

ESTUDIO MICROSCOPICO DE LOS CARBONES EOCENOS DE CUNDINAMARCA

FERNANDO PABA SILVA
Geólogo e Ingeniero Civil y de Minas

INTRODUCCION

Este trabajo trata del estudio microscópico de unas muestras de carbón procedentes de ocho minas del Departamento de Cundinamarca, en la parte central de Colombia (Mapa 1). El Servicio Geológico Nacional de Bogotá, me envió las muestras de carbón de las siguientes minas: Mina Rodamontal, en el Municipio de Cogua; Mina El Desagüe, en el Municipio de Tocancipá; Mina de San Vicente, en el Municipio de Sesquilé; Mina La Esperanza, en el Municipio de Chocontá; Mina Cogontá, en el Municipio de Suesca; de las Minas de Cincha y Canoas, en el Municipio de Soacha, y de la Mina de San Jorge, en el Municipio de Zipaquirá.

En un principio se pensó hacer un análisis microscópico de los varios mantos de carbón colombiano, de acuerdo con el método seguido por el United States Bureau of Mines. Pero teniendo en cuenta las dificultades que se presentaban para transportar dicha cantidad de carbón, por el estado de guerra mundial, se resolvió hacer el estudio de muestras promediadas de cada una de las minas citadas.

YACIMIENTOS Y DISTRIBUCION DEL CARBON TERCIARIO

El carbón del Terciario de Colombia, hasta donde se sabe, se presenta como mantos aislados en las tres principales cordilleras del país y su distribución se muestra de un modo general en el Mapa 1. Sobre este tema se han publicado tres trabajos importantes: el de E. Grosse (21) (*), escrito en español y alemán; contiene una información abundante sobre la estratigrafía y la geología del carbón; en el de E. A. Scheibe (43) se afirma que la mayoría de los depósitos de carbón de Colombia yacen en ambos flancos de la Cordillera Oriental, en estructura sinclinal cuya dirección es N-S y que el carbón se parece más al bituminoso que al lignito y que el valor calorífico varía entre 4.200 y 6.300 calorías por kilogramo; en este trabajo se anota que los mantos varían entre 0.60 y 2 m. de espesor, pero que pueden alcanzar en algunos lugares, hasta 3.50 m.; el tercer trabajo es el de R. Reichenbach (40) que trata del estudio petrográfico de muestras de carbón tomadas de las tres cordilleras, las que estuvieron almacenadas durante doce años antes de ser examinadas.

Todos estos autores informan sobre mantos de carbón en la Cordillera Oriental en la altiplanicie y cerca de Bogotá; todos están de acuerdo en que

(*) Los números entre paréntesis indican el de la bibliografía y el de la página.

los mantos de carbón más importantes se encuentran en el flanco este de la Cordillera Oriental. El carbón del Terciario de esta cordillera se extiende desde el Departamento de Cundinamarca hacia el norte, hasta el Departamento del Magdalena, en donde se encuentran los conocidos mantos del Cerrejón en el Municipio de Barrancas, aproximadamente a 100 kilómetros al sur de Riohacha, puerto marítimo en el mar de las Antillas (Mapa I).

El carbón que se encuentra cerca de Paipa, a 72 kilómetros al noroeste de Tunja (Mapa I), aflora a ambos lados del río Chicamocha en alternancia con los estratos terciarios del *Guaduas*, que consisten en arcillas abigarradas, areniscas y conglomerados. Según R. Sarmiento Soto (42) quien estudió esta región, el carbón se encuentra en un anticlinal modificado por plegamientos y por discordancias secundarias, causadas por movimientos orogénicos y por intrusiones ígneas; él clasifica este carbón como *cannel* y refiere que en la mina del Volador hay un manto de 8 metros de espesor con una dirección N20E, con buzamiento que varía entre 40 y 60 grados al oeste.

En la Cordillera Central se encuentra carbón en los Departamentos de Antioquia, Caldas, Valle del Cauca y Cauca. El Sr. Grosse (21, p. 160), estima que el espesor del Terciario carbonífero en Antioquia alcanza por lo menos a 1.5 kilómetros.

En la Cordillera Occidental se encuentra carbón en los Departamentos del Valle del Cauca, Caldas, Antioquia y Nariño. Grosse (22, p. 218) también informa sobre carbón en el Departamento de Nariño y estima que de Tambo, al suroeste de Popayán (Mapa I) en el Departamento de Nariño, hay una reserva de 5.000.000.000 de toneladas; sin embargo, J. Royo y Gómez (41, p. 210), quien recientemente estudió el carbón del Departamento de Nariño, duda de la existencia de dicha reserva. El carbón que estudió Royo y Gómez en el Departamento de Nariño, está localizado en el Municipio de San Lorenzo WSW de la población de Taminango, aproximadamente 42 kilómetros al norte de Pasto; este carbón se encuentra intercalado entre arcillas gris-azuladas y amarillentas.

La litología de la Cordillera Oriental fue primero estudiada por Hettner, después por Scheibe, Lleras Codazzi (32) y por Hubach, quien amplió los trabajos de Hettner. De los trabajos de estos autores y de los de Royo y Gómez, se obtuvo la columna estratigráfica del Cuadro 1 para la vertiente de levante de la Cordillera Oriental, en el Departamento de Cundinamarca.

CUADRO 1.
Columna estratigráfica de la vertiente oriental de la Cordillera.

Europa	Cundinamarca	Espesores en m.
Mioceno	Formación Honda	Girardot Barzalosa
Oligoceno	Formación Guaduas (Hettner)	Gualanday 800 - 1500
Eoceno		Guaduas 400 - 700
Senonense	Formación Guadalupe	Grupo Sup. Grupo Inf. 200 - 700
Turonense Cenomanense		Grupo Sup.
Albiense	Formación Villeta	Grupo medio
Aptiense Barremiense Hauteriviense		Grupo Inf.

La formación *Guadalupe* consiste principalmente en capas de arenisca pobremente cementadas, con intercalaciones de capas delgadas de pizarras calcáreas de color blanco, amarillentas y negruzcas; también contiene liditas y areniscas bien cementadas con capas delgadas de carbón en la parte inferior.

La formación *Guaduas* (miembro inferior de la formación *Guaduas* de Hettner) consiste en arcillas abigarradas y liditas con mantos de arenisca algo conglomerática. Es aquí donde se encuentran los mantos importantes de carbón.

La formación *Gualanday* se compone de arcillas abigarradas y areniscas que se tornan de grano muy grueso al sur y suroeste; los colores predominantes son el rojo y el rosado y se encuentra en ella yeso, como también mantos locales de carbón.

La formación *Honda* consiste principalmente en areniscas de grano grueso con cantos rodados de andesita en la parte superior; en algunas regiones esta arenisca se vuelve de grano fino con intercalaciones de arcillas abigarradas.

El Plioceno-Pleistoceno está representado por lavas andesíticas, tobas y conglomerados en general andesíticos.

* * *

EDAD DEL CARBON

Todos los mantos de carbones de importancia en Cundinamarca están en la formación *Guaduas*, cuya parte inferior parece de edad eocena, aun cuando no se ha encontrado ningún fósil fuera de los mantos de carbón. R. Scheibe (45) fue el primero en descubrir una discordancia entre las formaciones *Guaduas* y *Guadalupe* y por ello deduce que el carbón de la Cordillera Oriental en el Departamento de Cundinamarca, es de edad post-cretácea, lo cual viene a confirmar las ideas sostenidas por H. Karsen (27).

Aun cuando no se han encontrado fósiles terciarios ni en el Departamento de Caldas, ni en el de Antioquia, E. A. Scheibe (43, p. 333) sostiene que el carbón que se encuentra al suroeste de Me-

dellín, puede pertenecer al Terciario inferior. Pero E. Grosse (21, p. 105), quien ha estudiado con detenimiento la misma región, coloca estos carbones entre el Terciario medio e inferior. Lo mismo se piensa de los carbones del Departamento de Caldas, parte de cuyos mantos se encuentra en la Cordillera Occidental. Stutzer (56, p. 145) le asigna edad oligocena al carbón que se encuentra entre Suárez al norte de Popayán (Mapa I) y Cali. También se le ha asignado una edad cretácea al carbón antracítico de Riosucio que G. Llano García (31) describe del Departamento de Caldas, alrededor de 42 kilómetros N25W de Manizales (Mapa I).

ESTUDIO DETALLADO DE CADA CARBON

Decididamente los más importantes de la Cordillera Oriental son los que se encuentran en el Departamento de Cundinamarca, pero su distribución tal cual se muestra en el Mapa II no concuerda con la dada en el Mapa I porque en el Mapa II sólo se han dibujado los que se encuentran en la altiplanicie de Bogotá. Sin embargo, los mantos de carbón de Paipa, a unos 72 kilómetros al noroeste de Tunja, y los que se encuentran en el Cerrejón, al sur de Riohacha en el Departamento del Magdalena, deben tenerse en cuenta al considerar el aspecto económico del carbón. No obstante este trabajo sólo se refiere al estudio de algunos carbones de Cundinamarca, como se anotó en la Introducción.

ELEMENTOS COMPONENTES DEL CARBON

Hasta la fecha ha habido mucha confusión respecto a la nomenclatura de los constituyentes del carbón, pero ello ha sido resuelto considerablemente por el Comité Internacional de Heerlen en 1935, cuyos resultados se resumen en el cuadro 2, tomado de Rastrick y Marshall (39, p. 271; últimamente G. H. Cady (3, pp. 340-341) ha discutido este mismo tema. Sin embargo, en este trabajo usaremos los términos ingleses reservando el de "translucent attitus" de la terminología americana para incluir todos los componentes de clarita a excepción de la micrinita (materia opaca) y de la fusinita.

Los números que indican el porcentaje de los elementos microscópicos constituyentes de una sección delgada de carbón, se han obtenido determinando el porcentaje de (1) la vitrinita, (2) la fusinita, y (3) el total de material no transparente (opaco). De estos porcentajes se calculó el de la micrinita así: (3)-(2), y el del atrito traslúcido así: 110 - (1) - (3).

Al describir los subtipos de carbón se ha empleado la subdivisión del U. S. Bureau of Mines mostrada en el Cuadro 3, que es una modificación del de Thiessen y Sprunk. Hemos usado el término *attritus* para incluir todos los constituyentes del carbón, excepto la vitrinita y la fusinita.

La localización aproximada del carbón eoceno en el Departamento de Cundinamarca, está mostrada por líneas diagonales.

Nomenclatura de la petrología del carbón

Características microscópicas del carbón	NOMENCLATURA INGLESA		NOMENCLATURA ALEMANA		NOMENCLATURA DE ESTADOS UNIDOS	
	Tipo de Roca	Elementos	Tipo de bandas	Elemento de las bandas	Tipos de carbón	Elementos
Bandas negras de brillo uniforme.	VITRAIN	Vitrinite: transparente en sección delgada; estructura celular, bien o mal conservada: (a) Collinite—sin estructura; (b) Tellinite—con estructura conservada; (I) Xyllinite—derivado de madera; (II) Periblnite—derivado de tejido de corteza; (III) Suberinite—derivado de tejido de corcho.	VITRIT	Vitrinit		Anthraxylon. Término usado para incluir las bandas brillantes uniformes (o sus contrapartes) en carbones de todas las edades.
Semeja capas de carbón vegetal que tizna fácilmente los dedos.	FUSAIN	Fusinite: muestra estructura celular bien conservada. Paredes celulares opacas; cavidades celulares vacías o rellenas de materia mineral.	FUSIT	Fusinit		Fusain.
Carbón brillante: claramente hojoso; compuesto de innumerables fragmentos brillantes y bandas con algo de material más oscuro.	CLARAIN	Contiene: Vitrinite: Resinite—masas de resina; Exinite—que abraza: (I) Cutinite — derivada de cutículas; (II) Sporinite—derivada de esporas; Junto con algo de: Micrinite—material opaco granulado. Fusinite—como anteriormente.	CLARIT		Carbón brillante.	Contiene: Anthraxylon, Spores, Cuticles, Resins, etc. Junto con: Restos de plantas opacas y semi-transparentes. Fusain.
		Traslúcido, amarillo a naranja en sección delgada				Atrito translúcido
				Micrinit		
				Fusinit		
					CARBON SEMI-ASTILLOSO	Intermedio en propiedades y constitución entre el carbón brillante y el carbón astilloso.
Carbón opaco: en la muestra opaco y sin reflexión; estratificación pobre o ausente.	DURAIN	Contiene: Fusinite; Micrinite; Resinite; Exinite; (I) Cutinite, (II) Sporinite; y muy poco de Vitrinite.	DURIT		CARBON ASTILLOSO	Generalmente opaco y restos semi-transparentes con esporas, cutículas, resinas y un poco de Anthraxylon.

* Los términos de las nomenclaturas anotadas no se han españolizado por dejarlos en sus lenguas primitivas tal como fueron propuestos.

Subtipos	Relación de "vitrain" a "attritus"
Rico en "vitrain"	Mayor de 3:1
Rico en "vitrain-attritus"	3:1 a 1:1
Rico en "attritus-vitrain"	1:1 a 3:1
Rico en "attritus"	Menor de 1:3

Vitrinita: Las bandas de vitrinita vistas con luz transmitida varían de color desde el rojo pardo y amarillo claro, hasta el anaranjado, lo cual depende del espesor de la sección. Posee propiedades anisótropas y algunas veces presenta extinción paralela. En luz reflejada son blancas brillantes y presentan un relieve más fuerte que el de los otros constituyentes, como también muestra contornos muy definidos (sharp).

La *cutinita* es un material céreo y se presenta como residuo de hojas, mostrando algunas veces unas aristas en forma de sierra que son paralelas

[illegible]

a la estratificación. Su color es amarillo áureo y tiene extinción ondulante.

La *esporonita* consiste en fragmentos de megasporas y microsporas que yacen paralelos a los planos de estratificación; también se incluyen en este término los "cuerpos amarillos" (Véase el párrafo siguiente). Todas las esporonitas son muy semejantes, mostrando con luz transmitida un color amarillo áureo y extinción ondulante y con luz reflejada un gris claro y un relieve más alto que el de los constituyentes que las rodean.

Los *cuerpos amarillos* vistos con luz transmitida semejan fragmentos de microsporas-exinas, son muy pequeños y en forma de arcos o de esferas, se presentan como cuerpos aislados en las bandas de "vitrain" y de "durain" o como agregados formando capas o lentes (Fig. 8 de la lám. II) en las bandas de atrito (attritus). La dificultad para determinar si estos cuerpos amarillos son microsporas-exinas o polen nos ha inclinado a usar este término.

La *micrinita* es la masa granular opaca característica; frecuentemente se presenta agregada en masas o hebras; cuando la sección es muy delgada su color es castaño oscuro; observada con objetivo de mediano aumento se presenta como una masa negra.

La *esclerocia* es de forma circular u oval dando la impresión de ser una flor diminuta comprimida. Vista con luz reflejada es de color blanco brillante y con luz transmitida, opaca a castaño; se presenta en bandas de "vitrain" como también en bandas de atrito (attritus bands).

* * *

MINA RODAMONTAL

Geología. — La mina Rodamontal está ubicada en el Municipio de Cogua, a unos 3 kilómetros en dirección S70W de Cogua (Mapa II). En la mina se trabajan seis mantos de carbón correspondientes a la formación *Guaduas*, con una dirección media de N30W, inclinados al oeste. El espesor de estos mantos de arriba a abajo es como sigue: manto Piedra 1.00 m.; La Canal 1.50 m.; Laureles 1.20 m.; Veta Grande 2.50 m. y Melcochuda 2.00 m. De esta mina se enviaron muestras del manto Veta Grande y una muestra promedio de los mantos Canal y Laureles.

