

REGIONES GEOLOGICAS DE COLOMBIA

(ENSAYOS MINERALOGICOS Y GEOLOGICOS)

RICARDO LLERAS CODAZZI

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

(Conclusión)

ESTRATIGRAFIA DEL BORDE ORIENTAL DE LA SABANA DE BOGOTA

El estudio de la dirección de las capas de sedimento en las eminencias que constituyen los bordes de la Sabana de Bogotá, a más de su interés científico, no carece de importancia para el minero, pues de ello depende la localización de los yacimientos de piedra de cal, combustibles fósiles y otros minerales útiles que se hallan comprendidos entre esas capas.

En cuanto a la edad geológica de estos terrenos, se sabe de una manera incontrovertible que constituyen uno de los pisos superiores de la formación eretácea, tan desarrollada en toda la Cordillera Oriental, y que Hettner y otros autores designan con el nombre de "Piso de Guadalupe".

Que debajo de los estratos de Monserrate y Guadalupe se encuentren rocas sedimentarias del Jura o del Trias, es cosa que no está comprobada; aún más: no es verosímil este aserto porque si se observan las rocas inferiores a este piso que afloran en la vertiente oriental de los páramos de Oriente y en la occidental de la vertiente que va al Magdalena, se advierte que están compuestas de pizarras negras y calcáreas que corresponden al Cretáceo inferior o sea al "piso de Villeta" de Hettner; es lógico concluir que en toda el área del piso en referencia ocurre otro tanto, pues no se ha hallado hasta hoy ninguna excepción en dondequiera que se han podido observar ambos pisos, bien sea por las fallas y fracturas de las rocas o por el trabajo de erosión de las aguas.

El orden de la sucesión de los estratos es de arriba a abajo, el siguiente:

Arenisca de labor.

Arenisca cúbica (quadersandstein).

Arcilla hojosa gris y esquistos silíceos en lechos alternados.

Calcárea de conchas.

Sobre las capas de arenisca están las de carbón, acompañadas de arcillas, y en algunas localidades, como en La Calera, la formación está cubierta por gruesos depósitos de limonita.

Hacia el norte, es decir, en las regiones de Guasca y La Calera, el borde montañoso adquiere una anchura considerable, y los estratos, cuya inclinación general es de E. a W., están dislocados, for-

mando numerosos valles de fractura, uno de los cuales es el del río Teusacá.

En Monserrate parece que cambiara bruscamente el sentido de la estratificación, pero en realidad está en concordancia con el plan general de estructura de toda la serranía: el cerro en cuestión está formado por un pliegue de las areniscas, cuya convexidad está vuelta hacia el oriente, de suerte que visto desde la ciudad, parece como si sus estratos se inclinasen de W. a E. En Guadalupe vuelve a verse la inclinación normal de las capas que en ese sitio son casi verticales, y tanto en uno como en otro cerro están cubiertas en la base de la falda occidental por depósitos más recientes de una arenisca tierna (probablemente psamita), arcillas y material de acarreo. Hacia el oriente de Guadalupe se puede estudiar con suma facilidad la sucesión de capas inferiores a las areniscas.

Más al oriente, en la cuenca de la laguna de El Verjón, se encuentra una roca feldespática, profundamente alterada, cuya disgregación ha dado origen a gruesos bancos de arcilla blanca muy pura y a guijarros silíceos sueltos; a nuestro juicio esta roca no es otra cosa sino una masa lacólitica que se ha puesto de manifiesto por las erosiones. De este sitio para adelante el terreno no es muy irregular hasta la arista oriental de la cordillera en donde empieza el descenso hacia la hoya del Río Blanco.

Al sur de Bogotá la región de páramo es cada vez menos ancha hasta que llega a un mínimo en el boquerón de Chipaque, pero el sentido de la estratificación es siempre uno mismo. El páramo de La Frutica, que puede considerarse como el límite meridional de la región en estudio, es una elevación lineal divisoria de las aguas que van a los Llanos orientales, de las que constituyen la fuente del río Tunjuelo.

Es notoria la tendencia de las capas de este terreno a formar pliegues: pueden verse varias curvaturas interesantes en la hoya del río San Cristóbal y en los cerros comprendidos entre Une y Cáqueza.

Si se tiene en cuenta que en el borde occidental de la altiplanicie la estratificación de las mismas rocas se inclina de W. a E., se llega a la conclusión de que la Sabana de Bogotá está formada sobre un valle sinclinal, que se ha llenado posteriormente de depósitos de arcillas y arenas de origen lacustre.

* * *

INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA GEOLOGICA DEL TERRENO EN EL REGIMEN DE LOS TORRENTES ANDINOS

Asunto de capital importancia para la ciudad de Bogotá es el régimen de los torrentes que descenden de los páramos orientales por los boquerones de Monserrate y San Cristóbal, pues éstas son las únicas aguas con que cuenta hoy día la ciudad para su abastecimiento (*). Frecuentemente se dice que las aguas han disminuído de un modo alarmante, hasta el punto de temerse su desaparición total, y se atribuye la falta de agua a la tala de los bosques que antiguamente cubrían las hoyas de los mencionados riachuelos.

Semejante aseveración se hace y se repite a diario sin crítica alguna, aun en documentos oficiales. Es bien sabido que la cantidad de agua que una hoya recoge depende de los factores siguientes:

1º Cantidad de lluvia en un tiempo dado.

2º Extensión de la hoya.

3º Pérdidas por evaporación.

4º Pérdidas por infiltración.

Ahora bien; estos factores no han cambiado ni cambiarán en mucho tiempo, porque ellos a su vez dependen del clima, de la configuración del terreno y de la naturaleza de las rocas, que son constantes en el problema que nos ocupa. Lo que hay, en realidad, es que se ha confundido la cantidad de agua con el régimen de las corrientes.

La cantidad de agua que la hoya recibe, como que depende de las circunstancias apuntadas, no tiene nada que ver con la vegetación; la cantidad de agua que la hoya gasta en un tiempo dado, depende de los obstáculos que el agua encuentre en su circulación, y por tanto depende en gran parte de la naturaleza de la vegetación que cubra la hoya. El agua de la lluvia recogida en una hoya desnuda, se aglomera rápidamente en el thalweg, forma en pocos minutos un torrente inmenso, se origina una grande avenida de corta duración y a poco tiempo las cosas vuelven a su estado normal; si al contrario, la hoya está cubierta de bosque y sobre todo de plantas rastreras, musgos, helechos, etc., la vegetación hace el efecto de una esponja, absorbe el agua de la lluvia y va descargándola gradualmente en el thalweg, de suerte que el torrente no crece mucho, pero su gasto es uniforme por un considerable espacio de tiempo.

De dos maneras puede modificarse el régimen de los torrentes: repoblando la hoya, es decir, devolviéndole la vegetación perdida, o almacenando el agua para gastarla a medida de las necesidades. Ambos remedios se han propuesto para el caso particular de las aguas de Bogotá, pero parece que es más aceptable el segundo, por razones de orden económico. En el caso de que se optara por el sistema de represar las aguas de las mencionadas hoyas, sería de suma importancia el estudio de la estratigrafía de toda la región al oriente de Bogotá, por-

(*) Nota.—Actualmente estas condiciones han variado, pues, desde 1939, la ciudad se provee de las aguas del río Tunjuelo.

que no es indiferente la dirección y la naturaleza de los estratos para el efecto de la solidez de las obras que hubieren de emprenderse. Estas líneas van destinadas a hacer notar la influencia de la estratificación en el régimen de los torrentes y se fundan en numerosas observaciones que hemos tenido ocasión de hacer en los páramos de la Cordillera Oriental, en las inmediaciones de la Sabana y en algunas localidades del Tolima.

Los factores geológicos capaces de ejercer una influencia apreciable en el régimen de los torrentes son los siguientes:

1º La naturaleza de las capas del terreno por donde corre el torrente; en efecto: en los terrenos más o menos impermeables se producirá un régimen de filtración lento y regular, como sucede en las arcillas y en las pizarras; en los terrenos demasiado permeables se establecerá un régimen subterráneo sin relación alguna con la configuración superficial de la hoya y aún el agua irá a alimentar las hoyas vecinas si lo permite la inclinación de las capas, como sucede con frecuencia en las capas de arena que originan pozos artesianos.

2º La existencia de diaclasas, que no puede sospecharse por el examen superficial de la hoya y que determina pérdidas enormes.

3º Las superficies de contacto y las líneas de menor resistencia que pueden determinar presiones anormales que se traducen a la larga por pérdidas más o menos considerables.

4º El sentido de la estratificación, que, a nuestro juicio, es la circunstancia de efectos más apreciables y que puede clasificarse de la manera siguiente:

A—En el sentido del curso del torrente:

a) Si el agua corre por un solo estrato, es claro que no hay pérdidas por infiltración.

b) Si el agua corre normalmente a los estratos hay una pérdida por infiltración cuya cuantía depende de la permeabilidad de las rocas y de la amplitud de las juntas.

B—En el sentido transversal al curso del torrente:

a) Si el valle es sinclinal, ganará agua por las infiltraciones en los valles vecinos.

b) Si el valle es anticlinal, perderá agua por la infiltración en las dos faldas que a él concurren.

c) Si el valle es paraclinal, lo que gana por infiltraciones en un costado, no alcanza a compensar lo que pierde por el otro y por la junta del thalweg.

Lo que llevamos dicho solamente se refiere a la cantidad de agua que puede suministrar una hoya; hay otra faz del problema de grande importancia cuando se trata de la construcción de diques para la formación de lagos artificiales: las aguas infiltradas ejercen una presión sobre las paredes que las contienen, presión que debe estudiarse desde el punto de vista de su dirección, de su valor a distintos niveles (siquiera sea aproximadamente) y de la resistencia de las rocas encajantes.

Lo anterior basta para hacer notar la importancia del estudio estratigráfico del terreno cuando se trata de la construcción de obras hidráulicas de alguna magnitud.

NOTICIA SOBRE LAS SALINAS DE COLOMBIA

De todos los países de la América del Sur es tal vez Colombia el más favorecido por la naturaleza en lo que se refiere a los yacimientos de sal; los hay de todo género de formaciones, de variados aspectos y de diferente riqueza, por lo cual, antes de proceder a su estudio, es preciso establecer una clasificación.

En atención al carácter geológico de las localidades y a la manera de presentarse la sal (circunstancias que determinan el sistema de explotación que haya de adoptarse), pueden establecerse los siguientes grupos naturales:

Salinas marítimas—Actuales. Antiguas.

Fuentes saladas—Superficiales. Profundas.

Minas de sal—Bancos de sal. Margas salíferas.

SALINAS MARÍTIMAS ACTUALES—Estas son las que se están formando permanentemente en algunos terrenos bajos de la Costa Atlántica, en virtud de las inundaciones periódicas producidas por la marea; los vientos alisios, que en aquellos parajes soplan con gran regularidad, facilitan la evaporación; y como la extensión de estas costas es considerable, la cantidad de sal que se obtiene basta para el consumo de las poblaciones del litoral y aun para el de algunos sitios del interior. En la explotación casi no hay necesidad de obras de arte, por la naturaleza misma del terreno, y la sal que se obtiene es de calidad superior: la que se da al consumo como de primera clase es blanca, cristalizada, sin partículas terrosas interpuestas y sin sales magnesianas; la de segunda clase tiene hasta 2 por 100 de impurezas, y la de tercera clase tiene hasta el 5 por 100 de impurezas, todas consistentes en materias terrosas insolubles.

En las costas del Pacífico no se han podido establecer salinas marítimas por las frecuentes lluvias en esas regiones.

SALINAS MARÍTIMAS ANTIGUAS—Estas son superficiales, próximas a las costas, y se han formado en otros tiempos, cuando los terrenos en donde actualmente se hallan estaban sumergidos; su conservación se debe a que en los sitios donde existen nunca hueve. En la única parte donde hemos podido observar esta clase de salinas es en la Península guajira; entre Mécoro y Los Castilletes, y entre este último lugar y la ensenada de Tucacas, se extienden inmensas sabanas cubiertas de una costra de sal cristalizada, de un espesor de cuarenta centímetros próximamente. Esta sal ha sido formada, sin duda alguna, en épocas remotas, por la evaporación de las aguas del mar, hecho que constituye una de las

muchas pruebas de los movimientos oscilatorios de la costa oriental de la Península.

FUENTES SALADAS SUPERFICIALES—Estas provienen de las infiltraciones de las aguas superficiales en los terrenos arcillosos impregnados de sal o en las pizarras negras que cubren las masas más o menos grandes de sal gema que se encuentran a una profundidad suficiente para no haber sido alcanzadas por las erosiones. Invariablemente están localizadas estas fuentes en las pizarras tiernas del terreno cretáceo inferior (Piso de Villeta) o en el contacto de esos terrenos arcillosos con las calcáreas negras de amonitas del mismo terreno. Su riqueza es muy variable, según las localidades, y depende también de la época del año en que se recoja el agua; en tiempo de lluvias el tenor del agua es más bajo que en tiempo seco, pero la fuente es más abundante, lo cual prueba el origen de estos manantiales. Las impurezas que estas aguas contienen son generalmente sales calcáreas y sulfatos alcalinos y terrosos, originados probablemente por la alteración de las piritas, tan comunes en estos terrenos; algunas contienen también sales magnesianas, pero en cantidades insignificantes.

La mayor parte de estas fuentes están localizadas en la Cordillera Oriental, que es en donde mayor desarrollo adquiere el Cretáceo inferior. Las principales son: Pinsaima, Tausa, Camancha, Gachetá, Chita, Muneque, Gámeza, Recetor, Pajarito, etc., etc. En las dependencias de la Cordillera Central está la Salina de Coello y otras fuentes de menor importancia, pero siempre en rocas del Cretáceo inferior sublevadas por las rocas eruptivas de la cordillera.

FUENTES SALADAS PROFUNDAS—Hemos adoptado este nombre para un grupo considerable de fuentes saladas, muchas de ellas termales, cuyo origen no puede asignarse con toda exactitud, y cuyo carácter principal es contener cantidades apreciables de yoduros y sales magnesianas, lo cual las distingue de las enumeradas en el grupo anterior.

Las rocas eruptivas han desempeñado un importante papel en la formación de estas salinas, según la descripción que de ellas hace M. Boussingault en su interesante memoria sobre las salinas yodíferas de los Andes. En Guaca, por ejemplo, el agua salada mana de un pozo abierto en un conglomerado que reposa sobre rocas eruptivas. El pozo de Matasano está abierto en una roca porfídica; la salina de Riogrande se encuentra en una roca sienítica; las salinas de la vega de Supía están formadas en lechos de areniscas dislocados y rotos por los porfidos sieníticos, y las de Ciruelo y Peñol están formadas en esta misma roca porfídica.

Los terrenos volcánicos del Sur, principalmente en los valles del Patía y el Mira, están cubiertos en muchas localidades por una gruesa capa de tufs andesíticos y de arenas y cenizas vítreas, íntimamente mezcladas con eflorescencias salinas ricas en yoduros. En el terreno arenoso de Cotacache estas cenizas están tan impregnadas de sal, que se bene-

divide a su vez en dos terrenos: inferior y superior; el inferior comprende los pisos de Girón y Villeta, y el superior los de Guadalupe y Guadas. El piso de Villeta se compone de calcáreas de amonitas, pizarras negras bituminosas y septarias arcillosas, o bien lechos alternados de pizarras grises, areniscas muy silíceas y calcárea de conchas. El piso de Guadalupe está compuesto de areniscas de diferentes clases.

Los mineros saben muy bien que únicamente en los esquistos arcillosos del piso de Villeta es donde se encuentran los bancos de sal y las fuentes saladas, así como únicamente en las areniscas del piso superior al de Guadalupe, o sea el de Guaduas, hay probabilidades de encontrar lechos de carbón mineral.

Los bancos de sal gema descubiertos hasta ahora y que están en explotación, son los de Zipaquirá, Nemocón, Sesquilé y Upía, y aunque diseminados a través de la Cordillera Oriental, están todos localizados en un mismo terreno, el Cretáceo inferior. En Zipaquirá la masa de sal gema, que es de un volumen enorme, se encuentra como encajada entre rocas estratificadas más recientes que la rodean en semicírculo. El banco de sal está cubierto por una gruesa capa de barro arcilloso negro, que los mineros llaman rute, y que no es otra cosa sino las pizarras negras del piso de Villeta, que siguen todos los contornos del Morro de la Sal, lo cual ha originado numerosas fracturas, acentuadas después por el trabajo erosivo de las aguas. La masa de sal no es homogénea; está formada por menudos granos cristalinicos de sal, a veces mezclados con óxidos metálicos, partículas de la pizarra y otras impurezas; pero lo más curioso es que la sal negra, es decir, la que contiene partículas de pizarra y carbón, alterna con la sal blanca (llamada paloma por los mineros), de suerte que se advierte una estratificación perfectamente definida; esta estratificación presenta numerosos pliegues y dobladuras, como si la sal, después de depositada, hubiera estado sometida a enérgicas presiones. Entre los intersticios y fracturas de la sal se encuentran aprisionados varios gases, principalmente el sulfuro de hidrógeno, a veces en tal abundancia, que constituye un peligro para los mineros. A veces se encuentran grandes cristales de sal pura, muy perfectos, en cuyo interior suelen hallarse cristales de pirita, fragmentos de pizarras y otros cuerpos extraños.

fician sistemáticamente por las gentes de la localidad.

Las salinas de esta clase sólo se hallan en los terrenos eruptivos de la Cordillera Central, y difieren por muchos aspectos de las fuentes saladas que hemos enumerado en la Cordillera Oriental.

BANCOS DE SAL—Los geólogos modernos dividen los terrenos estratificados de la Cordillera de los Andes, en Colombia, en dos grandes terrenos: 1º, terreno fundamental precretáceo, y 2º, terreno cretaterciario. La cubierta cretácea y cretaterciaria se

En el rute se encuentran en abundancia bellísimos cristales de pirita, calcita, dolomita, yeso, karsenita, cuarzo y fragmentos de azufre y de un carbón seco semejante a la antracita.

Las rocas del Cerro del Zipa, al occidente de la salina, están visiblemente inclinadas de oriente a occidente, y son principalmente de areniscas cubiertas por una delgada capa de limonita. Hacia el oriente del banco de sal se extienden las capas horizontales de arcilla y arena de la sabana, y luego, en Tibitó, vuelven a aparecer las areniscas inclinadas de occidente a oriente, es decir, formando anticlinismo con las mencionadas anteriormente y con ligeras ondulaciones en el sentido norte-sur.

Al norte del Morro de la Sal las rocas están muy dislocadas, en algunos sitios casi verticales, y formadas por areniscas y calcáreas. Hacia el sur, los accidentes topográficos son menos acentuados; es menor la inclinación de los estratos, pues en partes son sensiblemente horizontales, y se presenta completa la formación de los pisos de Guadalupe y Guaduas (areniscas y lechos de carbón).

La impresión que se siente al examinar esta mina es la de que la masa de sal hubiera surgido de la profundidad a través de las fracturas de la arenisca, doblando la cubierta del rute y plegando la estratificación de la sal misma (Configuración llamada por los alemanes *eczeme*).

A corta distancia de Zipaquirá se encuentra la Salina de Nemocón; ésta es otro banco de sal cubierto de rute, rodeado de las mismas rocas que se observan en Zipaquirá, y dispuestas de un modo semejante. En esta localidad adquieren más desarrollo que en Zipaquirá las capas calcáreas y los lechos de carbón. En las inmediaciones de la salina, en capas de un nivel superior al rute, se ha encontrado una vena de calcita con nidos de esmeraldas pálidas; sobre esta particularidad insistiremos más adelante. Hay quienes creen que la salina de Zipaquirá y la de Nemocón son una misma, y aun incluyen a la de Sesquilé en ese grupo, es decir, que el banco de sal en lo profundo se extiende en áreas inmensas. No es verosímil este aserto, porque al sur de Nemocón hay una fuente termal que denuncia la existencia de una dislocación que se hunde a una profundidad no menor de 1.200 metros, a juzgar por la temperatura de la fuente. Ahora bien: el agua de esa fuente no contiene cloruro de sodio, luego no atraviesa el banco salado, prueba de que por lo menos a esa profundidad no hay comunicación entre las minas de sal de Nemocón y Zipaquirá.

A las 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, cuyos estratos, que están muy dislocados, y en algunos sitios casi verticales, ocupan con respecto a la sal una posición análoga a la que se observa en Zipaquirá y Nemocón.

La Salina de Upía queda en los últimos estribos orientales de la cordillera, al descender a los Llanos

del Meta. También allí se encuentran rotas las capas del piso de Guadalupe, y la masa de sal queda cubierta por los esquistos subyacentes del piso de Villeta. A juzgar por su estructura, muy probablemente estas salinas se extienden más en profundidad que hacia los costados.

MARGAS SALIFERAS—Como hemos dicho, en los últimos estribos de la Cordillera Oriental se encuentra la Salina de Upín; entre estos estribos, que terminan bruscamente, y los llanos propiamente dichos, se extiende una zona angosta de pequeñas lomas y mesetas que, principiando al sur de Upín, va a terminar entre los ríos Humea y Guacavía. Estas lomas están formadas de conglomerados y cantos rodados que reposan sobre lechos de arenisca tierna casi horizontales; debajo de estos lechos aparecen unas margas hojosas, muy semejantes al rute, y fuertemente impregnadas de sal. La Salina de Cumaral es un pozo, hoy abandonado, abierto en el terreno superior, y que alcanza a las mencionadas margas.

COMPOSICION DE LAS SALES—Para que se note la diferencia en composición de las sales según su origen, ponemos a continuación los resultados de varios análisis:

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
<i>(Doctor Liborio Zerda).</i>	
	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
	100.00
Sonsón:	
Cloruro de sodio.....	0.43
Sulfato de sodio.....	0.53
Carbonato de sodio.....	0.01
Carbonato de calcio.....	0.03
Yodo (huellas).....	...
<i>(Boussingault).</i>	
	1.00
Nemocón:	
Cloruro de sodio.....	88.80
Sulfato de sodio.....	0.10
Sales de calcio y magnesio (huellas).....	...
Materia insoluble.....	0.90
Agua y pérdida.....	10.20
	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
	100.00

Peñol (Distrito de la Vega de Supía):	
Cloruro de sodio.....	0.81
Sulfato de calcio.....	0.09
Cloruro de calcio.....	0.09
Cloruro de magnesio.....	0.01
<i>(Boussingault).</i>	
	1.00

Muela (Distrito de la Vega de Supía):	
Cloruro de sodio.....	0.65
Sulfato de sodio.....	0.31
Carbonato de calcio.....	0.05
Carbonato de sodio.....	0.04
Yodo (huellas).....
<i>(Boussingault).</i>	
	1.05

Quinchía:	
Cloruro de sodio.....	0.83
Sulfato de sodio.....	0.09
Carbonato de calcio.....	0.08
Carbonato de magnesio (huellas).....
Yodo (huellas).....
<i>(Boussingault).</i>	
	1.00

Ciruelo (Distrito de la Vega de Supía):	
Cloruro de sodio.....	0.59
Cloruro de calcio.....	0.14
Cloruro de magnesio.....	0.14
Sulfato de calcio.....	0.13
Yodo (huellas).....
<i>(Boussingault).</i>	
	1.00

Asnenga (cerca de Pitayó):	
Cloruro de sodio.....	0.71
Carbonato de sodio.....	0.18
Sulfato de sodio.....	0.07
Carbonato de calcio y magnesio.....	0.03
Sílice.....	0.01
Yodo y bromo (abundantes señales).....
	1.00

Fuente del Coral (Distrito de San Vicente, en Antioquia):	
Sulfato de sodio.....	46.90
Cloruro de sodio.....	46.40
Bicarbonato de sodio.....	4.30
Agua.....	2.40
<i>(F. de P. Muñoz).</i>	
	100.00

Bocana (Antioquia):	
Cloruro de sodio.....	22.1
Sulfato de sodio.....	65.8
Sulfato de calcio.....	1.0
Sulfato de magnesio.....	1.0
Agua higroscópica.....	10.0
<i>(Tulio Ospina).</i>	
	99.9

Retiro (Antioquia):	
Cloruro de sodio.....	69.0
Sulfato de magnesio.....	27.0
Sulfato de potasio.....	1.0
Sulfato de calcio.....	0.4
Materia insoluble.....	0.6
Agua higroscópica.....	2.0
	100.0

Samaná (Antioquia):	
Cloruro de sodio.....	70.2
Bicarbonato de sodio.....	10.2
Sulfato de sodio.....	3.2
Agua higroscópica.....	16.4
<i>(Tulio Ospina).</i>	
	100.0

Guaca:	
Cloruro de sodio.....	94.0
Sulfato de calcio.....	1.2
Sulfato de sodio.....	0.5
Materia insoluble.....	0.8
Agua higroscópica.....	3.5
<i>(Tulio Ospina).</i>	
	100.0

* * *

LOS MINERALES DE LAS PIZARRAS NEGRAS

Quien visite sucesivamente las dos principales regiones mineras de la Cordillera Oriental, Zipaquirá y Muzo, no dejará de sorprenderse al encontrar entre ellas una grande analogía, no sólo en lo relativo a la posición geológica y a sus caracteres petrográficos, sino también en las especies minerales que las caracterizan, y esta analogía es tanto más sorprendente cuanto la riqueza mineral de la una es de un carácter enteramente distinto de la otra.

