

Ahora, los números S S^1 S^2 debiendo ser enteros y menores que P se volverá forzosamente sobre alguno de los ya hallados y , por tanto, sobre el coeficiente m correspondiente, y consiguientemente se seguirán reproduciendo indefinidamente los coeficientes m .

Demostrados los dos lemas precedentes, el teorema se deduce inmediatamente.

En efecto, si la serie S no es de coeficientes que se reproduzcan en orden periódico, la cantidad A que dicha serie representa, no podrá ser commensurable con la unidad; puesto que si lo fuera podría expresarse por una serie periódica y resultaría que dos series ordenadas no idénticas podrían ser iguales.

Esto es lo que enuncia el señor Liévano cuando dice: *La cantidad representada por un número decimal ilimitado y no periódico, no tiene parte alicuota común con la unidad, y será, por tanto, inconmensurable con ella.*

El señor Liévano generaliza al número inconmensurable las propiedades del número commensurable con la demostración de las siguientes proposiciones:

1.^a Si dos números inconmensurables tomados concretamente representan cantidades iguales, tomados abstractamente o referidos a otra unidad, serán también iguales.

2.^a La suma de varios números inconmensurables es independiente de la unidad a que se refieren estos números.

3.^a La diferencia de dos números inconmensurables es independiente de la unidad a que se refieren estos números.

4.^a Si dos números inconmensurables tomados concretamente dan cierta desigualdad, tomados abstractamente darán también la misma desigualdad.

5.^a El producto de dos números inconmensurables es tanto independiente de la unidad a que se refiere el multiplicando como el orden de factores.

6.^a El cociente de los números inconmensurables es también independiente de la unidad a que se refieren el dividendo y el divisor.

7.^a En un producto de muchos factores inconmensurables se puede invertir el orden de éstos. (*)

* * *

Todas estas demostraciones son rigurosas.

Haremos notar, además, que la serie (1), así como representa la cantidad A referida a la unidad B puede representar infinidad de cantidades A^1 A^2 A^3 referidas a unidades B^1 B^2 B^3 siempre que guarden la misma relación, y esa relación es la que caracteriza el valor de la serie (1) como número abstracto.

Además, dicha serie es absolutamente convergente y le serán aplicables todas las proposiciones referentes a dichas series, las cuales se resumen en la siguiente:

Toda expresión entera: $f(S, S_1, S_2, \dots, S_n)$ con relación a las sumas S, S_1, S_2, \dots, S_n de series absolutamente convergentes se desarrolla exactamente como si estas series se redujesen a simples polinomios, dando lugar a otra serie también absolutamente convergente.

ERRATA—En la página 196, línea 22, en vez de "proporción", léase "proposición".

NOTA DE LA DIRECCION—Hemos empezado a dar publicidad a varios escritos breves de Garavito y que se refieren a cuestiones diversas y, generalmente muy sencillas, tales como la tratada en el anterior estudio, porque reservamos sus trabajos sobre *Mecánica celeste* para cuando tengamos seguridad plena de que esta Revista habrá de continuar.

Entre estos escritos, además del presente, podemos contar con los siguientes: "Determinación de la sección meridiana de un manómetro de mercurio, para que la escala de él, que indica las presiones, se construya con marcas a distancia constante"; "Método general para el estudio de las armaduras triangulares"; "Demostración del juego de la aguja—Cálculo de probabilidades"; "Determinación de coordenadas geográficas"; "Condiciones de un reloj para que su marcha sea constante"; "Temperatura diurna de Bogotá"; "Sobre el planímetro de Amsler"; "Latitud del Observatorio de Bogotá"; "Resolución de algunos problemas de Matemáticas", etc, etc.

Bien quisiéramos, ya que hemos publicado la parte sustantiva de los trabajos de Garavito referentes a la Física matemática, dar cabida pronto en estas columnas a sus estudios fundamentales sobre el movimiento de la luna, obra que consideramos de mérito superior y que debe presentarse en forma ordenada y completa. Pero como son tan inciertas las perspectivas que se presentan para esta Revista, condenada a desaparecer de un momento a otro por causa de las intrigas fomentadas contra ella y que cada día cobran mayor fuerza, no nos atrevemos a iniciar tal publicación, por miedo a dejarla trunca.

En espera, pues, de épocas mejores y más prometedoras, dejamos en suspenso esta empresa.

(*) Véase: Aritmética de Liévano (13 edición), páginas 117 a 121.

REGIONES GEOLOGICAS DE COLOMBIA (*)

RICARDO LLERAS CODAZZI
Miembro-Fundador de la Academia Colombiana
de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales.

PREFACIO

En diferentes épocas y con variados títulos he dado a la luz pública el resultado de mis observaciones sobre los minerales, rocas y terrenos de Colombia, principalmente en las series de folletos: "Trabajos de la Oficina de Historia Natural", "Contribución al estudio de los minerales de Colombia" y "Estudio de las menas colombianas". En estas publicaciones y en otras de carácter didáctico, se me han deslizado no pocos errores, que he tenido ocasión de rectificar más tarde y he emitido algunos conceptos, sobre todo en lo que se refiere al origen de los minerales y a las condiciones geognósticas de los yacimientos, que hoy no me parecen atinados, bien porque hayan cambiado mis puntos de vista o porque nuevas observaciones y un examen más concienzudo de las cosas me hayan obligado a cambiar de opinión. Es lo cierto que tales errores y conceptos aventurados andan impresos por esos mundos de Dios y no quiero que continúen en vigencia, máxime cuando aspiro a que estas líneas sean de alguna utilidad a mis antiguos discípulos, muchos de los cuales son hoy mis colegas. He pensado que en nada mejor podría emplear los pocos días que me restan de vida, que en revisar mis antiguos trabajos y hacer las enmendaturas consiguientes.

Una vez resuelto a escribir esta fé de erratas, he creído conveniente relacionar unos con otros esos diversos artículos que hasta hoy han estado dispersos en folletos y publicaciones periódicas, para ver de constituir un conjunto no tan deshilvanado y heterogéneo. Con ese motivo he consultado de nuevo mis apuntes de viaje, los diseños hechos en el campo y los ejemplares recogidos, y fundado en tales documentos he escrito algunos capítulos que sirven de lazo de unión entre los otros materiales, antes inconexos. También he cambiado íntegramente la redacción de algunos trabajos y he completado otros en virtud de observaciones hechas con posterioridad a su publicación.

Ciertos capítulos llevan al pie unas notas críticas que tienen fácil explicación: muchas de las cuestiones de Geología son controvertibles o se apoyan únicamente en conjeturas más o menos probables y, por tanto, han dado margen a discusiones que, con frecuencia, se han visto degenerar en apasionadas y absurdas polémicas, como por desgracia suele suceder entre nosotros; me he visto en el caso de terciar en algunas de ellas y deseo dejar constancia de mis opiniones, una vez pasado el calor del debate y en capacidad, por tanto, de analizar fríamente tan delicados asuntos.

(*) Este trabajo del sabio geólogo colombiano se publica poco después de su muerte y habrá de merecernos detenidas reflexiones al terminar su inserción en estas columnas.

Este resumen tendrá también errores y desaciertos, que otros, que estén en mejores condiciones para estudiar nuestras riquezas minerales, vendrán a corregir a su debido tiempo. Eso es lo normal, y únicamente de ese modo se va depurando la Ciencia nacional de añejas preocupaciones; nuestro deber actual no es llegar a conclusiones definitivas, mucho menos en una ciencia que evoluciona tan rápidamente como la Geología, sino acumular materiales para que nuestros herederos, más tarde, lleguen a un conocimiento bastante exacto del territorio patrio.

Si he alcanzado el objeto que me he propuesto al escribir estas apuntes, no podré decirlo; valga mi buena voluntad y el deseo que me anima de ser útil a mis compatriotas.

* * *

REGIONES GEOLOGICAS DE COLOMBIA

Difícil sobremanera es hacer la determinación exacta de los diferentes terrenos que cubren el territorio colombiano: aparte de que las numerosas erupciones, ocurridas en diferentes épocas, han dislocado, plegado y aun invertido las capas estratificadas, la acción del metamorfismo, tanto termal como dinámico, ha sido de tal suerte intensa, que los fósiles han sido destruidos y se han alterado los caracteres litológicos que hubieran podido servir de base a una clasificación.

Por estas razones y por ser muy imperfecto el conocimiento que se tiene de nuestro territorio, no nos atrevemos a establecer subdivisiones en los grupos generalmente reconocidos, ni a fijar relaciones entre nuestros conjuntos geológicos y los tipos bien caracterizados y delimitados que admite la Ciencia hoy día. Aventurado, por lo menos, sería proceder de otra manera, no existiendo más razones para avanzar conceptos en tan delicada cuestión, sino las analogías que puedan existir entre nuestro país y otros de América mejor estudiados.

Por tanto adoptaremos en estas apuntes la nomenclatura de Hettner, con las modificaciones introducidas por la Comisión Científica Nacional, encargada del estudio geológico del país y de la cual fue Jefe el distinguido geólogo alemán Dr. Roberto Scheibe.

En tal virtud consideraremos el territorio colombiano como compuesto de los siguientes terrenos:

Terreno arqueano, Terreno precretáceo, Terreno cretáceo, Terreno cretaterciario, Terreno terciario, Terreno cuaternario, Formaciones eruptivas.



El terreno arqueano, que ha estado emergido durante los tiempos geológicos, es difícil de reconocer por la profunda alteración de las rocas que lo constituyen; sin embargo, sus relaciones con los terrenos circunvecinos permiten un estudio suficiente para asignarle su edad geológica con probabilidades de acierto.

El terreno precretáceo carece de fósiles y su estratigrafía no está lo bastante estudiada para poder diferenciar sus pisos. Es muy probable que en este terreno queden comprendidos los de la era paleozoica y gran parte de los de la mesozoica, pero las profundas alteraciones originadas por las rocas eruptivas, la carencia de fósiles y lo indeciso de los caracteres litológicos, no permiten, por hoy, establecer subdivisiones.

El terreno cretáceo está bien caracterizado en el país, principalmente por sus fósiles, y con toda probabilidad comprende desde el neocomiano hasta el albio, de los geólogos europeos.

El terreno cretaterciario no contiene más fósiles sino algunas impresiones de plantas y fragmentos del liñito. Comprende los últimos pisos del sistema cretáceo y los primeros del período terciario, pero como no se tienen datos suficientes para hacer la delimitación, aconseja la prudencia incluirlos en un solo grupo.

El terreno terciario es rico en fósiles y muy probablemente corresponde a los depósitos marinos del oligoceno superior.

El terreno cuaternario tiene distintos aspectos en las diferentes localidades donde se presenta a causa de que ha sido muy variada la naturaleza de las rocas que han contribuido con el material de acarreo para su formación.

Las formaciones eruptivas están constituidas por rocas que han venido a la superficie en diferentes épocas; de ellas haremos una clasificación más bien petrográfica que geológica.

TERRENO ARQUEANO (1)—Este terreno está constituido por el granito fundamental, el gneiss, el micaesquisto y los esquistos hornbléndicos. A veces este terreno está atravesado por diques de rocas intrusivas y por filones metalíferos.

En donde está mejor estudiado este terreno es en la parte central de Antioquia: comprende cuatro zonas que, con ligeras interrupciones, concurren al sur de Medellín, y son:

1ª Buriticá, Antioquia, Sopetrán y Heliconia.

2ª Tierra Adentro, Belmira, San Pedro y Medellín.

3ª Girardota, Rionegro, El Retiro y La Ceja.

4ª Páramo de Sonsón, Alto de Pereira, Pantanillo y Alto de San Miguel.

Posible es que la primera de estas zonas se prolongue hasta Frontino por el Cerro de la Horqueta, porque el núcleo diorítico o sienítico de Frontino parece como el de una roca abisal que hubiera sido puesta de manifiesto por las erosiones.

(1) Para más detalles sobre el terreno arqueano, véase "Reseña sobre la Geología de Colombia", por Tulio Ospina. 1911.

En Santander se presenta el granito normal en la zona delimitada por Vetas, la Baja y Cachirí, y el gneiss ocupa extensas áreas al N. E. de las localidades mencionadas; en la mesa de Ocaña y en el nudo de Pamplona, el gneiss ha sido atravesado por las intrusiones de granito moderno y pegmatita.

El nudo principal de la Sierra Nevada de Santa Marta es también del suelo primitivo; las rocas intrusivas se presentan principalmente hacia los flancos del macizo.

(2) Los pequeños islotes de diorita que afloran en el Pontón al S. W. de Muzo parecen ser muy antiguos y podrían referirse a este terreno.

TERRENO PRECRETACEO (3)—Este terreno está compuesto, en su parte inferior, de esquistos micáceos, cloríticos y talcosos y en su parte superior, de filades satinados, esquistos cericíticos, cuarcitas y areniscas.

(2) Los pequeños islotes de diorita que se encuentran en el sitio del Pontón al S. W. de Muzo, fueron estudiados en 1915-1916 por el Prof. Dr. Roberto Scheibe, quien a ese respecto dice en un Informe al Ministerio de Hacienda, lo siguiente:

"Si deduje en mi informe anterior, como fuente probable de los minerales hallados en las vetas esmeraldíferas, la existencia de una mole ígnea, que se solidificó en la profundidad, ahora tengo que añadir que las razones para la suposición de aquella masa granítica se han aumentado en mucho, en primer lugar por la observación de las vetas de pegmatita, por las rocas de albíta, a veces con fluorina, la feldespatización de ciertas capas y nódulos (en las últimas, en parte, con formación de cuarzos negros y fluorina) y la formación de las masas de baritina. A eso se agrega, aparte de la formación extendida de la otrelita, la aparición de minerales de contacto, como la andalucita (chiasolita) y probablemente la cordierita en regiones circunscritas y además aisladas del cambiado y tal vez la presencia de la biotita en algunas capas esmeraldíferas cerca del límite del cambiado".

"Mis ensayos para encontrar aquella roca granítica que debe ser posterior por lo menos a la parte inferior del Cretáceo, en los alrededores, cerca o lejos de la mina de Muzo, no han tenido éxito, pues la isla de rocas graníticas hallada cerca de Nupasal-Puentón (distante unos 18 kilómetros de la mina Real), la estimamos anterior a la formación cretácea en cuanto a la estructura de las rocas y los esquistos cristalinos juntos con aquella".

La roca en cuestión es una diorita de grano medio y muy uniforme, de estructura hipidiomórfica y compuesta de plagioclasa y hornblenda con un pequeño residuo intersticial clorítico, como producto de la descomposición.

