle del Cauca, con el objeto de conformar un acervo documental sobre estas importantes disciplinas.

Se agradece a COLCIENCIAS su aporte para la publicación de esta entrega.

Cali, septiembre de 1980

EL EDITOR.

ACERCA DE LA GEOLOGIA DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL ENTRE CALI Y BUENAVENTURA (1)

Por Otto Stutzer.

La bibliografía geológica contiene muy pocos datos, casi ningunos, acerca de la constitución de la Cordillera Occidental de Colombia. Un viaje a Cali hecho en septiembre de 1925, me dió la oportunidad de estudiar la geología por la vía ferroviaria que atraviesa la citada Cordillera entre Cali y Buenaventura. (Véase Mapa 5).

Es llamativo el hecho de que el divorcio de aguas de la Cordillera Occidental se halle desplazado hacia el lado del Valle del Cauca, de manera que los ríos principales que nacen en ella corren hacia el Poniente. El paso o depresión que utiliza el ferrocarril, se halla tan sólo a 600 metros sobre el nivel del plano del Cauca, el cual está situado a 1.000 metros sobre el nivel del mar en la región de Cali. Los cerros que se hallan a los lados del paso ascienden otros 400 metros, de manera que la cumbre alcanza allí el nivel correspondiente a unos 2.000 metros. Al Occidente del paso, el ferrocarril desciende por la Cordillera Occidental hacia la población de Dagua, continúa luego siguiendo de cerca el cauce del río Dagua y entra finalmente al plano costanero del Pacífico hasta llegar a Buenaventura. El trayecto plano de la costa tiene 39 kilómetros de longitud medidos a lo largo de la vía y 28 kilómetros en línea recta, desde el puerto hasta el pie occidental de la Cordillera, el cual está geológica y morfológicamente bien definido. La Cordillera Occidental termina allí con una pendiente fuerte constituida por rocas más o menos antiguas, a las cuales se anteponen por el Oeste los estratos jóvenes, poco consolidados. Una pendiente análoga se observa hacia el límite con el plano del Cauca, es decir, en el lado oriental. El ancho de la Cordillera es de unos 45 kilómetros.

En la constitución de la Cordillera Occidental participan principalmente rocas eruptivas y esquistos, a los cuales se anteponen estratos más jóvenes en uno y otro lado.

Estratos jóvenes en la pendiente oriental. — Los estratos terciarios que se colocan delante de la pendiente oriental se han descrito en un estudio especial (*Contribución a la geología del foso del Cauca-Patía*). Se trata de las areniscas de la formación carbonífera terciaria y de calizas oligocenas.

(1) Véase página 229, para referencia bibliográfica.

Estratos jóvenes en la pendiente occidental. — El confin occidental de la Cordillera se halla entre los kilómetros 38 y 39 de la línea férrea. El río Dagua sale ahí de la angostura hacia el plano costanero. Terminan allí las rocas cristalinas y los esquistos arcillosos, y comienzan las arcillas plásticas.

Al salir los ríos de la Cordillera, sus aluviones contienen oro y platino, particularidad que es poco conocida. El punto de San José, situado hacia el kilómetro 37, y la quebrada del Oso que desemboca en este lugar, tienen buen platino, según referencias. Las arcillas esquistosas de la zona costanera ocupan generalmente una posición horizontal, pero muestran también una ligera inclinación occidental en algunos puntos. Al parecer, no hay fósiles. Las arcillas plásticas azules que se observan ahí, son más recientes que las arcillas esquistosas. Dichas arcillas se prolongan hasta Buenaventura.

Las rocas de la Cordillera Occidental. — Las rocas que componen esta Cordillera están formadas en primer término de rocas eruptivas básicas: diorita, diabasa, gabro, serpentina; su investigación microscópica se hará más tarde. Cuando frescas, todas estas rocas son muy duras y apenas se dejan partir con el martillo. Cuando están descompuestas, se transforman en una tierra gredosa que frecuentemente refleja aún la estructura de la roca primaria. Dentro de la masa gredosa se hallan núcleos de roca fresca y partes de las venas duras. Estas rocas, en estado de descomposición, se asemejan a conglomerados cuando la cantidad de núcleos frescos es abundante, y contienen bastante pirita y magnetita. Las serpentinas suelen mostrar coloración de níquel en uno que otro punto. Las diabasas descompuestas contienen costras negras de manganeso que se deposita en las grietas. Todas las rocas eruptivas son más recientes que los esquistos transformados al contacto con aquéllas. También ocurren fragmentos de esquistos en las rocas eruptivas.

La formación esquistosa consiste principalmente de esquistos arcillosos muy potentes. En una parte se trata de esquistos arcillosos típicos, en otra de esquistos filíticos. La intercalación de estratos silíceos negros, es una guía petrográfica importante, tanto en la zona de los esquistos arcillosos como en la de los esquistos filíticos. Probablemente los esquistos filíticos no son sino una transformación metamórfica de los esquistos arcillosos. No tuve ocasión de ver intercalaciones calosas, pero éstas deberían ocurrir porque entre los rodados del río Dagua encontré una roca calosa de silicatos de alúmina. Además los habitantes de la región me informaron que una caliza blanca

asomaba en una quebrada apartada. Sin embargo, la caliza debe ser escasa porque se ha cateado en muchos puntos y no ha sido encontrada. Con respecto a la edad de la formación nada se puede adelantar por el momento porque no se hallaron fósiles. Posiblemente, la investigación microscópica de los esquistos silíceos oriente algún día a este respecto.

En los distintos trayectos de la línea férrea, se observan las siguientes condiciones:

Call-Yumbo. — A partir de Call, el ferrocarril sigue en unos 14 kilómetros hacia el Norte por el borde del plano del Cauca con la Cordillera Occidental. Se ve la manera como la formación carbonífera terciaria se halla arrimada a la Cordillera en dos o tres gradas. Sus estratos descienden bruscamente al valle del Cauca. La extensión de la Cordillera y el rumbo de los estratos son andinos, es decir, N-S, con escasa desviación al Oriente.

Yumbo-La Cumbre.— En Yumbo (985 metros) comienza el ascenso del ferrocarril a la Cordillera Occidental. De acuerdo con los datos que se hallan explicados con motivo del estudio del foso del Cauca-Patía, Yumbo se halla en el término septentrional de la formación carbonífera de Cali y cerca al término sur de la formación oligocena de calizas de Vijes. Adelante de Yumbo, el ferrocarril asciende en curvas y se tiene una vista vasta del plano del Cauca y del curso meándrico del Cauca. En lontananza se levantan los cerros bruscos de la Cordillera Central.

La línea del ferrocarril presenta de continuo buenos afloramientos que muestran una diabasa de descomposición esférica, que está muchas veces profunda. En algunos puntos se presenta greda (toba volcánica descompuesta proveniente de la Cordillera Central) que contiene grandes bloques de roca. En el kilómetro 145 se halla la casa de vigilancia de La Cantera, cerca de la cual se levanta un cerro típico en forma de mesa con estratos duros de posición aproximadamente horizontal, consistentes de arenisca que reposa en la diabasa. Esta arenisca pertenece a la formación carbonífera terciaria del Valle del Cauca y se inicia con un banco de arenisca arcillosa de color rojo rosado; la participación de arcilla probablemente proviene de la diabasa. Luego sigue una brecha de 2 a 3 metros de magnitud que contiene pedacitos de esquisto silíceo negro. Los fragmentos tienen el porte de un huevo; son acantilados pero también los hay redondeados.

En La Cantera abandoné el tren para visitar el cerro de mesa y recorrí un trayecto de la línea. A un lado de los rieles se había practi-

cado un socavón rudimentario destinado a catear carbón. Prescindiendo del hecho de que el socavón se hallaba colocado en la diabasa con encubrimiento de la misma diabasa, o sea debajo de la formación carbonífera, dudo que se conserve carbón en este residuo arenoso de la formación carbonífera.

Al subir por la vía, encontré primeramente diabasas que contenían minerales semejantes a la zeolita. Las diabasas tienen separación columnar y de planchas; en sus grietas se encuentra relleno de calcita. Al descomponerse, las columnas y las planchas se transformaban en masas esféricas, siendo el rumbo de las planchas N 10° E y la inclinación 45° al Este, con medida precisa. Cerca a la casa del ferrocarril, llamada Bellavista (kilómetro 143), ocurre una veta ancha de cuarzo blanco que atraviesa la diabasa en posición erguida.

Al seguir el viaje y mirar hacia el lado norte de la pendiente caucana de la Cordillera Occidental, se distingue el resplandor gris de la faja angosta de las calizas de Mulaló-Vijes. Se trata de calizas oligocenas con fósiles marinos, entre ellos ostras y corales.

Las rocas eruptivas (1), en parte profundamente descompuestas, siguen hasta La Cumbre, población situada en el kilómetro 129 a 1.581 metros de altura. Sobre ellas reposa en La Cumbre una greda de color rojo quemado, superpuesta de una sección de greda más clara que posiblemente equivale a toba volcánica transformada en greda. Desde la estación descendimos a la quebrada Coreabita donde se hallan numerosos bloques de una diorita cuarzosa de grano fino, muy dura y gris azul que debe constituir el subsuelo.

La Cumbre-Dagua. — A partir de La Cumbre, el ferrocarril sigue todavía un buen trayecto por la parte alta y en seguida desciende al río Dagua y a la población del mismo nombre. En este recorrido es notable el color rojo intenso del suelo que forma contraste con el color verde de la vegetación. En otras partes de Colombia no he encontrado colores rojos tan subidos; ellos se presentan en el trayecto de La Guaira a Caracas. En la región de La Cumbre son tanto más llamativos cuanto que la arcilla del plano costanero de Buenaventura atravesada pocas horas más tarde, es gris claro hasta blanco como nieve. La diferencia consiste en el porcentaje de hierro que es alto en las gredas que provienen de la descomposición de las rocas eruptivas y más o menos nulo en las arcillas del plano costanero del Pacífico.

(1) En esta parte y en la siguiente usamos con frecuencia la expresión general de rocas eruptivas. Su investigación microscópica se hará más tarde porque no disponemos actualmente de los recursos del caso.

Debajo de la greda roja asoma en algunos puntos la roca madre. Una cantera grande al lado del ferrocarril se explota para el balasto. Su aspecto es diorítico, según se desprende de los núcleos frescos y de los filones eruptivos que se conservan en la roca, que por lo común se halla descompuesta en arcilla. La diorita también debe ocurrir en el curso superior del río Dagua porque los rodados del río consisten en fragmentos de esta roca.

El valle del Dagua, en la región de la población del mismo nombre, es relativamente ancho y da la impresión de ser bastante antiguo. Su desarrollo coincide con el rumbo N-S de la formación esquistosa, expuesta ahí en una faja poco ancha. El acarreo del valle del Dagua es notable porque se levanta hasta 120 metros sobre el nivel de la ciudad, situada a 816 metros sobre el mar, en el kilómetro 82. Por lo visto, el acarreo anteriormente debe haber rellenado el valle hasta la altura indicada. Quizá valdría la pena de investigar la base del acarreo con respecto a la presencia de oro y platino, principalmente donde comienza la angostura del valle del Dagua, o sea en Espinal.

Desde Dagua hice una exploración al Occidente. Atrás de la población hay afloramientos de esquisto arcilloso y de esquisto silíceo. En la quebrada Esneda, afluente del Dagua, se encuentra el contacto entre los cerros al Occidente de Dagua. Los rodados de la quebrada consisten en bloques de esta roca eruptiva verdosa.

Dagua-Espinal. — Desde Dagua (kilómetro 82) hasta Espinal (kilómetro 69) opté por recorrer el trayecto a pie. La dirección general es de S a N y la vía sigue en la ribera izquierda del río Dagua. Las rocas que afloran son esquistos arcillosos, esquistos silíceos y varias especies de rocas eruptivas que en su totalidad son más recientes que la formación esquistosa, porque la atraviesan e incluyen fragmentos de ella. En uno de los puntos, los esquistos han sido fuertemente comprimidos en forma de pliegues de zig zag, lo que inclina a suponer que dicho subplegamiento del detalle se relacione con el ascenso de las rocas eruptivas. Las arrugas de esta clase sólo las observé en el citado punto. Sobre los esquistos se hallan capas conglomeráceas notables, de muchos metros de grueso.

Las observaciones del detalle son como siguen:

Dagua) — Afloramientos de esquisto arcilloso y esquisto silíceo. Kilómetro 78) - Rodados. Kilómetro 77) — Rocas eruptivas descompuestas. Kilómetro 76) — Esquisto arcilloso; esquisto silíceo al contacto con diorita; acarreo; roca silícea dura y esquisto arcilloso con

un filón eruptivo. Kilómetro 75) — Rodados. Kilómetro 74) — Roca eruptiva descompuesta, semejante a serpentina (Casa de Salud); roca eruptiva; masas de conglomerados de varios metros de magnitud. Kilómetro 72) — Esquistos negros, con bancos silíceos. Kilómetro 70) — Esquistos negros y esquistos silíceos fuertemente plegados. Kilómetro 69) — Roca eruptiva que aflora en el río. Kilómetro 68) — Espinal.

Espinal-Cisneros (Angostura del río Dagua). — Este trayecto ferroviario sigue hasta el kilómetro 39 por la zona de la Cordillera Occidental que está formada de rocas eruptivas y de esquistos arcillosos; luego entra a la zona arcillosa del plano costanero. En la transición del plano hacia la cordillera, el terreno está formado de lomas y colinas. La vegetación es de selva tropical opulenta, característica de las regiones húmedas.

Observaciones del detalle:

Kilómetro 51) — Esquistos. Kilómetro 49-41) — Rocas eruptivas. Kilómetro 41) — Derrumbe, roca eruptiva de grano fino verdosa. Kilómetro 40-39) — Rocas eruptivas y esquistos arcillosos, término occidental de la Cordillera Occidental. Kilómetro 38) — Arcilla esquistosa y conglomerados. Kilómetro 37) — Puente. Kilómetro 36) — Túnel. Kilómetro 34) — Arcilla esquistosa y conglomerados en un paredón erguido, arcilla azul. Kilómetro 32) — Terreno de lomas. Kilómetro 31) — Comienza el plano. Kilómetro 29) — Rodados que traspasan a conglomerados, envueltos al parecer en matriz arcillosa. Kilómetro 28) — Arcilla esquistosa. Kilómetro 27) — Arcilla esquistosa. Kilómetro 26) — Estación Cipriano. La arcilla esquistosa tiene inclinación suave al Occidente. Encima de acarreo de arcilla esquistosa reposa arcilla azul y encima de ésta rodados fluviales. En otro lugar hay arcilla azul encima de rodados. Kilómetro 20) — Estación Córdoba, a 36 metros al nivel del mar. Kilómetro 19) — Abasto de agua para Buenaventura; arcilla esquistosa plana. Buenaventura.

Resumen de las observaciones:

- 1) En el trayecto de Cali a Buenaventura, la Cordillera Occidental está formada de rocas eruptivas básicas y de una formación esquistosa.
- 2) Predominan las rocas eruptivas básicas y son más recientes que los esquistos.
- 3) Los esquistos no contienen fósiles. Hay en ellos intercalaciones de esquistos silíceos.
- 4) No se encontraron estratos del Cretáceo.

5) En la pendiente hacia el valle del Cauca yacen diabasas que se deben considerar como las rocas más antiguas del propio foso del Cauca.

6) Las calizas oligocenas sólo se hallan en la pendiente de la cordillera hacia el plano del Cauca. Las futuras investigaciones deben demostrar el lugar por donde el brazo marino del oligoceno que depositó las calizas de Vijes se comunicaba con el mar abierto de aquel tiempo.

7) Los estratos jóvenes de la costa del Pacífico han sido poco sollevados a lo largo del trayecto ferroviario y probablemente son postdiluviales.

8) El valle de orientación N-S que se desarrolla en la región de la población de Dagua, parece ser antiguo; la abertura en Espinal debe ser más reciente. Hay que hacer investigaciones al Norte del Espinal para saber si el represamiento del acarreo en el valle del Dagua y la abertura del Espinal son efecto de movimientos tectónicos, que pudieran haber sollevado una zona de orientación E-W.

9) El divorcio de aguas de la Cordillera Occidental se halla próximo al plano del Cauca. En el paso del Quindío, el divorcio de aguas de la Cordillera Central también se halla arrimado hacia el valle del Cauca. Ambas cordilleras representaban anteriormente una unidad, dentro de la cual se hundió el foso del Cauca.

Bogotá, enero de 1926.

Reproducido de: Estudios Geológicos Oficiales de Colombia, Vol. III, pp. 38-52.

EXPLORACION DEL VALLE

3. INFORME TULUA-BUGA

Por **Enrique Hubach**, Geólogo del Depto.
Benjamin Alvarado B., Topógrafo del Depto.

Buga, 18 de diciembre de 1931.

Señor

Jefe de la Sección Técnica del Depto. de Minas y Petróleos.

E. S. D.

La sección de sedimentos terciarios que se recuesta a la Cordillera Central al oriente de Tuluá-Buga, ofrece mejores afloramientos que la sección anterior (Sevilla-Tuluá). El terreno ya no presenta la forma de una planada alta, entrecortada, sino constituye los lomajes bajos que median entre el plano del Cauca y los bruscos cordones y filones de la Cordillera Central. Las quebradas han abierto paso profundo y han descubierto la roca en trayectos importantes. Al mismo tiempo las rocas antiguas avanzan unas hacia la hoya del Cauca, de manera que ésta se estrecha en la región de Buga. Lo propio sucede en la Cordillera Occidental, de manera que se puede decir que en Buga la hoya del Cauca ofrece una angostura geológica, o sea la tendencia de formar un dintel que enlaza las cordilleras Occidental y Central.

Nuestros estudios se refieren al levantamiento y al reconocimiento general de las quebradas Platanera, San Pedro, Yeso, Todos Santos, Arenal, Presidente, Chambimbal y al Río Buga entre San Ignacio y Buga. Además, hicimos varias exploraciones hasta las rocas de la Cordillera Central, hacia los Canchos y arriba de San Ignacio. Desde Buga hicimos ayer una exploración rápida a la Cordillera Occidental en la región de Mediacanoa, con el fin de conocer las rocas (diabasas) y obtener datos sobre la existencia de yacimientos de carbón que se refieren de la región del Alto Calima.

La exploración del terreno que queda al oriente de Tuluá-Buga nos ha dado buenos datos con respecto a la subdivisión estratigráfica del Terciario, cuya magnitud es bastante considerable (700-800 m. descubiertos), en comparación con la sección de Sevilla-Tuluá. La magnitud total, sin embargo, no la hemos podido determinar porque el Terciario se hunde a lo largo de una falla contra los granitos del

pie de la Cordillera Central. De esta manera los sedimentos del Terciario que se hallan en el contacto son los más altos de la formación Terciaria. Hacia el plano, la faja Terciaria no asoma sino en la parte media y escasamente en la parte alta de lo que suponemos sea el conjunto productivo de carbón. Para ilustrar lo dicho, sirve el siguiente perfil a lo largo del Río Buga, que en general sirve para toda la zona de contacto entre granitos y Terciario al E. de (Tuluá) San Pedro-Buga. [Se omite].

Según se desprende del perfil, el Terciario se subdivide en tres conjuntos. El superior consta de areniscas arcillosas, micáceas, en parte con filigranas de hilos de carbón y blandas; además de arcillas arenosas y arcillas puras, de igual género como las areniscas arcillosas. Los conglomerados también son arcillosos y presentan intercalaciones secundarias dentro del conjunto superior. Los guijarros constan de granitos, diorita, arenisca (o porfirita) roja, diabasas, cuarzo blanco y algunas pocas liditas negras. Los cantos muestran un acarreo de poca distancia. Todos estos sedimentos son blandos, más o menos friables y no hemos podido encontrar ahí sino hilos de carbón hasta de 1 cm. y troncos lignitizados. El color de los sedimentos es oscuro, ya sea gris-negruzco con matiz morado, azul-verdoso intenso o verdoso-gris. Afloramientos: quebradas San Pedro, Yeso, Chambímbal. Hacia el contacto con el granito, el conjunto medio consta esencialmente de conglomerados y tiene al menos 500 m. de magnitud. Este conjunto es el que mejor está expuesto, mientras el superior y el inferior sólo se determinan en parte. Los conglomerados por lo común son tiernos, salvo en donde se hallan cementados por cal, materia bien característica para el conjunto. Lleva además troncos lignitizados o calcificados en regular abundancia. Los guijarros son de tamaño mediano a fino (ripió) hasta gruesos (tamaño de puño hasta cabeza) y no muestran variación regular de diámetro en la vertical. Así los conglomerados gruesos se hallan en la parte alta, en la parte media y en la parte baja. Los componentes son los mismos que en el conjunto superior. Los bancos de arenisca o arenisca rípiosa intercalados son por lo común parejos, en parte también lenticulares. Los bancos de arcilla son escasos. A pesar de la buena exposición de este conjunto y del levantamiento detenido que se le ha dado, no se han encontrado mantos de carbón. Los que se refieren como tales, no son sino cintas o troncos siempre de carácter lignítico. Los conglomerados, debido a su relativa dureza, constituyen filos y cerros en el terreno.

El conjunto que preliminarmente llamamos inferior, probablemente es el más interesante, según puntos de vista de mantos de carbón. Este alcanza a aflorar hacia el plano del Cauca. El Cuaternario y la capa de descomposición lo cubren en la mayor parte, de manera que no se perciben perfiles más o menos continuos. En los pocos afloramientos se distinguen areniscas y arcillas de color pardo (descomposición) hasta gris, la intercalación de algunos bancos de conglomerados cascajosos, de la misma indole que los del conjunto medio y del conjunto superior. En este conjunto se ha descubierto un manto de carbón, a orillas del Río Buga, a 1 km. al E de la ciudad. Los hoyos de cateo están derrumbados y todas las diligencias que hicimos para obtener datos sobre la potencialidad de los mantos de carbón no dieron resultado. Como en Buga hace mucha falta el carbón (la población cocina con leña, cuyo costo es alto), creemos que el manto no tenga potencia suficiente para ser explotable.

Con respecto a la edad de los sedimentos terciarios, hemos quedado en dudas. En los conglomerados no se han observado rodados de andesita, de manera que se podría suponer que se trata de equivalentes del Terciario Carbonífero de Antioquia, o sea del Piso del Cauca. En cambio, el estado poco avanzado de la carbonificación de los maderos y lo blando de los sedimentos nos indican que, a pesar de la falta de andesitas, puede tratarse del Piso de Honda. Al respecto interesa saber que no se han encontrado tobas en el Cuaternario de la región de San Pedro-Buga; en cambio parece que en el límite del conjunto conglomeráceo con el conjunto inferior, se intercalan bancos hasta lentes de un sedimento blanco-amarillo, liviano, enteramente de carácter tobáceo (veáanse muestras). En Presidente también hay un sedimento semejante, evidentemente diatomáceo, siendo que, según las observaciones de Stutzer, las tobas y el material diatomáceo (silíceo) van aparejados en el Valle del Cauca. En vista de estas condiciones, es probable que el conjunto conglomeráceo y el superior forman parte del piso de Honda, debiendo esperarse en definitiva los resultados de los estudios ulteriores.

Según las condiciones con areniscas entre San Pedro y Buga, se puede suponer que el conjunto carbonífero se halle encubierto bajo el contacto del plano del Valle con los sedimentos terciarios. Para aclarar si el conjunto es carbonífero, hay que hacer una perforación, por ejemplo al este de Buga. La conveniencia de hacer esta perforación depende de los resultados que se obtengan a medida que progresa el estudio de la formación del carbón.

Las referencias que hay sobre minas de oro en el pie de la Cordillera Central, allende la falla que separa los granitos del Terciario, nos han inducido a estudiar las rocas correspondientes. Al este de la faja Terciaria se extiende una faja de granitos que forma cuchillas bajas, con filos agudos, carentes de vegetación alta y que se distingue fácilmente sobre el terreno. Estos granitos comienzan a aflorar al sur del río Platina y se extienden con rumbo SSW hacia la región de San Ignacio, al oriente de Buga. Ellos se prolongan más al sur del río Buga. En el lado de los granitos hacia el Terciario se conocieron aluviones auríferos, que ya han explotado los españoles. Dadas las condiciones de las quebradas que nacen en el granito, el oro se halla en dicha roca, como lo atestigua también el hecho de que se han denunciado filones en estos granitos (Quebrada Mates). Como nosotros sólo hemos inspeccionado pasajeramente el terreno, no podemos decir si se trata de yacimientos explotables. Tampoco hay trabajos de cateo que merezcan llamarse así. Atrás de la formación de granitos (al E), sigue una faja de dioritas oscuras de grano fino que evidentemente ha consumido en gran parte los sedimentos antiguos que se hallan más al NNE (cabeceras Q. Morales, Sabaletas, región de Luciana etc). Dentro de las dioritas (San José, cerca de Los Canchos) se distinguen numerosos filones de cuarzo que llevan, en parte al menos, el rumbo NNE de la tectónica general. Hemos visitado la que se llama la mina de San José, situada en un filón de cuarzo triturado de 4 m. de grueso aproximadamente. El filón no se ha cateado, de manera que las observaciones se restringen a la copa. Esta no muestra sino algunas pintas de pirita, de manera que se podría suponer que el filón sería vano o pobre en oro. Para aclarar el asunto, hemos solicitado de los dueños que practicaran un socavón de unos 10 m. de largo dentro de la veta. Aparte de estos filones, se observaron otros de tamaño menor y algunos delgados, siendo importante anotar que se han encontrado granitos de oro en la quebrada San José, donde mejor se destacan. Según los rodados, también hay filones de cuarzo en la parte alta de la quebrada Chambimbal y en la parte alta del río Buga. En nuestro concepto, los filones de cuarzo pueden ser auríferos en algunos trayectos y consideramos de interés que se practicaran cateos sistemáticos.

Por lo visto, en la saliente que tiene la Cordillera Central hacia Buga, no predominan los sedimentos antiguos y (?) mesozoicos, ni tampoco las diabasas de la región de Sevilla, sino rocas eruptivas, en especial el granito y la diorita. El carácter esencialmente eruptivo de

las salientes cordilleranas (dinteles embrionarios) es una buena guía para determinar a grandes rasgos las zonas mineralizadas.

También la saliente de la Cordillera Occidental hacia la hoya del Cauca en la región de Buga está constituida de rocas eruptivas. Estas rocas no son ácidas sino básicas y se trata de diabasas que se distinguen de lejos por la descomposición roja intensa, laterítica. Estas rocas comienzan a aflorar a un kilómetro al este del Río Cauca y constituyen luego la hoya de la quebrada Mediacañoa, al menos hasta el curso medio. En el trayecto alto que visitamos, la diabasa adquiere carácter porfirítico. Parece que en el lado occidental del Valle, las diabasas tienen considerable extensión porque ellas (según Stutzer) forman el borde en la región de Cali y por la descomposición laterítica se distinguen hasta frente de Bugalagrande. En donde comienza el ascenso de la carretera al Calima por las rocas básicas, se pone de manifiesto la mineralización, al parecer piritica. Hemos acompañado rocas de este tipo para el análisis. De todas maneras el dato puede servir para la orientación sobre minerales.

TECTONICA

La Hoya del Cauca, al este de San Pedro-Buga, está limitada por una falla, a lo largo de la cual el Terciario se hunde hacia oriente. Al otro lado de la falla, la faja de granitos muestra la trituración (esquistosidad) avanzada, siendo particular que en los planos principales de fractura muestra la misma dirección y rumbo que el Terciario (Q. Chambimbal). El rumbo general de la falla es NNE, pero se distingue un trayecto ENE entre las quebradas San Pedro y Presidente. El tipo de la falla es el de la falla de Soapaga en la región entre Belén y Socha en Boyacá.

El Terciario en lo demás sólo muestra plegamientos y ondulaciones. Al W de la falla se reconoce un anticlinal bastante alto y amplio que hemos perseguido desde San Pedro hasta la región de San Ignacio en el río Buga. Hacia el poniente, el anticlinal se tiende en ondulaciones y tan lentamente que llegan a aflorar los sedimentos del conjunto inferior hacia el borde del plano del Cauca. En el trayecto correspondiente del río Buga, se intercala un sinclinal bien destacado, al W del cual el terreno se levanta primero fuertemente y luego en ondulaciones, que en promedio pueden dar un tendido apenas inclinado hacia el oriente.

ESTUDIOS GEOLOGICOS EN LA REGION DE JAMUNDI ENTRE LOS RIOS GUACHINTE Y JORDAN (1)

INFORME N° 1064
(Preliminar)

Por Jan Keizer
Geólogo.

Bogotá, agosto de 1954

I GEOLOGIA

I INTRODUCCION

Por Resolución N° 103 de 1954 del Ministerio de Minas y Petróleos, se nombró una comisión geológica constituida por el suscrito, como Geólogo, el señor Hernán Sánchez Villalobos (Geólogo Ayudante) y el señor Luis E. Parra (Preparador 1°), con el fin de investigar la geología de la región carbonífera de Jamundi (Valle del Cauca) y levantar los planos de las minas de carbón en dicha región.

El estudio geológico de las regiones carboníferas en el Dpto. del Valle es actualmente uno de los estudios preferenciales de la Sección de Fotogeología (Inst. Geol. Nal.) y es efectuado como colaboración al Instituto de Fomento Industrial. Este proyecto se puntualizó en la carta del 2 de diciembre de 1953, en la cual el Instituto Geológico Nacional ofrece efectuar la investigación geológica del Terciario carbonífero entre Suárez (Cauca) y Yumbo, y el Instituto de Fomento Industrial corre con los gastos de campo.

Durante esta comisión, la cual duró del 3 al 17 de febrero, se estudió una parte de la zona mencionada, a saber: la región al oeste de Jamundi entre los ríos Guachinte y Jordán.

La tarea fue el reconocimiento terrestre y el levantamiento topográfico y geológico de los socavones más importantes, así como una recolección sistemática de muestras, en lo posible de mantos de car-

(1) Ministerio de Minas y Petróleos. Instituto Geológico Nacional.
Sección de Fotogeología

bón. Después de la comisión, fue empezada, en la oficina de Fotogeología en Bogotá, la elaboración de los datos de campo y la interpretación de las fotos aéreas, así como el dibujo de la base topográfica de las planchas. La terminación de todo este trabajo se demoró mucho, debido a circunstancias fuera del control del suscrito.

En el campo visitamos sucesivamente: la región del Río Guachín- te al lado S (La Ferreira) y N (Las Cañas) (Teteral); la región al S. E. del caserío Ampudia (ver mapas 6, 10, 11, 12); el valle del Río Jamun- di en el área llamada Puente Vélez (d. 6, d. 7, e. 6, e. 7); la región entre Puente Vélez y el Río Jordán; la región carbonífera de Cascari- llal (d. 7, 8) las minas del Río Claro (Bucarica e. 9, f. 9) y alredeo- res, y la región del Río Jordán (e, f, g, h, 12, 13). Además, fue levan- tada la geología a lo largo de todas las carreteras existentes en el área a la cual fuimos comisionados.

Aunque muy importante desde el punto de vista económico, la re- gión mencionada ha sido investigada insuficientemente y por esta cau- sa faltan mapas y secciones geológicas, detalladas.

Un excelente estudio general de toda la región carbonífera del Va- lle fue hecho por el Dr. E. Hubach (*) en 1931-32, durante 6 meses en el campo, cuya elaboración se terminó en 1934; pero desafortuna- damente no se publicó. Por falta de una base topográfica exacta, así como por la extensión de la región de estudio, dicho autor no pudo presentar mapas y secciones geológicas topográficamente exactos; ade- más, en esa época no fue posible hacer buenos mapas por falta de fo- tografías aéreas. Otro estudio de los carbones del Valle, especialmente en la región de Jamundi, hizo el Dr. Fernando Paba Silva (**), el cual no fue terminado.

Para la elaboración del mapa geológico que acompaña este infor- me, se aprovecharon ampliaciones de las siguientes fotos:

Trabajo 47 B 96	624, 625, 626	
	667, 668, 665	Tomadas por el Instituto
	671, 672, 673, 674	Geográfico "A. Codazzi"
	723, 722, 721	(I. G. A. C.)

La geología fue proyectada sobre la base topográfica de las plan- chas 1:10.000 del I. G. A. C..

En el mismo tiempo se modificaron varios detalles topográficos

(*) E. Hubach. La geología de los Deptos. del Valle y Cauca, en espe- cial del carbón. 1934. Inf. N° 87.

(**) F. Paba Silva. Carbones del Dpto. del Valle. 1949-1950. Inf. 699?

(carreteras y ríos), por medio de las mencionadas fotografías, a causa de una diferente interpretación y especialmente porque desde la fecha en que fueron tomadas las vistas, ocurrieron muchos cambios en el terreno. Las siguientes planchas fueron usadas:

299- IV- D- 1, 2, 3, 4

299- IV- B- 3, 4

320- II- B- 1, 2.

Aunque el estudio de la formación carbonífera era nuestra tarea principal, es indispensable presentar una descripción de las formaciones circundantes, puesto que ellas yacen discordantemente sobre la formación carbonífera y por consecuencia cubren parcialmente los mantos de carbón o están estratigráficamente debajo de la formación productiva.

En el capítulo II presentamos la siguiente división de las formaciones de la región del mapa:

- A) Formación Diabásica
- B) Terciario carbonífero
- C) Las intrusiones del Terciario Superior
- D) El abanico de Jamundí
- E) Los aluviones y las bajas terrazas aluviales.

Como es natural, se describirá la formación carbonífera más extensamente, con todos los aspectos geológicos.

En el último capítulo se exponen las consideraciones económicas de los carbones y de la explotación de minas.

Las siguientes personas y entidades merecen nuestra gratitud: Los señores L. E. Parra y H. Sánchez V. de la Sección de Fotogeología, cuya ayuda en el campo fue muy eficiente; ellos se ocuparon en recoger muestras de carbón y en medir las galerías de las minas.

El doctor Bruno Reichmann, Ing. Químico de la C.C.G. y del I.P.I., quien efectuó los análisis de las muestras recogidas durante la comisión.

Los doctores H. Bürgl (Paleontólogo) y H. W. Nelson (Petrólogo), quienes determinaron unas muestras de alguna importancia científica.

Los señores dibujantes, quienes dieron buena presentación a los mapas, cortes, columnas, etc.

También queremos agradecer al doctor Alberto Vargas Martínez, Subgerente del Instituto de Fomento Industrial en Bogotá, así como al Dr. Alberto Londoño G., Gerente de la Planta Lavadora (I.F.I.) en

Call, quienes cooperaron cuanto les fue posible para el buen éxito de las labores en el terreno.

II DESCRIPCION GEOLOGICA DE LA REGION DEL MAPA

Las observaciones hechas en el campo, así como en las fotos aéreas, justifican hacer una subdivisión de las rocas que aparecen en la región estudiada, desde las formaciones más antiguas hasta las más modernas. Por medio de los símbolos (Kd, Ke, Tii, etc.) el lector puede encontrar fácilmente las zonas de rocas, descritas en el texto y en el mapa. Además, se puede encontrar en el mapa cualquier sitio, quebrada, colina etc. mencionados en el texto por medio de las letras y números índices en los márgenes del mapa. Por ejemplo: el caserío Guachinte está enmarcado en el mapa por el cuadro h-12.

A. LA FORMACION DIABASICA (Kd, Kl, Ke).

La formación más antigua que se presenta en la región del presente estudio y en otras partes del área carbonífera del Valle, se compone de antiguos derrames de lava (diabásica) con intercalaciones de rocas sedimentarias (líticas y esquistos arcillosos). Este material volcánico fue depositado en un ambiente marino. Esta serie de estratos volcánicos constituye el fundamento para las rocas del Terciario, las cuales yacen discordantemente sobre ellas.

Las diabasas de esta región se componen principalmente de plagioclasa y augita (*).

En el terreno se pueden encontrar "planos de estratificación" que parecen ser los planos de contacto de estos derrames. Entre dos derrames consecutivos siempre existe un plano de "disconformidad" originado por las diferencias en la consistencia de estas rocas volcánicas. Posteriormente la erosión acentuó los planos de disconformidad y esto ayuda al geólogo en la investigación del carácter de los contactos y de su posición tectónica (rumbo y buzamiento). Los diferentes derrames tienen el aspecto de gruesos estratos y así pudimos localizarlos morfológicamente en las fotos aéreas, especialmente de la región del alto Río Claro y Jamundí. En el campo medimos sin dificultad el rumbo y buzamiento de algunos derrames. Todos los derrames, así como las intercalaciones sedimentarias, buzaban hacia el oeste.

(*) Un excelente estudio petrológico sobre las rocas básicas de la Cordillera Occidental se encuentra en el informe de H. W. Nelson: Contribución al Conocimiento de la Cordillera Occidental - Sección de la Carretera al Mar (Valle del Cauca).

Otro, y más seguro, método para comprobar la localización de los contactos entre los derrames, es la investigación de las características microscópicas de las muestras.

Las investigaciones hechas en la región de San Antonio durante la comisión de diciembre de 1953 (*) implican la subdivisión de la Formación Diabásica en dos conjuntos:

Conjunto Diabásico

Conjunto Diabásico - Sedimentario.

El **Conjunto Diabásico** es la parte inferior de la Formación Diabásica y consta de casi 100% de derrames volcánicos. El espesor de este conjunto es de 5900 m.. Las rocas de este conjunto no existen en la región del mapa.

El **Conjunto Diabásico - Sedimentario** es la parte estratigráficamente superior de la Formación Diabásica.

Esta parte superior de la Formación Diabásica consta también de derrames de rocas volcánicas (diabasas Kd), pero con varias intercalaciones de sedimentos, especialmente de liditas (Kl) de las cuales existen 3 a 4 bancos de 80 a 100 metros de espesor. Las liditas tienen generalmente un color gris azulado, a veces blanco, debido a la meteorización de lixiviación. En secciones frescas el color es negro azulado.

La parte superior de este conjunto está cubierta parcialmente por los sedimentos del Terciario y Cuaternario. En la región del mapa afloran dos horizontes de liditas (Kl).

En el extremo occidental se encuentra una zona continua (Kl) desde el Río Claro (b9) a la región de "La Estrella" (e-1). Al NW de "La Estrella" hay buenos afloramientos de liditas con finas bandas y líneas de estratificación; entre los planos de estratificación encontramos microfósiles (foraminíferos), la cual microfauna todavía no se ha estudiado.

Otro horizonte de liditas está muy bien expuesto en la carretera de Jamundí a Cascarilla (d8), a corta distancia al Este del último mencionado, donde aparece la Formación Diabásica en la zona axial del Anticlinal de Confites (ver mapa).

Ahí, en una cantera afloran bancos de 15 a 30 cm. de espesor, de liditas de color gris-claro con intercalaciones de arcillas y esquistos arcillosos silíceos. Los esquistos contienen microfósiles marinos (fora-

(*) Kelzer: Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental, I. La Geología del Flanco Oriental de la Cordillera Occidental en la región de San Antonio Mpio. Jamundí, Valle del Cauca 1954. Informe N° 1.046 [véase en esta misma entrega].

miníferos) (*), que indican una edad Santoniana (Cretáceo superior). Con estos datos y otros que se encuentran en un reciente estudio del autor (**), se puede decir que todos los derrames volcánicos con las intercalaciones sedimentarias de la región del mapa, fueron depositados durante el **Cretáceo superior**. Además, se encuentran esquistos arcillosos (Ke) cerca del río Jamundi, así como en la región del Alto de Confites (C 10, 11). El espesor del conjunto Diabásico - Sedimentario es de 4.400 metros.