Ambas formaciones ocupan un nivel geológico inferior a las areniscas y calcáreas del terreno Cretáceo superior, y por todos conceptos pueden incluirse en el piso de Villeta, del Cretáceo inferior; la semejanza entre el rute de las salinas y las pizarras bituminosas de Muzo salta a la vista. En Camancha, cerca de Muzo, hay una fuente salada que brota de las pizarras negras; en Nemocón hay una vena de calcita con numerosos cristales de esmeralda, de color verde pálido, pero de formas perfectas, y finalmente, en el lodo derivado del rute, en Zipaquirá, se han encontrado esmeraldas muy semejantes a las de Muzo.

Tanto en Muzo como en Zipaquirá y las otras salinas, se encuentran cristales perfectos de pirita, dolomita, calcita, yeso, fluorina y falcó de colores

claros; los pequeños cristales prismáticos de calcita que forman placas de estructura fibrosa, son idénticos en ambas localidades, y en las mismas condiciones se encuentran los granos e incrustaciones de azufre y los fragmentos de antracita.

Hay más todavía: en otras regiones de la cordillera, en donde predomina el mencionado piso de las pizarras negras, se encuentran estos mismos minerales. En el Carare se encuentra en abundancia una antracita como la de Zipaquirá, en fragmentos aglutinados por una masa de calcita de un ligero color verde. En el valle de Bolívar, región del Carare, se encuentra la fluorina en magníficos cristales de color violeta. En la región de Quipilé y Anolaima, principalmente cerca del boquerón de Iló, hay grandes bancos de pirita en medio de las pizarras, y éstas están frecuentemente atravesadas por venas de calcita, a veces dislocadas, lo que demuestra los movimientos del terreno posteriores a su formación.

En la vertiente oriental de la cordillera se presenta la misma formación con los mismos caracteres mineralógicos que hemos enumerado. En la región de Somondoco se encuentra el mismo piso de las pizarras de Muzo, con idénticas venas de calcita y cristales de pirita. Es verdad que las venas esmeraldíferas de Chivor no están localizadas en las pizarras sino en otro piso anterior, probablemente el piso de Girón, y que los minerales que acompañan a la esmeralda son la albita, la apatita y la fluorina, pero también en Muzo han sido encontradas estas especies minerales recientemente por el Profesor Roberto Scheibe.

Indudablemente la acción mineralizadora ha sido general en todo el piso de Villeta, desde el occidente de Santander hasta los estribos del Páramo de Dolores, en el Tolima, y en la vertiente oriental, desde Chita hasta el nacimiento del Humada, y quizás más al sur. Las variadas manifestaciones que pueden observarse se deben únicamente a la mayor o menor intensidad de los agentes de origen profundo. Es claro que en las inmediaciones de los centros eruptivos la mineralización tiene que haber sido más fácil y por tanto más perfecta.

De esos centros eruptivos, los de más inmediata influencia han sido los que han dado origen a las minas de esmeraldas: el Pontón, para las minas de Muzo, y los Farallones de Medina para la mina de Chivor. En la región del Pontón, cerca de las minas de Muzo, ha encontrado el Profesor Scheibe dos clases de rocas: una antigua, de carácter abisal, compuesta de plagioclasas, anfíbol negro, muy poca mica negra y epidoto y clorita, como elementos de segunda formación (diorita). La otra, de carácter intrusivo, de la cual no se conocen sino las apófisis formadas por venas de pegmatita y halleflinta, es probablemente el granito moderno de los geólogos alemanes. También ha reconocido, en situ, los esquistos chistalíticos y los esquistos otrelíticos. En las cabeceras de los ríos Humea y Guacavía hemos encontrado una roca granular compuesta de cristales

les de ortoclasa, plagioclasa, mica negra y anfíbol y granos de cuarzo, que tiene todo el aspecto del granito moderno (Andengranit).

Es curioso observar que las erupciones de otro carácter como las propilitas cuarzosas de Ariari y las porfiritas augíticas del Tolima, no han dado origen a la profusión de los minerales neumatolíticos.

• • •

ITINERARIO GEOLOGICO A TRAVES DE LA ALTIPLANICIE DE BOGOTA

En todo terreno destinado a la agricultura, hay que considerar dos cosas: el mantillo o tierra de labor propiamente dicha, y el subsuelo que le sirve de fundamento. El mantillo se compone en parte de elementos minerales acarreados por las aguas, y en parte, de elementos de origen orgánico.

La parte mineral del mantillo, que contiene una buena porción de substancias fertilizantes, proviene de la disgregación de las rocas circunvecinas. Se comprende, desde luego, que el trabajo de los agentes atmosféricos es más eficaz para la agricultura en los valles anticlinales que en los sinclinales, porque en los primeros, obrando las aguas sobre las cabezas de los estratos y normalmente a los planos de juntura, acarrearán una gran variedad de partículas, en tanto que en los segundos el trabajo de erosión se efectúa siempre sobre una misma roca y los elementos transportados, en toda la hoya, son de una sola especie.

El estudio de la Estratigrafía es, pues, de grande importancia para la agricultura, dado que la composición de los aluviones depende, no solamente de la naturaleza de las rocas que los originan, sino también del sentido en que están inclinadas las capas de sedimento.

En la Sabana de Bogotá, por ejemplo, se advierte que la naturaleza del subsuelo varía muchísimo, tanto en sus propiedades físicas, como en su composición mineralógica, a pesar de ser unas mismas las rocas que han dado origen al material de acarreo.

Los bordes de la Sabana y los montículos que interrumpen su uniformidad, a manera de islotes, pertenecen al terreno denominado por los geólogos alemanes, que han visitado el país, cubierta cretaciaria (Cretacisch-tertiare Deckgebirge). Este terreno se divide en varios pisos que, en la parte alta de la cordillera, llevan el siguiente orden de superposición, de arriba a abajo, y en estratificación concordante:

Piso de Guaduas

Piso de Guadalupe

Piso de Villeta.

Estos pisos se subdividen en varias capas perfectamente definidas, de la manera siguiente:

Piso de Guaduas

Arenisca tierna, de color gris verdoso, con laminas de mica.

Arcilla poco plástica, de color rojizo y con gran cautividad de arena fina.

Arenisca tierna de grano grueso y anguloso, de cemento arcilloso, con delgadas capas interpuestas de una arenisca azulosa, compacta, de cemento silíceo y también con nódulos y costras de limonita.

Capas de carbón, comprendidas entre lechos de arcilla gris hojosa.

Piso de Guadalupe

Superior:

Arenisca de labor, con algunas lajas de arenisca manchada (Tigersandstein).

Arenisca de grano sumamente fino que se divide en pequeños cubos. (Quadersandstein).

(Plänersandstein).

Arenisca de pecteus.

Inferior:

Esquistos arcillosos de colores claros con foraminíferos.

Arcilla con lechos intercalados de una arenisca azulosa, muy compacta, de cemento silíceo.

Arcilla gris con lechos intercalados de calcárea de exogiras.

Piso de Villeta

Pizarras negras, ricas en amonitas, con venas de calcita y delgadas capas y nódulos de pirita. En algunos sitios, la parte superior está atravesada por tabiques de limonita, de suerte que la roca constituye una septaria.

Calcárea negra de amonitas.

Debajo del piso de Villeta sigue el piso de Girón, pero éste no aflora en las partes altas de la cordillera. Sobre el piso de Guaduas está el piso de Honda, que se desarrolla únicamente en los Llanos del Tolima.

Las capas horizontales de la Sabana, de formación lacustre, son de arcillas, arenas, gravas y gujarros sueltos.

En un croquis se pudieran señalar los diferentes pisos con los siguientes números:

I. Terreno cuaternario de la Sabana.

II. Piso de Guaduas.

III. Piso de Guadalupe (superior e inferior).

IV. Piso de Villeta.

Estos pisos, que en lo general están en estratificación concordante, presentan numerosos pliegues, fallas y fracturas que dan a la cordillera su relieve actual. Los terrenos sedimentarios de la altiplanicie de Bogotá ocupan, en casi toda su extensión, el fondo de un valle sinclinal formado por los terrenos creta-terciarios subyacentes.

En efecto: el borde occidental muestra las capas inclinadas de W. a E. en casi toda su longitud; en la falda occidental, muy inclinada y abrupta, se desarrolla el piso de Villeta y sobre él, el de Guadalupe, con sus rocas características; el piso de Guaduas ocupa la falda oriental, que desciende suavemente hacia la Sabana. En las cercanías de Barroblanco pueden verse algunos montículos de estratificación curva muy acentuada y, más hacia el norte

(Altamira, Santa Bárbara, La Pradera), la inclinación es poca y la pendiente muy uniforme.

Las colinas aisladas que se encuentran en la Sabana corresponden a la fractura de un pliegue anticlinal. El trabajo de erosión, que ha debido ser muy intenso, ha modificado la forma de estas eminencias y ha borrado los lazos orográficos que las unían, de suerte que su reconstrucción estratigráfica actual, es cuestión de conjeturas. En la colina de Snba, que es donde mejor puede estudiarse el asunto, las capas van inclinadas de W. a E. y corresponden al piso de Guaduas, con los lechos de carbón que le son peculiares.

El borde oriental, de una estructura mucho más complicada que la del occidental, es hacia el sur, una elevación lineal (Páramo de la Frutica y cabeceras del río Tunjuelo), y hacia el norte va aumentando en anchura hasta constituir los extensos páramos de Cruz Verde, Suaque y La Calera.

En sus faldas occidentales aparece, en primer término, el piso de Guaduas, unas veces inclinado de E. a W., que es su buzamiento normal, como en la hoya del río San Cristóbal, y otras encorvado, como en Monserrate y Chapinero. Detrás de este piso viene la primera hilera de cerros formados por la arenisca del piso superior de Guadalupe, que en toda su extensión lleva la misma inclinación del piso de Guaduas o lo sigue en su curvatura. En el corte de un croquis hecho por Monserrate, su curvatura puede advertirse mirando el cerro de perfil; en el cerro de Guadalupe no hay curvatura y sus capas, casi verticales, buzan hacia occidente.

Detrás de estas eminencias, queda el piso superior de Guadalupe, que constituye extensas hoyas; la del río San Francisco, precisamente al oriente de Bogotá, presenta sus capas primero inclinadas hacia el occidente, luego sensiblemente horizontales, y por último, inclinadas hacia el oriente, denunciando así la existencia de un gran pliegue anticlinal.

Siguiendo el camino de los páramos, se vuelve a encontrar el piso superior de Guadalupe y el de Guaduas (hoya del Verjón), formando un amplio pliegue sinclinal.

En el descenso hacia Choachí, se encuentra completa la sucesión de pisos: Guaduas, Guadalupe superior, Guadalupe inferior y Villeta, con algunas fallas en escalones.

Es claro que de estas hoyas comprendidas entre los cerros, han bajado los detritus que han venido a constituir el terraplén de la Sabana de Bogotá; las arcillas provienen de la disgregación de las pizarras tiernas, principalmente del piso inferior de Guadalupe y las arenas de la disgregación de las areniscas. En la parte alta de los páramos se encuentran algunos bancos de kaolin, procedentes, con toda probabilidad, de la alteración de rocas feldespáticas intrusivas, los que pueden haber suministrado gran parte de la arcilla blanca refractaria que se encuentra en algunas localidades de la Sabana.

Si se hicieran perforaciones, metódicamente dispuestas, en la Sabana, con el fin de estudiar el material de acarreo a distintos niveles, y al propio tiempo se levantara el mapa estratigráfico de los bordes montañosos, se llegaría a fijar con entera precisión el curso de las corrientes anteriores a la época actual, a determinar los conos de deyección y, en fin, a dividir el subsuelo en zonas de diferente composición mineralógica y por tanto, de diferentes condiciones agronómicas. Este es uno de los trabajos que, tarde o temprano, tendrá que acometer el Instituto Agronómico.

• • •

LA HOYA CARBONIFERA DE GUATAVITA

Dentro de un área no muy extensa, se encuentran las más ricas salinas de Cundinamarca: Zipaquirá, Nemocón y Sesquilé, y al lado de ellas, carboneras prácticamente inagotables, como son las de Zipaquirá, Rodamontal, Furatena, Nemocón, Tibitó, Guatavita y La Calera; en los páramos y en algunas quiebras de las serranías se ven inmensos yacimientos de mineral de hierro, canteras de excelente piedra de cal y bancos de arcilla blanca, apropiada para la fabricación de loza. Con tales elementos es casi seguro el desarrollo de la minería en esta región en un porvenir no muy remoto.

La hoya de Guatavita hace parte de un sistema de valles longitudinales dependientes de la Cordillera Oriental y todos en comunicación con la extensa Sabana de Bogotá. Puede decirse que el páramo de Cruz Verde es el centro orográfico de un complicado sistema de estribos y contrafuertes que imprimen a los paisajes de esta sección de la cordillera una fisonomía especial: del nudo principal hacia el nordeste se extiende sin interrupción el borde oriental del páramo hasta el Alto de Tengua, en donde la cordillera cambia de dirección; en este trayecto, conocido con los nombres de Páramos de Suaque y de la Carbonera, se desprenden varios ramales secundarios que, dirigiéndose hacia el noroeste, van a morir en la margen izquierda del Funza y separan las hoyas de los ríos Teusacá, Siecha y Sigga, de las cuales es la más importante la de Guatavita y Sesquilé, que ocupa el centro más elevado de esta arrugada región.

La geología, en su conjunto, es poco variada; todo este territorio pertenece a la formación cretaciaria, con excepción de algunos espacios muy restringidos en las salinas de Zipaquirá, Nemocón y Sesquilé y de la vertiente oriental de los Páramos de Cruz Verde y la Carbonera, en donde afloran los esquistos negros del Cretáceo inferior. Por regla general el núcleo de las serranías está constituido por las areniscas del piso de Guadalupe, inclinadas de oriente a occidente o de occidente a oriente, de suerte que los valles intermedios son siempre anticlinales; en muy pocas localidades, como al oriente de Sesquilé y de Guatavita, se encuentran los estratos inclinados de norte a sur. En las faldas, de un

lado y otro de las eminencias principales, se desarrolla el piso denominado de Guaduas, en estratificación muy pareja y casi siempre con sus lechos un poco inclinados hacia el valle respectivo. Las partes bajas, es decir, las vegas de los ríos y las llanuras del Funza, están constituidas por terrenos de acarreo, principalmente arenas y arcillas de depósito lacustre.

El valle de Guatavita está limitado al oriente por el Páramo de la Carbonera y hacia el occidente por una serranía de poca elevación que lo separa del valle de Sopó; ambas eminencias, como se ha dicho anteriormente, están formadas por los lechos de arenisca del piso de Guadalupe, muy dislocados y rotos. El interior del valle está ocupado, en una extensión de más de tres leguas cuadradas, por el piso de Guaduas, que, de arriba abajo, se compone de los siguientes lechos:

- 1º Arenisca roja: 0^m60.
- 2º Arena con arcilla: 5^m00.
- 3º Pizarras tiernas grises: 3^m00.
- 4º Pizarras negras carboníferas: 44^m00.

Las areniscas de la parte superior de la formación son casi siempre rojas, porque en ellas los granos de cuarzo está cementados por el óxido de hierro; sin embargo, en algunas localidades son blancas y contienen fragmentos de conchas, cuya determinación no es fácil por estar sumamente trituradas. En la superficie de la arenisca se presentan costras, a veces muy gruesas, de limonita, y las tales costras contienen a su vez nódulos de limonita en capas concéntricas.

Esta roca se hiende con frecuencia verticalmente, de suerte que se separan bloques que ruedan al fondo de los valles de erosión, en tanto que otros quedan sobre los montículos de arena a manera de capiteles.

La capa de arena arcillosa es de bastante espesor, más o menos unos cinco metros, pero en algunos parajes mucho más. El cemento arcilloso que une los granos de arena es de diversos colores, blanco, rosado, rojo, amarillo, etc., según sea el óxido de hierro con que está teñido. Por las grietas de la arenisca superior penetra el agua, disgrega las arenas y forma a la larga un verdadero laberinto de pasadizos de figuras extrañas y fantásticas, que simulan una aglomeración de ruinas; semejantes formas de erosión son, por lo demás, muy comunes en sitios de la misma estructura geológica, como en Tunjuelo y Soacha, al sur de la Sabana y en las inmediaciones de Tunja.

El lecho de las pizarras grises tiene unos tres metros de espesor; su disgregación produce una arcilla blanca refractaria de buena calidad.

El lecho inferior está constituido por lajas de pizarras negras, compactas, que comprenden las capas de carbón; éstas, que son por lo regular cuatro, tienen un espesor que varía de 0^m60 a 2^m, siguen todas las inflexiones de las capas que las componen y probablemente ocupan toda el área de la hoya,

de modo que la cantidad de carbón que pueden suministrar es incalculable.

De la calidad del carbón puede juzgarse por el análisis siguiente:

Carbón fijo.....	54	
Cenizas	6	
	<hr/>	
Coke	60	60
Elementos volátiles (gases y breas)		39
Humedad		1
		<hr/>
		100

Plomo reducido 21^r5.

Poder calorífico 4900 calorías.

El carbón de Sesquilé da el siguiente análisis:

Carbón fijo.....	52.9	
Cenizas	5.1	
	<hr/>	
Coke	58.0	58
Elementos volátiles (gases y breas)		42
		<hr/>
		100

Plomo reducido 22^r.

Poder calorífico 5000 calorías.

Como se ve, el carbón varía poco en su composición de un sitio a otro de la hoya, y es poco más o menos del tipo de los carbones de Zipaquirá y Nemocón. Es de observarse que es muy raro encontrar en toda la región carbones con lechos de piritita interpuestos, como ocurre con tanta frecuencia en las minas del sur de la Sabana, como Cincha, Tequendama y Canoas.

Hay una particularidad geológica digna de notarse. Hacia el nordeste de la población de Guatavita, al pie de la formación de areniscas y probablemente en virtud de una gran dislocación del terreno, brota una fuente termal de 40° a 45° de temperatura, muy cargada de arena fina, que desprende numerosas burbujas de gas carbónico y que contiene por litro 5 centigramos de materias orgánicas y 8 centigramos de bicarbonato de calcio. Cerca de esta fuente se encuentra otra de 35° de temperatura, de la misma composición de la anterior, más unos 2 decigramos por litro de cloruro de sodio y una pequeñísima cantidad de óxido de hierro.

Como se ve, la región de Guatavita y los valles vecinos, son dignos de un detenido estudio no solamente por contener cuantiosas riquezas naturales que influirán en el desarrollo económico del Departamento, sino también por su estructura geológica que suministra datos para la averiguación de la historia de la Cordillera Oriental.

* * *

LA VERTIENTE ORIENTAL DE LA CORDILLERA EN CUNDINAMARCA

Las dos vertientes de la Cordillera presentan muy notables contrastes, no sólo en lo que se refiere a

sus formas de relieve y a la fisonomía de sus paisajes, sino también en la naturaleza de sus formaciones, circunstancia que influye, como es natural, en las condiciones agronómicas del suelo.

En la vertiente occidental las pendientes son por lo general suaves, las hoyas de los ríos extensas, y se nota el predominio de los diferentes pisos del Cretacéneo inferior, principalmente de las pizarras y calcáreas negras de Villeta. Los aluviones procedentes de la disgregación de estas rocas son bastante fértiles, salvo en algunos sitios, como en las márgenes del Apulo, donde el trabajo de descomposición no ha llegado aún a su término. En la vertiente oriental las faldas son abruptas, cortadas por grietas profundas, los ríos corren por valles de fractura y existe una ancha zona formada por rocas del Precretacéneo, cuya disgregación produce aluviones demasiado silíceos y, por lo común, estériles.

Las dos vertientes no son semejantes sino en las inmediaciones de la altiplanicie, es decir, en las cabezas de los ríos; de ahí que las condiciones agrícolas de la parte alta de los valles sean tan parecidas; pero las cosas cambian de aspecto a medida que se consideran los terrenos situados a distancias considerables de Bogotá.

Al descender de la cordillera por cualquiera de los boquerones que dan paso a las diferentes vías de comunicación, se advierte que el terreno cretáceo está como cortado a pico, formando hacia el norte una serie de fallas en escalones y prolongándose hacia el sur en estrechas curvas muy visibles, sobre todo, entre Une y Cáqueza. De esta suerte, el piso de las pizarras y de las calcáreas negras, que al occidente de la cordillera toma un desarrollo enorme, es en estas regiones sumamente estrecho, y hacia el sur, en las faldas del Nevado de Sumapaz, casi desaparece. Las diferentes rocas de la formación (areniscas, calcáreas, pizarras, etc.), están generalmente inclinadas de este a oeste, pero en la parte alta de los páramos presentan numerosos pliegues y fracturas que hacen muy complicada su estructura. En algunos sitios se desarrolla en áreas extensas el piso de las pizarras grises, como de Cáqueza al paso del Ríonegro, y entonces el terreno ofrece paisajes muy semejantes a las desoladas regiones de Suta-Tausa.

De Quetame, hacia el oriente, se define un terreno compuesto de lechos casi verticales de esquistos talcosos y cloríticos, filades de diversas clases y cuarcitas, todo atravesado por numerosas venas de cuarzo blanco. En la quebrada de Barandillas, cerca de Servitá, aparece la zona de propilitización que se extiende hacia el sur hasta los estribos del Nevado de Sumapaz. A la influencia de esa zona y a la presencia de las rocas eruptivas de los farallones de Medina, entre las cabezas de los ríos Humea y Guacavía, se debe sin duda la existencia de los minerales de zinc, cobre y plomo, que forman en estas rocas filones bien caracterizados. Este terreno, que Karsten califica de metamórfico y que Hettner designa con el nombre de "pipre de Quetame", perte-

necce, muy probablemente, a la formación fundamental cretácea descrita por Stille.