(3) En el terreno que hemos denominado "precretáceo" quedan comprendidos el Paleozoico y el Jura-trias de otros autores. El Prof. Tulio Ospina, en su "Reseña sobre la Geología de Colombia" y en su "Geología general y económica de Colombia", determina el Paleozoico y el Jura-trias fundándose únicamente en la naturaleza de las erupciones que los atraviesan, en la semejanza con otros terrenos de Sur América, pues él mismo advierte la carencia de fósiles en qué apoyar la clasificación. De atenderse únicamente al criterio de las erupciones, sin aducir ningún argumento paleontológico, habría que clasificar los terrenos próximos a Natagaima, que sí contiene fósiles, como jura-trias, puesto que están atravesados por las porfiritas diabásicas, cuando son a todas luces cretáceos y de la misma naturaleza de los cerros del oriente de Bogotá (Piso de Guadalupe), según se desprende del concienzudo estudio que de esas rocas hizo Stille en 1906. ("Geologische Studien im Gebiete des río Magdalena"); igualmente, las calcáreas ricas en amonitas, trigonias, grifas, etc., del pie del Alto de los Hernández entre Payandé y la Quebrada del Cobre en el Tolima, deberían calificarse como jura-trias, por el hecho de estar en contacto con la monzonita porfídica. Para evitar tales inconsecuencias hemos pensado que lo más prudente es abarcar todas esas formaciones que carecen de fósiles y que son anteriores al Cretáceo con una sola designación. Evitamos de esta manera, clasificar por simples analogías, que suelen ser malas consejeras en estos casos.

El ingeniero Sr. J. C. F. Randolph, en sus "Informes sobre las minas de metales preciosos en el Departamento del Tolima", declara triásicos a todos los terrenos estratificados de la banda izquierda del río Magdalena, sin aducir ningún argumento paleontológico ni estratigráfico, y así los presenta en su croquis geológico del Departamento. Esos terrenos, que en muchas localidades contienen fósiles, son unos del Piso de Guadalupe (Cretáceo) y otros del Piso de Gualanday (Creta-terciario). Es verdad que esos informes son de un carácter enteramente comercial y que la geo-

niscas muy alteradas por la acción del metamorfismo. Su aspecto es característico: se ven doblados los esquistos formando grandes curvas, o bien plegados estrechamente en zig-zag; en algunas localidades están muy dislocados por las rocas eruptivas, de suerte que sus estratos quedan casi verticales, pero, por regla general, los pliegues son más frecuentes que las fallas y dislocaciones.

Este terreno, muy extenso en el país, cubre en gran parte los declives que concurren al Valle del Cauca, tanto de la Cordillera Occidental como de la Central; al N. de Antioquia cubre una área enorme cuyo límite meridional podría fijarse en una zona de dirección SW.-NE. por Frontino, San Andrés, Campamento Zea y Zaragoza, y cuyos límites septentrionales están en las Sabanas de Bolívar; ocupa una zona paralela al río Magdalena en la vertiente oriental de la Cordillera Central, que continúa por las fronteras occidentales del Departamento del Tolima, hacia el sur, hasta la hoya del Páez. En la Cordillera Oriental este terreno está muy desarrollado en el macizo de Ocaña, a un lado y otro de la serranía de Pamplona y en las faldas orientales del Nevado de Chita; en seguida forma una zona relativamente estrecha, paralela al eje de la cordillera, pero bastante distante de la línea divisoria de las aguas, que se extiende por los estribos y contrafuertes de esta cordillera, con algunas interrupciones, hasta las cabeceras de los ríos que van al territorio del Caquetá.

En la Sierra Nevada de Santa Marta este terreno ocupa la parte principal de las vertientes, muy roto y alterado por las rocas intrusivas.

En la Cordillera Central, al norte, predominan los esquistos cristalinos micáceos o anfibólicos, y en la región central y meridional, principalmente en el Tolima, prevalecen los esquistos cloríticos y

logía en ellos es asunto secundario, pero cuando el Señor Randolph estuvo en el país ya se habían publicado algunas noticias sobre esos terrenos, que, de haberlas tenido en cuenta, le habrían dado mucha luz sobre el asunto.

H. Karsten, en su "Géologie de l'ancienne Colombia Bolivarienne", habla también del terreno Jurásico en una región muy restringida del sur del Tolima, pero el hecho no está aún bien comprobado. El R. P. M. Gutiérrez, S. J., en su "Geología de Bogotá y sus alrededores" admite la posible existencia del terreno Jurásico debajo de las areniscas de los cerros de Monserrate y Guadalupe. Está probado hasta la evidencia que esos cerros reposan sobre el Piso de Villeta, que contiene fósiles del Cretáceo.

No creemos que puedan tomarse en serio las opiniones del General Francisco J. Vergara y Velasco en materia de Geología ("Nueva Geografía de Colombia"—1901), quien clasifica como paleozoicos los terrenos próximos a Bogotá, fundándose en un fósil encontrado en una piedra rodada cerca de la capilla de La Peña (terreno de acarreo) y que él clasifica como trilobito; tuvimos ocasión de ver el fósil en casa del General y podemos asegurar, sin temor de equivocación, que no es trilobito, como puede asegurarlo también cualquiera que examine el retrato del fósil, en la fig. 97, página 252 del libro en referencia.

El granito de "El Verjón", que también aduce en apoyo de su aserto, nada prueba acerca de la edad de las rocas estratificadas de esa localidad. En primer lugar, a juzgar por la fig. 98, es muy debatible que la roca en referencia sea realmente granito, pues se ve con entera claridad que el cuarzo envuelve al feldespato, como ocurre en las pegmatitas; y en segundo lugar, aun cuando lo fuera, no puede deducirse de ahí que la roca encajante sea paleozoica, porque es sabido, y en Colombia ocurre con suma frecuencia, que el granito atraviesa capas geológicas de edades muy diversas. (Véase a este respecto Michel Lévy: "Généralités sur les granites").

Estas curiosas aseveraciones y otras de que está plagada la "Nueva Geografía de Colombia", hacen que el lector reciba con des-

el negro-negro, que es un esquisto grafitico de carácter especial.

En la Cordillera Oriental predominan los esquistos micáceos, ricos en granates y turmalinas, hacia el norte; vienen luego los filades satinados al oriente de Boyacá; en la región oriental de Cundinamarca predominan los esquistos cericíticos, las cuarcitas y las areniscas metamórficas, formación que continúa hasta el extremo sur de la zona precretácea.

Desde el punto de vista de la minería, este terreno es tal vez el más importante de Colombia: la mayor parte de los filones auríferos de Antioquia, tanto los que contienen oro libre como los de cuarzo con piritas, están en los esquistos de esta formación; en el Tolima, puede decirse que la zona de los minerales auro-argentíferos está dentro de los límites de los esquistos cloríticos y grafiticos.

TERRENO CRETACEO—Este terreno se apoya sobre el anterior en estratificación discordante, es de grande espesor y las diferentes capas que lo constituyen están unas con respecto a otras en estratificación concordante, con excepción de algunas localidades, por cierto muy circunscritas, como Vélez y Muzo.

La delimitación de los diferentes pisos es fácil de verificar, no solamente por el carácter litológico de las capas, sino por la abundancia de fósiles. Sus estratos están a veces doblados, pero estos dobleces, tanto sinclinales como anticlinales, son de difícil apreciación en el terreno por el inmenso trabajo de erosión verificado por las aguas; en cambio las fallas son muy visibles y de dimensiones colosales.

Algunas rocas eruptivas atraviesan las capas (Chita, los Farallones de Medina, Ariari, etc.), pero ocupan áreas muy pequeñas comparadas con la gran masa estratificada.

confianza hasta las transcripciones de otros autores, que figuran en la obra, máxime cuando el General se permite algunas libertades que no son de recibo en el campo científico, por ejemplo: traduce Schichten por pizarras para hacerle decir a Hettner cosas que jamás pasaron por la mente del ilustre viajero, como puede verse en la leyenda de la fig. 89, pág. 231.

El distinguido médico, Dr. Juan de Dios Carrasquilla, va más lejos en sus apreciaciones. Si hemos de dar crédito a la cita que de él hace el General Vergara y Velasco, encuentra en una región, relativamente pequeña de la Cordillera Oriental, nada menos que capas de los terrenos silúrico, carbonífero, pérmico, triásico y jurásico. ("Nueva Geografía", pág. 252) y llega hasta afirmar que la Geología puede estudiarse, al menos en Colombia, con sólo el auxilio del barómetro, porque, en tesis general, a cada altitud se encuentra determinada formación o terreno. Lástima y grande es que un hombre tan avisado como el Dr. Carrasquilla no hubiera leído el famoso libro de Michel Lévy sobre la "Estructura y clasificación de las rocas eruptivas".

En las obras del General T. C. de Mosquera, del General A. B. Cuervo, del Presb. Dr. F. C. Aguilar, y en las narraciones de varios literatos y viajeros, se encuentran los más contradictorios conceptos, sobre los terrenos anteriores al Cretáceo. Es preciso tener en cuenta que el mérito de esos libros está en la parte literaria o en informaciones de otro género, y que sus autores sólo se ocupan de Geología de una manera accidental. Por esa razón no hacemos mención de esos escritos en estas apuntaciones. Tan poco entramos a examinar las opiniones del Barón de Humboldt y del sabio naturalista Boussingault, emitidas en una época en que la Geología estaba aún en su infancia.

La formación denominada por Hettner "Piso de Puitama" es una compuesta de esquistos cloríticos y talcosos, cuarcitas y filades y ocupa una extensión considerable en la vertiente de la Cordillera Oriental que desciende hacia Villavicencio. Por la naturaleza de sus rocas y por su posición geológica queda también en el terreno precretáceo.

La subdivisión de este terreno, según los geólogos alemanes, es como sigue:

Superior: Piso de Guadalupe.

Medio: Piso de Villeta.

Inferior: Piso de Girón.

Cada uno de estos pisos está constituido por diferentes capas, muy bien caracterizadas por sus fósiles; estas capas, enumeradas de arriba a abajo, son:

Piso de Guadalupe—Arenisca con pectens.

Arenisca de labor, compacta, uniforme, con algunos lechos intercalados de arenisca pintada ("Tigersandstein").

Arenisca cúbica muy silíceo ("Quadersandstein").

Esquistos silíceos en placas ("Plaenersandstein"), a veces con fósiles, principalmente inoceramus y foraminíferos.

Lechos alternados de arcilla hojosa gris y arenisca negra azulosa de cemento silíceo.

Pizarra tierna de foraminíferos, calcárea blanca con numerosos fósiles, principalmente exogiras, grifeas, trigonias y amonitas.

Piso de Villeta—Pizarras grises tiernas, cruzadas por venulas de limonita que le dan aspecto de septarias.

Pizarras negras bituminosas, con venas de calcita y capas delgadas de piritita; los fósiles de estas pizarras son principalmente amonitas y trigonias. Calcárea negra de amonitas.

Piso de Girón—Conglomerado de grandes elementos, en el cual se destacan gruesos cantos rodados de cuarcita.

Este terreno cubre una área considerable en el país: se presenta con unos mismos caracteres en el Cauca, Antioquia y Tolima, y adquiere un desarrollo enorme en la Cordillera Oriental. El piso de Guadalupe predomina en las partes altas; el de Villeta en las bajas y el de Girón sólo se presenta en muy pocas localidades; sin embargo, a causa de los numerosos pliegues y de las dislocaciones, verdaderamente gigantescas, que presenta, se puede ver el piso de Guadalupe a un nivel relativamente bajo, como al occidente de Cundinamarca, y el de Villeta a la altura de las altiplanicies, como en Ubaté y Zipaquirá. La inclinación de los estratos varía muchísimo, lo mismo que su rumbo, lo cual depende de los diversos accidentes tectónicos apuntados; el estudio de este terreno, desde ese punto de vista, no se ha hecho hasta hoy sino para localidades muy circunscritas a causa de las dificultades que ofrece.

Esta formación principia a diseñarse bastante al sur de Cali y se extiende en una zona relativamente angosta a un lado y otro del río Cauca, para entrar en el territorio antioqueño por las regiones de Supía, Caramanta y Titiribí; en esta parte sufre muchas dislocaciones y transformaciones por la influencia de las rocas eruptivas, pero, a pesar de las interrupciones, puede seguirse por Amagá, Heliconia, Ebéjico, Sopetrán, Liborina, Cáceres, Sucre y Zaragoza.

(4) En la vertiente oriental de la Cordillera Central forma una angosta zona que se extiende desde el vértice del ángulo que esta cordillera hace con la Oriental hasta los confines con Antioquia, separando los llanos del Tolima del núcleo principal de la cordillera y experimentando frecuentes trastornos por la inmediatez de las rocas intrusivas y volcánicas; adquiere su mayor anchura en la región de La Plata y se interrumpe entre el Valle y Payandé para volver a aparecer en unas pocas localidades al N. del Departamento.

En la Cordillera Oriental cubre una vasta extensión comprendida entre la margen derecha del río Magdalena y el borde oriental de las altiplanicies y páramos de Cundinamarca y Boyacá, borde en el cual principia la zona precretácea; pero hacia el oriente de esta zona, contra los llanos de Casanare y San Martín, vuelve a aparecer este terreno con sus pisos característicos. En el sentido S.-N. su extensión es enorme, porque va desde el sur del Tolima hasta el páramo del Almorzadero, donde principian las formaciones cristalinas ya mencionadas. Al N. de la mesa de Ocaña vuelve a definirse este terreno y forma la elevación lineal que, con los nombres de Sierra de Motilones y Perijá, va a terminar en la Guajira.

Fuera del sistema andino se presenta esta formación también en la cordillera de Baudó y en algunos sitios de la cuenca del Chocó.

Desde el punto de vista de la minería tiene este terreno bastante importancia: el piso de Guadalupe suministra a la industria arcillas, margas, calcáreas y piedras de aparejo y en el de Villeta se encuentran localizadas las salinas, las minas de esmeraldas y algunos filones de cobre.

(5) TERRENO CRETATERCIARIO—Este terreno está colocado sobre el anterior en estratificación discordante; los pisos que lo constituyen son también discordantes entre sí y presentan a veces notables transgresiones. Estos pisos, enumerados de arriba a abajo, son:

(4) Las cuarcitas calcáreas de que habla el Sr. Randolph en sus informes, lo mismo que las areniscas y calcáreas del centro y norte del Tolima, que el mismo autor refiere al terreno trisico, no son otra cosa sino las rocas del piso de Guadalupe, del terreno cretáceo.