El gran espesor total de la Formación podría explicarse por la deposición de muchos derrames en un geosinclinal (facies volcánica submarina). La velocidad de "deposición" del material volcánico es mucho mayor que la velocidad de sedimentación de material no volcánico. Las muy escasas intercalaciones sedimentarias (intermedios en la actividad volcánica), son indicios de rápidas sucesiones de derrames de lava.

La región al suroeste del caserío Ampudia (d10) todavía no está bien estudiada. Allí debe terminar el sinclinal terciario de Cascarilla. Seguramente en esta parte continúan las capas de diabasas y los horizontes de liditas y en consecuencia faltarán los mantos terciarios de carbón.

En el valle del Río Guachinte (b 13) se encuentra en el lecho del río un afloramiento de lidita negra, de la cual todavía no se sabe la relación con los horizontes ya mencionados más al norte.

La tierra roja.

Una parte de la superficie de la Formación Diabásica está cubierta con una capa de tierra roja.

Esta tierra roja consta de espesas arcillas rojas y anaranjadas, localmente con manchas verdosas; a veces contienen vetas de cuarzo fracturadas.

Esta clase de suelo, que cubre vastas regiones en el occidente de Colombia, es el producto de la descomposición (laterización) de derrames de rocas volcánicas (diabasas).

Generalmente la laterización alcanza sólo poca profundidad.

Una capa de tierra roja puede originarse únicamente en regiones relativamente secas donde no existe una fuerte erosión.

(*) Las determinaciones fueron hechas por el Paleontólogo Jefe del Inst. Geológico Nacional Dr. H. Bürgl.

(**) Keizer op. cit.

Las rocas volcánicas están cubiertas por esta capa superficial de tierra roja, lo que no está indicado en el mapa.

Durante la fase orogénica andina (Mioceno), los derrames e intercalaciones de sedimentos tomaron una posición empinada e invertida y luego fueron parcialmente erodados. Suponemos que la descomposición se efectuó sobre este plano erodado. En consecuencia, podríamos colocar la última laterización principal (o sea de la capa superficial) en el Plio-Pleistoceno inferior. En unos sitios, en el contacto anormal donde yacen los sedimentos transgresivos del Terciario carbonífero sobre las rocas volcánicas del Cretáceo, se encuentran arcillas rojas un poco esquistasas. Los sedimentos transgresivos terciarios más bajos contienen masas de arcilla roja, irregularmente distribuidas en la serie inferior, con arenas rojas bien estratificadas (del Terciario pre-miocénico), pues debemos tomar en cuenta una laterización anterior a la primera transgresión del Terciario.

Durante la primera transgresión del Terciario sobre el plano continental del Cretáceo superior las arcillas lateríticas, ya existentes en aquel entonces, se insertaron entre los sedimentos arenosos transgresivos. Porque como creemos, se había formado una fase continental durante la transición Cretáceo-Terciario antes de la primera transgresión.

B. EL TERCIARIO CARBONIFERO (Tib, Tia, Tip, Tii, Tic).

a) Descripción de la región del Río Guachinte (Ver: Sección I y II).

Esta formación, la cual llama la atención por lo variado en su carácter litológico y por su importancia económica debida a la presencia de mantos de carbón, podemos describirla mediante las secciones I y II a lo largo del río Guachinte.

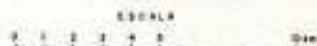
En esta parte, a ambos lados del río, la sección está estratigráficamente completa desde el "basamento" preterciario hasta el grupo El Olvido, en su continuación natural desde más antiguo hasta más moderno, sin tener pues, repeticiones estructurales, grandes sobresurrimientos etc.

La zona de la base (Tib) tiene un espesor de más o menos 425 metros en esta parte (b13 y b14).

Aunque no está muy bien expuesta la parte inferior, se puede observar que se compone de bancos de arenisca roja, localmente con intercalaciones delgadas de esquistos arcillosos abigarrados. Cerca de la base o sea al plano de transgresión, cambia gradualmente el as-

**MAPA GEOLOGICO PRELIMINAR DEL
VALLE ANDINO DEL CAUCA EN EL SECTOR
DEL DEPTO. DEL CAUCA**

POR: Jan Käizer



CONVENCIONES

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS DE TERNER		UNIDADES ESTRATIGRAFICAS DE ROCA	
TERNER	Cuaternario	HOLOCENO	FORMACION VALLE [H2] Deposito Planal. [H1] Terrazo.
		PLEISTOCENO	FORMACION ESPANA [E2] Manto Superior. Suelos pedra a roca. Manto inferior. Material sueltos de rocas, conglomerados, compactados a L. y S. de N y W de Popayán, con detrita de rocas volcánicas.
			FORMACION TAZUEL (No se presenta)	[T] Arena tabulares arenosas y detritadas
	MIOCENO	FORMACION SERRA	[S2] Manto Superior. Tales y arenosas apelmazadas y cementadas conglomeradas.
			[S1] Manto Medio. Arenosas gruesas, a o volutas y conglomeradas con arenofosforos sueltos de roca ligita.
			[S0] Manto inferior. Arenas detritadas redondeadas.
		QUATROCENO	GRUPO SERRA	FORMACION CAUCA SUPERIOR [CS2] Cuerpos basálticos y otros de cuenca. Manto Superior. Arenosas gruesas. [CS1] Arena arenolitas con mantos arenosos de arenofosforos bases de conglomerados de cuenca, tambien arenas volutas fosforadas.
	FORMACION CAUCA MEDIO [CM] Arenas arenolitas y arenas de arenofosforos con mantos arenolitas de arenofosforos en la parte inferior (Ternér). [C0] Puzos marcos, volutas del Cauce Medio (Ternér).		
	EOCENO	GRUPO SERRA	FORMACION CAUCA INFERIOR [CI] Arenas (La Cueva) en la parte superior, arenolitas arenolitas con gran conglomerado conglomerados de arenofosforos en la parte inferior.
			FORMACION NOBLESE	[N] Arenas arenolitas arenolitas, volutas, volutas y arenolitas. [N1] Arenas y arenolitas detritadas en la parte superior e inferior.
MESOCENO	Cretaceo	GRUPO SERRA	FORMACION SERRA SUPERIOR [SS] Carrizales de Cerezo, alternando con talas, arenofosforos y arenas, fosforadas.
			FORMACION SERRA INFERIOR [SI] Arenas de detrita de roca voluta.
	Jurásico	GRUPO SERRA	[J] Especies arenolitas, arena gruesas y arenas, arenas y volutas arena con L. y S. de N y W de Popayán, con detrita de rocas volcánicas.
			[P] Arenas y arenolitas con arenofosforos y arena. En la base volutas arenolitas (Formación Serrera) y arenas de arena arenolitas del norte (Ternér) de la Cordillera Central.
PREMIOCENO?		[P1] Arenas y arenolitas con arenofosforos y arena. En la base volutas arenolitas (Formación Serrera) y arenas de arena arenolitas del norte (Ternér) de la Cordillera Central.	

MAPA 7. — Geología del valandino del Cauca.

pecto de arenisca roja en una roca más brechosa y muy dura. Esta brecha, cuyos componentes son más finos hasta medianos, consta de fragmentos de lidita (y diabasa) y esquisto arcilloso gris con una matriz de arcilla roja muy ferruginosa. El propio plano de discordancia no aflora, pero en las fotos aéreas se ve la diferencia morfológica entre las rocas del Terciario y las de la Formación Diabásica.

Hacia la parte superior, se encuentra una alternación de areniscas rojas y arcillas rojas. Un banco de arenisca roja es más grueso y por consiguiente está marcado en la foto: este horizonte se puede observar sobre más de 10 km.; el espesor es más o menos de 25-30 metros (Se omite la foto).

Más arriba hacia la arenisca de la Cima, aumentan los bancos de arenisca cuarcítica. El color de las areniscas cambia hacia arriba hasta volverse amarillo.

La parte superior consta de muchos bancos de arenisca cuarcítica dura que se componen de casi 100% de granos de cuarzo. Los bancos tienen 10 y más metros de espesor, con delgadas intercalaciones de esquisto arcilloso, el cual contiene escasas veticas de carbón, o esquisto carbonoso.

El filo más alto de la parte terciaria, bien reconocible en el campo, así como en las fotos aéreas, consta de areniscas cuarcíticas duras, localmente con intercalaciones de arenisca gruesa con componentes de cuarzo blanco y lidita negra, de color blanco-amarillo (Tia). Este importante escarpamiento es un **horizonte de guía** que está presente en toda la región y especialmente muy sobresaliente entre el Río Timba y el Río Guachinte y más hacia el norte hasta la región de Ampudia.

El espesor es de unos 140 metros en la angostura del río Guachinte (b 14). Este horizonte, que llamamos **Horizonte de la Cima**, está bien estratificado, formando bancos gruesos, casi sin intercalaciones de rocas pelíticas. En varias partes los bancos están casi verticales. En el contacto superior de este horizonte hay una falla longitudinal, cuyo desplazamiento es pequeño.

Estratigráficamente, encima del Horizonte de la Cima encontramos la primera y más antigua de las zonas productivas (Tip) (véase el plano de las zonas etc. zona N° 1, fig. 1), la cual es la misma en donde se explotan los carbones en las Hulleras del Timba. El espesor en promedio es de más o menos 370 m.

La zona está compuesta por arcillas duras, esquistos arcillosos y arcillas arenosas con intercalaciones de bancos de arena dura y arenisca con mantos de carbón.

En las siguientes columnas (fig. 2) se ve la sucesión y la relación entre los estratos en la región del río Guachinte, comparada con la del sector de las Hulleras de Timba.

En la región de La Ferreira, el grupo La Grande forma un conjunto de mantos explotables, de los cuales los más importantes son:

La Grande	2.90	bituminoso
La Peñosa	1.15	
La Octaviana	1.50	
La Ciega	1.80	bituminoso
La Gasosa	1.20	bituminoso

y del área de Las Cañas:

Cogollo - 2	0.50	
Cogollo - 1	0.50-100	bituminoso
La Gasosa	0.60-100	sub-bituminoso

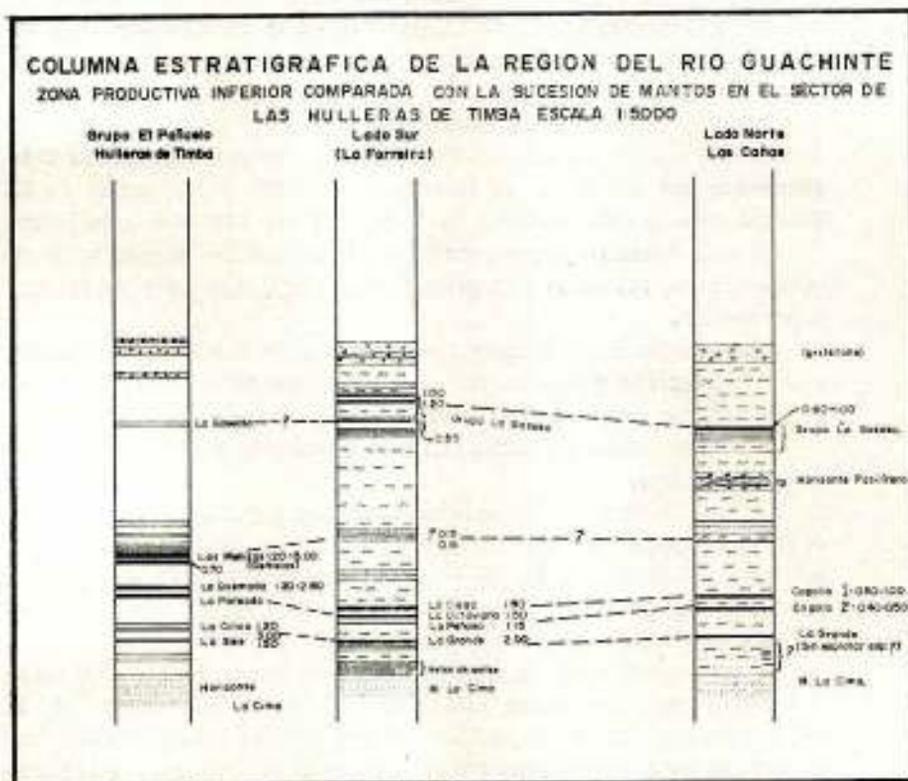


FIG. 2. — Columna estratigráfica de la región del río Guachinte.

Estratigráficamente encima de la zona productiva inferior sigue una serie de arcillas duras, arcillas arenosas abigarradas localmente ferruginosas (mottled sandy clays), con algunas intercalaciones de bancos de arenisca (Tii).

Estos sedimentos yacen sobre un banco de arenisca de grano grueso (gritstone). La serie que tiene un espesor de 50 a 60 metros contiene en la parte superior lenticitos insignificantes de carbón.

Esta zona de arcillas, arenas y areniscas es desde el punto de vista económico estéril. En realidad hay también, aunque muy escasas, vetas y franjas de carbón, pero sin tener significación alguna (Tii). Morfológicamente esta zona es relativamente baja y blanda. El espesor es de 380-400 m.. En la parte meridional del río Guachinte corre, en el rumbo de esta zona de rocas, la quebrada La Rampla; septentrional del río Guachinte se encuentra el pandán, la Q. de las Alzates (e13, e14).

En la parte superior se encuentran bancos de conglomerados de cuarzo (1c); el más bajo está intercalado en la mencionada zona estéril y consta de conglomerados finos con componentes de cuarzo (p. p. gritstone).

El límite entre la zona estéril y la zona productiva superior está constituido por otro banco de 26 metros de espesor, el llamado **Conglomerado del Túnel**; en la carretera de Timba a las minas de La Ferreira (Río Guachinte-Sur) hay un túnel que atraviesa este banco.

En este túnel se pueden estudiar fácilmente las propiedades del conglomerado, así como una pequeña falla con una zona de fricción y trituración.

Este conglomerado es muy típico, en cuanto a la absoluta uniformidad de los componentes. El único componente es siempre cuarzo blanco lechoso con una matrix del mismo material, pero más fino.

Estos dos notables bancos continúan hacia el norte más allá del río Jordán (Tic).

Los dos horizontes conglomeráticos están separados por 60-80 m. de arcillas regularmente estratificadas, con unas cuatro vetas de carbón (ver columnas fig. 3). La veta, llamada San Pedro o el "Túnel", se explotó hace 8 años y es un manto de carbón bituminoso de 55 cm. Parece que esta veta no tiene ningún valor.

La zona productiva superior, la cual yace concordantemente sobre el conglomerado del Túnel, está representada en la columna de la fig. 3. Esta zona consta de arcillas duras y arcillas con varias intercalaciones de bancos conglomeráticos y areniscas (ver columna y el plano de las zonas carboníferas etc. zona N° 2 fig. 1).

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA PRODUCTIVA SUPERIOR
EN LA REGION DEL RIO GUACHINTE

ESCALA 1:5000

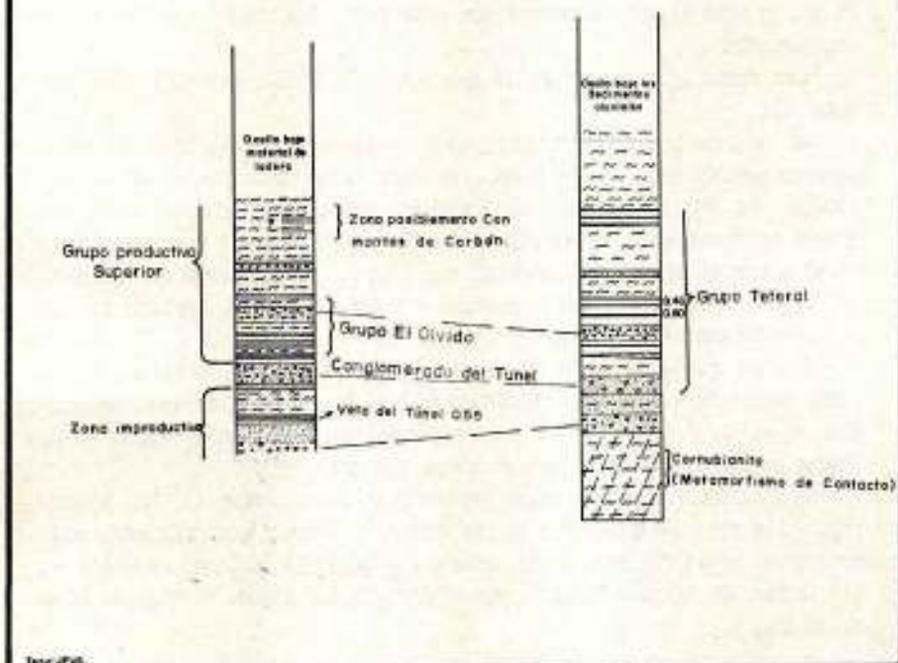


FIG. 3. — Columna estratigráfica zona productiva superior del río Guachinte.

Se explotan dos mantos del grupo El Ovido en unos socavones que están a más o menos 500 metros al sur de la carretera.

El Ovido 1	2.50 superbituminoso
El Ovido 2	1.50 superbituminoso

El lado sur, más al este de la zona de El Ovido, está cubierto por bloques de conglomerados y no se ve mucho de la formación. Posiblemente hay más mantos; sin embargo, eso no se sabe con seguridad. En un sitio (C14) hay un pequeño afloramiento de arcillas duras grises con una estructura globulosa y escasos restos de conchas marinas. Al costado occidental de la intrusión (Tsp), al lado sur del

Río Guachinte, se encuentran unos afloramientos de arcilla dura, cuarcita dura de grano grueso, arcillas y areniscas rojas, los cuales buzan hacia el este y afloran en las cercanías de la intrusión. Al este de esta intrusión el Terciario carbonífero está oculto bajo las deposiciones aluviales de los ríos Timba y Cauca.

Al norte del Río Guachinte encontramos la misma zona productiva superior, aunque mal expuesta por el material suelto proveniente de los bancos conglomeráticos. En esta parte los mantos no están en explotación.

Las rocas ígneas forman la continuación de las mismas rocas del lado sur.

Al este de la intrusión (d14, e14) se encuentra una serie de sedimentos del Terciario carbonífero, la cual falta en la región de la hacienda "La Ferreira". Este conjunto de estratos constituye en sí un grupo de mantos de carbón, llamado **Grupo de Teteral** (ver zona N° 3 en el plano de las zonas carboníferas, Fig. 1); el conjunto se compone de bancos conglomerados y areniscas intercaladas en arcillas arenosas con mantos de carbón.

Parece que esta serie representa una **repetición anormal** de la zona productiva superior (El Olvido) con los bancos de conglomerados, causada por una falla que probablemente se halla en la zona lineal de las intrusiones (ver el mapa y fig. 4).

Los mismos bancos conglomeráticos y de arenisca (1, ?3) aparecen en la zona de Teteral, aunque menos anchos y generalmente más arenosos; estas diferencias en espesor y litología indican cambios en las facies. El desplazamiento puede ser grande según la construcción de la fig. 4.

Es plausible creer que el magma subiera por la zona de dislocación. Según la configuración estructural del sincinal de Timba-Naranjal (región de Timba, sur de la región del mapa), es improbable que el conjunto de Teteral sea una serie de sedimentos más modernos que los de la zona productiva superior (El Olvido, Bucarica etc.) como lo supone Hubach (*). En la fig. N° 3 muestra la columna estratigráfica con los mantos de carbón comparada con la del grupo "El Olvido". Hace muchos años se explotaron unas vetas del grupo "Teteral"; actualmente los socavones se hallan abandonados. El carbón tiene un carácter **subantracítico** por la proximidad de la intrusión (k18).

(*) Hubach. - Geología de los departamentos del Valle y Cauca, pág. 134, Informe N° 87.

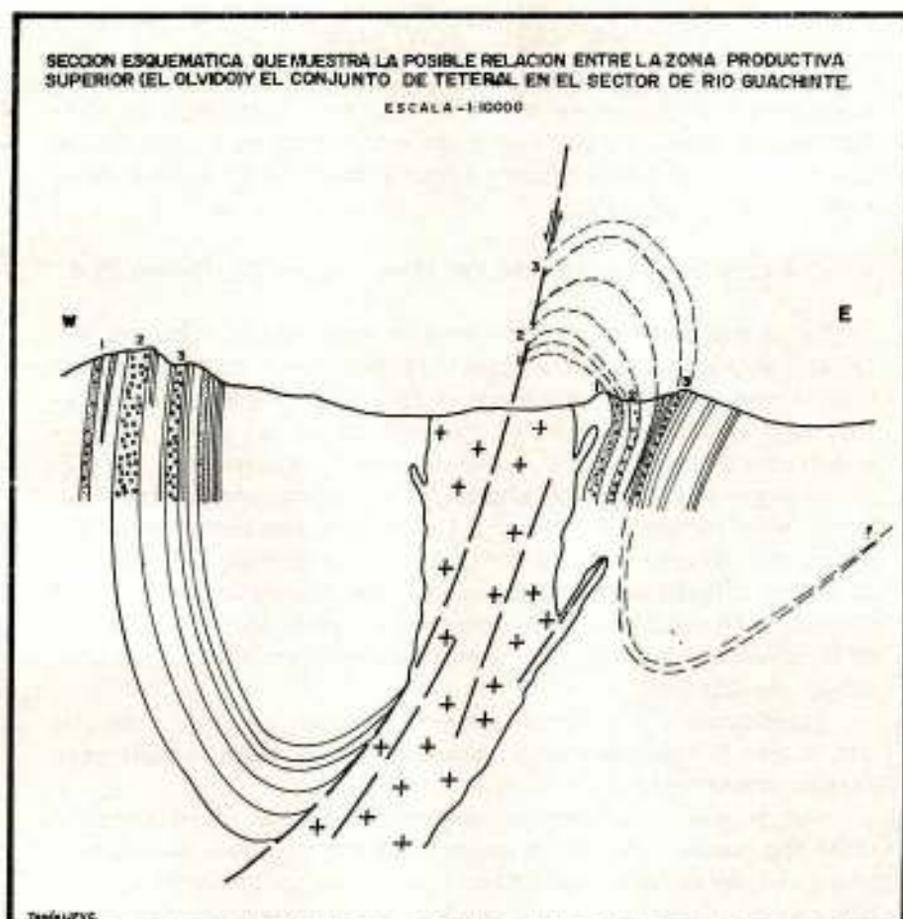


FIG. 4. — Esquema de posible relación entre zonas El Olvido y Teteral (Guachinte).

b) La continuación directa hacia el norte de los estratos expuestos en el Río Guachinte.

Todas las unidades ya descritas, siguen hacia el norte. En la región sureste de Ampudia (d11) encontramos también a continuación de las vetas del grupo Cogollo-La Grande; parece que faltan sin embargo los mantos del grupo de La Grasosa. La veta principal, explotada en la región de Las Cañas, desaparece por completo así como las otras vetas del mismo grupo.

En esta región (al este de Ampudia) una parte muy importante del Terciario carbonífero está cubierta discordantemente por deposiciones fluviales del Pleistoceno (Abanico de Jamundi - Q-A). La continuación de los mantos de "El Olvido" está oculta bajo los sedimentos, pero deben existir también en esta región; en la incisión del Río Claro encontramos el mismo importante grupo de mantos de la **zona productiva superior**.

c) **La región carbonífera del Río Claro** (e9, f9) Ver Sección Nº 3.

En el Río Claro afloran las mismas rocas mencionadas del Río Guachinte, menos las rocas ígneas. Se puede ver muy claramente toda la sucesión, especialmente en el área de la angostura de Bucarica en la incisión del río en el Abanico. Ahí los dos bancos de conglomerados sobresalen como dos enormes paredes cortadas por el río.

El banco oriental del conglomerado es el mismo conglomerado del Túnel de la carretera de Timba a La Ferreira. Los bancos son completamente verticales y separados por arcillas y esquistos arcillosos. Al costado **oriental del conglomerado de Túnel** se encuentra un grupo de mantos de carbón, los cuales tienen un aspecto muy favorable para la explotación, en cuanto a la posición tectónica, número y posibilidades de transporte.

Actualmente dos empresas mineras explotan las vetas verticales que forman la continuación del grupo El Olvido, o sea la **zona productiva superior** (ver fig. 1, zona Nº 2, y fig. 3).

Esta zona se compone principalmente de arcillas azules estratificadas con manto de carbón en la parte inferior y arcillas, nodulosas y globulosas, de un color azul grisoso oscuro, con un horizonte conchífero (*Pecten*, *Cerithium*, *Cardium* etc.). Los mencionados afloramientos fosilíferos se hallan en la carretera de Jamundi a la mina de Bucarica, entre la entrada de la mina San Antonio y la mina Bucarica Sur.

Al seguir el camino por la ribera derecha desde la mina Bucarica río arriba, pasamos después de los dos bancos de conglomerados de cuarzo, la zona "estéril" con arcillas duras, arcillas arenosas con algunas vetas de carbón insignificantes y unas intercalaciones de bancos de areniscas.

Luego sigue una serie de arcillas esquistosas, arcillas estratificadas con unos mantos de carbón: el grupo de "El Carmen".

De los mantos se está explotando únicamente la veta **Carmen** (1.10 m.).

Esta zona carbonífera es la continuación septentrional de la región de "Las Cañas", con las vetas Cogollo y La Grande; pues es la misma zona productiva inferior (fig. 1, zona Nº 1) que explotan las Hulleras de Timba.

En la siguiente columna (fig. 5) mostraremos las zonas productivas con los mantos, los conglomerados y las areniscas en la sucesión correspondiente a la región del Río Claro.

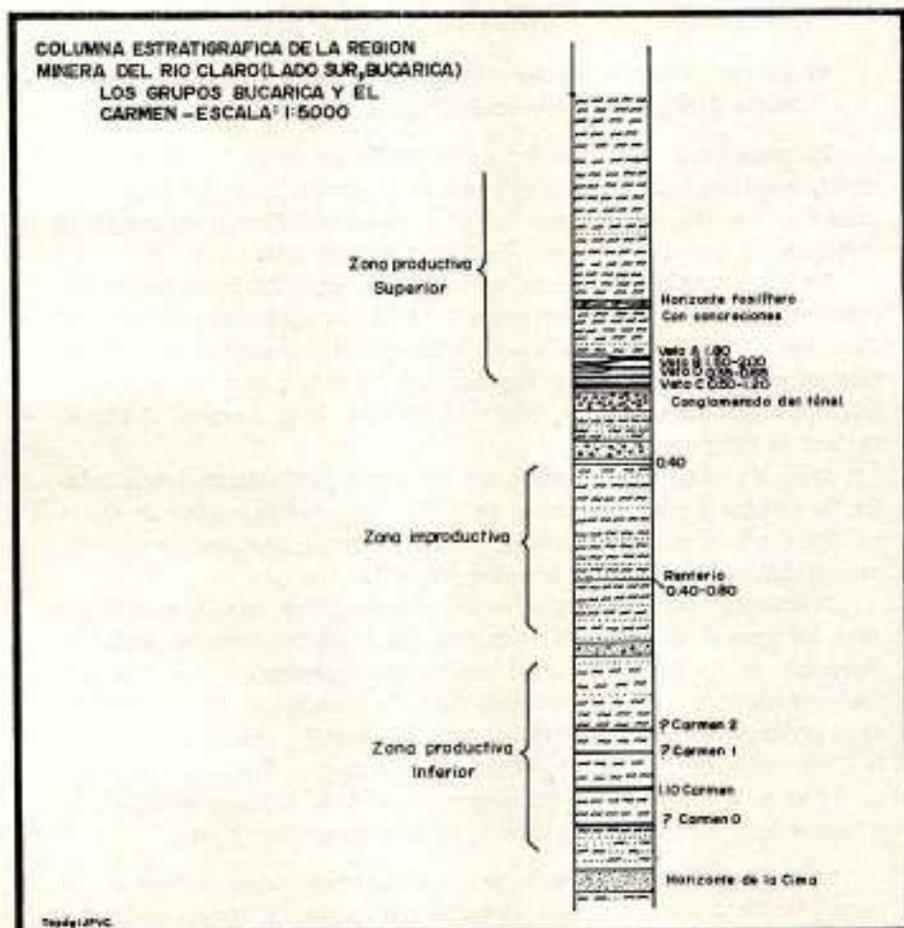


FIG. 5. — Columna estratigráfica de la región minera del río Claro, lado sur.

Se explotan las siguientes vetas de carbón:

	Veta A- Subbituminoso-	1.80
Grupo Bucarica	Veta B- Subbituminoso-	2.00
	Veta O- Bituminoso	0.35-0.65
	Veta C- Bituminoso	1.20
Grupo El Carmen	Veta Carmen Bituminoso-	1.10

La arenisca de la Cima es más delgada en esta parte que en la región del Río Guachinte, debido a la sedimentación.

d) La continuación de los estratos mencionados en a) hacia el Norte desde el Río Claro: Anticlinal del Auxilio.

La zona productiva inferior (zona Nº 1) se puede seguir hacia el norte, especialmente en el sector donde la cruza la carretera de Jamundi a San Antonio. Los mantos de carbón que afloran en ese cruce están en un pequeño sinclinal (e8) (ver sección IV).

En las cercanías (sur de la carretera), se explotan las vetas en dos socavones (carbón subbituminoso). Más al norte, en la carretera de Jamundi a Puente Vélez, se cruza de nuevo esta zona productiva inferior en el sitio llamado "La Esperanza"; en esta parte todos los socavones están abandonados. Según el análisis de la muestra K 138, el carbón es bituminoso.

También más hacia el norte las dos zonas productivas deben existir. Se pueden seguir fácilmente los bancos de conglomerados de cuarzo (Tic), así como el banco de arenisca gruesa (gritstone), los cuales atraviesan en esta parte el abanico (g6, g5).

Aparte de la complicación en la carretera Jamundi-San Antonio (e8), es normal el desarrollo tectónico de todos los estratos entre el Horizonte de la Cima y la zona productiva superior, pero parece que ahí este conjunto (el mismo descrito del río Guachinte) forma el flanco oriental de un anticlinal (Anticlinal del Auxilio) con la arenisca de la Cima en la zona axial (f5, g4, g3, h2, ver mapa). Por falta de tiempo no se pudo investigar suficientemente el área del bajo Río Jordán y Jamundi, que contiene mantos de carbón superbituminoso.

El Anticlinal del Auxilio nace en los plegamientos visibles en la carretera de Jamundi a San Antonio (e8). Más al norte, cerca del Río Jamundi (e7, f7), la estructura se ensancha notablemente en las areniscas de la anticlinal, sigue hacia el norte y forma la zona axial del mencionado anticlinal. Este anticlinal tiene una forma asimétrica; los bancos conglomeráticos en el flanco oriental son verticales, mien-

tras que los mismos en el flanco occidental buzan de 35° hasta 60° hacia el oeste. Este flanco occidental está morfológicamente muy claro.

En la vía de Jamundi-Puente Vélez, afloran los conglomerados de cuarzo ya mencionados en las páginas anteriores. El banco estratigráficamente superior es el más grueso y es el mismo conglomerado del Túnel de la carretera de Timba a La Ferreira que aflora en la hoya del Río Guachinte. El banco inferior es siempre menos grueso, más bien una arenisca gruesa (gritstone) que contiene gas (metano), el cual en este caso es importante para la correlación con otros bancos conglomeráticos. Hacia abajo sigue una serie de arenas abigarradas; esta serie debe corresponder con la zona estéril (o improductiva) de la región de Guachinte. Después siguen arcillas estratificadas y esquistos arcillosos con mantos de carbón (la zona productiva inferior) de "La Esperanza".

La zona productiva superior con los mismos grupos de mantos que afloran en el Río Claro, está oculta bajo los sedimentos fluviales del Abanico de Jamundi. El afloramiento más oriental de las rocas terciarias es el conglomerado del Túnel.

Ahi los dos bancos de conglomerados (Tic) de cuarzo, corresponden con el conglomerado del Túnel y con la arenisca ripiosa y conglomerática (del flanco occidental), de tal modo que el banco occidental corresponde con el otro flanco (pero del flanco oriental, el más oriental).

Ambos bancos idénticos inferiores contienen escapes de gas (metano) (g7), (f6) en la superficie. Los dos bancos en el flanco occidental están separados por una zona muy delgada (1-3 metros) de arcilla dura.

El conglomerado consta de componentes de cuarzo muy homogéneo en cuanto al tamaño y composición.

Arriba del nacimiento de la Quebrada La Chontadura (f4) hay unos leves plegamientos, bien visibles en la foto aérea.

Parece que toda la zona anticlinal (Anticlinal del Auxilio) se hundió a lo largo de una extensa falla longitudinal (Falla de Mandul). El contacto entre el conglomerado superior (o del Túnel) y las rocas rojas de la base a la ribera occidental de la Quebrada Mandul es anormal (ver secciones N° VI y VII).

El conjunto de bancos conglomeráticos está limitado en el sur por una falla transversal, la cual diverge desde un punto de la Falla de Mandul, en la proximidad del Río Jamundi (e7).

Los terrenos al este de los conglomerados todavía no están suficientemente investigados. Bajo el horizonte inferior (al oeste del

Alto del Auxilio), se encuentran unos mantos de carbón; los mismos mantos pueden observarse cerca de la Quebrada de Buitrera. Hace algún tiempo se explotaron estos mantos al N. de la Quebrada de La Chontadura.

Los bancos de conglomerados y los mencionados mantos de carbón están muy bien expuestos en el camino de Jamundi a San Vicente (N. del Río Jordán). Ahí se ven los mantos de la zona que deben pertenecer a la **zona productiva inferior** (g2) en el flanco oriental del Anticlinal del Auxilio. Más hacia el oeste (g2), separado por un banco de conglomerado de cuarzo, se encuentra un grupo de mantos delgados, los mantos que afloran en la Quebrada La Chontadura. Luego siguen los dos mencionados bancos de conglomerados. Sobre el horizonte superior conglomerático de la Cuchilla de Faldiqueras (o sea el conglomerado del Túnel), yacen arcillas estratificadas con mantos de carbón. Allá se encuentran once vetas en total; las cuatro más gruesas tienen de espesor de 0.80 m., 1.00 m., 0.50 m., 0.45 m..

Estas vetas de carbón yacen estratigráficamente sobre el conglomerado superior del Túnel, pues no hallamos ahí en la zona productiva superior, la cual termina abruptamente contra la Falla de Mandul. Más hacia el oeste sigue otro grupo de mantos, pero este pertenece al Sinclinal de Cascarillal.

e) El Sinclinal de Cascarillal.

En la carretera de Jamundi a San Antonio, al oeste del caserío Cascarillal se encuentra una pequeña cantera donde se explotan liditas, pertenecientes al Cretáceo superior. En la cantera se ve muy claramente un pliegue anticlinal; ahí está la zona del **Anticlinal de Confites**.

Desde la cantera a lo largo de la carretera hacia el este y el oeste se encuentran las mismas rocas, en la misma sucesión.

Los sedimentos rojos estériles de la base, fueron transgresivamente depositados sobre las liditas, al parecer de modo concordante. El contacto, en realidad representa una pseudo-concordancia. Hay que tener en cuenta un hiato en el Cretáceo superior (Maestrichtiano). Hacia el este encontramos la misma sucesión del Río Guachinte, es decir, rocas abigarradas basales, areniscas (tipo de la Cima) y la **zona productiva inferior**.

Hacia el oeste se encuentra un sinclinal con los sedimentos arcillosos de la **zona productiva inferior** en la parte axial. Entre la mencionada cantera y la población de Cascarillal encontramos las are-

niscas rojas, localmente arcillas arenosas abigarradas; después un banco de arenisca gruesa (o gritstone) con granos de cuarzo y lidita. En el norte de la carretera este horizonte es más duro. Parece que este banco de arenisca representa el Horizonte de la Cima. Encima de este horizonte yace estratigráficamente una serie de arcillas grises que contienen mantos de carbón, pertenecientes seguramente a la **zona productiva inferior**. Se encuentran ahí muchas intercalaciones de bancos de arenisca ferruginosa gruesa y fina, a veces con concreciones de hierro; las vetas de carbón siempre están intercaladas en arcillas duras.

Al oeste de Cascarillal, expuestos en la carretera a San Antonio, se ven los macizos bancos de arenisca blanca localmente muy duros, los cuales seguramente representan el Horizonte de la Cima, pero en el flanco Occidental. El Horizonte de la Cima tiene allí menos espesor (30-60 m.) que en la región del Río Guachinte. Abajo de este horizonte se encuentran 200-350 m. de arcillas rojas y abigarradas, arenas y areniscas rojas localmente conglomeráticas con concreciones de hierro (el color de los sedimentos cambia hacia arriba hasta volverse amarillo). La parte inferior pues, contiene los sedimentos transgresivos con inserciones residuales de arcilla roja, provenientes de la capa de tierra roja de la transición Cretáceo Terciario (probablemente Maestrichtiano). Estos sedimentos transgresivos (Tib) yacen discordantemente sobre los derrames (Kd) y bancos de liditas, aunque el ángulo de discordancia debe ser pequeño.

La forma general en esta parte es un sinclinal invertido hacia el oeste, pero la estructura está muy subplegada en muchos pliegues secundarios; además con pequeñas dislocaciones, razón por la cual la minería de la región de Cascarillal encuentra muchas dificultades en la explotación de los mantos irregulares, a veces laminados; estos mantos localmente terminan súbitamente contra fallas (ver fig. 8).

El Sinclinal de Cascarillal se cierra hacia el sur; la zona productiva se extiende hasta el Río Claro. Más al sur no se encuentra carbón en cantidades económicas, en tanto que el Horizonte de la Cima y la zona basal transgresiva siguen más hacia el sur.

Esta estructura continúa desde la carretera hacia el norte, pasa el Río Jamundí y el Río Jordán y está limitada al costado oriental por la gran Falla de Mandul.

Esta falla comienza en el sur, en la zona axial del **Anticlinal de Confites**.

Como ya dijimos, en la zona axial del Sinclinal de Cascarillal se

CROQUIS QUE MUESTRA LOS DETALLES DE LAS COMPLICACIONES EN LOS ESTRATOS ARCILLOSOS Y CARBONOSOS DEL SINCLINAL DE CASCARILLAL CERCA DE LA ENTRADA DE LA MINA "CASCARILLAL SUR" (Mina de Guzmán y Victoria)
 (Caserío Cascarillal - Mpio. Jamundí, Valle del Cauca.)

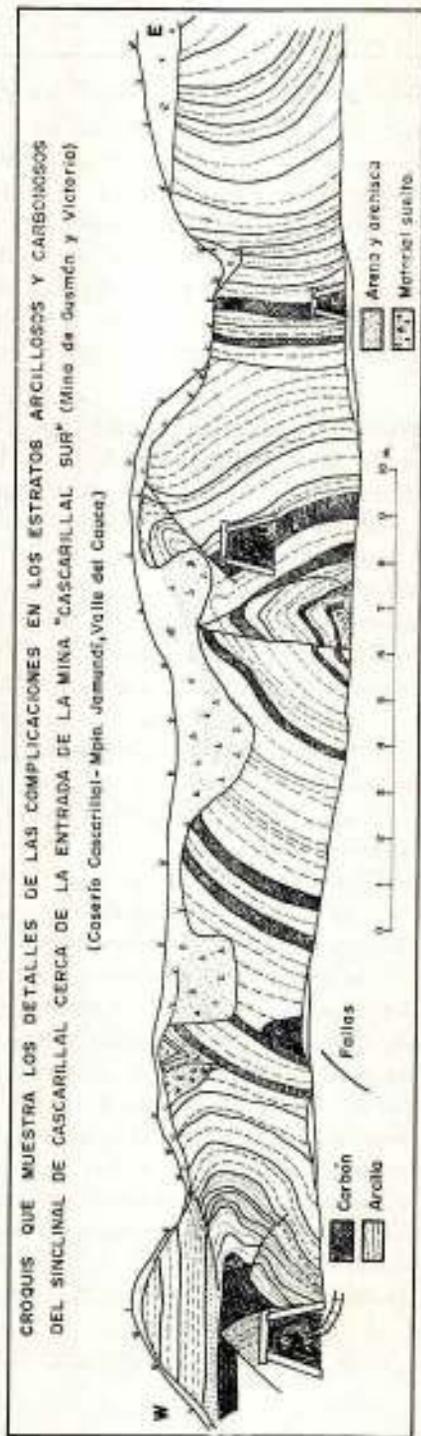


FIG. 6. — Detalles de las complicaciones en los estratos arcillosos y carbonosos del sinclinal de Cascarillal.

encuentra un conjunto de mantos de la parte **productiva inferior** (Tip). Hay tres centros de explotación a saber:

Cascarillal Sur (d9-d8)

Cascarillal Norte (d7)

Puente Vélez - en el valle del Río Jamundi (d7, e7, e6).

