

A
558.8612
084
4.2

RESEÑA GEOLOGICA

DE

ANTIOQUIA

Dr. TULIO OSPINA

CAPITULOS

Pgs.

Prólogo.—Dr. Alejandro López.....	3
Preliminar	11
Era arcaica	15
Era paleozoica	19
Era mesozoica	27
Era cenozoica	45

APENDICES

I.—Clasificación de los depósitos con aplicaciones especiales a Colombia.....	71
II.—Zonas agrícolas de Colombia con relación a las formaciones geológicas...	90
III.—Clasificación de rocas.....	99

SEGUNDA EDICION

-- 1 9 3 9 --

TIP. SANSON - MEDELLIN

CIENTÍFICOS DE ANTIOQUIA

JOSE RESTREPO URIBE
BIBLIOTECA

La Asociación Colombiana de Mineros

es una institución de fomento cuyo objeto principal es trabajar por la solidaridad e intereses del gremio minero y a tal fin busca apoyar, favorecer y facilitar las actividades de cada uno de sus asociados, procurando el mayor incremento y progreso de la industria en general.

"LA RESEÑA GEOLOGICA DE ANTIOQUIA"

puede usted conseguirla en la

"Asociación Colombiana de Mineros"

en nuestras oficinas de Medellín o Bogotá

P 740 ¹⁰

RECEIVED 47-01 TEL. 31 11 24

Canas
RESEÑA GEOLOGICA

Clemente López
DE

ANTIOQUIA

Dr. TULIO OSPINA

La presente "RESEÑA" fue complementada con notas inéditas del autor y editada bajo la dirección de la Asociación Colombiana de Mineros

*Reservados los derechos del
autor, conforme a la ley.*

FUNDACION ANTIOQUEÑA PARA LOS ESTUDIOS SOCIALES
FAES
UNIDAD DE INFORMACION "LUIS OSPINA VASQUEZ"

CIENTÍFICOS DE ANTIOQUIA

L
551
083
4
1939.

P R O L O G O

Práctica corriente ha sido siempre el que el Profesor, tras de transfundirle su espíritu y su saber al discípulo, le siga alentando en la vida del porvenir y presentándolo a los diversos públicos que tienen que ver algo con las energías ignotas del estudiante. En el presente caso, cualquier extraño al ver la firma que va al pie de estas líneas creería que el desconocido es algún viejo profesor del señor Ospina, que viene a servirle de introductor, y no hay tal. Es todo lo contrario. El introductor de esta embajada es un pobre discípulo del señor Ospina, quien no tiene más gracia que el ser una de las pocas excepciones en aquello de que el discípulo es siempre desagradecido, y, en nuestro País, esquivo en reconocer el mérito de quienes cincelan las almas en los Colegios y muestran a los novicios los derroteros de la ciencia, o al menos del trabajo ceintífico.

Ni anda el señor Ospina tan escaso de discípulos que de hecho ocupase yo el primer pue-

to, por aquello de que "en casa del ciego el tuerto es rey". Este puesto lo ocupo a hurtadillas de centenares de discípulos del señor Ospina—baste decir que en 25 años ha sido él el único Profesor de Geología en Antioquia—debido al singular empeño que he tomado en que don Tulio vaciase en letras de molde sus observaciones propias sobre la Geología colombiana, temeroso de que al morir él—aunque es relativamente joven—no hubiese quién recogiera con honra y airoso la cátedra, y de que se perdiese aquella paciente labor de quien, al recorrer el territorio patrio, ya en correrías profesionales, ya en aventuras militares, iba llenando el alforjón de apuntes, datos, dibujos de cortes geológicos y muchas de esas cosas que nadie recoge mientras va a horcajadas en una mula por nuestros andurriales, como piedras, de esas que la gente mira recoger con tamaños ojos abiertos, no siendo ricas en oro o cosa que lo valga; pues esto de preferir llenar la alforja de traquitas, granitos y sedicentes calcáreos en lugar de apersearse de buen "regatón" o de bucólica, sólo es dado verlo en Quijotes científicos, entre los cuales tendría que figurar el señor Ospina, de los primeros.

Si se da una mirada de conjunto a los hombres de ciencia de nuestro País, se verá cuán es-

casos son los que se dedican a las ciencias naturales, entre los pocos que al saber rinden culto. El común de nuestras inteligencias está más cercano de otros que de ese estudio. Verdad es que entre colombianos existe poca afición a la ciencia; los pocos que se dedican a ella lo hacen por buscarse un trabajo honroso al par que satisfacen algún anhelo intelectual; y en todo caso, prima la búsqueda del pan nuestro, de tal manera que el culto de todo aquello que no es directamente útil es escaso.

Por eso entre nosotros sólo descuellan en esa clase de estudios el doctor Andrés Posada Arango, naturalista, especialmente botánico, y don Tulio Ospina, geólogo.

Me parece entrever, además, una circunstancia que influye, a más de la finalidad, y es la calidad de las inteligencias. Háme parecido notar, en la brega del profesorado, que nuestros estudiantes, entre el estudio de las matemáticas y el de las ciencias naturales, se inclinan naturalmente a las exactas, como que son más demostrables y llevan una evidencia más plena al espíritu, que se acostumbra a no tener por cierto y digno de brega sino aquello que se le presenta con la claridad matemática; lo que constituye, a mi modo de ver, un vicio grave en la educación, que

influye de modo pernicioso en la vida ordinaria, pues se habitúan a exigirle a la vida misma esa evidencia y esa exactitud. El criterio matemático, en moderada dosis, es buena brújula que da por toda la vida seguridad en el andar; pero no es instrumento exclusivo. Es preciso educar la inteligencia en el estudio de la Naturaleza, de sus funciones, de sus leyes, en la observación de sus modalidades; hay que adaptarla y enseñarla a la inducción para que el espíritu pueda remontarse de la simple observación a la formación de un cuerpo de doctrina; del mero indicio al hecho o fenómeno comprobados.

Esta educación especial necesita en grado sumo el geólogo; siendo esta una ciencia de inducción, que no ha salido aún del período de la hipótesis más o menos comprobada, necesita su cultivo inteligencias especiales, sagaces en la observación, prudentes de imaginación y audaces en la concepción. Otra condición necesita en alto grado quien se echa a volar por esas regiones—considero tierra firme en lo especulativo el campo de lo evidente y demostrable rigurosamente—y es la sindéresis, el espíritu capaz de formar conjuntos ¿qué digo capaz? naturalmente inclinado a la síntesis. Verdad es, por supuesto, que jamás hubo inteligencia medianamente distingui-

da que no tuviese siquiera un poco de espíritu sintético, puesto que quien se enreda en el simple análisis jamás podrá remontarse a las alturas en donde se pierde el detalle y predomina el conjunto; pero es claro que unas ciencias lo han menester más que las otras, y que el geólogo jamás podrá serlo verdaderamente mientras no sea inclinado de suyo a emplear alternativamente el análisis y la síntesis.

Pues si no ando equivocado, el señor Ospina nació bien dotado de dichas facultades, que ha sabido afinar y acrecentar en el curso de su vida. Lea el lector curioso y ávido de estas cosas—no me dirijo al simplemente lector de todo—y verá que la labor del señor Ospina es grande y bastante original, es decir, sin precedentes que le sirviesen para ir seguro de no errar; al contrario, los extranjeros que han recorrido nuestro suelo en busca de datos geológicos, probablemente por no dedicar tiempo suficiente, nos han dejado algunos errores.

Hija de ese alto espíritu sintético que he señalado, es la teoría que lanza en la obra que prologo, al clasificar en el jura-triásico nuestros terrenos occidentales desde el Ecuador hasta el Golfo del Darién y siguiendo luego el Istmo de Panamá, constituyendo el fenómeno ígneo más

grandioso del globo, cuando algunos viajeros extranjeros los habían clasificado en el cretáceo; concepción un tanto atrevida y que de merecer la aprobación de los hombres de ciencia pondría al señor Ospina a grande altura. Me viene pareciendo que esa teoría ha de haber ocupado bastante espacio en los estudios del señor Ospina, bien sea en trabajos de observación, anotando y comprobando hechos, ya en el estudio de autores extranjeros, para poder relacionar los fenómenos observados en estos terrenos nuestros, borrosos y confusos por su gran metamorfismo para la investigación de la edad, con los que se observan en otros países al Norte y al Sur de Colombia. No seré yo ciertamente quien en mi ignorancia pregone el triunfo del compatriota; pero si he de llamar la atención del público especialista para que estudie y compruebe tal teoría.

Otra merece también señalarse y es la explicación que se da relativa a la formación de nuestros aluviones, por un proceso que parece muy cercano a la realidad, ya que no es dado al hombre saber de modo seguro y comprobado lo que pasó en épocas prehistóricas.

Finalmente, el señor Ospina contradice la aserción generalmente admitida de que los granitos sean el material más cercano al interior de

la tierra, valiéndose de la observación de que la platina se encuentra siempre en depósitos aluvionales provenientes de las rocas trapeanas. Las rocas del grupo granítico tienen menor densidad que las trapeanas; y como la densidad media del globo es 5.5, y la de su centro por lo menos el doble, es claro, dice don Tulio, que las rocas del grupo trapeano son más céntricas que las del granítico, contrariamente a la creencia más admitida.

Por insinuación mía ha preparado también el mismo autor tres apéndices relacionados con tópicos geológicos, y que tienden a darle algún interés para mayor número de lectores al librito que hoy sale a luz; obligado tributo que la ciencia rinde a la eterna cuestión del dinero. Sin embargo, el lector experto en esta clase de estudios puede prescindir de la lectura de estos apéndices, en favor de la multitud de personas que en nuestro País están deseosas de trabajos de vulgarización como estos, en que la precisión y la verdad científica nada pierden con la claridad y la sencillez de expresión que los hacen fácilmente en-

tendibles y asimilables del común de los lectores.

Medellin, agosto de 1911.

ALEJANDRO LOPEZ
Ingeniero Civil y de Minas.



P R E L I M I N A R

Aunque el escribir sobre la Geología de un país sin que preceda un estudio completo de todo el territorio es aventurado, como el curso de Geología General que he dictado este año en la Universidad de Antioquia quedaría incompleto sin algunas nociones de la especial de Colombia, me he visto precisado a elaborar la presente Reseña, fruto de veinticinco años de observación personal, y que algún servicio puede prestar mientras nuestro Gobierno se halla en capacidad de encomendar el estudio completo de la Geología del País a un geólogo competente, a cuya disposición pongo desde ahora los numerosos cortes geológicos que he hecho a través de las regiones más importantes de la República, y mi colección de más de 2.000 rocas, minerales, fósiles y menas, que destino al Museo que se piensa formar en nuestra Universidad.