Ya al descender a las llanuras orientales se encuentra una pequeña elevación lineal, que se dirige de sur a norte, con muy contadas interrupciones, desde los boquerones del Gñejay y del Ariari hasta las serranías del Upía. Esta serranía, de la cual hace parte el Alto de Buenavista, cerca de Villavencio, está cortada a trechos por los cañones de los ríos que se dirigen al Meta y está compuesta por las areniscas, calcáreas y pizarras del Cretáceo superior, con una marcada inclinación de oeste a este. El piso de las pizarras negras aflora en algunas localidades, pero siempre en áreas poco extensas; solamente en Upía tiene una extensión considerable y cubre la masa de sal gema, presentando allí los mismos caracteres que el rute de Zipaquirá, Nemocón, Sesquilé, Tausa, etc. Debajo de las areniscas y entre respaldos de una arcilla gris hojosa, suelen encontrarse capas de carbón y de betún, o bien areniscas y arcillas excesivamente bituminosas, en un todo semejantes a los yacimientos de las tierras altas de Boyacá y Cundinamarca.

En la falda oriental de estos cerros se encuentra una gruesa capa de pudinga cuarzosa, muy parecida a la que puede verse en el paso de "El Chicoral" (cañón del río Coello), y hacia el oriente se extienden sin interrupción las llanuras cuaternarias, compuestas, primero de una grava de grandes cantos rodados, luego de arena fina y por último, en el bajo Meta y el Vichada, de limo impalpable.

El mantillo vegetal, tanto en los Llanos orientales como en las vegas de los ríos, es sumamente delgado y de escasa consistencia; el subsuelo, como hemos dicho, está principalmente compuesto de guijarros y arena suelta y es muy pobre en elementos arcillosos; no es de extrañarse, por tanto, la relativa esterilidad de estas regiones, si se las compara con las que les son simétricas en la vertiente occidental.

* * *

COMPOSICION DE LA PUDINGA (NAGEL-FLUE) DE LA HOYA DEL COELLO

El puente de "El Chicoral" sobre el río Coello, está construido sobre estribos naturales de una pudinga cuarzosa de un espesor considerable (más de 40 metros), lo bastante compacta y tenaz para que los cortes en ella practicados conserven sus taludes verticales indefinidamente. Esta roca se extiende sin interrupción hasta la quebrada de Gualanday por el oeste, y hasta cerca de "La Vega de los Padres" por el nordeste.

Dos cosas hay que considerar en este conglomerado: los guijarros rodados y el cemento que los une.

Los guijarros son de diversas formas y varían desde el diámetro de un milímetro hasta el tamaño de una nuez. Los más grandes son, casi todos, fragmentos de arenisca cúbica en los cuales pueden re-

En la región de las cabeceras, las principales corrientes que constituyen el río (río Mazamorra y otros), se dirigen sensiblemente hacia el E. El río pasa por entre la Peña Grande y la Peña Chica, se precipita por una pendiente abrupta, formando una serie de pintorescos raudales y tuerce su curso hacia el N.E., hasta encontrarse con el Suaza en las inmediaciones de Jagua. De ahí para adelante, duplicado su caudal de aguas por el concurso del Suaza, sigue un rumbo próximamente S.-N., sin presentar más que un recodo de importancia, el de Girardot, entre Ricaurte y Coello.

Sus principales afluentes por la banda derecha son el Suaza, el Neira, el Cabrera, el Prado y el Sumapaz. Por la banda izquierda recibe el Páez, el Dinde, el Patá, el Saldaña, el Luisa, el Coello, el Recio, el Sabandija, el Gualí y el río La Miel. De sus afluentes, los que tienen hoyas más extensas, son: el Suaza, el Cabrera y el Sumapaz, al oriente; el Páez, el Saldaña y el Coello, al occidente.

El territorio del Tolima, desde el punto de vista geológico, puede dividirse en unas pocas formaciones, suficientemente caracterizadas para constituir grupos naturales. Dentro de esas grandes agrupaciones, caben, como es natural, subdivisiones fundadas en detalles estratigráficos en las épocas probables de las erupciones, etc., de las cuales no nos ocuparemos, pues basta con una idea general para darse cuenta de las condiciones geológicas de los yacimientos metalíferos. Por otra parte, esta sec-

"Van al Patá, por la derecha: quebrada del Molino, quebrada de Puenyaco, río Blanquito, río Blanco, quebrada de Quillacá. Por la izquierda: quebrada de Marmato o de los Humos, quebrada Yunguilla, río Blanco, río de las Minas, quebrada Maquitas, río Ponguilla, río San Jorge, río Negro y río Piedra Gorda. Todos los que han tratado del nacimiento del río Magdalena lo señalan en la laguna del Bucy, cosa que dejamos establecida así por no conocerle otro, tanto a ella como al río antes del desdoblamiento de éste por Rodrigo Bastidas el 22 de Julio de 1592. La de Santa María Magdalena, a quien se debe su nombre. A principios del año de 1857, después de grandes penalidades, pedición al Territorio de Ingenieros Señor Agustín Codazzi, su expedición y pasando por el Páramo de las Papas con intención delibada de estudiar este importante macizo de los Andes colombianos, como jefe que era de la Comisión Geográfica de aquella época, contratada enhorabuena para la formación de la primera carta geográfica del país, por el ciudadano Presidente General Tomás Cipriano de Mosquera. Surgió en aquella época el problema que hoy subsiste todavía sobre el verdadero nombre del páramo donde nacen los ríos Magdalena y Caquetá. El Coronel Codazzi lo estudió y lo atribuyó a la relación que el señor Sepasó entonces por allí; pero creemos que lo acompañaban cuando menos después, se ha consagrado a este problema ni mucho que merece. Dice el Coronel Codazzi que allí había un letrero escrito en una piedra que decía: "Ave María Santísima. Año 1764", un abecedario inconcluso y otros signos de difícil interpretación.

"De muy buen grado aceptamos el siguiente razonamiento del Coronel Codazzi para demostrar que el verdadero nombre de aquel sitio es "Páramo de las Papas" y no Páramo del Letrero".

"Pasaré a demostrar que no es sino Páramo de las Papas el que ahora quieren llamar de los Letreros. Antes de 1764, en que un pasajero devoto escribió "Ave María Santísima", ¿cómo se llamaba? Se llamaba Páramo de las Papas, porque los primeros descubridores hallaron en el valle y al otro lado del páramo muchas plantas semejantes en sus hojas y en sus flores a la planta de las papas, pero no en sus tubérculos, que son más pequeños. Por esta razón lo llamaron así y en las historias dadas a luz antes de aquella fecha y después, se conoce con el

ción del territorio colombiano ha sido poco explorada y las noticias que se tienen acerca de su historia geológica se deben a los mineros, quienes se preocupan más de las condiciones económicas de los veneros que de la fisonomía de los territorios circunvecinos.

En esta corta descripción haremos uso de la nomenclatura ya adoptada en el estudio de otras secciones del país, que en el fondo, es la de Hettner, algo modificada por la Comisión Geológica Nacional.

Las divisiones que pueden establecerse para la hoya del Alto Magdalena, son las siguientes:

Terreno Precretáceo
Terreno Cretáceo
Terreno Creta-terciario
Terreno Cuaternario
Formaciones eruptivas.

TERRENO PRECRETACEO—Este terreno se compone en el Tolima, de gneiss y esquistos micáceos en su parte inferior, esquistos cloríticos en su parte media, cuarcitas y un esquisto grafitico, llamado por los mineros negro-negro, en su parte superior. Sin embargo, no faltan esquistos de otra composición mineralógica, como son los esquistos talcosos, los filados satinados, etc., pero sólo se presentan en localidades muy circunscritas.

Algunos opinan que todos estos esquistos, o por lo menos los de la zona inferior, pertenecen al terreno arqueano, pero lo más probable es que sean

del mismo nombre de las Papas. Los españoles no le dieron otro nombre en la Geografía del Nuevo Reino de Granada; ni en el Diccionario Geográfico de Alcedo, publicado en Madrid, tampoco se llama de otro modo. De allí tomaron todos los geógrafos europeos y americanos el mismo nombre de Páramo de las Papas. Caldas, el sabio granadino, no lo desmintió; el ciudadano General Mosquera, que poseyó las tierras de Paletará, cuyo límite es todo el Páramo del Bucy, tampoco lo desmintió en su obra sobre la Geografía de la Nueva Granada.

"Esto en cuanto al nombre del Páramo de las Papas; mas no así en lo que atañe al nombre de la laguna que da origen al río Magdalena, pues en cuanto a esto, no nos parece lo suficientemente explícito el ilustre geógrafo y si un tanto contradictorio.

"En efecto: dice que el nombre de "Laguna del Bucy" proviene de su situación, por hallarse en el "Páramo del Bucy"; sin embargo, le atribuye, como todos los geógrafos que han tocado el punto, su asiento en el Páramo de las Papas; es decir, surge aquí otro aspecto de la cuestión que puede dilucidarse fácilmente con sólo determinar o definir el límite entre los páramos de las Papas y del Bucy, pero esto nos parece un tanto difícil porque no hay allí una línea bien precisa que pudiera escogerse como límite arbitrario que no dejara lugar a dudas ni vacilaciones.

"La única línea arcaica, no muy bien determinada, en aquellas cumbres es la cresta que sirve de divisorium aquarum entre las aguas que se dirigen al Magdalena y las que van hacia el Caquetá; pero si se toma esta línea como límite entre los páramos de las Papas y del Bucy (que parece es la idea de nuestros geógrafos), no es el Páramo de las Papas el origen del Magdalena sino el Páramo del Bucy, en la laguna de su nombre, es decir, ya no es sólo entre los nombres de las Papas y el Letrero el conflicto que tratamos de resolver, sino que entra a ser materia de discusión el Páramo del Bucy.

"Pero estos nombres de laguna y páramo del Bucy ni siquiera son sospechados por los moradores de aquellas regiones; allí dicen que la laguna del Bucy queda situada más al norte, cosa que nos parece aceptable y la aceptamos por estar de acuerdo con la Geografía del General Mosquera, que fue dueño y conocedor de aquellos lugares, y además, porque más al norte, como tributaria del Magdalena, nace y corre la quebrada del Bucy, cuyo origen ha de ser la laguna del Bucy. Opinamos, en vista de lo expuesto, que los dos ríos Magdalena y Caquetá tienen su origen en el Páramo de las Papas, el primero en la laguna del Magdalena y el segundo en la de Santiago".

formaciones sedimentarias profundamente metamorfoscadas por la acción de las rocas eruptivas y quizás en ellos están representados los pisos geológicos anteriores al Cretáceo. El aspecto de estas rocas denuncia en efecto la acción del metamorfismo regional: se ven dobladas formando amplias curvas o bien plegadas estrechamente y a veces rotas y dislocadas, formando muros casi verticales. Es de notarse que en ellas son más frecuentes los pliegues que las fallas.

En el Tolima este terreno ocupa una ancha zona en la vertiente oriental de la Cordillera Central y apenas aparece en una que otra localidad de la Cordillera Oriental.

TERRENO CRETACEO—Este terreno está representado en el Tolima por los pisos denominados de Villeta y de Guadalupe, el primero formado de calcares negros de amonitas y pizarras negras de amonitas y trigonias, y el segundo constituido por areniscas variadas (con pectens, inoceramus, etc.), y calcares generalmente blancos (con grifeas, exogiras, amonitas, ostreas, etc.). Reposa en estratificación discordante sobre el anterior y puede considerarse como una formación cretácea de transgresión. Sus estratos están a veces doblados, pero estas dobladuras, 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.

Este terreno ocupa un área de considerable extensión: desde la ribera oriental del Magdalena hasta el eje de la Cordillera Oriental, predomina, con excepción de las cimas y de algunos contrafuertes que son de carácter intrusivo y de una zona angosta de llanura a las orillas del río. En toda esta ancha faja se ven los diferentes estratos de los pisos de Guadalupe y Villeta, inclinados de W. a E. y con rumbo N.-S. Una gran dislocación, cuyo plan es sensiblemente paralelo al río, se extiende desde frente a Purificación hasta el sur de Girardot, y le da a la serranía el aspecto de un enorme muro de rocas superpuestas y de talud casi vertical. Hacia el centro del Departamento, el terreno está muy dislocado por la acción de las rocas eruptivas de Natagaima y forma una serie de fallas en escalones, aspecto que vuelve a presentarse más al sur en virtud de la presencia de las rocas volcánicas de La Fragua y de los diques de pegmatita de la hoya del Suaza.

En la región occidental forma el límite entre la llanura central y los estribos de la cordillera; adquiere su mayor desarrollo en la región de La Plata y casi desaparece en las cercanías de Ibagué. Las areniscas de Coloya, las calcares y areniscas de Payandé y El Valle, las pizarras de Natagaima, etc., que en alguna ocasión han sido clasificadas como pertenecientes al terreno triásico, no son otra cosa sino las areniscas y calcares del piso de Guadalupe y las pizarras negras del piso de Villeta. Prueba de nuestra opinión es el haberse encontrado amo-

nitias idénticas a los de la Cordillera Oriental en las pizarras de Natagaima (Ammonites Didayanus), inoceramus (Inoceramus Romeri) en las areniscas de la hoya del Coello y exogiras, amonitas, trigonias, etc., en las calcares de la sierra que termina entre El Valle y Payandé. En las llanuras próximas a Campo Alegre se encuentran numerosos riegos de una xyloidita procedente, a juzgar por los caracteres del tejido, de plantas monocotiledóneas y que sin duda provienen de las capas del terreno que venimos estudiando, que afloran en las faldas de la serranía. La salina de Coello está localizada en las pizarras negras, lo mismo que las de Cundinamarca y Boyacá, y otras fuentes saladas del sur del Departamento presentan idénticos caracteres.

TERRENO Creta-terciario—Los representantes de este terreno en el Departamento son el piso denominado de Gualanday por la Comisión Geológica, y el piso de Honda de Hettner.

El piso de Gualanday, compuesto de conglomerados y areniscas margosas alternados, en la parte superior y areniscas tiernas y arcillas violáceas en la inferior, se extiende en una zona paralela al piso de Guadalupe, desde las inmediaciones de Ortega, hasta la hoya del río Coello y de ahí hacia el N.E. hasta las márgenes del Magdalena, al norte de la boca del Coello. En la parte meridional, sus estratos están muy inclinados y a veces no afloran sino las capas de conglomerado; entre el Cerro del Mohán y San Luis, esta formación se denuncia únicamente por barrancos aislados que surgen de la llanura a manera de islotes; entre San Luis y Chicoral adquiere gran desarrollo, se ve toda la sucesión de los estratos que forman una serie de valles sucesivamente anticlinales y sinclinales, y de ahí para el N.E., la zona es sumamente ancha y continúa plegada. El piso de Honda está principalmente formado de conglomerados de diversa composición y se desarrolla principalmente al norte del Departamento.

TERRENO CUATERNARIO—Está constituido por la tufa y arenas volcánicas de los llanos centrales. Entre las capas horizontales de tufa se suelen encontrar conglomerados de elementos volcánicos (principalmente andesita, dacita y riolito), todos en fragmentos redondeados por el acarreo (2).

(2) En los llanos altos de Ibagué se ve la formación táfica interrumpida por masas rocosas, como hacinamientos de piedras, muy desgastadas por los agentes atmosféricos; estos como islotes de rocas se disponen en el llano en series lineales y están constituidos por grandes bloques de andesita. Por su constitución y su forma de yacimiento puede conjeturarse que sean las cimas de grandes diques eruptivos, cuyas bases han quedado cubiertas por el tuf.

El tuf en cuestión presenta diversos aspectos tanto en los llanos altos como en los bajos; unas veces es muy compacto, con los techos de la estratificación bien definidos y de grano muy uniforme; otras veces es desmenuzable y con gruesos entos rodados principalmente de rocas eruptivas. En uno y en otro caso van cubiertos de una arena volcánica suelta que constituye la tierra de labor en toda la extensión de esas pampas.

Desde el punto de vista agrícola, la composición de esta tierra y sus condiciones físicas tienen grande interés, por lo que nos permitimos copiar aquí el resultado de nuestras observacio-

FORMACIONES ERUPTIVAS—Las rocas eruptivas, de grande importancia en el Tolima, pues a ellas se debe la formación de los filones metalíferos, pueden clasificarse en dos grupos en atención a sus caracteres petrográficos y a sus relaciones geológicas; estos dos grupos son: las rocas plutónicas, que comprenden las abisales y las hipabisales, y las rocas volcánicas, bien sean ácidas, neutras o básicas.

Las rocas plutónicas se presentan por lo general en grandes masas intrusivas, pero también en diques, filones o hilos delgados que probablemente son apófisis de masas profundas de mayor magnitud. Forman una zona casi continua que se extiende de N. a S. en el Departamento, por las faldas y macizos secundarios de la Cordillera Central y por los picos más elevados de la Cordillera Oriental. Sus manifestaciones más importantes son las siguientes: el granito de Guayabal, las porfiritas del Líbano, la monzonita de Ibagué, las monzonitas de Ataco y Coyaima, la porfirita diabásica de Natagaima, el granito andino de los estribos del Huila, las pegmatitas y aplitas de la parte alta de la hoya del Suaza, y las anfibolitas de Paramillo.

Las rocas volcánicas, propiamente tales, ocupan el eje principal de la Cordillera Central y están representadas por la dacita de la Mesa de Herveo, las andesitas de las cabeceras del Gualí, de la Mesa de Herveo y del Nevado del Tolima, las escorias del cerro de La Fragua, etc.

La riqueza mineral del Departamento es sumamente variada, y en ciertos aspectos comparable con la de Antioquia. La naturaleza de los minerales y el carácter de los yacimientos contrastan sobremedura con lo que hemos visto en Cundinamarca y en general con lo que es frecuente en los Departamentos de la Cordillera Oriental.

Los minerales útiles en esta sección del país pueden clasificarse en grupos, de la manera siguiente:

MINERALES AFRO-ARGENTÍFEROS—Estos se desarrollan principalmente en las faldas orientales de la Cordillera Central, en los terrenos metamórficos o en las venas que atraviesan las formaciones precámbricas y aun en las rocas eruptivas mismas. A este respecto, el Departamento puede dividirse en tres zonas: la del norte, la del centro y la del sur.

— a este respecto hechas en la Escuela Superior de Agronomía:

Muestra de la tierra—Procedente de El Chicoral.		
Examen mineralógico		
Feldespató	52%	Parte mineral
Hornblenda	20%	
Minerales de hierro	28%	
Condiciones físicas		
Densidad aparente	1.445	
Arena gruesa	74.52%	
Tierra fina	25.48%	
Espacios intersticiales	34.40%	
Un metro cúbico de esta tierra absorbe normalmente 344 litros de agua.		
Examen químico		
Elementos fertilizantes		
Materia orgánica		Vestigios
Fósforo (en forma PK_2O_5)	2.56%	
Cal (en forma CaO)	12.86%	

La zona del norte comprende las regiones de Mariquita, Ibagué y Anaimé, caracterizadas por la naturaleza de los minerales y por su riqueza, ya en plata, ya en oro. La región de Mariquita comprende minerales más ricos en plata que en oro y en los que predominan la galena, la pirita y la blenda. Las principales minas de esta región son las siguientes:

BOCANEME—Esta mina consiste en una veta muy bien constituida que se dirige de oriente a occidente; sus minerales son piritoso-galeníferos, con cantidades variables de plata negra y roja.

PLATA VIEJA—Cerca de Bocaneme y con la vena en la misma dirección y casi vertical. El mineral es un cuarzo con pirita, galena, plata roja, plata negra y plata nativa.

SANTA ANA—Esta mina, conocida desde los tiempos de la Colonia, está constituida por una veta muy conformada con galena argentífera, plata negra, plata roja y a veces plata nativa. Desde 1874 está abandonada esta mina.

SANTA BARBARA—Mina trabajada por los españoles en la época de la Colonia, hoy abandonada. La veta producía plata y también un poco de oro.

LA MANTA—También trabajada en otros tiempos; principalmente de plata.

EL CRISTO—Esta mina pertenece a una compañía norte-americana. Sus minerales son muy parecidos a los de Santa Ana.

CRISTALES—Esta mina está muy próxima a la de El Cristo y su veta le es paralela; sus minerales son también del tipo de los de Santa Ana.

CALAMONTE—En esta mina la veta corta la quebrada de Santa Ana y de un lado se denomina "La Esperanza" y del otro "La Fortuna". Los minerales son del tipo de los de Frías (galena, blenda, pirita, argentita, plata roja y plata nativa), y contienen además una pequeña cantidad de oro. En las inmediaciones de Calamonte hay un gran número de vetas, poco estudiadas, pero cuyos minerales presentan muy buen aspecto; las principales son: Mata Redonda, Santo Tomás, Obdulia, Pontezuela, Paraiso y La Díaz.

FRÍAS—De todas las empresas del Tolima, ésta es la de más importancia, tanto por la riqueza de los minerales como por la perfección y magnitud de su montaje. La mina comprende dos filones casi verticales: Frías y Weldon. Los minerales consisten en galena argentífera, blenda, plata negra, plata roja, plata nativa y plata vítrea. No contiene oro.

LA PLATA DEL LIBANO—Esta mina, hoy abandonada, está compuesta por tres filones bien constituidos, próximamente paralelos y casi verticales: La Plata, Pachito y Ricardo. En el de La Plata predomina la galena argentífera y en los otros dos el cuarzo aurífero. Las especies minerales más frecuentes son la galena, la blenda, la pirita y la pirromorfita (probablemente de segunda formación).

VENADILLO—En el distrito de este nombre se han encontrado algunas vetas explotables; unas, como las de La Palmilla, son argentíferas, a veces con

plata nativa; otras son unas venitas muy angostas, de algunos centímetros de espesor, con granos de oro en un cuarzo sano.

LA CHINA—La región del río de la China comprende varias vetas paralelas, ricas en oro y plata y con minerales muy variados (galena, blenda, piritas y minerales arsenicales).

La región de Ibagué, caracterizada por la naturaleza de sus minerales (presencia de los cobres grises), comprende varias minas (3):

SAN SEBASTIAN—Esta mina está constituida por una veta de un metro de espesor; sus minerales son piritas, galena y pirromorfita.

BOYACA—Filón paralelo al de San Sebastián y de una composición semejante.

SAN ISIDRO, que puede considerarse como una continuación de San Sebastián.

NETAS DE COMBEIMA Y CAY—Son muy numerosas y están todas caracterizadas por una ganga cuarzosa, a veces con menudos cristales, y un mineral compuesto de pirita, calcopirita y diversas variedades de cobre gris; casi todas estas vetas son ricas en oro. Las principales son: El Gallo, Los Pollos, La Europa, La Merced, Pilcomayo, Montoya, Pañuelo, Palmilla y Resinosa.

La región de Anaimé comprende algunas minas de importancia; todas contienen oro libre y en algunas se presentan también los cobres grises.

Las principales minas de esta región son las de Bermellón, Anaimé y El Recreo.

EL RECREO—Esta última es la única que actualmente está en explotación; el filón está relacionado con ciertas intrusiones básicas de la roca encajante y contiene, en una ganga cuarzosa, masas de tetraedrita aurífera y oro libre.

La zona minera del centro del Departamento comprende las minas de Organos, cuyos minerales son muy parecidos a los de Frías, algunas vetas angostas de cuarzo aurífero próximas a Organos y las minas de cobre aurífero de Natagaima y Ataco.

La zona del sur, comprende algunas vetas de cuarzo aurífero recientemente descubiertas no muy lejos de Neiva y las minas de La Argentina, en la región del ángulo de las dos cordilleras, cuyos minerales son principalmente pirita, blenda y galena auro-argentífera.