Desde la región de Puente Vélez (Río Jamundi) hacia el norte se encuentran también los mantos de carbón, pero parece que ellos disminuyen en espesor y en cantidad las arcillas en las regiones de Cascarillal y Puente Vélez cambian hacia el norte hasta volverse más arenosas.

En la Cuchilla de Vélez (e4) hay unas vetas de poco espesor, intercaladas en arcillas arenosas, pero sin ningún valor económico, lo mismo en cuanto al transporte.

En el camino de San Vicente (al este de Estrella, F1), precisamente en el eje de la **zona productiva inferior** (Tip), hay 5 mantos de carbón de 0.20, 0.40 y 0.15 m.; la veta más occidental yace sobre un banco de arenisca; las otras están intercaladas entre estratos arcillosos. La zona productiva es ahí relativamente estrecha. Las secciones VI y VII muestran la posible forma del Sinclinal (Sinclinal de Cascarillal).

En la mina de Cascarillal-Sur (Guzmán y Victoria) (d9) las siguientes vetas son explotables:

Paralela - 0.70-0.90 m. - subbituminoso - Veta Nº 4

La Grande - 0.80-2.00 m. - bituminoso - Veta Nº 5

La Veta - 0.60 m. - bituminoso - Veta Nº 1

En esta mina de Guzmán y Victoria la explotación de la zona "microplegada" es muy problemática. Las fuerzas tectónicas durante la fase tectogenética andina (Terciario Superior) deformaban los estratos de arcillas y las vetas de carbón de tal manera que a **pequeña distancia**, estas vetas están localmente dobladas de la posición vertical a la horizontal; además, los espesores varían de 11 hasta 0.20 metros. Por consiguiente, el sitio de la mina con respecto a las estructuras complicadas de los estratos es muy desfavorable.

La anterior ilustración (fig. 6) muestra la complicación tectónica, fuera de la bocamina principal.

Al norte de la carretera de Cascarillal a San Antonio, cerca del extremo del ramal septentrional de Cascarillal, está la mina San Antonio-Cascarillal (o Cascarillal N: dueña Esther Gualteros) (d7).

Actualmente se están explotando las vetas:

Veta Nº 3 - La Guevona	- 1.00 - bituminoso
Veta Nº 4 - La Peñosa	- 1.60 - bituminoso
Veta Nº 5 - La Paralela	- 1.40 - bituminoso

Estas vetas de la zona productiva inferior corresponden probablemente con los grupos La Gasosa y Cogollo de la región del Río Guachinte. La fig. 7 da la distribución de las vetas, cortadas por la galería principal.

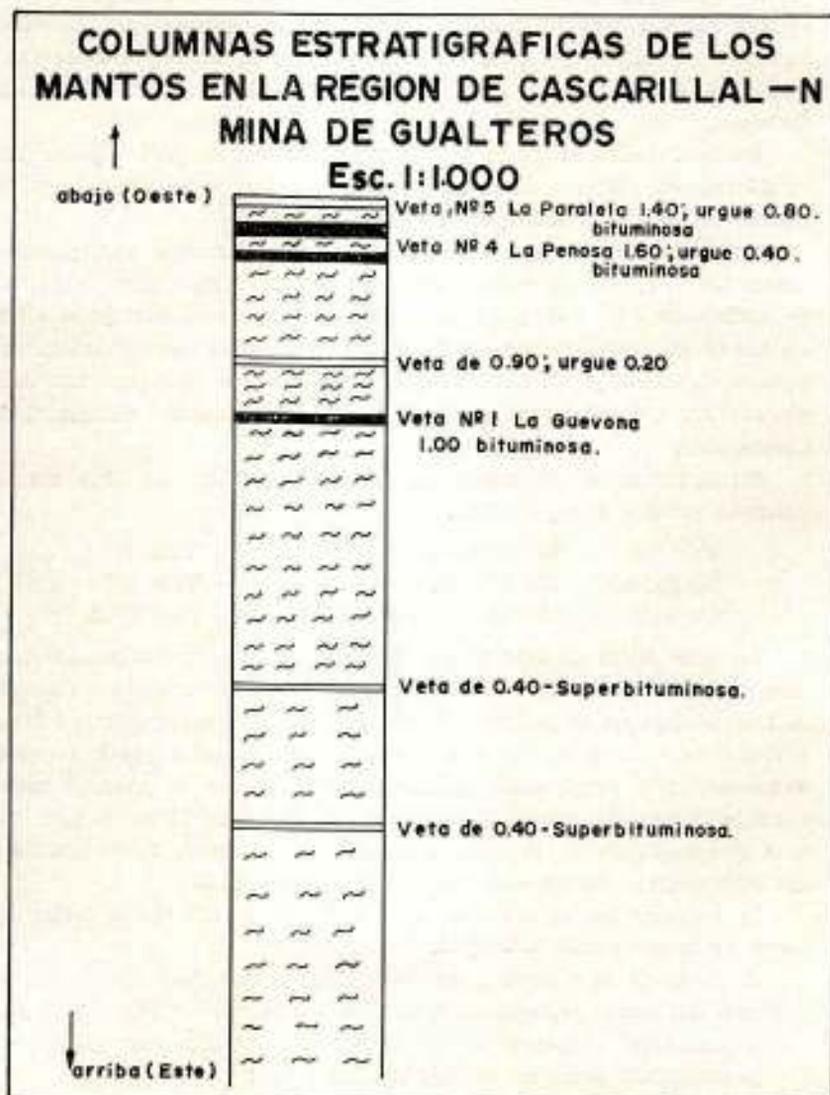


FIG. 7. — Columnas estratigráficas de los mantos de Cascarillal N.

Puente Vélez. Un importante sector de minería se encuentra en el valle del Río Jamundí, donde se explotan los mantos de carbón de la zona productiva inferior en el Sinclinal de Cascarillal. Este sector se llama Puente Vélez (Ver Sección Nº V).

También en esta parte del Sinclinal está subplegado y fallado. Las minas están situadas en ambos flancos de la estructura.

Las rocas están constituidas por arcillas pizarrosas, parcialmente arenosas.

La arenisca del Horizonte de la Cima (Tia) está presente, en bancos gruesos muy claramente expuestos, en la carretera de Jamundí a Puente Vélez; esas son areniscas de grano grueso, localmente areniscas ripiosas (gritstone), a veces con delgadas intercalaciones de arcillas estratificadas con unas pequeñas vetas de carbón.

En el flanco oriental del Anticlinal de Confites se ven suaves pliegues en la arenisca de la Cima, los cuales son muy anchos. Esto explica por qué están expuestas a lo largo de tanto trecho las rocas del mencionado horizonte.

Encima de la arenisca de la Cima en el flanco oriental del Sinclinal de Cascarillal, se encuentran los grupos de mantos "Puente Vélez" 1 y 2 al lado sur del Río Jamundí (e7), el grupo Codal (e6) al lado del mismo río.

La columna de la figura 8 muestra los grupos de mantos de Puente Vélez 1 y 2 en la sucesión estratigráfica.

Frente del punto del caserío expuesto en la carretera, se ve un pequeño anticlinal, un poco fallado, en las arcillas negras, carbón y bancos de areniscas. Este anticlinal fracturado forma uno de los subpliegues del Sinclinal de Cascarillal.

Desde un alto sitio en el camino de Puente Vélez a San Vicente se distingue hacia el sur la forma sinclinal de la estructura, especialmente en los bancos arcillosos y los mantos de carbón (de la zona productiva inferior).

En el flanco occidental se encuentran mantos explotables (grupo Puente Vélez 4, 5, 6 y 7 (d7) que figuran en la columna (de la figura 8).

Entre la mina Puente Vélez Nº 2 y la carretera (e7), se puede observar un horizonte fosilífero muy cerca a la entrada de dicha mina. La muestra K 136 fue investigada por el Dr. H. Bürgi y contiene el microfósil.

Globigerina venezuelana (Hedberg)

Este fósil indica una edad oligocena, probablemente inferior. La



FIG. 8. — Columnas estratigráficas de Puente Vélez.

fauna fósil de las muestras E 136 y K 170 indica un ambiente salobre (durante la sedimentación en el Oligoceno inferior), que corresponde posiblemente a una ciénaga con comunicación con el mar abierto.

C) LAS INTRUSIONES DEL TERCIARIO SUPERIOR.

En el sur de la región estudiada, en los alrededores de la hacienda La Ferreira (d4), así como al norte de Teteral (d13)-Río Guachinte, se encuentran afloramientos de una roca ignea ácida. Estos afloramientos los consideramos como partes visibles de un cuerpo intrusivo.

Las muestras investigadas por el Dr. Nelson constan de **porfiritas cuar-zodioríticas** (Tap).

Desafortunadamente, existe una gran confusión en cuanto a la nomenclatura de esta clase de rocas. Es recomendable hablar sobre tonalitas porfiríticas para no usar muchas palabras, puesto que todos los tipos de **porfiritas cuar-zodioríticas** de esta región provienen de un magma más o menos tonalítico.

En esta área es obvio que el magma tonalítico penetró a través de los sedimentos del Terciario, los cuales estaban plegados; por consecuencia, la intrusión del magma se efectuó en el Terciario superior **postorogénico** (Post-mioceno).

A lo largo de la carretera cerca a la hacienda La Ferreira, se puede observar que también las tonalitas porfiríticas se descomponen en una arcilla roja, aunque menos roja que las arcillas ya mencionadas.

Las rocas tonalíticas de esta región se descomponen en una arcilla roja y en bloques y bolas (descascaramiento: "Kugelige Absonderung").

Como ya se ha dicho, los sedimentos y los mantos de carbón fueron formados antes de la intrusión del magma tonalítico; durante y después de la penetración del magma, ocurrió el metamorfismo de contacto con las rocas sedimentarias.

Se encuentran en varios sitios buenos ejemplares de rocas sedimentarias metamorfoseadas, alrededor de los cuerpos intrusivos (Ton). En la carretera al lado sur del río Guachinte en la vecindad de la hacienda La Ferreira se encuentra un banco de **cuarcita dura**, la cual fue arenisca antes de la acción del metamorfismo.

El endurecimiento repentino fue causado por el metamorfismo de contacto que acompañó la intrusión del magma tonalítico.

Al lado norte del Río Guachinte en la región de Teteral, cerca a las rocas intrusivas hay afloramiento de **cornubianitas**, las cuales son arcillas metamorfoseadas por el calor del magma.

También los carbones del grupo Teteral fueron atacadas por el calor de la intrusión vecina. La muestra (k 113) parece ser, según el análisis, **subantracítica** (ver cuadro pp. 364 - 366).

Estas intrusiones neoterciarias se encuentran únicamente en la parte sur de la región estudiada, como continuación de los mismos fenómenos en la región de las Hulleras de Timba (estación del cable aéreo en su terminal de descargue).

Parece que los cuerpos intrusivos están colocados en zonas más o menos lineares, especialmente entre las Hulleras de Timba y Teteral.

Entre los ríos Teteral y Jordán aparentemente no existen intrusiones; no las encontramos en el campo ni en los análisis de las muestras de carbón hay síntomas que indiquen proximidad de intrusiones. Allá los carbones varían entre superbituminoso y subbituminoso.

D) EL ABANICO DE JAMUNDI.
(Cono de deyección)

En la vertiente oriental de los promontorios que están constituidos por los sedimentos del Terciario carbonífero, se encuentran sedimentos más modernos que cubren discordantemente las mencionadas rocas del Terciario carbonífero.

En el campo, así como en las fotos aéreas, vemos muy claramente una deposición terraciforme cuya vasta superficie está ligeramente inclinada hacia la planicie del Río Cauca. La parte más occidental es la más alta (1.370 m. N. de la Teteral) (d10) y su superficie inclinada hacia el este baja hasta los 1.000 metros, a cuyo nivel desaparece bajo los sedimentos recientes y subrecientes de la planicie del Río Cauca (Piso del Valle, Hubach ver página 39).

Se trata aquí de un abanico (fan) con una forma muy bien conservada. En la carretera de Jamundí a San Antonio a unos 1.200 metros al este de Cascarillal, se ve muy bien expuesta la parte occidental del abanico, yacente sobre los estratos muy inclinados del Terciario carbonífero. En este punto el espesor alcanza de 20-30 metros y parece aumentar hacia el plano del Río Cauca, aunque allá no está expuesta la base.

El abanico consta de arcillas arenosas rojas, bien estratificadas, alternadas con bancos de cascajo, conglomerados polimíatos y arenas rojas de grano medio hasta grueso; los sedimentos, los cuales no están diagenéticamente endurecidos, presentan una estratificación cruzada, especialmente en los bancos arenosos.

Elementos tobáceos no fueron encontrados.

Los conglomerados se componen de los siguientes elementos:

	lítica	35% completamente alterada y lixiviada.
componente de 2-6 cm. diámetro	Esquisto arcilloso	25%
	Diabasa	20% alternada
	Otros componentes	20% cuarzo, cuarcita ferruginosa.

Se encuentra a un nivel más bajo una deposición muy gruesa de bloques de tonalita.

El diámetro de los bloques varía generalmente entre 10 y 50 cm., aunque existen también bloques de 2 metros.

Evidentemente estos cascajos y bloques provienen de las rocas de la Formación Diabásica y de las formaciones anteriores, así como el Terciario carbonífero, mientras que la matrix roja se compone de una mezcla de arena y arcilla roja, que es tierra roja transportada.

Se trata de una formación depositada durante un periodo de intensa erosión, en la parte alta de la cordillera.

Probablemente los sedimentos fueron transportados por los ríos Claro y Jamundí, situados en ese periodo a niveles mucho más altos que en el tiempo actual. El material de erosión fue depositado en un cono de deyección (abanico) sobre la parte baja de la cuesta Oriental y sobre el propio valle del Río Cauca de aquel entonces.

Fenómenos similares son muy conocidos en el lado septentrional y meridional de los Alpes europeos. Allá fueron causados por el agua de fusión de los grandes glaciares en el Pleistoceno.

Grandes masas de agua erodaban y transportaban material suelto grueso y fino y roca firme, de tal manera que una corriente de agua con arena, arcilla y bloques en suspensión se movía hacia las planicies y formaba las disposiciones fluvio-glaciares ("Fluvioglaziale Schotterfelder").

Durante ciertos periodos en el Pleistoceno, las partes altas de la cordillera estaban cubiertas por hielo y nieve. Probablemente también en la región de Jamundí las terrazas altas inclinadas (abanicos) fueron formadas con material transportado por el agua de fusión, proveniente de los terrenos altos al lado oriental de la cordillera. Con la descongelación se soltaron inmensas masas de agua cuya acción erosiva ensanchó y ahondó los cauces de los ríos Claro y Jamundí, ante todo en las regiones altas de la Cordillera Occidental. Las aguas de fusión transportaron los bloques y cantos erráticos con una masa arenosa más fina en suspensión, mezclada con cantidades de arcilla roja laterítica hacia la planicie de la cuenca (geológica) del Cauca y depositaron los conos de deyección, de los cuales el Abanico de Jamundí presenta un ejemplo.

La inclinación de la superficie del abanico es de 4°. No sabemos si se trata solamente de un declive por concepto de sedimentación en el flanco del promontorio de la Cordillera o está inclinado también debido a un descenso tectónico en el valle del Río Cauca.

Es obvio que las partes sur de la población Guachinte y N-O de esta población, constituyen la misma unidad morfológica o sea el mismo abanico.

Probablemente un antiguo cauce del Río Cauca, se ahondó en el Abanico de Jamundi y lo dividió en dos partes (ver mapa); por consiguiente la loma situada entre Guachinte y Timba es la continuación sur-oriental del Abanico de Jamundi.

El Río Claro, así como los ríos Jamundi y Jordán también surcaron la superficie de la misma formación, pero sin dejar valles tan anchos como el que se ve al sur-oeste de Guachinte.

Los cauces se encontraban en aquel entonces a un nivel más alto que ahora. Una vez hechas las incisiones fluviales se efectuaron derrumbes y deslizamientos del material suelto del abanico hacia los valles de los ríos mencionados. Actualmente se encuentra este material de ladera (Qe) en zonas alrededor de las regiones componentes del mismo abanico.

Las partes occidentales del abanico cubren zonas importantes del Terciario carbonífero, como en la región sur de la mina Bucarica-Río Claro (e 10) y norte de la bocamina de San Antonio (Río Claro f8, f9), así como la parte norte del Río Jordán; un resto de erosión (Qe) de la misma formación se encuentra en la Cuchilla de las Delicias (f2).

Los mineros, que explotan mantos de carbón debajo del abanico, se enfrentan con el problema muy grave del exceso de agua que entra en las galerías por grietas o por los huecos de ventilación, lo que por ejemplo, sucede en la mina Bucarica - S. Río Claro (nivel "200" y "300") (e 10).

E) LOS ALUVIONES (Qa) Y LAS BAJAS TERRAZAS ALUVIALES (Qt).

Ambas formaciones, las cuales se encuentran en el oriente de la región del mapa, fueron creadas principalmente por la acción del Río Cauca y por una parte insignificante por los ríos Guachinte, Jamundi y Jordán.

Las terrazas bajas (Qt) representan los restos de una antigua deposición fluvial (post-Pleistoceno).

En tiempos más recientes bajó la base de erosión del Río Cauca, con la resultante incisión de los ríos en el plano aluvial de aquel entonces y su destrucción en la mayor parte.

Unas terrazas, cerca al Río Guachinte y la hacienda "La Ferreira" muy erodadas, fueron omitidas en el mapa.

En el terreno plano (Qa) del Cauca fue formado por lo tanto, después de la formación del nivel de las terrazas bajas.

Sin embargo, la mayor parte de la actual superficie no es de origen reciente. La distribución de los sedimentos y la forma del plano en la región de Lili y Meléndez dan la impresión de una deposición del mismo Cauca, pero desbordado e inundando toda la llanura probablemente durante largos trechos y así depositada como en lago abierto sobre casi toda la superficie del Valle, entre los promontorios de la Cordillera Occidental y los de la Cordillera Central.

En el tiempo actual, el Río Cauca desborda también durante los inviernos solamente en la propia zona del río, la zona de los antiguos meandros y pantanos; los sedimentos aluviales en la región del mapa (Qa) están fuera de la zona del actual río y por consiguiente llamamos estas deposiciones *subrecientes*, porque en la actualidad no hay más sedimentación fluvial en esa región.

A los bordes del valle, se observa muy claramente que en la zona de la carretera entre Cali y Jamundi hay una inclinación leve pero visible hacia el Río Cauca; un fenómeno semejante a la zona del borde de la Sabana de Bogotá.

Se trata posiblemente de un gradual *asentamiento (setting)* de los sedimentos no *endurecidos*. Este "asentarse" aumenta hacia el centro del valle, desde los promontorios, a consecuencia del crecimiento gradual del espesor de los sedimentos recientes no *endurecidos* (sólo estos pueden asentarse).

Este "asentarse" irregular y gradual desde el borde hacia el centro del valle causa la inclinación.

El valle por el cual corre actualmente el Río Guachinte, en la incisión del Abanico de Jamundi al SW del caserío Guachinte, representa probablemente un antiguo cauce del Río Cauca, el cual dividió el abanico en dos partes.

Los sedimentos son generalmente muy arcillosos hacia el río y más arenosos en la zona del borde del valle y contienen localmente sustancias tobáceas. El componente tobáceo del aluvión debe provenir del grande Abanico de Popayán y de unos ríos que nacen en la parte alta de la Cordillera Central (Río Palo, Río Jambaló, Río Paila). Los terrenos de la llanura del Depto. del Valle del Cauca, merecen un estudio especial para aprovechar los suelos más adecuados para ciertos cultivos vegetales.

F) TECTONICA.

Tectónicamente la cuenca carbonífera está caracterizada por unos **pliegues y fallas**, originados por la presión tectogenética andina del Mioceno.

Los estratos que afloran en el valle del Río Guachinte y prosiguen hasta la región del Río Jordán, constituyen el flanco occidental de un **sinclinal asimétrico**.

Se puede estudiar la completa forma de esta estructura en los ríos Timba y Guachinte (sur de la región del mapa).

Se trata de un pliegue sinclinal invertido hacia el oeste con un flanco occidental que se aproxima a la vertical. Solamente en el término meridional al lado norte del Río Timba la forma es **simétrica**, lo que ocurre con casi todos los pliegues de los estratos terciarios del valle.

"La profundidad" vertical bajo la superficie varía, pero es notable (500 m. y más).

El rumbo de los estratos es en general muy uniforme, el llamado **rumbo andino**.

La región al lado sur del Río Claro está dominada por el mencionado sinclinal (cuyo flanco oriental está oculto bajo el abanico y los sedimentos aluviales).

En la región entre los ríos Claro y Jamundi, se encuentra una repetición hacia el oeste. Ahí los mismos estratos con el **horizonte de guía** (Horizonte de la Cima) vuelven a aparecer y constituyen otro sinclinal, el de Cascarilla. El anticlinal que debe separar los dos sinclinales está claramente expuesto en la carretera de Jamundi a Cascarilla (Anticlinal de Confites). Las rocas (más antiguas) del Santoniano afloran en la zona axial.

El Sinclinal de Cascarilla prosigue hacia el norte, pero está subplegado y fallado en varios sitios.

Unas complicaciones se encuentran en la región de la Quebrada de La Puerta Vieja (e7, e8). Los bancos de arenisca del Horizonte de la Cima, están levemente plegados, como puede observarse en la carretera de Jamundi a Puente Vélez.

En uno de estos pliegues nace el Anticlinal del Auxilio, el cual se ensancha hacia el norte.

Las dislocaciones en la región estudiada juegan un papel menos importante que los pliegues.

La mayor parte de las fallas tienen un carácter **longitudinal**. La existencia de esta clase de fallas es muy plausible, dada la uniformi-

dad estructural de pliegues muy largos. Se trata aquí de **pliegues-fallas** que van paralelamente a la dirección de los estratos.

El buzamiento de los planos de fallas es hacia el oeste.

Un ejemplo importante es la Falla de Mandul. Esta falla separa la zona de la base del flanco oriental del Sinclinal de Cascarillal y el conglomerado del Túnel (del flanco occidental del Anticlinal del Auxilio).

La parte oriental o sea la estructura del Auxilio, bajó notablemente con respecto al Sinclinal de Cascarillal.

Otra falla (o serie de fallas) debe existir en el área de las intrusiones del Río Guachinte-Río Timba (fig. 4). La falla no es visible en el campo, pero se encuentra una **repetición anormal** de la zona productiva superior (grupo "El Olvido") de los bancos conglomerados, la cual fue originada por una falla longitudinal, hallándose probablemente en la zona linear de las intrusiones.

Entre los primeros sedimentos del Terciario carbonífero y las rocas del "basamento" del Cretáceo, existe un hiato estratigráfico. Las rocas terciarias yacen discordantemente sobre las diabasas, aunque la discordancia está raramente expuesta. El ángulo de discordancia es tan pequeño, que la disconformidad no puede apreciarse en la mayoría de los cascs, sino de una manera indirecta por medio de las fotos aéreas.

Para la minería, la **micro-tectónica** es sumamente importante; los resultados de la explotación dependen por muchos aspectos de ella.

Exceso de agua, incendios, cantidades muy irregulares de carbón etc. pueden ser las desventajas de un socavón construido en un lugar muy fallado.

La mayor parte de las minas en la región del mapa, se están explotando en zonas tectónicamente "tranquilas".

G) RESUMEN.

Suponemos un **levantamiento** durante el **Cretáceo post-santoniano**, de tal manera que antes de la transgresión del Terciario inferior, pudo efectuarse una **laterización** (la formación de la tierra roja) sobre una superficie continental. Esta superficie fue formada por las capas (derrames) de diabasas emergidas, que se inclinaron levemente hacia el oriente a causa de una mayor ascensión en el occidente.

La transgresión en el Terciario inferior, se operó desde el este contra la costa oriental de una isla, de rocas diabásicas levantadas, cubiertas por la mencionada **tierra roja**.

En la región estudiada no se pudo fijar con exactitud el ángulo de discordancia entre los derrames y los sedimentos transgresivos basales, pero parece que es pequeño.

Evidentemente los sedimentos basales fueron depositados sobre la capa de tierra roja, porque los conglomerados basales con componentes de diabasas son escasos (región de Timba). En cambio, se encuentran en los gruesos sedimentos elásticos rojos, fragmentos de arcillas rojas muy irregularmente distribuidos.

Las líneas de la costa tenían muy probablemente una dirección NNE-SSW durante el tiempo de la transgresión y consideramos que en esa época en la región de Jamundí, se extendía un mar, sobre la plataforma continental (shelf) alargada en el sentido N-S, con varias bahías.

Datos muy importantes acerca de la posición estratigráfica de las rocas terciarias del Valle del Cauca, provienen del laboratorio palinológico del Instituto Geológico Nacional, cuyo jefe es el Dr. Th. van der Hammen. Los resultados de sus estudios, aunque todavía no muy avanzados, de las muestras de carbón de varios horizontes de la región carbonífera, darán nuevos puntos de vista en cuanto a la estratigrafía, facies y la correlación con las deposiciones contemporáneas en otras partes de Colombia. El Dr. van der Hammen nos suministró un dato como resultado de su investigación de unas muestras de rocas, tomadas en la hoya del Río Guachinte, según el cual el **Horizonte de la Cima** puede ser correlacionado con la arenisca de Usme (Cundinamarca) y de La Paz (Santander) (*). La edad es Eoceno medio superior. Los primeros mantos de carbón de la zona productiva inferior fueron depositados en el Eoceno - Oligoceno inferior.

Es probable, aunque todavía no probado palinológicamente, que la serie de más o menos 350-450 m. de la base, fue depositada durante el Paleoceno y el Eoceno inferior.

El hallazgo del foraminífero *Globigerina venezuelana* (Hedberg) el cual indica una edad Oligocena, posiblemente inferior (ver pág. 353), proviene de la zona productiva inferior (parte inferior) del Sinclinal de Cascarillal. Los sedimentos marinos de esta zona fueron depositados después de los del Horizonte de la Cima.

En las arenas rojas de la zona basal encontramos frecuentemente una estratificación cruzada, indicio de una facies litoral fluvial; así como las mareas del oleaje, que se encuentran localmente en las arenas arcillosas, indican un ambiente litoral (o a veces fluvial).

(*) Informe verbal del Dr. Th. Van der Hammen.

Los bancos con las concreciones de hierro, tan abundantes en la parte basal, corresponden a una facies litoral. La presencia de las areniscas de la Cima (60-150 m. espesor) indican un levantamiento; después, en un ambiente semi-terrestre, se desarrollaron pantanos litorales (zona carbonífera inferior).

Las rocas arcillosas de la zona productiva inferior, fueron depositadas unas veces en un ambiente marino, otras veces en un ambiente limnico con vegetación, o sea de transgresiones y regresiones, la llamada **facies parállica**.

Especialmente en la parte de los sedimentos de la zona productiva del Sinclinal de Cascarillal, las "transgresiones" eran más bien inundaciones del mar sobre ciénagas con mucha vegetación, las cuales tenían comunicación con el mar abierto.

Muy sobresaliente en las mencionadas deposiciones son las muchas intercalaciones de bancos de arenisca de granos de cuarzo y conglomerados de componentes del mismo mineral.

Algunos de los lentes de arenisca, los cuales son intercalados entre los sedimentos arcillosos y carbonosos o sea los sedimentos **limnico-fluvial-litorales**, podemos considerarlos como **deposiciones fluviales**. Estos bancos abundan especialmente en la región de Cascarillal (e, h, d, 8), pero se encuentran también en la región del Río Guachinte (cerca a la mina "El Olvido" e 14).

Los conglomerados de cuarzo son deposiciones de la transgresión y regresión marina, como resultado de los movimientos relativos temporales del nivel del mar.

Estos fenómenos fueron de dimensiones más grandes que los flujos productores de las intercalaciones de los mencionados bancos de arena. Hasta ahora no se sabe nada acerca de la procedencia del cuarzo.

Las circunstancias faciales durante la deposición de los sedimentos de la zona productiva superior eran más o menos semejantes a las de la zona productiva inferior o sea **limnico-litoral**, a veces **fluvial**.

Las rocas de la zona carbonífera de la región de Jamundí, representan una típica facies costanera litoral. La formación de los bancos vegetales (como restos de las plantas) se desarrollaba principalmente en esta parte, probablemente no más al este. Se encuentran indicios en cambio, de facies en los bancos conglomeráticos, que se vuelven gradualmente más delgados de la región del "Olvido" hacia el este (Teteral) (ver fig. 4). También parece que hacia el este, el aspecto de los sedimentos queda más marino (arcillas estériles) en las partes

**LISTA DE ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE CARBON COLECTADAS EN LA REGION DE JAMUNDI, DURANTE LA
COMISION DEL 3 AL 17 DE FEBRERO DE 1964.**

Los análisis fueron efectuados por el Doctor BRUNO REICHMANN,
Ing. Químico de la C. C. C. y I. F. I.; Cali.

Muestras N°	Procedencia	Espesor de la veta en m.	Hum. %	Vol. %	Ceniza Carb. F.		Coke		Clase de carbón
					%	%	%	%	
K 107	"La Ferreira" - veta "La Ciega"	1,30	1,31	20,40	33,47	34,92	68,39	3,06	bituminoso (muy impuro)
K 108	"La Ferreira" - veta "La Grande"	2,90	0,37	23,38	17,19	43,56	61,05	2,78	bituminoso
K 109	"La Ferreira" - grupo "La Gasosa"	1,06	0,37	30,70	18,16	44,17	42,87	1,81	bituminoso
K 110	"Las Cañas" - grupo "La Gasosa"	0,60 - 1,00	0,00	44,83	6,17	49,50	54,67	1,33	subbituminoso
K 111	"Las Cañas" - veta "El Cogollo"	0,45 - 1,00	0,63	25,45	21,41	42,01	43,92	2,88	bituminoso (impuro)
K 112	"Las Cañas" - veta # 2	0,40 - 0,50	0,67	20,69	64,39	12,54	78,73	1,04	(esquistó carbonoso)
K 113	"La Ferreira" - grupo "El Olvido"	1,50	0,32	29,97	6,35	63,46	49,81	0,88	superbituminoso
K 114	"La Ferreira" - grupo "El Olvido"	2,50	0,40	29,04	3,04	66,62	49,66	1,21	superbituminoso
K 115	"La Ferreira" - grupo "El Olvido"	0,40	0,43	24,05	35,52	39,08	75,52	6,66	superbituminoso (muy impuro)
K 116	"La Ferreira" - grupo "El Olvido"	2,00 - 4,00	0,14	20,37	6,12	63,37	69,49	0,96	bituminoso
K 117	"La Ferreira" - veta "San Pedro o del Tunal"	0,55	2,77	20,22	26,37	46,44	67,01	1,21	bituminoso (impuro)
K 118	"Las Cañas" - grupo "Tetral"	?	0,32	19,54	7,15	73,29	50,44	3,31	subantracítico
K 122	Puente Vélez - veta # 1 bocamina 1	0,65	0,54	23,97	10,45	53,94	65,49	1,41	bituminoso
K 123	Puente Vélez - veta # 2 bocamina 1	0,80	0,54	29,93	18,87	50,66	49,53	2,36	superbituminoso
K 124	Puente Vélez - veta # 3 bocamina 1	0,50	0,28	22,72	14,72	62,29	67,01	2,73	bituminoso
K 125	Puente Vélez - veta # 4 bocamina 1	1,00	0,15	33,4	8,42	58,03	66,45	3,89	bituminoso
K 126	Puente Vélez - veta # 5 bocamina 1	1,46	0,28	21,37	3,78	63,97	67,75	2,47	bituminoso
K 127	Puente Vélez - veta # 6 bocamina 1	0,80	0,17	22,28	14,18	62,37	66,55	2,58	bituminoso
K 128	Puente Vélez - veta # 7 bocamina 1	0,70	0,02	23,74	16,12	47,12	46,24	3,01	bituminoso
K 129	Puente Vélez - veta # 1 bocamina 1	0,88	0,15	30,70	19,44	49,71	69,15	1,34	bituminoso

Muestra No	Precedencia	Espesor de la veta en cm.	Hum. %	Vol. %	Cenizas %	Carb. F. %	Coke %	S %	Clase de carbón
K 130	Puente Vélez - veta # 2 bocamina 2	1,30	0,18	30,78	17,45	61,58	69,04	3,89	bituminoso
K 131	Puente Vélez - veta # 1 bocamina 3	0,50	0,22	27,49	20,09	39,36	72,45	1,25	superbituminoso (impuro)
K 132	Puente Vélez - veta # 2 bocamina 3	1,60	0,08	26,18	19,56	54,29	73,85	6,06	superbituminoso
K 133	Puente Vélez - veta # 1 bocamina 4	0,30	0,35	25,41	17,11	56,93	74,04	3,16	superbituminoso
K 134	Puente Vélez - veta # 2 bocamina 4	0,20	0,14	24,09	28,42	46,94	76,88	4,45	superbituminoso (impuro)
K 135	Puente Vélez - veta # 3 bocamina 4	2,60	0,30	27,36	15,24	57,19	72,34	1,40	superbituminoso
K 138	Puente Vélez - "La Esperanza" mina abandonada	?	0,44	25,58	5,35	54,97	69,30	0,81	bituminoso
K 139	Puente Vélez - "de H. Dávila" mina abandonada	?	0,92	24,93	4,72	59,73	44,45	0,72	bituminoso
K 141	Puente Vélez - veta Paralela bocamina 5	0,50	0,27	25,28	14,07	57,08	71,15	2,30	superbituminoso
K 142	Puente Vélez - veta 0,45 bocamina 5	0,40	0,16	27,25	18,08	54,51	72,59	3,28	superbituminoso
K 143	Puente Vélez veta Chiquita bocamina 5	0,60 - 0,80	0,10	27,34	21,24	51,30	72,56	3,76	superbituminoso
K 144	Puente Vélez - veta Grande bocamina 5	?	0,14	26,48	17,92	55,45	73,38	2,84	superbituminoso
K 145	Cascarilla 5 - veta primera gocavón abandonado	1,90	0,41	26,77	11,69	59,13	63,82	3,85	bituminoso
K 146	Cascarilla 8 - veta # 1 bocamina 1	0,60	0,18	29,77	16,70	44,49	60,10	2,57	bituminoso
K 147	Cascarilla 8 - veta # 2 bocamina 1	0,32	0,12	24,98	19,74	45,16	64,89	5,41	bituminoso
K 148	Cascarilla 8 - veta # 3 bocamina 1	1,37	0,19	28,18	15,65	45,98	61,63	5,08	bituminoso
K 149	Cascarilla 8 - veta # 4 bocamina 1	0,70	0,03	46,32	10,15	49,30	59,45	4,06	subbituminoso
K 150	Cascarilla 8 - veta # 5 bocamina 1	0,30	0,11	27,72	12,97	56,10	62,17	3,44	bituminoso
K 151	Cascarilla N - veta # 1 bocamina 1	0,30	0,06	28,72	21,06	50,15	71,21	6,01	superbituminoso (impuro)
K 152	Cascarilla N - veta # 2 bocamina 2	0,40	0,22	29,77	22,52	47,28	69,90	2,67	superbituminoso (impuro)
K 153	Cascarilla N - veta # 3 bocamina 2	0,37	0,37	30,50	10,66	59,27	69,98	2,97	bituminoso
K 154	Cascarilla N - veta # 4 bocamina 2	2,60	0,36	23,47	7,98	57,09	65,97	2,57	bituminoso
K 155	Cascarilla N - veta # 5 bocamina 2	0,80	0,75	21,48	20,63	47,14	67,77	2,68	bituminoso (impuro)

Muestras N°	Procedencia	Espesor de la veta en m.	Hum. %	Vol.		Carb. F.		Coke		Clase de carbón
				%	%	%	%	%	%	
K 154	Cucarillal N - Lomas del Tigre N mina abandonada	?	0,67	39,92	6,54	53,87	60,41	2,14	bituminoso	
K 157	Cucarillal - Lomas del Tigre S mina abandonada	?	0,40	42,37	6,88	50,45	57,33	1,82	subbituminoso	
K 158	Bucaricn - Lomas del Tigre E veta del "Duro"	1,00	1,15	39,88	6,41	53,24	59,37	2,52	bituminoso	
K 159	Bucaricn S - veta El Carmen	1,10	0,41	37,72	17,16	44,71	61,87	2,35	bituminoso	
K 160	Bucaricn S - veta D - nivel "160"	0,65	0,33	39,95	7,31	52,28	59,72	2,98	bituminoso	
K 161	Bucaricn S - veta C - nivel "160"	0,44 - 1,20	0,49	33,91	17,91	47,09	65,69	2,34	bituminoso	
K 162	Bucaricn S - veta B - nivel "100"	1,50 - 2,00	0,33	40,87	7,43	50,87	59,30	2,35	subbituminoso	
K 163	Bucaricn S - veta A - nivel "100"	1,80	0,52	43,38	3,69	53,36	57,05	1,36	subbituminoso	
K 164	Bucaricn S - veta O - nivel "200"	0,35 - 0,65	0,53	39,47	4,03	53,97	60,60	2,32	bituminoso	
K 165	Bucaricn S - veta C - nivel "200"	1,20	0,43	41,89	8,25	49,12	58,87	1,63	subbituminoso	
K 166	Bucaricn S - veta oA - nivel "200"	0,80	0,43	40,90	8,07	51,44	59,51	2,41	subbituminoso	
K 167	Bucaricn S - veta Bb nivel "200"	0,80 - 1,00	0,19	41,19	9,82	49,30	58,42	2,79	subbituminoso	
K 168	Bucaricn S - veta Bb nivel "200"	1,15	0,35	37,53	16,95	45,17	62,12	2,82	bituminoso	
K 171	Bucaricn N - veta OO mina San Antonio	0,70	0,47	36,29	14,55	49,28	63,33	2,97	bituminoso	
K 172	Bucaricn N - veta 1 o Grande mina San Antonio	2,50	0,79	40,43	5,43	53,55	58,73	3,35	subbituminoso	
K 173	Bucaricn N - veta 1 1/2 mina San Antonio	0,80	0,70	35,92	7,10	53,49	60,48	4,44	bituminoso	
K 174	Bucaricn N - veta 2 mina San Antonio	0,60	0,64	41,03	4,49	51,85	58,33	1,35	subbituminoso	
K 175	Bucaricn N - veta 4 mina San Antonio	0,60	0,70	37,16	13,87	49,38	62,15	1,55	bituminoso	

más orientales, donde aflora el Terciario carbonífero (carretera del Río Claro f y Quebrada Teteral e 14).