CUADRO 4.

Pérdida de humedad: 0.4	Muestra seca al aire	Muestra como se recibe	Muestra sin humedad	Muestra sin humedad ni ceniza
Humedad	1.2	1.6		
M. V.	38.3	38.1	38.7	42.4
C. F.	52.0	51.8	52.7	57.6
Ceniza	8.5	8.5	8.6	
B. T. U.	13.400	13.390	13.600	14.890
Temperatura inicial de deformación	.....	.....	2280°F	1238.8°C
Temperatura de ablandamiento	.....	.....	2370	1288.8
Temperatura de fluidez	.....	.....	2570	1410.0

M. V. = Materia volátil; C. F. = Carbono fino; B. T. U. = Unidades térmicas británicas.

En el Cuadro 4 se dan los promedios del análisis aproximado de las tres muestras según el informe del U. S. Bureau of Mines.

De acuerdo con el análisis químico este carbón puede clasificarse como un carbón bituminoso de alta volatilidad del tipo A, lo cual viene a confirmar las ideas del Dr. R. Reichenbach.

Estudio macroscópico. — El carbón del manto Veta Grande muestra estructura en bandas, quiebra casi siempre en bloques paralelipípicos y muestra fragmentos de plantas en los planos de estratificación; tiene una dureza aproximada de 2.8 y un peso específico de 1.32; consiste en bandas de *vitrain* y de *durain* y lentes de *fusain*; las bandas de *vitrain* son en su mayor parte delgadas, varían en espesor desde 3 mm. hasta 5 mm. y forman un 23.8 por ciento del carbón; las bandas de *durain* varían en espesor desde 2 mm. hasta 10 mm. y constituyen el 67 por ciento, en tanto que el *fusain* sólo se encuentra en la proporción de un 9.5 por ciento. Las bandas opacas de *durain* comprenden material vitrinizado muy delgado e infinidad de restos de plantas, como también pequeños lentes de *fusain*.

El carbón de los mantos Canal y Laureles parece como si hubiese estado sometido a fuerte presión, puesto que todos los fragmentos muestran un leve desarrollo de estructura *cone-in-cone*. Estos carbones son menos coherentes que los de Veta Grande, tienen una dureza de 3.0 y un peso específico de 1.34; también en ellos es menos pronunciada la estructura en bandas. Prácticamente todos los fragmentos muestran una fractura que semeja los peldaños de una escalera. Cuando la fractura se presenta como la descrita, su color es siempre negro brillante, y parte de la superficie de fractura muestra una película delgada iridiscente. Este carbón también presenta fragmentos de plantas. Las bandas de *vitrain* varían desde menos de 1 mm. hasta 3 mm. La mayor parte de este carbón lo constituyen las bandas de *durain* que alcanzan hasta 15 mm. de espesor.

Estudio microscópico. — Del estudio microscópico de secciones delgadas y superficies pulidas de estos carbones se ha encontrado que el *vitrain* constituye el 22.5 por ciento, el *fusain* el 2.7 por ciento, la *micrinita* el 6.3 por ciento y el atrito traslúcido un 68.2 por ciento. De estos resultados se deduce que el carbón corresponde al tipo de carbón brillante y al subtipo de *attritus-vitrain*.

Vitrain. — La mayor parte de las estructuras que se pueden identificar en el *vitrain* es la de las coníferas o gimnospermas. Las fibras delgadas parecen ser hojas vitrinizadas (figuras 1, 2 y 3 de la lámina I). El considerable número de microhebras se ha derivado evidentemente de esporofitos, de hojas y de pecíolos. Las bandas de *vitrain* muestran fracturas de contracción (fig. 2 de la lám. I) y son de color rojo oscuro. Hay infinidad de inclusiones de cuerpos amarillos (microsporas?), unas alargadas y otras dispuestas en forma de capas como se muestra en la figura 8 de la lámina II.

Resinita. — La resinita es muy visible en muchas de las fibras de *vitrain*. La mayor parte son de forma oval o circular, llegando a tener hasta 0.05 mm. de diámetro; también se presenta en fajas de formas irregulares y en lentes (figuras 5 y 6 de la lámina I, y figuras 8 y 9 de la lámina II). Observadas con luz transmitida presentan un color rojo claro y revelan caracteres anisótropos.

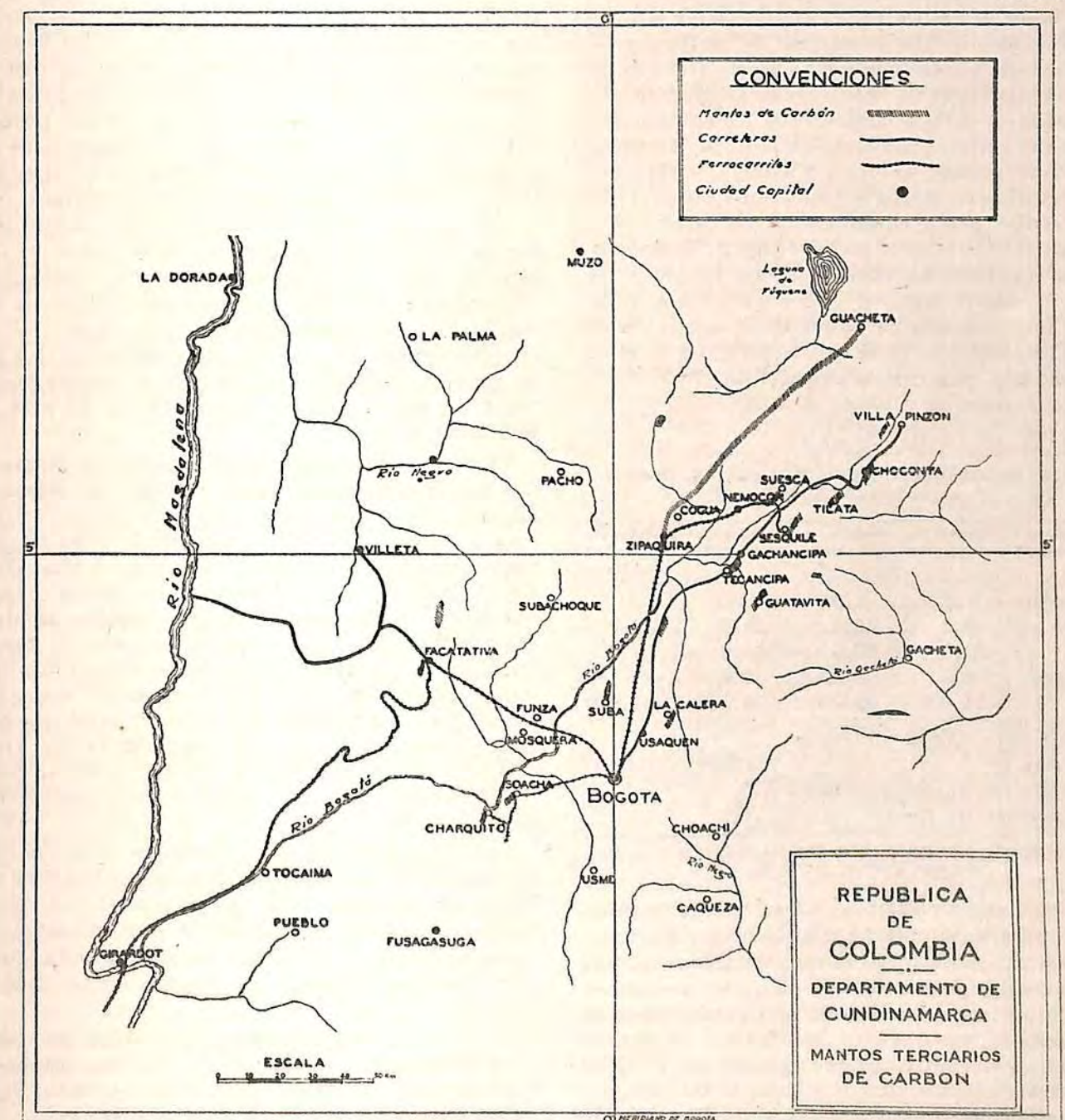
La *cutinita* es muy abundante en algunas de las secciones; tiene menos de 0.01 mm. de espesor. En sección delgada se presenta como se ve en la figura 12 de la lám. II.

La *esporonita* consiste en fragmentos de megasporas y de microsporas paralelos a los planos de estratificación (figuras 9, 10, 11 y 12 de la lám. II, y figuras 6 de la lám. I y 7 y 8 de la lám. II).

El *fusain* se presenta en forma de lentes alargados alcanzando en su longitud mayor 1.5 mm. y variando en su longitud más corta entre 0.007 y 0.014 mm.; muestra siempre su característica estructura celular quebrada; es fácilmente identificable en secciones delgadas y en superficies pulidas como puede verse en la fig. 4 de la lám. I. El contacto entre el *vitrain* y el *fusain* en la figura anterior es gradual. Este material de transición se ha llamado *semifusain*.

La piritita se encuentra finamente diseminada y en forma de lentes; generalmente aparece en las bandas de *vitrain* y rellenando fracturas; con luz reflejada se muestra de un color de bronce amarillento, pero en luz transmitida es opaca. Los lentes consisten en general en granos sueltos agrupados.

MAPA II



MINA EL DESAGUE

Geología. — El manto de carbón de la mina El Desagüe, se encuentra también en la formación *Guaduas*, ubicado en el Municipio de Tocancipá a unos 7 kilómetros al este de la población de Zipaquirá (Mapa II). La mina tiene siete mantos explotables pero se trabajan solamente cinco de ellos; la dirección general es N20E e inclinación de 45° al oeste.

Una muestra, mezcla de los mantos La Chiquita y La Gruesa, se tomó de esta mina para un estudio al microscopio; estos mantos tienen 1.0 m. y 1.20 m de espesor respectivamente. El carbón de los Municipios de Tocancipá-Sesquilé-Gachancipá que describe R. Reichenbach (40, p. 369) en su trabajo, lo considera vitrítico (*vitrain-rich?*), en parte desorganizado y con algo de fusita. Da el análisis químico del carbón para toda la región y según estos datos se deduce que el carbón puede ser clasificado como carbón bituminoso de mediana volatilidad. Se puede considerar que el carbón de la mina El Desagüe es algo similar al descrito por Reichenbach, pero de acuerdo con los análisis químicos del carbón procedente de la mina Rodamontal (Veta grande, Laureles y Canal), hechos por el U. S. Bureau of Mines (Cuadro 5) tenemos que este carbón puede clasificarse como carbón bituminoso de alta volatilidad del tipo A. Comparando los resultados de Reichenbach con los obtenidos en el Bureau of Mines se ve que los últimos muestran una reducción de 0.64% en el contenido de humedad; 4.46% en el de cenizas y 11.55% en el de carbono fijo, pero con un aumento de 420 B. T. U. y otro de materias volátiles, de 4.35%.

CUADRO 5.

Análisis aproximado de carbón de la mina El Desagüe (Hacienda Verganzo)

Pérdida de humedad: 0.3	Muestra seca al aire	Muestra como se recibe	Muestra sin humedad	Muestra sin ceniza
Humedad	1.3	1.9		
M. V.	40.2	40.0	40.7	43.0
C. F.	53.1	52.8	53.9	57.0
Cenizas	5.4	5.3	5.3	
B. T. U.	14.000	13.920	14.180	14.990
Temperatura inicial de deformación	.....	.....	2910°F	1598°C
Temperatura de ablandamiento	.....	.....	.....	.....
Temperatura de fluidez	.....	.....	.....	.....

M. V. = Materias volátiles; C. F. = Carbono fijo; B. T. U. = Unidades térmicas británicas.

Estudio macroscópico. — El carbón de la mina El Desagüe tiene estructura en bandas, y se caracteriza por la presencia de la estructura cone-in-cone, lustre craso y por abundancia de pirita; se quiebra en bloques irregulares o en forma de cuña dando la impresión de haber sufrido los efectos de esfuerzos cortantes como los carbones del norte de Francia. Planos de deslizamiento que reflejan la luz como un espejo se presentan en los fragmentos. Las bandas

de *vitrain* están muy desarrolladas, pero algo irregulares y en forma de lentejas, variando de espesor entre 2 mm. y menos de 1 mm. y en alternancia con las bandas de *durain*. Las bandas de *vitrain* constituyen un 53% de carbón. Fragmentos de plantas con estructura celular se muestran en los planos de exfoliación.

Las bandas de *durain* alcanzan espesores hasta de 10 mm. y forman el 44% de este carbón.

La *pirita* es bastante abundante, se presenta como películas en los planos de estratificación y en los de deslizamiento, irregularmente distribuidas y formando manchas de menos de 1 mm. de espesor y en masas circulares de más de 6 mm. de diámetro.

Estudio microscópico. — El estudio de las secciones pulidas como también el de las secciones delgadas hechas de este carbón, nos revela que éste se compone de un 14% de *vitrain*, 3.7% de *fusain*, 10.3% de *micrinita* y 72% de material traslúcido. Los resultados anteriores muestran que las bandas que en el estudio macroscópico parecían de *vitrain* contienen en cantidad apreciable otros componentes distintos de la vitrinita, por lo tanto no se pueden denominar como bandas de *vitrain*. Basándonos en el estudio microscópico este carbón es del tipo del carbón brillante y del subtipo *attritus-vitrain*.

Las bandas más importantes de este carbón son las de atrito; están compuestas principalmente por esporas, resinas y pequeños cuerpos amarillos, todo cementado por una materia opaca finamente dividida. Las macrosporas son de dos clases, las de paredes gruesas y generalmente ornamentadas y las de paredes delgadas que son las de mayor longitud y las más comunes (figuras 15, 16, 17 y 18 de la lámina III).

Vitrain. — Alguna de las bandas de *vitrain* muestra una estructura de madera muy bien conservada, mientras que en otras casi no se ve tal estructura o carecen de ella; el espesor de estas bandas varía entre 0.01 y 0.2 mm. (fig. 13, de la lám. III). Generalmente las bandas de *vitrain* están compuestas de fibras delgadas de partes pequeñas de plantas vitrinizadas, tales como hojas; son de forma irregular y presentan propiedades anisótropas. La banda más gruesa de *vitrain* alcanza 0.23 mm. y las más delgadas están tan cerca unas de otras que dan la impresión de ser una sola (fig. 14 de la lám. III). Las bandas más delgadas de *vitrain* varían en color desde el rojo al amarillo claro, lo cual depende del espesor de la sección.

La *resinita* se presenta como inclusión en las bandas de *vitrain* y como fajas irregulares en las capas de *attritus*. Las inclusiones tienen forma oval y son paralelas al plano de estratificación, teniendo 0.08 mm. de longitud mayor y 0.04 de la menor. Las fajas varían de espesor entre 0.02 y 0.08 mm.

La *fusinita* forma lentejas que tienen un ancho de 0.08 mm. y un largo total que alcanza hasta 1.5 mm.; las hay también de menor tamaño (figura 14 de la lámina III).

La *pirita* existe en pequeñas cantidades, finamente dividida y en forma de lentejas dispersas, lo cual sugiere un bajo contenido en azufre; no obstante, a simple vista parece que este carbón tiene un alto porcentaje de azufre.