Desgraciadamente no existen trabajos de otros observadores que merezcan confianza y puedan servir de base a mi exposición, si se excep-

túan algunos estudios sobre el Cretáceo de Cundinamarca y Boyacá; porque si bien es cierto que Karsten publicó una Geología de la vieja Colombia, acompañada de un mapa geológico, puede decirse de ellos en lo que respecta a nuestro país, lo que dijo Wolf en lo que se relaciona con el Ecuador, que "es un mero juego de fantasía". En efecto, aquel autor no sólo puso en su mapa las formaciones geológicas de territorios que nunca visitó, y sobre los cuales no tenía siquiera informes de personas sensatas, sino que fue incapaz de distinguir la formación Paleozoica de la Arcaica, y aun declaró que la primera no existe en la mitad septentrional del continente Suramericano; desconoció nuestra extensísima formación Jurásica y la masa enorme de rocas trapecanas que la acompañan; hizo un solo grupo de los terrenos Terciario y Cuaternario; y llegó hasta hablar de depósitos de hulla en las mesetas de Rionegro y Santa Rosa, que son graníticas.

En vista de aquella carencia de estudios anteriores de alguna consideración, tengo que asumir la responsabilidad de todo lo que voy a exponer, al mismo tiempo que reclamo los honores de la originalidad, si algunos mereciere esta exposición.

Por demás está decir que en un estudio su-

mario sobre formaciones geológicas tan numerosas y variadas como son las de Colombia es imposible entrar a detallar y describir por su orden los diversos elementos estratigráficos de cada Terreno, y habré de limitarme a una relación sumaria de las principales rocas que constituyen cada uno de éstos.

Por otra parte, el gran metamorfismo que es natural en todas las rocas antiguas de un país tan montañoso como Colombia, y que ha destruido los fósiles y borrado los caracteres originales de las formaciones primitivas, unido a la imposibilidad de llevar al cabo estudios detallados de cada formación, me hacen imposible determinar las subdivisiones de las grandes Eras geológicas, e indispensable limitar a éstas la clasificación de nuestros terrenos. Por las mismas razones, dicha clasificación habrá de fundarse con más frecuencia en la posición relativa de los estratos, en sus caracteres litológicos, y en su continuación por países vecinos donde el metamorfismo no ha destruido las huellas de los organismos característicos, que en la determinación de fósiles.

ERA ARCAICA

Sólo en dos regiones existe el Arcaico en Colombia, a saber: en los límites con Venezuela y el Brasil, hasta donde alcanza la continuación geológica (no geográfica) de la Sierra de Paríma; y en el centro de Antioquia desde el Municipio de Sonsón hasta el borde oriental del de Buriticá, frente a Sucre; pasando por los del Carmen, La Ceja, Retiro, Rionegro, Guarne, San Vicente, Medellín, Copacabana, Girardota, San Pedro, Sopetrán, Belmira y Antioquia; aunque no comprende totalmente el territorio de algunos de ellos.

DETERMINACION DE LA EDAD.—La clasificación de los terrenos de esta Era la fundo en su posición inferior y discordante respecto a los Paleozoicos; y en sus caracteres litológicos, que son idénticos a los de la misma serie de rocas en Europa, y especialmente en los Estados Unidos.

Como consecuencia de lo expuesto, hago notar que el vasto territorio que hoy se llama Colombia sólo estaba representado en la Era Arcaica.

ca por una isla en el centro del actual Departamento de Antioquia, y parte de un pequeño continente que ocupaba una porción de las Guayanas, el Sur de Venezuela y el Norte del Brasil.

ROCAS SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS.—Nuestra formación Arcaica se compone principalmente de gneiss anfibólico y micáceo, esquistos anfibólico, clorítico, micáceo y talcoso, y serpentina estratificada o pizarrosa. Es característica la gran preponderancia de las rocas anfibólicas; y se observa, especialmente en la zona limítrofe con el Brasil, que los estratos inferiores son graníticos, y los superiores anfibólicos y serpentinosos.

ROCAS ERUPTIVAS.—De éstas sólo se conocen en el Arcaico los granitos micáceo y sienítico. Las dos masas más notables en la sección antioqueña son los granitos que constituyen la base geológica de las mesetas de Rionegro y Ovejas.

MINERALES UTILES.—En nuestras rocas Arcaicas se encuentran dos clases de formaciones auríferas, a saber: *a)* ciertas capas de cuarcita granulenta, intercaladas en los otros estratos, y relativamente raras, que contienen oro de alta ley en proporciones muy pequeñas; y *b)* filones de cuarzo lechoso, muy compacto, con oro nati-

vo en proporción también reducidísima. Algunas veces estos filones presentan indicios de reaberturas y fracturas posteriores a su formación, y los fragmentos de cuarzo se hallan cimentados por piritas de hierro bastante auríferas. Estas reaberturas han sido producidas por erupciones relativamente recientes de rocas cristalinas, en forma de masas y diques, las cuales suelen exhibir a su vez filones de carácter distinto de los que he descrito, y de bastante mérito; pero que no son imputables a la Era Arcaica.

También se encuentran en esta formación depósitos tufáceos de mineral de hierro (óxidos) que podrían ser explotados, aunque el hierro que producen es de mala calidad. Tales depósitos proceden de la descomposición del anfíbolo de las rocas.

ERA PALEOZOICA

La formación Paleozoica constituye el eje geológico de la Cordillera Central de Colombia, la cual puede considerarse como la verdadera *Cordillera de los Andes* en el territorio colombiano, donde la orografía presenta complicaciones que a primera vista hacen muy difícil determinar este punto; pero en la región de Guamocó, en los límites de los Departamentos de Antioquia y Bolívar, esta formación se desvía de la dirección general que trae desde el Sur del Continente Suramericano, y cruzando el valle del Magdalena en dirección a Bucaramanga, en el centro del Departamento de Santander, se dirige a formar la Cordillera de la Costa de Venezuela, y pasa por las Antillas hacia los montes Alleganhis en los Estados Unidos; no sin bifurcarse en el Departamento de Santander, para ir a formar la Sierra Nevada de Santa Marta; y después de haber dejado desprenderse, en la región de Amalfi y Remedios del Departamento de Antioquia, una ancha ramificación que se extiende en dirección

N. O. por los distritos de Anori, Zea Zaragoza, Campamento, Yarumal, San Andrés y Cáceres, hacia los límites con el Departamento de Bolívar. En su curso hacia el Sur de nuestro continente, esta formación se desvía de la dirección general N. S. que tiene en gran parte de Colombia y en el Ecuador; y cerca al lago de Titicaca, entre el Perú y Bolivia, toma hacia el E., formando el centro del territorio del Brasil, para ir a terminar en las costas de este país sobre el Atlántico.

Como se ve, al fin del período Paleozoico quedó constituida lo que pudiéramos llamar la columna vertebral del gran continente americano; pero es de notar que el Istmo que unía las dos secciones no quedaba en Panamá sino a lo largo de lo que hoy son las Antillas; y que las posteriores adiciones de terreno enjuto en Norte América tuvieron lugar principalmente hacia el O. y en Sud América hacia el E., del eje primitivo.

Conviene advertir que este gran levantamiento en forma de S. no fue el único Paleozoico en la América; pero los otros son relativamente insignificantes. En Colombia sólo están en este caso una serie de colinas Paleozoicas que asoman por entre las rocas más modernas en las llanuras

del Oriente, separando los afluentes del Guayabero de los del Río Negro.

También se debe tener presente que al cruzar el valle del Magdalena los estratos Paleozoicos están en parte cubiertos por formaciones más nuevas, como lo expondré a su tiempo; y que en las zonas volcánicas de Pasto, Popayán y el Departamento de Caldas, las rocas eruptivas recientes cubren vastas extensiones de aquella formación antigua.

DETERMINACION DE LA EDAD.—Como en toda su extensión el Paleozoico de Colombia está tan metamorfoseado que no presenta ni huellas de fósiles, la determinación del lugar que le corresponde en la serie geológica sólo he podido hacerla por la posición que ocupa entre el Arcaico que acabo de describir, y el Mezozoico de que trataré adelante, en perfecta discordancia con uno y otro. Por otra parte, la continuidad de la formación hasta el Perú y Bolivia, donde el haber sido menor la acción metamórfica, ha permitido a geólogos tan competentes como d'Orbigny, Pissis, Forbes y otros, fijar la edad de esta vasta formación sobre el estudio de numerosos fósiles. El presentarse en aquellas regiones, en serie no interrumpida y aun conformables en algunos casos, los sistemas Siluriano y Devonia-

no, mientras que el Carbonífero solamente forma hoyas aisladas en el Perú, el Brasil y Chile, parece base suficiente para suponer que las rocas metamórficas de nuestra formación Paleozoica comprenden por lo menos las Eras Siluriana y Devoniana. También en la continuación septentrional de nuestro Paleozoico se ha podido reconocer el Siluriano, por las *Orthoceras* y *Calimenes* halladas en un calcáreo, entre Caracas y Puerto Cabello.

Los geólogos que se han ocupado de Colombia, el Ecuador y Venezuela, han confundido el Paleozoico con el Acaico, tanto por la falta de fósiles, como porque no han tenido ocasión de estudiar el contacto de las formaciones. La sola presencia de capas grafiticas debió probarles que aquellos terrenos no eran Arcaicos.

ROCAS ESTRATIFICADAS.—Todo nuestro Paleozoico se compone de esquistos micáceos, arcillosos, talcosos, y rara vez anfibólicos, estaurolíticos y cloríticos. Son también muy raras las areniscas y cuarcitas y los esquistos grafiticos. Es de notarse el predominio de las rocas micáceas en esta formación y el de las anfibólicas en la Arcaica, lo que en caso de duda puede ser útil para distinguirlas. En los lugares donde la formación ha sido cortada profundamente, como

en el lecho del río Cauca entre el puente de Pescadero y el paraje de Las Llaves, arriba de Cáceres (Departamento de Antioquia), los esquistos micáceos aparecen convertidos en gneiss perfectamente caracterizado. Los calcáreos son muy escasos; pero en Antioquia se extiende, con algunas interrupciones, desde los límites con el Departamento del Tolima hasta el Municipio de Segovia, un estrato de calcáreo marmóreo, que se halla visible en los ríos Samaná, Cocorná y Nare, en la línea del Ferrocarril de Antioquia, y en el paraje de Sangra Botija, cerca de Segovia.

La inclinación media de los estratos Paleozoicos puede calcularse en 45°.

ROCAS ERUPTIVAS.—La extensa formación Paleozoica presenta en Colombia, Venezuela y Ecuador masas de granito eruptivo de dimensiones muy variables. En Colombia son notables de la Sierra Nevada de Santa Marta, las del Páramo de Cachirí y Ocaña en Santander, la de Guamocó en Bolívar, y la gran masa granítica que en Antioquia se extiende por parte del Municipio de Sonsón, y los de Cocorná, San Luis, San Carlos, Barbosa, Don Matías, Carolina, Guatapé, San Rafael, San Roque, Santa Rosa, Yolombó, y parte de los de Amalfi, Entrerrios, Camapamento, Angostura y Yarumal.

Los granitos del terreno Paleozoico son generalmente anfibólicos, y suelen pasar, por transiciones imperceptibles, a la sienita, el protogino y la pégmata.

Además de los granitos, y acaso relacionados con ellos, hay en la formación Paleozoica numerosos diques de felsita y de diorita de grano fino. Por lo que hace a su relación con los filones metalíferos, es preciso no confundir estas rocas eruptivas con las que en la época Terciaria atravesaron formaciones de todas las edades representadas entre nosotros. La mayor diferencia petrográfica entre ellas estriba en que las primeras son mucho más ricas en sílice que las segundas.