(5) Con respecto a la subdivisión que hacemos del terreno que hemos denominado "Creta-terciario", dice el Dr. Scheibe en los "Documentos de la Comisión Científica de Colombia", lo siguiente: "Las capas descritas de la montaña de Gualanday se unen en un piso geológico, la edad del cual todavía no se pudo determinar con seguridad suficiente. Rodea y cubre este piso a las capas cretáceas, y está cubierto por la formación túfica, que se estima de edad diluviana. Es muy probable, por eso, que el "piso de Gualanday" sea terciario. El geólogo Stille toma esta formación por la continuación de las capas, principalmente compuestas de material volcánico, que constituyen la región de Honda, llamado en su totalidad "piso de Honda" por Hettner. No parece suficientemente probada la opinión de Stille, y por eso mantenemos por ahora por separado las formaciones geológicas de la montaña del Gualanday con la denominación de "piso de Gualanday". Tampoco hay conformidad de este piso con el piso de Guaduas, de la formación cretáceo-terciaria, que es el que contiene los yacimientos de carbón en la Cordillera Oriental.

"Al sur de La Virginia se ha observado bien desarrollado un conjunto ancho de capas concordantes, que se apoya en las capas del piso de Guaduas y que se extiende discordantemente sobre ellas. Manifiesta así, una independencia geológica estratigráfica de un piso, y por eso lo llamamos preliminarmente "piso de Bar-

Superior: Piso de Gualanday.

Medio: Piso de Barzalosa.

Inferior: Piso de Guaduas.

Las capas de estos pisos, enumeradas también de arriba a abajo, son:

Piso de Gualanday—Arcilla gris hojosa con delgadas capas de un liñito terroso, a veces compacto, casi siempre con pirititas.

Arenisca tierna gris verdosa con granos redondos de sílice negra.

Capas de conglomerado, compuesto de guijarros relativamente gruesos de sílex córneo y cuarzo lechoso, que alternan con una arenisca margosa, tierna, con manchas rojas.

Arenisca blanca o amarilla de grano fino.

Arenisca roja.

Arcilla roja o violácea.

Piso de Barzalosa—Arcilla roja.

Arenisca tierna gris, de grano fino en la parte superior y de guijarros redondos de cuarzo blanco y negro en la parte inferior (varias capas que alternan con arcilla roja).

Arenisca roja.

Litomargas amarillas en grandes bolas.

Arcilla con esquisto papiráceo impregnado de materias orgánicas. Septarias calcáreas en grandes lentejas que tienden a formar una capa.

Arenisca tierna, esquistosa en la parte superior y compacta en la inferior.

Una capa no muy gruesa de una arenisca muy ferruginosa.

Arcilla gris, azulosa, con vénulas de yeso.

Capas alternadas de un conglomerado compuesto de fragmentos de esquisto silíceo (Plaener) y de una arenisca tierna, blanca, de grano fino, también de silíceo.

zalousa", por estar mejor desarrollado en los alrededores de aquel caserío en ambos lados del camino real y del ferrocarril".

"Con su "piso de Honda" juntó Stille las arcillas margosas de nuestro "piso de Barzalosa", que se extiende discordantemente sobre el piso de Guaduas en nuestros territorios, pero hasta ahora no están probadas ni la unión estratigráfica con las areniscas de Girardot (en parte de material volcánico), perteneciendo también al piso de Honda, según Stille, la identidad con las rocas de la región de Honda misma. Parece mejor tener todavía separado el piso de Barzalosa del de Honda, hasta que se pueda efectuar un estudio detenido de la región de Honda y Guaduas, a pesar de que no se puede desconocer la posición estratigráfica semejante de ambos pisos con el piso de Guaduas" (1917-1918).

Reproducimos a continuación algunos párrafos de una carta del Dr. Scheibe, en la cual nos da sus últimas impresiones sobre el "piso de Honda":

"... Las areniscas de Honda, como se extienden desde las lomas al sur de Honda y en su continuación en la orilla oriental del Magdalena hacia el Río Seco y Guaduas, no son de material volcánico; son areniscas de cuarzo, feldespato kaolinizado, mica negra y apenas hornblenda con cemento arcillo-arenoso, de granos normalmente gruesos, y tienen intercalados conglomerados hasta de bastantes metros de ancho, conteniendo material silíceo (guijarros de cuarzo, esquisto silíceo, cuarcita, jaspe cretáceo silificado); es muy difícil encontrar un solo guijarro de dacita (o pórfido cuarzoso gris (?)). Al otro lado del Gualí, al norte y noroeste de Honda, se extiende primeramente una terraza de tuf gris andesítico normal hasta de 50 metros de altura. Este tuf se encuentra también en el valle del Gualí mismo hasta el pie de las lomas aquellas al sur de Honda; reinan en la masa arenosa meramente volcánica (feldespato, mica, hornblenda, cuarzo, fierro magnético), bloques grandes de andesita y muy rara vez se encuentran pequeños fragmentos rodados de cuarzo, granito, esquisto o jaspe".

"Esta terraza está superpuesta y recostada a depósitos que suben a una altura considerable cerca de Honda, y que consisten

Piso de Guaduas (en la región de Tocaima)—Capas de areniscas blancas o rojizas, de grano variado, separadas por arcillas rojas.

Capas de arenisca ferruginosa de grano grueso, algunas de las cuales contienen guijarros redondos de cuarzo.

Areniscas de colores claros, de grano fino, con restos carbonizados de plantas ("Haecksel").

Arcilla gris esquistosa con capas de carbón.

Capas de arenisca ferruginosa, de grano grueso, guijarros cuarzosos.

Arcillas grises con infiltraciones de limonita.

Piso de Guaduas (en las partes altas de la cordillera como Zipaquirá, Nemocón, etc.)—Pizarras negras.

Areniscas.

Arcillas esquistosas rojas y grises con muchas capas de arenisca intercaladas.

Areniscas de grano grueso.

Esquistos negros con capas de carbón.

Arcillas grises con areniscas.

Arcillas con vetas de carbón.

Arenisca de grano grueso.

Arenisca de grano fino.

Arenisca de grano muy grueso.

Pizarras grises y negras.

El piso de Gualanday se desarrolla principalmente en el Tolima, al norte del río Coello, entre el Coello y el Luisa y al sur del Luisa; al norte del Coello el piso está plegado y forma una serie de valles anticlinales y sinclinales; entre el Coello y el Luisa continúan los bordes montañosos de los valles y hacia el sur del Luisa el piso se denuncia por una serie de colinas muy pequeñas que se extienden hasta el cerro del Mohán, que también per-

en la base en un tuf tan macizo que puede equivocarse con la andesita misma, pero está a veces un poco estratificado. Sobre él siguen masas arenosas de color amarillento, de grano grueso, que consisten en partículas rodadas de feldespato, hornblenda, mica, de una roca basáltica negra, cuarzo, jaspe, etc., cementado todo por una masa arcillosa fina. En las masas arenosas hay lechos de conglomerados con fragmentos grandes (a veces hasta de medio metro y más) de andesita principalmente; además hay piedra pómez, granito, esquisto micáceo, cuarzo, cuarcita, jaspe (Plaener amarillo silíceo), esquisto silíceo; suben los lechos del conglomerado hasta el oeste, poco a poco, mientras el tuf gris normal es horizontal y hacia el oeste forma terrazas planas al pie de las lomas altas con contornos irregulares, que a veces se muestran como ataúdes y ruinas y que son restos de capas anteriormente muy extensas (las lomas curiosas de Honda) y parecen ser un poco inclinadas y muestran discordancia (al parecer) con los tufes grises modernos horizontales".

"Queda todavía el hecho notable de la diferencia esencial petrográfica en las lomas al norte y al sur del río Gualí cerca de Honda y de que hay una terraza (o algunas) de tuf en las hondonadas al pie de las lomas".

"La descripción de Stille se refiere, según mi opinión, a las masas inclinadas hacia el este, en el camino de Honda hacia Guaduas. Las sierras de El Sargento y Raizal muestran principalmente las capas de Honda conglomeráticas (los conglomerados de Hettner en el piso de Guaduas) y apenas se ven en el camino capas de Guaduas, que se muestran en los valles solamente".

"No es todavía clara la cosa; se necesita ver las lomas hacia Mariquita y Victoria y más al norte hacia La Dorada, que parecen continuación de las capas al este del Magdalena y al sur de Honda (capas propias de Honda, de Stille) para ver su composición. Probablemente los observadores anteriores no se dieron cuenta de que hay diferencias en las capas respectivas. Pero ahora comprendo que Stille unió el piso de Gualanday con sus capas de Honda (sin rocas volcánicas); él se apoya sobre la semejanza petrográfica, pero entonces se necesita hacer la distinción entre las diferentes capas de la región de Honda".

tenece a este piso, y más al sur, en dirección a Ortega. Este piso, en toda su extensión, se muestra en discordancia muy marcada con las formaciones túficas del piso de Honda, que le es adyacente.

El piso de Barzalosa ha sido estudiado por la Comisión Geológica en la región de Tocaima a Girardot, en la banda derecha del río Bogotá, principalmente entre la línea del ferrocarril y las primeras estribaciones de la serranía principal, pero es muy probable que ocupe también zonas de consideración en la banda izquierda. Sus capas están en discordancia con las del piso de Guaduas y aun a veces son transgresivas; por otra parte, está también en discordancia con las capas de arenisca de Girardot, que muy probablemente pertenecen al piso de Gualanday.

El piso de Guaduas presenta dos aspectos distintos, según se le considere en las partes altas de la cordillera o en las inmediaciones del río Magdalena; como ha podido advertirse en la enumeración de las rocas que lo constituyen, esos dos aspectos no son comparables, pues nada autoriza a establecer correspondencias entre las respectivas capas: su clasificación sólo puede establecerse atendiendo a sus relaciones geológicas con los pisos vecinos y a la circunstancia de contener, en dondequiera que se presenta, capas de carbón con idénticos caracteres. Este piso es muy extenso: forma los bordes montañosos de las grandes altiplanicies andinas de la Cordillera Oriental, desde el sur de Bogotá hasta Landázuri y el Cerro de Armas por una parte, y el páramo de Tamá por otra; se interrumpe por las formaciones cristalinas del norte de Santander y vuelve a aparecer en la Sierra de Motilones y Perijá.

En Antioquia ocupa algunas regiones circunscritas, como en Amagá y Titiribí, y en el Valle del Cauca ocupa una extensión considerable al sur de Cali. Fuera de estas localidades se presenta también en el golpo de Urabá y otros parajes de la costa. Por sus riquezas minerales, el terreno que estamos estudiando tiene alguna significación: el piso de Gualanday suministra una arenisca utilizable como balasto en las vías férreas y como piedra de labor en trabajos ordinarios; el piso de Barzalosa contiene numerosas vetas de yeso que actualmente están en explotación, y el piso de Guaduas suministra todo el carbón mineral que se consume en el país.

TERRENO TERCIARIO (6)—Este terreno está caracterizado por la abundancia de fósiles marinos, entre los cuales predominan los pectens, cardiums, cri-

(6) El Dr. Scheibe dice en los "Documentos de la Comisión Científica de Colombia", lo siguiente:

"Fue Hettner quien clasificó en lo general, pero de modo fundamental, las formaciones cretácea y terciaria de la Cordillera Oriental, y apoyándose en sustancia en el desarrollo geológico de la región entre Honda y Bogotá, estableció allí cuatro pisos principales, que coinciden bien con los rasgos esenciales de la configuración topográfica en las regiones donde se extienden, y que son:

1º El piso de Villeta, correspondiente al cretáceo inferior.
2º El piso de Guadalupe, correspondiente a la parte principal del cretáceo superior.

3º El piso de Guaduas, correspondiente al cretáceo más superior y probablemente ya al terciario más inferior.

4º El piso de Honda, perteneciente al terciario.

Las observaciones de la Comisión Científica hacen probable

tas y turritelas. Las capas que lo constituyen son, de arriba a abajo:

Costras delgadas de arenisca ferruginosa.

Pizarras grises con láminas de yeso.

Arenisca tierna micácea.

Bancos gruesos de calcárea de fósiles.

Predomina este terreno en la Guajira, principalmente en la costa oriental; sus estratos horizontales están en estratificación discordante con los del piso de Guadalupe, que constituyen las diversas serranías del centro de la península.

En cuanto a minerales útiles sólo pueden mencionarse el yeso y el fosfato de cal, que se encuentra en pequeñas cantidades en las calcáreas de la costa oriental.

TERRENO CUATERNARIO—Este terreno reposa horizontalmente o con ligeras ondulaciones, sobre los anteriormente descritos; en las distintas localidades se presenta con distintos caracteres, a causa de la diversidad de materiales de que está compuesto.

En los llanos orientales este terreno está formado por una gruesa capa de grava con grandes cantos rodados, en la región próxima a la cordillera, y con arenas cada vez más finas a medida que se avanza hacia el oriente, hasta que en el bajo Meta y en las cercanías del Orinoco sólo hay un lodo fino acarreado por las aguas.

En las hoyas del Catatumbo y Zulia el terreno reposa sobre una arenisca ferruginosa con fósiles vegetales y está formado por arenas micáceas y cuarzosas que contienen granates y esmeril muy fino.

En la península Guajira los aluviones, compuestos de arenas de composición muy variada, reposan sobre el terreno terciario ya descrito.

En las altiplanicies de la Cordillera Oriental, como Sogamoso, Paipa, Chiquinquirá, Ubaté y Bogotá, la forma con cuaternaria es muy gruesa y se compone de arena fina, arcilla, grava y un lodo con materias orgánicas en descomposición. En los valles bajos de Boyacá y Cundinamarca la formación está compuesta por un limo muy fino con limneas, planorbes y otros caracoles, y de bancos más o menos gruesos, de grava de grandes cantos rodados, lechos de antiguos ríos.

En la parte central del Tolima las capas cuaternarias están compuestas, unas, de grava de gruesos elementos cementados por arcilla, principalmente cantos rodados de sienita, monzonita, andesita y otras rocas frecuentes en las cordilleras cercanas;

que tal vez todo el piso de Guaduas pertenezca ya a la formación terciaria".

Como se ve, Hettner y la Comisión Científica se inclinan a creer que el piso de Guaduas, por lo menos en parte, pertenece al terciario. Como el punto está aún por resolverse de un modo incontrovertible, nos ha parecido prudente incluirlo en el terreno que hemos denominado creta-terciario.