MINA DE SAN VICENTE

Introducción. — La mina de San Vicente está ubicada en el Municipio de Sesquilé, a unos 104 kilómetros al noroeste de Bogotá y próxima a la población de Sesquilé (Mapa II). La mina tiene tres mantos explotables en estructura anticlinal cuyos flancos inclinan entre 4° y 14°. El manto de la Virginia tiene un espesor que varía de 1.40 a 1.50 m. Otra de las vetas que tiene un espesor que varía entre 0.30 y 0.70 m., parece que es la mejor de las tres a juzgar por los cinco socavones en que se trabaja, conocidos por El Placer, Túnel Uruguay Chiquito, Túnel Cristancho, Túnel Alfonso Rodríguez y Túnel Luis Ballén. El otro manto es conocido con el nombre de Uruguay Grande, cuyo espesor varía entre 2 y 3 m. Todos estos mantos se encuentran en la formación *Guaduas*.

R. Reinchenbach (40, p. 369), quien también estudió este carbón, lo considera muy similar a los carbones de Tocancipá y Gachancipá, es decir, carbón vitrítico, algo desorganizado y con lentejas de *fusain*. El análisis químico que él da para este carbón es parecido al de El Desagüe, por lo tanto se puede clasificar como carbón sub-bituminoso de alta volatilidad de tipo B; pero de acuerdo con los resultados obtenidos por el U. S. Bureau of Mines que se muestra en el cuadro 6, este carbón se puede clasificar entre los carbones bituminosos de alta volatilidad del tipo A.

CUADRO 6.

Análisis aproximado de carbón de los túneles Uruguay Chiquito, Alfonso Rodríguez, Luis Ballén, Uruguay y Cristancho.

Pérdida de humedad:	Muestra seca al aire	Muestra como se recibe	Muestra sin humedad	Muestra sin ceniza
Humedad	3.5	4.0		
M. V.	39.8	39.6	41.3	43.6
C. F.	51.4	51.2	53.3	56.4
Cenizas	5.2	5.2	5.4	
B. T. U.	13.210	13.150	13.700	14.480
Temperatura inicial de deformación	.....	.....	2910°F	1598.8°C
Temperatura de ablandamiento	.....	.....	.....	.....
Temperatura de fluidez	.....	.....	.....	.....

M. V. = Materias volátiles; C. F. = Carbono fijo; B. T. U. = Unidades térmicas británicas.

Para el estudio microscópico se enviaron tres muestras de carbón del manto La Virginia, dos de cada uno de los túneles del segundo manto y una muestra del manto Uruguay Grande.

Estudio macroscópico. — En general el carbón de la mina San Vicente muestra estructura en bandas (fig. 19 de la lám. IV), la cual se compone de bandas de *vitrain* y de *durain*, con la presencia de

lentejas de *fusain*. Las bandas de *vitrain* varían de espesor desde menos de 0.5 mm. hasta 5 mm. y forman el 18.2% de las muestras. Las bandas de *durain* constituyen el 79.6% del carbón y son las más gruesas de las bandas, variando entre 2 mm. y 8 mm. Las lentejas de *fusain* casi siempre tienen 1 mm. de ancho y forman el 2.1% del total. El carbón se rompe en fragmentos rectangulares y muestra en partes fractura concoidea. Algunos trozos presentan un lustre muy similar al de la especularita. La fractura concoidea puede haber sido el resultado de explosiones de pólvora o dinamita (fig. 20 de la lámina IV). Cuando el carbón se quiebra a lo largo de los planos de estratificación, las bandas de *vitrain* muestran un poco de estructura de ojo (*eye-coal structure, augenkohle*). Este carbón tiene una dureza media de 2.9 y un peso específico de 1.23, es craso al tacto y la pirita no es rara. Cuando el carbón se rompe a lo largo de los planos de estratificación se columbran en la fractura fragmentos de plantas.

Estudio microscópico. — De las investigaciones microscópicas de las secciones pulidas y delgadas de este carbón se deduce la proporción siguiente de los varios constituyentes: *vitrain* 23.3%; *fusain* 3.2%; material opaco 14.3%; atrito traslúcido 59.1%. Basándonos en estos resultados podemos clasificar este carbón como del tipo brillante y subtipo *attritus-vitrain*. Lo hemos clasificado como carbón brillante porque el atrito (*attritus*) asociado con el *vitrain* se compone principalmente de material húmido traslúcido, y como del sub-tipo *attritus-vitrain* porque la relación del *vitrain* y del *attritus* es mayor de 1:3.

Las bandas de *vitrain* se presentan de un color entre anaranjado y rojo oscuro cuando se observan con luz transmitida, pero en luz reflejada se tornan de un color blanco brillante; son muy homogéneas y muestran fracturas normales a los planos de estratificación. Los contactos con los otros componentes son agudos. Como minerales accesorios se encuentran la fusinita, la resinita y algunas veces las esclerocias (fig. 21 de la lám. IV). Las bandas de *vitrain* varían de espesor entre 0.007 mm. y 0.85 mm. y muestran una estructura vegetal mal conservada, sin embargo, en algunos lugares, con la ayuda de un objetivo de gran aumento, se ven estructuras semejantes a las de los gimnospermas y como las de las coníferas (figuras 22, 23 y 24 de la lámina IV; y figura 25 de la lámina V). Un detalle que llama bastante la atención es que las bandas de *vitrain* muestran fracturas perpendiculares a los planos de estratificación y que estas fracturas están igualmente espaciadas unas de otras, aproximadamente de 0.2 mm. Hay también fracturas inclinadas con ángulos de 30°; éstas se unen a otras que siguen más o menos paralelas a los planos de estratificación que a su vez se enlazan con otras que son casi verticales y que atraviesan casi varias bandas, las cuales se pueden clasificar como estructura entrecruzada (*cleat structure*). Algunas de las fracturas muestran señales de oxidación, toda vez que las ro-

dea una aureola oscura, mientras otras no, lo cual sugiere que éstas pueden ser más recientes que aquéllas.

La *resinita* se presenta como inclusiones ovales en las bandas de *vitrain* y en las de atrito (*attritus*), también aparece como fibras irregulares (figuras 22 y 24 de la lámina IV); es rojiza oscura y se comporta como anisótropa y muestra baja birrefringencia; en luz reflejada la resinita presenta relieve más fuerte que la vitrinita.

La *esporinita* también se presenta en estos carbones como parte de plantas de color amarillo áureo, de tamaños y formas muy variados (figuras 26, 27 y 28 de la lámina V). Las macrosporas se presentan trituradas y orientadas de acuerdo con los planos de estratificación (figura 21 de la lámina IV y figura 32 de la lámina VI); con nicoles cruzados muestran extinción ondulada.

La *cutinita* aparece como restos de cutículas de hojas paralela a los planos de estratificación y forma figuras caprichosas tales como simulando dedos y olas (figuras 29 y 30 de la lámina V y 31 de la lámina VI).

La *micrinita* se presenta como material opaco finamente dividido, y como partículas semejando fragmentos de cabellos que pueden ser negros o marrón si se miran con luz transmitida y según el espesor de la sección.

El *fusain* se muestra en fragmentos irregulares y también como masas lenticulares de 2.2 mm. de longitud por 0.3 mm. de ancho. Se observa que la matriz que rodea al *fusain* está deformada, lo cual indica que el *fusain* se depositó como una masa rígida en un medio viscoso. Algunas de las lentejas muestran estructura celular, simulando los peldaños de una escalera, que recuerda la estructura de las sigilarias o de las gimnospermas (figuras 27 y 28 de la lámina V). Aquí también las macrosporas están trituradas y descansan paralelamente a los planos de estratificación (fig. 21 de la lámina IV). Con nicoles cruzados, la extinción es ondulada.

La piritita es otro de los constituyentes minerales de este carbón y se presenta en granos finos aislados o en manchas de forma lenticular; con la luz reflejada aparece amarilla bronceada pero en luz transmitida es opaca.

Los contactos entre el *vitrain* y el atrito son fuertes y los del *vitrain* y el *fusain* son unas veces fuertes y otras de paso gradual.

MINA LA ESPERANZA

Introducción. — La mina La Esperanza está situada en el Municipio de Chocontá, a unos 60 kilómetros al noreste de Bogotá y como a 10 kilómetros al suroeste de Chocontá (Mapa II). La mina tiene cinco mantos explotables con una dirección N30E y una inclinación de 17° al sureste. Cuatro de los mantos tienen un espesor medio de 0.8 m., mientras que el manto de San Benito alcanza a 1 m. También este carbón como los anteriormente citados, aparece en la formación *Guaduas*. De esta mina se recogieron dos muestras para los exámenes microscópi-

cos; una, mezcla de los mantos 1, 2, 3 y 4, y otra del manto San Benito. R. Reichenbach (40, p. 370) sostiene que el carbón de Tilatá (a unos 14 kilómetros al suroeste de Chocontá), en el Municipio de Chocontá, es un carbón vitrítico (*vitrain-rich?*) en parte durítico (*durain-rich?*) y contiene frecuentemente cantidades mayores de atrito y poco porcentaje de fusita y piritita. También observa que las teleutosporas y las esclerocias son abundantes y que el carbón contiene residuos de madera, especialmente pedazos de corteza con tejidos de corcho. El hecho de que el carbón de La Esperanza se parezca mucho en sus constituyentes microscópicos al carbón de Tilatá nos hace suponer que estos mantos sean continuos.

El cuadro 7 muestra el análisis químico del carbón de La Esperanza llevado a cabo en el U. S. Bureau of Mines.

CUADRO 7.

Análisis aproximado del carbón de la mina La Esperanza (Manto San Benito y Nros. 1, 2, 3 y 4)

Pérdida de humedad: 0.5	Muestra se- cada al aire	Muestra co- mo se recibe	Muestra sin humedad	Muestra sin humedad ni ceniza
Humedad	3.2	3.5		
M. V.	39.7	39.6	41.0	43.3
C. F.	52.0	51.8	53.8	56.7
Cenizas	5.1	5.1	5.2	
B. T. U.	13.430	13.380	13.860	14.630
Temperatura inicial de defor- mación 2910°F 1598.8°C				
Temperatura de ablandamiento				
Temperatura de fluidez				

M. V. = Materias volátiles; C. F. = Carbono fijo; B. T. U. = Unidades térmicas británicas.

De acuerdo con los resultados anteriores este carbón puede ser clasificado como un carbón bituminoso de alta volatilidad de tipo A.

Estudio macroscópico. — Este carbón de bandas de *vitrain* y de *durain*, tal como se muestra en la figura 33 de la lámina VI, nos revela que, las bandas más importantes son las de *durain* cuyo espesor varía entre 3 mm. y 12 mm. alternando con bandas irregulares, delgadas, de *vitrain* con menos de 0.5 mm. de espesor. A simple vista el carbón se compone de 83% de *durain*, de 13% de *vitrain* y un 2.1% de *fusain*. Las bandas varían de espesor desde menos de 0.5 mm. hasta 7 mm. El carbón se quiebra en pedazos irregulares y muestra restos de plantas en los planos de estratificación (figura 34 de la lámina VI). Las fracturas que se observan en las bandas de *vitrain* muestran un ligero desarrollo de estructura de ojo (*eye-coal-structure; augenkohle*) y algunas tienen un lustre especular. El carbón del manto de San Benito tiene poco más o menos las mismas características del carbón procedente de los mantos 1, 2, 3 y 4 con excepción de que en aquél la estructura de *cone-in-cone* no es notoria. En general el carbón tiene una dureza de 3.0 y un peso específico de 1.28, y la estructura de *cone-in-cone*

como también los planos de deslizamiento tienen su importancia.

Examen microscópico. — Las secciones delgadas y las superficies pulidas de este carbón demuestran que las bandas de *vitrain* están compuestas principalmente de partes pequeñas de plantas, tales como hojas y tiras de material *resinoso*; estas fajas vitrinizadas varían de espesor entre menos de 0.1 mm. y 0.2 mm. Se presentan fracturas lisas que cortan las bandas de vitrinita perpendicularmente a los planos de estratificación (figura 36 de la lámina VI). La vitrinita en luz transmitida se presenta de color anaranjado a rojo, pero en luz reflejada aparece blanca brillante. Como constituyentes accesorios se encuentran la resinita, la fusinita, la esclerocia y la cutinita. Los contactos con los otros componentes son fuertes. Aun cuando el signo óptico pudo ser determinado, la vitrinita se muestra como biáxica.

La forma de la resinita varía de circular a oval y el tamaño es entre 0.01 mm. y 0.05 mm. Los caracteres ópticos son los de un cuerpo anisótropo de extinción ondulada; en luz reflejada, presenta relieve más fuerte que el de la vitrinita (figuras 36 de la lámina VI y 37 y 38 de la lámina VII).

La esporinita se presenta como macrosporas y microsporas trituradas, descansando en los planos de estratificación; algunas veces las macrosporas ornamentadas (fig. 40 de la lám. VII) alcanzan una longitud de 0.77 mm. mostrando en la superficie alrededor de 10 protuberancias, a manera de espinas, espaciadas poco más o menos 0.1 mm. una de otra, estando algunas de ellas inclinadas en direcciones opuestas.

La cutinita es un material céreo, y se presenta como restos de hojas paralelas a los planos de estratificación; muestra color amarillo áureo cuando se mira con luz transmitida y bordes aserrados (figuras 35 y 36 de la lámina VI y 37 y 40 de la lámina VII).

La fusinita está en masas lenticulares y redondeadas en contacto agudo con las otras bandas, es opaca en luz transmitida y se reconoce muy fácilmente porque casi siempre muestra estructura de célula fracturada. Hay partículas desde tamaño microscópico hasta visible a simple vista. Las esclerocias se presentan embebidas en las capas de atrito (lámina VII, fig. 40) siendo de blanco-brillante cuando se ven en luz reflejada y rojo-oscuros cuando se examinan en luz transmitida; son circulares y tienen diámetro de 0.06 mm. con perforaciones concéntricas, simulando una flor comprimida reducida a un tamaño microscópico.

La piritita, como en los otros carbones, se presenta finamente diseminada en las dos formas y en la de lentes. Se reconoce fácilmente por su opacidad en luz transmitida y su color amarillo de bronce en luz reflejada. Constituye el 1% del carbón. En algunas partes, como en el caso de la figura 14 de la lámina III, parece ser el resultado de un proceso de reemplazamiento, toda vez que se conservan restos de estructura celular.

Otra cosa de importancia en este carbón es la presencia de fragmentos de plantas, tales como helechos que se muestran en la fig. 42 de la lám. VII.

MINA LA COGONTA

Introducción. — La mina de carbón La Cogontá está ubicada en el Municipio de Suesca, a unos 122 kilómetros al noreste de Bogotá. Se trabajan ocho mantos distribuidos irregularmente en la formación *Guaduas*, los espesores de estos mantos varían entre 0.7 y 0.2 m. con una dirección general N20E e inclinación entre 25° a 60° al este. Se enviaron dos muestras, mezcla de todos los mantos, para los exámenes microscópicos.

Es importante anotar que R. Reichenbach (40, p. 370) afirma que el carbón de Suesca es principalmente vitrítico (*vitrain-rich?*) aun cuando algunas muestras demostraron ser duríticas, y que la esclerocia y los teleutosporas se presentan en gran abundancia y en varias formas. No menciona el sitio de la mina de donde se tomaron las muestras ni tampoco el análisis químico de este carbón. Sin embargo, R. Scheibe (46, p. 63) al compilar los resultados de carbones de la altiplanicie de Bogotá y de sus alrededores, cita los análisis mostrados en el cuadro 9 de los carbones de Suesca, uno colectado al este y otro al oeste de Suesca, cuyos resultados son diferentes a los hallados por el U. S. Bureau of Mines dados en el cuadro 9.

CUADRO 8.

Análisis de carbones del este y oeste de Suesca.