MINERALES UTILES.—De acuerdo con lo observado en casi todo el mundo, los estratos Paleozoicos de Suramérica son esencialmente auríferos; y aunque muchas veces no presenten filones visibles, los aluviones formados con sus detritus son siempre más o menos ricos en aquel metal, por la destrucción de pequeñas venas cuarzosas de segregación. Este es el origen de los ricos lavaderos de oro que en el Perú, Bolivia y el Ecuador se encuentran en los ríos que nacen de la vertiente oriental de la gran Cordillera andina. En el mismo caso se hallan los aluviones

auríferos de Bucaramanga, en el Departamento de Santander, del Municipio de Yarumal, en Antioquia, y otros de Colombia.

Los filones característicos de las rocas estratificadas del Paleozoico tienen por ganga un cuarzo translúcido muy compacto, dividido en pequeñas bandas o láminas paralelas a los respaldos, por otras oscuras y mucho más delgadas, que examinadas con el lente aparecen compuestas del mismo material de los esquistos, con piritas de hierro, arsenopirita o mispikel, galena, y estibnita en granos y cristales muy finos, y todas notablemente auríferas. El oro es tan menudo que rara vez se percibe a la simple vista, y se halla de preferencia en las capas o rayas oscuras; de aquí que cuanto más rayado aparece el mineral, mayor es su riqueza.

Estos filones son por lo general muy importantes, tanto por su tenor metálico, como por su gran desarrollo y la constancia de su riqueza. La proximidad de masas dioríticas, que se relacionan con los *pórpidos metalíferos* que describiré al hablar del período Terciario, y que rara vez asoman a la superficie, produce en ellos zonas de riqueza excepcional.

Los filones, también auríferos, de los granitos Paleozoicos presentan caracteres distintos. La gan-

ga es también cuarzo, pero no laminar, sino compacto o criptocristalino. El oro se halla libre, o asociado a piritas auríferas de grano mediano; y el rasgo más característico es la presencia, en las zonas ricas, de minerales de plomo y de cobre, como galena, wulfenita, chalcopirita y malaquita, todos en pequeñas cantidades. La blenda es mucho más rara; y su presencia, lo mismo que la de la galena, sobre todo si se hallan en cristales muy pequeños, son indicio de bastante riqueza en oro. Estos filones son superiores en riqueza y estabilidad a los del terreno Arcaico; pero sólo resultan explotables de una manera permanente cuando están relacionados con los diques de felsita y diorita que suelen cortar el granito.

ERA MESOZOICA

SISTEMA JURATRIASICO

Debo advertir que he adoptado este nombre común para rocas que pueden pertenecer así al período Jurásico, como al Triásico, porque en la América del Sur, lo mismo que en la del Norte, donde aquel término fue inventado, estos dos períodos parece que se confunden, o, al menos, que se suceden sin que ocurra inconformabilidad en los estratos.

El Jura-triásico se presenta en Colombia inmediatamente al O. de aquella parte de la formación Paleozoica que se extiende desde los límites con el Ecuador hasta la Cordillera de Ayapel en la línea divisoria entre Antioquia y Bolívar; y donde termina esta formación la Jura-triásica continúa con dirección general N. S., hasta el golfo del Darién, y allí, inclinándose al N. O., va a formar el Istmo de Panamá. Cerca a los límites con el Ecuador el contacto del terreno Jura-triásico con el Paleozoico se eleva bastante so-

bre el flanco occidental de la gran cordillera andina; desciende luego en el valle del alto Cauca para levantarse de nuevo en la vecindad de los volcanes extinguidos del Ruiz y Santa Isabel, y volver a descender en el N. del Departamento de Caldas, donde cruza el río Arma a cuatro leguas de su desembocadura. De este punto sigue el contacto, ya con el Paleozoico, ya con el Arcaico, por una línea oblicua que atraviesa el río Medellín dos leguas arriba de esta ciudad, pasa por el Boquerón de San Cristóbal, corta el río Cauca abajo de Sabanalarga, y sigue con la misma dirección general, hacia el Golfo del Darién.

El ancho de esta formación es muy considerable, pues comprende el eje, las vertientes orientales y parte de las occidentales, de la Cordillera Occidental de Colombia. Al E. de la Cordillera Central colombiana, y de la de los Andes en el Ecuador y el Norte del Perú, que es la continuación de aquella, es completamente desconocida la formación Jura-triásica.

Es preciso advertir que en el centro del territorio Jura-triásico de los Departamentos de Antioquia y el Valle se depositaron posteriormente los estratos Cretáceos de que hablaré a su tiempo.

DETERMINACION DE LA EDAD.—Sobre este punto habré de extenderme en conside-

raciones generales,, ajenas a la Geología especial de Colombia, porque él se relaciona con uno de los fenómenos más interesantes, y acaso el más extenso, que presenta la historia geológica de la Tierra, y que, por falta de espíritu sintético en los que han estudiado la geología de los diversos países de América, aún no ha sido apreciado en conjunto.

En la Cordillera que separa a Chile de la Argentina, y que geográfica aunque no geológicamente, se considera como la Cordillera de los Andes—y acaso desde más al S.—se presenta una extensa formación Jura-triásica, en la cual ha sido posible especificar varias de las subdivisiones establecidas en Europa, por medio de numerosos fósiles. Me limitaré a citar las más características: El RHETIANO, con *Jeanpaulias*, *Pecopteris* y *Podozamitas*; el LIASICO, con *Grypheas*, *Spiriferinas*, *Volas*, *Deroceras*, etcétera; el MESOJURASICO, con *Cæloc*, *Sphæroceras* y *Posidonias*; el SECUANIANO con *Perisphicles*, y finalmente, el PORTLANDIANO con *Haploeras* y *Aptichus*. No queda, pues, la menor duda de que es Jura-triásica esta formación.

Presentan los estratos de toda la formación Jura-triásica de la América una peculiaridad de la mayor importancia para poder reconocerlos en su

extensión a lo largo del continente americano, y es el tener intercaladas capas, de grueso variable, de rocas trapeanas, a saber: diabasas, afanitas, melafiros, etc., etc., que a veces se presentan en forma de Brecchias completamente compactas o duras.

La mencionada Cordillera chileno-argentina se prolonga hacia el N. hasta adherirse, a los 16° de Lat. S. a la gran Cordillera Paleozoica, o verdaderos Andes, geológicamente hablando, contra el costado occidental de éstos. Así paralelas, y dando lugar a lo que Humboldt llamó *hoyas andinas* del Collao, Abancay, Huanta, alto Marañón, Loja, Cuenca, Latacunga, Quito, Pasto y Almaguer, avanzan hasta cruzar nuestro Departamento de Nariño. En esta región, y más o menos a los 2° de Lat. N. las dos formaciones, o mejor dicho, las dos Cordilleras que habían venido contiguas, y en apariencia confundidas en una, se separan, dejando en el medio el extenso valle del río Cauca. Ya conocemos el curso de la Central, que podemos llamar Paleozoica; en cuanto a la Jura-triásica, sigue con el nombre de Cordillera Occidental de Colombia, y luego el de Cordillera de Abibe, hasta el Golfo del Darién, donde se deprime quedando cubierta por las aguas del Golfo, para pasar a formar el Istmo de Panamá. De

allí continúa esta formación Jura-triásica, a las veces oculta por otras más recientes, a través de Costa Rica, Nicaragua, el Salvador, Guatemala, México y el Oeste de los Estados Unidos, hasta Alaska y la Colombia Británica, haciendo parte muy importante de los sistemas orográficos occidentales de todos estos países. Como se ve, en este período se levantó el Istmo que une actualmente las dos Américas; y es probable que con este acontecimiento haya coincidido el hundimiento del que antes se extendía a lo largo de las Antillas. En todo caso, quedó desde entonces bosquejada la forma definitiva que había de tener el Nuevo Mundo.

La continuidad de la formación Jura-triásica en la vasta extensión que acabo de asignarle no ha sido reconocida por los geólogos; porque el metamorfismo producido por las rocas traqueanas que lo caracterizan ha destruido los fósiles en la mayor parte de ella; pero si paramos mientes en la continuidad de los estratos sedimentarios, cuyos caracteres petrográficos son notablemente persistentes; en la existencia del fenómeno característico de las erupciones traqueanas; y en los fósiles que se han hallado en aquellas zonas donde el metamorfismo ha sido menor, no podremos menos de reconocer que en el período Jura-triásico

la costra terrestre se fracturó en línea casi continua; y desde cerca al círculo Polar Ártico hasta el Antártico, dejó escapar masas enormes de rocas volcánicas antiguas o trapeanas, todo unido a un levantamiento continuado que fue el principio de la línea regular y definida que forma la costa occidental del continente americano, tan distinta de la muy irregular que lo limita por el Este. Todo esto constituye, en mi concepto, y como lo había anunciado ya, el fenómeno geológico continuo más extenso que presenta el globo terrestre.

Debo advertir que cuando digo que el gran levantamiento Jura-triásico determinó la forma excepcionalmente regular de la línea que había de limitar el continente americano por el O. no pretendo que aquella formación llegue en todas partes hasta el Pacífico: esta es la excepción, pues posteriormente se han adherido a ella formaciones más recientes; pero siempre subordinadas a la forma general que había adquirido la costa occidental.

En cuanto a los diversos lugares en que se ha determinado el Jura-triásico por medio de fósiles, en su vasta prolongación hacia el N., es conveniente citar los siguientes: Alaska y varios puntos de la Colombia Británica; Inyo, Taylorville y Oroville, en California; los montes Humboldt

en Nevada, y las cercanías de Puebla, en México, donde según Boehm se han hallado *Arietitas* en esquistos "de aspecto Paleozoico", es decir, del tipo de los estratos Jura-triásicos metamorfoseados que en el Ecuador, Colombia, Centro América, etc., etc., no han presentado hasta ahora fósiles de ningún género. También en Honduras se ha hallado restos de vegetales triásicos en estratos del mismo género.

Merece mencionarse la circunstancia de que los terrenos Jura-triásicos del E. de los Estados Unidos (New Jersey y Connecticut), independientes de la vasta zona que he descrito, están también relacionados con erupciones trapeanas.

En todos las consideraciones que acaba de hacer he fundado la determinación del Jura-triásico de Colombia. Esta misma formación ha sido clasificada de la manera más diversa en los varios países de Centro y Sur América, por la falta de espíritu sintético y analítico de que antes hablé. Wolf, en el Ecuador, sin haber encontrado un solo fósil, la declaró gratuitamente cretácea; y de igual modo confundió el Paleozoico con el Arcaico.

ROCAS SEDIMENTARIAS.—En la mayor parte de su extensión el Jura-triásico de Colombia está formado por esquistos arcillosos, cuarzo-

sos y grafiticos fácilmente divisibles en láminas. Aunque muy endurecidos algunas veces, nunca presentan los pliegues complicados de las rocas semejantes del Paleozoico. La base de la formación es un esquisto de color oscuro, unas veces micáceo y otras talcoso. Los calcáreos puros son bastante raros; pero todas aquellas rocas son más o menos calizas.