Hettner opina que la formación de Honda, con sus capas de material volcánico, es terciaria; Stille hace consistir el piso de Honda únicamente en aquellas capas sin material volcánico. En todo caso, los tufs y las cenizas superficiales son diluvianas y por eso los hemos incluido en el cuaternario. Mientras se decide la cuestión pendiente acerca de las capas de conglomerado, declaramos como de la formación terciaria únicamente los terrenos de la Guajira, acerca de los cuales no hay duda alguna.

otras, de un *tuf* andesítico, bastante tenaz y compacto, y otras de arenas sueltas en las cuales predominan las cenizas andesíticas con partículas de magnetita (piso de Honda, de Hettner).

En las regiones de Antioquia en donde se presenta este terreno, lo mismo que en las Sabanas de Bolívar, abundan las gravas, las arcillas y las arenas, que en muchas partes forman aluviones auríferos bastante ricos.

En el centro del Valle del Cauca y en la región del Chocó la formación cuaternaria es parecida a la de Antioquia.

En las altiplanicies del Sur, como Pasto, Túquerres, etc., el terreno está compuesto principalmente de cenizas volcánicas.

FORMACIONES ERUPTIVAS (7)—Las rocas eruptivas, al salir a la superficie, han dislocado y roto los estratos de las rocas sedimentarias, dándoles su relieve actual y formando en sus linderos zonas de contacto de estructura peculiar y de composición muy compleja. Además, por su acción dinámica, han formado los sistemas de grietas, que, mineralizadas luego, constituyen las venas que hoy se explotan en solicitud de los metales preciosos, y de ahí su grande importancia desde el punto de vista económico. Estas rocas han venido al exterior en diferentes épocas y, por tanto, han atravesado diferentes terrenos; en atención a su edad geológica y a sus condiciones petrográficas las dividiremos en dos categorías: plutónicas y volcánicas. La clasificación de algunas de ellas como abisales y otras como hipabisales, en el sentido riguroso de las palabras, es cuestión bastante discutible en el estado actual de nuestros conocimientos sobre el país.

ROCAS PLUTONICAS—En esta denominación quedan comprendidas, a más de las rocas abisales, las designadas por los geólogos franceses "roches filonienes", el grupo de "Ganggesteine" de los alemanes o rocas "hipabisales" y algunas otras peculiares de América y de gran significación en los Andes. Estas rocas son todas intrusivas y la mayor parte de ellas holocristalinas (muy pocas contienen una pequeña cantidad de vidrio amorfo) y en todas es muy frecuente la estructura porfídica. Este grupo comprende las aplitas, las pegmatitas, los pórfi-

(7) El Prof. don Tulio Ospina, en su "Geología General y Económica de Colombia", clasifica la mayor parte de las rocas eruptivas del país como rocas sienito-dacíticas y rocas diorito-andesíticas. No estamos de acuerdo con estas innovaciones en la nomenclatura petrográfica, que sugieren la idea de que tales piedras están aún por clasificar y que no les conviene ninguno de los nombres consagrados ya por la ciencia. A nuestro juicio, asociar los nombres de sienita y dacita es tanto como desconocer la importancia de la estructura en la taxonomía petrográfica, y otro tanto puede decirse de la unión de las palabras diorita y andesita. El autor a quien nos referimos adopta esas designaciones porque le parecen anticuadas la denominación general de granito y la de pórfido metalífero; estamos conformes en cuanto se trate de abandonar esas voces antiguas, a todas luces impropias por lo vagas e inexactas, pero de sustituirlas ha de ser por otras más precisas y más de acuerdo con los fundamentos de la clasificación: la estructura, la composición mineralógica y la manera de presentarse en la naturaleza. Verdad es que el autor no tuvo fuentes de información suficientes a este respecto, a juzgar por la bibliografía que trae al fin del trabajo, pero hubiera sido preferible que usara en cada caso un solo nombre específico: sienita, diorita, dacita, andesita.

dos y las porfiritas. Algunas rocas que tienen cierto carácter abisal y cuya composición las aproxima a las rocas graníticas, pueden incluirse sin embargo en este grupo, en virtud de sus relaciones geológicas; tales son, por ejemplo, el granito andino, la sienita, la monzonita y algunas variedades de diorita.

Las rocas de esta clase han hecho intrusión principalmente en los esquistos cristalinos y en los filados del terreno precretáceo, pero en algunas localidades son posteriores a él, pues han dislocado y roto los estratos del cretaterciario.

Pertenecen a este grupo las siguientes rocas:

El granito andino de Antioquia (San Carlos, San Roque, Amalfi, Angostura, etc.), y los de las regiones de Manizales, Huila, Farallones de Medina y Norte de Santander. La diorita de Chitagá y Chita.

La monzonita de Ibagué, Ataco, Coyaima y otras localidades de la Cordillera Central.

La halleflinta de la Sierra Nevada de Santa Marta.

La aplita y la pegmatita de la Sierra Nevada de Santa Marta y del Norte de Santander.

Las porfiritas de Caramanta y Natagaima.

Estas rocas se presentan muchas veces en grandes masas intrusivas, otras, en forma de diques o filones y, finalmente, en hilos delgados que no son otra cosa sino los apófisis de masas internas.

Sus caracteres petrográficos son muy contantes: carecen de residuo vítreo, salvo en las variedades básicas, la presencia de las plagioclasas es casi normal y todas van limitadas por una zona de contacto muy significativa. En esa zona de contacto la acción del metamorfismo ha sido muy intensa, salvo en las areniscas. Los grandes cristales de hornblenda de las rocas eruptivas antioqueñas, las turmalinas negras y los granates almandinos de Santander, el granate grosular de la mina del "Sapo" en el Tolima, el epidoto de Puerto Berrío, los granates y epidotos de Payandé, la chistolita y la otreilita de Muzo, etc., son minerales que se han formado en virtud de ese metamorfismo.

Para poner de manifiesto los caracteres distintivos de estas rocas, incluimos a continuación la descripción de los tipos mejor estudiados; fuera de estos tipos que caracterizan ciertas localidades, hay un número inmenso, en nuestras cordilleras, de especies y variedades, que sólo se conocen por la mención que de ellas hacen los viajeros:

Granito de grandes elementos de la Sierra Nevada de Santa Marta: Todos los elementos de la roca son de grandes dimensiones: el cuarzo, en fragmentos angulosos, envuelve a los cristales y a las masas irregulares de feldespato ortoclasa, la mica muscovita se halla diseminada en grandes láminas, principalmente en las masas feldespáticas; la hornblenda, en parte urazitizada, se encuentra en cristales dispersos.

Granito de grandes elementos de Ipiales: Es muy semejante al anterior, se distingue porque sus elementos no son tan grandes y por la abundancia de mica.

Granito de Ocaña: Estructura hipidiomórfica. Elementos: cuarzo en grandes granos, con inclusiones; ortoclasa en grandes cristales; muscovita en láminas muy abundantes, con inclusiones de granate y minerales metálicos; biotita negra; turmalina en cristales radiados.

Granito de Ocaña: Granito de grano medio. Estructura hipidiomórfica. Elementos: cuarzo, ortoclasa, plagioclasa, biotita, esta última con numerosas inclusiones.

Pegmatita de Arboledas (Santander): Roca de grandes elementos, de estructura un poco gráfica, compuesta de grandes cristales de ortoclasa maclados conforme a las leyes de Baveno y Carlsbad; cuarzo de color violeta pálido que sigue los contornos del feldespato; láminas de mica diseminadas en el feldespato; como elementos accidentales figuran: turmalina negra en grandes barras, granate, pecblenda, magnetita y siderocromo.

Pegmatita de la hoya del Suaza—Roca de grandes elementos, compuesta principalmente de cuarzo en granos o en vénulas, feldespato ortoclasa en grandes masas y a veces en mezcla con el cuarzo y grandes láminas de mica blanca. Como elemento accesorio contiene magnetita en cristales.

Greisen de Ocaña (Región del Catatumbo): Roca compuesta de grandes masas de cuarzo, con inclusiones de casiterita y pequeñas láminas de mica dorada.

Greisen de Ipiates: Roca compuesta de cuarzo y mica, con inclusiones de turmalina en cristales radiados.

Halleflinta de la Sierra Nevada de Santa Marta: Roca de elementos homogéneos y cristalinos, de cuarzo y feldespato únicamente.

Granito andino de los Farallones de Medina: Roca de grano grueso, de estructura hipidiomórfica. Elementos: cuarzo en granos irregulares, ortoclasa y plagioclasa en cristales tabulares, mica negra y hornblenda en pequeña cantidad.

Granito andino de Manizales: Roca de grano medio, de estructura hipidiomórfica. Elementos: cuarzo, ortoclasa, plagioclasa, mica negra y hornblenda.

Monzonita de Ibagué (8)—Roca de grano medio, de estructura hipidiomórfica. Elementos: ortoclasa y plagioclasa en cristales penetrados, hornblenda, probablemente de segunda formación, un material clarítico y partículas diseminadas de magnetita.

Monzonita de Ataco: Roca de grano medio, de colores claros, estructura hipidiomórfica, y compuesta de los siguientes elementos: ortoclasa en cristales tabulares; plagioclasa frecuentemente en

(8) El geólogo, Dr. Fortunato Pereira, clasificó esta piedra como sienita. Los profesores americanos Farrington y Nichols, al estudiar las muestras que el mismo Pereira envió a la Exposición de Chicago, la describieron como andesita. Creemos que lo que hubo en el particular fue un cambio de las muestras o la pérdida de algún rótulo, cosa muy posible si se tiene en cuenta que el individuo que llevó la colección a los Estados Unidos era absolutamente lego en estos asuntos, perdió muchas de las muestras que se le confiaron y abandonó las restantes cuando regresó al país. En la región de Ibagué, que es muy extensa, existe, como lo dice Pereira, la sienita (que nosotros clasificamos como monzonita, variedad de la sienita) y existe también una variedad de la andesita que corresponde, punto por punto, a la descrita por los petrógrafos americanos.

interpenetraciones con la ortoclasa; augita, serpentinizada en parte; hornblenda procedente de la augita; cuarzo en interpenetraciones granofíricas con el feldespato. Como minerales accesorios figuran pequeños cristales de apatita y zircon y granos de hierro magnético.

Monzonita de Coyaima: Roca de grano medio con los siguientes elementos: ortoclasa en cristal de color rosado; plagioclasa, a veces incluida en la ortoclasa; cuarzo en pequeños granos; augita algo alterada y con elementos accidentales, biotita, serpentina, clorita, epidoto, hornblenda y magnetita.

Diorita de Chitagá: Roca de grano medio con los siguientes elementos: grandes cristales de plagioclasa, maclados según la ley de la albíta y cristales idiomórficos de hornblenda de color verde oscuro. Como elementos accidentales figuran solamente el zircon y la magnetita.

Sienita augítica de Frontino: Esta roca, que comúnmente se ha designado con el nombre de diorita, parece ser una sienita del tipo de Groba, con bastante plagioclasa en cristales largos y bien delimitados y una pequeña cantidad de cuarzo.

Aplita sienítica de Coyaima: Roca de estructura panidiomórfica, de grano fino. Elementos: ortoclasa, plagioclasa, cuarzo, hornblenda (muy alterada), láminas de biotita y pequeñas agujas de zircon.

Aplita monzonítica de Zaragoza (Tolima): Roca de grano fino compuesta de los siguientes elementos: ortoclasa, plagioclasa, cuarzo (en mezclas granofíricas con el feldespato), hornblenda procedente de la augita y transformada a su vez en clorita, pequeñas láminas de biotita, zircon en menudos cristales y apatita.

Pórfido de Ocaña: Masa fundamental microfelítica con fenocristales de ortoclasa, plagioclasa y mica; cuarzo muy escaso.

Porfirita cuarcífera de Ocaña: Masa fundamental holocristalina compuesta de plagioclasa y cuarzo con algunos productos secundarios como clorita y calcita; fenocristales de plagioclasa y cuarzo.

Porfirita diabásica de Natagaima: Masa fundamental holocristalina, compuesta de pequeños cristales de augita y plagioclasa y numerosos granos de magnetita; fenocristales de plagioclasa y augita.

Anfibolita de la hoya del Suaza: Esta roca, compuesta íntegramente de cristales de hornblenda, forma diques de gran longitud que atraviesan las otras rocas de la región.

Porfirita hornbléndica del Tolima: Esta roca, que se presenta en diques en el macizo del Nevado, es de grano grueso, holocristalina y está compuesta de una masa fundamental de cristales de ortoclasa, plagioclasa y hornblenda y fenocristales de plagioclasa y hornblenda.

ROCAS VOLCÁNICAS—Comprendemos en este grupo todas aquellas rocas que han venido a la superficie en estado de fusión ígnea y que se han enfriado rápidamente y bajo presiones poco considerables. Sus caracteres estructurales son muy nítidos: todas contienen una cantidad apreciable de residuo vítreo, a

veces devitrificado; la masa fundamental puede ser en parte cristalina o íntegramente vítrea; los fenocristales van muchas veces orientados en un mismo sentido y, finalmente, algunas contienen vacuolas o son amigdaloides.

Este grupo comprende las liparitas, los traquitos, las dacitas, las andesitas, los fonolitos, los melafiros, las diabasas, los diversos basaltos, etc.

Algunos petrógrafos dividen este grupo en dos series: rocas paleovolcánicas, anteriores al Terciario y rocas neovolcánicas terciarias y recientes; en nuestro país las rocas volcánicas son principalmente de la segunda serie.

Pertenecen a este grupo las siguientes rocas:

Las obsidianas de los volcanes del Sur.

Las dacitas de la Cordillera Central.

Las andesitas de las Cordilleras Central y Occidental.

Los basaltos de la Cordillera Central y del Istmo de Panamá.

Describiremos algunos tipos de los más importantes para poner de relieve sus caracteres específicos:

Obsidiana de los volcanes ecuatorianos: Vidrio negro, que por transparencia presenta un color ahumado ligeramente violáceo; de estructura fluidal, con vacuolas que contienen microlitos de augita; otros microlitos de augita están diseminados en la masa vítrea pero orientados en el sentido de la corriente fluidal.

Obsidiana del volcán de Chiles: Vidrio andesítico con globulitos y microlitos de augita y magnetita.

Resinita del Puracé: Roca vítrea, de color amarillo rojizo o rosado claro y estructura fluidal; diseminados en la base vítrea se encuentran algunos granos de cuarzo; las juntas perlíticas son apenas perceptibles.

Piedra pómez del Tolima: Masa fibrosa de vidrio incoloro con cristales de augita y granos de magnetita perceptibles a simple vista.

Dacita de Túquerres: Masa fundamental de estructura hialopilitica, compuesta principalmente de feldespato y apatita; fenocristales de cuarzo, biotita y anfíbol.