ALUVIONES AURÍFEROS—La parte baja del Departamento es rica en depósitos aluvionales con oro ro-

(3) Los cobres grises de la región de Ibagué tienen una composición muy variada y por tanto deben corresponder a especies mineralógicas diferentes. En algunas localidades se presentan con bastante arsénico y pueden considerarse como tenanitas; en otras, como en la mina de "El Gallo", desaparece el arsénico y podrían considerarse como pasabasitas; en otras, en fin, como en "El Recreo", el antimonio predomina.

El señor Fortunato Pereira practicó varios análisis del cobre gris de la mina "César" y obtuvo el siguiente resultado:

Composición:	
Antimonio	31.22
Azufre	18.57
Plomo	7.88
Plata	8.42
Cobre	23.01
Hierro	9.34
Densidad 4.60	

dado; de estos aluviones, unos son antiguos, tal vez contemporáneos con la formación del piso de Honda; otros son modernos y se deben al arrastre de los ríos. Entre los primeros se distinguen, los de la región de Mariquita y los de Papagalá y Coyaima en el centro del Departamento; entre los aluviones fluviales modernos son de notarse los del río de La Miel, el río de la Yuca, el Saldaña, Cucuana, etc.

MINERALES DE MERCURIO—Estos minerales aparecen en la hoya del río Bermellón, en el Quindío. La formación dominante es la de los esquistos cloríticos verdes precámbricos, rotos por algunas masas porfiríticas. Los esquistos están ondulados y suelen formar masas lenticulares; entre las láminas del esquisto se desarrollan plaquitas o delgadas lentejas de calcita con cinabrio, de tal suerte que es preciso banquear la zona esquistosa para obtenerse mineral explotable. Los minerales que acompañan al cinabrio son la calcita, la dolomita, la pirita, el cuarzo y muy rara vez los cobres grises. En los barros y gredas procedentes de la disgregación de estos esquistos cinabríferos se encuentra el cinabrio en finas partículas y a veces el mercurio en menudas gotas.

El análisis de una de esas vetas, hecho por el Prof. Pereira Gamba, dio:

Sílice	120
Calcáreo y óxido de hierro	67
Mercurio	698
Azufre	114
Pérdida	1
	1000

MINERALES DE MANGANESO—En la región de Ortega, hacia el centro del Departamento, se presentan los minerales de manganeso en grandes masas; la pirolusita no se encuentra allí sino de un modo accidental; las especies comunes son la kaussmanita, la braunita, la manganita y los minerales complejos denominados wad.

En localidades próximas se encuentran en abundancia los minerales de hierro, principalmente la magnetita, la hematita y la limonita.

MINERALES DE COBRE—Las regiones cupríferas del Tolima son Natagaima, Dolores, Líbano e Ibagué (4).

En Natagaima el cobre se presenta en forma de sulfuros (calcosina, calcopirita, bormita), que se transforman en óxidos y carbonatos en el afloramiento de las vetas.

(4) El señor Jorge Bravo, bien conocido por sus predicciones meteorológicas, y el Hno. Cayetano, químico del Colegio de La Salle, publicaron un análisis de las calcosinas de Natagaima, que según ellos, contienen una cantidad apreciable de iridio. Por su parte, el señor Pons, minero español que trabajó por algún tiempo en el Tolima, asegura haber encontrado en esa misma localidad, estaño nativo. (Boletín de la Sociedad de Ciencias Naturales del Instituto de La Salle, Septiembre de 1916). De resultados del análisis de las calcosinas cambiarían radicalmente las teorías comprobadas esas aseveraciones cambiarían radicalmente las teorías aceptadas hasta hoy en la ciencia sobre génesis de los minerales y al propio tiempo más de una teoría sobre mineralización de los yacimientos sería una de arrojarse al cesto de papales viejos. Esperemos.

Los yacimientos están íntimamente relacionados con las rocas eruptivas básicas, sobre todo la diá-basa y las porfiritas; unos son masas lexiculares caldeadas al respaldo y otros verdaderos filones.

En Dolores el cobre, en forma de calcopirita, se encuentra asociado a la blenda y a veces a la galena.

En el Líbano se han encontrado algunos filones de calcopirita

En Ibagué se encuentran los cobres grises de que ya hemos hablado, y que se explotan únicamente por su riqueza en oro.

De las condiciones de yacimiento de estos minerales hablaremos extensamente más adelante.

SALINAS—La única de importancia en el Departamento es la de Coello, que consiste en una fuente salada que aflora en las pizarras negras del piso de Villeta que hay en esa localidad.

CARBÓN—Los pisos de Guadalupe y Guaduas se encuentran en Natagaima, rotos y dislocados por las erupciones porfiríticas y diabásicas que tanto han trastornado esa región. En algunas localidades circunscritas, principalmente en la hoya de la quebrada de El Tigre, se encuentra el piso de Guaduas bastante sano, y en él algunas vetas de carbón; el combustible que estas vetas producen es muy semejante al de las vetas de Tocaima y La Virginia (5).

En el piso de Gualanday, principalmente en la serranía que se extiende entre Chicoral y San Luis, se han encontrado algunas vetas, muy angostas, de un carbón especial: da muchas cenizas, de color de ladrillo; a la destilación da productos ácidos y su poder calorífico equivale a una tercera parte del carbón de Tocaima. A nuestro juicio, este mineral sería un término medio entre el lignito y el carbón normal, algo así como el braunkohle de los alemanes.

En el Ferrocarril del Tolima se ensayó este carbón con muy malos resultados y además las vetas que se han descubierto son sumamente pobres.

BETÚN—En la región de Saldaña y aun en el centro de los Llanos se han encontrado yacimientos considerables de betún de muy variados aspectos. Esto ha hecho suponer, y no sin fundamento, que en las capas subyacentes se encuentran fuentes de hidrocarburos líquidos (6).

(5) El Tolima es, en lo general, un Departamento pobre en combustibles minerales, circunstancia que no se ha tenido en cuenta al emprender la construcción del Ferrocarril del Huila. No puede contarse con el carbón de Tocaima y La Virginia porque, a más de quedar muy lejos de la línea, el producto de estas minas apenas alcanza para abastecer a la empresa de Girardot y a la de Ibagué; los yacimientos de Natagaima no están explotados todavía y no se tiene noticia sobre su producción probable, y los carbones de San Luis son, como lo hemos dicho, inaceptables por razones varias. Importa, pues, pensar con tiempo en el abastecimiento del Ferrocarril del Huila; tal vez convendría hacer exploraciones sistemáticas en la banda derecha del Magdalena, sobre todo en las regiones de Prado, donde hay probabilidades de encontrar hoyas sanas del piso de Guaduas con sus capas de carbón características.

(6) Los betunes de Chaparral (región del Saldaña) van acompañados en algunos sitios de especies minerales raras, como azokerita, claterita, resina fósil, etc.

El petróleo natural líquido se ha encontrado en esa región y también en el sitio llamado Chiriló, cerca de Purificación, en la banda derecha del río Magdalena.

LOS MINERALES RADIO-ACTIVOS DE LA CORDILLERA ORIENTAL

Poco explorados han sido los terrenos del norte de la Cordillera Oriental en busca de minerales útiles y sin embargo ésta es una de las regiones del país que mayores halagos puede presentar al minero. Aparte de los minerales que de ordinario se encuentran bajo la forma de sulfuros, como los de plata, cobre, plomo, etc., y en venas o filones perfectamente caracterizados, existen en la localidad todos o la mayor parte de los óxidos metálicos peculiares de las rocas ácidas y que hacen parte de la roca encajante o forman en ella nidos de fácil explotación; sin contar con que abundan los minerales litoides utilizables, como la mica, el feldespató, etc., las piedras preciosas de que son muestras los granates, carbunclos, corindones y turmalinas, y finalmente las especies alcalino-terrosas y los combustibles de origen orgánico. Este escrito tiene por objeto llamar la atención de los mineros hacia tan interesante región del país.

Indudablemente el centro de actividad endógena en esta sección de los Andes, fue el Nevado de Chita, que domina todas las eminencias circunvecinas; de este punto hacia el norte se extiende una inmensa elevación en masa cortada por numerosos valles. En las inmediaciones de Pamplona se caracterizan dos ejes principales que determinan la fisonomía orográfica de la región: el primero se dirige al norte y va a terminar en los Montes de Oca; el segundo toma una dirección E.N.E. y constituye el sistema de los Andes venezolanos.

La primera de estas elevaciones es muy amplia en su parte meridional, de tal modo que puede considerarse como una enorme mesa cortada por cañadas profundas; la línea divisoria de las aguas se inclina poco a poco hacia el Magdalena, tuerce hacia el N.E. y luego hacia el N. De las cabeceras del río de Oro hacia el N. la elevación es lineal y toma el nombre de Motilonos y Perijá.

De la parte central del macizo parten varias cadenas secundarias que se dirigen hacia el N.E. y separan las hoyas de los numerosos afluentes del Catatumbo. El ramal oriental, que viene a constituir el sistema de los Andes venezolanos, es una cordillera relativamente ancha con valles longitudinales bastante amplios.

El núcleo de la región está formado por rocas del tipo granítico (granito, sienita, etc.) y por algunas rocas intrusivas ácidas (pegmatita, aplita y pórfidos feldespáticos).

Hacia el norte predominan las rocas cuarzosas y feldespáticas, hacia el sur las anfibólicas, al propio tiempo que adquieren importancia los feldespatos que con la hornblenda forman la diorita de Chitagá. En las vertientes de la mesa principal aparecen el gneiss y el micaesquisto y aun muchos de los contrafuertes están exclusivamente formados por estas rocas, que de ordinario no ocupan grandes áreas de terreno, y están además interrumpidas

y dislocadas por intrusiones de cuarzo que, en venas numerosas, atraviesan no sólo los esquistos cristalinos sino la roca principal.

En la parte baja de los estribos y contrafuertes, sobre todo hacia la Provincia de García Rovira, aparecen las rocas estratificadas formando numerosos valles de fractura: son principalmente calcáreas, esquistos silíceos, areniscas y arcillas con capas de carbón, de los diferentes pisos del Cretáceo y el Creta-terciario, con los mismos caracteres que en el resto de la cordillera.

La roca que lleva los minerales de uranio es una pegmatita de grandes elementos que aflora en la parte superior de algunas serranías, principalmente en aquellas que, partiendo de la cordillera principal, van a terminar al norte de Cucutilla, Arboledas y Bochalema. En esta roca, el feldespato ortosa que forma gran parte de la masa suele contener porciones bien cristalizadas, principalmente en la forma de baveno; el cuarzo se presenta en venas ramificadas de color violeta pálido, que envuelven a las masas cristalinas de feldespato, a la mica muscovita en grandes láminas incrustadas en el feldespato y a los elementos accidentales diseminados en toda la roca. Estos elementos accidentales son: mica negra, lipidolita, granates rojos y negros, oligisto, siderocromo, magnetita y, con menos frecuencia, casiterita (únicamente en la región de Ocaña), peblenda (en Arboledas y Bochalema) y algunos curiosos pseudomorfos; en algunas pocas localidades se ha encontrado también níquel rojo (kupfernikel).

Las primeras muestras de mineral de uranio fueron encontradas por el Dr. Luis Eduardo Villar, en los terrenos que hemos descrito. La localidad precisa de donde provienen las muestras que hemos examinado es la comprendida entre las Provincias de Cucutilla y Bochalema, justamente en las últimas estribaciones de la cordillera secundaria que, desprendiéndose de la principal cerca de Pamplona, se dirige hacia el norte y va a terminar frente a la población de Arboledas.

La roca, en la extremidad norte de la serranía es la pegmatita de grandes elementos que ya hemos descrito; esta roca atraviesa el gneiss de la localidad, que es negro con bandas rosadas y muy rico en granates y en turmalinas que se agrupan en haces radiados (1).

(1) En la parte superior de la zona de contacto, es decir, en la que está inmediata al gneiss, se encuentran en abundancia los minerales accidentales de la roca, y es allí también donde se encuentran los pseudomorfos que hacen tan interesante esta formación.

Los más frecuentes son los granates, en grandes cristales, transformados íntegramente en siderocromo; conservan sus formas características, que son el rombo-dodocedro y el icosaedro, pero con las caras opuestas de tal suerte desarrolladas que el cristal afecta una forma lenticular. El siderocromo impregna también las láminas de mica y llega a reemplazarlas total o parcialmente, conservando la estructura original.

Entre los ejemplares más curiosos debe mencionarse un prisma hexagonal, de facies trigonal, con las estrías peculiares de la turmalina, íntegramente formado de láminas superpuestas de muscovita; en el interior y en el sitio del eje cristalográfico principal está atravesado por una aguja de peblenda, cuya alter-

La peblenda se encuentra en la parte feldespática y a veces en la cuarzosas. Se denuncia en la superficie por unas manchas amarillas debidas al ocre de uranio, que provienen de la alteración del mineral por los agentes atmosféricos. En la parte sana de la roca se encuentra en forma de granos o en nidos de poca consideración. A veces reemplaza por pseudomorfosis a otros minerales, principalmente al granate y a la turmalina. No se han encontrado cristales bien definidos, pero en algunas muestras se pueden observar planos de fractura. Color moreno oscuro, casi negro. Brillo resinoso. Dureza 5.5. Densidad 7.5. Con el bórax, al fuego oxidante, da perla amarilla; al fuego reductor, perla verde. Con la sal de fósforo el tinte verde es más pronunciado. Soluble en ácido nítrico con desprendimiento de vapores rojos. La solución da con el ácido clorhídrico, al cabo de algún tiempo, un pequeño precipitado cristalino, y con los reactivos usuales las reacciones características de las sales de uranio.

Un análisis cuidadoso acusó la presencia, en cantidades variables, según las muestras, de una materia insoluble que tiene el aspecto de granate en menudas partículas; de una cantidad apreciable de plomo, de una mucho menor de bismuto y de señales de cal (2).

El poder radioactivo de esta peblenda es próximamente el mismo del de la de Bohemia, según se

— produce a su alrededor, en las láminas de muscovita, una aureola amarilla de carbonato de uranio.

Los productos de descomposición de la peblenda que son, uno amarillo caurito y otro verde claro, manchan con frecuencia los cristales de feldespato y las láminas de mica; y también es frecuente encontrar el feldespato o la mica con pequeñas inclusiones de peblenda, rodeadas de los mencionados productos de descomposición.

Son también frecuentes los cristales de granate gruesos con un núcleo de granate almandino y la transformación total o parcial de la muscovita en la mica nacarada.

Como se ve, son los minerales pneumatolíticos los más propensos a originar pseudomorfos; y las reacciones que se verificaron en la zona de contacto debieron ser muy complicadas para dar tales resultados.

En la región de Pamplona, el granito, que es de grano uniforme y está cubierto por el micaesquisto, no contiene casi pseudomorfos y más al sur, en Chitagá y Santurbán (zona de las rocas anfibólicas) desaparece por completo.

(2) Para el examen químico de las muestras se procedió de la siguiente manera. Se disolvió el mineral pulverizado en agua regia y se llevó a la sequedad completa para expulsar el exceso de ácido. Se redisolvió en agua destilada; quedó un residuo insoluble compuesto de laminillas de mica y de un polvo rojo que, luego examinado separadamente, resultó ser granate. Se filtró la solución examinada separadamente, resultó ser granate. Se filtró la solución y se trató por el sulfuro de hidrógeno, se obtuvo un precipitado negro y un licor.

Estudio del precipitado.—Se trató por el sulfuro de amoníaco y se verificó que no se disolvía en absoluto. Después de lavarlo cuidadosamente se disolvió en ácido nítrico y se filtró para separar el azufre libre y la pequeña cantidad de sulfato de plomo que pudiera haberse formado.

Se agregó una pequeña cantidad de ácido sulfúrico para precipitar el resto del plomo, se filtró y se dividió en dos porciones: la primera de precipitado blanco con el amoníaco y el licor; la segunda de precipitado moreno con el yoduro de potasio; presencia del bismuto.

Estudio del licor.—Se agregó amoníaco en exceso, lo que produjo un abundante precipitado que se recogió sobre un filtro. El líquido restante precipitó por el carbonato de amoníaco y por el oxalato de amoníaco y no por el sulfato de sodio; presencia de la cal.

El precipitado que quedó en el filtro se disolvió, sin dejar residuo en el carbonato de amoníaco y dio las reacciones características de las sales de uranio.

pudo ver en pruebas comparativas sobre la placa fotográfica (3).

LA MESA CENTRAL DE BOYACA

Designamos con el nombre de "Mesa Central de Boyacá" a la región comprendida entre la hoya del río Suárez y las estribaciones de la Cordillera Oriental que descienden hacia la hoya del Chicamocha. Políticamente esta mesa comprende una buena porción del Departamento de Boyacá y una parte del sur de Santander, pero considerada geográficamente es una porción del territorio colombiano que posee una fisonomía especial y forma un conjunto homogéneo, no solamente en lo que se refiere a su orografía y constitución geológica sino también en la manera como se ha desarrollado la antigua civilización española, en el predominio de la raza indígena y en la índole y costumbres de sus habitantes.

Los dos bordes montañosos de la Sabana de Bogotá se van aproximando hacia el norte, hasta confundirse en el Boquerón de Tausa; de ahí para adelante el paisaje cambia de aspecto: el borde oriental subsiste y va haciéndose cada vez más alto y abrupto hasta que culmina en el Nevado de Chita; hacia el occidente se diseñan dos elevaciones, la una que separa las aguas del Suárez de la mesa central y que constituye verdaderamente la continuación del borde occidental, y la otra que va paralela al curso del Suárez y que separa las aguas que van a este río de las que tributan al Minero.

Esta configuración orográfica depende de la dirección de los pliegos de las rocas que forman la base de la cordillera. Hacia el norte, el Páramo de Guantiva establece un lazo de unión entre estas dos elevaciones marginales.

Dos valles longitudinales determinan la fisonomía de la región y constituyen en cierto modo los

(3) Dos procedimientos hay al alcance de todo el mundo, para poner de manifiesto el poder radiactivo de las minerales: el fotográfico y el eléctrico. El primero es el más seguro como método cualitativo y el segundo presta mejores servicios cuando se trata de una apreciación cuantitativa. El primer procedimiento consiste en tomar una fotografía de la muestra, en la oscuridad y a través de un papel negro. Para esto se emplean placas secas extrarrápidas que se revelan luego por los procedimientos ordinarios. Solamente los cuerpos radiactivos poseen la propiedad de impresionar la placa en estas condiciones.

En primer lugar, y para tener un punto de comparación, procedimos a practicar el experimento con una muestra de pechibunda de Joachimsthal, de cuya procedencia tenemos absoluta seguridad. Sin pulsar ninguna de las caras fue sometida a una exposición de 24 horas; la impresión que se obtuvo fue muy intensa y nítida.

En las mismas condiciones procedimos con dos muestras de ganga; las impresiones obtenidas fueron idénticas a la producida por el mineral de Bohemia.

Hicimos un segundo ensayo con los mismos minerales pulverizados y encerrados en un marco de plomo, para evitar las radiaciones laterales: la capa de polvo tenía un milímetro de espesor y los rayos emitidos debían atravesar no sólo el papel negro, sino también el carbón que formaba el fondo de la caja. El resultado fue más nítido que el del primer ensayo y las dos impresiones fueron exactamente iguales.

Se hizo un tercer ensayo interponiendo entre el fondo de la caja y el papel negro que cubría la placa, varios objetos de distintas substancias, tales como una llave de hierro, una placa de ágata, otra de diabasa, una urberización de cobre, etc.; todos estos objetos dieron señales más o menos intensas.

límites de la mesa: el valle del Suárez y el del Chicamocha; estos dos ríos se unen hacia el nordeste y vienen a formar el Sogamoso.

La parte central de la mesa es ligeramente ondulada y aun en partes perfectamente plana; los bordes se levantan bruscamente, dan origen a páramos inmensos cortados por cañadas profundas y luego descienden de un modo rápido hacia las vertientes exteriores. Geológicamente considerado, el terreno se compone de abajo a arriba, de las siguientes formaciones:

- Piso de Villeta
- Piso de Guadalupe
- Piso de Guaduas.

Este último lo consideramos dividido, para los efectos de este estudio local, en dos formaciones: Guaduas inferior o carbonífero, y Guaduas superior.

El piso de Villeta aparece hacia el occidente en las regiones del Socorro, la Paz, Vélez, Bolívar, etc., con los lechos de calcárea negra muy desarrollados y con las pizarras negras muy ricas en amonitas de diversas especies; hacia el oriente se deja ver la región de las salinas: Chita, Muneque, Gámeza, Raceter y Pajarito; pero en estas localidades son las pizarras negras las que predominan. El piso de Guadalupe constituye el núcleo de las serranías marginales; las capas de arenisca y de esquistos silíceos (Pláner) adquieren un espesor mucho mayor que en Cundinamarca; y las calcáreas intercaladas entre los lechos de pizarras de foraminíferos no son de textura cristalina ni contienen exogiras, sino que son grises, compactas, con algunos fósiles (probablemente criocisas) y a veces con geodos de cuarzo que denuncian un proceso de silicatización; además, las capas de estas calcáreas no son delgadas, como ocurre en Monserrate, Guadalupe y La Calera, sino muy gruesas y forman bancos muy extensos; solamente en Sumapaz hemos visto estas calcáreas en idénticas condiciones.

Este piso de Guadalupe está muy plegado y a veces dislocado y roto. Los ejes de los pliegues siguen generalmente la dirección N.-S. (Menos en el Páramo de Guantiva, en donde, por otra parte, son más comunes las fallas que los pliegues), de suerte que las vertientes, tanto anticlinales como sinclinales, se inclinan hacia el oriente o hacia el occidente.

En las arrugas formadas por estos pliegues, suelen encontrarse porciones del piso superior de Guaduas, que reposan directamente sobre las areniscas o el Pláner, casi siempre en discordancia. Estas porciones o peñascos aislados, son a veces muy pequeños y aun exóticos en la localidad, como puede observarse en Arcabuco, en Gámbita y en el Palmar; otras veces ocupan áreas inmensas como en el valle del río Porqueras, pero en todo caso son masas transgresivas que pueden considerarse como las formaciones que los alemanes llaman "scholle".

Desde el Puente del Común hasta Villa Pinzón, pasando por Tocancipá, Gachancipá, Sesquilé y Chocontá, puede verse la formación carbonífera com-

prendida entre las rocas escarpadas del piso de Guadalupe; en Albarracín, la Cascada y el Puente de Boyacá se unen las dos formaciones de areniscas y vuelven a separarse en Punta para unirse nuevamente en la línea Oiba, Encino, Santa Rosa, Belén y Sátiva.

El piso de Guaduas aflora en las vertientes de las serranías formadas por el piso de Guadalupe que se inclina hacia la mesa central. Predominan en este piso las areniscas de grano más o menos grueso con fracturas perpendiculares a los lechos de estratificación, las arcillas versicolores, las arenas rojas y las arcillas esquistosas grises con capas de carbón. Estas capas son muy continuas y llevan pliegues concordantes con los del piso de Guadalupe subyacente; tales pliegues pueden estudiarse en la región de Sote, donde forman figuras caprichosas interrumpidas por fallas de poca importancia. El carbón se explota en el Puente del Común, Guatavita, Nemocón, Suesca, Sesquilé, Chocontá, Villa Pinzón, Tunja, Sote, Paipa, Duitama, etc.

El piso que hemos designado con el nombre de Guaduas superior, es el de formación más reciente; cubre toda la mesa central y forma las scholles de que ya hemos hablado. Está en estratificación concordante con el de Guaduas inferior o carbonífero, y se compone de arriba a abajo de las rocas siguientes, que pueden estudiarse muy bien en el alto de Cuentilla al norte de Paipa.