Localidad	Humedad	Ceniza	C. F.	M. V.	V. C.	B. T. U.
Oeste de Suesca	1.00	3.00	60.00	36.00	6100	10980
Este de Suesca	1.00	4.00	63.00	32.00	6000	10800

C. F. = Carbono fijo; M. V. = Materias volátiles; V. C. = Valor calorífico; B. T. U. = Unidades térmicas británicas.

Los datos del cuadro indican que el carbón de Cogontá puede clasificarse como carbón bituminoso de alta volatilidad del tipo A.

CUADRO 9.

Análisis aproximado del carbón de la mina de Cogontá, Suesca

Pérdida de humedad: 0.4	Muestra se- cada al aire	Muestra co- mo se recibe	Muestra sin humedad	Muestra sin humedad ni ceniza
Humedad	2.5	2.8		
M. V.	38.2	38.1	39.2	41.0
C. F.	54.9	54.7	56.3	59.0
Cenizas	4.9	4.4	4.5	
B. T. U. . .	13.750	13.700	14.100	14.560

Temperatura inicial de defor- mación 2750°F 1510°C				
Temperatura de ablandamiento 2810 1543				
Temperatura de fluidez 2910 1598.8				

M. V. = Materias volátiles; C. F. = Carbono fijo; B. T. U. = Unidades térmicas británicas.

Estudio macroscópico. — Algunos de los fragmentos de carbón de la mina Cogontá muestran es-

estructura en bandas, bien definida, mientras que otros carecen de ella, posiblemente debido a la acción de presiones locales. El carbón se quiebra con fractura concooidal y algunas de las fracturas que se presentan en las bandas de *vitrain* muestran un ligero desarrollo de estructura de ojo (*eye-coal structure*; *augenkohle*) como también de cone-in-cone (lám. VIII, fig. 45). Cuando el carbón es especialmente de estructura en bandas, se quiebra en bloques rectangulares que varían de tamaño entre $4 \times 3 \times 2$ cm. y $10 \times 8 \times 2$ cm.

Generalmente este carbón se compone aproximadamente de 25% de *vitrain*, 70% de *clarain*, más 5% entre *pirita* y *fusain*; sin embargo, hay fragmentos que alcanzan hasta un 95% de *vitrain* y 5% de resinita. El espesor de las bandas de *vitrain* varía desde menos de 0.5 mm. hasta 2 mm., pero muchas veces alcanza hasta 19 mm. En algunos fragmentos los constituyentes más importantes son *durain* y *clarain*, cuyos espesores varían entre 12 mm. y menos de 2 mm. Las bandas de *durain* son opacas y forman el 54.4% de este carbón, mientras que las bandas con brillo de seda de *clarain* sólo constituyen un 45.5%, alcanzando espesores hasta de 14 mm.

Estudio microscópico. — El examen de dos superficies pulidas y tres secciones delgadas de carbón de la mina Cogontá revela que las bandas de *vitrain* forman el 21.3% y que el *durain* no se presenta, que el atrito traslúcido constituye el 73.9%, que la micritina el 3.5% y el *fusain* sólo un 1.3%, de lo cual resulta que este carbón es de tipo brillante y del subtipo atrito.

Las bandas de atrito son de los constituyentes más importantes de este carbón; la figura 44 de la lámina VIII es una representación exacta de ellas. Estas bandas incluyen resinita, exinita, una considerable cantidad de partes pequeñas de plantas, esclerocia y material sin estructura finamente dividido.

La *vitritina* es el componente que sigue inmediatamente en importancia; se presenta en bandas irregulares que tienen un espesor medio de 0.2 mm. Estas bandas parecen haber sido derivadas de coníferas (lámina X, figura 55), reteniendo su estructura original de madera con considerables detalles; en algunas partes estas estructuras recuerdan mucho la del roble moderno (lámina IX, figuras 49 y 50). Generalmente estas bandas están fracturadas perpendicularmente a los planos de estratificación, pero las hay también paralelas a ellos; algunas veces estas fracturas cruzan varias bandas que semejan la estructura entrecruzada (*cleat structure*) y los contactos con los otros constituyentes son fuertes.

Resinita. — Cuando se presenta en forma irregular con *vitritina* sus contactos son muy marcados (lámina IX, figura 49). En la luz reflejada aparece con un lustre muy semejante al de las perlas.

La *cutinita* es otro componente importante de las bandas de atrito traslúcido; su color es amarillo áureo y muestra casi siempre un lado aserrado; un

detalle muy importante en este material céreo es que su espesor nunca alcanza 0.01 mm., lo cual contrasta con aquellas plantas de regiones áridas que se distinguen porque generalmente tienen una epidermis gruesa y fuertemente cutinizada.

La *esporinita* se presenta como macrosporas y microsporas trituradas descansando paralelamente a los planos de estratificación, varían de color entre amarillo áureo a rojo anaranjado; de acuerdo con el espesor siempre tienen caracteres de extinción ondulada. Estos fragmentos de macrosporas están muy bien representados en las figuras 44 y 45 de la lámina VIII.

Fusain. Cuando está muy bien conservada, la fusinita se presenta en secciones delgadas de masas lenticulares o irregulares de materia celular con paredes opacas y cavidades vacías. Las lentejas varían de espesor entre 1.2 y 0.4 mm. Las bandas que encierran las lentejas de fusinita presentan generalmente la particularidad de estar comprimidas, lo cual sugiere que los fragmentos o lentejas de *fusain* se depositaron en estado rígido o en un medio viscoso o plástico. Las esclerocias se encuentran aisladas o en pares, de formas circular o elíptica y de 0.08 mm. por 0.04 mm. de tamaño. Cuando se presentan a pares es cada una de 0.04 mm. por 0.03 mm. estando siempre la dimensión mayor orientada paralelamente a los planos de estratificación. Las esclerocias se presentan en ambas bandas, en las de atrito y en las de *vitrain*, y siempre muestran perforaciones concéntricas (figuras 46, 47 y 48 de la lámina VIII).

Pirita. En el microscopio este carbón parece ser piritoso; se presenta este mineral finamente diseminado y en masas lenticulares formadas de granos separados y agrupados. En algunas partes hay estructuras deformadas en las que descansan los granos, sugiriendo que la pirita fue depositada anteriormente a la consolidación del carbón.

También la oxidación ha tenido su intervención en este carbón lo cual se evidencia por una faja oscura, no importa cuál sea el espesor de la sección, que casi siempre corre paralela a las fracturas. No hay ninguna prueba de que la oxidación haya tenido lugar en la mina, durante el transporte o el almacenamiento del carbón.

MINA CINCHA

Introducción. — La mina denominada Cincha está ubicada en el Municipio de Soacha, a unos 32 kilómetros al oeste de Bogotá. El manto que se trabaja está en la formación de *Guaduas* y tiene un espesor aproximado de 0.7 m. inclinado 20° hacia el norte y con una dirección N60W.

Los geólogos han deducido que el carbón de Soacha es todo igual. R. Reichenbach (40, p. 374) afirma que el carbón de las minas El Charquito y Tequendama, localizadas en este Municipio, es un carbón durítico y contiene bandas delgadas de *vitrain* y una pequeña cantidad de *fusain*. Produce un coque muy duro y que aglutina bien, pero no se hincha.

El cuadro 10 muestra el análisis químico del carbón de la mina Cincha elaborado por el U. S. Bureau of Mines; según estos datos, puede clasificarse como un carbón bituminoso de alta volatibilidad de tipo A.

CUADRO 10.

Análisis aproximado del carbón de la mina Cincha, Soacha

Pérdida de humedad: 0.3	Muestra seca al aire	Muestra como se recibe	Muestra sin humedad	Muestra sin humedad ni ceniza
Humedad	2.5	2.8		
M. V.	38.2	38.1	39.2	41.0
C. F.	54.9	54.7	56.3	59.0
Cenizas	4.4	4.4	4.5	
B. T. U.	13.750	13.700	14.100	14.760
Temperatura inicial de deformación	....	....	2750°F	1510°C
Temperatura de ablandamiento			2810	1543
Temperatura de fluidez	.....		2910	1598.8

M. V. = Materias volátiles; C. F. = Carbono fijo; B. T. U. = Unidades térmicas británicas.

Estudio macroscópico. — El manto de carbón de la mina Cincha es de estructura en bandas que se componen principalmente de *clarain* y de una pequeña cantidad de *vitrain*. Las bandas de *clarain* son de un espesor irregular y en lentejas de material vitrinizado, casi siempre con menos de 1 mm. de espesor, pero en algunos sitios las hay hasta de 3 mm. El carbón se quiebra en fragmentos paralelipédicos con un lustre vítreo; estos fragmentos varían de tamaño entre $7 \times 5 \times 4$ cm. a $4 \times 3 \times 2$ cm. y los hay de dimensión mayor; se presenta una leve estructura de *cone-in-cone*. De acuerdo con el examen macroscópico este carbón se compone de 29.4% de *vitrain*, 69.4% de *clarain* y de 1.1% de *fusain*. Los restos de plantas que aparecen en los planos de estratificación tienen una estructura tan fina que es imposible determinar la clase de planta a que pertenecen. Parece que la pirita no se presenta en este carbón pues no se observó este mineral en parte alguna. El carbón produce una raya de color gris parda, tiene un peso específico de 1.3 y una dureza de 3.0.

Estudio microscópico. — El examen microscópico de superficies pulidas y de secciones delgadas preparadas con este carbón, muestra que su composición aproximada tiene un 66.2% de atrito (calculado por diferencia); *vitrain* 24.5%; micritina en la proporción de 4.2% y *fusain* 5.1%. De acuerdo con la relación de *vitrain* a atrito (1:3) este carbón se puede considerar como un carbón de tipo brillante y del subtipo atrito. Las bandas de atrito contienen esporonita, resinita, cutinita, esclerocia, fusinita y materia sin estructura finamente dividida.

La *vitritina* se presenta en bandas irregulares de espesores variables de 0.01 a 0.07 mm., es roja-parda a anaranjada y algunas veces muestra estructura de madera (lámina X, figura 55) muy semejante a la que presenta el carbón de la mina Cogontá

(lámina IX, figura 49); estas bandas tienen extinción paralela y al parecer son biáxicas, pero el signo no pudo determinarse. Los contactos con los otros constituyentes son agudos. Se presentan zonas de oxidación a lo largo de las fracturas que son: unas, perpendiculares a los planos de estratificación y otras inclinadas. En algunos sitios la vitritina muestra una estructura celular comprimida asociada con fibras de material oscuro parecido a trozos de cabellos.

La resinita aparece en forma de glóbulos ovalados, en lentejas o en fajas irregulares. La resinita está en forma de óvalos, que tienen hasta 0.4 mm. de largo por 0.2 mm. de ancho (lám. IX, fig. 53).

La cutinita se presenta en forma de restos de hojas paralelas a los planos de estratificación, mostrando alguna de ellas un borde aserrado; tienen menos de 0.01 mm. de espesor, es amarillo-áurea y posee extinción ondulada.

La esporonita consiste en fragmentos de macrosporas (lámina IX, figuras 51 y 54) y de microsporas alargadas, orientadas paralelamente a los planos de estratificación.

La fusinita se presenta en masas circulares, lenticulares e irregulares, variando su longitud entre 2.2 mm. a 0.1 mm. y su espesor de 0.3 mm. a 0.01 mm. Cuando se presenta en forma de masas irregulares (lámina IX, figura 52) las capas que la rodean tienen la apariencia de haber sido deformadas. Siempre muestra su característica de estructura celular fracturada. En luz reflejada es blanca brillante y en parte muestra un contacto gradual de *semi-fusain* con *vitrain* (lám. IX, fig. 53). También se presenta en forma de varillas de 1.1 mm. de longitud y 0.05 mm. de espesor, dando la impresión de que ha sido parte de una planta (lámina IX, figura 54). Las esclerocias se presentan en las bandas de atrito con forma circular de 0.04 mm. de diámetro y mostrando once perforaciones equidistantes de una perforación central; su relieve es mayor que el de los otros componentes que la rodean.

La *pirita* aparece finamente diseminada en granos, en forma de lentejas (lám. IX, fig. 54) y en algunas partes como reemplazando lentejas de *fusain*; algunas veces estas partículas de pirita finamente diseminadas que tienen entre 0.01 mm. a 0.04 mm. de diámetro, se encuentran concentradas en ciertas capas.

MINA DE CANOAS

La mina de Canoas está situada en el Municipio de Soacha, aproximadamente a 43 kilómetros al suroeste de Bogotá. De esta mina se trabaja un manto que tiene un espesor de 0.75 m. que pertenece a la formación *Guaduas*.

Estudio macroscópico. — El carbón presenta una semejanza con el de la mina de Cincha. Es clarítico (*clarain-rich*?) y contiene bandas pequeñas de *vitrain*. Las bandas de *clarain* varían de espesor entre 5 y 15 mm. y las de *vitrain* llegan a tener hasta 2 mm. El *vitrain* se presenta también en fran-

jas irregulares muy delgadas intercaladas en las bandas de *clarain*. Consta de un 83.6% de *clarain*, un 13.4% de *vitrain* y un 3.0% de *fusain*. Se observa un leve desarrollo de la estructura *cone-in-cone* y se quiebra en fragmentos paralelepípedicos de $5 \times 5 \times 3$ cm. y en pedazos menores de $2 \times 2.5 \times 4$ centímetros y aun más pequeños. Algunos de los fragmentos tienen forma tabular de contornos rómicos. Cuando se quiebra a lo largo de los planos de estratificación, se presentan fragmentos de madera, pero la clase, el género y la especie de la planta no se pudo determinar porque la ornamentación de los fragmentos es muy confusa. El carbón tiene un peso específico de 1.26 y una dureza media de 3.0. En este carbón la piritita se presenta como incrustaciones en los planos de deslizamiento.

Hasta la fecha no hay un análisis químico de este carbón que pueda utilizarse para determinar su clasificación, pero si tomamos el análisis del carbón del Charquito-Tequendama dado en el cuadro 11, sacado de R. Reichenbach (40, p. 362), este carbón se puede clasificar como un carbón bituminoso de alta volatilidad de tipo B.

CUADRO 11.

Análisis de carbón de la región del Charquito, Tequendama

Muestra	Humedad	Ceniza	S	C. F.	M. V.	V. C.	B. T. U.
Cha-4	2.11	5.31	0.23	63.59	36.41	7680	13.224

S = Azufre; C. F. = Carbono fijo; M. V. = Materias volátiles; V. C. = Valor calorífico; B. T. U. = Unidades térmicas británicas.

Estudio microscópico. — El examen de superficies pulidas y secciones delgadas que se presentaron de este carbón demuestra que consiste en un 13.4% de *vitrain*, 70.4% de *clarain* (atrído-traslúcido), micrinita 8.2% y 7.9% de *fusain*. La diferencia que se observa entre los resultados obtenidos con el examen microscópico y con el estudio microscópico se deben principalmente a la enorme diversidad que existe en las propiedades de cada fragmento. Si tomamos como base para la clasificación de este carbón los resultados del examen microscópico llegamos a la conclusión de que se puede catalogar entre los de tipo brillante del subtipo rico en atrído.

Atrído. En la figura 56 de la lámina X y figura 57 de la lámina X se muestra el atrído traslúcido, que consiste en fibras de material vitrinizado, en parte con menos de 0.01 mm. de espesor, también de cutículas, macrosporas, y microsporas, como también de materia resinosa, que tienen como cemento un material opaco finamente dividido.

La *vitritinita* se presenta en bandas regulares e irregulares de espesores que varían entre 0.2 mm. y 0.01 mm. Muestra tres clases de fracturas: paralela, vertical e inclinada a los planos de estratificación. En algunas partes, con el objetivo de gran aumento, estas bandas muestran una estructura de madera parecida a la de los licopodios. En este carbón las fracturas están rodeadas por una zona oscura que indica oxidación.