En la Cordillera del Paramillo y en los valles altos del San Jorge y el Sinú, en el Departamento de Antioquia, como las rocas trapeanas son relativamente escasas, los estratos Jura-triásicos aparecen poco metamorfoseados, y compuestos casi en su totalidad de areniscas y arkosas friables, arcillas compactas y calcáreos bituminosos, más o menos cristalinos. El hecho de que el metamorfismo sea tan reducido precisamente en el punto donde la formación fue levantada a mayor altura (3.300 metros en el Paramillo), prueba que en este caso es debido principalmente al contacto de las rocas eruptivas, y no a la presión lateral que sufrieron las capas sedimentarias. No dudo que cuando aquella región, hoy cubierta de bosques, sea bien explorada, se hallarán en ella fósiles Jura-triásicos que confirmarán mis opiniones sobre la edad de estos terrenos.

ROCAS ERUPTIVAS.—He dicho ya que

contemporáneamente con la precipitación de los sedimentos Jura-triásicos hubo numerosísimas erupciones de rocas trapeanas que alternan con éstos, demostrando claramente que se derramaron sobre las capas sedimentarias en vía de formación. A veces las capas alternadas de unas y otras rocas son muy delgadas, y en el espacio de 50 o 100 metros puede uno contar diez o más capas de trap; pero con más frecuencia estas capas tienen centenares de metros de espesor. Wehtli y Burckhardt observaron que en Chile las erupciones trapeanas aumentaron mucho al fin del período; y es evidente que en Colombia sucedió lo mismo.

Las rocas trapeanas más comunes son: diabasa, afanita, variolita, porfirita, melafiro, y cierta pseudodiorita que difiere de la diorita verdadera en tener muy poca sílice. La glaucolita es la materia colorante de la mayor parte de las diabasas. Todas aquellas rocas suelen ser cavernosas, amigdaloides y brecchoides, lo cual acaba de demostrar su carácter volcánico antiguo, es decir, que proceden de fisuras.

MINERALES UTILES.—Nuestro Jura-triásico no ha presentado hasta ahora depósitos de combustibles minerales; pero el gran número de capas grafiticas que se observan en él, y el hecho de que en Chile contiene esta formación al-

gunas capas de liñita, hacen esperar que en la zona poco metamorfoseada de que he hablado puedan hallarse más tarde algunos carbones minerales.

Tanto las rocas sedimentarias como las eruptivas de nuestra formación Jura-triásica son notablemente pobres en filones metalíferos, y los pocos que presentan carecen de mérito, y por lo mismo son también pobres en oro los ríos que las cruzan. La escasez de metales preciosos no es extraña, pues ella caracteriza esta formación en todo el territorio americano; pero no pasa lo mismo con el cobre; las principales minas de cobre de Chile y el Perú se encuentran en ella, y las hay también en otros países. Es cierto que los pocos depósitos cupríferos que tenemos en Antioquia y Caldas se relacionan con el Jura-triásico: en Mápura, cerca de Riosucio y en la quebrada de Julio y otros parajes en el N. O. de Antioquia, hay, en las diabasas, pequeñas venas de segregación que contienen cobre nativo, cuprita y malaquita; pero no son explotables. En el Cerro Plateado, también en Antioquia, en una masa de granito eurítico que atraviesa el Jura-triásico, y, naturalmente, relacionados con éste, se encuentran algunos filones delgados de chalcopyrita.

A pesar de lo que he anotado sobre la pobreza del Jura-triásico en metales preciosos, esta formación aparece indirectamente relacionada con los ricos aluviones platiníferos del Chocó. Al hablar del período Terciario discutiré esta cuestión.

SISTEMA CRETACEO

Hasta el fin del período Jura-triásico los levantamientos geológicos en Colombia, y aun en todo Sur América, ocurrieron, como hemos visto, al costado occidental del eje Paleozoico que sirvió de esqueleto a nuestro continente; pero en la época Cretácea este orden se invirtió, y sobre el costado oriental de aquel eje, a todo lo largo del País, tuvo lugar un enorme levantamiento de rocas cretáceas, que ocupa la mayor parte de los Departamentos de Huila, Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander, desde el pie de las vertientes orientales de la Cordillera Oriental o de Sumapaz hasta la línea que limita por el E. la formación Paleozoica, con excepción de las llanuras del valle del Magdalena, cubiertas por rocas más recientes. Una tira angosta de esta misma formación se extiende hacia la Goajira, por la parte alta de los ríos que de nuestro territorio

se dirigen al lago de Maracaibo.

Otra zona cretácea, menos vasta que la anterior, se extiende del extremo S. de los Departamentos de Bolívar y Atlántico, hasta arriba de Cali, en el Departamento del Valle, penetrando por la hoya del río Cauca, al través de Antioquia y Caldas, en forma de un estrecho y largo mar interior.

Hacia los nacimientos del río Magdalena, en el páramo de las Papas, la primera de estas zonas se eleva mucho sobre la Cordillera Central; pero su contacto con los esquistos Paleozoicos va descendiendo, en línea oblicua, de tal manera que en Ibagué los esquistos bajan casi hasta la llanura, y un poco abajo de Honda ya no se encuentran rocas cretáceas sobre la banda occidental del río Magdalena.

En cuanto a la orta zona, cubierta en gran parte, en los Departamentos de Bolívar y Atlántico, por depósitos más recientes, sólo se deja ver en las colinas o eminencias que se elevan sobre la llanura; pero ya en la parte baja de la llamada Serranía de Ayapel, entre el río San Jorge y el Cauca, es casi continua y bastante ancha, puesto que llega hasta San Pedro de Uré. Abajo de Cáceres ocupa parte de la banda derecha del río Cauca hasta el paraje de Apaví; mientras que u

na ramificación penetra por el valle del Nechi hasta cerca de Zaragoza. En Apaví se interrumpe por completo la formación cretácea del río Cauca, destruida por la enorme erosión que ocasionó éste al labrar su cauce por entre despeñaderos y angosturas que se prolongan hasta la vecindad del pueblo de Sabanalarga. De este punto para arriba el valle se hace más llano, y los depósitos cretáceos empiezan a verse, a uno y otro lado del río, aunque poco extensos y con frecuentes interrupciones. De Sopetrán para arriba el mar cretáceo comenzaba a dilatarse, pero circunscrito al territorio que queda hoy sobre la banda derecha del río Cauca; y este dilatamiento llegaba a su máximun en la latitud de Fredonia, donde la formación se extiende de nuevo a la banda izquierda del río Cauca. Al pasar al Departamento del Valle, el mar interno se angostaba, y la erosión ha destruido en varios parajes las rocas cretáceas.

La formación cretácea antioqueña, en la zona más ancha de que acabo de hablar, fue cortada posteriormente por un levantamiento ígneo del período Terciario, que se extiende desde Loma Hermosa, en el Municipio de Sopetrán, pasando por Quirimará, Pueblito y Guaimaral, hasta el cerro de Boquilla, en el de Fredonia; cruza, pues,

los Municipios de Ebéjico, Heliconia, Angelópolis y Amagá.

En resumen, en los Departamentos de Antioquia, Caldas y el Valle, se encuentra la formación cretácea en los Municipios de Cáceres, Zaragoza, Liborina, Sucre, Sopetrán, Ebéjico, Heliconia, Armenia, Angelópolis, Amagá, Titiribí, Jericó, Fredonia, Támesis, Valparaíso, Andes, Nuevacaramanta, Santa Bárbara, Aguadas, Pácora, Filadelfia, Jardín, Riosucio, Supía, Anserma, Toro, Roldanillo y Cali.

DETERMINACION DE LA EDAD.—Nada hay más plenamente comprobado que el carácter cretáceo de la formación de que vengo ocupándome, y muy especialmente de la zona que se extiende sobre la banda oriental del río Magdalena, porque los fósiles son abundantísimos, sobre todo en los Departamentos de Cundinamarca y Santander. Las principales familias son las Amonitas, Inoceramos y Trigonias; y puede sostenerse que allí están representadas casi todas las subdivisiones del cretáceo inferior, en los calcáreos y esquistos negros de Villeta, en Cundinamarca, y de los valles hondos de Santander; y el Neocomiano, caracterizado por *Arca Gabrielis* y *Corbis Corrugata*, en la misma zona de Villeta. Dice Karsten que en Vélez está separado el cre-

táceo inferior del superior, por inconformidad de estratificación; pero esta circunstancia no se ha confirmado en otras partes.

La zona cretácea que podemos llamar occidental, o antioqueña, ha presentado muchos menos fósiles; sin embargo, su verdadera edad queda más que demostrada con los fósiles cretáceos recogidos por Degenhardt y Bauss en las inmediaciones de Supía, hacia el río Cauca; con la *Trigonia Abrupta* (idéntica a la que se encuentra en Vélez que se halló cerca a la desembocadura del río Arma; y con los *Trochus* y otros moluscos de carácter decididamente cretáceos, pero cuya especie no he podido aún hacer determinar, recogidos por mí en Amagá y en el plan de Fredonia.

Antes de abandonar este tema se hace necesario rectificar un error en que incurrió Steinmann, al estudiar dos *amonitas* recogidas por el doctor Reiss en La Plata, Departamento del Huila, declarando que corresponden a la época Jurásica; y que Karsten patrocinó marcando en su mapa un punto de Jurásico en aquel paraje, que por su aislamiento en el centro de la República está denunciando el error. Es lo cierto que todos los otros fósiles recogidos en aquella región demuestran el carácter cretáceo de ella; si bien nuestra fauna de aquella época presenta marcados rasgos

de semejanza con la Jurásica de Europa, hasta el punto de que el doctor Lea, de Filadelfia, pretendió que el cretáceo de Cundinamarca pertenece al Oolítico.

ROCAS SEDIMENTARIAS.—En la gran zona oriental hay una marcada diferencia entre las rocas del cretáceo inferior y las del superior: en el primero predominan los calcáreos bituminosos y los esquistos arcillosos negros; mientras que en el segundo se encuentran casi exclusivamente las areniscas, de grano fino o grueso, las arcillas compactas y esquistosas, y tal cual banco de conglomerado y calcáreo. La inclinación media de los estratos, en la región que ocupan en la Cordillera Central, es de 45°; mientras que en la Oriental rara vez excede de 35°, si bien se presentan fallas y dislocaciones de proporciones colosales.

En la zona occidental o antioqueña, aunque los fósiles hallados revelan la presencia tanto del cretáceo inferior como del superior, el espesor total de los estratos es mucho menor, y de aquí que los inferiores no muestren indicios de metamorfismo apreciable. Las rocas son areniscas, pudingas, conglomerados, arcillas plásticas y compactas, y rara vez esquistosas. La inclinación de las capas es generalmente muy moderada (de 15°

a 25°); y sólo en la proximidad de rocas eruptivas recientes suele elevarse a 45 o más grados.

ROCAS ERUPTIVAS.—Es un hecho muy curioso el que habiendo acompañado a la formación de los estratos Jura-triásicos una serie no interrumpida de considerables erupciones de rocas traqueanas, ni durante la precipitación de los sedimentos cretáceos, ni cuando tuvo lugar su levantamiento a alturas tan considerables como las de la cordillera de Sumapaz, no apareció en la superficie ninguna roca eruptiva o plutónica: hasta el punto de poder afirmar que en la vastísima extensión que ocupa la zona Cretácea oriental las rocas de este género son desconocidas.