1º Arcillas duras (Letten) amarillas, rojas o grises; generalmente se dividen en pequeños cubos; tienen venas de óxido de hierro y a veces lechos intercalados de arenas de bandas muy estrechas (uno a dos milímetros) amarillas y blancas; suele también tener lechos de arenisca silícea hasta de veinte centímetros de espesor.

2º Arcilla amarilla en gruesos bancos y a veces una greda o litomarga amarilla; debajo hay una arcilla arenosa rosada con venas de limonita, y en algunas localidades, con venas de cuarzo.

3º Arenisca con incrustaciones de limonita y con algunos fósiles en limonita, principalmente caracoles.

4º Lechos alternados de arenisca roja y de arenisca de color de ceniza y algunas arenas sueltas.

5º Pizarras grises hojosas.

Este piso también se presenta ondulado, porque sigue las inflexiones del piso inferior; a veces es de un espesor considerable, como en Paipa y en Duitama, pero a veces se reduce a unas arcillas y arenas de unos pocos metros de espesor, como ocurre en Tunja, en el Alto de San Lázaro.

Aunque poco trastornado, presenta sin embargo algunas líneas de fractura: la primera: Taseo, Sogamoso y Pesca, y la segunda: Paipa y Suta; en ellas aparecen depósitos de berén (pitch-lakes) que denuncian la existencia de un yacimiento de petróleo. Las fuentes termales de Paipa, con sulfato de soda, pueden estar relacionadas con tales fracturas. Quizás el piso superior de Guaduas corresponda en Boyacá al piso de Barzalosa en Cundinamarca; el

punto está por estudiarse, pero nos permitimos anotar algunas semejanzas y contrastes entre estas dos formaciones que acaso puedan contribuir al esclarecimiento de esta cuestión.

Semejanzas—Tanto el piso de Barzalosa como el de Guaduas superior son posteriores en su formación al piso de Guaduas carbonífero.

El esquistos papiráceo de Gámbita (incluido en las arcillas amarillas) y el de Barzalosa, son idénticos; mucho más desarrollado en Gámbita, donde forma capas de liñito.

La margas amarilla y la litomarga en bolas de Barzalosa son muy semejantes; en Arcabuco la margas amarilla se divide en prismas y tiende a formar bolas; en las juntas hay un barniz negro que es como en Barzalosa, de óxido de manganeso. Las arenas rojas de Paipa pueden corresponder a las areniscas rojas de Barzalosa.

Contrastes—El piso de Guaduas superior es concordante con el de Guaduas carbonífero, en tanto que el piso de Barzalosa es discordante.

Faltan en el piso de Guaduas superior las formaciones de los conglomerados y las arcillas azulesas con yeso.

Por la presencia de los hidrocarburos en algunas localidades de Boyacá pudiera creerse que el piso que venimos estudiando correspondía más bien al terciario petrolífero de la hoya del Magdalena, pero en ese caso tropezamos con mayores dificultades en lo relativo a la composición litológica del terreno.

LOS MINERALES DE COBRE EN COLOMBIA

Antes de esta época crítica habían alcanzado los minerales de cobre un precio bastante halagador en los mercados de ultramar, en virtud de ser este un metal irremplazable en los aparatos eléctricos (por la poca resistencia que opone al paso de la corriente) y del amplio campo que se abrió a la electricidad industrial desde que se puso en práctica el transporte de la energía a grandes distancias. Por otra parte, los inmensos progresos realizados en la metalurgia con la introducción de los procedimientos electrolíticos, que permiten beneficiar económicamente hasta los minerales más refractarios, han hecho adquirir una gran importancia al comercio de los minerales de cobre.

En las guerras que han conmovido al mundo entero el gasto de cobre en aparatos eléctricos ha sido mucho mayor de lo que la imaginación puede concebir; se reemplazaron los conductores eléctricos por otros de ciertas aleaciones metálicas; se llevaron a las fundiciones los utensilios de menaje, en fin, se persiguió el cobre en dondequiera que se le encontraba con el fin de no carecer de tan importante elemento, del cual podía depender de un momento a otro la suerte de las naciones. Pasado el conflicto de 1914, tuvo este artículo, como era natural, una baja en los mercados, pero siempre quedó con un precio inmensamente mayor que el que tenía antes de esa guerra.

Por estos motivos y otros que no es del caso enumerar, muchas de las minas que antes se consideraban como inexplotables pueden dar hoy un rendimiento considerable, y los minerales de cobre son solicitados con verdadera avidez por aquellos que desean colocar sus capitales o ejercitar sus energías en empresas de porvenir.

En los últimos años el territorio colombiano ha sido explorado en todas direcciones por los mineros en busca de yacimientos de cobre, y solamente la fiebre del petróleo ha venido a desviar un tanto la atención de los buscadores de minas; pero esta fiebre pasará, las cosas volverán a su estado normal y los yacimientos cupríferos volverán a ocupar el puesto que les corresponde. Por esta razón escribimos las presentes líneas que recuerdan y amplían lo que habíamos dicho en la "Revista Nacional de Colombia" y que tienden a indicar las condiciones petrográficas de las minas de que tenemos noticia. Además, nos proponemos indicar la zonas de nuestro territorio en donde es posible buscar minerales de cobre con probabilidades de buen éxito. Es tiempo de pensar en serio en la explotación de esta clase de minas; es preciso que nos convenzamos de que la riqueza mineral de nuestro territorio no está únicamente en el oro de aluvión; es preciso convenir en que la explotación de minas no es el beneficio de tesoros ocultos, sino una industria como cualquiera otra, en la cual, sólo el trabajo asiduo produce riqueza, máxime si se tiene en cuenta el alarmante empobrecimiento de las principales regiones cupríferas de Chile y del Canadá y la mala situación en que están las regiones del Africa Central.

Los yacimientos de minerales de cobre en el país son muy variados, pero en lo general pueden clasificarse en un número determinado de grupos, atendiendo a las condiciones petrográficas de la formación y al carácter mineralógico de las menas; cada grupo está caracterizado por una localidad.

- 1º Cobre nativo en las pizarras, cuyo tipo es el cobre de Almaguer.
- 2º Cobre nativo en nidos en las rocas eruptivas básicas o neutras, característico de Natagaima.
- 3º Filones lenticulares de sulfuros, óxidos o carbonatos, a veces con oro a la vista y con otros minerales accidentales. Natagaima.
- 4º Filones de sulfuros en las porfiritas, con presencia de la fluorina y la baritina en las gangas o en la roca. Natagaima.
- 5º Rocas silíceas impregnadas de sales de cobre, con numerosos clavos de cuprita y de cobre nativo. Natagaima.
- 6º Calcopirita, como mineral constitutivo de las rocas intrusivas. Huila.
- 7º Calcopirita asociada a la blenda. Dolores.
- 8º Cobre gris en filones en los esquistos hornbléndicos y cloríticos. Ibagué.
- 9º Pequeñas venas mineralizadas en los esquistos cloríticos. Sumapaz.
- 10º Filones cuarzosos con calcopirita o bornita en los esquistos metamórficos. Quetame.

- 11º Filones en las pizarras negras con ganga de siderita o ankerita. Nocaima.
- 12º Nidos de calcopirita en la calcita o en la galeña. Carmen de Carapu. Muza.
- 13º Filones de calcopirita acompañada de la piritita. Monquirá.
- 14º Filones cruzados en las calcáreas negras. Valle de Jesús.
- 15º Filones en las rocas cristalinas. Ocaña.
- 16º Filones en los esquistos arcillosos. Valledupar.
- 17º Minerales de cobre como elemento accidental en los filones auríferos. Antioquia.
- 18º Calcopirita en filones delgados en las rocas eruptivas. Cerro Plateado.

Veamos ahora las condiciones en que se presentan los minerales de cobre en las localidades mencionadas:

Almaguer—El cobre se presenta, en esta localidad, en placas, incrustaciones y arborescencias entre las junturas de exfoliación de las pizarras, como si procediera de una precipitación por vía húmeda; los aluviones procedentes de la disgregación de estas pizarras contienen cobre nativo en lentejuelas y pequeños granos rodados y además un barro verde con malaquita. Pocas investigaciones se han hecho en busca de sulfuros, pero es fácil que se encuentren buenas minas de éstos en las inmediaciones de la localidad mencionada.

Huila—La roca que constituye el núcleo principal de esta grande elevación en masa es, según la relación de distintos viajeros, un granito moderno, intrusivo, a veces rico en anfíbol y que contiene diseminadas numerosas partículas de calcopirita y en algunos puntos clavos de cobre nativo; también se han encontrado filones, masas aisladas y depósitos de forma diversa de calcopirita y de los productos de su descomposición.

Natagaima—Esta localidad es célebre por sus minerales de cobre, aun cuando su riqueza metálica no consiste únicamente en este metal, pues su producción en oro no deja de tener importancia. Sin duda alguna, ésta vendrá a ser, con el tiempo, uno de los centros mineros de mayor importancia en el país.

La zona minera se extiende desde Ataco hasta el Páramo de Dolores y cruza, por tanto, el río Magdalena; sus límites son probablemente los nevados de Huila y de Sumapaz; su anchura se extiende por lo menos hasta el río Saldaña. El terreno cuaternario del Llano del Tolima queda dividido en dos porciones: la una que se extiende al sur hasta Neiva, y la otra al norte hasta Honda. En las inmediaciones de la región minera, principalmente en la banda oriental del río Magdalena, pueden verse los diferentes pisos del Cretáceo, rotos y dislocados por la acción dinámica de la roca eruptiva; los accidentes tectónicos más perceptibles son una gran falla en la banda derecha del Magdalena y una dobladura que hace que el río corra por un valle sinclinal; la acción metamórfica de contacto está muy mar-

cada en algunos sitios, principalmente entre la población de Natagaima y la quebrada de Nanurco.

En la hoya de la quebrada del Tigre aparece el Cretaterciario carbonífero (piso de Guaduas) con algunas capas explotables de carbón.

La formación eruptiva consta de tres rocas de composición mineralógica muy semejante, pero con ciertas diferencias de estructura, que influyen notablemente en su aspecto y en sus relaciones con la formación de los minerales metálicos: la una es una roca granular, compuesta esencialmente de ortoclasa, plagioclasa y augita, con epidoto y clorita como elementos accesorios, y que por notarse en ella cierta inversión en el orden de la cristalización, se puede considerar como una diabasa de grandes elementos (predomina en el Cerro de Pacandé y en la cuenca del río Anchique); la otra es una porfirita diabásica de grandes cristales de Labrador, en una pasta augítica (los mineros denominan esta roca *la pecosa*, a causa de su aspecto), y la otra es una porfirita diabásica de la misma composición que la anterior, pero en menudos cristales a veces discernibles únicamente al microscopio; se encuentra en forma de diques y de ordinario en grandes lajas con cierta estratificación, pero en ese caso se pueden ver algunos cristales blancos en una masa de color de ladrillo (esta roca se designa entre los mineros con el nombre de *trap*, y tal vez no sea sino una forma de *la pecosa*, debida al metamorfismo dinámico).

En esta última roca y en la diabasa se encuentran con frecuencia nódulos de cobre nativo, redondos, caldeados a la roca y diseminados en ella sin orden alguno. A veces sobre la roca principal reposan masas considerables de una roca epidótica intensamente impregnada de cobre, con clavos de cobre nativo del tamaño de la cabeza de un alfiler, o bien con incrustaciones dendríticas de cuprita; esta curiosa formación, que se presenta en la parte alta de la hoya del río Anchique, es probablemente de origen metamórfico.

En la porfirita se encuentra un gran número de masas lenticulares de minerales ricos, como calcosina, cuprita, malaquita y azurita, muy a menudo con oro nativo a la vista. Estas masas están caldeadas al respaldo y sus minerales, por lo regular, no llevan ganga; como suelen ser de una longitud considerable, los mineros las confunden a veces con los verdaderos filones. El mineral que más abunda en estas masas es la calcosina en escamas cristalinas.

En la roca porfídica de pequeños elementos, sobre todo en la que se encuentran los filones bien caracterizados. Predominan en ellos la calcopirita, la bornita o filipsita (*cuello de pichón o pavonado*) y los carbonatos como producto de la alteración de los minerales principales; frecuentemente el mineral se dispone en zonas paralelas a los respaldos del filón, y estas zonas se desarrollan en algunos puntos, de tal suerte que ocupan todo el filón con desaparición de la ganga; rara vez se presenta uno

solo de los minerales mencionados; en la mayor parte de los casos el mineral se compone de una asociación de láminas paralelas sumamente delgadas, primero de calcosina, luego de diversas variedades de bornita y por último de calcopirita. La ganga es invariablemente de cuarzo, muy rara vez con pequeñas porciones de baritina y fluorina, pues estos minerales son más frecuentes en las venas pobres y angostas que cruzan la roca en diversos sentidos. Los urgues son anchos y el lodo que los forma es de un material clorítico con algo de cobre. Los respaldos son bien configurados, lisos y paralelos. Las minas de esta clase contienen plata en cantidad apreciable, y la bornita contiene una pequeña cantidad de antimonio como elemento mineralizador. En el contacto de la porfirita con las rocas sedimentarias se encuentran también filones, muy descompuestos en los afloramientos, cuyo mineral dominante es la cuprita compacta de aspecto litorde (*ziegelertz*).

En las rocas eruptivas, pero principalmente en la diabasa y en la porfirita, suelen encontrarse venas pobres de fluorina, hilos reticulados de baritina y grandes diques de serpentina; esta serpentina proviene muy probablemente de la alteración de la augita.

Resumiendo las anteriores anotaciones en un cuadro, tenemos:

Rocas: Minerales.

Diabasa: Cobre nativo en nidos. Masas litoides con clavos de cobre nativo.

Porfirita (Pecosa): Masas lenticulares de calcosina, malaquita y azurita, a veces con oro nativo.

Porfirita (Trap): Filones de bornita o calcopirita con ganga cuarzosos.

Zona de contacto: Filones de cuprita.

Como se ve, los yacimientos de cobre en Natagaima pueden clasificarse entre los que los franceses llaman "*Gites de depart*", del tipo de los de Monte Catini y Monte Calvi, pero la región es bastante complicada en su petrografía y no es extraño que se descubran filones de otra clase, sobre todo en la parte alta de la serranía.

Ataco—Las rocas de esta región son las mismas de Natagaima, además del granito intrusivo de pequeños elementos. Los filones que cruzan las rocas eruptivas son angostos y muy frecuentemente ramificados; el mineral dominante en ellos es la bornita. También se encuentra, pero en localidades muy restringidas, la roca verde impregnada de cobre y con partículas de cobre nativo o de cuprita, de que ya hemos hablado.

Ibagué—Los minerales de cobre que predominan en esta región son los cobres grises en filones en los esquistos hornbléndicos y cloríticos. Se explotan como minerales de oro y plata. Su tenor en cobre alcanza a veces hasta el 20%; los cobres grises del Fresno son mucho más pobres, pues su tenor desciende a veces hasta el 1%.

Líbano—Esta región es principalmente aurífera y argentífera; sin embargo, hay algunos filones de calcopirita en los esquistos cristalinos.

Dolores—Los minerales de cobre de esta región van siempre asociados a los de zinc y plomo. En algunos sitios se encuentra la calcopirita en fragmentos del tamaño de una almendra, aglomerados por una pasta cristalina de blenda.

Sumapaz—En la vertiente occidental del Nevado de este nombre se han encontrado algunas minas de carácter especial: están constituidas por numerosas venas, sumamente angostas, de cuarzo con calcopirita o con bornita, que ocupan los planos de exfoliación de los esquistos cloríticos. Hacia la vertiente oriental del Nevado se han encontrado verdaderos filones, con ganga cuarzosa, que atraviesan los mismos esquistos. La roca eruptiva de Sumapaz, como lo hemos visto anteriormente, es una propilita cuarzosa: su masa fundamental está en pequeñas agujas de actinota, que forman un fieltro o que se agrupan perpendicularmente alrededor de los fenocristales, formando coronas; los fenocristales son de plagioclasa y de granos de cuarzo; el granate rojo, en granos microscópicos dispersos, figura como elemento accidental.

Esta roca ha dislocado profundamente los pisos del Cretáceo, que en esta localidad están representados por una arenisca de labor muy semejante a la de Guadalupe, capas de sílex córneo y una calcárea muy compacta con numerosas geodas de cuarzo. Debajo de esta formación vienen los esquistos cloríticos y los filades del Precretáceo.

Quetame—Los esquistos que Hettner comprende bajo el nombre de "Piso de Quetame", son rocas que han sufrido un intenso metamorfismo dinámico y termal, y están constituidas por areniscas muy silíceas, cuarcitas y filades satinados, grises o rojos; a nuestro juicio hacen parte del piso que hemos denominado Precretáceo.

En estos esquistos se presentan filones cuarzosos con calcopirita y galena; en los páramos orientales de Boyacá y en una formación geológica muy semejante se han encontrado también filones de calcopirita con ganga cuarzosa, o bien la calcopirita asociada al hierro oligisto micáceo.

Occidente de Cundinamarca—El piso de Villeta ocupa una zona de considerable anchura al occidente de Cundinamarca; en las pizarras de este terreno se presentan algunos filones cuyos signos distintivos son: carencia de urgues, ganga de siderita espática y mineralización en calcopirita; en algunos de ellos (como ocurre en los de Nocaima y Vergara), apenas hay pintas de mineral de cobre y puede decirse que el filón es íntegramente de siderita; en otros (como en La Palma y Paimé) abunda la calcopirita, que da un buen rendimiento de metal.

La zona descrita se extiende hasta Muza y Coper y quizás más al norte. En el terreno semejante de la vertiente oriental de la cordillera, tanto en Cundinamarca como en Boyacá, se han encontrado idénticos yacimientos.

Carmen de Curupa—En esta localidad se presenta la calcopirita en nódulos en medio de la galena, de la cual hay enormes filones; esta galena está cruzada en todos sentidos por venas de blenda, que a veces toman un desarrollo tal, que desaparecen los demás minerales. En la región de Muza, y en general en la hoya del río Minero, la calcopirita hace parte de las formaciones esmeraldíferas; se la encuentra en los ceniceros y aun en las vetas formando parte de la ganga.

Monquirá—Los yacimientos que explotaba una antigua compañía inglesa, y que están totalmente agotados, eran unos filones bastante anchos, en la arenisca de labor, con ganga de cuarzo y venas de piritita y calcopirita. Al norte de la población se han encontrado filones sanos de bornita y calcopirita en ganga cuarzosa, que cruzan las areniscas de la región, las cuales ocupan un nivel superior a las calcáreas y pizarras tiernas. Esta zona cuprífera se extiende más, al norte y al nordeste, pero cambia un poco de carácter; en la región de Gámbita, por ejemplo, la calcopirita es muy escasa y aparecen en la ganga cuarzosa, nódulos dispersos de siderita espática, que poco a poco van predominando hasta ocupar la totalidad del filón; las areniscas que contienen a estos filones tienen sus lechos separados por unas pizarras tiernas con nidos, en forma de bolas o lentejas, de piritita blanca.

Valle de Jesús, Bolívar, Carare—En la parte alta de las serranías que separan las hoyas del Carare y del Suárez, hacia el occidente de la población de Bolívar y hasta el sudoeste de Vélez, se extiende la región cuprífera, que en esta parte de la cordillera tiene un aspecto especial. La roca encajante es la calcárea negra, probablemente del piso de Villeta, en capas horizontales, que por la erosión y el trabajo de los agentes atmosféricos han tomado formas caprichosas y fantásticas, tales como castilletes, torreones, ruinas y picachos de figuras curiosas que dejan entre ellos un verdadero laberinto de grietas y pasadizos. El mineral ocupa los lechos de estratificación y forma capas regulares desde uno hasta veinte centímetros de espesor.

Las rocas tienen clivajes o juntas casi normales a los lechos de estratificación, y estos planos de junta están también mineralizados, de modo que en ellos se encuentran capas por lo regular más anchas que las anteriores. En la intersección de los planos se encuentran nidos ricos, algunos de los cuales han producido bloques hasta de una tonelada de peso. Estos filones-capas están caldeados a los respaldos y constituidos por calcopirita pura; en los verticales se encuentra a veces una ganga de siderita y calcita.

Como la disgregación de la roca calcárea es más rápida que la del mineral de cobre, estos filones, en sus crestas o afloramientos, parecen como protuberancias, de formas arrugadas. La descomposición del mineral principia, como es natural, por la superficie, de modo que las masas procedentes de los afloramientos están constituidas por un núcleo de

calcopirita envuelto en una corteza de limonita, que contiene, sin embargo, una cierta cantidad de cobre; en el interior del núcleo o en las grietas de la corteza se encuentran pequeñas drusas de malaquita. La ganga, cuando la hay, está compuesta de minerales isomorfos que van en este orden: siderita, ankerita, dolomita, calcita; sin duda estas son las fases del metamorfismo metasomático de la ganga. Por su posición geológica, por la naturaleza del yacimiento y por los minerales constitutivos, se ve que hay una cierta afinidad entre estos yacimientos y los del occidente de Cundinamarca.

La zona de estas minas es muy extensa: ocupa una superficie de varios kilómetros cuadrados y está comprendida entre la cresta de la serranía y el valle de Cuevas. Más al norte, en una posición geológica idéntica, se encuentra la región minera de La Paz y de Aguada. En esta última localidad las calcáreas se encuentran atravesadas en todos sentidos por venas minúsculas de malaquita y azurita que dan a la roca un aspecto muy particular.

Ocaña—En los terrenos cristalinos de esta localidad, hacia la hoya del Catatumbo, y no lejos de las minas de estaño, se encuentran filones de calcopirita, crisocola y cuprita en ganga cuarzosa. Del mismo tipo son los filones de óxidos y sulfuros que se encuentran en la cordillera de Pamplona.

Valledupar—Ultimamente se han encontrado ricos filones de calcopirita, bornita y calcosina en los esquistos arcillosos que forman los últimos estribos de la Sierra Nevada de Santa Marta y en el declive occidental de las sierras de Motilones y Perijá.

Cerro Plateado—En esta masa de granito intrusivo se encuentran numerosas vetas delgadas de calcopirita, que se cruzan y ramifican; también se encuentra este mineral en porciones diseminadas en la roca; la mineralización de esta roca tiene alguna semejanza con la del Huila.

Antioquia—En algunas minas de Antioquia se encuentra la calcopirita como mineral esencial, junto con otros minerales auríferos o argentíferos, principalmente en las minas de las regiones de Amalfi, Urrao, Armenia y Tamesis. Para que pueda apreciarse el papel que desempeñan los minerales de cobre en estas minas haremos una corta descripción de las principales menas en donde se encuentran.

Clara de la Unión-Amalfi—Los respaldos de esta mina están constituidos por una roca traquítica, de color gris verdoso, compuesta de plagioclasas, augita y algunos granos de cuarzo; la roca matriz es esta misma, pero con suma abundancia del cuarzo y tendencias a la desaparición de los feldespatos. Las menas están compuestas de cuarzo lechoso en bandas separadas por delgados lechos de piritita, mispikel y un material clorítico procedente de la alteración de la augita; en el interior se ven masas de calcopirita, cristales de galena, ya cúbicos, ya octaédricos y cristales de galena envueltos en calcopirita; el oro reside principalmente en la galena.

La Córdoba-Segovia—Las menas se componen de cuarzo rojizo por la alteración de las piritas (Carmén de los mineros antioqueños); en la masa se destacan grandes cristales de cuarzo hialino y pintas de calcopirita.

La Rica-Tamesis—Cuarzo blanco con cristales de cuarzo hialino; masas relativamente grandes de calcopirita, atravesadas por venas de cobre gris.

Lo dicho basta para dar una idea de los minerales de cobre y su distribución geográfica en el territorio colombiano.