Durante la fase tectogenética andina (Mioceno) los derrames de diabasa ya inclinados se invirtieron, mientras que los sedimentos, poco resistentes, del Eoceno-Oligoceno se deformaban, subplegaban y en algunos sitios se fallaban.

Probablemente las capas terciarias de la base se deslizaron sobre las plásticas arcillas rojas, producto de la primera laterización (ver pág. 355). Esta arcilla roja que se presenta en la zona de discordancia está localmente bien estratificada, debido a la presión tectónica.

Suponemos un levantamiento después del plegamiento y luego un largo período de erosión. Esto probablemente produciría un cierto grado de penillanuramiento, especialmente de los promontorios de la cordillera durante el Plioceno inferior. En la superficie erosional empezó una nueva laterización (Plioceno superior).

Durante el Pleistoceno seguramente se acumulaba nieve en las altas regiones de la Cordillera Occidental (desde más o menos 2.600 metros) y tal vez se formaron glaciares en algunos sitios, tal como ocurría en las Cordilleras Central y Oriental.

Sólo en las fotos aéreas de los cerros de los Farallones de Cali se ven unos rastros de glaciario.

Después de la desconglomeración de los glaciares, las masas de agua con los productos de erosión glacial se movían hacia la planicie del Cauca y depositaron los conos de deyección (ejemplo: Abanico de Jamundí).

Los sedimentos de la planicie de la cuenca de Cali, fueron depositados en su mayor parte, durante el Pleistoceno post-glacial y el Holoceno inferior.

LA GEOLOGIA DEL FLANCO ORIENTAL DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL EN LA REGION DE SAN ANTONIO (MUNICIPIO DE JAMUNDÍ) VALLE DEL CAUCA

Por Jan Keizer, geólogo (*)

I. — Introducción.

El primer geólogo que visitó la región de San Antonio (Valle del Cauca), fue el doctor Enrique Hubach hace más de veinte años, con ocasión de un rápido reconocimiento del área al Oeste de la población de Jamundí. Los datos científicos y las conclusiones resultantes de esa exploración fueron consignados bajo el título de "Geología de los Departamentos del Valle y Cauca en especial del Carbón, 1934" (Informe N° 87, Archivo del Instituto Geológico). La abundancia de datos de este trabajo constituye una rica fuente de información para los interesados en el estudio de la complicada estratigrafía de las Cordilleras Central y Occidental.

Con relación al conocimiento geológico de la Cordillera Occidental, debemos mencionar también las obras científicas de Stutzer y Grosse:

Otto Stutzer: Acerca de la geología de la Cordillera Occidental entre Cali y Buenaventura - (1926) (**).

Contribución a la geología del foso del Cauca-Patía (1926). Comp. Est. Geol. Ofic. en Colombia, Tomo II.

Emil Grosse: Acerca de la geología del Sur de Colombia - II. Un viaje por la cuenca del Patía y el Departamento de Nariño (1934). Comp. Est. Geol. Of. en C., T. III.

El más completo mapa geológico general de toda la Cordillera Occidental (1: 5.000.000) fue elaborado por A. Gansser e incluido en el estudio "Geological and Petrographical Notes on Gorgona Islands" (Schweis. Min. Petr. Mitt. 1950. Band 30, Heft 2, pag. 219-237). Este excelente mapa representa todas las grandes unidades geológicas del Occidente de Colombia y Ecuador y del Sur de Panamá.

A pesar de todas las investigaciones anteriores, las lagunas en

(*) Informe N° 1046. Bogotá, mayo de 1954. Ministerio de Minas y Petróleos. Instituto Geológico Nacional. Sección de Fotogeología.

(**) Véase trabajo de pp. 313-320.

nuestro conocimiento de la geología de la Cordillera Occidental son considerables.

Con este estudio intentamos hacer una modesta contribución al conocimiento de una parte de la Cordillera Occidental, ubicada en el Departamento del Valle del Cauca. Los datos fueron obtenidos durante la comisión de diciembre de 1953, la cual fue ordenada para poder adelantar, a base de ellos, la elaboración del mapa geológico de ese sector de la República. Interesaban especialmente las zonas preterciarias de la Cordillera Occidental, hasta ahora insuficientemente estudiadas.

Un reconocimiento geológico del "hinterland" es además importante para la clarificación de los conceptos sobre la formación carbonífera del área entre Cali y Suárez, actualmente uno de los estudios preferenciales de la Sección de Fotogeología, efectuado bajo los auspicios del Instituto de Fomento Industrial.

Entre el 10 y el 23 de diciembre operaron simultáneamente dos comisiones: la del petrólogo Jefe doctor H. W. Nelson, que visitó las montañas cortadas por la carretera de Cali al mar, y la del autor del presente informe, asistido por el Preparador de la Sección de Petrología señor Humberto Villegas, que estudió la región al W y al E de San Antonio (Municipio de Jamundí).

Se trata de una faja que se extiende entre la planicie del Río Cauca y la cumbre de la Cordillera situada al sur de los Farallones de Cali (Ver: "Mapa índice de la región Cali-Jamundí").

Una colaboración estrecha entre petrólogos y fotogeólogos facilita notablemente la solución de muchos problemas geológicos.

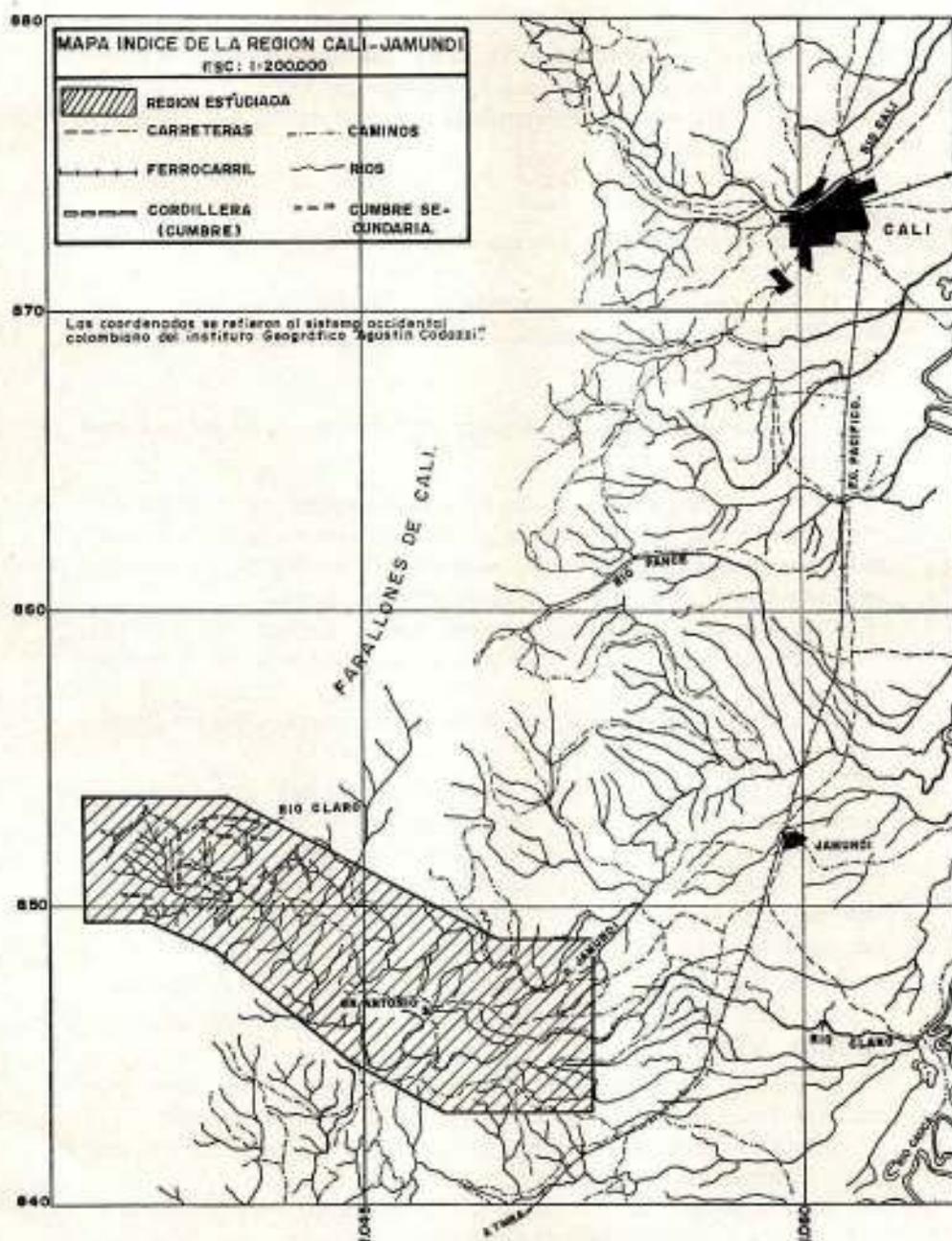
Para un análisis más completo petrológico, estratigráfico y estructural de la región que nos ocupa, se necesita sin embargo el envío de algunas comisiones más para que puedan dibujarse otras secciones de la Cordillera.

Consideramos como más necesario el estudio de cuatro secciones, a saber:

- 1) Buga - Darién (Restrepo, Valle).
- 2) Río Timba - Río Naya (Valle).
- 3) Suárez - Río Guatalá (Cauca).
- 4) El Tambo - Mechengue (Cauca).

Las siguientes personas y entidades merecen nuestra gratitud:

La Sección de Petrología, especialmente el Jefe doctor H. W. Nelson, quien estudió una gran parte de las muestras y con quien delibe-



MAPA 8. - Mapa índice de la región Cali - Jamundi.

ramos sobre los problemas estratigráficos que abarcan todo el Occidente de Colombia y especialmente las Cordilleras Central y Occidental.

El doctor Hans Bürgl, Paleontólogo Jefe, determinó los fósiles recogidos por la Comisión.

El señor Humberto Villegas, cuya ayuda en el campo fue muy eficiente.

Los señores dibujantes, quienes dieron buena presentación al Mapa 6 y Corte Geológico.

El señor Gerente de la Corporación Carbonera Colombiana, doctor Roberto Londoño, quien cooperó cuanto le fue posible al buen éxito de las labores en el terreno.

II — Observaciones fisiográficas generales sobre la región de San Antonio.

La estructura principal de la Cordillera Occidental, tiene un carácter lineal. Las formaciones se alargan en el sentido NS y se extienden por zonas relativamente angostas. El rumbo de los estratos es más o menos NNE-SSW, el llamado "rumbo andino".

Una gran parte del flanco oriental en los Departamentos del Valle y del Cauca se puede dividir en 3 o 4 zonas morfológicas en el sentido W-E.

En la región de San Antonio distinguimos cuatro unidades morfológicas, a saber:

1º) La zona topográficamente más alta y retirada está situada al oeste de la Cuchilla de La Marina. Esta región es muy quebrada, especialmente en los valles de los ríos Claro y Jamundí.

El subsuelo consta de rocas diabásicas. Lo paralelo de las cuchillas (escarpamientos) nos da una idea de la estratificación de los derrames. Las montañas están cubiertas con una vegetación de monte.

2º) El terreno de la zona situada entre la Cuchilla de La Marina y el cementerio de San Antonio es más suave que el de la zona al oeste de dicha cuchilla.

El subsuelo se compone de diabasas y bancos de lidita. Este conjunto de rocas es menos resistente a la erosión y meteorización.

Una gran parte está cubierta por una capa de arcilla roja (tierra roja), producto de una laterización.

Toda la zona forma un "bajo" con la extensión principal de N al S. Esta zona deslinda al lado oriental de las montañas altas de la Cordillera.

La arcilla roja forma un suelo apropiado para el cultivo de la papa y del maíz en las partes altas, y de caña, café y plátano en las bajas.

3º) Bajando hacia el este de San Antonio se llega a la región de Cascarillal, caracterizada por escarpamientos largos, los cuales presentan buenos afloramientos.

La superficie de esta zona es rocosa y las rocas constan de areniscas, conglomerados y vetas de carbón.

La capa de tierra roja está aquí ausente.

4º) En el oriente de la región estudiada se encuentra una formación, en algunos sitios parecida a una terraza. En realidad debemos considerarla como un abanico o cono de deyección.

En las fotos aéreas se ve muy claramente la forma de un triángulo inclinado hacia el E, del cual alcanzó a representarse en el Mapa sólo la parte occidental.

La superficie, levemente ondulada, está cubierta de un matorral bajo. El arenoso suelo es muy estéril e inutilizable para cultivos importantes.

La incisión del río Claro divide el abanico en dos partes: la parte septentrional, situada entre los ríos Claro y Jamundí, y la parte meridional, abarcada por los ríos Claro y Teteral.

El pueblo de San Antonio está edificado en una pequeña meseta, a 1.600 m. sobre el nivel del mar y cuyo suelo consta de espesa arcilla roja. La pendiente meridional de la meseta de San Antonio es bastante escarpada y la septentrional aun más.

Existe un considerable peligro de deslizamientos y de la consecuente destrucción de una gran parte del poblado. Hemos observado varios derrumbes en los alrededores de San Antonio en los días de fuertes lluvias. Varias masas de arcilla roja se despegaron de las laderas, deslizándose hacia los pies de las lomas. Especialmente el lado norte de San Antonio está en peligro latente.

La región del alto río Claro es muy selvosa. Si se van a talar árboles en grande escala habría que temer el peligro de una erosión catastrófica, destructora de los cafetales, platanales etc..

El único remedio para evitar la erosión es la replantación de matas.

III — El complejo pizarroso de la cumbre.

(Conjunto Pre-diabásico, Piso del Espinal (Hubach)).

En el occidente de la región estudiada las montañas constan principalmente de pizarras silíceas y esquistos pizarrosos. No consideramos

estas rocas como metamórficas. No son sino pizarrosas a pesar de las fuerzas tectónicas de levantamiento y presión sufridas durante la fase orogénica andina.

Solamente en pocos lugares pudimos encontrar los afloramientos de las rocas (muestras K 99^a y K 99^b) a causa de la casi completa impenetrabilidad del monte.

Sin embargo, los fragmentos de pizarras en la capa de humus de esa región indican la presencia de la roca pizarrosa firme en el subsuelo.

Por otra parte, hemos examinado los cantos rodados en la quebrada Dos Quebradas. Cerca del contacto de las pizarras con las diabasas, que yacen estratigráficamente sobre ellas, encontramos más o menos 85% de pizarras y 15% de lilitas negras. Un poco más abajo, en la misma quebrada ya en la formación diabásica, vimos que los tres componentes de los cantos rodados ocurrían en la proporción siguiente:

35% de pizarras.

10% de lilitas negras, y

55% de bloques diabásicos (angulosos, por lo tanto transportados desde puntos poco distantes).

Todos los afluentes de la mencionada quebrada provienen de la región de desagüe de la cumbre de la Cordillera Occidental.

Según estas observaciones, es pues, seguro que toda la zona entre el contacto pizarras-diabasas y la cumbre de la Cordillera Occidental se compone de las mismas pizarras silíceas y esquistos pizarrosos con intercalaciones de lentes o franjas de lilitas.

Estas lilitas pueden distinguirse fácilmente de las del Cretáceo superior por su color negro y las pequeñas menas de cuarzo que contienen.

Aparentemente estos estratos no han sufrido dislocaciones y buzan 55% hacia el oeste. Luego demostraremos que estos estratos están invertidos.

En las fotografías aéreas se puede seguir el contacto hacia el sur. Parece que el contacto sigue hacia el N a lo largo del cauce alto del río Claro al lado occidental del cerro de los Farallones de Cali.

Esta monótona serie es la misma que fue descrita por el doctor Hubach como Piso del Espinal(*) (población en la misma cordillera al N de Dagua).

(*) E. Hubach, Geología de los Departamentos del Valle y Cauca, Informe N° 87 -1934- pág. 63.

Según Hubach, existe una transición del Piso del Espinal hacia abajo, la Serie de Dagua (esquistos y pizarras arcillosas uniformes).

La falta de suficientes datos geológicos no justifica la introducción de esta subdivisión estratigráfica para la región del alto río Claro.

Es cierto, sin embargo, que toda la región estudiada, situada entre la cumbre y el contacto pizarras-dibasas (ver el Mapa), consta de rocas pizarrosas con un espesor aproximado de 2750 m. Se puede comprobar en las fotos aéreas que los estratos al occidente de la cumbre buzan hacia el oeste y deben constar de las mismas rocas.

Desde un punto alto se ven, con los prismáticos, hacia el NW y a una distancia de más o menos 15 km., unos cerros altos al otro lado de la cumbre de la Cordillera, que muestran una estratificación muy claramente discernible en las partes más altas. Parece que están cubiertos de una vegetación de páramo.

Suponemos que las rocas sedimentarias de estos cerros apartados corresponden íntegramente a las series de Espinal y Dagua.

En la región estudiada llamamos **Conjunto Pre-diabásico**, toda la serie de rocas estratigráficamente subyacentes a lasibasas.

Su edad es todavía desconocida. No se ha encontrado fósil alguno dentro de los estratos del Conjunto Pre-diabásico.

Sin embargo es probable que existan horizontes fosilíferos.

Las rocas prediabásicas se extienden en vastas regiones montañosas de la Cordillera, cubiertas por selvas y montes. Estas circunstancias reducen la probabilidad de encontrar afloramientos fosilíferos.

Creemos que los sedimentos mencionados fueron depositados durante el **Mesozoico preconiáciano** (ver Capítulo IX).

IV — La formación Diabásica.

Las rocas de esta formación, las cuales reposan estratigráficamente sobre las pizarras, constan de **ibasas**.

Unas muestras, estudiadas por el doctor Nelson, se componen principalmente de plagioclasa y augita (K72 - K79 - K98 - K100).

Lasibasas fueron depositadas, como derrames volcánicos, en un ambiente marino.

En el terreno se pueden encontrar "planos de estratificación" que parecen ser los planos de contacto de estos derrames. Entre dos derrames consecutivos siempre existe un plano de "disconformidad" originado por las diferencias en la consistencia de estas rocas volcánicas. Posteriormente la erosión acentuó los planos de disconformidad y

esto ayuda al geólogo en la investigación del carácter de los contactos y de su posición tectónica (rumbo y buzamiento). Los diferentes derrames tienen el aspecto de gruesos estratos y así pudimos localizarlos morfológicamente en las fotos aéreas de la región, ya que quedan claramente marcados en las cuchillas paralelas (escarpamientos) al oeste de la Marina (ver Mapa y Corte).

En el campo medimos sin dificultad el rumbo y buzamiento de unos derrames. Los buzamientos varían entre 50° y 70° hacia el oeste.

El método más seguro para comprobar la localización de los contactos entre los derrames es la investigación de las características microscópicas de las muestras. Los resultados del estudio de las secciones delgadas, efectuados por el doctor Nelson, nos indican la posición relativa de la muestra en el derrame, es decir, si fue tomada del centro o del margen.

Granos finos y una estructura amigdaloidé (K98) corresponden a las zonas de contacto; granos más o menos medios (o gruesos) y estructura ofítica (K100) a la porción central de un derrame(*).

Las conclusiones de estos estudios microscópicos de las muestras, hasta ahora efectuados, coinciden perfectamente con la interpretación obtenida a base de las fotos aéreas. Sin embargo, en un terreno tan selvático, no es posible localizar todos los derrames, por ello varios fueron indicados sólo esquemáticamente en el Corte.

El buzamiento general de los derrames (50° y 70° al W) es igual al de los estratos del Conjunto Pre-diabásico, también cerca del contacto de las dos formaciones. No existe, pues, ninguna razón para suponer una discordancia entre ellos. Tampoco se han observado indicios de dislocaciones en gran escala. El primer derrame yace en forma concordante sobre el suelo pizarroso.

El doctor Nelson describe la muestra K98, tomada de la base del primer derrame, como **basalto amigdaloidé fuertemente deformado**. El carácter amigdaloidé prueba que esta parte de la corriente de lava se enfrió en la proximidad de la roca basal. Las tensiones tectónicas atacaban y deformaban la delgada zona de contacto del primer derrame (K98), más que las pizarras elásticas del Conjunto Pre-diabásico.

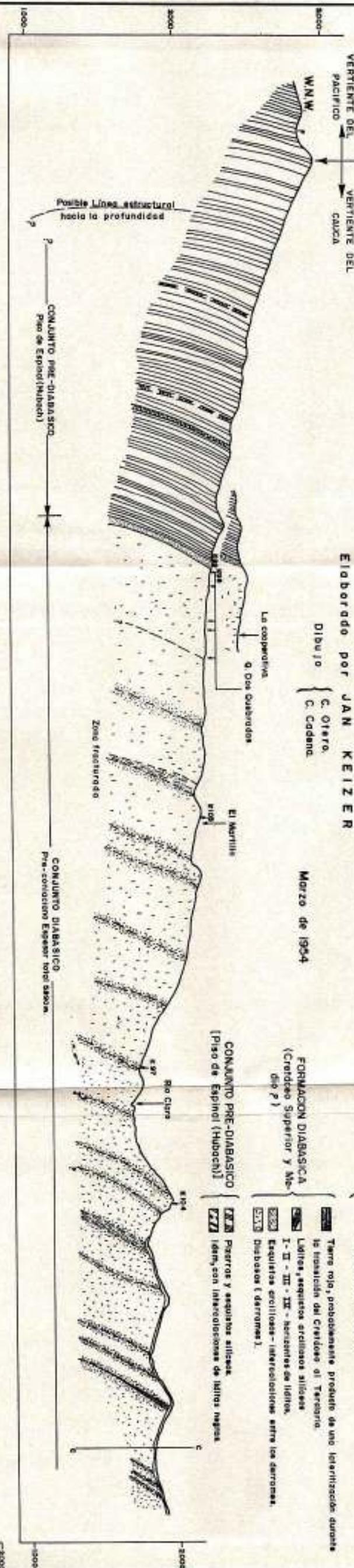
Dividimos todo el complejo de derrames de la zona estudiada en dos conjuntos (ver Corte).

(*) Otros detalles petrográficos y de nomenclatura sobre las rocas básicas de la Cordillera Occidental se encuentran en el informe de H. W. Nelson: "Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental - Sección geológica de la Carretera al Mar (Valle del Cauca)".

CORTE GEOLOGICO POR EL FLANCO ORIENTAL DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL EN LA REGION DE SAN ANTONIO MPIO. DE JAMUNDI (Valle del Cauca).

Elaborado por **JAN KEIZER**
 Dibujo { C. Otero, C. Cadena }
 Marzo de 1954

Escala 1:20000



LEYENDA

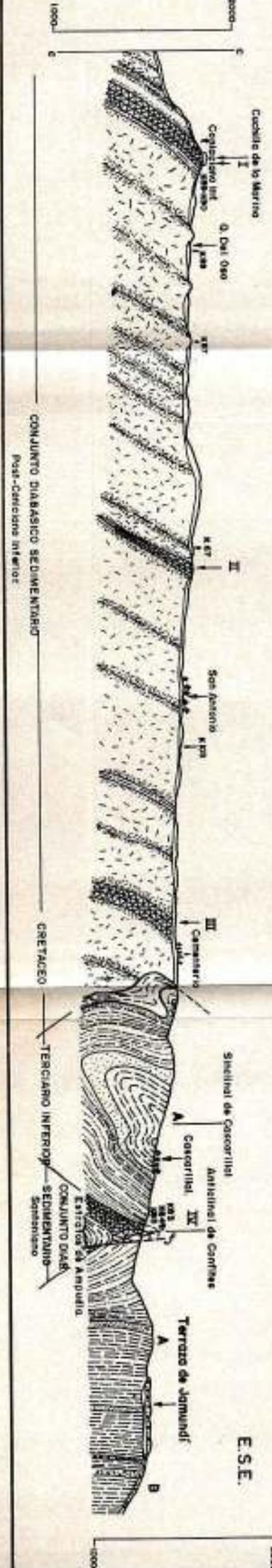
CUATERNARIO	
5330	Materiales de lodera.
5320	Terrazo de Jamundi.
TERCIARIO INFERIOR (Eoceno-Oligoceno inf.)	
5310	Arillos y esquistos arcillosos con montes de carbón - zona productiva B.
5300	Conglomerados de eodromo.
5290	Arillos esquistos arcillosos y arenosos zona estéril.
5280	Arillos y esquistos arcillosos con montes de carbón - zona productiva A.
5270	Areniscas (horizontes de la Cima).
5260	Arenas y areniscas rojas y amarillentas - arenillas ferruginosas.
5250	Como arenilla de la base.
FORMACION DIABASICA (Cretaceo Superior y Medio P.)	
5240	Tierra roja, probablemente producto de una laterización durante la transición del Cretaceo al Terciario.
5230	Láminas, esquistos arcillosos silíceos.
5220	I - II - III - IV - horizontes de lións.
5210	Esquistos arcillosos - intercalaciones entre los derrames.
5200	Derrames (derrames).
CONJUNTO PRE-DIABASICO [Piso de Espinal (Hudocn)]	
5190	Piseros y esquistos silíceos.
5180	Idem, con intercalaciones de lilitos negros.

CONVENCIONES

f Folio

Límite del derrame

Fósilis



MAPA 10. — Corte geológico por el flanco oriental de la Cordillera Occidental. San Antonio Jamundi.

Conjunto Diabásico
Conjunto Diabásico-Sedimentario,

que forman juntos una zona de más de 11 km. de extensión horizontal. No se puede observar la parte estratigráficamente más alta del Conjunto Diabásico-Sedimentario en el oriente de la región. Está cubierta discordantemente por sedimentos del Terciario.

No hemos visto en la región estudiada indicaciones de sobreescurrecimientos.

Todos los derrames, así como las intercalaciones sedimentarias, buzan hacia el oeste.

De esta potente formación están expuestos unos 10.300 m. en el área de San Antonio.

El Mapa general del NW de Sur América de Gansser(*) muestra también la extensa exposición de la potente zona diabásica en el sentido N-S desde la América Central hasta el Sur del Ecuador.

Conjunto Diabásico.

La parte inferior, llamada Conjunto Diabásico, consta de casi 100% de rocas volcánicas. Unas intercalaciones de 10 a 20 cm. de liditas y esquistos arcillosos indican pequeñas pausas en la actividad volcánica submarina. El espesor de este conjunto es de 5.900 m. y consta de una monótona serie de derrames, veinte de los cuales fueron representados en el Corte. Sin embargo es probable que existan muchos más.

Encima de la serie de derrames del Conjunto Diabásico reposa un banco de lidita con fósiles del **Coniaciano inferior** (Cuchilla de La Marina). Por lo tanto, las rocas del Conjunto Diabásico fueron formadas en el **Cretáceo preconiaco** y probablemente, en parte, durante el **Coniaciano prelidítico**. Es posible que el conjunto se haya formado en un lapso que abarca la parte superior del **Cretáceo inferior** y el **Cretáceo medio**.

Conjunto Diabásico-Sedimentario.

Sobre el banco de liditas (La Marina) yace una serie de derrames, con intercalaciones de sedimentos marinos uniformemente distribuidos, que es la que llamamos **Conjunto Diabásico-Sedimentario**, cuyo espesor es de 4.400 m. en la región estudiada. El espesor total de los bancos sedimentarios no sobrepasa los 300 m., o sea un 7% del total de la serie.

(*) A. Gansser: op. cit.

La base está formada por bancos de sedimentos marinos que constan "principalmente de liditas y esquistos arenosos silíceos".

Las liditas tienen generalmente un color gris azulado o a veces blanco, debido a la meteorización y lixiviación. En secciones frescas el color es negro azulado.

La lidita no contiene menas de cuarzo como las liditas de la formación Espinal.

En toda la cuchilla de La Marina estas rocas están bien expuestas (ver Corte: Lidita I) y constituyen el horizonte sedimentario inferior principal de toda la Formación Diabásica en esta parte de la Cordillera, con un espesor de 80 m.

En los afloramientos situados al sur de la Hacienda La Marina, los cuales son muy fosilíferos, se hallaron por ejemplo una amonita muy aplastada e indeterminable, muchos *Inoceramus* y vértebras de peces.

El paleontólogo doctor Bürgi determinó los *Inoceramus* de las muestras K89 y K90 como *Inoceramus peruana*, típica en Colombia para el Coniaciano inferior. Sin embargo, es discutible si se puede determinar una edad a base de una sola especie.

En las fotos aéreas se puede seguir esta zona de liditas hacia el norte y el sur.

Las liditas están superpuestas por cerca de 10 m. de esquistos arcillosos con fragmentos indeterminables de fósiles.

Un horizonte de lidita (el II) se encuentra en el camino a La Marina, al oeste de San Antonio, del cual no se observó una continuación más al norte. Se trata, pues, probablemente de un lente. No se hallaron fósiles. En el camino que conduce de San Antonio al Río Jamundi, vimos un afloramiento compuesto de esquistos silíceos estériles, con un espesor que alcanza a 80 metros.

Del horizonte de la lidita III hallamos buenos afloramientos al NE y SE de San Antonio (ver el Mapa). Este horizonte tiene un espesor de unos 75 metros y forma una zona continua, en varias partes cubierta de una capa superficial de tierra roja. La zona consta de liditas negras (y grises, por la meteorización) y esquistos silíceos en bancos gruesos. Más al norte, en la región del Río Jordán y al oeste del caserío de La Estrella, encontramos el mismo horizonte con buenos afloramientos y con foraminíferos entre los planos de estratificación de los bancos de liditas, la cual microfauna todavía no se ha estudiado.

Con excepción de estos tres horizontes de sedimentos, todo el terreno entre la cuchilla de La Marina y el contacto con las rocas terciarias consta de derrames diabásicos. El afloramiento más oriental de estas rocas lo observamos al sur del cementerio de San Antonio (K71, K72).

Más hacia el este los sedimentos del Terciario cubren discordantemente la Formación Diabásica.

Aquí está el Sinclinal de Cascarilla, con detalles estructurales muy complicados, que se compone de sedimentos arenosos rojos transgresivos del Terciario inferior.

Sin embargo, el Conjunto Diabásico-Sedimentario emerge de nuevo en la zona axial del Anticlinal de Confites, muy bien expuestos, más o menos un kilómetro al este de Cascarilla (ver Mapa y Corte). Ahí, en una cantera, afloran de nuevo bancos de 15 a 30 cm. de espesor, de líditas de color gris-claro con intercalaciones de arcillas y esquistos arcillosos silíceos. De estos últimos se tomó la muestra K84 para un estudio micropaleontológico. El paleontólogo-Jefe doctor H. Bürgl, determinó la siguiente microfauna (K84):

- Haplophragmoides excavata* Cushman & Waters
- Haplophragmoides* cf. *glabra* Cushman & Waters
- Glomospira gordialis* (Jones & Parker)
- Ammodiscus glabratus* Cushman & Jarvis
- Bathysiphon taurinensis* Sacco
- Bathysiphon alexanderi* Cushman
- Ammobaculites coprolithiformis* (Schwager)
- Pelosina complanata* Franke.

Dice, en conclusión, el doctor Bürgl: "Esta fauna consta exclusivamente de foraminíferos arenáceos. La mayoría de las especies están distribuidas en todo el Cretáceo superior de la región Caribe, es decir, según la estratigrafía de Texas, desde el Austin hasta el Navarro. *Ammodiscus glabratus*, *Haplophragmoides glabra* y *H. excavata* parecen ser más características para el Santoniano superior, mientras que *Glomospira gordialis*, *Bathysiphon alexanderi* y *B. taurinensis* indican más bien una edad Santoniano inferior. En la región de Girardot, encontramos una fauna un poco parecida en el Santoniano superior, razón por la cual creemos más probable el que dicha fauna tenga una edad Santoniana".

Nosotros añadiremos que todo el complejo lidítico IV tiene una edad Santoniana. Posiblemente los horizontes de líditas III y IV (Santoniana) son idénticos. Un estudio más detallado en el terreno podrá resolver esta cuestión.

Sabemos, a base de los datos paleontológicos, que la parte que aflora en la región estudiada, entre la Cuchilla de La Marina y el Anticlinal de Confites, del Conjunto Diabásico-Sedimentario fue depositada durante el Coniaciano-Santoniano, o al menos durante un largo lapso dentro de estos periodos.

La mayor parte del Conjunto diabásico fue depositado durante el **Cretáceo pre-coniaciano**.

El gran espesor total de la formación podría explicarse por la deposición de muchos derrames en un geosinclinal. La velocidad de "deposición" del material volcánico es mucho mayor que la velocidad de sedimentación de material no-volcánico. Las muy escasas intercalaciones sedimentarias (pausas en la actividad volcánica) son indicios de rápidas sucesiones de derrames de lava.

Suponemos que todo el complejo diabásico fue formado durante el **Cretáceo medio y superior**.

Estratos de Ampudia.

Al oeste del caserío Ampudia se encuentra, debajo de los sedimentos rojos basales del Terciario, una serie monótona de esquistos arcillosos de color gris, que llamamos **Estratos de Ampudia**.

En la carretera de Jamundi a San Antonio estos estratos no afloran en la zona axial del Anticlinal de Confites. Sin embargo, suponemos que también allá, pero más abajo, se encuentran los Estratos de Ampudia. La muestra K121 de los esquistos arcillosos todavía no ha sido estudiada paleontológicamente. Es evidente que estas rocas forman parte del **Cretáceo superior**.

Lo mismo que en la carretera, las rocas cretáceas de Ampudia están separadas en el flanco oriental, por medio de una falla, de los sedimentos basales del Terciario (ver Mapa y Corte).

V — La tierra roja.

Una gran parte de la superficie de la formación Diabásica está cubierta con una capa corrientemente denominada **tierra roja**.

Esta tierra roja consta de espesas arcillas rojas y anaranjadas, localmente con manchas verdosas. A veces contiene vetas de cuarzo fracturadas.

Esta clase de suelo se considera como un producto de la meteorización química de rocas ígneas básicas (laterización).

Las rocas se meteorizan por la circulación de soluciones en el subsuelo de modo que algunos componentes son transportados y otros quedan atrás y sufren relativamente una concentración (residuos de la meteorización).

Comúnmente el subsuelo de tales capas consta de rocas básicas

(diabasas, andesitas), puesto que esta clase de rocas se meteorizan con una mayor intensidad que las rocas ácidas.

Consideramos, por consiguiente, las capas rojas que cubren vastas regiones en el Occidente de Colombia, como producto de la descomposición de las diabasas descritas en el capítulo anterior.

Las diabasas de la región estudiada se componen principalmente de plagioclasas (silicatos constituidos por los cationes Si, Al y Na) y *augita* (silicatos con los cationes Si, Al, Fe, Mg y Ca).

Durante la meteorización química, los elementos Ca y Na se disuelven casi completamente; igualmente se transporta el Si probablemente en forma gelatinosa, que fácilmente es precipitada nuevamente y rellena grietas etc.. Del Fe tan abundante en las rocas básicas, sólo se transportará una parte, mientras que otra parte queda atrás junto con el Al insoluble. Este residuo de Al y Fe en forma de *hidróxido* compone la parte esencial de la llamada *laterita*, generalmente asociada con cantidades variables de Si y otras impurezas.

La laterita es pues, el resultado final de una meteorización química de una roca silícea.

Se está efectuando el análisis cuantitativo de la muestra K105 tomada de la tierra roja en las cercanías de San Antonio.

Un ambiente favorable para una meteorización química es un *clima tropical*. Según Walther(*) la laterita se forma solamente en un ambiente regularmente húmedo hasta relativamente seco. Cuando la precipitación anual sobrepasa los 1.800 mm. ya no se forma laterita sino se acumula humus, componente valioso de las *tierras negras*. Generalmente la laterización alcanza sólo poca profundidad.

Una capa de tierra roja puede originarse únicamente en regiones donde no existe una fuerte erosión.

Casi la totalidad de la superficie de la parte diabásica del Conjunto Diabásico-Sedimentario está cubierta con laterita. Los afloramientos de diabasas se presentan sólo escasamente en las quebradas y en algunos de los escarpes de las lomas prolongadas (ver Mapa y Corte).

También al oeste de la Hacienda La Marina se presenta la tierra laterítica, aunque con menos frecuencia que en el área que se extiende de La Marina hacia abajo.

En la región de contacto con las pizarras no existen las arcillas rojas.

(*) Walter.- Zeitschrift d. Deutsch. Geol. Ges., 1951. Monatsbericht, S 130.

Los sedimentos del Terciario yacen sobre una capa de arcillas rojas, las cuales son en algunos lugares un poco esquistosas (ver Corte). Debemos tomar en cuenta una laterización anterior a la primera transgresión del Terciario inferior.

Los sedimentos transgresivos más bajos de la zona estéril de la base consta de arenas arcillosas rojas, localmente conglomeráceas (región de Timba). Muy cerca del contacto encontramos masas de arcilla roja, irregularmente distribuida en la serie inferior de arenas rojas bien estratificadas, del Terciario.

Las arenas rojas de ambos flancos del Anticlinal de Confites yacen sobre las liditas del Santoniano.

Durante la primera transgresión del Terciario sobre el plano continental del Cretáceo Superior, las arcillas lateríticas, ya existentes en aquel entonces, se insertaron entre los sedimentos arenosos transgresivos. Porque creemos que había una fase continental durante la transición del Cretáceo al Terciario, posiblemente durante el Maestrichtiano superior y el Paleoceno.

Sin embargo esto sólo explica la presencia de las rocas arcillosas rojas, algo esquistosas, junto a los sedimentos transgresivos del Terciario.

La capa superficial de tierra roja que cubre actualmente vastas regiones, entre otras la de San Antonio, debe haberse formado durante un período más reciente.

Durante la fase orogénica andina los derrames e intercalaciones de sedimentos tomaron una posición empinada e invertida, y luego fueron parcialmente erodados. Suponemos que la laterización se efectuó sobre este plano erodado.

En el Abanico de Jamundí, que cubre discordantemente los estratos plegados del Terciario, de nuevo encontramos material rojo, el cual de seguro proviene de la capa roja autóctona.

Quedó redepositado con bloques y cascajos de diabasa, pizarra y lidita y con un bajo porcentaje de material arenoso del Terciario. Consideramos esta formación como una deposición del Pleistoceno a base de indicaciones morfológicas generales y de la comparación con los abanicos del Tolima y de los Llanos Orientales.

En consecuencia, podríamos colocar la última laterización principal en el **Plioceno-Pleistoceno Inferior**.

Suponemos, pues, dos períodos principales de laterización en el fianco oriental de la Cordillera Occidental:

II - Plioceno-Pleistoceno Inferior, que se encuentra actualmente en la superficie.

I - Transición Cretáceo-Terciario, la que forma una capa intersticial entre los derrames diabásicos y las areniscas terciarias.

No se sabe si la laterización se produce actualmente. Es probable, aunque en menor grado, por la precipitación actual.

VI — El Terciario Carbonífero — (Terciario inferior).

En el área del caserío de Cascarillal se encuentra una serie de sedimentos, que cubren transgresivamente las rocas de la Formación Diabásica. Estas rocas llaman la atención por lo variado de su carácter litológico, y por su importancia económica debida a la presencia de mantos de carbón.

En un reciente informe del suscrito se hallan más detenidamente explicados los detalles y consideraciones geológicas, especialmente en cuanto a los carbones (*). (Véase trabajo anterior. EL EDITOR).

En este capítulo nos limitamos a unas anotaciones generales sobre la zona que se encuentra a lo largo de la carretera de Jamundí a San Antonio.