La *resinita* aparece en masas aisladas de resina de forma ovalada, sub-angular o en franjas irregulares.

La *cutinita* se asemeja mucho a la *exinita* y tiene menos de 0.01 mm. de espesor (lámina X, figura 57).

La *esporonita* consiste en fragmentos de macrosporas y microsporas trituradas que yacen paralelos a los planos de estratificación (lámina X, figuras 56 y 57).

La *fusinita* muestra su estructura característica de célula quebrada como se ve en la figura 58 de la lámina X.

MINA DE SAN JORGE

Introducción. — La mina San Jorge está ubicada en el Municipio de Zipaquirá, a unos 3 kilómetros al sur de esta población (Mapa II). R. Scheibe (44, p. 27) informa que el manto principal de esta mina había sido explotado antes de 1859. Hay dos mantos aproximadamente con dirección nortesur, e inclinando 30° al este, es una estructura sinclinal de la formación *Guaduas*, cuyo eje está orientado en una dirección más o menos N40E; sólo uno de ellos se explota y tiene un espesor que varía entre 2.50 y 3.70 m. R. Scheibe (44, p. 21) divide la formación *Guaduas* en tres grupos que ha designado con números romanos (I, II, III), como se ve en el cuadro 12.

CUADRO 12.

Subdivisión de la formación *Guaduas* cerca de la mina San Jorge

Conjuntos Geológicos	LITOLÓGIA	Espesores en m.
I I I	Arenisca	
	Arcilla	
	Arenisca	
	Arcilla	
	Arenisca	
	Arcilla	
	Arenisca	
	Arcilla	
	Arenisca del "Zarzo"	
	Arcilla	
I I	Zona arenisca "supercacho"	
	Arcillas negras con carbón	
	Arenisca del "Cacho"	
	Arcillas pizarrosas negras con carbón	
I I	Zona de arenisca gruesa "Librada"	2-4
	Zona del manto principal de carbón	
	Con arcillas pizarrosas negras	
	Liditas	
	Arenisca de grano fino separada por capas de arcilla pizarrosa y con concreciones de mineral de hierro	
	Arcillas pizarrosas negras con lechos de carbón	30
	Areniscas de grano grueso en capas gruesas	6-10
	Arcillas grises a veces con una capa de arenisca	60
	Arenisca de grano grueso y muy grueso (hasta 2 mm. y más) en capas potentes con guijarros de cuarzo y concreciones de mineral de hierro	25
	FORMACION GUADALUPE	

Examen macroscópico. — El carbón de la mina San Jorge es un carbón con estructura en bandas,

aunque algunos de los fragmentos tienen una hojidad tan fina que sólo puede verse estudiándola con mucho cuidado. Al igual que el carbón de Cogontá rompe en fragmentos irregulares dejando como la forma de peldaños de una escalera con lustre muy brillante; su peso específico es de 1.27 y tiene una dureza media de 2.9. Se ha calculado que el carbón se compone de un 26% de *vitrain* y 74% de

clarain. Se observó la presencia de un leve desarrollo de la estructura de ojo. (*eye coal structure; augenkohle*), pero en cambio ni la estructura *cone-in-cone* ni los planos de deslizamiento se vieron en ninguno de los fragmentos, como tampoco se encontró piritita.

R. Scheibe (46, p. 83) da los análisis químicos citados en el cuadro 13.

CUADRO 13.

Análisis químico de los carbones de la mina San Jorge.

Localidad	C. F.	Ceniza	Humedad	M. V.	V. C.	B. T. U.
San Jorge (manto N° 1)	59.30	5.90	1.64	36.10	4600	8280
San Jorge (manto N° 2)	50.70	9.30	1.16	38.94	4200	7560
San Jorge (manto N° 3)	56.50	5.00	1.60	36.90	4600	8280
Promedio del 1, 2 y 3	53.50	6.50	1.50	38.50	4400	7920

C. F. = Carbono fijo; M. V. = Materias volátiles; V. C. = Valor calorífico; B. T. U. = Unidades térmicas británicas.

Por el análisis medio de los tres mantos se puede clasificar este carbón como sub-bituminoso de tipo C; pero de acuerdo con R. Reichenbach (40, p. 363) el carbón de esta región es bituminoso de alta volatilidad de tipo B.

Estudio microscópico. — Las muestras para el estudio microscópico de este carbón fueron seleccionadas del manto principal del socavón J-6. Las superficies pulidas y las secciones delgadas preparadas nos indican que el carbón es durítico (*durain-rich?*), aun cuando R. Reichenbach (40, p. 371) dice que el carbón de San Jorge es casi exclusivamente vitrítico (*vitrain-rich?*) con intercalaciones de fusita y abundancia de *Sclerolites* sp. (sclerotia). En este carbón es muy prominente la presencia de cuerpos amarillos y de fragmentos de macrosporas; su composición aproximada es la siguiente: *vitrain*, 8.3%; *fusain*, 3.8%; micrinita, 10.7% y atrído traslúcido 77.1%. Por lo tanto se puede clasificar como carbón de tipo brillante y del subtipo atrído.

Atrído. El carácter atrídico de este carbón estriba en la presencia de macrosporas, cuerpos amarillos, resinita, cutinita, esclerocia, pequeñas porciones de plantas vitrinizadas y fusinita, agrupado todo para formar capa hasta de 1 mm. de espesor (lámina X, figuras 59 y 60).

La *vitritinita* se presenta en forma de bandas regulares e irregulares que muestran estructura celular comprimida (lámina XI, figura 64) y tienen extinción recta o paralela. Las bandas de *vitritinita* presentan fracturas en todas direcciones, en algunas partes son dentadas y en otras presentan desplazamientos de los elementos constituyentes que sugieren la existencia de fallas pequeñas. Contrariamente a las anteriores muestras, en estas fracturas no se han presentado zonas de oxidación. En general también se observa que los contactos con los otros elementos constituyentes son agudos.

La *resinita* aparece en forma oval y circular, como también en masas y fajas irregulares en las bandas de atrído, descansando paralelamente a los planos de estratificación. Los trozos de forma circular

varían entre 0.01 a 0.04 mm. de diámetro, las fajas son hasta de 0.7 mm. de longitud y entre 0.01 mm. a 0.04 mm. de espesor y las porciones de forma oval alcanzan hasta 0.07 mm. de espesor. Las macrosporas de paredes delgadas son dos veces más largas que las de paredes gruesas, pero éstas nunca alcanzan a 0.01 mm. de espesor. Los cuerpos amarillos tienen una gran variedad en forma y tamaño, desde circular u oval hasta irregular (lámina X, figuras 59 y 60).

La *esporonita* se conoce en la forma de fragmentos de macrosporas de paredes gruesas o delgadas; raras veces se ven macrosporas completas, pero sin embargo una que se observó tenía 0.6 mm. de longitud con paredes de 0.03 mm. de espesor. Las macrosporas de paredes delgadas son dos veces más largas que las de paredes gruesas, pero éstas nunca alcanzan a 0.01 mm. de espesor. Los cuerpos amarillos tienen una gran variedad en forma y tamaño, desde circular u oval hasta irregular (lámina X, figuras 59 y 60); las primeras tienen diámetros aproximadamente de 0.02 mm., pero las hay con dimensiones menores; las ovaladas varían entre 0.05 mm. y 0.07 mm. de longitud y 0.01 a 0.02 mm. de ancho. Los cuerpos amarillos de forma irregular alcanzan una longitud hasta de 0.03 mm.; estos cuerpos están cerca unos de otros formando capas hasta de 0.7 mm. de espesor.

La *cutinita* aparece en forma de fragmentos y fibras simulando figuras caprichosas (lámina X, figura 60 y lámina XI, figura 61) con menos de 0.01 mm. de espesor, y algunas muestran un borde aserrado como se ve en las figuras 62 y 63 de la lámina XI.

La *fusinita* se presenta en forma de lentejas y de masas irregulares de tejido celular con paredes opacas, mostrando en algunas partes, una estructura semejante a la de las gimnospermas; generalmente las cavidades celulares permanecen vacías. Cuando tienen forma de lentejas alcanzan una longitud hasta de 1.4 mm. y un espesor de 0.1 mm. El examen microscópico parece revelar que la *fusinita* es muy abundante, pero su contenido en las muestras estudiadas sólo fue de 10.7%. También la esclerocia de color rojo oscuro se presenta en las bandas de atrído, en forma oval de 0.08 por 0.07 mm. con 14 perforaciones equidistantes de una central.

La piritita no se pudo ver a simple vista, pero el microscopio revela que es bastante abundante (lámina XI, figura 61). Está finamente diseminada y en forma de lentejas compuestas de masas de granos. En algunas partes de las superficies pulidas parece como si reemplazara a alguna estructura celular (lámina XI, figura 63).

* * *

ORIGEN PROBABLE DEL CARBON

El estudio de las secciones delgadas y de las superficies pulidas preparadas de estos carbones, y el examen macroscópico de las muestras, revelan que generalmente se trata de un carbón brillante del tipo *atrato-vitrain*, que parece haber sido originado en gran parte por acumulación de porciones pequeñas de gimnospermas, coníferas y plantas asociadas, ramas, raíces y hojas.

Aparentemente los depósitos de carbón de Cundinamarca se formaron en condiciones genéticas similares a los de todas partes del mundo.

La presencia de la esclerocia que se forma de la plasmodia de una planta del grupo de los mixomicetos (*slime-mold*) y que se conserva bajo condiciones favorables de temperatura y de humedad (caliente de baja humedad) en una región donde debemos suponer que hubo pantanos extensos, nos indica que el nivel del agua subterránea durante la estación de verano era bajo.

Casi todos los fragmentos y lentejas de *fusain* muestran una estructura celular semejante a la de las gimnospermas y de las sigilarias. Es muy posible que en parte o todo, el *fusain* se derivó de incendios de bosques y que fue transportado por el viento (por lo que se destruyó la estructura celular) a los turbales. En general, el *fusain* no forma sino una pequeña parte del carbón. Se sabe que este elemento en exceso de un quince por ciento es perjudicial a la industria del coque y de briquetización. El carbón que se ha estudiado tiene un bajo porcentaje de *fusain* lo cual parece favorable a la producción de un coque aceptable.

El efecto de presiones en estos carbones se ha comprobado por la presencia de estructuras *cone-*

in-cone y de ojo (*eye-coal structure; augenkohle*), y de fracturas. La estructura de cone-in-cone se desarrolla solamente en las bandas de *vitrain* porque son más blandas que las de *durain*; esta estructura es el resultado de presiones, posiblemente debidas a sobrecargas. La estructura de ojo (*eye-coal structure; augenkohle*) también pertenece a las bandas de *vitrain*, pero no se observó deformación en ellas, por lo tanto es posible que haya sido el resultado de compresiones. Las fracturas se pueden dividir en fracturas de contracción y las causadas por fuerzas externas; las primeras son perpendiculares a los planos de estratificación y raramente cruzan dos componentes: las últimas están en todas direcciones y algunas de ellas representan pequeñas fallas, cosa comprobada por el desplazamiento de los elementos constituyentes; por último, las inclinadas con respecto a los planos de estratificación parecen como si hubieran sido originados por presiones verticales.

Aunque en algunas de las muestras se observó una abundancia de resinas, este elemento parece que no tiene una influencia importante en la calidad del carbón.

La presencia de esporas y cuerpos amarillos en gran abundancia nos indica que este carbón puede usarse con muy buenos resultados en el proceso de carbonización para obtener un alto porcentaje de aceite y brea con su destilación.

Aun cuando R. Reichenbach (40, p. 392) informa sobre la presencia de calcita, dolomita y marcasita en estos carbones, en las muestras aquí estudiadas sólo se observó, como materia mineral, la piritita en granos finos y en forma de lentejas; no obstante, el contenido de azufre de este carbón es bajo.

A juzgar por los análisis químicos dados por Reichenbach, el contenido de azufre de los carbones colombianos es bajo. El resultado de los análisis efectuados en el U. S. Bureau of Mines muestra que es rico en materias volátiles y que el valor calorífico es en general de 7800 calorías o 14.000 B. U. T., lo cual indica que este carbón puede ser adecuado para coquización.

BIBLIOGRAFIA

La bibliografía que se detalla a continuación incluye todas las referencias que se usaron en el curso de esta investigación como también algunas otras que tienen conexión con el tema.

- 1.—Bone, William A. and Himus, Godfrey W. — "Coal, its Constitution and Uses". London, New York, Toronto: Longmans Green and Co., 1936.
- 2.—Bray, Arthur. — "The Sulphide and Carbonate Constituents of Coal Seams". *Fuel in Science and Practice*, Vol. XXI, No 1 (1942), pp. 12-16.
- 3.—Cady, Gilbert H. — "Modern Concepts of the Physical Constitution of Coal". *Journal of Geology*, Vol. L, No 4 (1942), pp. 337-356.
- 4.—Chatterjee, N. M. — "Micro-Structure of Some Indian Fusain". *The Quarterly Journal of the Geological, Mining and Metallurgical Society of India*, Vol. XI, No 3 (September, 1939), pp. 113-117.
- 5.—Dapples, E. C. — "Physical Constitution of Coal as Related to Coal Description and Classification". *Journal of Geology*, Vol. L, No 4 (1942), pp. 437-450.
- 6.—Davis, Joseph D., and Reynolds, D. A. — "Influence of Resins in a Utah Coal in Its Coking Properties, *Fuel in Science and Practice*, Vol. XXIII, No 2 (1944), pp. 37-40.
- 7.—Duparque, A. — "The Different Petrological Types of Coals of the North of France". *Fuel in Science and Practice*, Vol. XV (1936), pp. 110-119.
- 8.—Fieldner, A. C.; Davis, J. D.; Thiessen, R.; Selvig, W. A.; Reynolds, D. A.; Sprunk, G. C., and Jung, F. W. — "Carbonizing Properties and Petrographic Composition of Pittsburgh Bed Coal from Pittsburgh Terminal No 9 Mine Washington County, Pa." U. S. Department of the Interior, Bureau of Mines, Tech Paper 571 (1936), pp. 1-33.
- 9.—Fieldner, A. C.; Davis, J. D.; Thiessen, R.; Kester, E. B.; Selvig, W. A.; Reynolds, D. A.; Fung, F. W., and Sprunk, G. C. — "Carbonizing Properties and Constitution of Chilton Bed Coal from Boone No 2 Mine, Logan County, W. Va." U. S. Department of Commerce, Bureau of Mines, Tech. Paper 542 (1932), pp. 1-60.