• • •

LOS FOSFATOS NATURALES DE LA COSTA ATLANTICA

Entre los terrenos de labor del interior del país hay algunos que se han agotado completamente a causa de un prolongado cultivo, agravado con la circunstancia de que el empleo de los abonos y enmiendas era casi desconocido entre nuestros agricultores hasta hace pocos años.

La decadencia de los cafetales, la pobreza de las cosechas de trigo y el escaso valor nutritivo de los pastos, se hicieron al fin sentir de tal manera, que los hacendados principiaron a tomar en serio la cuestión de los abonos y algunos ensayos afortunados llegaron a transformar en costumbre lo que al principio se hacía por vía de experimentación. Establecido en muchas haciendas el sistema del cultivo intensivo, principiaron las importaciones al país de cantidades considerables de abonos artificiales completos y de los elementos para prepararlos. Por otra parte, la tarifa de aduanas vigente estimula este comercio, con grandes ventajas para la Agricultura nacional.

Desgraciadamente las guerras europeas han entorpecido de tal suerte el comercio extranjero, que han imposibilitado la importación de elementos fertilizantes por largo tiempo. Aun cuando a veces se han vuelto a normalizar las comunicaciones de los países, el desequilibrio económico ha sido tal que hoy no pueden introducirse sales fertilizantes sin correr el riesgo de que las cosechas no produzcan lo suficiente para pagarlas.

Esto ha dado lugar a que la atención de los agricultores se dirija hacia nuestros recursos naturales, a ver si se encuentra en el país lo que no podemos hoy traer del extranjero. Desde luego se pensó en los fosfatos de la Costa Atlántica; nos proponemos en estas líneas describir estos yacimientos y dar los análisis de las muestras de esas localidades y de algunas otras.

Como esos yacimientos ocurren principalmente en la Península de la Guajira, principiaremos por una corta descripción de esta parte de la costa colombiana.

A partir del puerto de Riohacha, la costa de Colombia, en el mar de las Antillas, toma una dirección SE.-NE.; por el espacio de muchas leguas es casi recta y forma un ángulo de 30° próximamente

con la dirección de los paralelos. Al principio baja y cubierta de dunas, va levantándose gradualmente hacia el norte hasta que, a la altura del Cabo de la Vela, se ven aparecer los últimos contrafuertes de las serranías de la Península. De ahí para adelante empieza la costa a torcer hacia el E. y a hacerse cada vez más irregular; se abren primero las dos ensenadas de Portete y Bahía Honda, de las cuales la segunda admite embarcaciones mayores, y avanzan los cabos de Chichivacoa y Punta Espada, éste el punto más oriental de la Península. Tuerce en seguida el litoral hacia el S.W., y después de algunas puntas de poca importancia, se presentan las ensenadas de Tucacas y Cocineta. Da entrada a esta última ensenada un caño angosto y de poco fondo, limitado al norte por una lengua de tierra llamada Punta de los Castilletes, porque hacia su base se encuentran dos eminencias cuyas cimas son planas y semejan las terrazas de un par de castillos o fortalezas. A poca distancia de la boca del caño surgen de entre el mar tres islotes o arrecifes contra los cuales se estrellan las olas haciendo sumamente peligrosa la navegación y muy difícil la entrada al caño. Cuando sube la marea y el caño da fondo a las goletas, la resaca cubre parte de la punta de los Castilletes, los islotes casi desaparecen bajo el agua, y se necesita gran conocimiento de aquellos parajes para evitar las rompientes al conducir un barco a la ensenada. El interior de ésta es bastante profundo y sus orillas permiten el arribo de las embarcaciones en dos o tres puntos. De todos los puertos de la Península, quizás es éste el más abrigado, porque rodea a la ensenada una serie de eminencias en anfiteatro, que la protegen contra los huracanes, tan temibles y por desgracia tan frecuentes, en aquellas regiones.

Hacia el sur de la boca del caño se cuenta la punta de Perret, baja y cubierta de dunas, y de ahí para adelante la costa sigue sensiblemente recta, con una dirección N.E.S.W., casi paralela a la costa occidental de la Península.

De la punta de Perret al vértice del ángulo que hace el golfo de Calabozo, el litoral no presenta más irregularidades que la rada de Secheps, abierta y poco profunda. Paralelamente a la costa, que es casi en su totalidad baja, se ven multitud de arrecifes, más o menos cubiertos por las aguas, probablemente restos de la punta de la Teta y de la de los Médanos, que han sido separadas de la tierra firme por la violencia de la corriente equinoccial, tan fuerte en las costas venezolanas. Estos arrecifes son numerosos y muy visibles en la parte más occidental de la ensenada de Calabozo y constituyen los Mogotes de los Frailes.

Tuerce en seguida la costa y lleva una dirección casi perpendicular a la anterior hasta la boca del caño Páijana; de ahí hasta la punta del Castillo de San Carlos, sigue sensiblemente en la dirección de los paralelos.

La isla de Zapara está separada del Castillo por un canal estrecho, y de las costas de Coro, hacia

su extremidad oriental, por otro aun más estrecho: por un verdadero caño.

Hacia el sur de la isla de Zapara y de la punta del Castillo de San Carlos, se hallan las islas de Toas y Pescaderos, que tienen alguna importancia geológica.

Los estrechos mencionados dan entrada al lago de Maracaibo, verdadero mar interior del Estado del Zulia, cuyas aguas son salobres en la parte norte y dulces hacia el sur.

La costa de Coro va gradualmente inclinándose hacia el N.E. A la altura de la punta Perret se encuentra la península de Paraganá, unida al continente por un istmo largo y estrecho que, sin duda, será roto no muy tarde por las corrientes marinas; esta península termina al norte en el cabo San Román.

Una serie de islas, a saber: Los Monjes, Oruba, Curazao y Buenaire, forman los puntos culminantes de una cadena submarina paralela a las costas de Venezuela.

La orografía de la Península Guajira es bastante sencilla: al norte de los Montes de Oca y por espacio de muchas leguas, se extiende una gran sabana, cuya inclinación general es de W. a E., como lo denuncian el cauce del Majayure, el del Parchuachón y el curso de las aguas en la estación lluviosa. Frente a la ensenada de Calabozo, y a poca distancia de la costa, se eleva aislado el cerro de la Teta, eminencia cónica de 400 metros de altura sobre el nivel del mar; aislados también y alrededor de la Teta, se elevan otros montículos de la misma forma, que le dan al paisaje un aspecto extraño. Al N.W. de la Teta se halla la serranía de Cojoro, elevación lineal de 500 metros de altura, que forma un semicírculo con la concavidad hacia el S. y cuyos últimos estribos de la extremidad oriental llegan casi a la orilla del mar; la pendiente septentrional de esta serranía es suave y larga hasta perderse gradualmente en la llanura occidental de la Península; la pendiente meridional es corta y abrupta. Separada de la anterior por una garganta cuyo piso está al nivel de las llanuras adyacentes, se encuentra la sierra Macuira, que se dirige sin interrupción hacia el N.E. y va a terminar en Punta Espada. Hacia el N.W. de la Península está la sierra de Irúa, uno de cuyos estribos forma el Cabo de la Vela. Por la poca elevación de sus eminencias y su orientación con respecto a los vientos, la Península en lo general es muy pobre en aguas. Dos ríos de escasa importancia nacen al pie de los Montes de Oca: el Parhuachón y el Majayure; corren de S.W. a N.E. y se consumen en la arena a poco de salir al llano; tan pronto como dejan su lecho de piedras calcáreas o grava arcillosa compacta para correr sobre un cauce de arena, desaparecen casi por completo, hasta el punto de que en la estación seca se necesita ser muy conocedor de las localidades para saber qué curso llevan las aguas de estos ríos. Los nombres de Laguna del Pájaro, Lagunetas de Güinca, etc., se refieren a pantanos de agua infecta,

que se secan completamente en ciertas épocas del año.

En la serranía de Cojoro nace el caño de Neina, que desemboca en la Eusenada y que tampoco lleva agua en la época de los grandes calores.

En la Sierra Macuira nacen algunos arroyos que corren suerte igual al Majayure y Parhuachón. Para estudiar la constitución geológica de esta parte de la costa colombiana consideremos las distintas formaciones desde un poco más al sur. De la parte norte del macizo de Ocaña parten varias sierras de segundo orden, divergentes, que separan las hoyas de los tributarios del Catatumbo y la de este río de la del Magdalena; todas las de la oriental son de terreno cristalino; la del occidente, por el contrario, está formada de estratos relativamente modernos, principalmente del piso de Guadalupe. Esta última elevación lineal es de gran significación: hacia el norte constituye las sierras de Motilones y Perijá y los Montes de Oca.

La estratificación está muy dislocada y cambia de dirección a causa de los pliegues; los lechos dominantes son de areniscas, calcáreas y pizarras tiernas.

En los Montes de Oca los estratos son casi verticales: aparecen muy desarrolladas las calcáreas al oriente y las areniscas al occidente. En la hoya del río Limón se caracteriza el piso de Guaduas con sus capas de carbón.

Las eminencias que separan la depresión del Zulia de la del Golfo con Venezuela son también cretáceas y creta-terciarias, como puede verse en aquellas partes donde no han sido cubiertas por los bancos de arena o los arrecifes madrepóricos. En la isla de Toas se ven las capas inclinadas de N. a S., en un ángulo de 25° y son de arenisca tierna, pizarras grises y bancos de carbón. Tanto geológica como orográficamente deben tomarse estas eminencias como un ligamento natural entre los terrenos cretáceos de Montes de Oca y los de la serranía de Coro.

Muchas leguas al occidente de Perijá, y en la margen izquierda del Ranchería, vuelven a verse las capas cretáceas rotas y sublevadas por el gran macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Las extensas llanuras del Zulia están cubiertas por depósitos cuaternarios: las capas del Terciario afloran en muy pocos parajes, ligeramente inclinadas, y recuerdan por su estructura y su posición el Terciario petrolífero de la hoya del Magdalena; las areniscas cretáceas y creta-terciarias aparecen únicamente en los estribos y contrafuertes que las circundan. De arriba a abajo se ven las siguientes rocas: Arena silícea suelta. Arenisca tierna que alterna con un conglomerado de limonita, rico en fósiles vegetales. Arenisca micácea tierna con cemento de ocre rojo, sin fósiles, en costras delgadas. Arcilla amarilla o blanca, con arena en la parte inferior. Hacia el sur de Maracaibo se encuentran gruesos bancos de limonita, se desarrollan las areniscas micáceas y hay muchas regiones fosilíferas. Hacia

el norte predominan los lechos de arena y arcilla. Un corte practicado para abrir un pozo mostró la siguiente sucesión de rocas:

Arena silícea.....	1 metro
Arcilla amarilla.....	0.80
Conglomerado ferruginoso.....	0.20
Arcilla amarilla.....	1.20
Arcilla hojosa gris.	

Los riegos principales de esta llanura consisten en fragmentos de arenisca, esquistos silíceos y piritas en la región oriental del Lago, cuarzos rodados y fragmentos de sílice xiloide en la occidental. Es tal la abundancia de esta última piedra, que tiene aplicación en las construcciones: parte del muelle y los pequeños tajamares de las casas que dan contra el Lago están hechos con esta piedra.

Al norte de Maracaibo están las salinas de Bella Vista, que son unos pozos de agua salada cuyas paredes se cubren de afloramientos salinos y pequeños cristales de yeso; más al norte, en la región de Sinamaica, se encuentra una arena silícea blanca y rocas calcáreas de origen madrepórico.

La península de Paraganá, unida a la costa de Coro por un istmo estrecho, cubierto de pequeñas dunas y de los guijarros que deja la resaca, está formada de diferentes capas terciarias que afloran de trecho en trecho, por entre una gruesa capa de arena, debido a una pequeña inclinación de los estratos.

Estas capas están constituidas por areniscas tiernas micáceas, pizarras tiernas con láminas de yeso y gravas de composición varia, idénticas a las de la Guajira; se ven además pequeñas colinas desnudas, de toba calcárea con conchas marinas recientes muy parecidas a las de Sinamaica.

La Península guajira es la frontera occidental del Golfo de Venezuela. Semejante a la de Paraganá por su formación geológica, lo es también por la aridez de su suelo, su fauna y su flora. En ella el terreno varía de naturaleza con más rapidez que en los llanos del Zulia. Las diversas zonas geológicas tienen allí su fisonomía tan nitidamente marcada, que puede fijarse el paso de una región a otra por el simple aspecto del paisaje.

Puede dividirse en las siguientes zonas:

- 1ª Llanuras del norte y circo de Juyachí.
- 2ª Serranías de Macuira e Irúa.
- 3ª Serranía de Cojoro.
- 4ª La Teta y los montículos adyacentes.
- 5ª Sabanas del Sur.
- 6ª Montes de Oca.

1ª Las llanuras del norte pueden dividirse a su vez en tres zonas: la primera es de formación actual, ocupa toda la costa oriental y está formada por enormes bancos de arena que cambian de forma y dimensiones, a causa del transporte de las partículas sueltas por los violentos y constantes huracanes. La segunda es paralela a la anterior y avanza hacia el interior de la Península; está formada por rocas cuaternarias semejantes a las de Zulia, dominando la arenisca micácea sin fósiles: esta del-

gada costra está rota a veces por grietas profundas que señalan el terreno terciario subyacente; en algunos sitios (de dos a seis metros sobre el nivel del mar) pueden verse colinas de conchas actuales muy bien conservadas y en otros (al norte de Mecoro), depósitos considerables de sal en menudos cristales. La tercera, paralela a la anterior y más hacia el centro de la Península, deja ver el terreno terciario característico.

En donde pueden estudiarse todas estas rocas con suma facilidad es en Juyachí, por haber ocurrido allí dislocaciones tales, que permiten abarcar de una sola mirada los diferentes terrenos que hemos mencionado.

El propio sitio de Juyachí (la palabra Juyachí en lengua guajira significa *pozo*) está muy cerca de la costa meridional de la ensenada de Cocineta en una llanura baja, rodeada de mesetas en anfiteatro, que semejan un circo. La roca sobre la cual reposan las mesetas en una calcárea de conchas con fosfato de cal; sobre ésta, en estratificación concordante, vienen las siguientes capas: arenisca tierna o bien arena suelta o grava, arcilla hojosa gris con láminas de yeso, calcárea de conchas. De Juyachí a Mecoro se ven levantarse sobre el plano de la llanura varias mesas pequeñas, todas ellas compuestas de una costra de arenisca tierna, que reposa sobre las capas alternadas y horizontales de pizarra tierna y yeso especular; la población queda sobre una eminencia igual.

De ahí a los Castilletes no se nota más variación que la ausencia de las láminas de yeso. En los propios Castilletes, la explanada superior es un banco de calcárea de conchas, de más de un metro de espesor, con gran número y variedad de fósiles; descansa sobre un conglomerado de guijarros cuarzosos, el cual a su vez se apoya en la calcárea inferior que ya hemos mencionado.

La parte superior de algunas de las mesetas que rodean al circo de Juyachí están cubiertas de una ligera costra cuaternaria, parecida a la de Maracaibo; en otras hay montículos de grava, con cemento arcilloso, y en otras, en fin, bancos de ostras de la fauna cuaternaria. Los riegos que cubren la llanura son fragmentos de cuarzo, ágata, jaspe y sílice xilóide. La ensenada de Tucacas está formada en el centro de un circo análogo al de Cocineta, el paisaje es idéntico y la sucesión de rocas la misma. Hacia el occidente del circo se encuentra el lecho de un caño que desemboca en la ensenada y que probablemente nace en la tierra Macuira; sólo lleva agua en la época de las lluvias. El fondo del lecho se compone de una capa de arena sumamente fina y las riberas de las rocas mencionadas cortadas verticalmente; en la parte superior de la hoya las calcáreas cambian un poco de estructura y empiezan a aparecer en ella las venas de calcita. Más arriba las capas no son ya horizontales, sino ligeramente inclinadas y bien pronto aparecen dislocadas y rotas o separadas por profundas grietas, lo que

hace sospechar la proximidad de un cambio en la naturaleza del terreno.

De Juyachí o Güincua, siguiendo un itinerario paralelo a la costa, no se encuentra más que la gran llanura cuaternaria, rota a intervalos por hendiduras, por las cuales pueden verse las rocas terciarias subyacentes, o interrumpida por eminencias de poca elevación; los riegos son exactamente los mismos. Este monótono paisaje se prolonga muy al sur hasta la serranía de Cojoro, en donde cambia la naturaleza del terreno.

2ª Las serranías de Macuira e Irúa están formadas por capas del piso de Guadalupe inclinadas de E. a W., y en discordancia con el terreno terciario. El Piñer está reemplazado por unos esquistos silíceos negros (piedra lidiana) o bandeados de negro y blanco y la arenisca de labor, por una arenisca muy compacta de cemento silíceo. Las dos serranías son independientes desde el punto de vista orográfico; los estribos de la de Irúa, que se prolongan hasta el Cabo de la Vela, dan a la costa occidental un aspecto agreste.

3ª La serranía de Cojoro, cuyo pico más elevado es el Pororop, forma un arco de círculo hacia el norte del territorio ocupado por la Teta y las eminencias adyacentes, volteando hacia ellas su parte cóncava. Es de poca elevación (500 a 600 metros sobre el nivel del mar) y su cresta está cortada por numerosas escotaduras que apenas alcanzan a la mitad de la pendiente. Sus rocas son principalmente areniscas, con inclinación de S. a N., de manera que la vertiente que mira hacia la Teta es rápida y escarpada, en tanto que la del lado opuesto es muy suave. Esta serranía está separada de la de Macuira por un ancho espacio horizontal.

4ª La Teta y las elevaciones inmediatas ocupan el área comprendida entre el arco del círculo descrito y la orilla del mar. El cerro en cuestión es una eminencia cónica, de 400 metros de altura, que surge aislado y sin conexión aparente ni con la serranía de Cojoro ni con las otras elevaciones. Los otros cerros se destacan aislados y son de forma cónica como la Teta, pero mucho más pequeños. La roca del cerro principal es de carácter volcánico y de textura traquítica.

5ª Hacia el sur volvemos a encontrar la sabana cuaternaria que se extiende sin interrupción hasta los Montes de Oca. Estas llanuras no están, como las del norte, cortadas por zanjones y derrumbes. Las capas del cuaternario, al principio delgadas, van engrosando más y más, hasta que en la cercanía de los Montes de Oca, adquieren, sobre todo las de grava, un enorme espesor. Los riegos no son ya de jaspes y cuarcitas, sino fragmentos de rocas plutónicas y esquistos cristalinos.

Veamos ahora los análisis que se han hecho de las rocas fosfatadas de las regiones descritas y de otras localidades que pueden servir de punto de comparación.

Calcárea amarilla, cavernosa, con fósiles—de Güincua, costa oriental de la Guajira

Carbonato de calcio.....	520
Carbonato de magnesio.....	110
Alúmina y hierro.....	5
Fosfato de calcio.....	35
Arena silícea.....	325
Humedad y pérdida.....	5
	<hr/>
	1.000

Calcárea rosada del sur de Juyachí, superficial con pocos fósiles

Carbonato de calcio.....	480
Carbonato de magnesio.....	140
Alúmina y hierro.....	2
Fosfato de calcio.....	58
Arena silícea.....	320
	<hr/>
	1.000

Del mismo banco en la parte inferior

Carbonato de calcio.....	500
Carbonato de magnesio.....	120
Alúmina y hierro.....	5
Fosfato de calcio.....	60
Arena silícea.....	310
Humedad y pérdida.....	5
	<hr/>
	1.000

Calcárea rosada, con menos fósiles que las anteriores, muy compacta—de Mecoro, costa oriental de la Guajira

Carbonato de calcio.....	505
Carbonato de magnesio.....	115
Alúmina y hierro.....	5
Fosfato de calcio.....	50
Arena silícea.....	320
Humedad y pérdida.....	5
	<hr/>
	1.000

Calcárea del banco inferior de Juyachí

Carbonato de calcio.....	480
Carbonato de magnesio.....	95
Alúmina y hierro.....	5
Fosfato de calcio.....	115
Arena silícea.....	305
	<hr/>
	1.000

Arenisca ferruginosa fosfatada de la Isla de los Monjes

Arena silícea.....	58
Fosfato de hierro.....	10
Oxido de hierro hidratado.....	30
Humedad, rastros de cal, pérdida..	2
	<hr/>
	100

Fosfato natural de Curacao

Materia orgánica, agua de combinación, etc.....	2.47
Acido fosfórico.....	40.45

Cal	51.04
Alúmina y óxido de hierro.....	0.35
Acido carbónico.....	30.05
Sílice insoluble.....	0.50
Sin determinar.....	2.14
	<hr/>
	100.00

Composición que corresponde a una riqueza de 88.31% de fosfato de cal (G. H. Gilbert).

Fosfato natural de Oruba

Acido fosfórico.....	35.40
Cal	48.40
Alúmina y óxido de hierro.....	2.85
Acido carbónico.....	11.15
Sílice insoluble.....	2.20
	<hr/>
	100.00

Composición que corresponde a una riqueza de 77.28% de fosfato de cal (Teschemacher & Smith).

Fosfato natural de Sombrero

Materia orgánica, agua combinada, etc.....	5.47
Acido fosfórico.....	34.22
Cal	49.22
Alúmina y óxido de hierro.....	1.05
Acido carbónico.....	6.20
Sílice insoluble.....	1.30
Sin determinar.....	2.54
	<hr/>
	100.00

Composición que corresponde a una riqueza de 74.79% de fosfato de cal (G. H. Ogston).

Fosfato natural de Navassa

Humedad	3.54
Materia orgánica y agua combinada	4.64
Acido fosfórico	35.60
Cal	38.35
Oxido de hierro.....	3.40
Alúmina	6.50
Acido carbónico	2.58
Sílice insoluble	2.65
Sin determinar	2.74
	<hr/>
	100.00

Composición que corresponde a una riqueza de 77.71% de fosfato de cal (Bretschneider).

Fosfato natural de Florida

Materia orgánica.....	2.75
Acido fosfórico.....	32.19
Acido carbónico.....	3.95
Cal	42.86
Hierro y alúmina.....	4.20
Fluoruros y magnesia.....	2.25
Sílice insoluble.....	11.80
	<hr/>
	100.00

Composición que corresponde a una riqueza de 70.21% de fosfato de cal. (F. Wyatt).

Fosfato natural de Carolina del Sur

(Análisis sobre diversas muestras)

Acido fosfórico.....	25	%	al	28%
Acido carbónico....	2.50	"	"	5"
Acido sulfúrico.....	0.50	"	"	2"
Cal	35	"	"	42"
Magnesia	0	"	"	2"
Alúmina	0	"	"	2"
Oxido de hierro....	1	"	"	4"
Fluoruros	1	"	"	2"
Arena silíceo.....	4	"	"	12"
Materia orgánica...	2	"	"	6"

La riqueza de estas muestras en fosfato de cal varía de 55% a 61%. (C. W. Shepard).

Los últimos análisis corresponden a aquellos fosfatos naturales que se emplean en la Agricultura y que constituyen un importante ramo de exportación en varios países de América. Se desprende de ellos la conclusión de que, para que pueda explotarse con provecho un fosfato natural, es preciso que su riqueza, avaluada en fosfato de cal, pase del 50%, proporción de la cual están muy distantes nuestros fosfatos de la Costa Atlántica.

Se nos informa que en la costa occidental de la Guajira se han encontrado algunos bancos de una riqueza muy superior a los de la costa oriental; es posible el hecho, pero no podemos avanzar a ese respecto opinión alguna por no haber podido procurarnos muestras para su análisis.