Pasando por la carretera desde San Antonio hacia Cascarillal vemos sedimentos arenosos rojos más o menos bien estratificados. A unos 1½ km. al este de San Antonio nos hallamos en la parte basal de una formación más joven, la cual yace discordantemente sobre los derrames y bancos de liditas.

Esta zona de la base está superpuesta por un grueso banco de arenisca cuarzosa, blanca-grisosa (Horizonte de la Cima), la cual se puede reconocer fácilmente en el campo.

Encima del Horizonte de la Cima yace estratigráficamente una serie de arcillas grises que contiene mantos de carbón (Zona A) cuyos espesores varían entre 0,20 m. y 1,20 m.. Aquí nos hallamos en la zona axial del Sinclinal de Cascarillal.

Al este de Cascarillal, o sea en el flanco oriental del sinclinal, vuelven principalmente las mismas rocas ya descritas.

La serie de la base yace, según parece, concordantemente sobre los bancos de liditas del Santoniano en la zona axial del Anticlinal de Confites (ver Corte). En realidad el contacto representa un hiato estratigráfico. En la parte oriental de esta estructura, los sedimentos de la base están separados de las liditas por una falla, de tal mane-

(*) Keizer: Estudios geológicos en la región carbonífera del Valle del Cauca. -I- La región carbonífera de Jamundí, entre los ríos Guachinte y Jordán (Véase en esta misma entrega).

ra que los sedimentos basales bajaron con respecto a las liditas (ver Corte).

La misma sucesión se encuentra, pasando la carretera, desde las liditas del Anticlinal de Confites hacia el este. A 1½ km. al este de Cascarillal, los estratos carboníferos desaparecen bajo los conglomerados y arenas del Abanico de Jamundi.

En la incisión del río Claro se encuentran estratos más recientes en la parte donde la erosión denudó las deposiciones del abanico hasta el fondo firme.

En esa angostura del río saltan a la vista dos bancos verticales de conglomerado de cuarzo.

Estos bancos separan una zona que consta de arcillas arenosas, areniscas etc. (la estéril); de otra que se compone de arcillas bien estratificadas y vetas de carbón (zona productiva B), la cual reposa sobre dichos bancos.

En resumen, podemos subdividir litológicamente toda la sucesión de los estratos mencionados que está presente en la región estudiada, según el cuadro que sigue (ver Mapa y Corte):

- ? : Zona de arcillas y esquistos arcillosos con fósiles;
Eoceno superior - Oligoceno inferior con intercalaciones de mantos de carbón (0,35 m. - 1,80 m. Zona B).
-
- 380 m. : Arcillas y esquistos arcillosos, con dos bancos de conglomerados de cuarzo en la parte superior y uno de arenisca gruesa y conglomerado fino (Gritstone) más abajo (Zona estéril).
-
- 420 m. : Arcillas y esquistos arcillosos con mantos de carbón, localmente con lentes de arenisca (Zona A).
Espesor muy variable. + 30 - 60 m. : Arenisca de cuarzo fino, localmente grueso (Horizonte de la Cima).
-
- 200-350 m.: Arcillas arenosas rojas y abigarradas arenas y areniscas rojas, localmente conglomeráticas con concreciones de hierro (el color de los sedimentos cambia hacia arriba hasta volverse amarillo) (Zona de la base).

En la zona de la carretera el Sinclinal de Cascarillal está invertido y buza con una fuerte inclinación hacia el oeste. La estructura es muy complicada y deformada; más al sur muchos pliegues secundarios hacen paulatinamente desvanecer la forma general del sinclinal. El Corte representa sólo esquemáticamente la forma estructural.

Los estratos debajo del Abanico de Jamundí son casi verticales, lo que se ve muy bien en la angostura del río Claro (Bucarica).

En el flanco oriental de la zona axial del Anticlinal de Confites se encuentra una falla, bien expuesta en la carretera. Es una falla normal con un desplazamiento de la parte oriental (sedimentos basales del Terciario), hacia abajo.

Aunque no fueron hallados fósiles en los afloramientos a lo largo de la carretera Jamundí-Cascarilla, aparte de las contenidas en las lilitas santonianas, es obvio que los mencionados sedimentos transgresivos tienen una **edad terciaria**, por las siguientes razones:

1^o—La colocación discordante sobre las rocas del Cretáceo superior.

2^o—Los fósiles descritos por el Dr. J. Royo y Gómez en 1950(*) y hallados en las rocas mencionadas en el valle del río Claro, cerca a Bucarica.

Según Royo y Gómez, todos los fósiles estudiados pertenecen al Terciario Inferior y en su inmensa mayoría al **Eoceno superior**.

Es probable que las deposiciones que se encuentran estratigráficamente más abajo, en la región de Cascarilla, pertenezcan al **Eoceno inferior**, mientras que los sedimentos, situados estratigráficamente más arriba, que afloran en la región de la desembocadura de la quebrada Teteral en el río Guachinte(**) (Las Cañas), hayan sido depositados durante el **Oligoceno inferior**.

Facies.—En la región al este y al oeste del caserío de Cascarilla, claramente se ven rápidos cambios en la facies lo cual es característico para todo el complejo sedimentario del Terciario inferior al sur de Cali.

En las areniscas de la zona basal encontramos frecuentemente una estratificación cruzada, indicio de una facies litoral-fluviátil. Las arcillas grises, bien estratificadas, localmente con vetas de carbón, fueron depositadas en una laguna pantanosa (facies limnica).

Marcas de oleaje también fueron encontradas en las areniscas arcillosas. Este fenómeno indica un ambiente litoral (o a veces fluvial), mientras que los numerosos bancos arenosos con concreciones de hierro corresponden a una facies litoral-nerítica.

En la Zona B (ver Corte y Mapa) se encuentran estratigráficamente, encima de los mantos de carbón, arcillas y esquistos arcillosos con moluscos litoral-neríticos como *Pecten*, *Arca*, *Ostrea*, *Turritella* etc..

(*) José Royo y Gómez: Estudio de varias rocas fosilíferas del Departamento del Valle. Informe N° 691.

(**) No figura en el mapa.

Las facies mencionadas aducen pruebas sobre una alternación de sedimentación marina y limnica (o sea de transgresiones y regresiones), la llamada **facies parálisis**.

Para esta región se puede hacer un análisis de facies más detallado, del cual podría resultar una exacta descripción paleogeográfica de esta época del Terciario.

La mayor parte de los sedimentos inferiores terciarios, descritos en este capítulo, están comprendidos en el Piso del Cauca, introducido por Hubach(*).

VII — El Abanico de Jamundí.

En la parte oriental de la región estudiada se encuentran sedimentos más modernos que cubren discordantemente las areniscas, conglomerados y arcillas del Terciario inferior.

En las fotos aéreas vemos muy claramente una deposición terraciforme, cuya superficie está ligeramente inclinada hacia la planicie del río Cauca.

Se trata aquí de un abanico con una forma muy bien conservada. Solamente la parte occidental está representada en el mapa.

Su punto más alto y también más occidental está situado a 1.250 m. (N de la quebrada Teteral) y su superficie inclinada hacia el este baja hasta los 1.000 m., a cuyo nivel desaparece bajo los sedimentos recientes y subrecientes de la planicie del río Cauca (Piso del Valle de Hubach)(*).

En la carretera de Jamundí a San Antonio, a unos 1.200 m. al este de Cascarillal, se ve bien expuesta la parte occidental del abanico, yacente sobre los estratos muy inclinados de la Formación Cauca.

En esta parte el espesor alcanza de 15 a 20 metros y parece aumentar hacia el plano del río Cauca, aunque allá no está expuesta la base.

El abanico consta de arcillas arenosas rojas, bien estratificadas, alternadas con bancos de cascajo, conglomerados polimictos (polymict) y arenas rojas de grano medio hasta grueso.

Los sedimentos, los cuales no están diagenéticamente endurecidos, presentan una estratificación cruzada, especialmente en los bancos arenosos.

Elementos tobáceos no fueron encontrados.

(*) E. Hubach: Geología de los Departamentos del Valle y Cauca, en especial del carbon, 1934. Informe N° 87.

(*) Hubach: Op. cit., pág. 190.

Los conglomerados se componen de los siguientes elementos:

	Lidita	± 35% - completamente alterada y lixiviada
Componentes de 2-8 cm. diámetro	Esquisto arcilloso	± 25%
	Diabasa	± 20% - alterada
	Otros componentes	± 20% - cuarzo, cuarcita, arenisca ferruginosa
Matrix	Arcilla arenosa roja y arena arcillosa roja de grano grueso.	

Se encuentra, en un nivel más bajo, una deposición muy gruesa con bloques de diabasa, tonalita y diorita.

El diámetro de los bloques varía generalmente entre 10 y 50 cm., aunque existen bloques de 2 metros.

Evidentemente estos cascajos y bloques provienen de las rocas del Conjunto Pre-diabásico, de la Formación Diabásica y de la Formación Cauca, mientras que la matrix roja se compone de una mezcla de arena y arcilla roja, como tierra roja transportada.

Se trata de una formación, depositada durante un período de intensa erosión en la parte alta de la Cordillera.

Probablemente los sedimentos fueron transportados por los ríos Claro y Jamundí, situados a un nivel mucho más alto que en el tiempo actual.

El material de erosión fue depositado en un cono de deyección (abanico) sobre la parte baja de la cuesta oriental y sobre el propio valle del Río Cauca de aquel entonces.

Fenómenos similares son muy conocidos en el lado septentrional y meridional de los Alpes europeos. Allá fueron causados por el agua de fusión de los grandes glaciares en el Pleistoceno.

Grandes masas de agua erodaban y transportaban material suelto grueso y fino y roca firme, de tal manera que una corriente de agua con arena, arcilla y bloques en suspensión, se movía hacia las planicies y formaba las deposiciones fluvio-glaciales ("Fluvioglaziale Schotterfelder").

Durante ciertos periodos en el Pleistoceno, las partes altas de la Cordillera estaban cubiertas por hielo y nieve.

Probablemente también en la región de Jamundí las terrazas altas inclinadas (abanico) fueron formadas con material transportado

por agua de fusión, proveniente de los terrenos altos al lado oriental de la Cordillera.

Consideramos que la edad de la formación del Abanico de Jamundi, así como la de los abanicos de Armenia, Ibagué, Chaparral etc., es el Pleistoceno.

La inclinación de la superficie del abanico es de 4°. No sabemos si se trata solamente de un declive por concepto de sedimentación en el flanco del promontorio de la Cordillera o está inclinado, también debido a un descenso tectónico en el Valle del Río Cauca.

VIII — El Macizo de los Farallones de Cali.

Desafortunadamente no pudimos visitar a causa del invierno, el impresionante cerro de los Farallones.

Sin embargo, debemos mencionar esta parte de la Cordillera Occidental, que por su grandeza y altitud domina toda la región de Cali y Jamundi y está cerca de la región estudiada.

El cerro de los Farallones de Cali forma topográficamente un alto filo que comienza en el Sur, a unos 7 km. al norte de la casa Pereira (ver Mapa) situada en una prolongación baja del mismo filo.

Al norte se extiende hasta el SW de Pichindé (SW de Cali).

La parte meridional del macizo está situada entre los cauces altos de los ríos Claro y Jamundi, los cuales corren allá en dirección N-S.

Los flancos oriental y occidental son muy pendientes. El punto más alto de la cresta alcanza a unos 3.800 metros. En consecuencia, la mayor parte está cubierta por una vegetación de páramo.

Por medio de las fotos aéreas se puede obtener una impresión nítida de la morfología de los terrenos al oeste y este de los Farallones y resulta que el macizo es completamente diferente de las regiones circundantes y parece constar de rocas ígneas más modernas.

El macizo de los Farallones de Cali tiene el aspecto de un cuerpo *bosiforme* de gran tamaño y de forma alargada. En el lecho del río Jamundi se encuentran cantos rodados de roca ígnea no-diabásica (más o menos un 15% del total) (*), que deben provenir de la parte oriental del macizo de los Farallones. En los cascajos de la muestra K140, tomada en el río Jamundi cerca de la confluencia de la quebrada Honda, el Dr. Nelson distingue dos tipos, a saber:

(*) El 85% de los cantos rodados se compone de diabasas y liditas.

Tonalita hornbléndica con los siguientes minerales: plagioclasa, ortoclasa, hornblenda, menor cantidad de biotita y cuarzo intersticial.

Porfirita cuarzodiorítica hornbléndica biotítica con fenocristales de plagioclasa, cuarzo (poco), hornblenda y biotita. La masa está compuesta de cuarzo y feldespato finamente graduada.

También en el Abanico de Jamundí se encuentran cantos rodados de los Farallones. La muestra K169, investigada por el Dr. Nelson, consta de:

Porfirita cuarzodiorítica biotítica con fenocristales de plagioclasa, cuarzo y biotita.

Los lados oriental y meridional están en contacto con los derrames de diabasa, los cuales se encuentran al N y NW de la casa Pereira (ver Mapa).

Hasta ahora no se sabe nada acerca del contacto de la intrusión al lado occidental del macizo. Parece en las fotos aéreas que el contacto probablemente con las pizarras (del Conjunto Prediabásico) sigue más o menos el cauce del alto río Claro.

Puesto que el paraje de la casa Pereira se halla a unos 7 km. al sur del propio cuerpo bosiforme, no se vieron allí indicaciones de una mineralización hidrotermal. La muestra K96 contiene el tipo común de diabasa.

Hubach (*) mencionó la posibilidad de un metamorfismo termal en relación con la región de Pichindé y Felidia (W de Cali) influido por el magma tonalítico. Probablemente existen zonas de mineralización alrededor de los Farallones. Según Nelson(**) hay indicaciones de ello al N del macizo, en la región de Felidia y Mares.

Las rocas magmáticas de los Farallones de Cali, que penetraron en las diabasas y pizarras, no se distinguen petrográficamente de las rocas tonalíticas y dioritas porfiríticas que afloran en la región de los ríos Timba y Guachinte. Estas últimas son productos "hipobásales" del Terciario superior probablemente post-orogénico.

Suponemos, por lo tanto, que la intrusión del magma tonalítico (y diorítico) tuvo lugar también en el Terciario superior, más o menos simultáneamente con la formación de las tonalitas y porfiritas dioríticas de Timba.

(*) Hubach: Informe geológico preliminar sobre los túneles de Felidia y Mares. Informe N° 872.

(**) Nelson: Op. cit. página 13.

IX — Consideraciones geológicas generales sobre la región.

Como resumen de la sucesión de los acontecimientos geológicos en esta parte de la Cordillera Occidental incluimos una columna estratigráfica.

Las pizarras del Conjunto Pre-Diabásico con las intercalaciones de bancos o lentes lúdicos, presentan por completo el aspecto de una tranquila deposición marina muy constante en un medio geosinclinal.

También sabemos que los derrames de diabasas de la Formación Diabásica fueron depositados en un ambiente submarino, porque encontramos intercalaciones sedimentarias marinas, las cuales son frecuentes en la parte estratigráficamente superior (lúditas de La Marina y otros horizontes).

El notable espesor visible de la Formación Diabásica (± 10.300 m.), se puede explicar solamente suponiendo que los derrames fueron depositados sobre un fondo del mar que estaba constantemente bajando.

Como ya se ha dicho, la velocidad de deposiciones del material volcánico debe haber sido mucho más grande que la velocidad de sedimentación del material no-volcánico, cuyas muy escasas intercalaciones de poco espesor son pruebas de rápidas acumulaciones de derrames submarinos de lava.

Fenómenos semejantes(*) fueron descritos con referencia a otras partes del mundo. Resulta que también en esas regiones, especialmente en el Mesozoico, se derramaban inmensas corrientes de lava básica, por ejemplo en la India, Tasmania, Islandia, el Antártico y en la parte occidental del continente norteamericano.

En el occidente de la India son muy conocidos los "plateaubasalte" (Deccantraps), derrames del Mesozoico superior-Terciario inferior, los cuales no se plegaron y por lo tanto forman actualmente extensas mesetas de estratos horizontales (espesor ± 3.000 m.), parecidas a terrazas.

La mayor parte de los grandes fenómenos de derrames diabásicos en el mundo, se originaron de erupciones (submarinas o terrestres), efectuadas a lo largo de hendiduras o extensas grietas. Se supone que estas grietas (fallas o diaclasas) se produjeron a causa de tensiones en la corteza terrestre. Por tales fallas, más o menos abiertas, podía el magma subir y originar erupciones lineares a la superficie. Probablemente llegaron estas fallas hasta el substrato.

En todos los casos arriba mencionados de erupciones lineares, se

(*) Em. Kayser: Allgemeine Geologie, I. Theil 6e Auflage, Stuttgart.

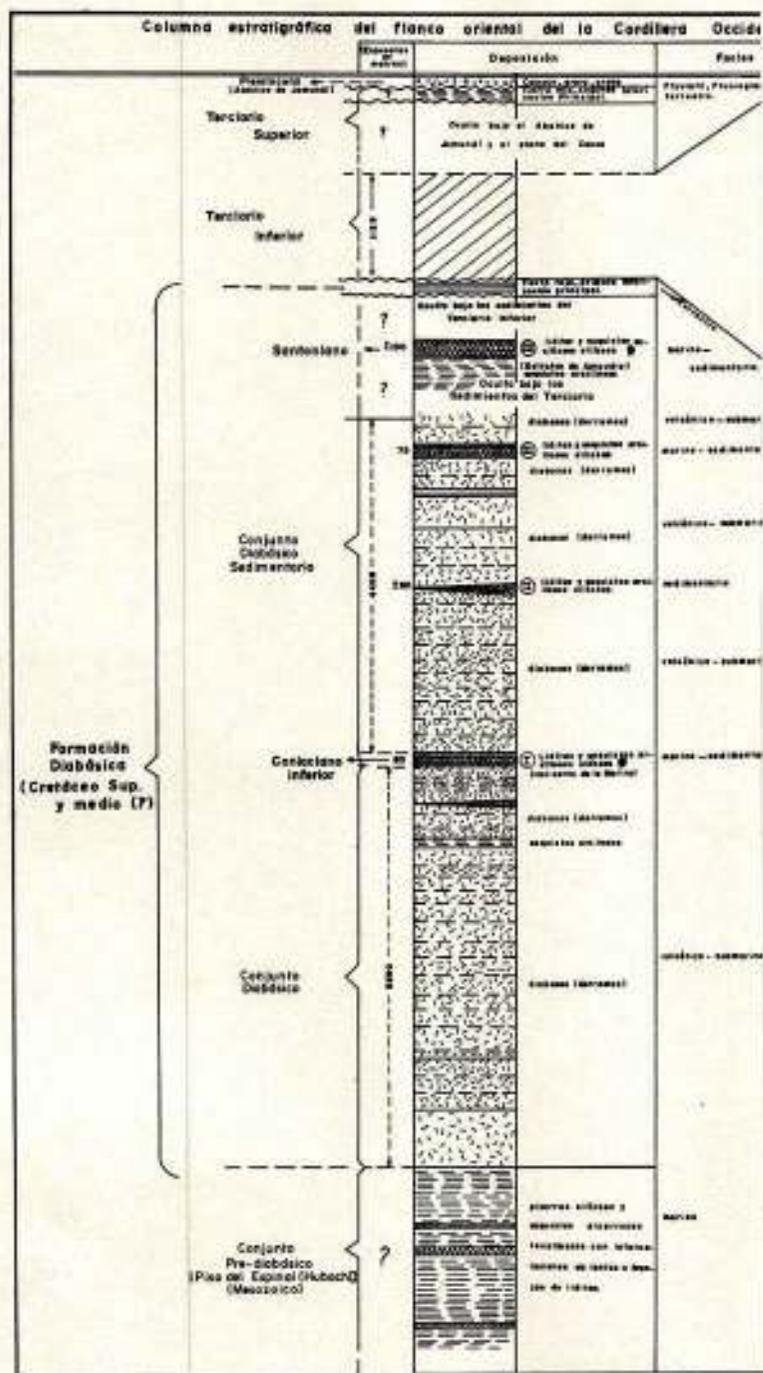


FIG. 9. — Columna estratigráfica del plano orient

encuentra magma basáltico, el cual es generalmente pobre en sustancias volátiles.

Se supone que el rápido movimiento del magma no da tiempo para transformaciones por medio de la diferenciación y asimilación(*) (magma virgen).

La potencia y extensión de las deposiciones volcánicas de la Cordillera Occidental justifican una comparación con los grandes fenómenos de la India, Arizona y el Antártico, los cuales se originaron asimismo en el Mesozoico.

En nuestro concepto, los derrames mesozoicos de diabasa, del Occidente de Colombia, son corrientes de lava básica que ascendieron a lo largo de **grietas o fallas de tensión**, rupturas probablemente preformadas durante la primera fase geosinclinal del Conjunto Pre-diabásico.

Las mencionadas fallas tal vez puedan relacionarse con la zona occidental de las fallas marginales de una eventual fosa del Cauca(**) (Cauca-graben).

Se puede discutir sobre la localización exacta de las fallas de tensión; en todo caso deben tener un rumbo NNE-SSW, más o menos.

Si las grietas actuaron posteriormente como fallas del graben del Cauca, deberíamos buscarlas en las zonas marginales de la cuenca geológica del Cauca, probablemente debajo de los sedimentos transgresivos del Terciario, por ejemplo en la región de Cali a Suárez (Departamento del Cauca).

Para probar esta tesis se necesitan más datos de campo de los que existen actualmente, acerca de las extensas zonas de Suárez-Cali-Vijes-Yotoco-Riofrio-Zarzal y de Corinto-Palmira-Tuluá-Sevilla.

Como se ve en el Corte, todos los estratos del complejo pizarroso y los derrames de la Formación Diabásica sin excepción, están invertidos.

Es difícil imaginarse la intensidad de las fuerzas tectónicas capaces de invertir el conjunto de estratos volcánicos de un espesor de 10.295 m..

Sin embargo, suponemos, antes de la fase tectogenética andina del Mioceno, un **levantamiento** durante el Cretáceo postsantoniano, de tal manera que antes de la transgresión del Terciario inferior pudo efectuarse una laterización sobre una superficie continental. Esta superficie fue formada por las capas de diabasa emergidas que se incli-

(*) H. A. Brouwer: *Vulkanan*; M. V. Servire: 1946.

(**) Sin embargo, esto implica a la vez la existencia de otra zona de fallas en el oriente de la cuenca geológica del Cauca, es decir en el borde occidental de la Cordillera Central.

naron levemente hacia el este, a causa de una mayor ascensión en el oeste.

La subsiguiente transgresión se operó desde el oriente contra la costa oriental de una isla de rocas diabásicas levantadas.

En la región estudiada no se puede fijar con exactitud el ángulo de discordancia entre los derrames y los sedimentos transgresivos basales, pero parece que es pequeño.

Evidentemente los sedimentos basales fueron depositados sobre una capa de tierra roja, porque los conglomerados basales con componentes de diabasa son escasos (región de Timba). En cambio se encuentran en los gruesos sedimentos plásticos rojos, fragmentos de arcilla roja muy irregularmente distribuidos.

Las líneas de la costa tenían muy probablemente una dirección de NNE-SSW durante el Terciario inferior y consideramos que en esa época, en la región de Jamundi, se extendía un mar sobre la plataforma continental (shelf), alargado en el sentido N-S.

Muy sobresaliente en las mencionadas deposiciones transgresivas son las muchas intercalaciones de bancos de arenisca de granos de cuarzo y conglomerados de componente del mismo mineral. Hasta ahora no se sabe nada acerca de la procedencia de este cuarzo.

Sobre la sucesión en la sedimentación y el rápido cambio de facies, trata el capítulo VI. Podemos designar la facies en general como una facies parálca.

Durante la fase tectogenética andina (\pm Mioceno), los derrames de diabasa ya inclinados, se invirtieron mientras que los sedimentos poco resistentes, del Eoceno y Oligoceno inferior, se deformaban, subplegaban y en algunos sitios se fallaban.

Probablemente las capas terciarias de la base se deslizaron sobre las plásticas arcillas rojas, producto de la primera laterización (de la transición Cretáceo-Terciario). Esta arcilla roja, que se presenta en la zona de discordancia, está localmente bien estratificada, debido a la presión tectónica.

Suponemos un levantamiento después del plegamiento y luego un largo período de erosión. Esto probablemente producía un cierto grado de penillanuramiento, especialmente de los promontorios de la cordillera, durante el Plioceno (inferior?). En la superficie erosional empezó una nueva laterización (Plioceno superior?).

Durante el Pleistoceno seguramente se acumulaba nieve en las altas regiones de la Cordillera Occidental (desde más o menos 2.800 m.)

y tal vez se formaron glaciares en algunos sitios, tal como ocurría en las Cordilleras Central y Oriental.

Sólo en las fotos aéreas de la parte meridional de los Farallones de Cali, se ven unos rastros de glaciario.

Con la descongelación se soltaron inmensas masas de agua, cuya acción erosiva ensanchó y ahondó los cauces(*) de los ríos Claro y Jamundí, ante todo en las regiones altas de la Cordillera. Las aguas de fusión transportaron los bloques y cantos erráticos con una masa arenosa más fina en suspensión, mezclada con cantidades de arcilla roja laterítica hacia la planicie de la cuenca geológica del Cauca y depositaron los conos de deyección de los cuales el Abanico de Jamundí presenta un ejemplo instructivo.

Bogotá, mayo de 1954.



(*) Los cauces se encontraban en aquel entonces a un nivel más alto que ahora.

ANOTACIONES GEOLOGICAS SOBRE EL CARBON DE LOS DEPARTAMENTOS DEL VALLE DEL CAUCA Y DEL CAUCA (1)

Por Enrique Hubach, Geólogo Director

En asocio del doctor Guillermo Córdoba, Gerente de la Corporación Carbonera Colombiana, y de los señores Th. Fraser, F. Schuschny y J. B. Lewis, expertos respectivamente en la elaboración, en la economía y en la minería del carbón, se tuvo ocasión de visitar la región carbonífera del Valle del Cauca y del Cauca. De acuerdo con los puntos de vista de la Corporación, se prestó atención preferencial a la zona de Jamundi-Suárez, que se distingue por pertenencias carboníferas grandes, altas cuelgas y horizontes de carbón bituminoso y antracítico. Además, en busca de carbón de bloques se recorrió la zona de la desembocadura del río Piendamó al Cauca, y la zona que queda al Sur de la saliente de Yumbo. La exploración se hizo desde el 21 al 27 de julio del presente año.

Los puntos tratados en este informe son:

- 1º) Areas carboníferas en la zona de Jamundi-Suárez, y horizontes bituminoso y antracítico de carbón.
- 2º) Posibilidad de obtener carbón grueso.
- 3º) Problema de las impurezas del carbón dado a la venta.
- 4º) Características geológico-mineras del carbón.

GENERAL.

La formación carbonífera del Cauca, perteneciente al Terciario Inferior, ha sido estudiada por el doctor Benjamín Alvarado y por el suscrito. Los resultados de este trabajo detallado que se refiere a la superficie y a las minas de carbón, se hallan en el informe "Geología de los Departamentos del Valle y del Cauca, en especial del Carbón", Archivo del Servicio Geológico Nacional. De este informe se acompañan algunos gráficos, pertinentes al presente estudio, que muestran la suma variabilidad de la estratigrafía y de los mantos de carbón, a la cual hay que agregar el estrechamiento y el abultamiento de estos

(1) Informe N° 775. Bogotá, agosto de 1951. Ministerio de Fomento. Servicio Geológico Nacional. 2ª edición.

por efectos tectónicos, la intercalación de solapas (urglie), su variabilidad y en algunos casos su inflamabilidad, la abundancia de agua en algunos mantos y la trituración hasta pulverización del carbón en todas las estructuras explotadas.

La faja comercial del carbón de los dos departamentos se halla restringida al piedemonte de la Cordillera Occidental, que se desarrolla desde la saliente de Yumbo hasta la región de Dinde, al Sur de la desembocadura del río Piendamó al Cauca. Su longitud es de 100 kilómetros y el ancho de menos de uno hasta cinco kilómetros. En la zona de interés, de Jamundí a Suárez, con 40 kilómetros de largo, se distinguen dos horizontes de carbón, paralelos, de los cuales el occidental, formado de 2 a 5 metros explotables, es bituminoso, y el oriental, con 3 mantos aprovechables, es antracítico por efectos de la intrusión de un dique-manto de dacita. El carbón antracítico ha sido poco explotado por falta de consumo.

Debido a la trituración del carbón y a su permeabilidad para el agua, el carbón por ahora sólo se puede considerar explotable encima del nivel del río Cauca y de sus afluentes. Por esta razón, las áreas de grandes cuélgas encima de esos niveles, son las más adecuadas para la minería actual y ellas cubren la mayor parte de la zona de Jamundí-Suárez.

No son comerciales, la zona que se extiende hacia la Cordillera Central entre Suárez y Santander de Quilichao; además la que sigue de Dinde hacia Tambo (Cauca), el Valle del Patía y Narifio, y la que está de Yumbo hacia el Norte. Esta última muestra la formación del Cauca en facies marina, sin carbón en la parte conservada; las otras dos tienen carbón más o menos arcilloso. En Santander por cierto hay un manto de carbón bueno, pero en condiciones difíciles de explotar.

PARTICULAR.

1º)—Áreas carboníferas entre Jamundí y Suárez.

En la Hacienda de Las Mercedes, al Norte del río Jamundí, la cuélgas del horizonte de carbón bituminoso, es favorable y se puede estimar en 200 metros, con base en el nivel del río Jamundí. La longitud del horizonte en la hacienda se estima en 2½ kilómetros. A juzgar por la mina de Puerto Vélez, se puede contar con dos mantos explotables, uno de 3 metros de espesor en término medio (variable entre 2 metros y 4 metros), y el otro de 0,75 metros de espesor medio. Para la cubica-

ción provisional se puede contar con un grueso total de carbón de 3,5 metros. En esta forma habría una existencia de 2 millones de toneladas de carbón bituminoso, cantidad de la cual serían explotables:

1.000.000 de toneladas de carbón bituminoso.

Se pone de presente que la estructura es erguida y que se percibe en forma regular hacia el NNE, hasta el límite de la hacienda. No se conocen las variaciones del grueso del carbón.

El carbón antracítico de la misma hacienda tiene poca cuelga, debido a la erosión del río Jamundí, y escasamente se podrá estimar en un término medio de 40 metros. El espesor todavía no se conoce y se juzga que puede ser de 2 metros. Contando con la misma longitud del horizonte de carbón bituminoso, por ahora se puede contar con una cantidad explotable, no mayor de:

120.000 toneladas de carbón antracítico.

El sector entre los ríos Jamundí y Claro, repartido de N a S entre las propiedades mineras de Puente Vélez, Cascarilla y Túnel Nuevo, todavía ofrece el desarrollo defectuoso del carbón del horizonte bituminoso, producido por efectos tectónicos, como es el caso del estrujamiento de más de 80 metros de largo que afecta el manto principal en Túnel Nuevo. Esto es una advertencia de que antes de iniciar túneles de explotación, hay necesidad de catear bien los mantos de la superficie. En la mina de Puente Vélez, como se dijo arriba, se puede contar con un espesor medio de 3,5 metros, correspondiente a dos mantos de carbón (La Grande y La Paralela). En Túnel Nuevo, los mantos son el Cero, con 0,5 hasta 0,7 metros de carbón; el manto Uno, con 3 a 4 metros de carbón, y el manto Uno y medio, con 0,70 hasta 1,5 metros de carbón. Media la circunstancia de que los estrujamientos son grandes (posición vertical), de manera que no se puede contar con un promedio de más de 3,5 metros, tal como en Puente Vélez. La longitud entre los ríos Jamundí y Claro es de 7 kilómetros aproximadamente. La cuelga sobre los ríos puede ser de 200 metros en promedio. Bajo estas condiciones, puede haber en este sector la cantidad de:

2.500.000 toneladas explotables, de carbón bituminoso (50% del total)

Desde luego, se trata de un trayecto largo, con serias influencias tectónicas y, dado el caso, de costoso sostenimiento de socavones.

El desarrollo del horizonte antracítico en este sector no se conoce por trabajos mineros. Es probable que pase al Oriente del horizonte bituminoso, como continuación de la sección que viene de Las Mercedes. La altura media de la cuelga puede ser de 100 metros o más.

Mientras no se hagan cateos, es preferible no adelantar datos sobre cantidades, sobre todo teniendo en cuenta la convulsión del carbón bituminoso en el mismo sector.

Hacia el Sur sigue la zona de carbón entre los ríos **Claro** y **Guachinte**, o sea entre la mina del doctor Oscar Irigorri y la propiedad de Las Cañas. Se puede considerar que este sector ofrece condiciones favorables que probablemente mejoran hacia el río Guachinte, tanto por la cuantía del carbón como por la mayor altura de cuelga. En la mina de Irigorri, el manto A tiene normalmente 2,5 metros de espesor, pero suele reducirse a 1 metro. El manto B, con 2 metros de espesor, incendiado actualmente, conserva su espesor con bastante regularidad en una extensión de 600 metros. Tras un manto intermedio de 0,40 metros que no se trabaja y que es de carbón de bloque, está el manto C con 0,60 metros de grueso, más o menos sostenido en 800 metros de longitud, pero bastante peñoso. La cuelga media se puede estimar en 100 metros para la sección explotada y aumenta hacia el Sur. Como promedio del grueso total de los mantos de carbón, se supone el valor de 4 metros. Sobre una longitud de 3 kilómetros y una cuelga media de 150 metros, puede haber una cantidad explotable de:

1.000.000 de toneladas de carbón bituminoso.

El terreno de Las Cañas puede presentar cinco mantos de carbón, porque se halla contiguo a las minas de La Ferreira (lado S del río Guachinte). El espesor medio explotable de estos mantos se estima en 5 metros y la cuelga en 200 metros como promedio. La longitud del horizonte dentro de la propiedad puede ser de 3 kilómetros. Puede haber por lo tanto la cantidad explotable de

1.500.000 toneladas de carbón bituminoso.

El carbón antracítico no ha sido explorado en este sector, y por lo tanto no se puede emitir juicio sobre la cantidad.

El sector entre el río Guachinte y el río Timba, comprende en el Norte la propiedad de La Ferreira y en la parte Central-Sur la propiedad carbonífera de La Hullera del Valle. La Ferreira es la mejor propiedad carbonífera en cuanto a carbón bituminoso en la zona de Jamundi-Suárez. Tiene 5 mantos explotables con pocas irregularidades y un grueso total que prudentemente se estima en 5 metros. La cuelga es de 250 metros en término medio y la longitud aproximadamente de 2,5 kilómetros. La cantidad explotable por lo tanto se puede estimar en

1.700.000 toneladas de carbón bituminoso.

La faja antracítica pasa por la parte oriental de la hacienda y está por explorar.

En las carboneras de la Hullera del Valle, el horizonte del carbón bituminoso vuelve a desmejorar y el espesor de los mantos explotables no se pueden estimar en más de 3 metros. Las vicisitudes del carbón obligan a un estudio detenido del terreno para juzgar de la cantidad explotable. En cambio, el carbón antracítico en esta propiedad tiene buen aspecto y una cuelga sobre el Valle que se estima en 200 metros como promedio. En los trabajos de cateo existen tres mantos, de los cuales el de la parte media tiene un espesor de 3 a más de 6 metros, lo cual probablemente corresponde a un abultamiento excepcional. Por tratarse de la acción más atractiva del carbón antracítico, conviene explorarla con detención y establecer las condiciones de explotación y la cantidad.

Otra mina antracítica se halla más al Sur, frente a la estación de San Francisco, pero esta no se pudo visitar.

En resumen, se puede decir que el horizonte de carbón bituminoso se desarrolla favorablemente para la minería desde la quebrada de Chontaduro, al Norte del río Jamundí, hasta el río Timba, hallándose la parte más atractiva en La Ferreira. El carbón antracítico parece tener su mejor desarrollo entre el lado oriental de La Ferreira (río Guachinte) y Suárez, pero requiere cateos detenidos para definir la cantidad y las condiciones de explotación. Es de suponer que este carbón sufra más convulsiones que el bituminoso. La razón por la cual no se le ha prestado mayor atención a su exploración, consiste en que este carbón antracítico no era aplicable a las locomotoras y fábricas. En cuanto a la cantidad tanto del carbón bituminoso como del antracítico, debe tenerse en cuenta que la proporción entre volátiles y carbono debe variar sustancialmente y que por lo mismo es necesario un control analítico continuo.

2º)—Posibilidad de obtener carbón grueso.

Debido a la posición erguida hasta vertical que tienen los mantos de carbón, muy poco carbón grueso se obtiene de la explotación. Sólo los mantos delgados, de 60 centímetros y menos de espesor, acostumbra dar carbón grueso, pero su explotación es poco económica.

La solución del problema radica en definir estructuras suaves, no afectadas por posibles sobrescurrimientos, donde el carbón debe estar compactado. Además debe saberse a ciencia cierta si estas estructuras, por cerca que estén a la faja comercial, tienen mantos lo suficientemente gruesos para ser explotables.

Hay dos estructuras que son suaves a saber:

a) — El sinclinal de Yumbo, que se hunde desde la saliente de Yumbo hacia el Sur, debajo de la planicie del Valle y que puede prolongarse y pasar por debajo de Cali con dirección Sur. En la falda Sur de la Saliente de Yumbo se ha explotado un manto, pero se suspendió el trabajo porque el espesor no fue suficiente. Sin embargo, parece tratarse de los mantos más bajos de la formación del Cauca. Para catear los que están encima, se ha recomendado hacer dos perforaciones de 200 metros de profundidad cada una, en sitios al Sur de la saliente que se indicaron al señor Schuschny. Estas perforaciones también deben controlarse en cuanto a la presencia de agua en el Cuaternario y en las areniscas de la formación del Cauca.

Hacia el Sur, es probable que la formación se hunda tanto debajo del nivel del Valle, que por ahora no será posible la explotación.

b) — El flanco oriental del anticlinal del Cauca, desde la desembocadura del río Piendamó al Cauca hacia el Sur. El flanco tiene buzamientos de 5 a 15 grados al Este y se percibe sobre una distancia de más de 4 kilómetros por el río Piendamó arriba. Este flanco podría tener muy grandes cantidades de carbón, siempre y cuando que los mantos sean explotables. Esto sin embargo es dudoso, porque por el río Piendamó arriba hay dos afloramientos de carbón de los cuales se trabajó uno sin éxito y el otro indica un manto delgado. Parece que a pesar de la gran amplitud del flanco, sólo se conserva la parte más baja de la formación del Cauca que no tiene mantos gruesos estables. Con el fin de aclarar el problema, se recomienda que un explorador de carbón investigue la quebrada Pedregosa, inmediatamente al Sur de la boca del Piendamó, desde su desembocadura al Cauca aguas arriba y en las faldas al Sur de la desembocadura. Este estudio merece hacerse porque la angostura transversal que tiene ahí el Cauca, muestra carbones explotables en la banda occidental, que se sostienen en dirección al Norte hacia El Playón, donde los mantos bituminosos son gruesos.

3º) — Problemas de la impureza del carbón.

Aparte de la calidad ciscuda y pulverulenta del carbón, la inclusión de impurezas en forma de urgue (solapas, generalmente arcilla carbonácea) y de peña perjudica el negocio del carbón. El principal agente en este sentido son los urgues que varían de número y de espesor en una forma que hace difícil la exploración. Con la intensifica-

ción de la explotación y la bonanza del mercado, los mineros no se preocupan de separación y en muchos sitios es imposible hacerlo, ya sea por aumento local del número de urgues, ya sea por mezcla tectónica del urgue con el carbón. Por estas razones se imponen las lavadoras de carbón, como medida indicada para dar al mercado un producto aceptable.