- 10.—Fieldner, A. C.; Davis, J. D.; Thiessen, R.; Kester, E. B.; Selvig, W. A.; Reynolds, D. A.; Jung, F. W., and Sprunk, G. C. — "Carbonizing Properties and Constitution of Pittsburgh Bed Coal from Edenborn Mine, Fayette County, Pa." U. S. Bureau of Mines, Tech. Paper 525 (1932), pp. 1-60.
- 11.—Fieldner, A. C.; Davis, J. D.; Thiessen, R.; Kester, E. B.; Selvig, W. A.; Reynolds, D. A.; Jung, F. W., and Sprunk, G. C. — "Carbonizing Properties and Constitution of Alma Bed Coal from Spruce River No 4 Mine Boone County, W. Va." U. S. Bureau of Mines, Tech. Paper 562 (1935), pp. 1-41.
- 12.—Fieldner, A. C.; Davis, J. D.; Thiessen, R.; Selvig, W. A.; Reynolds, D. A.; Sprunk, G. C., and Homes, C. R. — "Carbonizing Properties and Petrographic Composition of Millers Creek Bed Coal from Consolidation No 155 Mine, Johnson County, Ky., and the Effect of Blending Millers Creek Coal with Pocahontas Bed (Warden Mine) Coals". U. S. Bureau of Mines, Tech. Paper 572 (1937), pp. 1-50.
- 13.—Fieldner, A. C.; Davis, J. D.; Thiessen, R.; Selvig, W. A.; Reynolds, D. A.; Jung, F. W., and Sprunk, G. C. — "Carbonizing Properties and Petrographic Composition of Clintwood Bed Coal from Buchanan Mines Nos. 1 and 2 Buchanan County, Va." U. S. Bureau of Mines Tech. Paper 570 (1936), pp. 1-34.
- 14.—Fieldner, A. C., and Davis, J. D. — "Modern Views of the Chemistry of Coals of Different Ranks as Conglomerates". *Trans. Amer. Inst. Min. and Met. Eng.*, Vol. LXXI (1925), pp. 227-245.
- 15.—Fieldner, A. C.; Rice, W. E., and Moran, H. E. — "Typical Analyses of Coal of the United States". U. S. Bureau of Mines, Bull. 446 (1942).
- 16.—Fisher, D. Jerome. — "Coal Composition". *Proc. Geol. Soc. Amer.*, 1933, pp. 444-445.
- 17.—Fisher, D. Jerome. — "Carbon Ratios North of the Quanchitas". A. A. P. G., Vol. XX, No 1 (1936) pp. 102-105.
- 18.—Fisher, D. Jerome. — "The Book Cliffs Coal Field in Emery and Grand Counties Utah". U. S. G. S., Bull. 852 (1936), pp. 1-102.
- 19.—Fisher, D. Jerome. — "Notes Regarding the Coalification Process". *Journal of Geology*, Vol. XXXV (1927), pp. 639-640.
- 20.—Fisher, C. H.; Sprunk, G. C.; Eisner, Abner; Clarke, Loyal; Fein, M. L., and Storch, H. H. — "Hydrogenation of Cannel Coals and Their Petrographic Constituents". *Fuel in Science and Practice*, Vol. XIX (1940), pp. 84-89, 110-118.
- 21.—Grosse, E. — "El Terciario Carbonifero de Antioquia". Dietrich Reimer, Berlin, 1926.
- 22.—Grosse, E. — "Acerca de la Geología del Sur de Colombia". *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*, 1935, pp. 1-230.
- 23.—Grout Frank. — "The Composition of Coals". *Econ. Geol.*, Vol. II, No 3 (April-May, 1907), pp. 225-241.
- 24.—Hettner, A. — "Die Kordillere von Bogotá". Perthes, Gotha, 1892.
- 25.—Horton, L.; Randall, R. B., and Aubrey, K. B. — "The Constitution of Coal". *Fuel in Science and Practice*, Vol. XXIII, No 3 (1944), pp. 100-109.
- 26.—Hsiao, C. C. — "New Theory on the Origin of Fusain". *Geol. Soc. China, B. V.* 18, No 2 (June, 1938), pp. 191-196.
- 27.—Karsten, H. — "Geologie de l'ancienne Colombie Bolivarienne". Berlin, 1886.
- 28.—Lowry, H. H. — "Relation of the Physical of Coal to Its Chemical Characteristics". *Journal of Geology*, Vol. L, No 4 (1942), pp. 357-384.
- 29.—Lewis, J. Voney. — "The Evolution of the Mineral Coal". Part I *Econ. Geol.*, Vol. XXIX, No 1 (1934), pp. 1-38; Part II, *Econ. Geol.*, Vol. XXIX, No 2 (1934), pp. 157-202.
- 30.—Lomax, J., and Lomax, J. R. — "Transparent Preparation of Coal for Microscopical Investigations".
- 31.—Llanos García, G. — "Carbones fósiles de Riosucio". *Escuela Nacional de Minas de Medellín, Colombia. Anales* No 41, 1924.
- 32.—Lleras, Codazzi R. — "Documentos de la Comisión Científica Nacional. *Compilación de los Est. Geol. Of. en Colombia*, Tomo I (1933), pp. 265-271.
- 33.—Marshall, C. E. — "Modern Conception of the Physical Constitutions of Coal and Related Research in Great Britain". *Journal of Geology*, Vol. L, No 4 (1942), pp. 385-405.
- 34.—McCabe, Louis C. — "Practical Significance of the Physical Constitution of Coal in Coal Preparation". *Journal of Geology*, Vol. L, No 4 (1942), pp. 406-410.
- 35.—Miner, E. L. — "Paleobotanical Examinations of Cretaceous and Tertiary Coals". *Amer. Midland Naturalist*, Vol. XVI (1935), pp. 585-625.
- 36.—Morre, Elwood S. — "Coal, Its Properties, Analysis, Classification, Geology, Extraction, Uses and Distribution". New York John Wiley and Sons, Inc. 1940.
- 37.—Moot, R. A. — "The Origin and Composition of Coals". *Fuel in Science and Practice*, Vol. XXI, No 6 (1942), pp. 129-135.
- 38.—Moot, R. A., and Spooner, C. E. — "The Mineral Matter of Coal and Coke". *Fuel in Science and Practice*, Vol. XXIII, No 1 (1944), pp. 9-18.
- 39.—Raistrick, A., and Marshall, C. E. — "The Nature and Origin of Coal Seams". London: The English University Press Ltd., Little Paul's House, Warwick Square, E. C. 4, 1939.
- 40.—Reichenbach, R. — "Contribución al Conocimiento de los Carbones de la Cordillera Oriental (Cordillera de Bogotá)". Traducido al español de Mitt. d. Abt. f. Gestein. Erz-Khole-und Salzuntersuchungen. Preussische Geologische Landesanstalt, Heft 6, Berlin, 1928; publicado en la *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*, tomo II (1934), pp. 347-419.
- 41.—Royo y Gómez, J. — "La Cuenca del Río Mayo y su formación granatífera (Departamento de Nariño)". *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*, tomo V (1942), pp. 181-212.
- 42.—Sarmiento Soto, R. — "Geología Económica de la Región Paipa-Duitama-Santa Rosa de Viterbo, en el Departamento de Boyacá". *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*, tomo V (1942), pp. 1-44.
- 43.—Scheibe, E. A. — "Los Yacimientos Terciarios de Carbón en Colombia". *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*, tomo II (1934).
- 44.—Scheibe, R. — "Informe sobre los yacimientos de carbón en las haciendas San Jorge y Llano de Animas en el Municipio de Zipaquirá". *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*, Tomo I (1933), pp. 15-51.
- 45.—Scheibe, R. — "Informe acerca de las investigaciones en la región de Tocaima, La Virginia y Giraranes en la región de Tolima". *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*, Tomo I (1917-33), pp. 42-51.
- 46.—Scheibe, R. — "Las relaciones entre los pisos de Honda, Gualanday y Barsalosa". *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*, Tomo I (1917-33), pp. 61-96.
- 47.—Seward, A. C. — "Fossil Plants". Cambridge: At the University Press, 1910.
- 48.—Seward, A. C. — "Plant Life Through the Ages". New York: The Macmillan Company, 1931.
- 49.—Seyler, Clarence A. — "The Microscopical Examination of Coals". Department of Scientific and Industrial Research. *Fuel Research, Physical and Chemical Survey of the National Coal Resources* No 16. London, 1929.
- 50.—Seyler, Clarence A. — "The Microstructure of Coal". *Trans. Amer. Inst. Min. and Met. Eng.*, Vol. LXXI (1925), pp. 117-126.
- 51.—Sprunk, George C. — "Influence of Physical Constitution of Coal upon Its Chemical Hydrogenation, and Carbonization. Properties". *Journal of Geology*, Vol. L, No 4 (1942), pp. 411-436.
- 52.—Sprunk, George C., and O'Donnel, H. J. — "Mineral Matter in Coal". U. S. Bureau of Mines, Tech. Paper 648 (1942), pp. 1-67.
- 53.—Stach, Erich. — "Lehrbuch der Kohlenpetrographie". Berlin: Verlag von Gebrüder Borntraeger, W35 Schöneberger Ufer 12^a 1935.
- 54.—Stopes, Marie C. — "On the Petrology of Banded Bituminous Coal". *Fuel in Science and Practice*, Vol. XIV (January, 1935), pp. 4-13.
- 55.—Stopes, Marie C. — "Ancient Plants". London: Blackie and Son, Ltd.
- 56.—Stutzer, O. — "Documentos de la Comisión Científica Nacional". Tomo I, Nros. 1-3. Ministerio de Industrias, 1918-27.

- 57.—Thiessen R. — "What Is Coal?". Presented at the Seventeenth Meeting of the Fuel Eng. of Appalachian Coals, Inc., Cincinnati, Ohio, January 11, 1937.
- 58.—Thiessen, R. — "The Microscopical Constitution of Coal", *Trans. Amer. Inst. Min. and Met. Eng.*, Vol. LXXI (1925), pp. 35-116.
- 59.—Thiessen R. — "Recent Developed Methods of Research in the Constitution of Coal and Their Application to Illinois Coals". (From *Coop. Min. Series Bull.* 33, Symposium on Research Needs of Illinois Coal Industry, Quarter Centennial Celebration of the Illinois S. Geol. S., Urbana), 1930, pp. 58-89.
- 60.—Thiessen, R. — "Structure in Paleozoic Bituminous Coals", *U. S. Bureau of Mines, Bull.* 117 (1920), pp. 1-292.
- 61.—Thiessen, R., and Sprunk, G. O. — "Origin and Petrographic Composition of the Lower Sunnyside Coal of Utah", *U. S. Bureau of Mines, Tech. Paper* 573 (1937), pp. 1-34.
- 62.—Thiessen, Reinhardt, and Sprunk, George C. — "The Origin of the Finely Divided or Granular Opaque Matter in Splint Coals", *Fuel in Science and Practice*, Vol. XV (1936), pp. 304-315.
- 63.—Thiessen, Reinhardt, and Sprunk, George C. — "Microscopic and Petrographic Studies of Certain American

- Coal Coals". *U. S. Bureau of Mines, Tech. Paper* 584 (1935), pp. 1-71.
- 64.—Thiessen, Reinhardt, and Sprunk, George C. — "Coal Paleobotany", *U. S. Bureau of Mines, Tech. Paper* 631 (1941), pp. 1-56.
- 65.—Thiessen Reinhardt; Sprunk, G. C., and O'Donnell, H. J. — "Preparation of Thin Sections", *U. S. Bureau of Mines, I. C. 7021* (June, 1938).
- 66.—Thiessen Reinhardt, and Staud, J. N. — "Correlation of Coal Beds in the Monongahela Formation of Ohio, Penna., and West Virginia", *Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh, Penna. Bull.* 9 (1923), pp. 1-62.
- 67.—Walton, John. — "An Introduction to the Study of Fossil Plants", London: Adam and Charles Black, 1940.
- 68.—White, David. — "Environmental Conditions of Deposits of Coal", *Trans. Amer. Inst. Min. and Met. Eng.*, Vol. LXXI (1925), pp. 3-34.
- 69.—White, David, and Thiessen, Reinhardt. — "The Origin of Coal, with a Chapter on the Formation of Peat by Charles A. Davis", *U. S. Bureau of Mines, Bull.* 38 (1931), pp. 1-381.
- 70.—Young, C. H. — "The Sulphur Forms in Chinese Coals", *Fuel in Science and Practice*, Vol. XV, N° 3 (1936), pp. 91-93.

EXPLICACION DE LAS LAMINAS

Lámina I.

Fig. 1. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto Veta Grande, de la mina Rodamontal, que muestra capas delgadas de *vitrain* e inclusiones elípticas de material semiopaco en un carbón atrito. Las manchas blancas son microsporas y cuerpos amarillos.

Fig. 2. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto Veta Grande, de la mina Rodamontal, con una banda de *vitrain* v) con fracturas de contracción y a) bandas de atrito. La piritita aparece como puntos negros y los blancos son microsporas y cuerpos amarillos.

Fig. 3. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto Veta Grande, de la mina Rodamontal, que muestra *vitrain* v) derivado de hojas, con esporas y material resinoso y una banda de atrito a) con microsporas y fibras de material resinoso. En la mitad hay una franja negra semejante a un tejido de madera.

Fig. 4. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de los mantos Canal y Laureles, de la mina Rodamontal, con el contacto gradual entre el *vitrain* y el *fusain* algo triturado.

Fig. 5. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto Veta Grande, de la mina Rodamontal, que muestra una masa lenticular de material resinoso r) interestratificado en fibras de *vitrain* v) con fracturas de contracción y bandas de atrito a).

Fig. 6. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto Veta Grande, de la mina Rodamontal, que presenta capas de atrito con capitas delgadas de *vitrain* y material resinoso en forma de óvalos y fajas irregulares y fragmentos de macrosporas como también de microsporas.

Lámina II.

Fig. 7. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto Veta Grande, de la mina Rodamontal, que muestra bandas gruesas de *vitrain* interestratificadas en material atrito y microsporas (puntos blancos).

Fig. 8. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto Veta Grande, de la mina Rodamontal, con fibras delgadas de *vitrain* interestratificadas en material resinoso; las microsporas se presentan agrupadas en capas en la parte superior de la derecha.

Fig. 9. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de los mantos Canal y Laureles, de la mina Rodamontal, que muestra cuerpos resinosos (óvalos grises) y fragmentos de microsporas.

Fig. 10. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de los mantos Canal y Laureles, de la mina Ro-

damontal, con una capa gruesa de material opaco con macrosporas paralelas a los planos de estratificación.

Fig. 11. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón del manto Veta Grande, de la mina Rodamontal, mostrando la común apariencia de una macrospora con granos dispersos de piritita (negros) y una fractura rellena de hidróxido de hierro en la parte inferior.

Fig. 12. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón del manto Veta Grande, de la mina Rodamontal, que presenta un ligero desarrollo de la estructura de madera en la parte superior y masas cuticulares en el centro.

Lámina III.

Fig. 13. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de El Desagüe que muestra en la parte inferior una banda irregular de *vitrain*; en la parte superior fibras delgadas de material vitrinizado en una capa de atrito. Los puntos blancos son cuerpos amarillos.

Fig. 14. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina El Desagüe con fibras delgadas de material vitrinizado con piritita, resina, lentejas de *fusain* y material opaco.

Fig. 15. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina El Desagüe que muestra macrosporas delgadas ms), cuerpos resinosos y cuerpos amarillos de plantas.

Fig. 16. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina El Desagüe que muestra una macrospora delgada ms), restos de cutículas y *vitrain* de color rojo oscuro (negro en la foto).

Fig. 17. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina El Desagüe con una macrospora gruesa, fracturada, en una capa de atrito.

Fig. 18. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina El Desagüe que muestra fragmentos de macrosporas en un carbón atrito.

Lámina IV.

Fig. 19. — Microfotografía de unos fragmentos de carbón del manto N° 2 del socavón El Placer, de la mina San Vicente, con la típica estructura en bandas y fracturas inclinadas a los planos de estratificación.

Fig. 20. — Microfotografía de un fragmento de carbón del manto La Virginia de la mina San Vicente, que muestra la tan característica fractura conchoidea y la estructura en bandas.

Fig. 21. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón del manto N° 2 del socavón Luis Ballén, de la

mina San Vicente, con la esclerocia s) y fragmentos de macrosporas en una carbón atrito.