MINERALES UTILES.—Aquella carencia de rocas eruptivas hace perfectamente natural el que en nuestro Cretáceo no se encuentren depósitos de los metales preciosos; y apenas algunos yacimientos cupríferos de mediana importancia, en los Departamentos de Huila y Boyacá; en cambio se hallan en él todas nuestras minas importantes de combustible mineral, así en la zona oriental como en la occidental. El espesor de las capas de aquél varía desde unos pocos centímetros, hasta dos y tres metros. El carbón es ordinariamente liñita de buena calidad; pero cuando las capas se hallan considerablemente comprimidas y

dislocadas, el metamorfismo ha convertido la liñita en verdadera hulla; fenómeno observado ya por Agassiz en las liñitas de Colorado, Estados Unidos.

Lo mismo que en Bolivia, la Argentina y el Brasil, las capas inferiores del Cretáceo en Colombia suelen ser petrolíferas. Se encuentran fuentes de petróleo y de betún en los Departamentos de Huila y Santander; en Uré y en el alto Sinú, cerca a la línea que separa los Departamentos de Antioquia y Bolívar.

Suelen acompañar a los depósitos de carbón mineral algunos de minerales de hierro, que se explotan en La Pradera y Pacho (Departamento de Cundinamarca), y en Amagá (Departamento de Antioquia).

También se hallan en el Cretáceo las venas de carbonato de cal y cuarzo que contienen las esmeraldas de Muzo; y los depósitos de sal gema de Cundinamarca.

ERA CENOZOICA

PERIODO TERCIARIO

Puede decirse que en Colombia los terrenos Terciarios rodean el continente antiguo que habían formado los terrenos anteriores, excepto al S., donde se unía aquél a la Cordillera de los Andes que pasa al Ecuador, y en la región donde el Paleozoico de Santander penetra en Venezuela.

Por el O., a partir de los límites con el Ecuador, el Terciario se extiende desde el borde de la formación Jura-triásica en las vertientes occidentales de la Cordillera Occidental, hasta la costa del Océano Pacífico, a lo largo de toda nuestra costa sobre este mar, en lo que comprende el alto y el bajo Chocó; de suerte que toda la cordillera de Baudó es Terciaria, menos en el extremo N., cerca al Golfo del Darién, donde Maack halló rocas plutónicas de la formación Jura-triásica, que, como dije atrás, cruza por allí para ir a formar el Istmo de Panamá. Por la hoya de

algunos de los ríos de aquella región el Terciario penetra muy al interior, como en el Patía y el San Juan; y en el Murri y el Riosucio, afluentes del Atrato. Por el penúltimo sube el Terciario hasta los llanos de Murri y Curazamba (Departamento de Antioquia), y por el último hasta la "Cerrazón de Quiparadó", también en Antioquia.

Por el N. se encuentra el Terciario en casi toda la costa del mar Caribe, desde Turbo hasta cerca de Santa Marta, pero el Paleozoico de la Sierra Nevada sí llega en muchos puntos hasta la playa del mar.

Por el Oriente tenemos desde luego el Terciario desde el pie de la Sierra Nevada hasta la Goajira; y la vasta hoya Terciaria del Zulia penetra hasta las cercanías de Pamplona. En las grandes llanuras orientales de las hoyas hidrográficas del Orinoco y el Amazonas, el Terciario principia desde el pie de la Cordillera Oriental, y se extiende hasta los terrenos bajos, donde se halla cubierto por el Cuaternario.

El Terciario ocupa mucha parte de las llanuras del bajo Magdalena y de su afluente el río César, haciéndose muy patente en las partes más altas de las Sabanas de Corozal, y al pie de la Cordillera de Santander, donde puede verse has-

ta cerca de Puerto Nacional. En el alto Magdalena es evidente que el Terciario se halla debajo del Cuaternario, haciéndose visible en diversos lugares.

También en el valle del alto Cauca, fuera del Terciario lacustre de que hablaré adelante, hay una formación marina que se revela en varios parajes, y especialmente en Popayán y Vigés.

Finalmente, en la Sabana de Bogotá, debajo del Cuaternario, hay importantes estratos Terciarios que pueden estudiarse en las capas liñitíferas, notablemente inclinadas, que se encuentran al pie de los cerros de Monserrate y Guadalupe, en las afueras de Bogotá.

TERCIARIO DE AGUA DULCE.—En el valle del río Cauca, y probablemente en muchos de nuestros ríos más grandes, se encuentran sedimentos Terciarios de agua dulce, depositados en antiguos lagos. Los más importantes son los que se extienden en el alto Cauca, desde Cartago hasta cerca de Buga, y las dos zonas que ocupan parte de los Municipios de Filadelfia y de Anzá, en Antioquia. Las rocas son cascajos más o menos cementados, areniscas, arkosas y arcillas de color claro. En el Terciario de Cartago se han hallado restos de *Galionelles*.

DETERMINACION DE LA EDAD.— En

la extensa zona que cae sobre el Pacífico, y que podríamos llamar Terciario del Chocó, la determinación la hice tanto por los fósiles que yo mismo recogí en los Llanos de Curazamba, y en la Cerrazón de Quiparadó, y que consisten en dientes de tiburón (*Carcharis Megalodon*), *Micraster*, parte de la mandíbula de un reptil, y varios moluscos; como por las *Pholas Costata*, *Annonias*, *Turritellas* y otros fósiles hallados en la Cordillera de Baudó. Por otra parte, los depósitos Terciarios del Ecuador, que son la continuación de los nuestros, han dado un gran número de esos géneros *Turritella*, *Natica*, *Annonia*, *Fusus*. Arlos géneros *Turritella*, *Natica*, *Annonia*, *Fusus* *Arca*, *Cardium*, etc., etc. Aún podemos avanzar que aquella formación es Miocena, pues en el Ecuador y Chile se ha demostrado que gran parte del Terciario es de esa época, y además Ihering sostiene que en la Argentina los estratos que presentan restos de *Carcharis Megalodon* son Miocenos.

Los fósiles del Terciario de la Costa Atlántica han sido poco estudiados; pero la edad de aquél queda determinada por las observaciones hechas en depósitos del mismo género en la costa de Venezuela, donde se han hallado restos, no sólo de moluscos, sino también de mamíferos ter-

ciarios. Además, la zona que penetra hasta Pamplona ha presentado, entre otros restos orgánicos, *Pecten gigas* y varias *Ostreas*.

El Terciario de los Llanos de Oriente ha dado también pruebas suficientes de su edad geológica con restos de moluscos, varios de ellos de agua dulce, y de plantas dicotiledóneas. Finalmente, los estratos Terciarios que se encuentran entre Vigés y Popayán contienen *Pecten*, *Plythalamias*, *Pólipos* y restos del *Esquinides*.

ROCAS SEDIMENTARIAS.—En la zona del Chocó predominan los conglomerados ferruginosos, generalmente muy duros, y las areniscas compactas, a las cuales se agregan en la Cordillera de Baudó algunas breccias conchíferas. En la Costa Atlántica se encuentran casi exclusivamente el calcáreo poroso conchífero y coralino y las areniscas esquistosas, cubiertas por una arcilla amarilla. En Pamplona hay margas, cascajos, arcillas plásticas y capas de arena casi suelta. En los Llanos de Oriente capas de cascajo o conglomerado de 300 y más metros de espesor y areniscas y arcillas esquistosas y friables. Entre Popayán y Vigés, calcáreo margoso y areniscas groseras. La inclinación de todos estos depósitos es generalmente moderada: 10 a 30 grados.

ROCAS ERUPTIVAS.—Los estratos Ter-

ciarios no fueron extensamente afectados por rocas plutónicas de ningún género; pero pertenecen a este período ciertas erupciones muy interesantes, sobre todo por sus relaciones con los depósitos metalíferos más importantes del País.

En los Estados Unidos, Méjico, el Ecuador, Chile y el Perú, y aun en Transilvania y en Europa, los filones de metales preciosos más importantes están relacionados con erupciones, relativamente locales y restringidas, de rocas porfídicas y dioríticas de la época Terciaria. Este hecho, observado por Humboldt en varios de aquellos países, lo indujo a dar a aquellas rocas el nombre de *Pórpidos metalíferos*. Un fenómeno semejante se observa en Colombia, con la circunstancia de que aquí, como en los países de América ya citados, las erupciones se presentan en una zona relativamente próxima a las costas del Pacífico. Adoptaré para aquellas rocas el nombre inventado por Humboldt; pero con la advertencia de que en Colombia con más frecuencia son dioritas, doleritas, sienitas y andesitas, que verdaderos pórfidos .

Las erupciones de que me preocupo, generalmente de poca extensión, afectan la forma de levantamientos oblongos, y más comúnmente de masas cónicas, que algunas veces no alcanzan a sa-

lir a la superficie. Abundan principalmente en los Departamentos de Antioquia y Caldas, donde las más notables son las masas porfidicas de Riosucio y Marmato, que hicieron desviar el río Cauca, el cual antes de la época Terciaria corría por los actuales valles de los ríos Rizaralda y San Juan; el de dolerita de Cerro-Bravo, en Fredonia; el de pórfido sintético y andesita de El Retiro y Alto de las Vetas en Titiribí; y el de sienita porfidica, en Remedios y Segovia. Al hablar de los minerales del periodo Terciario diré algo sobre el carácter de aquellas rocas.

MINERALES UTILES.—Lo mismo que en Chile y en el Ecuador, nuestro Terciario suele presentar depósitos, relativamente delgados, de liñita friable, y muy inferior en calidad a la que produce el Cretáceo. En la zona del Chocó apenas recientemente se ha encontrado una capa de aquel combustible en los estratos del Río Sucio, abajo de la Cerrazón de Quiparadó; pero en la zona del Atlántico sí se encuentran numerosas capas en Turbo, en varios puntos del Departamento del Magdalena, y en el Territorio Nacional de la Goajira. Hay liñita, y se explota para la producción de gas, en los estratos Terciarios vecinos a Bogotá.

También se encuentra petróleo en el Tercia-

rio de Colombia. A este periodo pertenecen las fuentes reconocidas en el rio León, que desemboca en el Golfo del Darién; en Tubará y otros parajes de los Departamentos del Atlántico y Bolívar; y en los Llanos del Oriente.

Los estratos sedimentarios de nuestro Terciario no tienen minas metálicas; pero en las rocas eruptivas de este periodo, o en su inmediata vecindad, se encuentran las minas de oro y plata más importantes del país. Dichas rocas varían mucho en las diversas localidades, y sólo tienen de común la forma en que se presentan, su carácter esencialmente anfibólico y cierta *frescura* y aspecto porfídico, que hacen que dondequiera se las reconozca como rocas recientes. Para no hablar sino de las de Antioquia, diré que son granitos porfídicos en Andes y Bolívar; pórfidos sieníticos en Riosucio, Marmato, Caramanta, Valparaíso, Buritica, Titiribí, Pácora y Sonsón; doleritas andesíticas en Manizales y Pensilvania; y dioritas en San Vicente, San Roque, Barbosa, Amalfi, Anorí, Cáceres, Santa Rosa, Angostura, Jardín, parte de Valparaíso, Frontino, etc., etc. Adviértase que sólo he mencionado los Municipios donde estas rocas están relacionadas con depósitos metalíferos.