4º)—Características geológico-mineras del carbón.

Los empresarios, administradores, capataces y mineros del Valle son dignos de elogio porque han sabido sortear con tenacidad y método una serie de dificultades que no se confrontan en otras partes.

En la economía de las minas de carbón influye fuertemente la variación del espesor por razones tectónicas. Para evitar gastos inútiles, es necesario, antes de trabajar una mina, hacer socavones de cateo en la superficie para obtener una idea aproximada de la explotabilidad de la mina. Esta misma labor puede dar orientaciones con respecto a los urgues y su variación dentro de un mismo manto.

El calor producido por la descomposición de la piritas que hay en los respaldos y en los urgues, obliga a poner la mayor atención en la ventilación y hacer inversiones cuantiosas. En general, este problema se halla bien solucionado en las minas.

De la misma descomposición de las piritas provienen los incendios de los mantos de carbón que afectan casi todas las minas. Los trayectos incendiados se han aislado, pero el caso de Los Chorros, p. e. demuestra que el sólo aislamiento no es suficiente y por lo mismo el señor Lewis ha recomendado como método eficaz la introducción de agua a las partes afectadas. También es necesario estudiar la posibilidad de registrar la temperatura en los frentes con aparatos y señales de alarma. Esta prevención puede ser útil porque las pérdidas que han ocasionado los incendios son muy grandes.

El gasto de madera en las minas es considerable, debido principalmente a que ésta se descompone pronto. Como la madera es escasa, costosa y no hay posibilidad de plantación de árboles de rápido crecimiento, se recomienda impregnarla con sustancias venenosas contra los hongos, e impermeabilizarla contra la humedad. También se puede reducir el gasto de madera, haciendo las galerías de explotación no por uno de los mantos sino por una arenisca intermedia o por el respaldo de una de ellas. Desde ahí se pueden hacer cruzadas hacia los mantos en cada horizonte de carbón.

El agua en las minas es ácida y ferruginosa; en algunos casos es abundante. Por tal motivo, los desagües deben mantenerse —como en efecto se mantienen— en buenas condiciones. Al intentar la explotación debajo del nivel de los socavones de desagüe, aparte de la cantidad de agua, habrá que tener en cuenta la calidad.

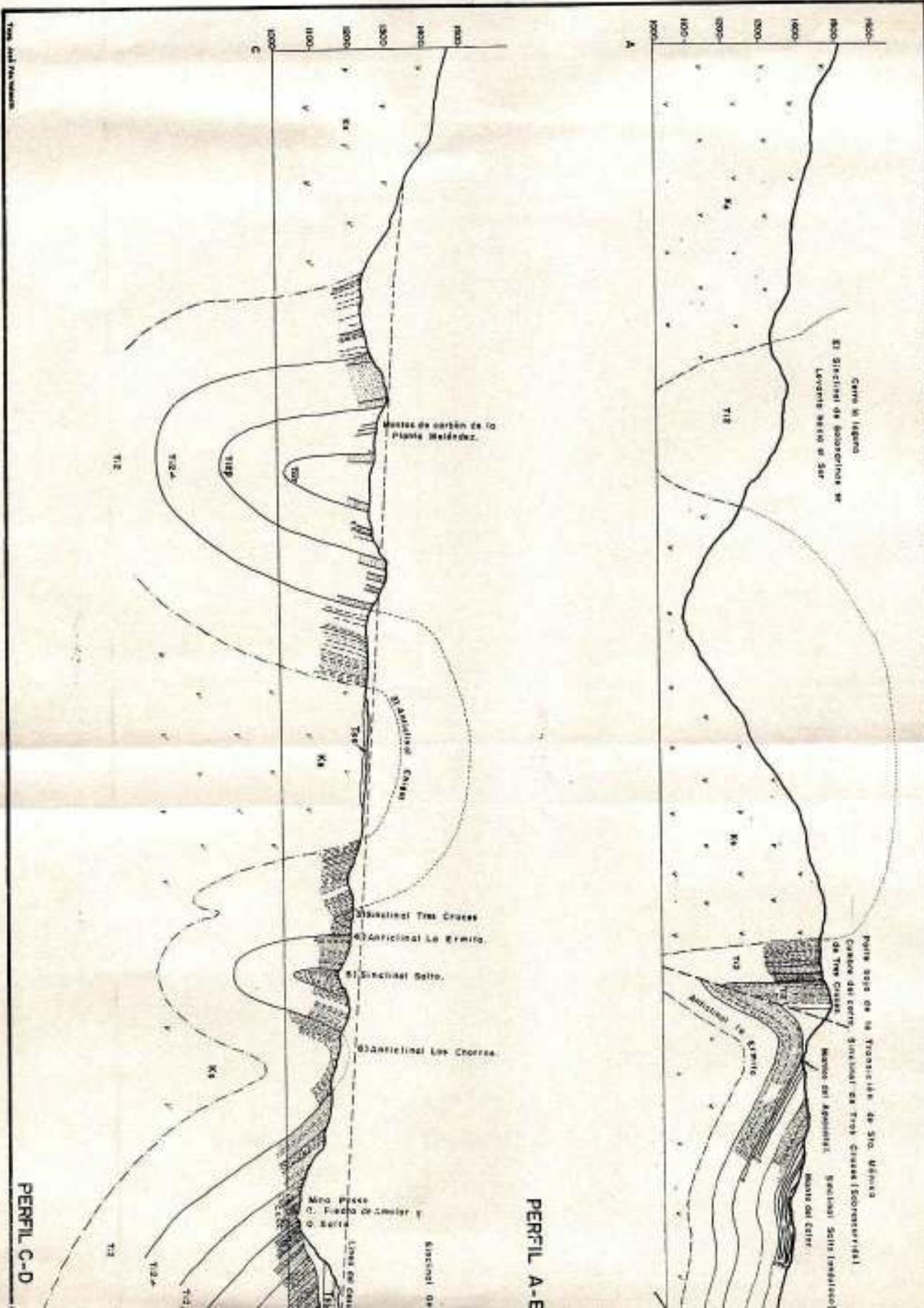


FIG. 10. — Perfiles esquemáticos

PERFIL A-E

PERFIL C-D

PERFIL C-D

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
PERFILES ESQUEMATICOS EN LA REGION
CARBONIFERA DE CALI

ESCALA 1:10000
E. HUBACH - B. ALVARADO.

anticlinal de Chirre
(Sobre secuencias invertidas)



Prof. - Sabinos de Yumbá

Probable Anticlinal - asociado al Pta. Inazo

La zona del Pta. de Inazo

Mesozoicas cigs. (inverted)

Club Casaparra

anticlinal de Yumbá

Rio de Guasco (Tuz)

en la región carbonífera de Cali.

ASPECTOS GENERALES DE LA INDUSTRIA DEL CARBON EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE (1)

Por **Vicente Mutis Jurado**,
Ingeniero Civil de Minas,
Master of Science.

RESUMEN

En el presente informe se esbozan las labores mineras de la cuenca carbonífera del Valle:

- a) en cuanto se refiere al aspecto económico del minero cuyos recursos en todos los tiempo han sido ínfimos;
- b) en cuanto se refiere a dificultades de cooperación y de obtención de créditos;
- c) al consecuente problema de baja producción y falta de técnica;
- d) a los problemas de los consumidores; y
- e) al desinterés general por la subsistencia de la Planta Lavadora.

INTRODUCCION

Como una parte importante del programa de la Comisión de Estudios Carboníferos de Colombia, se llevó a cabo una visita a la cuenca hullera del Valle del Cauca. El geólogo Pierre Vetter, especialista en carbones, el geólogo Elkin Molina y el suscrito, formamos esa comisión y nos trasladamos a Cali en cumplimiento de la Resolución N° 720, de julio de 1961.

Teniendo en cuenta las múltiples informaciones que sobre esta cuenca existen, y tratando de confirmar hasta donde fuera posible los innumerables datos dados en ellas, nos propusimos llevar a cabo un estudio de las condiciones de los yacimientos y de las principales causas que han impedido el desarrollo normal de esta industria.

ANTECEDENTES

El desarrollo de la industria del carbón en el Valle prácticamente arranca desde 1924, con la construcción del Ferrocarril del Pacífico; a

(1) Informe N° 1396. Ministerio de Minas y Petróleos. Servicio Geológico Nacional. Bogotá, septiembre de 1961.

partir de esta época se ha ido incrementando, no sólo por el crecimiento de la población sino también por el auge industrial y comercial de la región. Conviene no olvidar que el carbón de leña fue en Cali la principal fuente de combustión y que aún hoy día un 5% de ese consumo perdura.

Las necesidades de carbón mineral impulsaron las primeras explotaciones con los sistemas y las condiciones que en su baja producción requerían; el mercado se fue aumentando y por consiguiente el número de explotaciones, pero dentro de la misma antieconómica producción. Poco a poco el consumo del Valle en su ritmo normal ha llegado a un nivel bastante elevado y es el momento en que la técnica de las explotaciones no se ha mejorado en nada; por lo tanto, es no sólo difícil sino imposible pretender abastecer satisfactoriamente el mercado.

En parte, las razones encontradas sobre las dificultades mineras de la región, y las que a la vez se refieren a la capacidad económica de los explotadores, tratan de justificar el estancamiento y el encarecimiento de la producción; sin embargo, si se tienen en cuenta los esfuerzos que desde hace más de una década ha venido haciendo continua e insistentemente el Instituto de Fomento Industrial para unificar estas explotaciones y para laborar en un programa conjunto, no podemos menos que admitir por parte de los productores un concepto quizá muy elevado del valor real de sus propiedades y como consecuencia, poco interés y cooperación en favor de la colectividad. Esto no sólo se observa cuando se trata de un llamamiento oficial, sino también cuando se buscan las causas de la poca efectividad de las cooperativas hulleras, de la variabilidad en el número de los individuos o empresas que las crean y componen, —y aún más— de las múltiples dificultades que se presentan entre los propios cooperados para aprovechar en conjunto las condiciones que mejor se adapten para una explotación, por ejemplo un mismo túnel, una misma carretera, etc., etc..

PROPIEDAD MINERA

Hasta donde alcanzan nuestros conocimientos, podemos decir que los dueños del suelo, se consideran también dueños del subsuelo. La experiencia que sobre el particular tiene el Instituto de Fomento Industrial, en lo que respecta a la calidad de los títulos de las minas de Timba y San Francisco, nos inclina a aceptar con reserva el carácter de la propiedad del subsuelo en los yacimientos carboníferos del Valle.

La condición especialísima anotada de la propiedad, la lógica y

natural división de la misma, es la causa principal para que contra toda la técnica se abran diariamente más bocaminas, comenzando así explotaciones de tercera importancia, muchas de las cuales fracasan en su iniciación y otras se abandonan más tarde con perjuicio irreparable del yacimiento.

Una vez que el Ministerio de Minas y Petróleos haya terminado el censo nacional de los productores de carbón, es conveniente estudiar los títulos que corresponden a cada mina, ya que por tradición se ha aceptado, con las funestas consecuencias que se conocen sobre la industria hullera del país, que los dueños de una parcela están por ende, autorizados para beneficiar el subsuelo, sin el permiso que da el Ministerio y ni siquiera con el aviso sobre cada nueva explotación que se inicie. Esta anarquía en la producción de carbón, es la razón de la multiplicidad de las minas y por lo tanto de la ausencia de técnica; es también —como se dijo— la causa de la pérdida de muchos yacimientos y de la disminución vertical de nuestras reservas.

PRODUCTORES DE CARBON

Una parte de los mineros del Valle, la forman los dueños de terrenos en zona carbonífera por su condición de propietarios; de estos una gran mayoría son productores por fuerza de las circunstancias, siendo sus minas trabajadas por lo general por mineros prácticos, con la experiencia adquirida dentro de estas labores, pero en el mismo ambiente, lo cual se traduce naturalmente en un progreso técnico muy lento o nulo.

Hay en el Valle, además, varios arrendatarios de minas; es lógico que esta clase de mineros necesita un control en la técnica de sus explotaciones, a fin de evitar que alcancen una buena o regular producción a costa de las condiciones de los trabajadores y de la propia subsistencia de la mina. Lo dicho sobre la subsistencia de la mina es aplicable a un 80% de las explotaciones de Colombia.

Capacidad Económica.

Según se nos ha informado, los mineros del Valle en todo tiempo han laborado dentro del estrecho límite de sus propios recursos y siempre han estado solicitando empréstitos con el objeto de modernizar y mecanizar sus minas. Por su propio esfuerzo, y por el de la cooperación mutua, no han podido dar un paso adelante en este respecto.

Sin entrar a discutir la capacidad económica de algunos propietarios mineros, es fácil comprender que muchos de ellos de tiempo atrás

están mezclados en este negocio por razones que se relacionan únicamente con sus propiedades, sin que aún hoy se puedan considerar como mineros 100%; por lo tanto, su interés en la industria es relativo, y muchas veces, está dirigido totalmente a obtener en forma individual una producción fácil, con beneficios bajos, con técnica deficiente, y con resultados lógicamente perjudiciales para la comunidad.

Empréstitos a Particulares.

Como es bien sabido, en el país no existe una entidad bancaria que se dedique a apoyar al minero; la Caja de Crédito Agrario Industrial y Minero sólo en casos limitados y excepcionales ha cumplido esta tan necesaria e importante misión. La razón principal en que se funda la resistencia para estos préstamos, se basa en la dificultad de la "Prenda Minera", ya que en el 99% de los casos, las minas no están suficientemente estudiadas o no son suficiente garantía.

Para obviar el inconveniente de la prenda minera, otros países tienen una sección especial de estudios mineros que da su informe sobre las minas que solicitan préstamos, previo un estudio con perforaciones, destapes etc., etc.. Es requisito indispensable a costa del interesado, presentar con la solicitud un informe preliminar con análisis y datos, que permita cuando menos concluir sobre la importancia de la misma.

Fuera de las dificultades ya anotadas que se presentan en el Valle sobre cooperación minera, parece que existen otras sobre límites de propiedades. Por este motivo no hay una entidad minera fuerte que con sus numerosas minas pueda respaldar un empréstito de una cantidad capaz, para ser utilizada en el mejoramiento de una o dos minas. No hay que olvidar que ya antes, cuando el proyecto de montaje de la planta lavadora, hubo problemas para la selección de las minas que debían prepararse para abastecer esta planta.

YACIMIENTOS MINEROS

La cuenca carbonífera del Valle del Cauca, en la faja comprendida entre Cali y San Francisco se presenta en un número variable de mantos, pero excepcionalmente comprendiendo entre estos carbones de calidad, que oscilan aproximadamente entre los bajos en volátiles antracíticos del 12%, los medios en volátiles sub-bituminosos del 23% y los altos en volátiles bituminosos del 35%. La faja bituminosa es la más uniforme y larga; la faja antracítica que es la más apreciada, es la menos potente por los espesores de los mantos y por su discontinuidad

a lo largo de la zona; la faja sub-bituminosa no tiene mantos de espesores muy grandes y es más continua que la antracítica. Los mantos carboníferos se encuentran con pendientes muy altas de 70% y más, debido entre otras cosas, a los movimientos intrusivos diabásicos, que fueron también los que dieron lugar a la diversibilidad en volátiles. Los factores anteriores permiten encontrar los mantos muy fallados y divididos en zonas que se encuentran muy marcadas topográficamente por hondonadas y corrientes de agua. Por otra parte, es conveniente tener en cuenta que en esta cuenca, los mantos se adelgazan y subdividen, lo que perjudica notablemente la labor minera.

Otro de los inconvenientes que se presentan en estos yacimientos, es el de los respaldos flojos, que exigen un encofrado tupido y costoso.

MERCADOS

Clase de Productos.

Como ya se dijo, existen por razón de su volatilidad tres calidades de carbón en los yacimientos del Valle del Cauca; es bueno anotar que al norte de Cali, únicamente se encuentran carbones altos en volátiles y que lo mismo sucede al Sur de San Francisco. Cuando una empresa solicita determinado porcentaje en volátil, éste podría fácilmente ser suministrado por la planta lavadora. La friabilidad de los carbones da un producto casi en un 70% de finos menores de $\frac{1}{2}$ " y muy poco carbón mayor de 4"; aunque esto no representa un grave problema, tiene fácil solución si los pedidos son atendidos por la planta lavadora, quien puede garantizar tamaños.

No sobra advertir que algunos vendedores inescrupulosos mezclan y rinden sus carbones con roca esquisto-bituminosa y pizarra bituminosa; se ha comprobado que aún a la salida de la planta lavadora se ha hecho lo propio.

Clases de Consumidores.

- a) **De carbón bruto** o sea del carbón tal como sale de la mina; este grupo que comprende el consumo doméstico es el 60% del total producido y el 100% del alto en volátiles. Es conveniente anotar, porque llama la atención, que en Cali y por lo general en el Valle los carbones antracíticos y bajos en volátiles tienen muy poco mercado.
- b) **De carbón lavado.** Según datos del gerente de la Planta Lavadora, es posible, dentro de una cooperación de los productores, abastecer el 100% del mercado con carbón lavado. Sin embargo:

- 1) El consumo doméstico se hace a base de pequeños y más económicos productores, lo cual les exige quemar carbones sin lavar, pues sus instalaciones no permiten apreciar el beneficio de la mejor calidad.
- 2) Los industriales prefieren el carbón lavado; entre los precios de oferta y demanda existe una diferencia de \$ 1.00, que naturalmente para empresas gran consumidoras, representa un recargo con el que lógicamente no quieren gravarlas. Sería conveniente revisar hasta un mínimo los costos de lavado, y también establecer claramente que la diferencia de precios equivale por lo menos a la economía por toneladas de carbón lavado.

ASOCIACION DE CONSUMIDORES

La notoria y cada día más angustiosa deficiencia de producción, ha hecho que los siguientes grandes consumidores,

Cartón de Colombia S. A.
Bavaria, S. A.
Celanese de Colombia S. A.
Empresa Térmica Anchicayá, S. A.,

promovieran una compañía con tres productores que bajo contrato y previo un empréstito de \$ 750.000 para mejoramiento de minas en técnica y equipo, se obligan a partir del presente mes de septiembre [1961], a abastecer totalmente sus propios consumos. Los **productores asociados** que llevan a cabo este suministro, quizá en perjuicio de la industria carbonífera del Valle y aún de los otros productores y consumidores, son:

Mina El Banco, de Hernando Dávila
Mina La Fragua, Familia Romero
Mina Golondrina, Familia Barberena.

Las minas enunciadas están localizadas en la parte norte de Cali, y producen carbón bituminoso alto en volátiles, que es el de mayor consumo general.

Esta asociación es copia de la que fundó en Antioquia la Industrial Hullera, cuyos resultados no se pueden considerar favorables sino únicamente para los asociados, ya que la Industrial Hullera por un lado ha fijado los precios y por otro tiene en jaque a los demás mineros el resolver aumentar su producción, pues en esta región del país el consumo está estacionario.

En Cundinamarca se está formando también una asociación semejante y para tal fin las entidades que tienen esta idea han solicitado, para efectos de seleccionar las minas que van a explotar, la cooperación de Carboneras San Vicente, olvidando la existencia del Servicio Geológico Nacional.

Por tratarse de un asunto minero que compete en primer término al Ministerio de Minas y Petróleos y también por tratarse de una riqueza nacional, creo en la conveniencia de la intervención del Ministerio en esta selección minera.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Dentro de la actual situación minera del Valle y por los antecedentes de los últimos 25 años, no es posible augurar para un futuro cercano una época de prosperidad en este sentido.

Si los inconvenientes que se presentaron en la época de la instalación de la Planta Lavadora hace alrededor de 10 años, sobre garantía de producción y abastecimiento de ella, no han sido aún superados, no es posible pensar que la muy grave situación de abastecimiento que hoy confronta, sea resuelta favorablemente.

APENDICE

INSTITUTO DE FOMENTO INDUSTRIAL

Dependencias en el Valle

MINAS DE TIMBA Y SAN FRANCISCO

Después del fracaso y quiebra en las explotaciones de estas dos minas por parte de los propietarios, el Instituto de Fomento Industrial se ha visto obligado a continuar su administración y explotación, venciendo las múltiples dificultades que como consecuencia se han venido presentando diariamente.

Sin entrar a detallar las labores mineras que se adelantan por ingenieros expertos, es conveniente anotar que el contrato actual de producción no parece especificar, clase de carbones, sino únicamente cantidad mínima mensual; esto desafortunadamente es un inconveniente para la planta lavadora, a quien están enviando casi en su totalidad carbones bajos en volátiles; teniendo en cuenta que sus necesidades más apremiantes son precisamente las de altos en volátiles, es extraño que no hubiera un acuerdo al respecto entre ésta y dichos productores.

Se anota que el manto La Uribe en la mina de Timba puede producir carbón comercial muy bueno, pero que las dificultades de transporte lo impiden.

La administración de estas dos minas está contratada con la firma de ingenieros de minas, Mindec, aproximadamente por una suma equivalente a \$ 15.000.00 mensuales; los gastos generales y de explotación son separadamente a cargo del IFI.

Esta última firma explota por su cuenta la mina La Bohemia, que está localizada al norte y cerca de la de San Francisco.

MINA LA LEONA

Situada a continuación sur de la mina de Timba. A pesar de que en sus afloramientos hay dos mantos que son de características aceptables para el montaje de una explotación, sin embargo, como una demostración más de las difíciles condiciones de la minería del Valle, estos mantos al ser cortados en el túnel de explotación, sólo presentan espesores de 0.50 centímetros. Esta circunstancia posiblemente obligará al cierre de la mina, que por otro lado está muy bien montada y suficientemente mecanizada. Está dirigida por un ingeniero de minas, gerente, que a la vez es representante del Instituto de Fomento Industrial en Cali; en la fecha de nuestra visita, buscaban un ingeniero de minas más, como ayudante para esta mina.

PLANTA LAVADORA

Por razón de las labores específicas de nuestra comisión, no conocimos exactamente el personal que trabaja en esta planta, ni mucho menos sus funciones y rendimientos.

De informes verbales suministrados por el gerente, doctor Arboleda, sabemos que en junio de 1961 el total de toneladas lavadas, el máximo de su historia, se acercó a 12.000; según él, esta cantidad es la mínima que debe lavarse para que la planta marche normalmente sin producir pérdidas y abone el valor de su nómina, que es de unos..... \$ 50.000.00, y el valor de su amortización, que es de uncs \$ 70.000.00. Para completar esta cantidad es indispensable que el carbón que consumen las Compañías Asociadas y el de los Ferrocarriles, pase por la planta lavadora.

Según la misma fuente de información, los consumidores asociados compran el carbón crudo a razón de \$ 43.00 tonelada y estos mismos consumidores están dispuestos a pagarlo lavado a \$ 58.00 tonelada; según cálculos de las directivas de la Planta Lavadora, el mínimo precio para la tonelada lavada, debe ser \$ 59.00, resultando una diferen-

cia de \$ 1.00 que según el gerente, doctor Arboleda, no es posible bajar.

SOLUCIONES PROPUESTAS

Teniendo en cuenta lo anterior y sin tratar de interferir las disposiciones y normas que marcan los programas y gastos de la Planta Lavadora y de las administraciones de las minas de Timba, La Leona y San Francisco, y como un esfuerzo para lograr la subsistencia de la Planta, propongo estudiar un nuevo presupuesto dentro de un programa administrativo distinto, que conjugue en un solo grupo funcional administrativo-directivo, que se cña más a la realidad económica existente y que podría comprender:

- a) Una gerencia general (Representante del I.F.I. en Cali), que a la vez sea directiva de la planta lavadora y jefe de las explotaciones carboníferas.

Una sección de Ingeniería a cargo de un ingeniero de minas asesor, que sea jefe en conjunto de las minas de Timba, La Leona y San Francisco; dada la proximidad de estas minas y la marcha normal que se observa en cada una, estimo que esto no es imposible.

Una sección de Química y de mezclas, a cargo de un químico en la Planta con sus ayudantes, empleados y obreros en general.

- b) Conseguir de la Caja de Crédito Agrario, Industrial y Minero la suma de \$ 750.000.00 para devolverlos a las Compañías Asociadas, y entrar en acuerdo obligado de los productores para que abastezcan la planta lavadora.

CONCLUSIONES

- 1) Es necesario un esfuerzo, tanto de las entidades oficiales como de los particulares mineros carboníferos del Valle, en favor de esta industria.
- 2) Es indispensable la revisión de los títulos de propiedad minera carbonífera en el Valle y en el país.
- 3) Es también urgente dictar normas, aunque ellas sean drásticas, para proteger las reservas carboníferas y la salud de los mineros.

COMPOSITION AND CARBONIZING PROPERTIES OF COLOMBIAN COALS (*)

By J. D. Davis⁽¹⁾ and D. A. Reynolds⁽²⁾.

Preliminary Report

This report gives preliminary results of an investigation of the composition and carbonizing properties of coals from the following beds in Colombia, South America: 432 N^o 1, Magdalena Department; 433 N^o 3 bed, Magdalena Department; 434-Principal, Cundinamarca Department; 435-Secundaria, Cundinamarca Department; 436-N^o 1, Valle del Cauca Department; 437-Grande, Valle del Cauca Department; 438-N^o 5 and 6, Valle del Cauca Department; 439-Grande Nos. 2 and 3, Valle del Cauca Department; 440-Nos. 3 and 4, Valle del Cauca Department; and 441-Nos. 3 and 4, Valle del Cauca Department. The source of samples is given in table 1.

The first samples were received during the last week in April, 1950, and last were received during the first week in August. All samples were crushed in the hammer mill preparatory to carbonization.

TABLE 1.— Description and source.

Coal N ^o	Description
432	N ^o 1 bed. "I" mine, Riohacha, Municipio, Barrancas Papayal, Magdalena Department.
433	N ^o 3 bed, N ^o III Mine, Riohacha, Barrancas, Papayal, Magdalena Department.
434	Principal bed, San Jorge Mine, Cundinamarca Department.
434A	Blend: 50 percent Principal bed (434) and 50 percent Secundaria bed (435).
435	Secundaria bed, San Jorge mine, Cundinamarca Department.
436	N ^o 1 bed, Puente Vélez, Valle del Cauca Department.

(*) Ejemplar N^o 745 D 19 . Copia suministrada por Ingeominas. Bogotá.

(1) Chemical engineer, Central Experiment Station U.S. Bureau of Mines, Pittsburgh, Pa..

(2) Chemist, Central Experiment Station, U. S. Bureau of Mines, Pittsburgh, Pa..

- 437 Grande bed, El Palmar Mine, Valle del Cauca Department.
438 Nos. 5 and 6 bed, Ferreira Alta mine, Cauca and Valle del Cauca Departments.
439 Grande Nos. 2 and 3 bed, San Antonio mine, Cauca and Valle del Cauca Departments.
440 Nos. 3 and 4 bed, El Retiro mine, Cauca and Valle del Cauca Departments.
440A Blend; 50:50 ratio of two samples from Nos. 3 and 4 bed (440-441). El Retiro mine.
441 Nos. 3 and 4 bed, El Retiro mine, Cauca and Valle del Cauca Departments.

Proximate and ultimate chemical analyses, free swelling indexes, agglutinating values, and carbonizing properties determined. Carbonization tests were made in the 13 inch BM-AGA⁽²⁾ retort, which discharged with about 80 pounds of coal at 900 °C.

CHEMICAL COMPOSITION

Chemical analyses of the samples are given in table 2. The content of moisture ranged from 1.5 to 10.5 percent on the as-carbonized basis. The ash content ranged from 2.2 to 25.6 percent and the sulfur content ranged from 0.5 to 3.5 percent. Both coal (432 and 433) from Magdalena Department ranked as high-volatile C. Six coals (434, 436, 438, 439, 440 and 441) ranked as high-volatile A. bituminous; two (435 and 437) from the Secundaria bed, Cundinamarca Department and Grande bed, Valle del Cauca Department ranked as medium-volatile bituminous. Medium-volatile Grande-Bed coal (437) contained only 5.7 percent ash and 0.8 percent sulfur: about 80 percent of its as-received moisture (4.9 percent) was lost on air drying.

(²) Reynolds, D. A., and Holmes, C. R. Procedure and Apparatus for Determining Carbonizing Properties of American Coals by the Bureau of Mines-American Gas association Method: Bureau of Mines, Tech. Paper 685, 1946, 35 pp.

TABLE 2. — Analysis of coal, as-received basis (%)

Coal No	Dry-mineral matter fixed carbon, %	Proximate, percent			Ultimate, percent			Air drying loss percent	Heat-ing value B.t.u. per-pound	Softening temperature of ash, °F	Free-Real specific gravity	Agglu-ti- Swell-ing nat-ing ex value				
		Mois-ture	Volat-ile	Fixed carbon	Hy-dro-gen	Car-bon	Oxy-gen						Sul-fur			
432	56.6	9.6	38.2	49.4	2.8	5.9	69.9	1.6	19.2	0.6	2.4	12.370	2.230	1.33	1-½	0.2
433	55.8	10.5	38.7	48.6	2.2	6.0	70.4	1.6	19.3	5	3.6	12.430	2.570	1.34	1-½	2
434	61.2	1.9	35.5	50.0	14.6	5.2	69.1	1.6	6.0	3.5	6	12.680	2.150	1.38	8	9.3
435	77.5	2.0	20.0	63.4	14.6	4.4	73.8	1.6	5.5	1.1	6	12.730	2.730	1.42	7-½	7.3
436	68.4	4.7	27.2	55.5	12.6	5.1	70.2	1.3	8.2	2.6	3.7	12.600	2.360	1.36	9	9.5
436	75.9	4.9	22.0	67.4	5.7	5.1	78.6	1.5	8.3	8	4.0	13.830	3.360	1.32	6-½	8.2
438	52.5	4.6	40.1	42.6	12.7	5.6	66.6	1.3	10.4	3.4	3.4	12.300	2.140	1.35	5	6.8
439	58.1	4.4	37.5	50.6	7.5	5.8	72.5	1.2	10.3	2.7	3.6	13.310	2.180	1.30	8-½	6.5
440	50.3	1.5	41.9	40.8	15.8	5.6	67.4	1.2	9.3	7	5	12.330	2.910	1.34	4-½	8.0
441	50.0	2.8	36.7	33.9	26.6	5.0	55.7	1.1	10.7	9	1.7	10.170	2.910	1.46	3-½	8.7

(*) Analysis made under supervision of R. F. Abernathy chemist, Bureau of Mines.

FREE--SWELLING INDEX AND AGGLUTINATING VALUE

Both high volatile C coals (432 and 433) had free-swelling indexes of 1-½ and agglutinating values of 0.2 (table 2). These values are very low indicate that these samples to be noncoking. Free-swelling indexes of the other samples ranged from 3-½ to 9, and the agglutinating values ranged from 6.5 to 9.5. These results indicate that eight samples may be coking coals. Neither of these tests affords positive data concerning the coke-making properties of coal.

DM-AGA CARBONIZATION TESTS

The sizes to which the coals were reduced in the hammer mill are shown in table 3. The higher rank coals (435, 436 and 437) were most friable as none had less than 92 percent of the minus 8-mesh size. Most of the other samples contained to 79 percent of that size.

Yields of Carbonization Products.

The yields of carbonization products are shown in table 4.

The noncoking high-volatile C coals (432 and 433) from Magdalena Department yielded low percentages of coke and high percentages of gas and liquor. These are normal yields for high-volatile C coals. The yields of ammonium sulfate (33 and 35.3 pounds per ton) were exceptionally high.

TABLE 3. Screen analysis as carbonized, percent.

Size (1)	Coal No									
	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441
On 4-mesh	0.7	1.5	1.0	0.4	0.3	0.2	1.3	0.9	1.6	1.6
Through 4 on 8-mesh ...	13.9	19.4	16.5	7.6	7.5	4.2	13.9	9.6	18.4	18.2
Through 8 on 14-mesh ..	28.5	32.4	28.5	23.4	22.5	15.9	27.4	26.4	31.7	29.8
Through 14 on 35-mesh .	33.3	28.4	30.1	36.8	34.6	36.2	31.4	34.2	30.3	29.5
Through 35 on 80-mesh .	13.5	9.5	12.7	16.7	17.0	18.8	14.0	15.6	10.8	11.4
Through 80 on 150-mesh	5.1	3.6	4.8	5.9	7.9	8.6	6.2	6.1	3.6	3.9
Through 150 on 200-mesh	1.7	1.2	4.2	2.5	3.7	4.0	2.6	2.8	1.6	1.8
Through 200-mesh	3.3	4.0	2.2	6.7	6.5	12.1	3.2	4.4	2.0	3.8
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

(1) Tyler standard sieves.

TABLE 4. — Yields of carbonization products, as-carbonized basis
(13 inch - 900 °C).

Coal No	Yields, percent by weight of coal (1)						Yields per ton of coal (1)					
	Coke	Gas	Tar	Light Oil	Free Ammonia	Liquor	Total	Gas Cubic feet	Tar gallon	Light oil gallons	Tar (NH ₃) 2SO ₄ pounds	
432	57.6	20.1	4.2	1.05	0.120	15.4	98.5	11,500	8.7	2.88	0.52	35.3
433	58.0	19.6	3.7	1.11	115	15.6	98.1	11,500	7.8	3.03	48	33.9
434	69.6	15.1	5.7	1.10	117	5.4	97.1	9,900	11.5	2.97	51	21.8
434A	75.6	12.9	2.8	86	203	4.9	97.3	9,750	5.6	2.35	19	22.7
435	80.9	10.8	1.9	53	162	4.4	98.7	9,600	3.8	1.46		18.1
436	70.5	15.2	4.0	86	198	7.2	98.0	10,100	8.3	2.38		23.9
437	75.4	12.8	2.1	56	207	6.3	97.4	9,950		1.53		23.2
438	61.6		7.5	1.47	179	8.3				3.99		25.0
438	63.1		7.3	1.31	213	7.0				3.57		26.3
440A	65.4		6.6	1.38	178	7.0				3.77		24.2

(1) Coke, tar, ammonia, and light oil are reported moisture-free; gas is reported as stripped of light oil and saturated with water vapor at 60° F. and under a pressure equivalent to 30 inches of mercury.

Yields of coke the six-high-volatile A coals (434, 436, 438, 439, 440, and 441) ranged from 61.6 to 70.5 percent (yields from two of these coals are not shown directly as the coals were carbonized in blends). Two of these coals (434 and 436) yielded about 15 percent gas, 5.7 and 4.0 percent tar, 2.7 and 2.38 gallons of light oil ton, and 21.8 and 23.9 pounds of ammonium sulfate per ton. The other four high-volatile A coals yielded more tar (6.6 to 7.5 percent), more light oil (3.57 to 3.99 gallons per ton), and more ammonium sulfate (24.2 to 26.3 pounds per ton).

The two medium-volatile coals (435 and 437) gave high yields of coke (75.4 and 80.9 percent), low yields of gas (10.8 and 12.8 percent), low yields of tar (1.9 and 2.1 percent) and low yields of light oil (1.46 and 1.53 gallons per ton).

Properties of Coke.

The chemical properties of the cokes may be correlated directly with those of the respective coals. The coals containing high proportions of ash and sulfur yielded coke high in these constituents. The ash content of six ranged from 17.2 to 31.7 percent; five cokes contained 2.0 percent or more sulfur. Grande-bed coal from Valle del Cauca Department yielded coke containing 7.8 percent ash and 1.7 percent sulfur; this coke is about the best chemically of those obtained from the coking coals.

Both high-volatile C coals (432 and 433) yielded noncoherent char that could not be tested by standard methods. The other cokes were

TABLE 5. — Screen analysis of coke

(13-inch retort - 900°C).

Coal No	Screen sizes, cumulative percent upon				
	4-inch	3-inch	2-inch	1-½-inch	1-inch
432	0	0	0	3	22
433	0	0	0	4	18
434	35	66	92	97	98
434A	46	80	95	98	98
435	60	83	94	97	98
436	24	62	89	97	98
437	14	40	76	91	95
438	24	59	85	93	97
439	15	45	81	93	96
440A	47	76	91	94	95

TABLE 6. — Physical properties of coke (BM-AGA method)
(13-inch retort - 900°C).

Coal No	True specific gravity	Apparent specific gravity	Cells, percent	Shatter test			Tumbler test,			
				2-inch screen	1-½-inch screen	¾-inch screen	2-inch screen	1-½-inch screen	¾-inch screen	
434	1.98	0.90	54.5	47	78	93	0	20	56	67
434A	1.96	93	52.6	62	88	96	11	42	65	72
435	1.94	95	51.0	67	89	96	8	39	64	71
436	1.99	78	60.8	38	84	95	3	30	60	68
437	1.90	81	57.4	49	83	95	4	30	65	78
438	2.02	83	58.9	37	66	85	0	5	35	65
439	1.94	74	61.9	28	64	91	0	9	46	67
440A	2.05	89	56.8	68	84	92	3	19	35	43
Averages										
High-volatile A	.....	.....	.....	.....	70	—	—	—	48	72
Medium-volatile	.....	.....	.....	.....	78	—	—	—	67	77

tested by BM-AGA (modified A.S.T.M. standard methods) methods, because the amounts of coke obtained in the 13 inch retort are small. Screen analyses are given in table 5 and the physical properties are shown in table 6.

Principal-bed coal (434) from Cundinamarca Department coked strongly. The 1-½ inch shatter index (78) an 1-inch tumbler index (56) were higher than the averages for high-volatile A coals, although the ¼-inch tumbler index (67) was lower than average. Blending this coal with 50 percent medium volatile coal (435) from the Secundaria bed in the same department raised the shatter and tumbler indexes significantly. The coke from this blend should be amply strong for metallurgical processes. No 1-bed coal (436) from Valle del Cauca Department coked strongly, as anticipated because it ranks very high in the high volatile A classification. The 1-½ inch shatter and 1-inch tumbler indexes (84 and 60, respectively) are significantly higher than average; the ¼ inch tumbler index (68) was lower than average. The blend (438) representing Nos. 5 and 6 beds, from Valle del Cauca Department yielded rather weak coke; the 1 and ¼ inch tumbler indexes (35 and 65) were well below the averages for cokes from high-volatile coals. The second sample (439) representing two beds, Grande Nos. 2 and 3 in the same Department, coked more strongly; the 1 and ¼ inch tumbler indexes were 46 and 67 respectively. Samples from Nos. 3 and 4 beds, El Retiro Mine, Valle del Cauca Department, were not carbonized singly but as a 50: 50 blend (440A) of two samples (440 and 441) from the same mine. This blend yielded weak coke that disintegrated rapidly in the tumbler test; the 1 and ¼ inch tumbler indexes were 35 and 43, respectively.

The two medium-volatile coal (435 and 437) representing the Secundaria bed in Cundinamarca Department and the Grande bed in Valle del Cauca Department coked strongly. The indexes of the respective cokes were 1-½ inch shatter, 89 and 83; 1 inch tumbler, 64 and 65; and ¼ inch tumbler, 71 and 78. These indexes compare favorably with the averages for cokes made from coals of similar rank.

These results show that four high-volatile A and two medium-volatile coals yields satisfactorily strong coke. The coke from a blend (440A) of two other probably would be improved greatly if the ash content were lowered by cleaning the coal.

Both medium-volatile coals (435 and 437) expanded the steel retorts therefore they might be unsafe to carbonize singly in commercial ovens.

The expanding properties of one high-volatile coal (436) should be checked because this sample ranks high in its classification.

Properties of gas.