CONCRECIONES CRISTALINAS DE LA ARENISCA DE BOGOTÁ

Una de las capas más interesantes de las que constituyen el piso denominado de *Guadalupe* en los terrenos cretáceos de la Cordillera Oriental, es sin duda la que suministra la arenisca de labor que se emplea en las construcciones de alguna importancia. Esta capa, que es una de las más recientes del terreno, es tan constante en sus caracteres y en sus relaciones con las rocas adyacentes, que constituye un magnífico horizonte geológico para el estudio de la estratigrafía de los cerros que limitan la altiplanicie.

Sobre esta capa se desarrolla en algunas localidades, otra que le es paralela, compuesta de una arenisca de grano sumamente fino, con algunas impresiones de fósiles y en cuyas grietas se presentan las curiosas concreciones de que vamos a tratar. Los ejemplares que hemos podido examinar provienen de las siguientes localidades:

Río del Arzobispo, en Bogotá—Las concreciones procedentes de esta localidad se encuentran no solamente en las areniscas de grano fino sino también en la arenisca de labor: consisten en un gran número de pequeñas masas esféricas que tapizan las paredes de las grietas y cada una de estas esferas está formada por una infinidad de cristales que parten del centro. El mineral en cuestión es la wavelita y presenta diferentes variedades: unos

ejemplares son de un color verde esmeralda intenso debido a una cierta cantidad de fosfato de hierro que entra en su composición; otros son de un color verde marino muy pálido y otros, finalmente, son amarillos y en ellos hay una pequeña cantidad de magnesia y hierro al estado de sesquióxido. En Chapiuero abundan estas incrustaciones en las juntas de las areniscas, pero no las hay verdes sino de un color amarillo de azufre o completamente blancas.

Zipacón—En esta región y en las mismas rocas de que hemos hablado anteriormente, se encuentran unas concreciones, también de wavelita, pero no son rigurosamente esféricas y aisladas como las anteriores, sino que están constituidas por masas reniformes aglomeradas y cuya superficie es un poco rugosa; están compuestas igualmente de cristales radiados.

San Cristóbal, en Bogotá—Las incrustaciones en las areniscas de esta localidad son de dos clases: unas con prismas de color azul o seño de vivianita, otras se presentan en forma de laminitas rómbicas del sistema monoclinico, de color verde claro y con una exfoliación perfecta según el plano 001; a mi juicio pertenecen a la variedad de vivianita denominada ludlamita.

Zipaquirá—En las canteras de donde se extrae piedra de labor y balasto para las obras del ferrocarril, se han encontrado aglomeraciones de menudos cristales monoclinicos de vivianita de un color azul claro, de brillo perláceo y de formas cristalin perfectas.

Probablemente estas incrustaciones se deben a la circulación, en tiempos remotos, de aguas cargadas de fosfatos metálicos a través de las grietas y de la masa misma de las areniscas. No se les debe atribuir el mismo origen de la vivianita terrosa de la Sabana de Bogotá, de la dufrenita y del fosfato de alúmina terroso de los páramos, pues estos últimos minerales pertenecen a los terrenos de formación relativamente reciente.

LA ROCA VERDE DE ARIARI

En otra parte de estos apuntes hemos descrito la hoya del río Ariari y hemos llamado la atención sobre sus yacimientos auríferos. Tratamos ahora de hacer una corta discusión sobre la composición y estructura de la roca principal de esta región, con el fin de establecer una clasificación racional de ella.

Esta roca, llamada por los mineros *roca verde*, está compuesta de numerosos granos de cuarzo y cristales de plagioclasa, ambos de contornos muy irregulares; entre estos elementos se ve un número inmenso de pequeñísimos cristales de actinota, prismáticos e irregulares en sus extremidades; estos cristales forman en algunas partes una especie de fieltro, y en las inmediaciones de los granos de cuarzo y de los cristales de feldespato forman coronas.

dirigiéndose perpendicularmente a los contornos de los fenocristales; en algunos ejemplares se presenta el granate rojo, como mineral accidental, en numerosos granos diseminados.

En algunas partes la roca está compuesta casi exclusivamente de grandes fragmentos redondos de cuarzo, unos de color blanco lechoso, otros de color violeta pálido, otros rosados o de color carmín, cementados por la masa anfibólica; en la base de las montañas, el cuarzo está en pequeños granos y entra por mitad en la composición de la roca y los cristales de feldespato son ya discernibles a simple vista; en el núcleo de las tierras altas, la roca es de grano fino, aumenta el feldespato y disminuye el cuarzo.

En los estribos del macizo principal la roca se divide en grandes lajas y aun se desprenden bloques prismáticos de gran volumen; entre estas lajas se suelen encontrar lechos de cuarzo blanco, invariablemente con epidoto; estos lechos de cuarzo acompañan también a los esquistos cericíticos contiguos a la roca, siguen sus inflexiones y contienen también epidoto. En las grietas de la roca se presentan a veces formaciones accidentales de asbesto, esteatita o talco, que pueden considerarse como de formación posterior.

Estas curiosas relaciones entre los elementos constitutivos de la roca, y su estructura que la separa de los tipos comunes en las regiones andinas, inducen a creer que la roca original ha sufrido transformaciones muy extensas a causa de los procesos dinamometamórficos. El Profesor Max Bauer, de Marburg, consultado a este respecto, opina que se trata de construcciones nuevas (*Neubildungen*) producidas por las presiones enormes a que la roca ha estado sometida. El Profesor F. P. Mennell, de Rhodesia, opina también que esta roca es producto de reacciones metamórficas a gran profundidad.

Pudiera creerse, a primera vista, que la roca en cuestión es una variedad de las dacitas, tan comunes en la Cordillera Central, pero un examen atento de ella y la discusión del valor de sus caracteres nos hace creer que puede clasificarse con más acierto entre las propilitas cuarzosas que son a las andesitas, lo que las propilitas sin cuarzo a las andesitas.

En efecto, según Zirkel, los caracteres distintivos de estas piedras son los siguientes:

- 1º La masa de las propilitas es de color verde; la de las andesitas es gris ceniciento.
- 2º Por su estructura y constitución las propilitas se asemejan a los pórfidos dioríticos antiguos.
- 3º La masa fundamental de las propilitas está constituida por menudos cristales de anfíbol, en tanto que en las andesitas, el elemento anfibólico, que es generalmente la hornblenda, está en forma de grandes cristales.
- 4º El feldespato de las propilitas suele contener inclusiones de hornblenda pulverulenta, mientras que en las andesitas los cristales de plagioclasa son limpios.

5º El color del anfíbol en las propilitas es verde, en las andesitas es moreno oscuro.

6º El anfíbol de las propilitas está siempre en forma de pequeñas agujas o microlitos, lo cual no sucede en las andesitas.

7º La producción del epidoto, en escala microscópica, como derivado de la hornblenda, es común en las propilitas y nunca ocurre en las andesitas.

8º La augita y otras especies del piroxeno son elementos accesorios en las andesitas, mientras que en las propilitas rara vez se encuentran.

9º Las andesitas suelen contener en sus masas una porción apreciable de residuo vítreo, en tanto que en las propilitas nunca se presenta este elemento, lo cual constituye un rasgo de semejanza con los pórfidos dioríticos antiguos.

A más de estos caracteres diferenciales se observa que en las dacitas, sobre todo en las de los Andes, hay casi siempre una cierta cantidad de vidrio isotrópico, bien como elemento de la masa fundamental o como inclusiones en los granos de cuarzo, lo cual no se ve en las propilitas cuarzosas.

Por su aspecto, su composición y su estructura, así como por sus relaciones geológicas respecto a las areniscas cretáceas y a los esquistos arcillosos, la propilita cuarzoza de Ariari se asemeja a las rocas verdes de Crazy-Mountains en Montana Occidental, salvo que estas últimas contienen epidoto y clorita como elementos secundarios, en tanto que en la roca de Ariari el epidoto reside en los cuarzos. A nuestro juicio esta clase de rocas son típicas del Continente americano y difieren bajo muchos aspectos de las correspondientes de Hungría (Schenmitz, Nagybanya, etc.).

ESTUDIO DE ALGUNOS MINERALES AMORFOS DE LA CORDILLERA ORIENTAL

La hoya del río Magdalena divide el país en dos zonas de carácter geológico bien distinto: al oriente adquieren gran desarrollo los terrenos estratificados, principalmente los diferentes pisos del Cretáceo, y hacia el occidente se extiende, paralelamente al río, la formación eruptiva de la Cordillera Central, en la cual predominan las rocas intrusivas y volcánicas. No quiere esto decir que la Cordillera Central carezca en absoluto de formaciones sedimentarias ni que la Cordillera Oriental esté privada de rocas cristalinas; ya hemos enumerado anteriormente las diferentes formaciones del país para que haya necesidad de insistir en ello.

En lo que se refiere a las especies minerales características de estas dos zonas, hay también algunos contrastes: en la primera predominan los minerales metálicos y en la segunda las especies litoides. Los minerales de segunda formación, que casi siempre son amorfos, son más comunes en la Cordillera Oriental y ofrecen cierto interés en cuanto a su composición: vamos a enumerar algunos que nos han llamado particularmente la atención.

HALLOISITA

Este mineral se ha encontrado en las arcillas sedimentarias de la Sabana de Bogotá, cerca de Bosa, en las arcillas blancas de las inmediaciones de Tunja y en algunas otras localidades de la mesa central de Boyacá.

Caracteres físicos—Mineral amorfo, de fractura concoide, tierno, blanco opalino, translúcido en los bordes; al sumergirlo en el agua adquiere cierta transparencia.

Caracteres químicos—Calentado en el tubo cerrado desprende agua que se condensa en la parte fría del tubo; infusible al fuego del soplete; se colora en azul por la acción del nitrato de cobalto; con la soda da un esmalte que se colora en azul con el cobalto.

Atacable por los ácidos; soluble en la potasa en fusión; la masa que resulta de esta última operación es soluble en el agua y esta solución precipita con el ácido clorhídrico (sílice gelatinosa); separada la sílice, el líquido precipita por el amoníaco (presencia de la alúmina).

Composición—El análisis cuantitativo nos dio el resultado siguiente:

Sílice	45
Alúmina	40
Agua	15
	<hr/>
	100

Esta misma especie se encuentra en Guatemala, en las pizarras negras bituminosas (inferiores a las areniscas de la misma localidad) y analizada por M. Boussingault dio el siguiente resultado:

Sílice	460
Alúmina	402
Agua	138
	<hr/>
	1000

En algunas localidades se ha encontrado la halloisita fuertemente impregnada de betún; esta circunstancia, y la de encontrarse con suma frecuencia en las arcillas blancas, nos induce a creer que esta especie es típica de la formación que hemos designado con el nombre de "Piso Superior de Guaduas".

ALLOFANA

Este mineral fue hallado por primera vez en Muzo por el Señor Francisco Restrepo, Director de las Minas, en una veta que atraviesa las pizarras bituminosas, cerca de la quebrada del Desaguadero. Cuando se trajeron a Bogotá los primeros ejemplares de esta piedra, algunas personas, fundadas únicamente en el aspecto de las muestras, y acaso en estudios hechos a la ligera, llegaron a creer que el mineral en cuestión era la sodalita, y aun se hicieron publicaciones en ese sentido. *A priori* puede ser peculiar de ciertas lavas volcánicas y en general de los terrenos cristalinos, y todos sabemos que los terrenos de Muzo están muy distantes de ser de formación ígnea.

Caracteres físicos—Mineral amorfo. Densidad, 1.9. Dureza, 3. Brillo resinoso. Color celeste. Polvo blanco. Infusible.

Al fuego pierde su color sin decrepitar. Fractura concoide.

Caracteres químicos—Da agua en el tubo cerrado y esta agua tiene una ligera reacción ácida. En las pinzas de platino colora la llama en verde, pero si se humedece la muestra con ácido clorhídrico la coloración de la llama es azul. Sobre el carbón, con la soda, da un vidrio que se colora en azul con el cobalto. Sobre el carbón con el nitrato de cobalto da una frita azul. A la llama oxidante da perla de bórax azul en caliente, incolora en frío (reacción apenas perceptible). Soluble en los ácidos con depósito de sílice. La solución nítrica no precipita por el amoníaco; da un precipitado gelatinoso y un licor azul. Este licor, filtrado, precipita con el fosfato de sodio (reacción apenas perceptible). La solución nítrica, privada de la sílice por evaporación y redisolución, da la reacción del ácido fosfórico con el molibdato de amoníaco nítrico. El depósito silíceo, fundido con la soda, da un vidrio que se colora en azul con el cobalto.

Caracteres microquímicos—Observado el mineral al microscopio entre los nicols cruzados, no restablece la luz del campo. El mineral, tratado por el ácido sulfúrico y luego por la lejía de potasa, da cristales octaédricos (reacción de la alúmina). El precipitado producido por el fosfato de sodio en el licor amoniacal, está compuesto de cristales hemimorfos, del sistema rómbico, característicos del fosfato amoníaco-magnésiano.

Composición—El análisis cuantitativo, practicado sobre diferentes muestras, dio el siguiente resultado:

Sílice	29
Alúmina	33
Agua	27
Cobre	
Magnesio	1
Acido fosfórico...	
	<hr/>
	100

Algunas muestras de este mineral no son azules sino amarillas o verdosas, otras son de un color moreno rojizo; esto depende de las impurezas que el mineral contenga. La presencia del cobre en las muestras azules y verdes se explica por la circunstancia de ser muy abundante la calcopirita en los terrenos inmediatos.

VITERBITA

Nos atrevemos a proponer este nombre para un mineral procedente de Santa Rosa de Viterbo (Boyacá), muy semejante a la allofana pero que, en cuanto a su composición, difiere de una manera esencial, como veremos más adelante.

Los primeros ejemplares de esta piedra fueron traídos a Bogotá por el Dr. Jiménez López, quien creyó que fueran de fosfato de cal natural, en vir-

tud de un examen hecho a la ligera por un aficionado a esta clase de estudios. Desgraciadamente no contienen ni una partícula de cal, de suerte que su valor como abono o enmienda para los terrenos agrícolas es insignificante.

Examen físico—Las muestras se componen de dos partes: una compacta de color de chocolate y una pulverulenta blanca o ligeramente amarilla; ambas partes, al rayarlas, dan un polvo blanco, que al microscopio presenta el aspecto de fragmentos de vidrio isotropo con fractura desigual, unos incoloros, otros teñidos de rojo o de color de pulga por el óxido de hierro.

Examen químico—El mineral es soluble en el ácido nítrico en caliente, sin hacer efervescencia. La disolución deja depositar una cantidad considerable de gelatina silícea. La solución, privada de la sílice, precipita por el amoníaco y también por el molibdato de amoníaco nítrico y da una coloración azul con el ferrocianuro de potasio. Con un exceso de potasa, la solución deja precipitar la alúmina que se redissuelve y el hierro que queda en suspensión; el líquido claro no precipita por el oxalato de amoníaco. La piedra, calcinada, pierde de peso y cambia de color.

Composición—El análisis cuantitativo dio el siguiente resultado:

Sílice combinada	21.00
Anhidrido fosfórico	6.00
Alúmina	40.00
Sesquióxido de hierro	2.30
Agua	30.70
	<hr/>
	100.00

Se puede considerar la sílice como unida a la alúmina con agua de combinación y el anhidrido fosfórico como unido también a la alúmina con agua de combinación. El sesquióxido de hierro debe estar libre y ser lo que colora los granos del mineral en moreno rojizo. En ese caso el mineral podría considerarse como compuesto de ocho moléculas de allofana y una de wavelita, con sus aguas de composición respectivas. Los análisis por ciento serían:

COMPONENTES	Mineral de Santa Rosa de Viterbo	Mineral teórico compuesto de allofana y wavelita	Diferencia
Sílice combinada SiO ₂	21	20.8	0.2
Alúmina Al ₂ O ₃	40	39.8	0.2
Anhidrido fosfórico P ₂ O ₅	6	6.1	0.1
Agua de combinación H ₂ O	30.7	31	0.3
Sesquióxido de hierro Fe ₂ O ₃	2.3	2.3	
	<hr/>	<hr/>	
	100.0	100.0	

Como se ve, la hipótesis avanzada sobre la composición de esta nueva especie es bastante aceptable.

GIBSITA

Este mineral, en la variedad terrosa, se ha encontrado en las pizarras negras del Carmen de Carupa y en las inmediaciones de Muzo.

Caracteres físicos—Mineral amorfo, blanco, opaco, algunas porciones de las muestras tienen cierto brillo de cera que les da alguna semejanza con la halloisita; el mineral es tierno y se adhiere a la lengua.

Caracteres químicos—Da mucha agua en el tubo cerrado. Infusible. Se colora en azul con el cobalto. Sobre el carbón, con la soda, da una frita que se colora en azul con el cobalto. Atacable por los ácidos. Soluble en una lejía concentrada y ealiente de potasa cáustica. Esta solución no da precipitado con los ácidos. La solución ácida precipita con el amoníaco. El precipitado tratado por el ácido sulfúrico y luego por la potasa da cristales octaédricos.

Composición—El análisis cuantitativo da:

Alúmina	67
Agua combinada ..	30
Agua de imbibición ..	3
	<hr/>
	100

Las impurezas de este mineral son tan pocas que no vale la pena de tenerlas en cuenta.

APUNTES SOBRE EL SULFATO DE ALUMINA NATURAL Y OTRAS SALES SOLUBLES

Por su naturaleza geológica los terrenos colombianos son propensos a la formación del sulfato de alúmina natural o *alunógeno*, mineral de bastante interés para nosotros por sus numerosas aplicaciones industriales. En otros países, donde la industria química ha llegado a un alto grado de desarrollo, este mineral apenas serviría como materia prima para la fabricación del alumbre, pero entre nosotros, que no tenemos ácido sulfúrico barato, esta piedra está llamada a desempeñar un importante papel, gracias a las reacciones de Lucca y Poggiale.

Este mineral se forma de dos maneras: primera, en las solfataras o en los lugares donde por una circunstancia cualquiera se desprende anhídrido sulfúrico o hidrógeno sulfurado, pues estos gases, al contacto del aire húmedo, se transforman, en parte, en ácido sulfúrico que ataca las rocas aluminosas de la localidad; y segunda, por la oxidación de las piritas, lo cual da origen, no sólo al alunógeno, sino también al sulfato de hierro o melanteria; si el mineral que se oxida es la calcopirita se forman cristales de cianosa o caparrosa azul.

Esta sal se presenta en Socorro, Vélez, Valle de Jesús, Carare, Bituima, Cáqueza, Sumapaz y otras localidades en donde abundan los esquistos empécticos, en forma de gruesas costras, de textura cristalina; en la masa cristalina, de color amarillo pálido, se ven pequeñas oquedades tapizadas de cristales aciculares convergentes. En Snaíta, Gámbita y otros parajes del sur de Santander hay una for-

mación muy extensa de pizarras tiernas negras o grises con infinidad de lentejas o masas esféricas de piritita blanca, que se alteran rápidamente al aire y dan origen a eflorescencias cristalinas de alunógeno; lo curioso es que muchas de estas eflorescencias contienen también sulfato de magnesia (epsonita) en cantidad apreciable, tal vez porque la roca encajante es algo dolomítica. En el Páramo del Ruiz, Ibagué Viejo, Líbano, Saldaña, Pasto, etc., se presenta en láminas o placas compuestas de fibras cristalinas paralelas.

El mineral procedente del río Saldaña fue analizado por M. Boussingault, quien obtuvo el siguiente resultado:

Acido sulfúrico .	1.82
Alúmina	2.33
Agua	0.80
Oxido de hierro .	0.02
Cal	0.01
Arcilla	0.02
	<hr/>
	5.00

El mismo autor examinó también el alunógeno procedente del volcán de Pasto, y obtuvo:

Acido sulfúrico	35.68
Alúmina	14.98
Agua	49.34
	<hr/>
	100.00

En la región de Sumapaz forma grandes masas de color amarillo verdoso, y su composición es:

Sulfato de alúmina	50
Sulfato de hierro	1
Agua	48
Materias extrañas	1
	<hr/>
	100

El mineral del Líbano, compuesto de fibras paralelas muy blancas, tiene la siguiente composición:

Sulfato de alúmina	51
Agua	49
Oxido de hierro, señales	
	<hr/>
	100

El mineral de Cáuzeza se presenta en costras formadas de fibras entrelazadas y su composición es:

Sulfato de alúmina	51.50
Agua	48.50
	<hr/>
	100.00

La *epsonita* o sulfato de magnesia natural es otra sal de alguna importancia por sus aplicaciones industriales (reacciones de Luna y Clemm); se encuentra en terrenos semejantes a los ya enumerados, principalmente en Une, Fusagasugá y el sur de Santander, donde forma masas aciculares de las más caprichosas figuras. A simple vista no se distinguen los cristales que constituyen la masa, pero con ayuda del microscopio se pueden determinar fácilmente. Estas masas provienen de la evaporación de unas aguas casi saturadas que brotan de las rocas de la región.

La *mirabilita* o sulfato de sodio se encuentra también en eflorescencias, resultado de la evaporación de aguas termales; las aguas de la hacienda de "El Salitre" en Paipa, Boyacá, tienen una temperatura de 56° a 73°, y según el análisis de M. Boussingault, tienen la composición siguiente:

Agua	0.9530
Sulfato de sodio	0.0329
Cloruro de sodio	0.0133
Bicarbonato de sodio	0.0007
Carbonato de calcio	0.0001
	<hr/>
	1.0000

* * *

LAS AMATISTAS EN LAS ROCAS COLOMBIANAS

Sucede con frecuencia que los buscadores de minas designan con el nombre de *amatista* a toda piedra de color violado, sin detenerse a considerar si tiene o no los caracteres que se exigen a estos minerales en el comercio de las piedras preciosas; de estas observaciones sin fundamento resultan, casi siempre, dolorosos descargos, máxime si se tiene en cuenta que las verdaderas amatistas han adquirido últimamente precios halagüeños debido a la influencia que el arte nuevo ha ejercido sobre las modas actuales. Las amatistas son de dos clases: *orientales* y *occidentales*. Las amatistas orientales no son otra cosa sino cristales de corindón coloreados de violeta, del mismo modo que el rubí oriental es el corindón rojo, el topacio oriental es el corindón amarillo, la esmeralda oriental es el corindón verde y el zafiro oriental es el corindón azul; en general, el término *oriental* sirve para designar que estas piedras son corindones. Las amatistas orientales alcanzaban buenos precios en la joyería, precios que dependen de la pureza de los cristales y de la intensidad del color.

De esta clase de piedras no hemos visto sino las procedentes de las arenas del río Mayo. Son cristales rodados, pero a pesar del pulimento debido al transporte, se puede fácilmente reconocer su forma original, que unas veces es una asociación de cristales prismáticos que afecta la forma de una pirámide hexagonal con las caras ligeramente cóncavas y otras veces toma el aspecto de un barrilete. Estos cristales son por lo general muy pálidos, de suerte que su valor es poco a pesar de la pureza de las aguas.

En algunas otras localidades del país, como en Ocaña y en la Sierra Nevada de Santa Marta, se encuentran también corindones, pero no cristalizados ni de color uniforme, sino de la especie designada con el nombre de *corindón laminar* o *en roca*, que no es otra cosa sino el resultado de las acciones pneumatolíticas sobre los silicatos aluminosos.

Las amatistas occidentales son cristales de cuarzo teñidos por el óxido de manganeso. Se encuentran en la serranía entre Ataco y Natagaima, en las inmediaciones de Frías, en el Cerro de los Cristales cerca de Cali, y en la cordillera de Pamplona

en Santander, pero también de colores muy pálidos e impropios para la joyería. Últimamente se han encontrado algunos ejemplares de color violado intenso en la vertiente oriental de la cordillera al descender al Caquetá.