Los filones auroargentíferos que se encuen-

tran en este grupo de rocas presentan caracteres tan variados como las rocas que los encierran; pero puede decirse que tienen de común: 1°. La abundancia de plata ya en forma de verdaderos minerales argentíferos, ya ligada al oro, por lo cual el de estas minas suele ser de muy baja ley; aquella abundancia en algunos, como en los de Marmato y Titiribí, puede llegar hasta el punto de que el producto de las minas sea plata aurífera; y 2°. La abundancia de sulfuros metálicos, como piritas de hierro, blenda y galena. La ganga es ya cuarzosa, ya arcillosa y calcárea, según que predominen los minerales de oro, o de plata; y en el primer caso el cuarzo se presenta muy cristalizado. Mientras más distintos son los cristales o granos de cuarzo y mejor mezclados se hallan con los sulfuros metálicos, mayor es la riqueza del mineral.

Cuando la roca Terciaria eruptiva ha penetrado a través de los traps Jurásicos, los filones presentan algunas particularidades, como la abundancia de minerales de cobre (Nueva-Caramanta y Valparaíso), o la presencia de especies minerales raras entre nosotros, a saber: la *Pirrotita* en casi todas las minas de la Cordillera Occidental, la *Silvanita* en el Cerro de Frontino, la *Molibdenita* en San Antonio (Municipio de Bolívar), y

la *Calcita* como ganga del oro nativo en La Quiuná (Municipio de Anzá).

Es el caso de hacer aquí presente que las erupciones Terciarias de que vengo hablando se encuentran en terrenos de todas las edades que hasta ahora he descrito, y esto explica el que en algunas regiones los filones aparezcan con caracteres distintos de los que he asignado a los de esa zona geológica. Así por ejemplo, los filones del Departamento de Nariño, que alguno podría considerar despreciables por hallarse dentro de la zona Jurásica, no dudo que están relacionados con erupciones Terciarias de doleritas, dioritas u otras rocas semejantes.

PERIODO CUATERNARIO

Todos los depósitos horizontales que se encuentran debajo de los aluviones recientes en los valles bajos de nuestros grandes ríos, y de la parte más oriental de los Llanos del Oriente, corresponden al Periodo Cuaternario; lo mismo que los depósitos profundos de los mismos ríos en su parte más alta, y de sus diversos afluentes, como lo demostraré al hablar de los aluviones auríferos.

También hay Cuaternario lacustre, o de agua

dulce, en muchas localidades de la Cordillera Oriental; citaré como los depósitos más notables los valles o sabanas de Bogotá, Ubaté, Sogamoso y Chiquinquirá. En la Cordillera Central están estos depósitos caracterizados por su absoluta horizontalidad, y son menos extensos pero más numerosos: en el Departamento de Nariño existen los de Pasto, Túquerres y Patía; en los de Caldas y Antioquia los de Herveo, Vallejuelo o la Unión, Rionegro, La Ceja, Medellín, Ovejas, San Pedro, Santa Rosa, Amalfi y Cuivá. En la Cordillera Occidental sólo merecen mención especial los extensos valles de Urrao y parte de los de Murri y Curazamba.

Del Cuaternario marino hay sólo estrechas fajas en la costa Atlántica.

DETERMINACION DE LA EDAD.—En los vastos depósitos de Cuaternarios del bajo Magdalena y en los de los Llanos de Oriente, la edad está determinada por el hallazgo de restos de *Mastodonte* en Magangué, y de *Megatherium* en la prolongación del terreno de los Llanos hacia Venezuela. En cuanto a los antiguos lagos andinos, aunque no en todos ellos se han encontrado fósiles, dada su perfecta identidad entre sí, parece suficiente para clasificarlos el haberse encontrado dientes y otras partes del esqueleto de

Mastodonte angustidens en Soacha (Sabana de Bogotá) y en Chiquinquirá, y de *Equus Andium* en el Valle de Medellín. Los estudios de W. Branco, nos permiten atribuir los depósitos donde se han hallado las huellas de aquellos mamíferos del Pleistoceno, pues él ha demostrado que en el Ecuador, la Argentina y Bolivia, tales mamíferos son de esa subdivisión del Cuaternario, la cual, aunque no en edad, en su fauna es equivalente en parte al Plioceno de Europa. Este retardo de las especies animales en nuestro territorio acaba de explicar lo que dije atrás sobre el carácter Jurásico de nuestra fauna Cretácea.

Que los cauces de la casi totalidad de nuestros ríos menores están ocupados por aluviones, con frecuencia auríferos, de la misma edad, se demuestra por la presencia de restos de *Mastodonte* en el valle del riachuelo San Mateo, en Betulia (Antioquia), y en el de Olivares, en Manizales (Departamento de Caldas), donde se hallaron al explotar el aluvión aurífero.

En el mismo riachuelo de San Mateo, y en otros aún menores de Fredonia, Angelópolis y Tiritibí, he recogido dientes del mismo caballo antes mencionado, *Equus Andium* de Branco, quien reduce a esta sola especie las seis o siete a que se atribuían los dientes del caballo cuaternario en-

contrados en muchos puntos de la América del Sur.

ROCAS SEDIMENTARIAS.—Los estratos Cuaternarios lacustres consisten exclusivamente en capas de cascajo, areniscas muy friables, arenas sueltas, margas y arcilla plástica. En los marinos, además de las mismas rocas, hay bancos de calcáreo conchífero. Como lo dije ya, todos estos estratos permanecen prácticamente horizontales.

ROCAS ERUPTIVAS.—Corresponden al Cuaternario, en Colombia, todas las rocas volcánicas propiamente dichas, y que se encuentran sobre la Cordillera Central, con pequeñas interrupciones, desde los límites con el Ecuador, hasta un punto situado al N. del Nevado del Ruiz, como a 5° 20' de lat. N. En el Páramo de las Papas y en el de Sumapaz hay rocas volcánicas que parecen representar una ramificación del primer sistema.

Al O. de la ciudad de Panamá principia otra zona volcánica, que se extiende hasta los límites con Costa Rica. Finalmente, en el centro del Departamento de Antioquia he descubierto una serie de volcanes apagados, ocho por lo menos, que se hallan a una y otra banda del río Cauca, principiando con el Cerro Amarillo, en el Municipio de Santa Bárbara, y terminando con un co-

no, ya casi destruido, situado en el Paso de los Pobres, entre Titiribí y Concordia. El curioso Cerro Tusa, del Municipio de Venecia, era parte mínima de un enorme volcán, que se destruyó en su última erupción. Hubo, además, otro volcán, de pequeñas dimensiones, en el paraje de San Pedro (Municipio de Buriticá).

Las erupciones de todos nuestros volcanes fueron de carácter explosivo; y por eso al lado de algunas corrientes de lava andesítica se encuentran masas enormes de brecchias, tobas y arenas pumiceas. En los alrededores del antiguo volcán del Ruiz pueden verse hasta doce capas sucesivas de éstas, separadas por tierra vegetal, y que corresponden a otros tantos períodos de grande actividad.

Las lavas de nuestros volcanes, aunque calificadas de traquitas por muchos geólogos, son todas verdaderas andesitas, cuyo color varía entre el gris, el blanco amarillento y el rosado subido. Rarísima vez presentan escorias, y en cuanto a la obsidiana, sólo la he encontrado en el volcán apagado del Paso de los Pobres.

Las andesitas y tobas andesíticas de los volcanes de Pasto se extienden bastante hacia el Pacifico, como puede verse en el río Mira. En esta región y aún mejor en la vecina del Ecuador,

suelen encontrarse cenizas y rocas volcánicas sobre el aluvión aurífero del Cuaternario Pleistoceno, lo cual prueba que la aparición, o cuando menos la mayor actividad, de nuestros volcanes, tuvo lugar entre la mitad y el fin del periodo Cuaternario; y debió extenderse hasta algunos siglos antes de la Conquista española, según las observaciones de Reiss y Stübel. Hoy por hoy, apenas si se observan fenómenos solfatáricos en el Ruiz, el Puracé y el Cumbal.

La edad que he señalado a la actividad volcánica en Colombia está confirmada por lo que se ha averiguado sobre el mismo punto en el Ecuador, donde sólo en las tobas más profundas se han encontrado restos de *Mastodon Andium*, de *Equus Andium* y de tres especies de ciervos, entre ellos el *Cervus Chimborazi*. A una de aquéllas debe pertenecer un ciervo ya extinguido entre nosotros, cuyo cráneo, hallado en las capas más profundas de arenas pumíceas arrojadas por el Ruiz, vi, hace algún tiempo, en una colección particular en Manizales.

MINERALES UTILES.—El Cuaternario colombiano presenta algunas capas de turba de mala calidad. A él corresponden también, como lo dejo demostrado, nuestros aluviones auríferos.

Paso a dar mi opinión sobre el origen de estos aluviones.

Es evidente que durante el periodo Cuaternario tuvieron lugar en Colombia los tres movimientos generales del terreno que ocurrieron en Europa y Norte América, a saber: levantamiento en la época Glacial, hundimiento en la Champlain, y nuevo levantamiento, aunque de menos consideración, en la de las Terrazas; y que aquí como allá, en la primera y la segunda de estas épocas aumentó enormemente el caudal de aguas de los ríos. Lo que no me atrevo a afirmar es que estos fenómenos fueran sincrónicos con los de la zona templada boreal.

El primer levantamiento, al aumentar el talud de los valles y la velocidad de los ríos y arroyos que por ellos corrían, debió dar lugar a enorme erosión en toda la superficie. Es bien sabido que el poder de transporte del agua corriente crece en razón de la sexta potencia del aumento de la velocidad; y esto, unido al grande incremento que tuvieron las aguas en aquella época, debió poner en movimiento hacia los valles mayores una masa inmensa de rocas descompuestas y resquebrajadas, que en las regiones auríferas hubo de ir acompañada del oro procedente de la destrucción de los filones, venas y depósitos aurife-

ros de todo género. En la época Champlain, al volver a bajar el terreno, la disminución de la velocidad de las corrientes de agua dio lugar a la acumulación de gran parte de aquellos materiales en las secciones más anchas y más llanas de los valles, que en consecuencia se llenaron hasta una altura considerable, ayudado todo por el continuado incremento de las aguas corrientes. Cuando tuvo lugar, en la época de las Terrazas, la nueva elevación de los continentes, mucho menor que la primera y acompañada de disminución gradual de las aguas de los ríos, con el aumento de la velocidad de éstos, aquellos grandes depósitos, que contenían el oro diseminado en toda su masa, fueron parcialmente lavados o arrastrados, dejando terrazas o escalones a medida que el agua disminuía, y que su acción iba siendo más y más circunscrita a la inmediata proximidad de la corriente central. El oro, por su gran peso específico, hubo de concentrarse, como en un *sluice* o *canalón*, en el cauce definitivo de los ríos, formando en ellos las *cintas* o aluviones ricos que hoy se explotan.