The composition and properties of the gas are shown in table 7. Principal-bed coal (434) yielded gas with heating values of 646 B.t.u. per cubic foot and 3,200 B.t.u. per pound. Heating values of gas from N^o 1-bed coal (436) were rather high considering that this sample ranks almost high enough to be classified as medium-volatile bituminous.

The large volumes of gas obtained from the two high-volatile C noncoking coals (432 and 433) accounts for their high heating values in the per-pound-of-coal basis.

Rather high proportions of sulfur were contained by the gases from the coking coals—they ranged from 440 to 1,500 grains per 100 cubic feet. Gases of lower sulfur content would be obtained in the sulfur content of coals lowered by cleaning.

Properties of Tar and Light Oil.

Table 8 and 9 give the properties of tar and light oil. Analyses of the tar from six samples have not been completed.

The light oils are of normal composition. Generally, the ratio of benzene to toluene decreases with increase in coal rank.

TABLE 7. — Physical and chemical Properties of gas
(13-inch - 900° C).

Coal No	Gross heating value (1)		Composition, dry, percent by volume									
	Specific gravity	B.T.U. per cubic foot Determ- ined	B.t.u. per pound of coal	H ₂ S grains per 100 cubic feet	CO ₂	Illum- inants	O ₂	H ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	N ₂
432	0.464	561	3.230	230	6.1	5.5	0.3	47.3	11.8	27.6	0.2	1.2
433	453	546	3.140	180	5.7	5.4	3	48.3	12.2	26.8	2	1.1
434	404	646	3.200	1,500	1.8	7.4	3	49.5	5.2	34.6	0	1.2
434A	350	606	2.950	880	1.3	5.4	3	55.7	4.6	31.4	1	1.2
435	297	548	2.630	470	1.5	3.1	3	62.5	4.6	26.6	2	1.2
436	400	618	3.120	830	3.2	5.6	3	51.0	5.5	32.7	4	1.3
437	340	542	2.700	440	2.8	3.2	3	57.6	5.8	29.1	0	1.2
438												
439												
440A												

(1) Stripped of light oil and saturated with water vapor
at 60° F and under a pressure equivalent to 30 inches of
mercury.

TABLE 8. — Properties of tar
(13-inch - 900° C)

Coal No	Specific gravity 15.6° C 15.6° C	Anthra- cene salts		Naphthalene salts		Boiling range °C percent by volume		Residue		Distillate, % by vol- ume of dry tar		Neutral tar oil		Para- fins and naph- thenes
		0- 170	170- 235	270- 350	350	Acids	Bases	Neutral oils	Olefins	Arom- atics	Parafins			
432	1.16	1.85	3.20	6.0	18.8	5.6	13.2	56.4	5.7	2.9	29.9	12.0	86.4	1.6
433	1.14	2.08	3.92	6.1	20.3	6.5	15.3	51.8	6.7	3.2	32.4	12.5	85.7	1.8
434	1.19	2.05	3.67	4.4	14.3	4.5	13.1	63.7	2.8	1.8	25.9	10.9	88.5	0.6
434A	1.18	2.70	3.78	3.2	11.9	4.1	11.7	69.1	1.9	1.6	21.0	8.0	91.5	0.5
435														
436														
437														
438														
439														
440 A														

TABLE 9. — Properties of light oil
(13-inch retort - 900° C)

Coal N ^o	Benzene	Refined light oil from gas percent by volume			Solvent naptha	Olefins in crude light oil from gas, percent by volume
		Toluene	Parafine			
432	77.2	18.6	1.9	2.3	11.9	
433	76.0	19.5	1.8	2.7	10.3	
434	68.5	23.8	1.1	6.6	10.9	
434 A	66.8	24.8	1.9	6.5	12.9	
435	57.5	28.5	2.6	11.4	12.0	
436	63.1	24.8	2.3	9.8	15.4	
437	56.8	28.2	3.5	11.5	11.2	
438	74.9	21.5	4	3.2	9.6	
439	67.8	23.1	3.6	5.5	12.3	
440 A	72.9	20.2	4.1	2.8	9.5	

YACIMIENTOS DE DIATOMITA EN EL VALLE DEL CAUCA (*)

Por José Sandoval, geólogo.

RESUMEN

Este informe es el resultado del reconocimiento geológico general llevado a cabo en el sector Cartago-Zarzal al norte del Departamento del Valle del Cauca, con el objeto de establecer las condiciones de explotabilidad de los yacimientos de diatomita existentes en dicha región.

Se da una reseña de la manera de formarse los depósitos, su forma de acumulación, clase de diatomeas presentes en el área, manera de explotarse y se hace una relación de los usos de las tierras diatomáceas.

Con base en los levantamientos hechos, se hace un cálculo de la posible existencia de tierras diatomáceas.

INTRODUCCION

El estudio de los yacimientos de tierras diatomáceas en los municipios de Cartago, Obando, La Victoria y Zarzal, tiene como finalidad principal informar al Gobierno por intermedio del Instituto Geológico Nacional, si dichos depósitos son de suficiente potencialidad para su empleo en la industria, como también las de definir sus posibilidades de explotación.

Con tal fin el Ministerio de Minas y Petróleos, por medio de la Resolución N° 135 de 1953, comisionó al suscrito, en compañía de los señores José Miguel Moreno, como topógrafo, Luis E. Parra y José A. Muñoz como exploradores, por un término de veinte (20) días.

Trabajos de campo.

Los trabajos de campo se dividieron en dos partes:

- a). Trabajos de exploración, y
 - b). Trabajos topográficos.
- a). Los primeros se iniciaron con reconocimientos a varios aflora-

(*) Informe N° 930. Investigaciones de Geología Económica. Ministerio de Minas y Petróleos. Instituto Geológico Nacional. Bogotá, junio de 1953.

mientos, como también investigaciones de carácter geológico en diferentes lugares de los municipios mencionados y a lo largo de la carretera en construcción La Victoria-Armenia. También se hicieron apiques en varios yacimientos para observar hasta qué profundidad alcanzaban los mantos de diatomita.

- b). Los trabajos topográficos fueron hechos por el topógrafo José M. Moreno y consistieron en el levantamiento de poligonales de amarre de los distintos afloramientos para luego colocarlos en el plano general del área, dibujado por la Sección de Fotogeología de este Instituto.

Agradecimientos.

Debemos consignar aquí nuestros agradecimientos a los señores Otoniel Varela y Jorge Bernal de Castro por las informaciones suministradas, especialmente las relacionadas con los costos de explotación, transportes, ventas etc., como también a todas aquellas personas dueñas de fincas visitadas por la comisión, por habernos permitido llevar a cabo los trabajos de exploración.

GEOGRAFIA

Localización.

Los yacimientos de tierra diatomácea, conocidos generalmente como "infusorios de Zarzal", se encuentran situados a lo largo de los municipios de Obando, La Victoria y Zarzal, y ocupan una extensión aproximada de veinticinco (25) kilómetros de largo por veinte (20) de ancho.

La altura oscila entre los 924 y 900 metros.

Esta área se encuentra delimitada por el Este por la Cuchilla de Santa Bárbara y por el Oeste por el Río Cauca.

Vías de comunicación.

La zona a que nos referimos se halla comunicada, tanto por ferrocarril como por carreteras, con la mayoría de las capitales de departamentos. Además, debido a lo plano del terreno, casi todas las fincas se hallan conectadas con la carretera central por caminos carretables.

Topografía.

La topografía de la zona en donde se hizo el estudio de los yaci-

mientos de diatomita es, en su mayor parte, plana. Apenas se varía el paisaje con montículos de poca elevación sobre la llanura característica del Valle del Cauca.

Drenaje.

El Río Cauca constituye el drenaje más importante del área estudiada, siendo sus principales afluentes el Río La Vieja, y las quebradas Las Lajas, La Honda, Los Micos, Naranjo y Pedro Sánchez, todos por su margen derecha.

Los terrenos aledaños se hallan bien cultivados, especialmente de pastos y en las partes altas de la Cuchilla Santa Bárbara se siembra café. Por esta razón el proceso erosivo es poco notorio y los afloramientos rocosos bastante escasos.

DIATOMITAS O TIERRAS DE DIATOMEAS

Bajo este nombre se conocen las caparazones silíceas de las diatomitas, las cuales están formadas de los restos fósiles de plantas acuáticas de tamaño microscópico del Orden de las Bacillarias. Químicamente es una variedad de sílice hidratada y mineralógicamente se las sitúa como una de las distintas especies del ópalo.

Este material tiene innumerables nombres, atendiendo a sus propiedades industriales o a regiones de procedencia. Se le llama tierras de diatomeas, diatomita, kieselguhr, tripoli, tripolita, harina fósil, randanita, telurina e incorrectamente "tierra de infusorios". Se le conoce también con los nombres registrados de "Celita", "Células Filtrantes", calatomas, pacatomas etc..

Regionalmente se le conoce con el nombre de "tiza" y a los afloramientos se les llama "portachuelos". El apelativo regional se debe quizá al color del material y a su poco peso, pero es a todas luces incorrecto.

DATOS HISTORICOS

El uso industrial de la tierra de diatomeas se hace remontar al año de 1870, pero todo permite creer que ya era conocido por los antiguos griegos y romanos, quienes construían con este material las famosas piedras de construcción que se caracterizaban por su extremada ligereza, que hacía que flotaran en el agua, de las cuales el geógrafo griego Estrabón habla en sus memorias.

Asimismo las prescripciones del Emperador Justiniano a su archi-

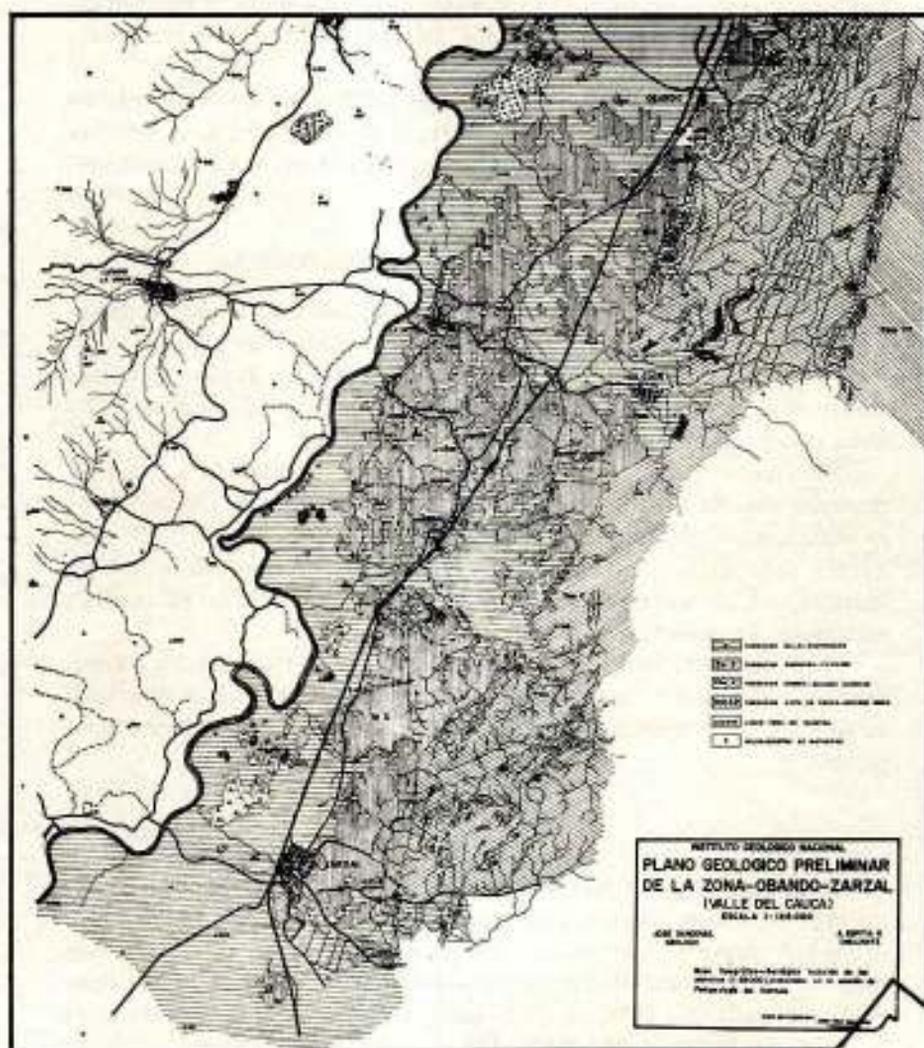
tecto Atemios, eran las de emplear las piedras ligeras para ciertas cúpulas de la Iglesia de Santa Sofía en Constantinopla⁽¹⁾.

La diatomita en Colombia⁽²⁾.

Don Efraim Varela V. descubrió en 1940 en su finca denominada

(1) Merrill, G. P., Diatomaceous Earth. Smithsonian Institute.

(2) Bernal de Castro, Jorge. Comunicación personal.



MAPA 11. — Plano geológico preliminar de la zona Obando-Zarzal.

"El Garcero", localizada en el municipio de Zarzal, Valle del Cauca, la cual tiene aproximadamente novecientas (900) plazas de superficie, una tierra blanca, la que examinada en Cali fue considerada como "legítima tierra agrícola refractaria, que tenía varios usos siempre y cuando se pulverizara en mortero".

Más tarde, en asocio del doctor Jorge Bernal de Castro, las muestras fueron sometidas a completos análisis, habiendo obtenido informaciones sobre la clase de material examinado, sus usos, posibilidades de mercado etc., etc.. Esta información llegó a oídos de la prensa y "El Espectador", vespertino bogotano, imprimió a principios de 1942 una publicación cuyo título está concebido en los siguientes términos:

RESUELTO EL PROBLEMA DE LOS INFUSORIOS EN COLOMBIA. LA FIRMA BERNAL Y CIA. DESCUBRIO IMPORTANTES YACIMIENTOS EN EL VALLE DEL CAUCA CON LOS CUALES PODRAN CONTINUAR SUS LABORES LAS LAVANDERIAS EN SECO, LAS FABRICAS DE JABONES, MANTECA ETC." En el cuerpo de la información se hacían afirmaciones bastante exageradas y desde luego contrarias a la realidad.

La publicación en el vespertino "El Espectador", trajo como consecuencia que muchas personas, tanto nacionales como extranjeras, concurrieran a las oficinas de los señores Bernal de Castro y Compañía, no sólo en solicitud del material sino proponiéndoles asociarse para su explotación, pues como se recordará, en virtud de la guerra todos los mercados se encontraban cerrados.

La guerra trajo como consecuencia las primeras ventas a aquellas empresas que importaban el material. La diatomita se les vendía en bruto (tal como sale) al precio de cincuenta (\$ 50.00) pesos la tonelada puesta en Zarzal. El costo de transporte Zarzal-Bogotá era de \$ 12.75.

Merced a la demanda se pusieron trabajos rudimentarios para mejorar el material, empleando zarandas y extrayéndose de la cantera a pico y pala.

En el año de 1944 se hicieron montajes un poco más completos, para producir en mayor escala y dar al consumo lo que los industriales necesitaban para sus respectivas industrias.

Desde el año de 1945 el producto empezó a conocerse con el nombre de "Tierras Diatomáceas" y aparecieron como sus productores y vendedores directos la Compañía Nacional de Tierras Diatomáceas.

ORIGEN Y OCURRENCIA DE LAS DIATOMITAS

Estudios recientes han permitido saber que los infusorios son sumamente escasos y que la mayor parte de los depósitos orgánicos silíceos estaban constituidos por restos de pequeñas algas de la familia de las diatomeas. De ahí el nombre correcto de tierras de diatomeas o simplemente diatomitas⁽³⁾.

Estas algas se hallan difundidas en todas las regiones de la tierra, desde el Artico hasta el Antártico.

Estos pequeñísimos seres están en el límite del reino vegetal y animal; crecen y viven como las plantas, pero se nutren y se reproducen como los animales, y su facilidad de multiplicación es considerable. Son organismos monocelulares, cuya caparazón llamada "testa" está formada de sílice, constatándose que la estructura de los esqueletos actuales es igual a las de las diatomeas de depósitos antiguos, habiéndose clasificado más de diez mil (10.000) especies; la forma de las partículas silíceas tiene una importancia enorme, según el uso a que se las va a destinar.

Durante mucho tiempo se ignoró cómo estos organismos podían habitar las aguas marinas, siendo que éstas tenían escaso contenido de sílice, la cual se halla sumamente difundida. Taliaferro⁽⁴⁾ asoció los depósitos miocenos con el volcanismo submarino contemporáneo.

La cantidad de diatomeas está en relación directa con la salinidad de las aguas, hallándose en mayor cantidad en regiones cuyas aguas son de baja concentración salina. Los infusorios, por lo contrario, no habitan sino en las vecindades del Ecuador, formando los depósitos de radiolarios o radiolaritas.

Los unos y los otros, diatomeas y radiolarios, forman parte del plancton marino y viven flotando entre dos aguas; los despojos post-mortem caen al fondo, terminando por formar depósitos considerables. Se ha calculado que para formar 1 cc., se necesitan más de seis (6) millones de diatomeas.

Se comprende pues, que estas algas pueden prosperar en aguas dulces, ya sea en el curso de los ríos o en el fondo de los lagos que tienen en suspensión gran cantidad de sílice disuelta. Teóricamente los depósitos silíceos resultan de la acumulación de los desechos orgánicos

(3) V. L. Bardley Wilmont. Diatomite, Its occurrence, Preparation and Uses. Mines Branch, Canada Dept. of Mines. Bull. 691 (1928).

(4) Taliaferro, N.L. Relation of Volcanism to Diatomaceous and Associated siliceous Sediments. Univ. of California. Publ. Bull. Dept. Geological Sci. (1933) N° 1 pp. 1-56.

animales o vegetales, los cuales pueden dividirse en tres grupos, según su origen, así:

- 1). Depósitos de radiolarios.
- 2). Depósitos de diatomeas marinos, y
- 3). Depósitos de diatomeas de agua dulce.

En la práctica los primeros son raros y casi no se les toma en cuenta, y la composición idéntica de los depósitos de diatomeas, sean éstas marinas o de agua dulce, no permiten distinguir los unos de los otros, en la gran familia de las diatomitas.

En resumen, se da el nombre de diatomitas a las algas sedimentarias constituidas en su mayor parte por desechos de algas de agua dulce o salada, que tienen como componente principal la sílice orgánica y cuyas características son: ligereza, porosidad y gran poder aislante.

En la mayor parte de los casos, las caparazones no están enteras sino rotas, encontrándose infinidad de formas (bastoncitos, esferecillas, crucecillas, estrellas, espículas etc.), que encierran en su interior infinidad de materiales extraños, así como ciertos gases.

CONDICIONES GEOLOGICAS DEL SECTOR OBANDO-ZARZAL

De los estratos que afloran en el sector en estudio, se hace la siguiente subdivisión:

CUATERNARIO	...	Formación Valle
TERCIARIO		
Plioceno	...	Formación Zaragoza
Mioceno Superior	...	Formación Combia
Mioceno Medio	...	Formación Cinta de Piedra

Formación Cinta de Piedra. Mioceno Medio.

El conjunto inferior que forma el núcleo de la Serranía de Santa Bárbara, está constituido por bancos gruesos de areniscas de tonalidad gris-verdosa, de grano medio, friables y en partes arcillosas. Existen también lechos arcillosos provenientes de la alteración de rodados igneos, que forman algunos horizontes de conglomerados con estratificación lenticular. Estas areniscas han sido sometidas a grandes esfuerzos, los cuales se manifiestan por los pliegues estrechos volcados, y las fracturas que se observan selladas hoy con arcillas ferruginosas.

Hubach⁽⁵⁾ en su estudio sobre la geología del Valle del Cauca y Cauca, denominó a esta formación con el nombre de Piso Cinta de Piedra y le atribuye la edad de Terciario Medio (Mioceno Inferior). Conforme a su descripción, parece que en la Serranía de Santa Bárbara no afloran sino las partes media y superior del piso, caracterizadas por las areniscas ripiosas y las arcillas.

Formación Combia, Mioceno Superior.

Descansando discordantemente sobre el conjunto anterior y formando la parte baja del flanco occidental de la serranía, como también varios montículos a lo largo de la carretera Zarzal-La Victoria, se encuentra un conjunto caracterizado por material andesítico de tobas arcillosas y arenosas, conglomerados de rodados ígneos y ripios y cascajos con estratificación lenticular.

En algunos sitios presenta areniscas friables andesíticas de color gris-claro con lechos arcillosos ferruginosos. El conjunto tiene una dirección general norte-sur con inclinación de 25 a 35° al Este.

En su informe Hubach⁽⁶⁾ le da al piso el nombre de "Piso de Combia" y es importante, especialmente al sur, donde tiene una vasta extensión y presenta algunos mantos ligníticos que se explotan, pero que no se observaron dentro de esta zona. El conjunto inferior es esencialmente conglomerático, con abundante material tobáceo.

Formación Zaragoza (?). Plioceno.

La parte más baja del flanco occidental de la serranía de Santa Bárbara la compone un conjunto que reposa en fuerte discordancia sobre la Formación Combia, con plegamientos suaves y de gran amplitud. Este conjunto se extiende desde el sur de Zarzal hasta cerca de Cartago, formando las lomas más bajas del Valle del Río Cauca, las cuales se muestran como testigos —dentro del Cuaternario— de una deposición anterior que seguramente tuvo lugar en el Plioceno.

El nombre de la formación se ha tomado del afloramiento al sur de la población de Zaragoza, cerca del cementerio⁽⁷⁾.

Litológicamente se compone principalmente de arcillas bandeadas dentro de las cuales se encuentran intercalados bancos de diatomita

(5) Hubach, Enrique. Estudio sobre la geología del Valle y Cauca. Informe inédito. Biblioteca Instituto Geológico Nacional.

(6) Hubach, Enrique. Op. cit..

(7) Diezemann, Wolfgang. Agua Subterránea en el Valle del Cauca y posibilidades de su explotación. Informe N° 766. Instituto Geológico Nacional, 1951. Biblioteca.

de 1.80 a 2.40 metros de espesor. Caracterizan a este conjunto varios horizontes de material volcánico, cenizas y aún conglomerados del mismo material con estratificación cruzada y presentando algunas fallas. (Véase croquis de p. 435).

A lo largo de la carretera Zarzal-La Victoria es definible por su contenido de diatomitas. En el camino La Victoria-San José aparece el conjunto con espesores variables y con dirección N 12° E e inclinaciones hasta de 15° al Este.

Para el estudio de los yacimientos de tierras diatomáceas, este conjunto es el de importancia económica, ya que ellas no se encuentran en ninguna otra formación con el espesor y calidad que aquí se encuentran.

Formación Valle (Cuaternario).

El Cuaternario en esta zona está representado por la Formación de origen lacustre, constituida por lechos de arcillas, arenas, gravas y cascajos que se extienden a lo largo del río formando la parte plana del Valle del Cauca. Su espesor, según datos de perforación de algunos pozos, varía entre los 50 y los 184 metros.

YACIMIENTOS

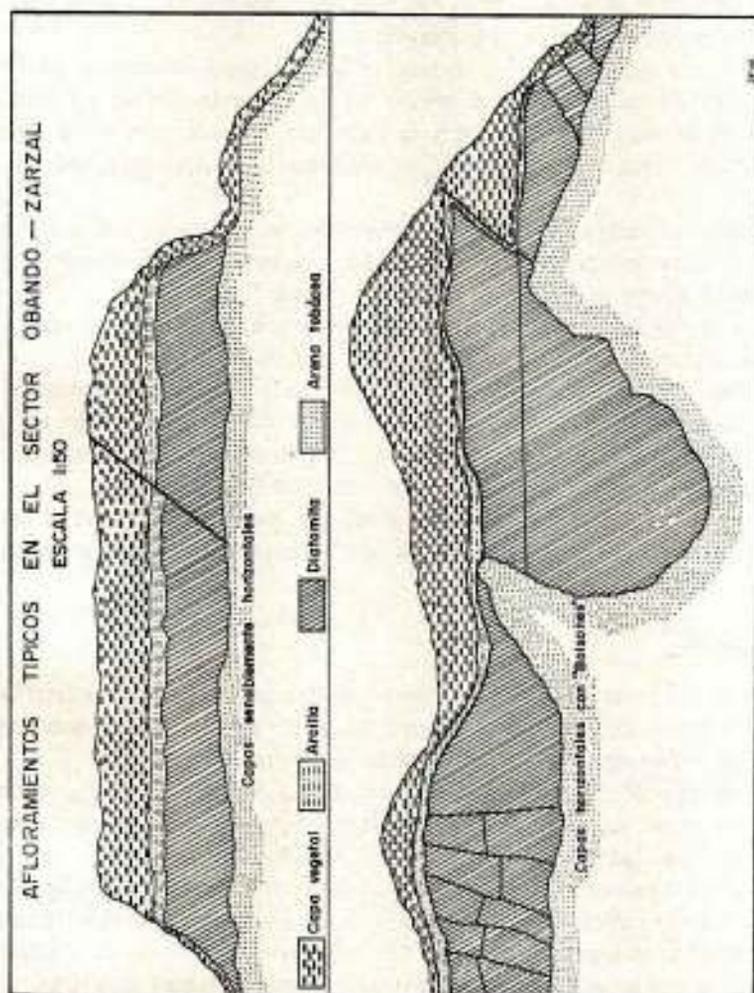
En la actualidad los yacimientos que se trabajan, son los que se hallan en vía de formación o los de las formaciones geológicas antiguas. Entre los primeros están las acumulaciones de los fondos oceánicos y los fondos de los lagos y lagunas, de donde se extraen por medio de dragas, siendo su explotación bastante difícil.

Los yacimientos se hallan diseminados en casi todas partes del mundo, siendo los principales productores: Estados Unidos, Alemania, Canadá, Suecia, Australia y Japón. En nuestro continente se encuentran en el Brasil, Argentina, Chile y Perú.

Colombia cuenta con varios yacimientos, pero hasta ahora el principal es el localizado en el sector Obando-Zarzal, porque los cortes son aceptablemente puros.

Afloramientos.

La diatomita, conocida regionalmente con el nombre de "tiza", se encuentra como se ha dicho formando parte de los sedimentos del Plioceno en la zona estudiada, sedimentos que levantan levemente sobre la planicie. Por esta razón pueden distinguirse fácilmente y se encuentran a todo lo largo de la carretera Obando-Zarzal.



FIGS. 12 y 13.- Afloramientos típicos en el sector Obando - Zarzal.

A pesar de la extensión que cubren los yacimientos, sólo se trabajan los localizados en la finca "El Garcero", controlados por la Compañía Nacional de Tierras Diatomáceas.

El hecho de que sólo un sector se utilice para extraer la diatomita, puede explicarse por el hecho de que la mayoría de los habitantes de la región se dedican a la industria agropecuaria y poco les interesa la extractiva, o porque no conocen la importancia del material.

Todos los afloramientos son similares en cuanto a su composición química, clase de diatomeas, forma del yacimiento etc., diferenciándose únicamente en la extensión de las capas.

Por lo regular, la diatomita se encuentra en pequeñas o medianas colinas, cubierta de una capa vegetal o por "capote" de arenas, cascajos etc.. Típicamente los afloramientos pueden asimilarse a dos formas distintas: una, de capas sensiblemente horizontales (Fig. 12) y otra, de las mismas características, pero con "bolsones" que fueron probablemente sitios profundos del fondo lagunar (Fig. 13).

Por la forma y por su posición geológica, puede decirse que el origen de los yacimientos de diatomita en el sector Obando-Zarzal, es lacustre.

Composición.

Las tierras de diatomita están formadas por caparazones o frústulas de forma cilíndrica con paredes llenas de puntos, que suelen presentarse agrupadas en cadenas rectas de individuos⁽²⁾.

Este tipo de fósil vegetal, denominado *Melosira granulata*, constituye la masa de la roca. Pudiera decirse que el 95% de las tierras están compuestas por los restos fósiles de esta especie.

Suelen aparecer también, aunque poco frecuentes, espículas aisladas, silíceas, microscópicas, alargadas de sección transversal circular, terminadas en punta en los dos extremos, y la cual se clasifica como *Eunotia biceps*, pertenecientes a esponjas silíceas lacustres.

Esporádicamente se presentan otras especies, las cuales se enumeran a continuación (ver Fig. 14):

- 1). *Melosira granulata*
- 2). *Eunotia biceps*
- 3). *Coccones placentula*

(2) Royo y Gómez. Estudio paleontológico de una diatomita del Depto. del Valle. Marzo de 1949. Biblioteca del Instituto Geológico Nacional.

VARIEDADES DE DIATOMITAS

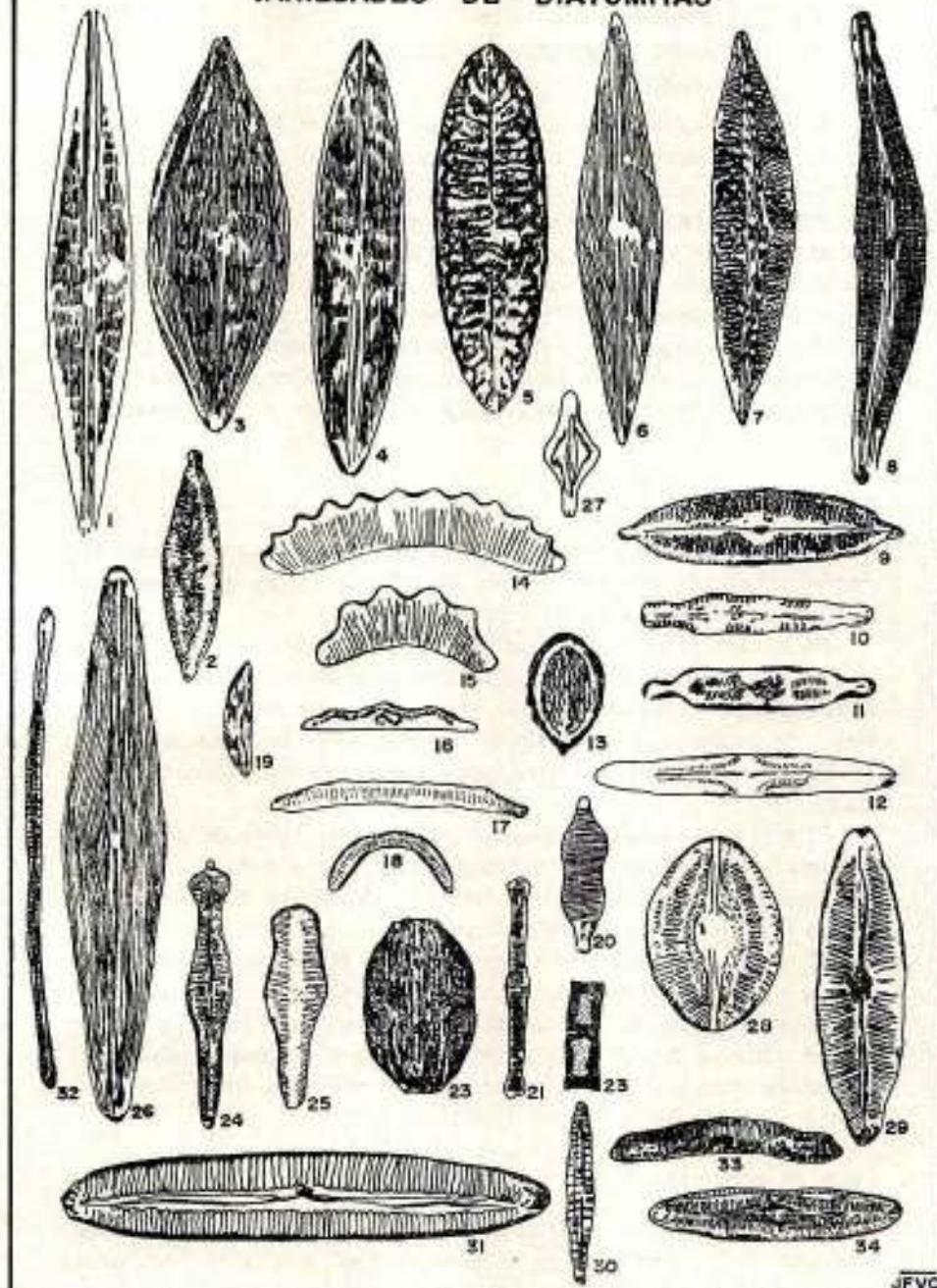


FIG. 14. — Variedades de diatomitas.

- 4). *Tabelaria fenestra*
- 5). *Cymbella ventricosa*
- 6). *Gomphonema capitatum*

La escasez de especies fósiles en las tierras diatomáceas del Valle del Cauca, limita en parte, los usos a que ellas son destinadas, con especialidad a su utilización como filtrante.

Esta limitación no se debe exclusivamente a la escasez de las especies fósiles, sino en gran parte, a que la empresa, como veremos más adelante, no tiene equipos especiales de tratamiento y preparación. El pequeño montaje para la trituración del material, no lo clasifica sino en cuanto a su tamaño, pero no lo libra de las impurezas, ni le quita la materia orgánica presente en ella. Es únicamente una clasificación de tamaño, que la hace apta para su utilización como carga y materiales inertes.

Explotación actual.

En la actualidad el material es extraído de la cantera tanto por medios mecánicos como manuales. El primero utiliza pala mecánica y bulldozer y el segundo pico y pala.

De la cantera es transportado en volquetas a los depósitos o Eldas en donde después de sacado al aire libre se le somete a un proceso de desintegración en las trituradoras, para en seguida ser clasificadas por medio de mallas para las distintas necesidades de los consumidores.

El polvo bien fino se pierde, puesto que no hay recolectores especiales.

El material es luego empacado en sacos múltiples de papel para su almacenamiento. De allí es transportado a una distancia de cinco (5) kilómetros hasta la estación férrea de Zarzal, de donde se distribuye a las distintas plazas de la República.

El sistema de explotación por medio de bull-dozer y pala mecánica es el aconsejable para la extracción del material en el tipo de yacimiento que existe en la zona estudiada. Ofrece la ventaja de extraer mayor cantidad de material, menos costo en el arranque, además de ofrecer la ventaja de rellenar nuevamente con el material estéril las depresiones dejadas al extraer la diatomita.

Costo de extracción.

Los costos de extracción no son fáciles de calcular. Ellos son relativamente bajos, oscilando entre cinco (\$ 5.00) y siete (\$ 7.00) pesos

en época de verano, dependiendo el costo del tamaño y la forma del corte. En el invierno el costo de extracción es alto, puesto que la explotación baja a su mínima cantidad, ya que el material húmedo es difícil de tratar por los medios hoy utilizados en la explotación y tratamiento.

Costo de transporte.

Paradójicamente a pesar de las facilidades existentes en las vías de comunicación, el costo de transporte de los distintos afloramientos a la estación ferroviaria es bastante alto comparado con la distancia recorrida. Esto se debe a que los camiones no pueden cargar el tonelaje para el cual están capacitados, sino una cantidad menor, debido al volumen de las diatomitas. Así, por ejemplo, en un camión de cinco (5) toneladas de capacidad se pueden transportar de tres (3) a tres y media (3½) toneladas de tierras diatomáceas, pero hay que pagar el transporte por la capacidad del camión. Como es natural, el costo varía de los distintos afloramientos, siendo el promedio de sesenta (\$ 0.60) centavos por tonelada-kilómetro.

El ferrocarril transporta el material en góndolas, clasificándolo como carga de 7ª clase. El costo de la tonelada de Zarzal a Bogotá es de \$ 57.85. De Zarzal a Medellín el valor es de \$ 29.40 la tonelada.

El costo de empaque es bastante alto, ya que se emplean talegas de papel múltiples de veinte (20) kilos de capacidad.

Producción.

El yacimiento de tierras diatomáceas localizado en la Hacienda "El Garcero" ha producido desde el año de 1942, época en que propiamente comenzó la explotación, hasta 1952 las cantidades que se expresan a continuación, pudiendo apreciarse una progresión dentro de los límites de las siguientes cantidades:

1.942	...	...	...	...	...	120 toneladas
1.952	...	...	...	...	...	1.320 toneladas

El valor de la producción depende de la clase de material que se venda, ya que los precios varían de acuerdo con el uso a que las va a destinar. El precio varía entre \$ 160.00 tonelada para material de relleno a \$ 240.00 para las tierras que se utilizan como filtrantes.

Consumo.

Aunque el Gobierno de Colombia dispuso por medio del Decreto

1986 de junio de 1960, que las empresas industriales dentro del territorio nacional están en la obligación de consumir materias primas nacionales, entre las cuales enumera erróneamente las tierras diatomáceas como "tierras infusoriales", también es cierto que para burlar esas disposiciones los importadores las traen al país con diferentes nombres, entre los cuales podemos enumerar: polvos para lavar, materiales filtrantes, materiales para usos industriales etc., habiendo entrado al país durante el año de 1960-1961 la cantidad de 856.000 kilos bajo diferentes nombres.

Se debe pues, puntualizar el uso de las diatomitas, para que nuestra industria extractiva pueda seguir adelante en su creciente desarrollo.

Consumidores.

Tenemos entendido que los mayores consumidores de las tierras diatomáceas nacionales han sido en orden como sigue:

- | | |
|---|-----|
| a).—Materiales de relleno: | |
| Para carga de jabones y artículos de caucho | 40% |
| b).—Materiales filtrantes: | |
| Para líquidos, aceites etc. | 35% |
| c).—Materiales inertes: | |
| Para aislamiento, fumigantes y abonos | 25% |

De acuerdo con datos recogidos en diferentes fuentes, tenemos que el país consume un promedio de sesenta (60) a setenta (70) toneladas mensuales, o sea un gasto anual de setecientos veinte (720) a setecientos cuarenta (740) toneladas, las cuales pueden fácilmente aumentarse a 1.000 toneladas por año, a medida que la utilización de las tierras diatomáceas se haga más extensa en el país.

La diatomita que se explota en Zarzal, puede utilizarse en la mayoría de los casos en que se emplean tierras diatomáceas. El renglón comercial en que menos puede utilizarse es en la filtración, ya que el material no es preparado, es decir, no se le somete a los tratamientos especiales que se requieren para hacerla apta para su utilización como filtrante. Para ello se necesita calcinación en presencia de reactivos químicos; tratamiento para quitarle la arcilla etc..

TAMAÑO DEL YACIMIENTO

De las observaciones hechas sobre el terreno, localizadas sobre el plano geológico preliminar que acompaña a este informe, hemos hecho un cálculo del área cubierta por sedimentos que contienen la diatomita; el resultado obtenido es el siguiente:

Area cubierta por sedimentos pliocenos	=	3.252.144 hectáreas.
Menos $\frac{1}{4}$ de sedimentos estériles en diatomita =		813.036
Area cubierta con depósitos diatomáceos		2.439 hect. + 108 m ² .
Espesor promedio de los mantos	=	2.10 metros
Volumen de los sedimentos con tierras diatomáceas	=	2.439.108 x 10.000 x 2.10 = 51.221.268 m ³ .

De esa cantidad debemos deducir el material no apto para la industria, por tener demasiadas impurezas. La cifra da una idea del volumen existente en el sector Obando-Zarzal con material diatomáceo e indica claramente que hay una buena cantidad para abastecer el mercado nacional por bastante tiempo.

Sistema de explotación.

Dadas las características topográficas y la posición de los sedimentos que contienen los mantos de diatomita, se considera que la mayor parte puede ser explotada a "cielo abierto", bien porque las diatomitas se encuentran casi superficiales o porque los sedimentos que le sirven de capote son lo bastante delgados para esta clase de explotación.