Dacita del Guáitara: Masa fundamental esferulítica vítrea con numerosos triquitos y cristalitos; fenocristales de cuarzo, anfíbol y biotita.

Dacita de Chiles: Masa fundamental, en parte microfelsítica y en parte vítrea, con microlitos de feldespato y piroxeno y tendencia a la formación de esferulitos; fenocristales de cuarzo, anfíbol y piroxeno.

Dacita de la Mesa de Herveo: Masa fundamental bastante vítrea, con numerosos cristales; fenocristales de cuarzo, plagioclasa, anfíbol y augita.

Dacita de Tajumbina: Masa fundamental bastante vítrea, con numerosos microlitos de feldespato; fenocristales de cuarzo, plagioclasa, biotita, hornblenda; como elementos accidentales, augita, apatita y magnetita.

Propilita cuarzosa de Ariari: La masa fundamental de esta roca está compuesta de pequeños cristales de actinota que se orientan en coronas alrededor de los fenocristales o se entrecruzan formando una especie de fieltro; fenocristales muy aparentes de grandes granos de cuarzo y cristales tabulares de plagioclasa con sus bandas de geminación características; como elemento accesorio, el granate rojo en cristales dispersos.

Andesita de Cumbal: Masa fundamental feldespática, con un pequeño residuo vítreo; fenocristales de plagioclasa con inclusiones vítreas y grandes cristales aislados de hiperstena.

Andesita de Mayasquer: Masa fundamental hialopilitica de feldespato y piroxeno; fenocristales de plagioclasa, anfíbol, piroxeno e hiperstena.

Andesita de Galera: Masa fundamental granular alotriomórfica de feldespato, óxido de hierro y rutilo; fenocristales de plagioclasa y augita; en algunos ejemplares hay granos diseminados de corindón.

Andesita de Herveo: Masa fundamental de aspecto vítreo, con numerosos microlitos de feldespato y piroxeno y tendencias a la estructura microfelsítica; fenocristales de hornblenda y augita.

Andesita del Nevado del Tolima: Masa fundamental hialopilitica; fenocristales de plagioclasa y augita.

Andesita de Puracé: Masa fundamental compuesta de microlitos de feldespato; fenocristales de plagioclasa y hornblenda; augita y magnetita, como minerales accidentales; clorita y epidoto, como producto de la alteración de la hornblenda, que a su vez puede provenir de la augita.

Andesita de Antioquia: Masa fundamental compuesta de microlitos de feldespato; fenocristales de plagioclasa y augita, estos últimos sumamente grandes.

Andesita del Dagua: Masa fundamental compuesta casi íntegramente de microlitos de augita; fenocristales de augita y plagioclasa, estos últimos sumamente grandes, tabulares y dispuestos en zonas paralelas.

Melafiro del Chantre (Sierra Nevada de Santa Marta): Roca porfídica compuesta de plagioclasa y augita, con pseudomorfo de olivina en óxido de hierro; en su contacto con la epidosita se encuentran grandes cristales de epidoto de segunda formación, y fragmentos de cuarzo.

Basalto del Istmo de Panamá: Roca negra, compacta, compuesta de muy pequeños cristales de plagioclasa y piroxeno y un residuo vítreo; contiene una pequeña cantidad de magnetita y una materia verde, amorfa, probablemente producida por la alteración de la augita; no contiene olivina. Es muy probable que esta roca haga parte de la erupción basáltica que se define en el Pacífico por las islas de Galápagos y Malpelo.

Basalto del Tolima: Se encuentran riegos de esta roca en las regiones de Payandé y El Valle. Está compuesta de una masa negra constituida por

cristales de augita y plagioclasa, un residuo vítreo y polvo de hierro magnético. En la masa se destacan granos de olivina muy poco serpentinizados.

* * *

RESEÑA GEOLOGICA DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

(Trabajo presentado al Segundo Congreso Científico Pan-Americano)

El presente estudio comprende una parte de la Cordillera Oriental que presenta un cierto interés desde el punto de vista de la minería, pues sus yacimientos minerales son de un carácter enteramente distinto a los de las otras Cordilleras y aun a las demás porciones de esta misma. En la Cordillera Central adquieren gran desarrollo las formaciones metalíferas, en tanto que en la Oriental se encuentran las minas más importantes de sal gema, carbón fósil y piedras preciosas que el país posee.

En la descripción no nos hemos circunscrito a los límites políticos del Departamento, pues no sería ésta racional en un trabajo de la índole del presente, sino que nos hemos ajustado a los límites geográficos, de tal suerte que comprendemos el estudio de la región de Muzo, que es tal vez la más interesante de todo el país, así como la de Somondoco, que le es simétrica, con respecto al eje de la cordillera.

El Nevado de Sumapaz, de 4.300 metros de altura sobre el nivel del mar, es el pico más saliente de la Cordillera Oriental en el Departamento de Cundinamarca. Hacia el sur se extiende una inmensa serranía, que tuerce un poco hacia el S. W., y que hacia las cabeceras del río Cabrera suelta un ramal que se dirige de S. E. a N. W., y va a morir en la margen izquierda del río Fusagasugá, no muy lejos de su entrada al Magdalena; este ramal divide las aguas que van al Fusagasugá de las que van directamente al Magdalena, por los afluentes del Prado y del Cabrera; tanto la vertiente oriental como la occidental de este ramal son abruptas, de suerte que el Fusagasugá corre profundamente encajonado entre rocas casi verticales, y los afluentes del Prado (Cunday, Cuinde, Vichía y Rionegro) son notables por sus rápidos y cataratas, que dan al paisaje un aspecto agreste.

Hacia el norte del Nevado se extiende una región de páramos, que separa las aguas que van al Fusagasugá, de las que van a las llanuras orientales, por los ríos Ariari, Humadea, Guamal y Blanco; la vertiente oriental es muy irregular, porque del eje principal se desprenden numerosos estribos y contrafuertes de bastante elevación; la vertiente occidental lo es menos, y el terreno desciende gradualmente hacia la hoya del Fusagasugá.

(1) En los páramos de Pasca y La Frutica, o sea en las cabeceras del río Tunjuelo, afluente del Bo-

(1) En realidad, desde más al sur de las cabeceras del río Tunjuelo, vienen divorciadas las dos serranías que van a constituir los bordes de la Sabana, pero están tan próximas que pueden considerarse como una sola elevación. En el sitio de "Laguna Verde", en el corregimiento de Nazareth, las dos serranías forman los bordes de una artesa geológica; de ahí para el norte el borde oriental se va acentuando y los estratos, que son de

gotá, la cordillera se abre en dos ramales, que son los bordes montañosos de la altiplanicie de Bogotá; el de la izquierda suelta, a su vez, un ramal, la serranía de Subia, que separa las hoyas de los ríos Fusagasugá y Bogotá.

El borde occidental de la altiplanicie, cortado por la escotadura por donde el río Bogotá se lanza al Salto de Tequendama, se dirige al N. W. hasta Facativá, en donde suelta un ramal que separa las hoyas del Río Negro y del Río Seco; luego tuerce hacia el N. E. y en el alto de Cháquira suelta un ramal que separa las hoyas del Río Negro y el Minero. Paralelamente al Magdalena corre una serranía de poca elevación, desde el Río Seco hasta la boca del Río Negro.

El borde oriental de la altiplanicie es el más elevado, el más extenso y el que presenta mayor número de irregularidades orográficas: el eje principal se dirige de S. W. a N. E., pero va dando origen a estribaciones de longitud considerable que van de sur a norte y de las cuales son las principales las que separan las hoyas de La Calera, Guatavita y Sisga. La vertiente oriental es muy arrugada y abrupta: aparte de las distintas estribaciones, normales al eje de la cordillera y que separan los diferentes ríos que van a los Llanos, hay eminencias de considerable altura, como el cerro de Federmann en la región de Ariari, el páramo de Chingaza al norte del Río Negro y los farallones de Medina.

La altiplanicie o Sabana de Bogotá es una extensa llanura de 2.600 metros sobre el nivel del mar, interrumpida a trechos por colinas de corta elevación y que se continúa al norte por la altiplanicie de Ubaté.

De acuerdo con la nomenclatura que hemos adoptado, podemos dividir el territorio de Cundinamarca de la siguiente manera:

- 1º Rocas eruptivas relativamente modernas.
- 2º Terreno fundamental precretáceo.
- 3º Terrero cretáceo.
- 4º Terreno cretaterciario.
- 5º Terreno cuaternario.

ROCAS ERUPTIVAS—Las localidades en donde aparecen las rocas eruptivas, en esta porción de la cordillera, son muy pocas y ocupan áreas relativamente pequeñas. Estas localidades son: la región meridional de la Mina Real de Muzo, los farallones de Medina, en las cabeceras de los ríos Humae y Guacavia, y la hoya del alto Ariari y sus afluentes.

Estas rocas son, en su mayor parte, del tipo abisal, pero hacen intrusión en las rocas sedimentarias cretáceas; por su estructura, su edad geológica y sus relaciones con las rocas adyacentes, podrían incluirse en el grupo de las erupciones post-cretáceas al mismo título que el granito andino ("Andegrani-

arenisca compacta, se van enderezando gradualmente hasta ser casi verticales; el paisaje es imponente por lo elevado de la serranía, lo enhiesto de los picachos y las formas caprichosas de las crestas que parecen las ruinas de un castillo almenado; el borde occidental, que corresponde a la hacienda de "El Hato", es de formas más amplias y de líneas más suaves; en el sentido de S.-N. los estratos se presentan ligeramente plegados.

te") de la Cordillera Central, las monzonitas de Coyaima y Ataco y las aptitas de Coyaima y Zaragoza.

En la región de Muzo se presenta, en áreas muy circunscritas, una diorita de grano medio, de estructura hipidiomórfica, compuesta principalmente de plagioclasa y hornblenda con un pequeño residuo intersticial clorítico, que, a juicio del Prof. Dr. Scheibe, que fue quien la descubrió, es anterior a formaciones cretáceas inmediatas. En la misma región se presentan también intrusiones de pegmatita y aptita y sobre todo se nota una intensa albitización en las venas, cuarzosas o no, que atraviesan las pizarras. Estas intrusiones son sin duda las generadoras de las minas de esmeraldas, pues de otro modo no se explica la existencia de los minerales pneumatolíticos (fluorina, berilo, minerales de cerio, etc.) en venas formadas en las rocas sedimentarias relativamente modernas.

La roca de los Farallones de Medina es del tipo del granito andino, de grano grueso, estructura hipidiomórfica y compuesto de ortoclasa, plagioclasa, cuarzo y biotita (como elemento accidental figura la hornblenda en pequeños cristales). Hacia el oriente del macizo va desapareciendo la mica y predomina la hornblenda. A esta roca se debe probablemente la formación de las minas de esmeraldas de Chivor, en donde predominan la albita, la fluorina y otros minerales del mismo carácter.

(2) La roca de Ariari difiere bastante del tipo de las anteriores: es una propilita cuya masa fundamental está compuesta de pequeños cristales de actinota que se orientan en forma de coronas o se entrecruzan formando una especie de fieltro; fenocristales de plagioclasa y grandes granos de cuarzo; como elemento accesorio el granate rojo en cristales dispersos. Esta roca debió estar sometida a presiones enormes y puede considerarse como el resultado de acciones del metamorfismo a profundidad; su presencia entre los esquistos del terreno precretáceo determinó probablemente la formación de las minas de oro de esa región.

TERRENO PRECRETACEO—Este terreno se extiende únicamente al oriente del eje principal de la cordillera, desde la hoya del Güejar hasta los confines con Boyacá. Forma una ancha zona limitada al occidente por el terreno cretáceo e interrumpida al sur por las rocas de Ariari y al norte por los Farallones de Medina. Sus rocas, profundamente alteradas por el metamorfismo termal y dinámico, son:

(2) En la página 275 de la "Nueva Geografía de Colombia" por el Gral. Vergara y Velasco, se encuentra este curioso párrafo: "El naturalista y anticuario colombiano C. Cuervo M. ha manifestado que explorando los cementerios indígenas del valle del Tunjuelo, encontró fragmentos de obsidiana y de piedra pómez, que indican que debió existir un volcán hacia los lados del páramo de Sumapaz, donde se han hallado rocas análogas a las que forman la Sierra Nevada de Chita, al parecer cuarcitas, pero en realidad granitos muy descompuestos, según se ve al examinarlos con el microscopio".

No deja de ser original el procedimiento de clasificar el terreno del páramo de Sumapaz desde Tunjuelo, por medio de piedras encontradas en las sepulturas indígenas. Parece, además, que para Vergara el granito es roca volcánica. Ahora nos damos cuenta de por qué el público esperaba ansioso y aterrado la erupción del volcán de Sumapaz en septiembre de 1917, cuando los temblores de tierra tenían consternada a la Capital.

esquistos cericíticos, esquistos cloríticos, filades rojos y negros y cuarcitas.

Las fallas no son muy frecuentes en estos esquistos, pero sí lo son los pliegues y dobladuras; a veces la roca presenta numerosos y estrechos pliegues, como sucede en la región del Güejar; en otras localidades, como en Quetame, los estratos están casi verticales y, finalmente, hacia el norte, se pueden advertir arcos cóncavos o convexos.

La totalidad de los ríos que corren por la vertiente oriental y van a constituir el Meta y el Guaviare, ocupan valles de fractura, bien que el trabajo de erosión sea bastante visible en algunos sitios; sus márgenes son abruptas, de paredes casi verticales y su curso torrentoso y con pocas curvas.

En algunos puntos aislados, como en las cabeceras del Río Blanco, afluente del Río Negro, y en el páramo de Chingaza, hay intrusiones de pegmatita y otras rocas feldespáticas y aun de feldespato puro; en los esquistos hay venas cuarzosas que no son muy frecuentes: las hay en la región de Ariari, pero no cruzan los esquistos ni se ramifican sino que siguen todas las inflexiones de la roca; también existen en la hoya de la Quebrada Blanca, cerca del sitio llamado Chirajara, entre Quetame y Villavicencio, en medio del esquisto clorítico de esa región.

TERRENO CRETACEO—Podemos especificar este terreno de la manera siguiente, de arriba a abajo:

Piso de Guadalupe—Areniscas variadas.

Arenisca cúbica y esquistos silíceos ("Quadersandstein" y "Plaenersandstein").

Arcillas grises.

Calcárea de conchas.

Pizarras grises.

Pizarras negras bituminosas.

Calcárea negra.

Piso de Villeta.

Piso de Girón—Conglomerados cuarzosos.