Presento a la consideración de los geólogos esta hipótesis nueva sobre la génesis de los aluviones auríferos, fundada exclusivamente en los fenómenos peculiares del período Cuaternario, y

que se hacía necesaria para explicar el hecho de que la casi totalidad de tales aluviones en el mundo corresponden a ese periodo. Si las cosas no pasaron así, ¿por qué no hay aluviones auríferos de alguna consideración procedentes de los periodos anteriores, en que la erosión y el transporte por las aguas, en proporciones normales, existieron también?

Sentado lo anterior, como los aluviones auríferos Cuaternarios se encuentran en las zonas más variadas del Globo, queda demostrado que los movimientos de elevación y depresión de todos los continentes, y casi pudiera decir de expansión y contracción del globo terrestre, que hasta hoy sólo había podido demostrarse, gracias a las huellas de los ventisqueros o neveras, en el extremo de la zona boreal, fueron universales. El estudio de las causas de tan extraño y grandioso fenómeno es otro punto que merece la atención de los sabios. Donde no existen aluviones auríferos la sola presencia de las terrazas en los ríos está demostrando la universalidad del fenómeno a que acabo de referirme, y quizás tenga algo que ver con la extraordinaria y universal actividad volcánica durante el periodo Cuaternario. La enorme cantidad de vapor de agua que despiden los volcanes explicaría, mejor que muchas otras hipó-

tesis que yo conozco, el aumento del caudal de los ríos en las dos primeras épocas del período Cuaternario. Además debió contribuir el deshielo durante el Champlain.

Para confirmar mi primera hipótesis, y como un detalle de las condiciones de nuestros aluviones auríferos, hago constar el hecho de que cuando en la roca que forma el alveo del río hay una hondonada considerable, la *cinta*, o capa rica en oro, no reposa, como es lo común, sobre dicha roca, sino sobre una masa de aluvión pobre, cuya superficie sigue el plano general de la roca fuera de la hondonada. Esto acaba de demostrar que las *cintas* son el resultado de la concentración de aluviones más pobres, y por esto reposan sobre restos de éstos cuando la corriente no pudo destruirlos hasta la *peña* o alveo del río.

Los grandes movimientos de la época Cuaternaria hubieron de producir algunos trastornos en el curso de los ríos en las regiones relativamente llanas, donde no ocupaban valles profundos. De aquí resultó que algunas porciones de los lechos de los antiguos ríos quedaron en seco antes o después de la concentración de los aluviones pobres de la época Champlain. Tales aluviones son los que nuestros mineros llaman *minas de cerro*. En el primer caso son delgados y ricos

como en San Lino (Municipio de Zea), y en el segundo gruesos y relativamente pobres, como en los Municipios de Santa Rosa y Anorí, todos del Departamento de Antioquia.

Llámanse entre nosotros *aventaderos* a ciertos depósitos aluviales auríferos, que se encuentran en valles relativamente estrechos, sobre las faldas de las cordilleras, a algunas decenas de metros encima del nivel de los ríos, y que corren paralelos a éstos. Tales depósitos son una confirmación de mi teoría sobre la génesis de nuestros aluviones auríferos, y ocupan el lugar de las terrazas que se formaron en los valles amplios. Su origen no es otro que la concentración parcial del aluvión pobre de la época Champlain sobre porciones relativamente asentadas de los costados del alveo del río —enormemente mayor que el actual— que corría por el valle o cañón.

En los aluviones auríferos que ocupan el lecho actual de los ríos y riachuelos y parte de sus vegas, el oro está concentrado en la capa de cascajo cementado con arcilla, y siempre ferruginoso, que reposa sobre la peña viva, (*bed rock* de los ingleses) y cubierta por capas en número variable, de cascajo pobre, arena y arcilla. Lo acompañan fragmentos de cuarzo, granates, magnetita y otros óxidos de hierro. Rarísima vez

se encuentran una o dos *cintas* auríferas secundarias, intercaladas en aquellas capas, y que son el resultado de nuevas concentraciones del aluvión pobre que arrastran ordinariamente los ríos auríferos. Para que esto haya podido ocurrir es necesario que en algún tiempo el río haya sufrido alguna obstrucción por derrumbamiento de las faldas vecinas u otra causa semejante, lo cual daría lugar a la acumulación del aluvión pobre mencionado; más tarde, al desaparecer la obstrucción por la acción lenta de las aguas, hubo de tener lugar la concentración *in situ* del depósito accidentalmente formado.

Los grandes ríos auríferos han producido otros depósitos de carácter especial, que tienen su origen en la disminución de la velocidad, y por consiguiente, del poder de transporte, de sus aguas, al salir de los cañones estrechos a las regiones más llanas que se encuentran generalmente en la parte inferior de su curso. Estos aluviones, de espesor y riqueza muy variables, suelen cubrir áreas considerables, y se conocen en Colombia con el nombre de *baños*. A este género pertenecen los lavaderos de oro de Santander y Calero en el Departamento del Valle; los de Candevá y Purí, sobre el río Cauca, y los de La Esperanza, Zaragoza y Pato sobre el Porce y el

Nechí, todos estos en el Departamento de Antioquia; los del río Amari en los Llanos de Oriente; los de Saldaña y Cuairré en los Departamentos de Huila y Tolima; y muchos otros de menos importancia en diversas partes de la República.

La gran extensión de esos depósitos está probando el enorme incremento que tuvo el agua de nuestros ríos en las dos primeras épocas del período Cuaternario; y un estudio formal de aquéllos podría darnos datos muy aproximados sobre la magnitud de fenómenos tan interesantes.

Otro mineral valioso del período Cuaternario es la platina, que en ningún país del mundo se presenta en tanta abundancia como en Colombia. Su yacimiento es el mismo del oro de aluvión, al cual va siempre asociada, aunque en proporciones muy diversas, pues en el Chocó, que es donde más abunda este metal, hay aluviones auríferos cuyo oro sólo tiene 5% de platina, y otros, como algunos del río Condoto, en que la proporción sube a 40 ó más por ciento. Nuestra platina tiene siempre más o menos liga de iridio, osmio, paladio y rodio.

Dije, al hablar de la formación Jurásica en Colombia, que aunque prácticamente desprovista de filones metalíferos, aparece indirectamente relacionada con los aluviones platiníferos. En efec-

to, dichos aluviones, en el Chocó, se hallan solamente en la zona donde los ríos cortan los depósitos Terciarios; y estos depósitos están íntegramente formados por detritus de las rocas trapeanas que tan importante papel desempeñan en la formación Jurásica de la Cordillera Occidental. Por otra parte, los ríos que corren de esta Cordillera hacia el Cauca, aunque muy pobres en oro, presentan siempre este metal asociado a escamitas de platina, de suerte que todos los aluviones profundos del río Cauca, en el Departamento de Antioquia, son platiníferos. Aquel fenómeno es, dentro de ciertos límites, en general en los ríos del Jurásico trapeano de la América y del Terciario que se deriva de él; y por eso se ha hallado platina en varias localidades del Perú, el Ecuador, Centro América, México, California y Oregón.

Esta relación íntima de la platina con las rocas volcánicas más antiguas, que se designan con el nombre genérico de *trapeanas*, es universal; en Rusia, que es hoy el país que produce mayores cantidades de aquel metal, se le halla siempre en aluviones formados por despojos de meláfiro y dolerita. Como en ningún caso se ha encontrado en el mundo un filón platinífero, parece indudable que la platina se halla diseminada, en forma

aún no bien estudiada, en la masa de las rocas traqueanas.

Al presentar aquí este hecho indiscutible, quiero aprovechar la oportunidad de investigar un punto geológico de la mayor importancia. Es opinión casi general entre los geólogos que los granitos representan el material de origen más profundo, hacia el interior de la Tierra, de cuantos aparecen en la superficie de ésta. Tal opinión se funda en que las erupciones graníticas son las más antiguas.

Es innegable que las rocas de que está formada la Tierra tienen mayor densidad mientras más cerca están del centro, una vez que la densidad total del Globo es de 5.5 y la de la superficie de 2.5, lo cual sirvió a Payen para llegar a la conclusión de que la densidad de los materiales que forman el centro de la tierra es de 11.3. Ahora bien, si promediamos el peso específico de los miembros principales del grupo granítico, a saber: granito, sienita y felsita, obtenemos una densidad media de 2.68, mientras que el promedio del grupo traqueano (meláfiro, diabasa, gabro, dolerita y afanita) es de 2.85. Esto sólo bastará para convencernos de que las rocas traqueanas, o volcánicas antiguas, vienen de una profundidad mayor que los granitos y es natural que sean ellas las que contie-

nen la platina, el cuerpo más denso que se conoce; sirviendo este hecho, unido a lo que he observado sobre la densidad, para demostrar que aquellas rocas son la muestra que tenemos de la composición de la Tierra a mayor profundidad.

Para terminar haré constar que se ignora la causa de la mayor abundancia de platina en algunas zonas de nuestra región platinífera, lo mismo que la forma en que aquélla se encuentra diseminada en las rocas trapeanas. Si se confirma la observación de uno de nuestros jóvenes ingenieros, en cuyo criterio tengo gran confianza, don Francisco Gómez, de que en Condoto encontraron granos de platina en un bloque de anfibolita, es posible que sean los diques de este mineral, que en la vertiente de la Cordillera Occidental hacia el Chocó son relativamente frecuentes, los depósitos platiníferos primitivos. Esto explica la desigual distribución de la platina en el Chocó; y por qué los ríos de la vertiente oriental de la mencionada Cordillera apenas presentan huellas de aquel metal.

Medellín, 14 de Abril de 1911.

Tulio OSPINA

APENDICE I

CLASIFICACION DE LOS DEPOSITOS MINERALES CON APLICACIONES ESPECIALES A COLOMBIA

Los depósitos minerales son de forma y magnitud diversas, desde venas del grueso de una hoja de papel y de pocos pies de longitud, hasta grandes filones de 50 o más kilómetros de largo, como el «Mother Lode», de California, la «Veta Madre», de México, y «La Constancia» y «La Justicia», en Antioquia.

La clasificación se funda en la morfología, es decir, en la forma de los depósitos. Las clases son las siguientes:

Capas de estratificación.

Vetas de contacto.

Vetas de fisura.

Vetas de segregación.

Depósitos en cuencas.

Vetas de Rosario.

Impregnaciones.

Stockworks o reboşaderos.

Fahalbandas.

CAPAS DE ESTRATIFICACION

Estas forman parte integrante del sistema geológico en que se encuentran. Siguen las contorsiones de la formación geológica, y con frecuencia las ondulaciones de la superficie del terreno, cuando la erosión no ha alterado ésta. A este grupo pertenecen las capas de carbón mineral y de minerales de hierro, manganeso, yeso, etc., que se explotan en diversos países. También pertenecen a él los *reefs* del territorio del *Rand*, en el Sur de Africa, que son conglomerados cuarzosos entre capas de areniscas, con cuatro a diez pies de espesor y un tenor de doce pesos por tonelada. Puede haberse completado la mineralización de estas capas por la circulación posterior, al través de ellas, de fuentes mineralizantes. Este parece ser el caso de las formaciones de Joannesberg en el Sur de Africa. En el estudio de estas formaciones debe prestar-

se gran atención a los efectos de la erosión; porque una sola capa plegada puede aparecer a primera vista como varias capas superpuestas.