COMPOSICION

La diatomita es una verdadera roca constituida por la aglomeración de envoltorios de diversas clases de diatomeas; la descomposición orgánica puede ser total o incompleta, según la duración de la sedimentación.

Una diatomita relativamente pura tiene aproximadamente de 60% a 90% de sílice y el resto agua. Pero la sílice contiene casi siempre alumina, hierro, calcio, álcalis, magnesio etc. y en cuanto a la humedad, es lógico que aumente en los trópicos debido a la carencia de estaciones, lo cual se acentúa en Colombia, por no saberse a ciencia cierta las épocas de invierno. Su composición, puede notarse en la siguiente tabla:

Análisis de diferentes yacimientos de diatomita

	I	II	III	IV	V(*)
SiO ₂	72.56	74.42	68.30	82.85	89.70
R ₂ O ₃	12.02	11.22	3.94	9.10	4.81
CaO	0.42	0.58	Trazas	0.35	0.35
MgO	0.62	0.47	0.18	1.06	0.65
Alcalis	0.82	0.80	0.84	2.06	0.82
TiO ₂	—	—	0.11	1.09	0.10
Pérdidas por calc.	13.22	13.00	26.68	3.40	3.70

- (*) I.— Zarzal, Valle) Análisis practicados por A. Fernández M.
) Laboratorio Químico Nacional, Bogotá.
 II.— Obando, Valle)
 III.— Alemania) Análisis tomados de Economic Geology by
) H. Ries, 7th. edición, 1937.
 IV.— Richmond, Va.) John Wiley & Sons, Inc. New York.
 V.— Lompoc, Calif.)

COMENTARIOS DE LOS ANALISIS

Según la tabla anterior, podemos observar que las diatomitas de los yacimientos del Valle del Cauca, pueden compararse muy bien con los depósitos de otros lugares, en cuanto a su contenido en sílice (SiO₂) y en lo relacionado con las impurezas siempre presentes en estas tierras como calceo, magnesio y álcalis; CaO, MgO y Na₂O.

Contienen si un alto porcentaje en comparación con otros depósitos, en hierro y alúmina, expresados en la forma de R₂O₃ y sensiblemente alto en relación con las "pérdidas por calcinación", que incluye agua de combinación, dióxido de carbono (CO₂) y materia orgánica.

Es entendido que las tierras de diatomeas requieren diferentes tratamientos, según los usos a que van a ser destinadas; vale decir, que su elaboración es diferente cuando ellas van a ser utilizadas como material filtrante, como material de relleno o como materiales aislantes.

Aunque la generalidad de la técnica y principales procesos se conocen, los tratamientos en particular forman parte de los secretos de los fabricantes, los cuales están respaldados por las correspondientes patentes de invención, cuyos dueños se han cuidado de registrarlas en casi todos los países.

Si consideramos el alto porcentaje de hierro y alúmina como de los que incluyen las pérdidas por calcinación en las diatomitas de Zarzal, asociados al embrionario sistema de tratamiento allí practicado, tenemos que nuestras tierras diatomáceas sirven muy bien para material de relleno, como material inerte y para su utilización en la industria del lavado en seco.

Para uso de más elevada jerarquía, se hace necesario el tratamiento de la calcinación sola o en presencia de fundentes para eliminar el tenor de hierro, alúmina y de otras impurezas.

PROPIEDADES

Densidad.

La densidad corriente de la diatomita es de 2.1 a temperaturas de 25° C, es decir, que es igual a la densidad media de la sílice hidratada. La densidad de la tierra seca es de 120 a 250 gramos por litro.

La densidad aparente de la diatomita de la zona Obando-Zarzal es de 0.20 gramos por centímetro cúbico.

Porosidad.

La diatomita es una de las materias más porosas utilizadas industrialmente. Su estructura hace que pueda absorber de 1½ a 3 veces su peso en agua, según el grado de pureza, densidad aparente y calibre de las diatomeas que la componen.

Conductividad.

La conductividad térmica de la diatomita es en extremo débil, lo cual se explica por la gran cantidad de aire ocluido en las células, lo cual hace que sirva como un excelente calorifugo.

Propiedades químicas.

La diatomita pierde la casi totalidad de su agua de cristalización a los 800° C; comenzando la conversión de la sílice porosa en tridimita (SiO₂) a los 871° C, con la desaparición de la estructura alveolar. La transformación es total a los 1500° C, quedando entre estas dos temperaturas la posibilidad de todos los estados intermedios, particularidad en extremo importante para empleos que exigen la calcinación o la cocción.

Es insoluble en los ácidos y en las soluciones salinas, constituyendo un cuerpo neutro por excelencia. Es sin embargo, atacada por el ácido fluorhídrico y por las lejías alcalinas. El color blanco de la diatomita no es necesariamente índice de su pureza, ya que puede encerrar carbonato de calcio, magnesio, sales solubles etc⁽⁹⁾.

(9) Revista de la Asociación Escuela de Química y Farmacia. Quito, Ecuador N° 4, 1945.

USOS VARIOS

Merced a las propiedades físicas y químicas atrás enumeradas, son innumerables los usos industriales de las tierras diatomáceas, y así tenemos que la utilizan en:

Aislamiento:

Siendo ellas de baja conductibilidad y densidad que permiten una intensa radiación y rápida difusión, tienen grande acogida en esta industria. Las impurezas sólidas como la sílice, álcalis, óxido de hierro, actúan como conductores y disminuyen el poder aislante de la diatomita. En esta industria se la usa en forma de polvo fino, en forma de ladrillos crudos y cocidos, con o sin aglomerante.

Su principal empleo se halla en la industria del frío artificial, procurando que la diatomita no se humedezca, porque trae como consecuencia la pérdida de su poder aislante.

Como aislante del sonido es uno de los materiales preferidos, empleándose en las salas de estudios musicales y en las cabinas telefónicas, así como para aislar ruidos de la calle.

Como calorífugo se la emplea en infinidad de industrias y a continuación enumeraremos unas pocas:

Instalaciones de vapor.....	Calderas, tubos de vapor, chimeneas, fogones etc..
Fundiciones de hierro y acero...	Altos hornos, regeneradores, productores de gas, hornos de coque, moldes, hornos de recocido.
Refinerías de petróleo.....	Destilerías, calderas rotativas, tubos de aceite y combustibles.
Equipos de cal y cemento.....	Hornos rotatorios, hornos verticales, calderas, cámaras de secado.
Manufactura de vidrio.....	Arcos, calderas, productores de gas, refinadores, recuperadores, hornos de túnel.

Material filtrante:

Dado el gran poder de absorción que poseen las diatomitas y su gran porosidad, puestas en mezclas con líquidos a clarificar, las partículas porosas absorben las materias en suspensión y son retenidas por las superficies filtrantes, generalmente utilizando filtros-prensas.

Una de las industrias que más consume tierras diatomáceas para la filtración es la de la caña de azúcar, la cual emplea alrededor de veinte (20) libras de diatomitas por cada tonelada de azúcar.

Como filtrante se emplea la diatomita en forma de bloques aglomerados, en polvo o en bloques de formas determinadas.

Se la utiliza como filtrante de aceites minerales, aceites de coco, aceites de algodón, bebidas de cereales, jugos de frutas, cervezas, vinos, jabones líquidos etc..

Material absorbente y carga:

Dado su poco peso, su alto volumen y su facilidad de dispersión, la diatomita es usada en grandes cantidades como carga o material de relleno, en forma de polvo extremadamente fino en pinturas y barnices, así como en los artículos de caucho. Se la utiliza en la fabricación de discos fonográficos, insecticidas, calciminas, dentífricos, drogas, jabones etc..

Dado su poder absorbente, se la utiliza en el empaque de líquidos corrosivos, pues en caso de escape la diatomita hace de absorbente.

También son utilizadas en toda clase de pulimentadores, brilladores, lustradores etc., debido a su alto valor abrasivo, a la fragilidad de los fósiles y a la baja resistencia compresiva, que no permite comunicar a las superficies, raspaduras o rajaduras.

La lista de usos industriales, en los cuales se emplean tierras diatomáceas, ha alcanzado tal número en los últimos años, que actualmente es uno de los materiales no metálicos más importantes.

RECOMENDACIONES

En vista de la importancia de este material, según hemos visto a través de este informe, y de que en muchas fincas hay afloramientos y diatomitas en cantidad explotable, es nuestro propósito hacer unas cuantas recomendaciones, para el caso de que los dueños resuelvan trabajarlas por sí mismos o por intermedio de alguna empresa, a efecto de obtener un mejor aprovechamiento del material.

Avaluación.

La diatomita cruda se avalúa según las siguientes características:

- a). **Impurezas.** (Presencia de arena, cenizas volcánicas, sílice cristalina, materia orgánica, arcilla, sales solubles, calcio, magnesio etc.. Estos datos se pueden obtener mediante análisis químicos cuantitativos).
- b). **Estructura microscópica.** (Tipo de diatomeas, estado de rotura, proporción relativa de las diferentes especies, presen-

cia o ausencia de material muy fino. Determinaciones hechas por medio de estudios microscópicos).

El valor de los productos diatomáceos se determina por la estructura microscópica, capacidad de absorción (en agua, aceite y otros líquidos); composición química (hierro, alúmina, manganeso, álcalis), peso específico, eficiencia al filtrado.

Las especificaciones para la utilización de las diatomitas varían mucho debido a la diversidad de usos. Así por ejemplo, para filtros y material de carga, se necesita una composición química y un tamaño definido de las partículas.

Extracción.

La extracción de la diatomita de las canteras (portachuelos) no presenta dificultad particular en los yacimientos del Valle del Cauca. Bien sea a pico y pala o por medios mecánicos, la extracción no es complicada. Recomendamos el sistema mecánico por la facilidad para rellenar los cortes ya extraídos, y el terreno vuelva a servir para el desarrollo de las faenas agrícolas.

Molienda.

Para efectuar esta operación hay que secar previamente la tierra al aire libre o artificialmente. En el primer caso hay que tener cuidado de que la humedad máxima no pase del 5%, para que la operación de molienda se efectúe con eficacia. Para el secado artificial se hace uso, por lo general, de una corriente de aire caliente que puede provenir del mismo molino.

Pueden utilizarse todos los tipos de molino: trituradores de martillo, de varillas, de mandíbulas etc.. Las dimensiones del producto final varían según el uso a que vayan a ser destinadas, siendo más grueso el polvo para los ladrillos aislantes que para los dentífricos que necesitan una pulverización muy fina.

La clasificación puede hacerse por medios neumáticos o por cribas de fabricación especial.

Calcinación.

Es otra operación corriente en la industria de la diatomita. Teniendo en cuenta que las tierras diatomáceas contienen materia orgánica que las vuelven inaptas para el uso industrial, la calcinación tiene por objeto eliminar esa materia y el exceso de agua, dentro de los límites que no afecten la composición ni las propiedades naturales del material.

Algunos experimentos han demostrado que la cantidad de agua retenida, varía con las diversas temperaturas, así:

2 a 2.5 %	.....	a 500°C
1 a 1.7 %	.....	a 600°C
1.0%	.....	a 700°C
0.55 a 0.75%	.....	a 800°C
0.25%	.....	a 900°C

No debe llegarse en la calcinación hasta esta última temperatura, pues la diatomita empieza a experimentar cambios notables desde los 871° C. Las materias carbonosas son completamente eliminadas entre los 500 y los 600° C.

Para la calcinación se utilizan hornos verticales u horizontales rotatorios.

Otras operaciones, como blanqueada, preparación para determinados usos, calcinación en presencia de fundentes etc., están fuera de los límites de este informe.

CONCLUSIONES

En vista de todas las consideraciones hechas en el curso de este informe, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- 1^a—La mayor parte de la diatomita en el sector Obando-Zarzal ocurre en la formación Zaragoza, perteneciente al Plioceno.
- 2^a—Aunque los yacimientos no son demasiado extensos, sí existe una cantidad apreciable de material a lo largo del sector en referencia, para abastecer al país por largo tiempo.
- 3^a—Los tipos de diatomeas son reducidos, siendo la mayor parte de fósiles de la especie *Melosira granulata*.
- 4^a—A excepción quizá del material usado como "filtrante", el cual necesita tratamiento especial, la diatomita existente puede utilizarse en los demás usos industriales en los cuales se emplean tierras diatomáceas.
- 5^a—El sistema de explotación por medios mecánicos, tal como es usado en el yacimiento de la Hacienda "El Garcero", es el adecuado para el tipo de depósitos existentes.
- 6^a—Para poder equiparar el producto nacional con el material importado, se necesita un mejor tratamiento de la "tierra cruda", tal como se informa en el aparte "Recomendaciones".
- 7^a—El uso de las diatomitas en la industria es cada día más amplio y su utilización aumenta constantemente.

DISSEMINATED COPPER-SULFIDE MINERALIZATION IN THE WESTERN CORDILLERA NORTH OF CALI, CAUCA VALLEY, COLOMBIA⁽¹⁾

By Raúl Ordóñez A.^(*)

INTRODUCTION

The present report describes copper-sulfide deposits of the disseminated type, found in the Western Cordillera of the Colombian Andes, with a view to promote their acquisition and exploration by a well known industrial firm. The information it contains was obtained by geological reconnaissance of the mineralized area and is therefore preliminary in character. The geological literature makes no reference to copper minerals in this part of the Western Cordillera. The exploration was begun in the western part of the area where small fringe sulfide deposits occur, then continued on the southeastern side where large zones of metallization were located, and is still in progress to the north, where the metallization seems to extend.

Maps of the Instituto Geográfico "Agustin Codazzi", scale 1:10,000 were employed for the filing of 8 mining claims with the Ministry of Mines, and aerial photographs were used to complement these maps and for geological interpretation; a geological sketch-map including the geology of the southern claims, scale 1:10,000, and a road map of the Cali district, scale 1:100,000, published by the Secretary of Public Works, are furnished with this report.

ACKNOWLEDGMENTS

Thanks are given to Dr. Reynaldo Quintero, geologic consultant, for his generous help in preparation of the geologic sketch-map illustrating this report.

LOCATION

The zones of metallization are located on the eastern slope of the Western Cordillera, north of the city of Cali (1.8-million), agricultural

(*) Geólogo, Secretaría de Obras Públicas Deptales. del Valle del Cauca.
(1) Bogotá, enero 22 de 1971.

and industrial center of this part of Colombia, forming a belt that extends between the villages of Vijes and Yotoco, bordering the Cauca Valley, a plain of great fertility. The report area is exceedingly well communicated, as can be appreciated in the attached road map; access is from Cali by a new, paved highway to Yumbo, and from Yumbo to Vijes and Yotoco by a dirt road that ties at Mediacanoa, 5 kilometers north of Yotoco, with an equally new, paved highway coming from Bogotá to the port of Buenaventura on the Pacific; this highway is now being completed with the most modern specifications. Road distances are:

Cali-Yumbo	12 km.
Yumbo-Vijes	30 "
Vijes-Yotoco -Mediacanoa	30 "

An alternative route is the Cali-Buenaventura railway, with road junctions at Yumbo and Loboguerrero. Several other third-class, dirt roads, shown in the road-map, could be used as alternative or emergency routes.

PHYSIOGRAPHY, CLIMATE AND CULTURE

The Western Cordillera, lowest of three Colombian cordilleras, is a broad mountain chain, partly formed by extrusion of mafic lavas, that runs from north to south separating the Pacific coastal lowlands, from the Cauca Valley plain. The eastern slope in the report area, is composed by a succession of progressively higher hills of pyramidal cross-section, separated by v-shaped valleys and incised by countless ravines; some of these hills form elongated divides that determine different watersheds within the slope, while others project into the valley plain forming embayments of flat land. The drainage, perennial for the larger creeks, join the Cauca River a short distance to the east. With the exception of small extensions of forest preserved near the summit of the Cordillera, the vegetation consists for the most part of thorny brush and natural grass.

Good, all-year-round climatic conditions predominate. The climate goes from warm (23° C) at Cauca Valley level (elev. 1,000 m.), to cool at the top of the mountain. Annual rainfall is about 1,000 mm. distributed in two dry, and two wet seasons.

The economy of the region is based on agriculture, that provides work for the people of the area concentrated in the villages of Vijes and Yotoco; cotton, soya beans, tomatoes and corn are among the crops. Traditionally, the people of Vijes have worked in quarries of

tertiary limestone occurring west of the village; a large deposit of this limestone, located south of Vjjes, is mined for a cement plant. The area is crossed from north to south by the transmission lines of the national interconnexion system, which, beginning next March, will provide surplus electric power from Medellin to the industry based in Cali.

GENERAL GEOLOGY

In discussing the general geology of the Western Cordillera, we shall follow the report by W. Nelson, 1962, the most authoritative written to this date⁽²⁾.

Geologically speaking, the Western Cordillera is essentially composed of two different formations: (1) the Dagua Group, consistent of metamorphic sediments, on the western half, and (2) the Diabasic Group made of diabase lava flows of great magnitude, on the eastern half. Also present are intrusive bodies that range from ultrabasic to acidic, and sediments of early tertiary age on the eastern margin of the Cordillera. For the purposes of this report we are only concerned with the diabase lavas and their intrusive associates.

The age of the Diabase Group has been determined as upper cretaceous on the basis of fossils found in thin beds of chert that occur intercalated with the lava flows at many places; these beds and their fossil fauna, were deposited in a submarine environment, a fact further confirmed by pillow-lavas.

Nelson recognizes Stille's geotectonic phases for the Western Cordillera, thus: (1) initial magmatism in geosynclinal conditions that produced basic lavas, followed by (2) intrusions of peridotite, and (3) subsequent volcanism with intrusions of acidic magmas and attending propylitization. The diastrophism caused by the Upper Tertiary Orogeny that formed the Cauca Valley Graben, affected the diabase flows and formed a faulted anticline. Two important classes of faults are related to this structure: the first one, along the axis of the anticline, consists of tension-type faults, while those of the second class are related to the major tectonic break that separates the mountain block (upthrown), from the valley plain (downthrown). Through these faults and subordinate shear zones were intruded stocks, plugs, dikes and sills of dacite and quartz diorite (tonalites).

Megascopically, the diabase is a dense, aphanitic to finely granular

(2) A scholarly doctoral thesis on the subject was written recently. See "Geology of the Central Western Cordillera west of Buga and Roldanillo, Colombia" by Darío Barreto, 1978. Ingeominas publication, Bogotá, Colombia.

rock, in different shades of grey and green; it is generally found deeply weathered, especially on top of the Cordillera, to a dark-red laterite; nevertheless, very extensive outcrops of fresh rock are found in creeks of the eastern slope. Petrographic study done by Nelson on diabases shows ophitic arrangement of the plagioclase and augite crystals; the plagioclase is frequently albitized; olivine is absent. Other less common types exist: one from an outcrop near La Cumbre, is an equigranular phanerite with a grain size approaching that of a gabbro; the components, plagioclase and augite form wider and thicker crystals than those of the diabase; another sample from the Upper Rio Dagua, is of medium grain size with intergrowths of quartz and feldspar; both types show the effects of propylitization; it remains undefined whether these rocks are intrusive, or extrusive.

The effects of propylitization are widespread over the entire Diabasic Group and in particular along lines of tectonic weakness, faults and shear zones, in close association with intrusions of dacite and tonalite. The degree of alteration is very high on diabases and acidic rocks alike, which presupposes high temperatures and a hypogene origin for the ascending hydrothermal solutions. In the diabases the plagioclases have been albitized with partial replacement by quartz and further development of epidote, calcite and chlorite; apatite is present in anhedral grains; veinlets of quartz and calcite are quite frequent; replacement quartz, and epidote may increase to such a proportion as to constitute a true propylite; another typical trait is the intense corrosion produced on the component minerals. In the tonalites the propylitization is ascribed to deuteric effects; the alteration has produced propylites rich in epidote with quartz and calcite veinlets. With the picture of the general geology in mind, we shall now turn to the sulfide deposits and their geology.

ECONOMIC GEOLOGY

The two main zones of metallization described in this report lie on the western side of a complex intrusion of an acidic rock, probably a tonalite, emplaced through the large fault that separates the Cordillera from the valley plain; it crops out between Vijas and Yotoco forming a discontinuous chain of hills of low to medium elevation; these hills have domal shape with broad flanks and form tongue-like abutments into the valley plain; they are of a distinctive greyish-white color, a feature that has won them the local self-descriptive

name of "Los Cenizos" (ash-colored). The length of the intrusion between Vijes and Yotoco is about 21 kilometers, with a probable maximum width of 4 kilometers; its elongated shape, plus its mode of emplacement put it in the category of a sill; it is of interest to note that while it strikes north-south, this sill has subordinate structural components with an east-west bearing; such are the ash-colored hills that encroach on the valley plain forming embayments of flat land; furthermore, these components are noticed to be in close relation with the zones of metallization, as for instance near Vijes where four of these bodies branch out radially from a common center which adjoins one of the sulfide deposits. At this early stage of the investigation only a few other structural elements that could have played a part on the metallization process, have been visualized with the help of the aerial photographs, such as the existence of a fracture pattern, and of faults, that, with some deviations, follow the general tectonic trend of the region. In the climb towards the top of the cordillera the morphological and geological boundaries of the intrusion merge with the intruded Diabasic Group and become very difficult to tell apart.

The rocks composing the intrusion, as observed megascopically, are of three different types, each type conforming a special facies which in the geological sketch-map have been defined on the basis of topographic expression, weathering patterns and megascopic observation of hand specimens; these facies may actually be gradational differentiates of the same magma; it is a very rough classification, without the refinements of petrographic investigation, that only aims to give the reader a general picture of the geologic setting; the three divisions have been arbitrarily designed as To-1, To-2 and To-3 assuming that the period of metallization was late magmatic. To-1 includes the low, ash-colored hills; the rocks composing them show an advanced degree of hydrothermal alteration which fits the description made by Nelson, 1982, of propylites; the entire rock mass is crossed in every direction by veins and veinlets of white earthy calcite, quartz and a green serpentinous mineral; epidote and chlorite are present, and the author found a large, isolated, bleb of chalcopyrite in a quartz veinlet; this mesh of veinlets have contributed to loosen the rock, which is further weathered to a grey unfertile soil; the white calcareous material is pervasive and gives the rock its distinctive aspect; on close observation, the rock goes from light-grey-to-yellowish-to-pistachio-green color admixed with white, and on fresh fracture it is of a blueish-green color; the texture goes from aphanitic to spherulitic; a more

detailed investigation is needed to determine how many of the four propylitic assemblages recognized by Creasey (1966) (chlorite-calcite-kaolinite; chlorite-calcite-talc; chlorite-epidote-calcite; chlorite-epidote) are present here. In To-2, the next division, the hydrothermal alteration is not as advanced as in the preceding facies, but the similarities are many; the rock, of predominant greenish-grey color, is not as fractured and crossed by veinlets, and the white calcareous material which pervades the latter, is practically lacking. To-3 comprises the zones of metallization, which we shall treat separately.

ZONE "ESPERANZA"

This large zone is located 3,000 meters north of Vijes, and 1,200 west of the Cauca River, on a straight line (see geological sketch-map). It is reached from the Vijes-Yotoco road by way of a dirt road 4 kilometers long, which is practicable by jeep and light trucks. The zone is elongated in shape and oriented to the north; its long axis measures 2,400 meters, while its maximum and minimum widths are 1,200 and 200 meters, respectively; these figures are preliminary and approximate, and include a barren "island" 270 by 240 meters in area. The physiography of the zone is composed by several hills with elevations 200 to 300 meters above the Cauca Valley plain. The uplift, or uplifts, that raised the Western Cordillera from Miocene (Andean Orogeny) to the end of the Tertiary, stranded the sulfide deposit and increased the erosion rate; the author bases this opinion on observation of perched creek valleys, as well as on the existence of a leached capping of considerable thickness over the sulfide zone, that could not have formed under present conditions of rapid dissection.

This, and the next zone, were delimited on the basis of (1) metallized outcrops, (2) diagnostic features of the leached capping and (3) aerial photographs. The metallized outcrops are mostly found in beds of creeks draining the zone, where the rocks host to metallization are exposed; these creeks are, from north to south: Cangrejo, El Colegio, Las Panesas with its northern tributaries and Bonita. The rocks grouped under To-3 differ in character from place to place within the zone going from white to light grey, and green in shades from light to medium to dark; textures range from aphanitic in the lighter types, to imperfectly spherulitic in the darker rocks; the degree of silicification is prominent and pervasive: the lighter types are almost wholly composed by quartz, while in the dark rocks the mafic minerals, usually green, alternate with bands of quartz of a characteristic purple color

that stays in the leached capping; a detailed petrographic study of these rock types is needed to classify them properly; they have been arbitrarily designed as part of the "tonalitic" intrusion in the geologic sketch-map; they seem to be gradational into one another. The metallization pervades all rock types and varies in intensity as well as in character from place to place within the zone; it consists of sulfides profusely disseminated, mostly as minute grains, blebs and clusters of grains that flood and permeate the rock, being in no way disposed along fractures or any other controlling structural features; pyrite is in excess, with minor chalcopyrite and bornite. A certain zonation was noticed in the Bonita and Las Panesas creeks, where a few narrow strips of barren rock alternate within the section of metallized outcrops; in the Bonita there are intervals of a peculiar rock composed of porcellanitic quartz intercalated with other outcrops of an equigranular medium grey igneous rock; at the southern end of the section there is an unusually high concentration of pyrite in a light grey igneous rock; this creek has been taken as southwestern boundary of the zone, although the metallization could extend a little farther west, as it is actually the case with other zone boundaries; at Q. Las Panesas the participation of dark minerals in the host rock is greater than at any other creek of the zone; there is also a marked change in the character of the rock along the section; the highest copper analysis (0.64% Cu) so far, comes from a medium green equigranular rock which forms a large outcrop in the bed of this creek; this rock is filled with pyrite, subordinate chalcopyrite and bornite; at the northern end of the zone, the host rock is white and quartzose, with specs of sulfides; it is found highly weathered in the bed of creek El Colegio. Samples from each of the main creeks were taken, and sent for analyses with the following results:

Sample #	Location	% Cu
RO-12	Q. Las Panesas	0.64
RO-13	road cut	0.064
RO-14	road cut	0.146
RO-15	road cut	0.165
RO-16	trail above Q. Las Panesas	0.069
RO-17 (composite)	Q. Bonita	0.163
RO-18 (composite)	Q. Bonita	0.129
RO-19	trail south of Q. Las Panesas	0.176
RO-20	Q. Las Panesas	0.163

(Lab. Ingeominas, Bogotá, 1970).

Weathering of the sulfide deposit has produced a leached capping. This outstanding feature covers the entire zone of metallization forming a distinctive outline that shows very clearly on the aerial photographs. We have already referred to it when speaking of the physiography of the zone, and expressed the opinion that it could not have formed under conditions of present dissection, that were most probably, induced by an uplift that perched the creek valleys of the zone; the leached capping is in a process of active erosion, and landslides, old and new, are visible on the slopes that lack a protective cover of vegetation, and numerous gullies scar the surface everywhere; very intense weathering has yielded a soft, porous mass between argillic and sandy with rare boulders of the original rock; iron oxides are widespread over the surface in various degrees of concentration in the form of transported and indigenous limonite and goetite; limonite boxwork is preserved all over the zone; the voids left by the sulfides are frequently filled by goetite and indigenous limonite in a matrix of siliceous material; the iron oxides color the capping with various shades of red and ochre; these colors are characteristic of the capping and stand out against reds of surrounding laterites; it is too early in the investigation to have established a definite set of diagnostic color patterns, but the following observations are contributed: the colors of the capping go from brick-red to purplish red and chocolate-brown and maroon, with shades of yellow and orange spots; certain colors seem to predominate over certain zones of the capping, thus: brick-reds predominate on the southeastern side and on the northern tip of the deposit, purplish red and maroon in the south-central part, and chocolate-brown in the central part.

ZONE "EL ESPINAL"

This zone is located 2,500 meters north of the latter, following the same northern trend; it is 530 meters long, with an average width of 100 meters, occupying the top and opposing sides of a hill. Access is from the Vije-Yotoco road by way of a jeepable road. This smaller zone has the same geologic setting as the "Esperanza", with a leached capping and similar metallization characteristics, and must be considered as an extension of the latter; the hypogene sulfides are found unaltered in two outcrops found in the bed of Q. Cangrejo, a small creek on the south side of the zone; the rocks host to metallization are a white quartzose rock dotted with sulfides, and a medium green

equigranular igneous rock found at the southern end of the zone. The leached capping covers completely the zone with limonite boxwork and diagnostic colors as in the "Esperanza" deposit.

FRINGE SULFIDE DEPOSITS

The metallization of the area has extended sideways to produce fringe deposits of sulfides; these are in the beds of the following creeks, from north to south: (1) Quebrada Espinal, (2) Zanjón del Higuera and (3) Zanjón de Maraveles. The first two deposits are about 450 meters from each other on the western margins of a tonalite plug; this plug has produced a strong contact metamorphism on the intruded diabases, turning them to propylites rich in epidote; the tonalite is almost wholly composed of coarse-grained quartz and ranges in color from white to light grey, according to the relative abundance of mafic minerals, which have been completely altered to chlorite and sericite; the intervening area between these two deposits is covered by slope material and alluvial fill. The third deposit is about 1,400 meters south from the second deposit, on a straight line; it seems to be genetically related to another intrusive but this relationship is not as clear cut as in the first and second deposits.

Quebrada Espinal.

This deposit is located in the upper course of Q. Espinal, in the bed of this creek; it is a small breccia pipe approximately round in shape, with an area of about 25 square meters; the breccia is composed by a network of quartz, calcite and epidote veinlets enclosing angular fragments of diabase; it shows very slight oxidation with stains of limonite and sparse malachite; the sulfides occur in two well defined groups that seem to correspond to successive periods of metallization; those of the first group are found in the fragments of diabase enclosed in the breccia; these fragments, generally not over three centimeters across, are filled with minute grains of pyrite and minor chalcocopyrite; the second group consists of about equal amounts of pyrite and chalcocopyrite and is found in association with the quartz, calcite and epidote veinlets; chalcocopyrite is most abundant in the quartz where it occurs disseminated as blebs and minute grains. Replacement is seen to have taken place in the penetration and engulfment of the diabase fragments by quartz. The metallization extends to the surrounding country rock of diabase forming a pyrite halo. A sample of the breccia gave the following analyses:

Sample #	% Cu	% Mo
RO-10	0.32	0.002

Zanjón del Higuero.

This is a small left-bank tributary of Q. Espinal, only 450 meters south, on a straight line, from the deposit just described; it has a steep gradient and is covered by dense vegetation. The deposit crops out in the diabase country rock exposed in a narrow, 4 meter-wide, creek bed, for a length of about 50 meters; the effects of propylitization are seen in the diabase which is rich in quartz and epidote, and charged with disseminated sulfides, in various degrees of concentration, consist of predominant pyrite, minor chalcopyrite and rare sphalerite; chemical analyses reveal the presence of silver which is probably admixed with galena, too fine grained to be recognized with the hand lens. A composite chip sample was taken along the entire length of the outcrop and sent for analyses with the following results:

Sample #	% Cu	Ag, g/t
RO-11	0.63	4.0

Zanjón de Maraveles.

This is a pyrite deposit of high concentration located in a small left-bank tributary of Q. La Ema, in turn a tributary of Q. Espinal; the creek channel has an almost straight course and a steep gradient, with a succession of rocky steps. The country rock is a medium grey, equigranular igneous rock, probably a diabase, which alternates with a highly silicified breccia. The metallization extends in the creek bed for about 300 meters, but is specially intense for about 60 meters of its middle course; the bedrock consists at this point of two intervals of silicified breccia, separated by a massive, medium grey outcrop of igneous rock; both rock types are charged with sulfides. The upper breccia interval, exposed for about 25 meters, consists of diabase fragments enclosed in a quartz matrix; the silicification is so intense that the original characters of the rock have disappeared; the breccia is filled with pyrite, which has been superficially oxidized to a limonite varnish and to crustiform sulfate efflorescences; the pyrite is also altered to a soft, black earth. A composite chip sample, taken along the entire length of the upper breccia interval, was sent for analysis with the following results:

Sample #	% Cu	% S
RO-2	0.02	5.49

Underlying the upper breccia, is the massive medium grey igneous rock, referred to, also filled with sulfides; a chip sample taken across the outcrop, analyzed 0.10% Cu; underlying the latter follows the lower breccia which is similar in every respect to the upper one; it has an approximate thickness of 15 meters.

BIBLIOGRAPHY

- Bateman, A. M. *Economic Mineral Deposits*, second edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, London.
- Creasey, S.C. Cited by C.A. Anderson's *Arizona and Adjacent New Mexico*, in *Ore Deposits of the U.S.*, pag. 1176. Published by the A.I.M.M.P.E., New York, 1968.
- Nelson, H.W. *Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental, sección carretera Cali-Buenaventura*. Boletín Geológico, vol. X, enero-diciembre, 1962, Nos. 1-3. Ministerio de Minas, Servicio Geológico Nal. Bogotá.

C O N T E N I D O :

	Págs.
NOTAS DE LA DIRECCION	311
ACERCA DE LA GEOLOGIA DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL ENTRE CALI Y BUENAVENTURA, por Otto Stutzer	313
EXPLORACION DEL VALLE. 3.—INFORME TULUA-BUGA, por Enrique Hubach y Benjamin Alvarado B.	321
ESTUDIOS GEOLOGICOS EN LA REGION DE JAMUNDI ENTRE LOS RIOS GUACHINTE Y JORDAN, por Jan Keizer	327
LA GEOLOGIA DEL FLANCO ORIENTAL DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL EN LA REGION DE SAN ANTONIO (MUNICI- PIO DE JAMUNDI) VALLE DEL CAUCA, por Jan Keizer	369
ANOTACIONES GEOLOGICAS SOBRE EL CARBON DE LOS DE- PARTAMENTOS DEL VALLE DEL CAUCA Y DEL CAUCA, por Enrique Hubach	395
ASPECTOS GENERALES DE LA INDUSTRIA DEL CARBON EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE, por Vicente Mutis Jurado	403
COMPOSITION AND CARBONIZING PROPERTIES OF COLOM- BIAN COAL, by J.D. Davis and D.A. Reynolds	413
YACIMIENTOS DE DIATOMITA EN EL VALLE DEL CAUCA, por José Sandoval	427
DISSEMINATED COPPER-SULFIDE MINERALIZATION IN THE WESTERN CORDILLERA NORTH OF CALI, CAUCA VALLEY, COLOMBIA, by Raúl Ordóñez A.	451

ADVERTENCIA:

El autor citado en la pág. 454, renglón penúltimo (nota al pie) es **Dario Barrero**.

INDICE DEL VOLUMEN IX

Nos. 33-34:	i	Págs.
NOTAS DE LA DIRECCION		3
LISTA DE PLANTAS UTILIZADAS POR LOS INDIGENAS CHAMI DE RISARALDA, por Edgardo Cayón Armella y Silvio Aristizábal Giraldo		5
ETNOBOTANICA DE LAS COMUNIDADES INDIGENAS CUNA Y WAUNANA, CHOCO, COLOMBIA, por Luis Eduardo Forero Pinto		115
Nos. 35-36:		
NOTAS DE LA DIRECCION		311
ACERCA DE LA GEOLOGIA DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL ENTRE CALI Y BUENAVENTURA, por Otto Stutzer		313
EXPLORACION DEL VALLE. 3.—INFORME TULUA-BUGA, por Enrique Hubach y Benjamin Alvarado B.		321
ESTUDIOS GEOLOGICOS EN LA REGION DE JAMUNDI ENTRE LOS RIOS GUACHINTE Y JORDAN, por Jan Keizer		327
LA GEOLOGIA DEL FLANCO ORIENTAL DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL EN LA REGION DE SAN ANTONIO (MUNICIPIO DE JAMUNDI) VALLE DEL CAUCA, por Jan Keizer		369
ANOTACIONES GEOLOGICAS SOBRE EL CARBON DE LOS DEPARTAMENTOS DEL VALLE DEL CAUCA Y DEL CAUCA, por Enrique Hubach		395
ASPECTOS GENERALES DE LA INDUSTRIA DEL CARBON EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE, por Vicente Mutis Jurado		403
COMPOSITION AND CARBONIZING PROPERTIES OF COLOMBIAN COAL, by J. D. Davis and D. A. Reynolds		413
YACIMIENTOS DE DIATOMITA EN EL VALLE DEL CAUCA, por José Sandoval		427
DISSEMINATED COPPER-SULFIDE MINERALIZATION IN THE WESTERN CORDILLERA NORTH OF CALI, CAUCA VALLEY, COLOMBIA, by Raúl Ordóñez A.		451

ERRATAS ADVERTIDAS:

Pág.	Renglón	Dice:	Debe decir:
343	8	grupo de La Grasosa.	grupo de La Gasosa.
386	23	Hubach) (*)	Hubach) (**)
	último	(*) Hubach	(**) Hubach
405	14	mulplicidad de las minas	multiplicidad de las minas
418	penúlt.	light oil and satured	light oil and saturated

INSTRUCCIONES A LOS COLABORADORES:

1. Los trabajos que se soliciten para publicación, deben enviarse, en original y copia, escritos a máquina, en papel tamaño carta, a dos espacios, en forma nítida.

2. No habrá limitación en el número de páginas de los manuscritos, si la calidad u originalidad del trabajo lo justifica. En el caso de contribuciones muy voluminosas, que tengan el carácter de libro, el autor deberá traspasar al boletín los derechos legales.

3. Se devolverán los manuscritos de trabajos que —aunque hayan sido solicitados— no se publiquen por no reunir los requisitos exigidos o por no acomodarse a las normas establecidas por el editor.

4. El autor recibirá gratuitamente 20 separatas de su trabajo o igual número de ejemplares de la respectiva entrega, según el caso.

*

SERVICIO DE CANJE:

A título de canje, se enviará el boletín a entidades nacionales o extranjeras o a personas que se dediquen a las ciencias naturales. Se suspenderán los envíos de las posteriores entregas, a quienes no devuelvan dentro de un plazo razonable la tarjeta de recibo que acompaña a cada ejemplar.

*

SUSCRIPCIONES:

Se aceptan suscripciones de entidades o personas, no comprendidas en el servicio de canje.

Valor de las suscripciones:

Volúmenes I, II y III, a \$ 200.00 cada uno.

Volúmenes IV, V, VI y VII, a \$ 250.00 cada uno.

Volumen VIII, \$ 300.00.

Volumen IX, \$ 400.00.

Nº 14 (La Flora ornamental) suelto, a \$ 100.00.

Suplemento Nº 2 (Fenología), a \$ 100.00.

ESTA PUBLICACION SE HIZO CON EL PATROCINIO
DEL FONDO COLOMBIANO DE INVESTIGACIONES
CIENTIFICAS Y PROYECTOS ESPECIALES
"FRANCISCO JOSE DE CALDAS",
"COLCIENCIAS"

*

" COLCIENCIAS "

ES UN ESTABLECIMIENTO PUBLICO, DOTADO DE
PERSONERIA JURIDICA, AUTONOMIA ADMINISTRA
TIVA Y PATRIMONIO INDEPENDIENTE, CUYO OB
JETIVO PRINCIPAL ES: IMPULSAR EL DESARRO
LLO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO DE COLOMBIA.

*

Se terminó la impresión de los Nos. 35-36 en la Imprenta
Departamental del Valle, en Cali, el 23 de julio de 1981.

Colaboraron: Linotipista: Julio Nel Oviedo
Prensista: Julio E. Gracia
Dibujante: J. Fernando Valencia