Este terreno es de un grande espesor y ocupa la mayor parte del Departamento. Los lechos de sus diferentes pisos se superponen en estratificación concordante; cuando se nota alguna discordancia en ellos, como ocurre en la hoya del río Minero, se advierte desde luego que es debido a movimientos de la roca, posteriores a su formación. Está muy dislocado y presenta numerosas fallas y quebraduras y con muy poca frecuencia se ven en él pliegues o estratificaciones onduladas. En muchas partes, como en La Mesa, Zipacón y Tequendama, la dirección de los estratos es casi horizontal, de suerte que el terreno subyacente sólo se manifiesta por las erosiones; pero, por regla general, en la vertiente occidental de la cordillera, las capas llevan una pronunciada inclinación de E. a W. No todos los pisos tienen igual importancia: el de Girón, no se ve sino en muy pocas localidades; los de Villeta y Guadalupe, son los más extensos y de mayor espesor. Además, en estos dos está localizada la riqueza mineral del Departamento, como veremos más adelante.

En la región de los páramos y aun en algunas partes relativamente bajas, es muy visible la acción de las neveras de la época glacial: en las hoyas de muchos ríos de la vertiente oriental, pero principalmente en el alto Ariari, existen inmensos canchales de grandes piedras angulosas y en toda la región de Guatavita se encuentran bloques erráticos, rocas pulidas, piedras aborregadas y peñascos ruiformes.

La parte alta del eje principal es muy irregular y pintoresca a causa de las acciones mencionadas, del trabajo de erosión y de las quebraduras de los estratos; en algunos de estos valles elevados, principalmente en los que se extienden del oriente de Bogotá hasta La Calera y Guasca, y en dondequiera que la acción de las aguas ha sido muy profunda e intensa, se encuentran bancos de kaolín que se explotan para la fabricación de loza; en algunos de estos bancos suelen encontrarse fragmentos de feldespatos aún no descompuesto totalmente; a nuestro modo de ver, éstos son apófisis de localitos de rocas feldespáticas que se han puesto de manifiesto por las erosiones.

TERRENO CRETACERARIO—Este terreno, que pudiera llamarse "post-cretáceo" si no fuera probablemente comprende los últimos pisos del Cretáceo, puede especificarse de arriba a abajo, en la forma siguiente:

Piso de Gualanday—Arcilla gris y arenisca tierna. Capas alternadas de conglomerado y arenisca margosa.

Arenisca roja y arcilla violácea.

Piso de Barzolosa—Areniscas rojas.

Arcillas violadas.

Litomargas amarillas.

Esquisto papiráceo.

Septarias calcáreas.

Arcillas con yeso.

Conglomerados y areniscas.

Piso de Guadas—Areniscas varias.

Arcillas grises con capas de carbón.

Areniscas con óxido de hierro.

El piso de Gualanday sólo se presenta en algunos sitios en la margen derecha del río Magdalena, como continuación de las serranías de esa formación que vienen del Tolima.

El piso de Barzolosa se desarrolla principalmente entre Tocaima y Girardot y, probablemente también, en la margen izquierda del río Bogotá.

El piso de Guadas, que es el más importante como que contiene las minas de carbón del Departamento, ocupa las partes altas de los bordes montañosos de la altiplanicie pero también se presenta en las localidades relativamente bajas, como en Tocaima, Quipile, Guadas, etc.

TERRENO CUATERNARIO—En la altiplanicie de Bogotá y en la de Ubaté este terreno está formado por capas horizontales de arena y arcilla (en la parte superior las arcillas están impregnadas de vivia-

nita terrosa y a veces tienen lechos delgados de turba). Los Llanos Orientales están formados por gredas.

Cantos rodados y arena silícea fina.

RIQUEZA MINERAL—Los minerales explotables de los Departamentos situados en la banda oriental del río Magdalena son de un carácter enteramente distinto de los del Tolima y Antioquia, debido al predominio de las rocas eruptivas en la Cordillera Central y de los terrenos estratificados en la Oriental. Aun cuando la región de Cundinamarca es esencialmente agrícola, su riqueza mineral es sin embargo de bastante consideración; tratemos de hacer una enumeración de sus principales minas.

CARBONERAS—Dondequiera que afloran los estratos del piso de Guadas se han encontrado minas de carbón, pero las que se han explotado activamente y se han explorado lo bastante para juzgar de su riqueza, son las que están situadas en los dos bordes de la altiplanicie, por estar más próximas a los centros de consumo. Enumeradas de sur a norte, en el borde occidental, son: Cincha, Tequendama, Canoas, Zipacón, Bermeo, Subachoque, La Pradera, Zipaquirá, Tibitó, Rodamontal, Pacho, Nemocón y Tausa; en el borde oriental, también de sur a norte, quedan: Chipaque, Bogotá, La Calera, Guatavita, Sesquilé y Chocontá. También hay capas de carbón, aunque menos extensas, al norte de Tocaima (El Salitre, Quebrada Seca y Alsacia, que son una sola veta); entre la estación de La Virginia—F. C. de Girardot—y el caserío de Barzolosa (Pubenza, Bremen, Presidente y Piamonte, que también son una sola veta); al S. W. de Quipile, y un poco abajo de Honda, en la orilla derecha del Magdalena. En los estribos de la Cordillera Oriental, al descender a los llanos del Meta, entre Villavicencio y Upiá, en la hacienda de "La Vanguardia", hay igualmente capas de carbón y de betún. Todas estas capas de carbón llevan la dirección de los estratos, de suerte que son horizontales en Tequendama y Zipacón y muy inclinadas en las inmediaciones de Bogotá; muy frecuentemente forman artesas geológicas (sinclinales), como en San Jorge y el Llano de las Animas, cerca de Zipaquirá, o bien galápagos o anticlinales, como entre Pubenza y La Virginia. Su espesor es variable pero puede contarse con un promedio de un metro; rara vez presentan pliegues estrechos, pero sí son frecuentes las fallas y dislocaciones.

La capa está generalmente comprendida entre dos respaldos de una arcilla gris, hojosa y muy plástica, y éstos a su vez van comprendidos entre los lechos de areniscas propias del terreno. En el Cretáceo propiamente dicho no se ha encontrado carbón sino únicamente algunos delgados lechos de antracita de mala calidad en las pizarras del piso de Villeta. También en Muzo y otras regiones análogas se han encontrado brechas de fragmento de antracita aglutinados por calcita diáfana o ligeramente teñida de verde.

De la calidad de estos carbones puede juzgarse por los siguientes análisis:

Carbón de Tequendama:

Carbón fijo.....	70	
Cenizas	9	
Coke	79	79
Materias volátiles.....	20	
Humedad	1	
		100

Poder calorífico, 5.950 calorías.

Carbón de Bogotá (La Peña):

Carbón fijo.....	57	
Cenizas	6	
Coke	63	63
Materias volátiles.....	36	
Humedad	1	
		100

Poder calorífico, 5.470 calorías.

Carbón de Zipaquirá:

Carbón fijo.....	55	
Cenizas	5	
Coke	60	60
Materias volátiles.....	38.5	
Humedad	1.5	
		100

Poder calorífico, 5.940 calorías.

Carbón de Zipaquirá:

Carbón fijo.....	54	
Cenizas	5	
Coke	59	59
Materias volátiles.....	39	
Humedad	2	
		100

Poder calorífico, 5.470 calorías.

Carbón de Sesquilé:

Carbón fijo.....	53	
Cenizas	5	
Coke	58	58
Materias volátiles.....	42	
		100

Poder calorífico, 5.000 calorías.

Carbón de Tabio:

Carbón fijo.....	60	
Cenizas	3	
Coke	63	63
Materias volátiles.....	36	
Humedad	1	
		100

Poder calorífico, 6.100 calorías.

Carbón de La Calera:

Carbón fijo.....	34	
Cenizas	9	
Coke	43	43
Materias volátiles.....	53	
Humedad	4	
		100

Poder calorífico, 5.100 calorías.

Carbón de la región de Honda:

Carbón fijo.....	50	
Cenizas	5	
Coke	55	55
Materias volátiles.....	43	
Humedad	2	
		100

Poder calorífico, 5.700 calorías.

Carbón de Guadas:

Carbón fijo.....	66	
Cenizas	2	
Coke	68	68
Materias volátiles.....	31	
Humedad	1	
		100

Poder calorífico, 5.100 calorías.

Carbón de Rodamontal:

Carbón fijo.....	61	
Cenizas	3	
Coke	64	64
Materias volátiles.....	35	
Humedad	1	
		100

Poder calorífico, 5.900 calorías.

Los carbones de las regiones de Tocaima y La Virginia tienen una composición parecida, pero dan bastantes cenizas y su poder calorífico no alcanza a 5.000 calorías.

Fuera del carbón mineral hay, en algunas localidades próximas a las carboneras, pequeños yacimientos de betún que no se han explorado lo bastante para dar un concepto sobre ellos; también suelen encontrarse areniscas y arcillas impregnadas de este mineral.

SALINAS—Las minas de sal-gema que abastecen al consumo de la parte más poblada del país están localizadas en Cundinamarca y de ellas la más rica es la de Zipaquirá: ésta es una masa de sal-gema de un volumen tal que se necesitarían siglos de una explotación activa para agotarla completamente. Su aspecto es el de una colina que surge de entre las rocas estratificadas que la rodean en semicírculo. Estas rocas (areniscas, calcárea cristalina, calcárea de conchas, etc.) pertenecen al piso de Guadalupe, adquieren gran desarrollo al occidente de la

salina y van inclinadas de E. W. Sobre ellas, hacia el W., se apoya la artesa geológica del piso de Guaduas en las haciendas de San Jorge y Las Animas. Hacia el oriente del banco de sal se extienden los lechos horizontales de arcilla y arena de la Sabana, y más lejos, en Tibitó, vuelven a aparecer. Con una inclinación de W. a E. del Cretáceo superior.

El banco de sal está cubierto de una capa de barro negro llamado "rute" por los mineros, el cual no es otra cosa sino las pizarras del piso inferior, profundamente alteradas por los agentes atmosféricos. En este rute se encuentran bellísimos cristales de pirita, yeso, azufre, dolomita y calcita fibrosa.

La masa de sal no es uniforme en toda su extensión: se compone de gruesos bloques cristalinos en algunas partes y en otras de menudos cristales; está ceñida por óxidos metálicos y atravesada por delgados lechos de pizarra pulverulenta que denuncian una cierta estratificación, la cual no es regular ni lleva una dirección determinada, sino que forma pliegues de curvas muy pronunciadas.

A corta distancia, hacia el norte de la salina de Zipaquirá, se encuentra la salina de Nemocón; ésta es otro banco de sal que guarda con las rocas de la localidad la misma relación que el de Zipaquirá. Es de notarse que en las calcáreas superiores se han encontrado venas de calcita con numerosos cristales de berilo de color verde pálido o limpios y ligeramente grises.

A las dos mencionadas les sigue en importancia la salina de Sesquilé; el banco de sal se encuentra en esta localidad como encajado en las rocas estratificadas que lo separan del Valle de Boitá; estas rocas son también areniscas y calcáreas y ocupan, con respecto a la sal, una posición análoga a las de Zipaquirá y Nemocón.

La salina de Upín está situada en los últimos contrafuertes orientales de la cordillera, en las inmediaciones del Llano; tiene con las anteriores mucha semejanza; el banco de sal está asociado a las mismas rocas; el rute es de la misma naturaleza y las capas estratificadas se inclinan 45° y llevan una dirección general S. W.-N. E.

(3) Las otras salinas de Cundinamarca: Camancha, Gachetá, Tausa, Cumaral, etc., son fuentes saladas que brotan del rute o de rocas análogas. La fuente de Pinsaima y otras del occidente del Departamento contienen proporciones notables de sulfato de soda y otras impurezas.

La sal de las minas de Cundinamarca tiene la siguiente composición:

(3) El Prof. Joseph Pogue, en su libro "The emerald deposits of Muzo, Colombia" considera estos cristales como de una facies semejante a los de chiastolita (andalucita); a ese respecto dice: "In some specimens recently found, the carbonaceous matter is arranged in a six-rayed figure centering about a tapering hexagonal core. One such specimen was examined optically in basal section and proved to be of the same orientation throughout; it therefore does not represent a twinned crystal as suggested by Lleras Codazzi. Its reentrant angles are presumably the effect of solution and the disposition of the carbonaceous inclusions, the expression of crystallizing forces, as shown also, for example, in chiastolite".

Zipaquirá:	
Cloruro de sodio.....	88.91
Cloruro de magnesio.....	0.03
Sulfato de calcio.....	0.05
Sulfato de sodio.....	0.09
Materia insoluble.....	1.10
Agua	9.60
Pérdida	0.22
	<hr/>
	100.00

Sesquilé:	
Cloruro de sodio.....	88.70
Sulfato de sodio.....	0.08
Sulfato de calcio.....	0.06
Materia insoluble.....	1.00
Agua y pérdida.....	10.16
	<hr/>
	100.00

Nemocón:	
Cloruro de sodio.....	88.80
Sulfato de sodio.....	0.10
Sales de calcio y magnesio, señales.	
Materia insoluble.....	0.90
Agua y pérdida.....	10.20
	<hr/>
	100.00

Upín:	
Cloruro de sodio.....	88.50
Sulfato de sodio.....	0.09
Sulfato de calcio.....	0.01
Materia insoluble.....	0.40
Agua y pérdida.....	11.00
	<hr/>
	100.00

Comercialmente, la sal blanca, cristalizada, llamada "paloma" por los mineros, puede conceptuarse como pura; la que en la salina se expende como de primera clase rinde hasta el 90 por ciento; la de segunda clase rinde hasta el 75 por ciento; y la de tercera clase, menos del 60 por ciento.

Todas las salinas del país son de propiedad nacional y su administración está sujeta a una legislación especial.

MINAS DE ESMERALDAS—Las zonas esmeraldíferas ocupan una posición simétrica con respecto a la altiplanicie central, y llegan a su completo desarrollo en las localidades de Muzo y Somondoco. La región de Muzo comprende varias minas en la banda izquierda del río Minero, de las cuales son las más importantes la Mina Real de Muzo y la de Coscuez, de propiedad de la Nación; en los terrenos de la banda derecha del río hay algunos yacimientos de menor importancia, de los cuales el mejor constituido es el de Camancha, cerca de Coper.