Fig. 22. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto N° 2 del socavón Alfonso Rodríguez de la mina San Vicente que presenta una capa gruesa de *vitrain* probablemente derivada de material de una conífera, interestratificada en capas de atrito. Hay también óvalos de resina, microsporas y material opaco.

Fig. 23. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto La Virginia, de la mina San Vicente, que muestra una capa gruesa de *vitrain* con estructura de madera, probablemente de gimnosperma, y una fractura paralela al plano de estratificación.

Fig. 24. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto La Virginia, de la mina San Vicente, con bandas delgadas de *vitrain* con estructura parecida a la de coníferas con óvalos de resina r).

Lámina V.

Fig. 25. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto N° 2 del socavón El Placer, de la mina San Vicente, que muestra *vitrain* con estructura de madera de gimnosperma (?) en un carbón relativamente opaco (altamente oxidado?).

Fig. 26. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto N° 2 del socavón Alfonso Rodríguez, de la mina San Vicente, con una banda de *vitrain*, con estructura que semeja la de madera moderna, interestratificada en capas de atrito. Las manchas blancas son microsporas y cuerpos amarillos.

Fig. 27. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto N° 2 del socavón Alfonso Rodríguez que tiene la apariencia típica de un carbón durítico con una lenteja grande de *fusain* aparentemente derivado de gimnospermas, y fibras pequeñas de material vitrinizado metidos en el cemento. Se observan numerosos cuerpos amarillos.

Fig. 28. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto N° 2 del túnel Cristancho, de la mina San Vicente, que presenta una lenteja de *fusain* con estructura de célula (gimnosperma?).

Fig. 29. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto N° 2 del túnel Cristancho, de la mina San Vicente, que muestra un material cuticular que parece una hoja u olas en un material opaco.

Fig. 30. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto N° 2 del socavón El Placer, de la mina San Vicente, que presenta una materia cuticular semejante a un dedo, con una zona oscura (debida a oxidación?).

Lámina VI

Fig. 31. — Microfotografía de una sección delgada de carbón del manto N° 2 del socavón Alfonso Rodríguez, de la mina San Vicente, con bandas de *vitrain* en capas de atrito, materia cuticular, algunas lentejas de *fusain* y microsporas (manchas blancas).

Fig. 32. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón del manto N° 2 del socavón El Placer, de la mina San Vicente, que muestra una macrospora completa en una capa de atrito.

Fig. 33. — Fragmentos de carbón bituminoso de la mina de La Esperanza que muestra estructura en bandas.

Fig. 34. — Fragmentos de carbón de la mina La Esperanza con restos de plantas en los planos de estratificación.

Fig. 35. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina La Esperanza que muestra *vitrain* derivado de restos pequeños de plantas, capas de atrito, materia cuticular y fragmentos de macrosporas.

Fig. 36. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina La Esperanza con fracturas perpen-

diculares a los planos de estratificación, resina r) (en óvalos), cutículas y fibras delgadas de *vitrain*.

Lámina VII

Fig. 37. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina La Esperanza que muestra óvalos de resina r), fibras delgadas del mismo material, cutículas, cuerpos amarillos (aparecen blancos en la foto) y capas de atrito.

Fig. 38. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina La Esperanza con *vitrain* derivado de hojas, franjas irregulares de material resinoso vitrinizado, y fragmentos de macrosporas que descansan paralelos a los planos de estratificación.

Fig. 39. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina La Esperanza que presenta una porción de carbón atrito con lentejas de *fusain*, material resinoso vitrinizado, fibras delgadas de *vitrain* y microsporas exinas (manchas blancas). También se observa la oxidación en algunos sitios (color oscuro).

Fig. 40. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina La Esperanza que muestra una macrospora completa y en la parte superior una esclerocia s), material cuticular y franjas de *vitrain*, todo en un cemento de atrito.

Fig. 41. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina La Esperanza en la que se ve a la piritita reemplazando a una estructura celular, y fragmentos de macrosporas y microsporas en una capa de atrito.

Fig. 42. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina La Esperanza que muestra en el centro un fragmento de helecho.

Lámina VIII.

Fig. 43. — Fotografía de un trozo de carbón de la mina Cogontá con fractura conchoidea y un leve desarrollo de la estructura de cone-in-cone.

Fig. 44. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina Cogontá que muestra el carácter atrito del carbón y en la parte superior *vitrain* con estructura de madera. Se observan también lentejas de *fusain*, bandas irregulares de *vitrain* y fracturas normales a los planos de estratificación.

Fig. 45. — Microfotografía de una sección delgada de carbón atrito de la mina Cogontá con fibras delgadas de *vitrain*, microsporas, resina r) y fragmentos de macrosporas.

Fig. 46. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina Cogontá con esclerocia en una banda de *vitrain*, cuerpos amarillos y fragmentos de macrosporas.

Fig. 47. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina Cogontá que muestra dos esclerocias en forma de óvalos en una capa de atrito, y una banda de *vitrain* con estructura celular comprimida.

Fig. 48. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina Cogontá con un par de esclerocias en una capa de atrito debajo de una capa de *vitrain* fracturada.

Lámina IX

Fig. 49. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina Cogontá con estructura de madera (*vitrain*) y en la parte superior un pedazo de resina (de color gris en la foto).

Fig. 50. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina Cogontá que muestra una estructura típica de madera.

Fig. 51. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina Cincha con fragmentos de macrosporas y masas pequeñas de *fusain* en una capa de atrito.

Fig. 52. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina Cincha que presenta en la parte su-

perior una lenteja de *fusain* con las bandas que lo rodean algo deformadas.

Fig. 53. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina Cincha que muestra un contacto gradual de *fusain* (*semi-fusain*) y en la parte inferior derecha un óvalo de resina.

Fig. 54. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina Cincha con macrosporas en la parte inferior, un fragmento de *fusain* en la superior izquierda y en la parte central la pirita reemplazando a una lenteja de *fusain* y una fractura inclinada.

Lámina X

Fig. 55. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina Cincha que muestra en el centro una estructura de madera semejante a la de las coníferas, atrito traslúcido y materia opaca.

Fig. 56. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina Canoas con fragmentos de macrosporas y pirita finamente diseminada en una capa de carbón atrito.

Fig. 57. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina Canoas que muestra fragmentos de macrosporas y microsporas, cutículas, fajas de material resinoso y lentejas de materia opaca.

Fig. 58. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina Canoas que presenta una masa irregular

de *fusain*, una estructura de arco de célula quebrada y una fractura de contracción perpendicular al plano de estratificación.

Fig. 59. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina San Jorge con bandas de *vitrain* entre bandas de atrito y fragmentos de micro y macrosporas.

Fig. 60. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina San Jorge que muestra materia cuticular, microsporas y material resinoso.

Lámina XI

Fig. 61. — Microfotografía de una sección delgada de carbón de la mina San Jorge que presenta un carbón atrito con fibras delgadas de *vitrain*, lentejas y granos de pirita como también material de cutículas.

Fig. 62. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina San Jorge que muestra fibras delgadas de *vitrain* con material de cutícula en la parte inferior.

Fig. 63. — Microfotografía de una superficie pulida de carbón de la mina San Jorge que presenta un carbón atrito con granos de pirita que están como reemplazando células y material de cutículas.

Fig. 64. — Microfotografía de una sección de carbón de la mina San Jorge que muestra una banda de *vitrain* con estructura de madera entre bandas de atrito.



Figura 1



Figura 2

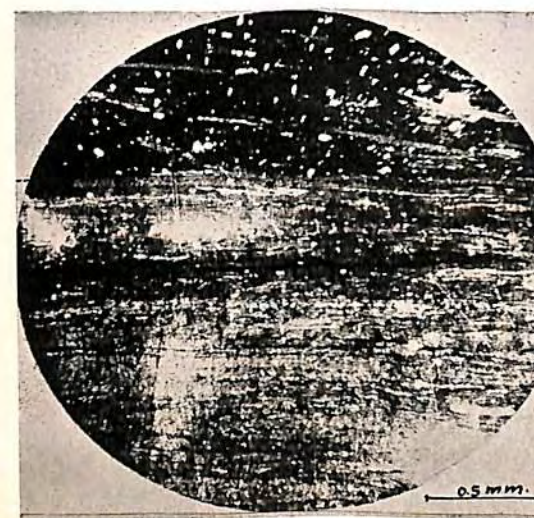


Figura 3

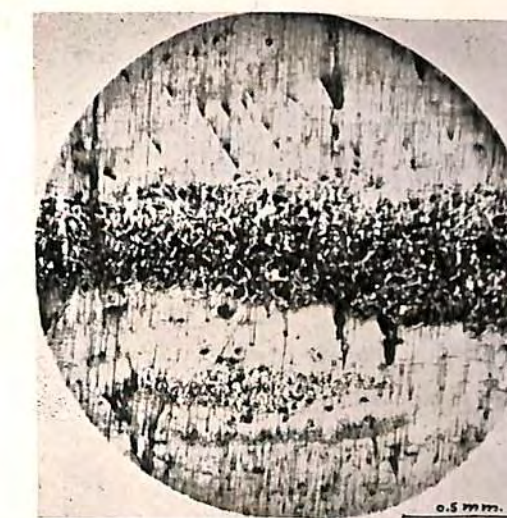


Figura 4



Figura 5



Figura 6

Microfotografías de secciones delgadas de carbones de la mina "Rodamontal".

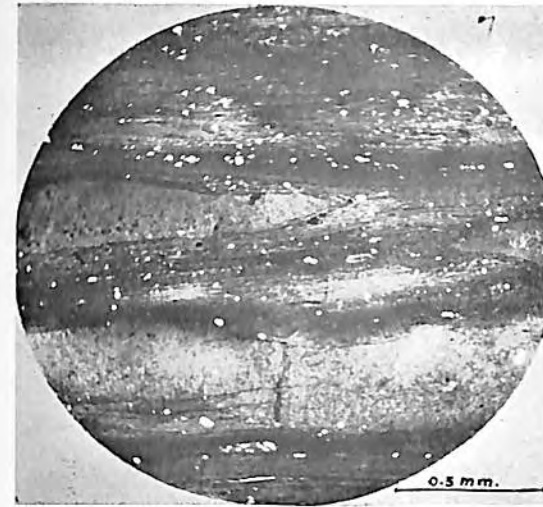


Figura 7

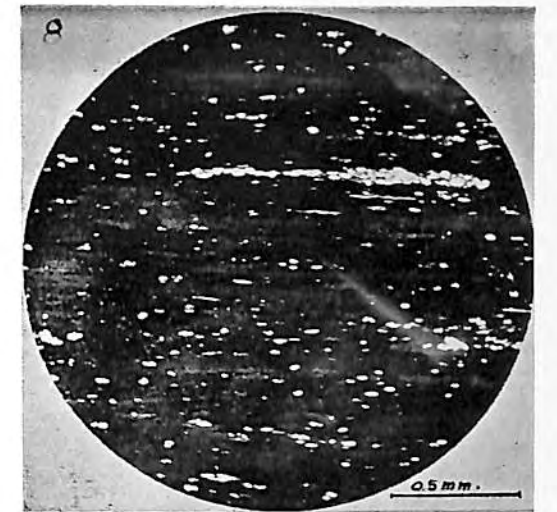


Figura 8

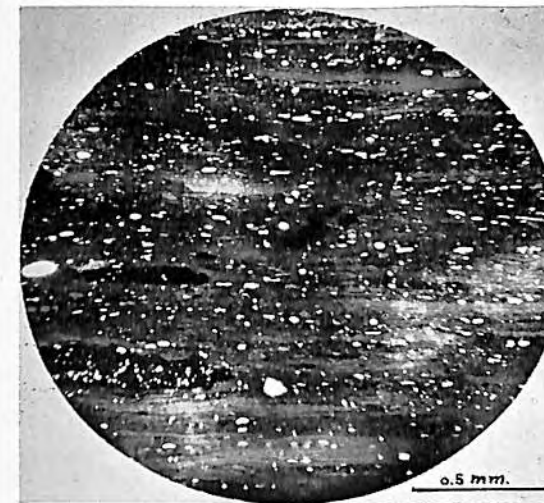


Figura 9

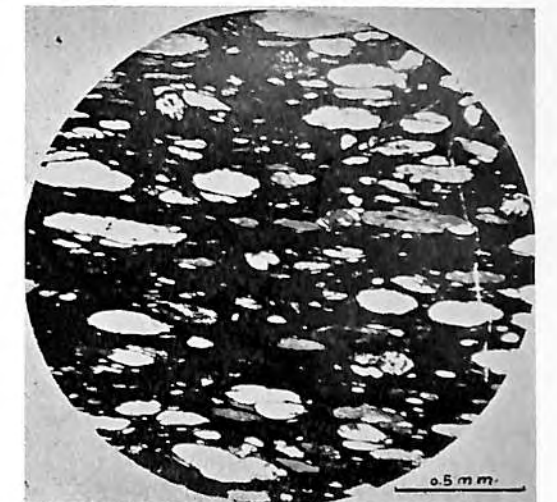


Figura 10

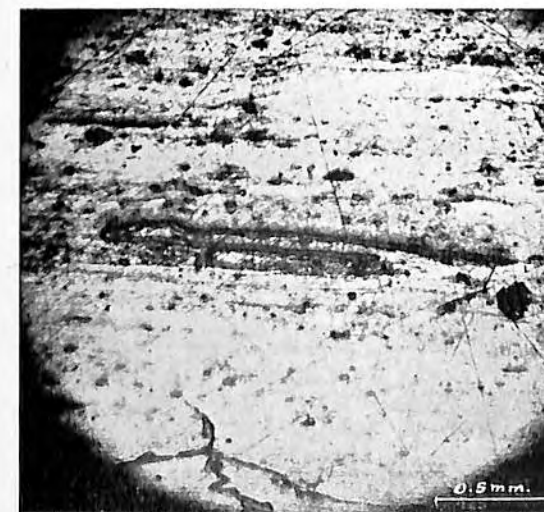


Figura 11

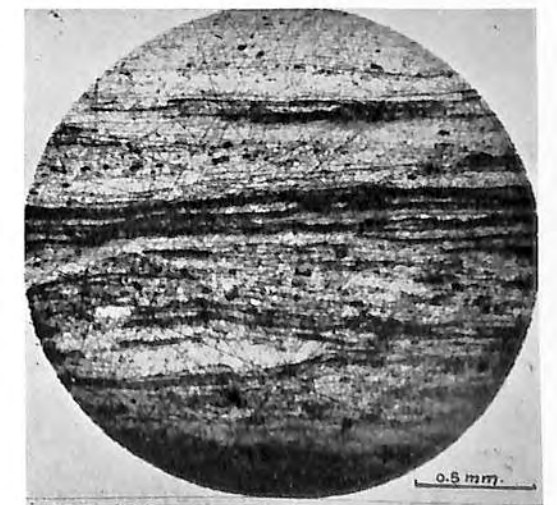


Figura 12

Microfotografías de secciones delgadas de carbones de la mina "Rodamontal".