En la Mesa de los Santos se han encontrado algunos cristales de color subido pero muy opacos, semejantes a los cuarzos rojos (jacintos de Compostela) de la misma localidad. Estos jacintos de Compostela existen también en el Valle de Jesús: son unos cristales de cuarzo, rojos, opacos, de dos o tres milímetros de longitud y de formas cristalinas perfectas (prisma hexagonal terminado en pirámide en ambas extremidades o bien doble pirámide hexagonal). Una feliz casualidad nos dio a conocer la roca de donde provenían: es una roca, probablemente intrusiva, formada por una multitud de cristales perfectos cementados por una masa feldespática homogénea: es decir, lo inverso de la pegmatita, pues en ésta el cuarzo envuelve al feldespato, en tanto que en nuestra roca es el feldespato el que envuelve a los cristales de cuarzo.

Un poco al sur de la población de Bolívar, en el sur de Santander, y en medio de un banco de arcilla, se encuentran unos guijarros de color violado intenso y de magnífico brillo; estos guijarros, llevados allí por las aguas superficiales, son cristales de fluorina y han sido también tomados por amatistas.

Es preciso que los mineros estén alerta contra estas engañosas apariencias; a nuestro juicio, la única localidad, de las conocidas, en donde vale la pena de hacer exploraciones en busca de las piedras llamadas orientales, es la hoya del río Mayo y sus afluentes.

* * *

LA MICA Y SUS INCLUSIONES

Aparte de las pequeñas partículas de mica que se encuentran como elementos constitutivos de las rocas, suele presentarse este mineral, en algunas localidades colombianas, en forma de grandes láminas que a veces llegan a tener valor comercial. Desgraciadamente las inclusiones cristalinas y otras impurezas disminuyen notablemente el valor de tales láminas. Para información de los coleccionistas y de los que buscan este mineral con propósitos comerciales, vamos a indicar las principales localidades en donde se hallan las distintas especies.

Muscovita—En los estribos septentrionales de la cordillera de Pamplona, que va a morir en Cucutilla, Arboledas y Bochalema, y en los orientales de la mesa arrugada de Ocaña, se caracteriza una roca granítica de grandes elementos, que forma la parte superior de la formación. Esta roca está compuesta de grandes bloques de feldespato ortosa, con venas irregulares de cuarzo violado pálido y láminas de muscovita de gran tamaño; en algunos sitios la estructura es francamente pegmatítica pero siempre se presenta la mica en láminas incluidas en la roca.

En la región de Ocaña la muscovita es de un color ligeramente ahumado uniforme y con muy pocas inclusiones, pero en la región de Pamplona son muy abundantes los minerales incluidos, que pueden clasificarse en tres grupos:

- 1º Cristales perfectos de granate almadino o rosado pálido, turmalina verde, siderocromo y magnetita; todos estos minerales de tamaño considerable.
 - 2º Manchas rojas, formadas por delgadísimas placas o escamas de oligisto, ordinariamente de forma rómbica, pero que a veces se agrupan en formas hexagonales.
 - 3º Arborescencias de figuras caprichosas, como musgo, pinceles, plumas, etc., compuestas de una materia pulverulenta, probablemente de óxido de manganeso.
 - 4º Irisaciones de óxidos metálicos.
- Hacia el páramo de Tamá las láminas de mica se encuentran onduladas, dobladas o agrupadas en forma de abanico, indicio de la intensidad del metamorfismo dinámico en esas regiones.

La muscovita testácea, que se compone de casquetes hemisféricos, se encuentra en las rocas metamórficas de la base del Nevado del Ruiz en una y otra vertiente. En la región de Ipiales, en granitos o pegmatitas semejantes a los de Santander, se ven láminas muy limpias pero de muy pequeñas dimensiones.

Biotita—Esta mica, de un color negro magnífico, se desarrolla en placas de alguna extensión en el gneiss que cubre los terrenos cristalinos de Santander; sus inclusiones son principalmente de turmalina negra en agrupaciones cristalinas radiadas.

Lepidolita—Este mineral, de color rosado o violeta pálido, se encuentra en pequeñas láminas hexagonales, sin inclusiones, en el Páramo de Mutiscua.

Flogopita y Lepidomelana—Estos dos minerales se encuentran en pequeñas escamas diseminadas en las rocas de las localidades mencionadas. A la flogopita deben referirse las menudas láminas doradas que se encuentran en algunas arcillas de los terrenos sedimentarios de Cundinamarca y Boyacá.

Fuchisita—Se ha encontrado, aunque es rara, en forma de escamas rómbicas de un bello color verde, en las pizarras de Muzo.

* * *

NOTA SOBRE LAS TEKTITAS DE COLOMBIA

Son las tektitas unos guijarros vítreos, de color verde oscuro o gris, de forma esférica o alargada y cuya superficie, en vez de ser lisa como en la generalidad de los cantos rodados, es rugosa, con surcos dirigidos en un mismo sentido, o con cavidades hemisféricas poco pronunciadas. Su composición es más o menos la de las obsidianas y otros vídrios volcánicos: un silicato de aluminio con algunas impurezas (sílice del 75% al 77%, alúmina



del 14% al 12% y pequeñas cantidades de potasa, soda, cal, magnesia, hierro, manganeso, etc.).

Se han encontrado en las más variadas localidades y casi siempre en regiones muy distantes de los volcanes. En Moravia y en Bohemia se encuentran en conglomerados terciarios y cuaternarios con guijarros de cuarzo; en Australia, sobre la superficie del terreno, también con fragmentos rodados de cuarzo y en los Estados Unidos y México en aluviones recientes.

Estas piedras han recibido distintos nombres, según las localidades de donde proceden: *moldavitas*, *billitonitas*, *australitas*, *obsidianitas*, etc. Preferimos para designarlas el nombre genérico propuesto por Suess, de *tektitas*, en vez de complicar más la nomenclatura con un nombre derivado de las localidades colombianas.

El primero en describir algunos specimens de Colombia fue el Profesor George P. Merrill, del Museo Nacional de los Estados Unidos. Las muestras examinadas por él, habían sido encontradas por el señor B. S. Hobbs en las inmediaciones de Cali; son próximamente esféricas y presentan en un lado una superficie sensiblemente plana, como si por ese sitio hubieran estado adheridas a una masa mineral; presentan en su superficie tres clases de irregularidades: 1º unas cavidades como de fractura concoide, cuyos ángulos hubieran sido redondeados por el acarreo; 2º unas cavidades profundas, distribuidas uniformemente en la superficie, excepto en la parte plana ya mencionada, y 3º unos surcos estrechos que existen también en la parte plana; el color es negro a la luz reflejada y moreno ahumado a la luz transmitida; uno de estos guijarros pesa 12 gramos y mide 20 mm. en su mayor dimensión; el otro pesa 30 gramos y mide 30 mm.; al microscopio tienen la apariencia de un vidrio isótropo con algunas quebraduras que los atraviesan en todas direcciones.

Hemos tenido ocasión de examinar algunos ejemplares que, según se dice, proceden del sur del Tolima, y algunos de ellos de un tamaño mayor que los examinados por M. Merrill. La forma de todos ellos es la de un elipsoide alargado; la superficie, en unos está llena de cavidades hemisféricas, cuyos bordes están bastante redondeados; en otros es arrugada con surcos paralelos, de tal suerte que la piedra presenta el aspecto de una semilla seca de haba tonka, y en todas hay unas cavidades más profundas, generalmente en forma de media luna; el color es negro intenso pero a la luz transmitida es gris ahumado con cierto tinte violáceo; el vidrio parece muy uniforme, sin cavidades ni imperfecciones.

Tenemos a la vista dos ejemplares típicos, cuya localidad precisa ignoramos, pero que muy probablemente proceden del Valle del Cauca. Uno de estos ejemplares pesa 14 gramos, es de forma de un elipsoide ligeramente alargado, de color negro intenso a la luz reflejada y de un color ligeramente

ahumado, con cierto tinte violáceo, a la luz transmitida. Su superficie presenta tres clases de irregularidades: 1º Unas cavidades hemisféricas poco profundas pero muy numerosas, que cuando están muy próximas unas a otras dan un dibujo poligonal; 2º Unas cavidades un poco más profundas en forma de elipses muy alargadas, y 3º Unas cavidades mucho más profundas en forma de media luna.

El otro ejemplar pesa 12 gramos, es un poco fusiforme, de color negro intenso y a la luz transmitida presenta el tinte violáceo un poco más pronunciado. Su superficie presenta las siguientes irregularidades: 1º Unas superficies relativamente extensas, como de fractura concoide, pero no lisas sino rugosas a causa de unas cavidades muy pequeñas y de numerosas rayas paralelas; 2º Unas cavidades hemisféricas como en el ejemplar anterior; 3º Unas cavidades ovoides como en el ejemplar anterior; 4º Unas cavidades profundas, en forma de arco, como en el ejemplar anterior; 5º Unas pocas cavidades grandes, profundas, hemisféricas muy rugosas en su interior y 6º Un foramen de un centímetro de profundidad y de un diámetro próximamente de un milímetro, y otro foramen semejante, de más de un centímetro, muy próximo a la superficie y paralelo a ella, que está desgastado en parte, de suerte que más bien parece una honda ranura. El interior no es uniforme: presenta unas grietas como perlíticas y una que otra burbuja.

A juzgar por su aspecto y por sus propiedades físicas, la obsidiana que constituye estas tektitas es la misma de la de los espejos de los Incas, que se han encontrado en el Valle del Cauca y que probablemente proceden de los volcanes del Sur. En lo que respecta al yacimiento de estas piedras sólo se tienen noticias de la localidad cerca de Cali; allí se han encontrado algunas muy pequeñas, de dos a tres gramos de peso, incluidas en una especie de tuf volcánico compuesto de finísimas arenas de sanidina y polvos de vidrio volcánico.

En cuanto al origen de estas piedras hay una gran variedad de opiniones: algunos creen que son bombas volcánicas cuyas burbujas han sido rotas y desgastadas por el transporte; otros suponen que son simples fragmentos de obsidiana acarreados por las aguas; otros les atribuyen un origen extraterrestre, y por último, hay quienes afirman que son fragmentos de escorias artificiales. M. Merrill cree, con bastante fundamento, que las ranuras e irregularidades de la superficie se deben a la acción de líquidos o gases corrosivos.

A nuestro juicio, el origen volcánico de estas piedras está fuera de toda duda; la cuestión de las irregularidades y ranuras no podrá dilucidarse de una manera definitiva sino en vista de un mayor número de ejemplares de distinta procedencia. Por hoy parece lo más probable que esas cavidades provengan de burbujas superficiales destruidas por el acarreo.

* * *

COMPOSICION DE LOS METEORITOS DE BOYACA

Con motivo de la mutilación del célebre meteorito de Santa Rosa, que se hizo con el objeto de obsequiar a M. Ward gran parte de aquella masa metálica, tuvimos ocasión de analizar algunos fragmentos, estudio que completamos más tarde con el examen del meteorito de Rasgatá, que existe en el Museo Nacional.

A principios del siglo pasado hizo M. Boussingault el análisis de estas masas de hierro meteórico y obtuvo los resultados siguientes:

Meteorito de Santa Rosa	
Hierro	91.23
Níquel	8.21
Residuo	0.28
	<hr/>
	99.72

Densidad 7.3.

Meteorito de Rasgatá	
Hierro	90.76
Níquel	7.87
	<hr/>
	98.63

Densidad 7.6.

Los análisis que practicamos por procedimientos un poco distintos de los descritos por M. Boussingault dieron los resultados siguientes:

Meteorito de Santa Rosa	
Hierro	930
Níquel	60
Cobalto	7
Carbono	2
Fósforo	1
Azufre	1
Cromo	1
	<hr/>
	1000

Densidad 7.70.

Una lámina pulida fue tratada con ácido nítrico dilatado con alcohol para observar las figuras de corrosión (figuras de Widmannstätten) y de este examen resultó que la masa era de estructura finamente granular con figuras octaédricas, del tipo del meteorito de Zacatecas.

Meteorito de Rasgatá	
Hierro	928
Níquel	63
Cobalto	5
Carbono	1
Fósforo	2
Azufre	1
	<hr/>
	1000

Densidad 7.65.

En este meteorito la estructura es más compacta que en el anterior, y las figuras de corrosión están compuestas de rayas en zig-zag. El carbón parece presentarse en partículas grafitoides, el fósforo en

forma de schreibersita y el azufre en forma de troilita.

En Tocavita se han encontrado varias masas pequeñas de hierro meteórico; el análisis de un fragmento de unos pocos gramos dio:

Hierro	898
Níquel	94
Cobalto	4
Carbono	1
Fósforo	2
Azufre	1
	<hr/>
	1000

Densidad 7.8.

La estructura de este hierro meteórico es octaédrica y finamente laminar.

* * *

LA LEYENDA DE LOS DIAMANTES

En el "Estudio sobre las minas de oro y plata de Colombia", por el Dr. Vicente Restrepo, puede leerse lo siguiente:

«Hay tradición de que los Padres Jesuitas explotaron una mina de diamantes en Tena. Las noticias que hemos podido allegar referentes a esta mina son las siguientes:

«1º Dos apartes de cartas que copiamos en seguida:

«El 12 de mayo encontró nuestro R. P. Máximo Rivero, en la explotación que hizo por las Peñas blancas de Tena para la apertura de un camino entre esa nuestra hacienda y nuestros Apartaderos de Viotá, un eriadero de diamantes de las mismas calidades, brillo y fineza de los que se encuentran en el Brasil... El P. Rivero recogió veintidós piedras, que pulidas y pesadas han dado 1532 quilates, llamando la atención uno negro, de brillo y cambiantes magníficos, que es el que enviamos a V. P. para la Iglesia de nuestra Compañía en esa santa ciudad—Mayo de 1709».

«Los trabajos de las minas descubiertas por el P. Rivero han continuado sin interrupción. Nuestra magnífica custodia del templo de la Compañía tiene ciento dos diamantes, pulimentados por el maestro Ignacio Quintero, y a Tunja y Popayán se han hecho regalos por más de doscientas piezas de magnífico tamaño. El R. P. Santiago ha dirigido los trabajos del puente de fierro, y se está haciendo una nueva explotación por los contornos de los Apartaderos—7 de Junio de 1715 o 1723».

«2º Un expediente que existía en el Archivo nacional, marcado con el número 363, que dice: *Temporalidades*—Ocultación de los trabajos y eriaderos de una mina de diamantes en tierras de Tena; de la extinguida Compañía—Ciudad de Tocavita—1769».

«3º Varias declaraciones, tomadas por orden de la Real Audiencia, posteriormente en la expulsión de los Padres Jesuitas, a personas que habían tenido a su servicio en sus haciendas de San Antonio y Ciénaga.

DIALOGO DE LA HEDIMAQUIA

DARIO ROZO M.

Jefe del Centro de Investigaciones Geodésicas y Geofísicas
del Instituto Geográfico Militar y Catastral

INTERLOCUTORES: ARNALDO CAINICE—SILVERIO RUIPONCE—AGAPITO SANCHEZ—RENATO NABORIA

«Todos los testigos declaran que saben que los RR. PP. Jesuitas descubrieron y elaboraron unas minas de diamantes en las Peñas blancas de Ciénaga; pero no conocieron las minas porque el laboreo lo hacían los Padres por mano de los hermanos del noviciado.

«Consta que el herrero Pedro Ortiz, que fue el que construyó el aparato de hierro para la extracción de las madres de diamantes, murió antes de dar su declaración y asistir a una vista ocular para la cual se le había citado».

Con estas noticias y otras semejantes que bien pronto se desentrañaron de los Archivos de Indias, se dieron muchas gentes a la tarea de buscar la famosa mina de diamantes de los Padres Jesuitas; se exploró el terreno en todos sentidos y en un radio inmenso; se gastaron ingentes sumas y se dio al fin con los estribos y algunas piezas del mentado puente de hierro construido por el R. P. Santiago. Pero de diamantes, ni la más pequeña partícula.

Los terrenos de Tena, en muchas leguas a la redonda, pertenecen al piso de Villeta y se componen en lo general de pizarras y calcáreas negras; en las cañadas se han formado aluviones que contienen guijarros rodados en las tierras altas. Muchos de esos aluviones fueron lavados cuidadosamente y las arenas se trajeron a Bogotá para su examen; el experto minero señor Pereira Gamba las examinó y encontró en ellas solamente cuarzos rodados y algunos zircones. Tuvimos ocasión de ver estos zircones: eran prismas muy nítidos terminados en pirámides, pero como en algunos de esos prismas se desarrollaban dos caras opuestas más que las otras dos, las caras de las pirámides no concurrían en un mismo punto sino que la extremidad del cristal tomaba la apariencia de un domo, lo cual hizo pensar a algunos que se trataba de otro mineral, del sistema trimétrico. Estos cristales eran pequeñísimos, incoloros, muy limpios y solamente unos pocos ejemplares presentaban hacia las extremidades un ligero tinte rosado, que se desvanecía hacia el centro.

Más tarde esas mismas arenas fueron examinadas por el Prof. Stille, por el Prof. Scheibe y por otros mineralogistas, cuyas opiniones estuvieron acordes con la de Pereira Gamba.

El hallazgo de los zircones, lejos de desalentar a los buscadores de minas, les hizo redoblar sus esfuerzos, porque tomaban la presencia de tales piedras como un indicio seguro de la existencia de los diamantes, fundados en que los zircones los acompañan con frecuencia en los yacimientos del Brasil y del Africa Austral.

Algunos exploradores encontraron por el lado de Canoas, en un terreno de acarreo que reposa sobre las areniscas, unas grandes cavidades en forma de embudo, y como hubieran oído hablar de los *claims* diamantíferos del Africa, dieron por hecho que estaban en posesión de la codiciada mina; lavaron sus arenas y las trajeron a Bogotá para su estudio; se componían únicamente de granos de cuarzo con el aspecto y el brillo de la goma y los inevitables zircones.

En varias ocasiones hemos lavado arenas de la serranía de Subia, arcillas de Soacha, de Tunjuelo y de Sibacé, y en todas esas tierras hemos encontrado un cierto número de pequeños cristales de zircón. El hecho, por otra parte, no es nuevo. En 1895 escribía el Prof. L. Bombicci en su *Minerología Descriptiva* "I terreni alluviali di S. Fe di Bogotá, forniscono ai cercatori di gemme i bellissimi zirconi che si facciano allorquando son limpidi e di bella e vivace colorazione".

Casualmente pudimos examinar la antigua custodia de la Catedral de esta ciudad, que, según se dice, tiene algunos diamantes procedentes de la mina de los RR. PP. Jesuitas; a nuestro juicio, las piedras que están engastadas en esa custodia, en medio de esmeraldas y amatistas magníficas, no son otra cosa sino zircones incoloros, en verdad de aguas muy puras y de bastante brillo.

Todas las circunstancias apuntadas y la de no haberse encontrado en todo Cundinamarca la formación eruptiva que da origen al *blue ground* y otros barros diamantíferos, nos hace inferir que lo que explotaban los Padres Jesuitas en Tena, era zircones, que cuando son limpios, incoloros y de regular brillo, se pueden confundir con los diamantes.

(En las notas finales de la presente entrega se hace un comentario al anterior trabajo).

Suelen algunos amigos reunirse en casa de Arnaldo Cainice, no para departir sobre cosas de poco momento, pues son personas a quienes inclina el ánimo lo sustancial de los asuntos que atañen al entendimiento, gusto poco común en los tiempos presentes, porque hoy se quiere ir de prisa en todo, sin hacer excepción de las lucubraciones intelectuales que han requerido y siempre requerirán, mucho espacio en el tiempo.

En cierta noche estaban allí cuatro personas, que son los interlocutores de este diálogo.

Silverio Ruiponce comenzó diciendo:

—Tú, querido Cainice, siempre estás preocupado por lo que viene de fuera; parece que te fastidia la idea de que no hayamos hecho nosotros mismos todas las ciencias. Eso no es posible, porque cada terreno produce lo que está capacitado para producir. No es prudente sembrar vides al lado del frailejón.

—Tu comparación no es exacta, repuso Arnaldo. En cuanto a las simientes vegetales tienes razón, pero si se trata de las cosechas del intelecto hay que notar que el terreno en que ellas se producen es el de la humana inteligencia y ésta se capacita por el estudio y la meditación y sobre todo por el aporte de todos los pensadores que hay en el mundo y especialmente por los que hubo. La Ciencia no es obra de un solo hombre, ni siquiera de una generación; es el conjunto de lo que han hecho millares de generaciones; cada una recibe el legado científico de la anterior, lo perfecciona y lo entrega a la venidera. Es insensato decir que hay que demoler la Ciencia para hacerla nueva: esto no es posible. La humanidad no se cuenta por individuos, que aparecen para luego fenecer; es como una inteligencia única que se prolonga en el tiempo; los individuos son meros accidentes. La Ciencia perdura y adelanta a través de los cerebros de todos los tiempos.

Silverio repuso así:

—No puede negarse lo que dices en cuanto al aporte científico de los antecesores; pero yo opino que la ilustración no modifica el entendimiento en cuanto a originalidad; hay naciones aptas para las ciencias, como la griega; otras que no pasan de cierto límite como la china; otras que no dan de sí nada, como nosotros. No quiero decir que no tengamos uno que otro intelecto, pero ninguno ha sido tan robusto que asombre y figure en el mundo. Las cosas son así y no podemos modificarlas.

Y dijo Arnaldo:

—Los científicos se forman por el cultivo: nosotros procedemos de muchas y diversas razas, debemos tener hombres aptos, por consiguiente. Lo que acontece es que no hallan medio favorable. Uno de los inconvenientes es la falta de centros de investigación, y otro, principalmente, la obligación de atender a las necesidades de la vida diaria.

Entonces Renato Naboria opinó de este modo:

—Yo me atreví a intervenir diciendo que todo lo nuestro nunca podrá igualar a lo que se produce en el mundo viejo. Que estamos sometidos a recibir y nunca poder dar. No sé en qué consiste esto, pero es evidente. Llevamos más de cuatro siglos de civilización importada y todavía necesitamos traer de fuera técnicos para todo.

Arnaldo le interrumpió:

—Eso que dices, estimado Naboria, comprueba lo que yo afirmo: que tenemos elementos para contribuir al adelanto del mundo. Fatalmente nos arroja lo que algunos psicólogos llamarían "complejo de inferioridad". Pero ese complejo tiene su asiento dentro de nuestro propio concepto: es falta de conocernos a nosotros mismos, es miedo de pensar.

—Miedo de pensar... Repitió Ruiponce. Acaso pensar no es una cosa natural! Pensar cosas que otros no han pensado, no es un acto de la voluntad. Es algo que no procede del capricho. A no ser que de intento se vayan a producir esperpentos y ridiculeces para admirar a los que quieren aparentar que captan todas las modalidades del pensamiento.

Entonces Agapito Sánchez, que parecía dormitar, se incorporó un poco para acomodarse mejor en el sillón, y dijo sonriendo:

—A qué viene tanto escudriñar sobre si sabemos o no sabemos, sobre si puede haber miedo en el pensar o no. Dejemos que todo ruéde y tomemos las cosas como se presentan. La Ciencia sólo vale por los bienes que produce, por las comodidades que nos proporciona. La esencia de la electricidad no se conoce y ninguna falta ha hecho el conocerla; lo verdaderamente acertado es tener esta luz que nos alumbra, poder enviar un mensaje al Cairo en este momento, o calentar nuestra habitación con solo oprimir un botón. Ésa es la verdadera ciencia, la que conviene al mundo. Querer escudriñar el por qué de todo es además de inoficioso una pretensión infundada, que sólo sirve para dar pábulo al orgullo satánico que es la característica del hombre.