Del borde occidental de la altiplanicie de Ubaté hacia el occidente, el terreno descende con gran rapidez, formando las lomas de Cantino. Toda esta falda, lo mismo que la parte alta, pertenece al piso de Guadalupe, y sus estratos de arenisca, calcárea y esquistos silíceos se inclinan de W. a E.; en las inmediaciones de Coper empieza a mostrarse el piso de Villeta, con sus pizarras negras bituminosas; en

la propia localidad de las minas las pizarras negras se extienden en estratificación discordante sobre las calcáreas negras, cuya inclinación es de N. E. a S. W. Las pizarras negras son las capas esmeraldíferas; las calcáreas inferiores reciben de los mineros el nombre de "cambiado" y en ellas nunca hay esmeraldas.

Las pizarras negras presentan numerosos dobles de las curvas más caprichosas; presentan también quebraduras y cambios bruscos de dirección y a veces, soluciones de continuidad, grandes grietas, llenas de fragmentos de roca y de guijarros sueltos. En estas pizarras están las vetas, que las atraviesan verticalmente, se ramifican y a veces se desalojan en el sentido lateral. Estas vetas están compuestas principalmente de calcita, dolomita, pirita y cuarzo; entre las oquedades llamadas "guarruceros", que son cavidades, las esmeraldas están enclavadas entre los cristales de cuarzo y calcita, o bien sueltas entre otra llena de minerales varios en estado pulverulento; accidentalmente se presentan en las venas, cristales perfectos de parisita, fluorina y apatita.

Entre las capas esmeraldíferas y el cambiado existen dos formaciones curiosas: la "cama", que es una aglomeración de grandes cristales de calcita romboédrica con algunos cristales de cuarzo hialino, y el "cenicero", que es un conjunto de menudos cristales de calcita, dolomita, pirita y cuarzo y un material pulverulento de fragmentos de pizarra sumamente finos. Casi siempre existen ambas formaciones y el cenicero hace intrusión entre las capas esmeraldíferas en tanto que la cama penetra en el cambiado; cuando falta una de las dos formaciones, es la cama la que falta y queda únicamente el cenicero.

El cambiado está compuesto de grandes bancos de calcárea negra con fósiles y con nódulos de pirita que los mineros llaman "mollejas". En la proximidad de la cama y del cenicero y aun en el cenicero mismo, se encuentran masas laminares de talco y de pirofilita de color verde ("verdacho" de los mineros), y en algunas partes de la pizarra se encuentran cristales de yeso y masas de allophana de color azul magnífico.

En sitios próximos a la mina se encuentran minerales de cobre (calcopirita y malaquita), de hierro (limonita, siderita), calcita fibrosa, arborescencias de aragonita (flor ferri), ankerita y baritina.

Las esmeraldas se clasifican comercialmente en seis categorías que dependen del brillo, el color y la pureza de los cristales; las de más valor son las llamadas por los mineros "gotas de aceite" y que reúnen todas tres condiciones en sumo grado; los cristales, relativamente gruesos, están, por regla general, modificados en una extremidad y por la otra adheridos a la ganga; hay también cristales largos llamados "canutillos", que frecuentemente presentan diversos tintes en el sentido de su longitud. Ultimamente se han presentado algunas asociaciones cristalinas de bastante interés: consisten en

un cristal de apariencia hexagonal, con las caras del prisma ligeramente cóncavas y con estrías paralelas a las aristas de la base; el núcleo es un cristal hexagonal de beril negro o de una materia carbonácea y, alrededor de ese núcleo se agrupan individuos rómbicos en número de seis; la apariencia del conjunto es el de una macla de aragonita, pero en realidad hay razones para creer que en su constitución se asemeja más bien a la macla de andalucita (4).

Las otras minas que hemos mencionado en esta región tienen una estructura semejante a la Mina Real de Muzo y llevan las mismas especies minerales.

(4) El Prof. Tulio Ospina, en su "Geología General y Económica de Colombia", se inclina a creer que las formaciones de las minas de esmeraldas son algo semejantes a las de diamantes del Africa meridional; dice a ese respecto lo siguiente:

"Hasta hoy no es posible decidir si aquellas masas de arcilla forman parte de los sedimentos cretácicos u ocupan cavidades formadas en ellos. Si lo último resultare cierto, lo que parece posible, porque la laminación no siempre es concordante con la de las rocas vecinas, y porque yo he conocido en varias minas de oro un material semejante, que se ha hecho laminar por presiones posteriores, llenado fisuras que no fueron mineralizadas, tendríamos que en su formación las minas de esmeraldas de Boyacá son algo semejantes a las de diamantes de Kimberley, donde está reconocido que la masa de arcilla bituminosa que contiene los diamantes llenó el cráter de una antigua salsa o volcán de lodo".

El concepto que acabamos de transcribir prueba que el autor no ha estado personalmente en Muzo y que no ha dispuesto de informes verídicos y serios acerca de esta localidad y de la de Somondoco.

El Prof. Scheibe, quien residió en Muzo por cerca de un año y que también ha estado en el Africa explorando minas de diamantes, dice en su informe al Ministerio de Hacienda lo siguiente: "Sería prematuro, sin un examen minucioso, químico y microscópico del material recopilado, el trazar un cuadro completo de la sucesión de nacimiento de las generaciones diferentes, como son la cama, el cenicero, las vetas, etc., con sólo las observaciones citadas en el informe anterior y en éste; sin embargo, bajo alguna reserva, se puede dar el siguiente sumario:

"El conjunto del cambiado y el de las capas buenas, situado discordantemente sobre aquél, experimentaban primeramente cierta presión y flexión a consecuencia de sucesos geológicos que se relacionaban con la intrusión de rocas de fusión ígnea en la profundidad, y han quedado rotos; las soluciones llenaron con carbonato de calcio y con pirita, principalmente, las rendijas distantes del límite entre el cambiado y las capas buenas; la formación de la calcita y la pirita persiste hasta el fin de los sucesos siguientes. A más tardar, durante este tiempo, los influjos de la profundidad —es decir las emanaciones de la mole ígnea— han transformado ciertas capas anchas del cambiado, que contenían probablemente carbonato de calcio, en las capas duras ricas en cristales de feldespatos albita y en otras granulosas con corpúsculos de feldespatos solamente. El nacimiento de las capas con otreilita, pudiera haber principiado antes principalmente bajo el influjo de la presión".

"Cerca del límite entre el cambiado y las capas esmeraldíferas, las grietas resultantes se llenan con albita en asocio de talco, calcita, dolomita y pirita, y en ciertos lugares la roca queda alterada, metasomáticamente, en roca albitica, incluyendo también nidos de calcita. En las partes más profundas del cambiado aparecen vetas de pegmatita, junto con cuarzo, feldespatos potásico, mica cerleítica y con albita, apatita y otros minerales".

"Durante los movimientos sucesivos, principalmente cerca del linderó entre el cambiado y las capas esmeraldíferas, se aumenta la segregación de la calcita y la dolomita, llegando a la formación de la cama y de las vetas de calcita y dolomita en el cambiado y las capas buenas".

"Probablemente ya en este momento principia el nacimiento de las vetas esmeraldíferas, ante todo ricas en calcita, dolomita y pirita, a veces ricas en fluorina, y que contienen, junto con estos minerales, la parisita, rara vez la apatita y solamente cerca del límite del cambiado, albita con mucha dolomita. Su formación persiste. Las vetas posteriores cruzan a las anteriormente formadas. Con el principio de su aparición coincide la de los gemelos de esmeralda filamentosos incluidos como minerales de contacto en las capas esmeraldíferas".

"Con la cama, y encima de ella, se forma el cenicero rojo, a veces rico en pirita".

"Remociones reiteradas con el carácter de corrimientos (tuberchiebungen), que causaban ante todo el destrozo de las partes in-

Las minas de Chivor, en la región de Somondoco, también están formadas en el Cretáceo inferior. Las vetas de esmeraldas están formadas en esquistos semejantes a los de Muzo. La ganga en estas minas no es la calcita ni la dolomita, como en Muzo, sino una aglomeración de cristales perfectos de albita; son también frecuentes la fluorina, la apatita y el cuarzo, pero no se han encontrado cristales de parisita. Las esmeraldas de estas minas son un poco más pálidas que las de Muzo, pero la cristalización es perfecta.

Como se ve, predominan en esta localidad los minerales de origen profundo, lo que autoriza a creer que la formación de las vetas se debe a las acciones de la roca eruptiva más próxima, que es la de los Farallones de Medina, mencionada anteriormente (5).

En otra localidad del Departamento se han encontrado esmeraldas rodadas, procedentes sin duda de pequeñas vetas sin importancia, pero siempre en las pizarras del piso de Villeta.

MINAS DE ORO—En las inmediaciones del Nevado de Sumapaz, el terreno está surcado de profundas grietas y depresiones de paredes abruptas; en esas depresiones, de forma más o menos circular, nacen las diferentes corrientes de agua que vienen a constituir el río Ariari, que entra al Llano oriental no lejos de San Martín y que va a engrosar el caudal del Guaviare, siendo navegable en la parte baja de su curso.

De las mencionadas depresiones, las más notables son: la que da origen al Guape y cuyo fondo está ocupado por tres lagunas: La Guitarra, El Medio y el Sorbedero y la que da origen al Ariari, ocupada por cuatro lagunas; el Ariarito, afluente de importancia, nace un poco al oriente de la laguna de La Guitarra, al pie mismo del Nevado.

En la primera parte de su curso el río corre de N. W. a S. E. y recibe numerosas corrientes por una y otra banda. Como a ocho leguas abajo de su nacimiento recibe, por su banda derecha, el río Piedras Coloradas, y media legua más abajo y por su banda izquierda le cae el Ariarito. De ahí para adelante el

feriores de las capas esmeraldíferas, inclusive las vetas formadas en ellas y en algunas capas superiores del cambiado con sus masas albíticas coinciden con la formación de las capas del cenicero gris, que se dispone principalmente encima de la cama y paralelo a ella, pero que también penetra en las masas de brechas, en las capas esmeraldíferas y en el cambiado".

"Fragmentos de las vetas esmeraldíferas, de las capas del cambiado y de sus partes albíticas, han sido arrastrados a otras partes por el corrimiento de los conjuntos; y el cenicero, que aún contiene esmeraldas aisladas, contiene también ya fragmentos de vetas con esmeraldas, junto con fragmentos de vetas de dolomita con calcita y pirita".

"Entonces se verifica la acumulación de la baritina. Llena ella partes considerables del cenicero como cemento y en forma de bolas y capas especiales, y penetra en las vetas de calcita, del cambiado y de las capas buenas; persiste su formación disminuyendo poco a poco, hasta la formación de la calcita más reciente, con la cual se encuentra en grietas y drusas de las vetas y rocas".

(5) El Prof. Joseph E. Pogue, quien visitó las minas en 1915, dice en su trabajo "The emerald deposits of Muzo, Colombia": "Estas consideraciones, en su conjunto, dan la evidencia práctica de que la esmeralda es un efecto de un período de mineralización ocasionado por la intrusión de una masa ígnea. Puede inferirse que la esmeralda fue depositada bajo condiciones pneumatolíticas".

río lleva una dirección general W.-E., hasta recibir las aguas del Río Grande, cuyo caudal es igual al del río principal, por la banda izquierda. Abajo de la boca del Río Grande le entra, por la banda derecha, el Humea, y un poco más abajo, ya en la llanura, el Guape.

Desde el punto de vista de la topografía, puede dividirse el curso del río en dos porciones: el alto Ariari, desde su nacimiento hasta la boca del Guape, y el bajo Ariari, desde este punto hasta la confluencia con el Guaviare. Nos ocuparemos exclusivamente del alto Ariari: en la parte baja el río arrastra sus aguas por la llanura oriental, de origen sedimentario, y el oro, en partículas diminutas, está diseminado en una enorme cantidad de arena y por tanto no llama la atención del minero.

(6) Las lagunas que dan origen al Ariari ocupan el fondo de un valle de fractura, de forma casi circular, en cuyos bordes se ven, en estratificación horizontal, los bancos de sílex córneo y las areniscas del Cretáceo superior; en otros valles próximos se presentan, sobre los esquistos silíceos, grandes lechos de calcárea gris, compacta, con geodas de cuarzo.

Al descender hacia el oriente se empieza a notar que el terreno está sumamente dislocado: inmensos bloques se hallan esparcidos en las cañadas; grandes derrumbes compuestos de piedras angulosas ocupan diversas gargantas de la cordillera e imprimen al paisaje el aspecto de las morenas formadas por la acción de las neveras. Estos despojos se reúnen en la cuenca del río y el curso de éste desaparece en partes, bajo este hacinamiento de piedras, para brotar más adelante, en donde el cañón está tallado en la roca.

A medida que se descende se va notando el predominio de las piedras verdes; estas piedras, que son la propilita cuarzosa de que hemos hablado anteriormente, constituyen la roca eruptiva de la localidad y forman el núcleo de la serranía meridional del Ariari y la septentrional del Río Grande.

Arriba de la boca del río Piedras Coloradas principia el predominio de los filados satinados y esquistos cericíticos, que ocupan una área considerable comprendida entre el Ariari y el Río Grande. En la confluencia de estos dos ríos, los bordes eruptivos casi se juntan, de modo que la zona de los esquistos es sumamente estrecha. Arriba de la boca del Humea la formación esquistosa adquiere una cierta regularidad: se compone de lechos alternados de cuarcita, esquistos cloríticos y talcosos.

Más adelante, en la hoya del riachuelo de Flandes, aparece el terreno cretáceo superior, compuesto, en su parte inferior, de pizarras grises y en su parte superior, de gruesas capas de arenisca de labor; las capas de este terreno van inclinadas 45° de W. a E.

Bruscamente termina la serranía en el sitio denominado "El Boquerón" y de ahí para abajo el te-

(6) A nuestro juicio, los bancos de sílex córneo, son, en esta localidad, los representantes de los esquistos silíceos ("Pläner-sandstein") del piso de Guadalupe.

rreno está compuesto de gravas y arenas depositadas por las aguas.

Los aluviones auríferos están situados a un lado y otro del río Ariari y de su afluente principal, el Río Grande. Todos son mesetas, más o menos amplias, compuestas de grava con grandes piedras rodadas y una arena fina en la cual está diseminado el oro, que se presenta en su mayor parte en granos gruesos; esta capa de acarreo, que en algunos sitios tiene un espesor de 20 metros, reposa sobre los esquistos que forman el lecho del río; éste, por lo general, no deja playas y se ha labrado el cauce en la roca dura, trabajo de erosión que hoy continúa.