Figura 13

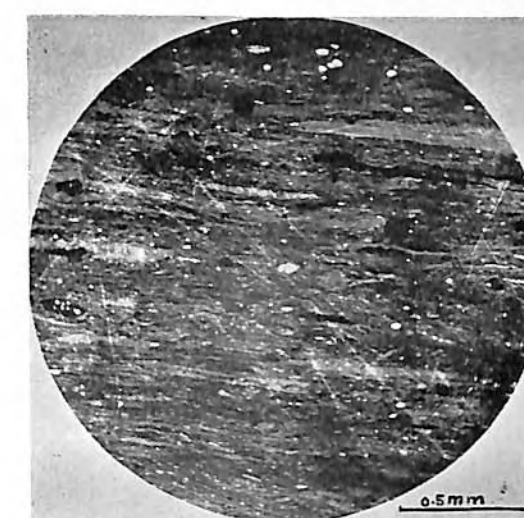


Figura 14



Figura 15

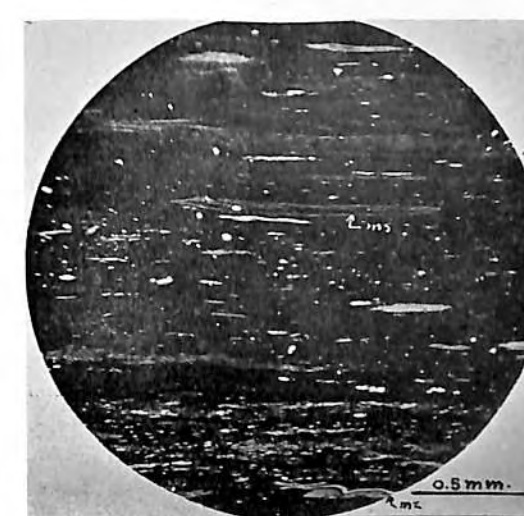


Figura 16



Figura 17

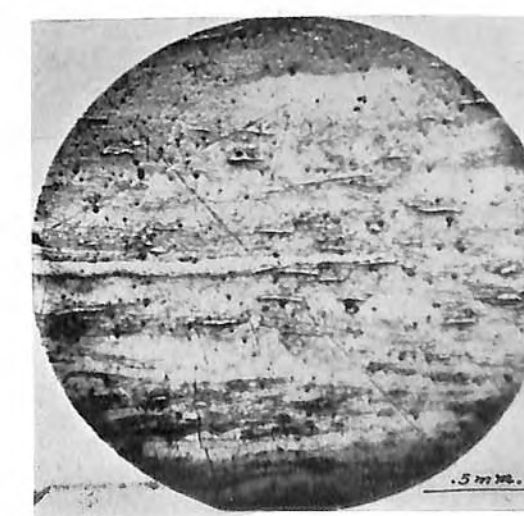


Figura 18

Microfotografías de secciones delgadas de carbones de la mina "El Desagüe" (Nos. 13, 14, 15 y 16) y microfotografías de superficies pulidas de carbones de la misma mina (Nos. 17 y 18).



Figura 19



Figura 20



Figura 21



Figura 22



Figura 23



Figura 24

Microfotografías de superficies pulidas de carbones de la mina de "San Vicente" (21). Microfotografías de secciones delgadas de carbones de la mina de "San Vicente" (Nos. 22, 23 y 24).—Fragmentos de las minas de "El Placer" (19) y "San Vicente" (20).

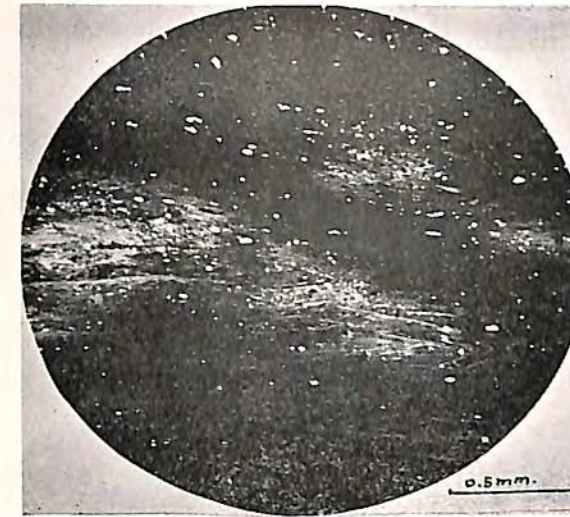


Figura 25

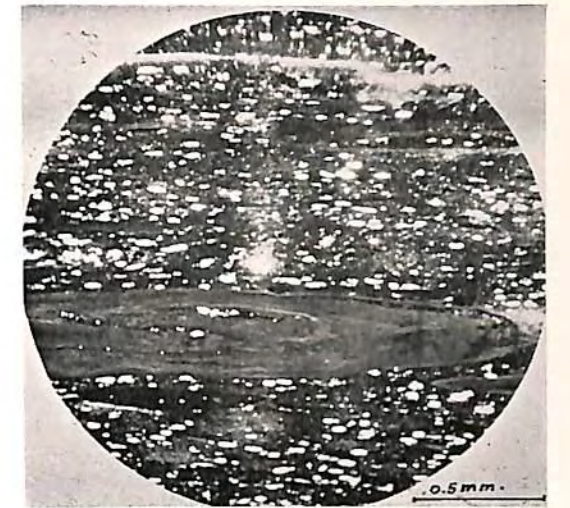


Figura 26

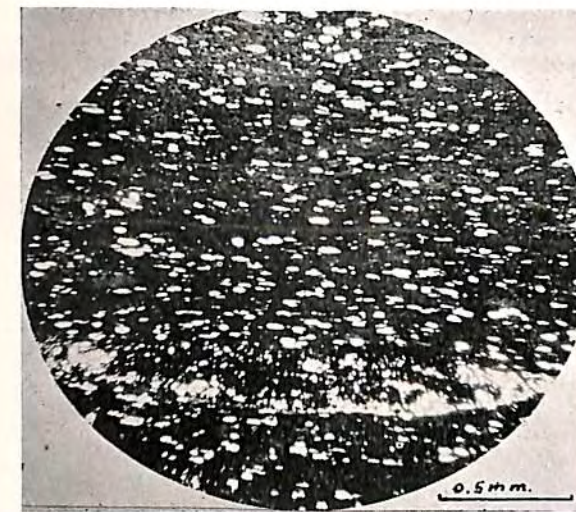


Figura 27



Figura 28



Figura 29



Figura 30

Microfotografías de secciones delgadas de carbón de la mina de "San Vicente".

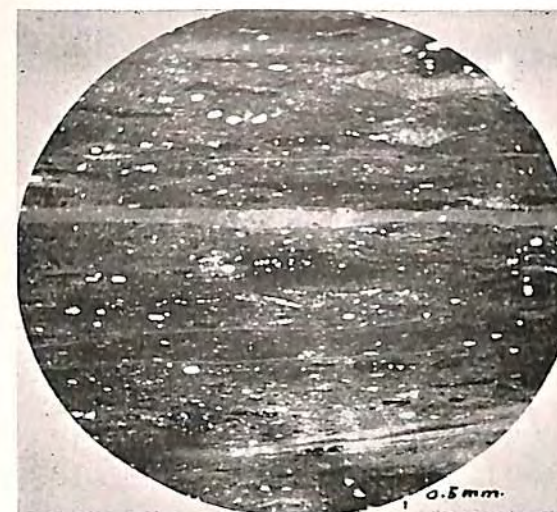


Figura 31



Figura 32



Figura 33



Figura 34



Figura 35



Figura 36

Microfotografía de sección delgada de carbón (31) de la mina de "San Vicente".—Microfotografía de superficie pulida de carbón (32) de la misma mina.—Fotografías de fragmentos de carbón de la mina "La Esperanza" (33 y 34).—Microfotografías de secciones delgadas del mismo carbón.



Figura 37



Figura 38



Figura 39



Figura 40



Figura 41



Figura 42

Microfotografías de superficie pulida y de sección delgada de carbones de la mina de "La Esperanza".



Figura 43



Figura 44

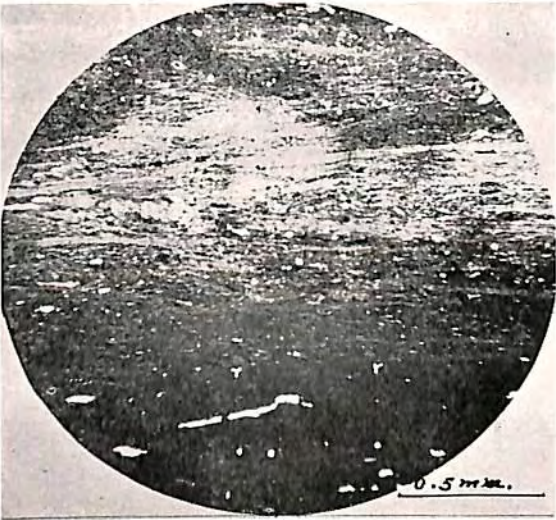


Figura 45



Figura 46

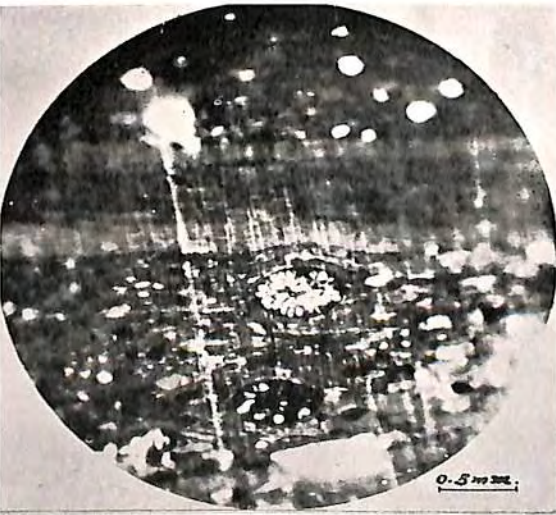


Figura 47



Figura 48

Fotografía de un fragmento de carbón de la mina "Cogontá" (43) y microfotografías de secciones delgadas del mismo carbón (Nos. 44, 45, 46, 47 y 48).



Figura 49



Figura 50

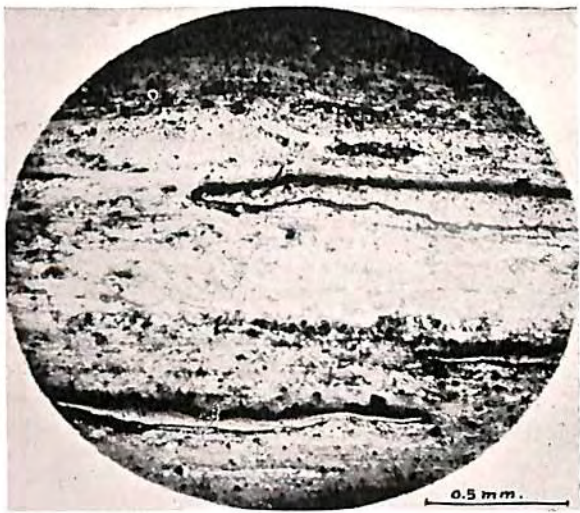


Figura 51

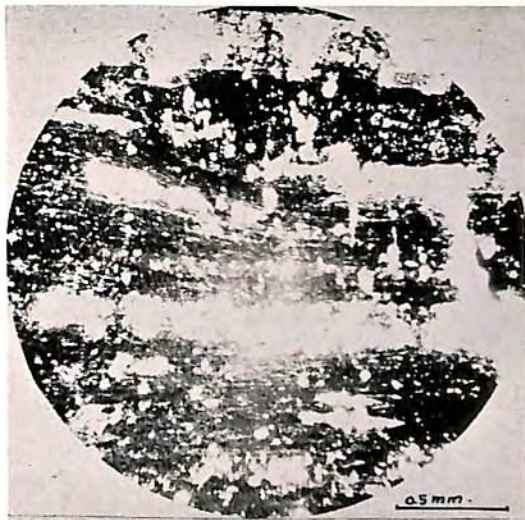


Figura 52



Figura 53

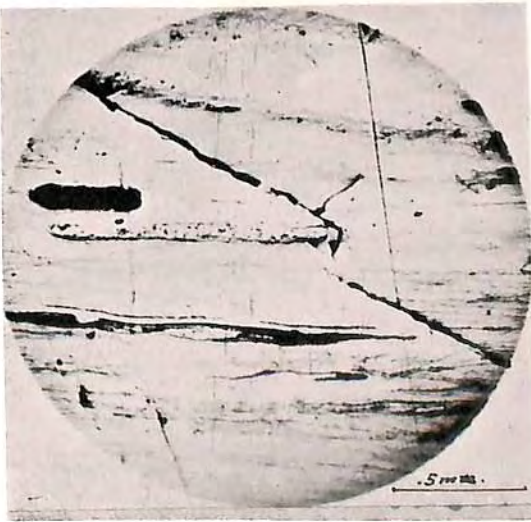


Figura 54

Microfotografías de superficies pulidas de carbón de la mina "Cogontá" (49 y 50) y de la mina "Cincha" (51, 53 y 54)
Microfotografía de sección delgada de carbón de la misma "Cincha" (52).



Figura 61

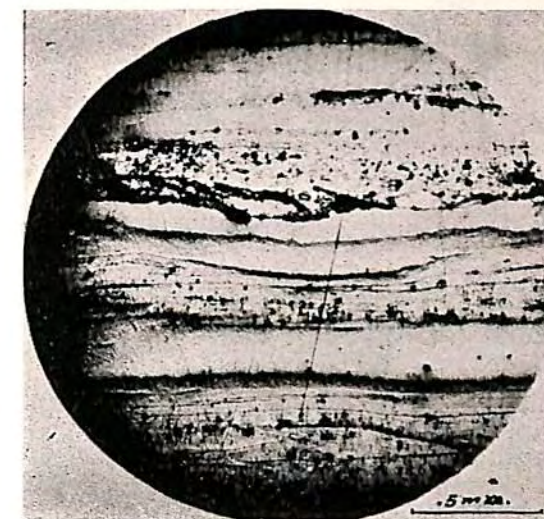


Figura 62

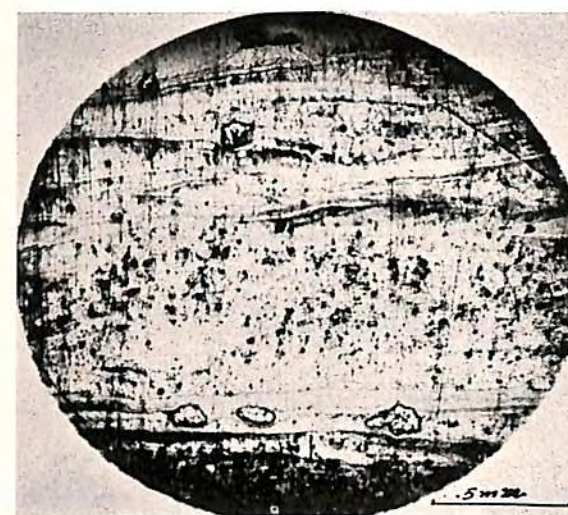


Figura 63

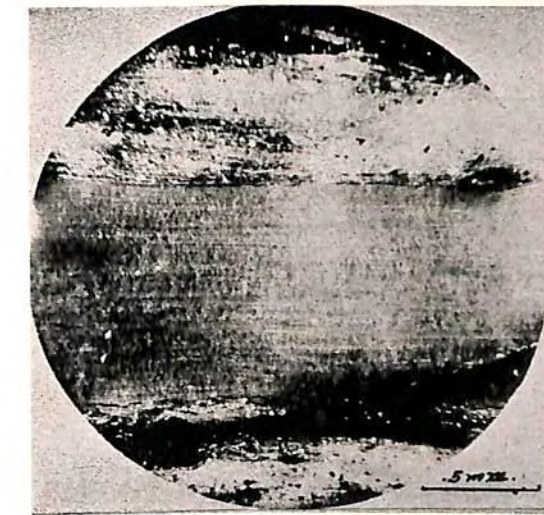


Figura 64

Microfotografías de una sección delgada de carbón de la mina "San Jorge" (64).—Microfotografías de superficies pulidas de carbones de la mina "San Jorge" (61, 62 y 63).