Con toda probabilidad el curso del río estaba obstruido por diques de rocas esquistosas o de la roca eruptiva misma, lo cual impedía la libre circulación de las aguas, formándose por esta razón una serie de lagos escalonados que poco a poco se fueron colmando por los despojos del acarreo. Lleno un lago de éstos, las aguas se abrían paso por encima del dique y gradualmente iban labrando en él su cauce, que en estos sitios es cortado a pico; junto con este trabajo de desgaste, el río iba arrastrando parte del aluvión formado anteriormente hasta alcanzar el lecho del lago primitivo por donde hoy corre. De entonces para acá no se forman ya más aluviones en ese sitio. Hoy, pues, el río no deposita más arenas auríferas en la parte alta de su hoya, sino, todo lo contrario, arrastra hacia el llano todos los detritos que los derrumbes y la circulación de las aguas llevan a su cauce.

Hasta hoy no se han explorado las vertientes de las serranías que limitan esta región, en busca de filones auríferos; está, pues, por estudiarse este punto, que esperamos tenga una solución favorable para la minería nacional.

MINAS DE HIERRO—Los minerales de hierro de Cundinamarca, que son de la clase denominada por los mineros "minerales en roca", están localizados en la parte septentrional de la altiplanicie y pertenecen al Cretáceo superior. Este terreno, roto por diversos valles de fractura y de erosión, está casi intacto en La Pradera, La Calera, La Caldera y Pacho, sitios en los cuales se ha depositado en grandes bancos el mineral de hierro.

Las minas de hierro de La Calera están situadas en la antigua hacienda de Santa Elena, a muy corta distancia de la población de La Calera, la cual está unida a la capital por una carretera.

Al oriente del río Teusacá predomina el Cretáceo superior (piso de Guadalupe), que en virtud de un acentuado pliegue presenta desde las capas de arenisca de labor hasta las de calcárea compacta, que adquiere allí gran desarrollo.

En las inmediaciones de la casa de la hacienda la formación de mineral de hierro es sumamente gruesa y bien configurada: la colina principal, toda ella de mineral de hierro, tiene un volumen de 480.000 metros cúbicos. Hacia el oriente continúa, por trechos, la capa mineral, con un espesor variable, hasta la hoya del Río Blanco, es decir, en una

enorme extensión superficial. En los pequeños valles de los páramos, la capa de limonita está cubierta de minerales de aluvión, tales como ocres amarillos y rojos, productos éstos de la disgregación del mineral en roca.

El mineral en cuestión es una limonita compacta que rinde por término medio el 50 por ciento de hierro, casi sin ganga, minerales nocivos a la metalurgia y por tanto de fácil tratamiento. Su composición es:

Sesquióxido de hierro.....	72.50
Acido fosfórico.....	0.50
Alúmina	0.18
Cal	0.15
Magnesia	0.05
Sílice	14.80
Agua	10.02
Materias orgánicas y pérdida....	1.80
	100.—

Las capas de carbón afloran a corta distancia de las minas de hierro, principalmente en la banda occidental del río, en donde adquiere algún desarrollo el terreno creta-terciario (piso de Guaduas). Muy cerca de la casa de la hacienda sólo se presentan dos manifestaciones de carbón, que probablemente corresponden a dos capas de combustible de un espesor aceptable, pero un poco más al sur hay otras minas que podrían explotarse con provecho en el caso de que se estableciera la metalurgia de una manera seria. Es bien sabido que en toda la hoya del río Teusacá, hay capas de combustible, de suerte que no sería por la falta de este elemento por lo que no pudiera desarrollarse allí la industria del hierro.

La piedra de cal, que se explota en la actualidad, proviene de una hacienda contigua a la de "Santa Elena", y la hay en tal abundancia que pueden considerarse esas canteras como inagotables. Los gastos de explotación no deben ser muchos cuando la calcinación de esa piedra en Bogotá es una industria lucrativa.

En las cercanías de la población y en los páramos vecinos hay minas de barro refractario de superior calidad y de una extensión considerable. Este barro es de dos clases: uno proviene de la disgregación de las pizarras, es de color gris, muy dulce y rico en sílice; se usa con frecuencia para la fabricación de material refractario; el otro proviene de la kaolinización del feldespato; es blanco, no tiene rastros de óxido de hierro y lleva una pequeña cantidad de arena silícea sumamente fina; se aplica en Bogotá en la fabricación de la loza.

Como se ve, la naturaleza ha sido pródiga en La Calera, en lo referente a los elementos que pueden dar vida a una ferrería; si ésta no se ha establecido es porque hasta hoy las vías de comunicación han sido tan defectuosas, que ningún capitalista se había atrevido a invertir su dinero en una empresa en la cual se tiene que principiar por abrir caminos aceptables.

Los ricos yacimientos de La Pradera dieron origen a una de las empresas industriales de mayor importancia para el interior del país. La ferrería, de la cual apenas quedan las señales, estaba situada a unos diez kilómetros al norte de la población de Subachoque, en un pintoresco valle que da nacimiento al río que en la Sabana de Bogotá lleva el nombre de Serrezuela.

Las minas están también localizadas en el Cretáceo superior. Los afloramientos de las capas de carbón y los bancos de piedra de cal están a una distancia considerable de los sitios en donde el mineral de hierro se explotaba a tajo abierto.

El mineral de hierro es una limonita terrosa en unas partes y compacta en otras; sobre la capa de limonita suele encontrarse otra de ocre amarillo, que se empleaba como fundente. Los análisis practicados en Nueva York por el señor Walter Hamilton dan los siguientes resultados:

Mina de "El Codito":

Hierro	51.15
Manganeso	0.01
Zinc, señales.	
Acido fosfórico.....	0.55
Alúmina	0.13
Cal	0.15
Magnesia	0.06
Acido titánico.....	0.01
Acido sulfúrico, señales.	
Agua	10.04
Materias orgánicas.....	0.21
Oxígeno	21.46
Sílice	16.21
Pérdida	0.02
	<hr/>
	100.00

Mina de "El Salitre":

Hierro	48.71
Manganeso	0.05
Zinc	0.95
Acido fosfórico.....	7.05
Alúmina, señales.	
Cal y magnesia, señales.	
Acido titánico.....	0.05
Acido sulfúrico.....	0.10
Agua	12.70
Materias orgánicas.....	0.20
Oxígeno	20.21
Sílice	9.95
Pérdida	0.03
	<hr/>
	100.00

Mina de "Antonio Rojas":

Hierro	44.32
Manganeso	0.05
Zinc, señales.	
Acido fosfórico.....	0.95
Alúmina	0.66
Cal	0.15
Magnesia	0.15
Acido titánico.....	0.03

Acido sulfúrico.....	0.01
Agua	12.35
Materias orgánicas.....	0.05
Oxígeno	18.71
Sílice	22.55
Pérdida	0.02
	<hr/>
	100.00

En algunos análisis hechos posteriormente se ha encontrado, para algunas muestras procedentes de El Codito, una mayor proporción de manganeso.

En la localidad se presenta el piso de Guaduas con buenas vetas de carbón, cuya composición es muy semejante a la de los de Zipaquirá.

La piedra de cal se presenta en bancos no muy gruesos, pero sí lo suficiente para abastecer una empresa; su composición es:

Carbonato de calcio.....	83
Carbonato de hierro.....	2
Carbonato de magnesio.....	0.5
Oxido de hierro.....	1.5
Arena silícea.....	13
	<hr/>
	100.00

Las arcillas refractarias, las areniscas de labor, en suma, los elementos que se requieren en la industria, no son escasos en las inmediaciones (7).

En Pacho se desarrolló también en otros tiempos una empresa de importancia, que aún se recuerda por la inmejorable calidad de hierro dulce que producía.

La formación geológica presenta los rasgos comunes de las otras ya mencionadas; el terreno es un poco más quebrado, de suerte que en algunos puntos se alcanzan a descubrir las pizarras negras del piso de Villeta; es de notarse la abundancia de las piedras de águila, que caracterizan estos terrenos desde Pacho hasta Supatá (8). El mineral es de excelente calidad y en las gangas se encuentra frecuentemente la calcita, lo cual es ventajoso para la reducción (9).

Los páramos de La Caldera están situados al occidente del borde rocalloso de la Sabana, es decir,

(7) Como las minas están en la parte alta del valle, en donde el río lleva poca agua, no hay caída alguna que pueda suministrar la fuerza indispensable para mover las máquinas de un taller en grande, motivo que originó el establecimiento de motores de vapor.

Las razones para que esta simpática empresa no hubiera tenido el buen éxito que sus fundadores esperaban, han sido, a nuestro juicio, las siguientes:

Falta de comunicaciones fáciles con la capital; demasiada distancia a los centros de consumo más próximos; dificultad en el transporte de los materiales (carbón, piedra de cal y mineral de hierro) de las minas respectivas al sitio en donde se estableció la metalurgia; construcción de hornos y talleres de una magnitud superior a la que convenía a las necesidades del país y a los recursos de los empresarios.

(8) Las numerosas piedras de águila; los fragmentos rombédricos de limonita morena, a veces huecos; la transformación de algunas piedras parcialmente en mineral de hierro y otras circunstancias locales, nos hacen creer que gran parte de estos minerales son de origen metamórfico.

(9) Hoy ya no existen vestigios de los talleres: los propietarios destinaron los terrenos a cultivos diversos y nadie ha vuelto a intentar el beneficio del mineral de hierro. Las causas que determinaron la ruina de esta empresa fueron muy semejantes a las que apuntamos al hablar de la ferrería de La Pradera.

en la zona que se extiende hasta La Pradera. En el referido borde hay dos boquerones: Furatena y Rodamontal, que comunican los valles altos con la Sabana. De Zipaquirá a Rodamontal hay un buen camino carretero, y de esta localidad a La Caldera hay un camino de herradura. La línea del Ferrocarril del Norte pasa a corta distancia de Rodamontal.

En las regiones altas del páramo se desarrolla el piso de Guadalupe con sus rocas características (areniscas, pizarras grises, calcáreas); en las partes elevadas se extienden las capas de limonita que alcanzan a veces un espesor hasta de 15 metros. En el flanco oriental, cerca de Rodamontal, se extiende el piso de Guaduas, con una estratificación encorvada, con la convexidad vuelta al occidente, de manera que parece como si sus estratos estuvieran debajo del piso de las areniscas del boquerón. En este piso hay vetas de carbón que se prolongan, por un lado hasta Furatena y por el otro hasta los cerros de Tausa.

El mineral es bastante parecido al de La Pradera, como es de suponerse; su composición es la siguiente:

Sesquióxido de hierro.....	70.10
Acido fosfórico.....	0.90
Alúmina	1.20
Cal	0.55
Magnesia	0.10
Sílice	16.00
Materia orgánica.....	2.00
Agua	9.15
	<hr/>
	100.—

La piedra de cal de que puede disponerse es casi pura; su composición es:

Carbonato de calcio.....	88.00
Sesquióxido de hierro.....	0.50
Arena silícea.....	11.00
Arcilla	0.50
	<hr/>
	100.—

Como se ve por la enumeración anterior, existen, dentro de un radio relativamente corto, todos los elementos minerales que se requieren en la metalurgia del hierro. Hay, además, agua con caída suficiente para ser utilizada como motor, y bosques en las inmediaciones con maderas de aserrío (10).

En los páramos de La Ovejera y en otros varios de la cordillera existen capas más o menos gruesas.

(10) Si se comparan los elementos de trabajo y las condiciones locales de La Caldera y Rodamontal, con las de las otras minas de hierro de la cordillera, saltan a la vista las innumerables ventajas que presenta la localidad que estamos estudiando. Aparte de que las materias primas se hallan muy próximas unas a otras, hay facilidades de otro género, al tratarse de una explotación activa. Estas ventajas, que dependen de la topografía y de la posición de las minas, son:

1º Facilidad de conducción, por medio de cables de transporte, del mineral de hierro, desde el yacimiento hasta la fábrica, si ésta se construye, como es natural, en la proximidad de las carboneras.

2º Proximidad de la empresa a centros poblados.

3º Posibilidad de unir los talleres a la línea del Ferrocarril del Norte por un camino de hierro, cuyo valor no sería exorbitante.

4º Proximidad a los centros de consumo.

sas, pero siempre bastante extensas, de limonita terrosa, que guardan con las subyacentes las mismas relaciones ya dichas; hay también minas de carbón y de piedra de cal, pero estas regiones, tan apartadas de los sitios poblados y tan poco accesibles por la falta absoluta de caminos, apenas merecen que se les cite a título de información. En algunas regiones del piso de Villeta al occidente del Departamento, principalmente en Nocaima y Vergara, se encuentran las pizarras cruzadas por vetas de siderita, en las cuales el mineral se halla adherido al respaldo y contiene accidentalmente nódulos de calcopirita. Por substitución isomórfica, este mineral pasa a la ankerita, a la dolomita y finalmente a la calcita. En algunas vetas desaparece el mineral de hierro y queda íntegramente reemplazado por la calcopirita. De esta clase de yacimientos hay también en la vertiente oriental de la cordillera, en los terrenos de Quetame.

Desgraciadamente en los terrenos en donde estas minas están localizadas es absoluta la carencia de carbón, pues es bien sabido que este combustible desaparece en los pisos inferiores al Creta-terciario.

MINAS DE COBRE—En las pizarras y calcáreas negras de Nocaima y Paima se suelen encontrar algunos filones de calcopirita, que va asociada a la siderita, la ankerita y la calcita. Estos filones han sido poco estudiados, pero se sabe que en ellos no está regularmente distribuido el mineral de cobre, de tal manera que en algunas partes son muy ricos, en tanto que en otras sólo existen los carbonatos de hierro y calcio. Al oriente de la cordillera, principalmente en la región de Medina, se presentan filones de esta misma clase mejor mineralizados con respecto al cobre.

MINAS DE PLOMO—Gruesos bancos de galena se encuentran en las areniscas de Ubaté y Carmen de Carupa; en esta última localidad se encuentra el mineral de plomo con nódulos de calcopirita y venas de blenda. En los esquistos de Quetame se han encontrado también filones de galena. El bajo precio del metal y las malas vías de comunicación son las razones para que no se exploten esas minas.

MINERALES VARIOS—La blenda o mineral de zinc se encuentra en las mismas localidades que el mineral de plomo; sus mejores yacimientos están en la región de Medina y en Ubaté. La pirita, en bancos compactos o en cristales aislados, suele encontrarse en donde predominan las pizarras negras del piso de Villeta. El azufre nativo se encuentra en capas explotables y en incrustaciones en las calcáreas de Gachalá.

Aparte de los minerales mencionados se encuentran en distintas regiones del Departamento, otros de poco valor y de interés, enteramente local, como calcáreas, yeso, kaolín, arcillas, piedras de labor, etc.

(Continuará)