VETAS DE CONTACTO

Estas se encuentran entre capas distintas de una misma formación geológica, o en el punto de contacto de dos formaciones geológicas discordantes, o bien entre una roca eruptiva y otra sedimentaria o cristalina. Tales formaciones son muy comunes e importantes; la más notable es el Mother Lode, de California, entre serpentina y pizarra. Entre nosotros puede citarse como ejemplo el depósito del Zancudo, entre esquistos Jurásicos y conglomerados Cretáceos en el antiguo Zancudo; y en la parte alta llamada *El Pozo*, entre andesita y pórfido sienítico, y la formación Cretácea. En cuanto a su origen, tales minas son depósitos de precipitación entre fisuras que se abrieron en el contacto de las rocas, por ser éste, naturalmente, una zona de menos resistencia.

Su mayor riqueza respecto a los otros depósitos depende probablemente de que al encontrarse en las fisuras aguas procedentes de dos rocas distintas, cargadas de materiales diversos, las precipitaciones fueron más abundantes.

VETAS DE FISURA PROPIAMENTE DICHAS

Se han formado en fisuras francas y definidas que cruzan las rocas indistintamente, sin seguir los contactos de los estratos, y formando ángulos más o menos fuertes con los planos de estratificación. Están caracterizadas por el hecho de presentarse el mineral en forma de fajas o venas, por los respaldos o muros bien definidos y por la existencia de *salbandas* sobre éstos.

Llábase *salbanda* una capa delgada de arcilla que separa el mineral de los respaldos; su nombre vulgar en Colombia es *hurgue* o *alpargate*. Su origen, muy debatido entre los geólogos, es, en mi concepto, el haberse depositado sobre los respaldos, al formarse las fisuras, las materias terrosas que quedaron en suspensión en el agua, antes de principiar el depósito químico de los minerales. Esto se confirma con el hecho de que cuando ocurren reaperturas en el filón se forman nuevas *salbandas*.

Las fisuras se formaron en los movimientos de la costra terrestre, lo que supone gran profundidad en ellas y da excepcional importancia a esta clase de filones. Estas vetas son las más comunes en el mundo y también las más importantes.

Accidentalmente pueden separar dos formaciones geológicas, pero esto no altera su carácter de vetas de fisura. Se hallan tanto en terrenos sedimentarios como en los eruptivos. Se les suele dividir en *vetas simples de fisura*, que son grietas mineralizadas independientes de la estratificación del terreno, y *vetas reales de fisura*, que tienen las mismas condiciones; pero revelan además, por el pulimento de los respaldos o por dislocaciones de sus planos, que las porciones en que la fisura partió el terreno han sufrido movimientos.

Las vetas reales de fisura suelen presentarse siempre paralelas a las cordilleras principales, mientras que las vetas simples tienen en lo general direcciones caprichosas, y son efecto secundario del movimiento de las capas terrestres.

El alisamiento en los respaldos en la fisura ha dependido de que uno de ellos se hudió antes o después de llenarse aquélla. Estos planos pulimentados presentan estrias que indican la dirección del movimiento, y que no siempre son verticales, lo cual prueba que la posición de la veta ha sido alterada por nuevos movimientos del terreno, posteriores al deslizamiento.

Algunas veces las estrias no tienen la misma dirección, lo que demuestra que ha habido diver-

sos movimientos, en distintas posiciones de la veta, como sucede en la mina de La Clara, en Amalfi.

Estos movimientos posteriores al lleno de la veta nos explican por qué en algunas regiones las columnas ricas no son siempre verticales, como ocurre en Rumazón y La Vetilla en 'el N. O. de Antioquia, donde las columnas ricas se inclinan siempre hacia el N.

Otra prueba del movimiento de uno de los respaldos de la veta es la desconformidad que suele presentarse en las formaciones geológicas de uno y otro lado del filón.

Cuando en una región aparecen dos o más series distintas de vetas de fisura, en cuanto a su dirección, aquellas son siempre de edades diferentes, lo que se comprueba con el hecho de que sus minerales difieren en composición mineralógica; y porque las unas cruzan al través de las otras, lo cual revela la edad relativa de las series.

En las vetas de fisura es muy común la disposición del mineral en fajas simétricas, presentando entre las dos del centro geodas o espacios vacíos. Con frecuencia se observa en algunas de las fajas, falsas salbandas que revelan reaperturas que dieron lugar a las variaciones en el

cambio de composición del material mineralizante.

Entre los movimientos posibles de los respaldos puede suponerse uno en sentido oblicuo a la vertical antes de llenarse la veta, lo cual deja una serie alternada de espacios abiertos, que se llenaron después de mineral. Más tarde un nuevo movimiento en el mismo sentido pudo abrir a la mineralización los espacios obstruidos antes, llenándose éstos de mineral más pobre o más rico que el de los primeros. Así explican algunos el paralelismo de ciertas zonas ricas y pobres de un mismo sistema de vetas.

También puede suceder que estas secciones ricas correspondan a una zona de determinada roca en los respaldos; por ejemplo, en una formación geológica cualquiera puede existir una zona en la cual sean más abundantes los metales, y como esta zona por lo regular atraviesa toda la formación en que se encuentra la serie de vetas paralelas, éstas presentarán mayor riqueza dondequiera que crucen la zona propicia.

Otras causas de zonas ricas correspondientes en los filones paralelos son:

- 1°.—La porosidad mayor de la roca en dichas zonas, que afecta toda la serie; y
- 2°.—La existencia de fisuras transversales, a

veces invisibles en la actualidad, que cruzan todo el sistema; pues se ha observado que tales fisuras laterales o transversales contribuyen al enriquecimiento de los filones por haber facilitado la penetración de las sustancias mineralizadas.

Fuera del caso general de que hemos hablado, pueden presentarse estos otros de filones paralelos:

1°.—El en que la fisura se ramificó o dividió al acercarse a la superficie, por la menor resistencia del terreno; y

2°.—El en que a los dos lados de un dique eruptivo se han formado filones, que son verdaderas vetas de contacto.

En el primer caso las ramificaciones suelen ser muy numerosas y sólo el estudio de sus respectivas inclinaciones puede revelar la posibilidad de su reunión en un filón importante a más o menos profundidad.

Algunos ingenieros norteamericanos, fijándose sólo en las regiones que conocen, sostienen que las vetas más antiguas son las que presentan mejores condiciones de riqueza y estabilidad: pero en Colombia no sucede esto, pues las vetas de la época Terciaria son superiores a muchas de los periodos anteriores.

VETAS DE SEGREGACION

Estas consisten en aberturas o cavidades irregulares situadas dentro de la masa de las capas sedimentarias o cristalinas (no en su contacto), y que no tienen por origen una fractura del terreno. Es evidente que el material que las llena procede, por segregación, de la roca encajante. Estas formaciones son irregulares e inciertas. El caso más notable entre nosotros es el de las minas de *Morro Azul* y otras situadas al Oeste de Yarmal; y las venitas en diabasa y grunstein de donde procede el cobre nativo de la quebrada Julio y otros afluentes del Riosucio abajo del Dabeiba.

Sucede a veces que hacia la profundidad estas formaciones se convierten en verdaderas vetas de fisuras. En los Estados Unidos pertenecen a este tipo las minas de plomo argentífero de *Coeur d'Alène* en Idaho y algunas de oro de baja ley en *South Dakota*.

Lo que mejor distingue estas vetas de las de fisura es que no tienen respaldos definidos y pulidos, ni salbanda; y que generalmente se encuentran intercaladas en los estratos de una misma formación, y por lo tanto paralelas a ellos.

DEPOSITOS EN CUENCAS

Pueden dividirse en tres grupos:

1°.—Los que se formaron por precipitación en el fondo de antiguos lagos, como los de plata del *Laurium* en Grecia, ciertas lignitas cargadas de piritas auríferas que se encuentran en Quinchía cerca de Riosucio, y las minas de sal de Zipaquirá, Cumaral y Upin. La forma de estos depósitos es naturalmente lenticular, aunque a veces su mayor espesor en el centro es casi insignificante respecto de su extensión. Tales formaciones son estables y de carácter constante, y su valor depende de su magnitud y de la riqueza de los minerales que contienen.

2°.—Los depósitos minerales que se hallan en antiguas cavernas, en rocas calcáreas u otras que pueden haber sido parcialmente disueltas por las aguas. Tales son las minas de plata, oro y cobre de Jerome en Arizona y las de cobre en *Bisbee* en el mismo territorio. Entre nosotros puede asimilarse a este tipo la mina de plomo de Cucarachero, cerca de Riosucio.

3°.—Los aluviones auríferos de los ríos antiguos y modernos.

Las masas irregulares del segundo grupo, que pueden contener muchos miles de toneladas, sue-

len estar unidas por pequeños hilos o indicios del curso que seguían las fuentes que escavaron las cavernas, y tal vez las que trajeron el mineral.

Por lo regular tales depósitos son ricos en plata, plomo y cobre y pobres en oro, por una regla general que establece que las formaciones básicas, o calizas y magnesianas son más aptas para la producción de aquellos minerales; mientras que las ácidas o cuarzosas dan lugar especialmente a depósitos auríferos.

Tanto morfológica como genéticamente el origen de estos depósitos, cuando son del segundo tipo, es semejante al de las vetas de fisura, pues la circulación del agua que produjo y llenó las cavernas hubo de hacerse a través de fisuras; y en cuanto a las reacciones que dieron lugar a la precipitación de los minerales, debieron ser las mismas que en aquéllas. En efecto, en *United Verde* (Arizona), Miller halló núcleos de la roca del país incrustados en el mineral, lo que prueba que éste había ido reemplazando metasomáticamente dicha roca. En este caso no se necesita la existencia de cavernas previamente formadas y basta suponer que el agua circuló por las fisuras y cambió en mineral la roca en las zonas donde la composición química de ésta permitió las reacciones necesarias para ello.

VETAS DE ROSARIO Y BOLSAS

Son aquellas en que el mineral forma depósitos aislados que se adelgazan en los dos extremos y están unidos por fisuras angostas no mineralizadas.

En muchos casos sólo ha sido accesible y reconocido uno de los varios depósitos, que pueden hallarse a poca distancia uno de otro, y entonces reciben el nombre de *depósitos en bolsas*.

Lo que distingue estos depósitos de los de *cuenca*, es que aunque limitados afectan la forma de verdaderos filones; y en efecto su origen son verdaderas fisuras en las cuales uno de los respaldos se movió antes de empezar el lleno, quedando los dos respaldos adheridos en unas partes, y separados en otras, debido a la irregularidad de la fisura.

En las Vetas de Rosario, como en las Verdaderas Vetas de Fisura y las de Contacto, suelen presentarse *caballos* o masas de rocas desprendidas de los respaldos, de extensión variable, que las dividen en dos o más vetas o fajas de mineral.

En Colorado, Columbia, Nevada y Arizona, son muy comunes estas formaciones. Las minas de *Santa Isabel* y *La María* en el caserío de Re-

medios y varias del Municipio de Valparaíso, pertenecen a este tipo.

Otra clase de depósitos que pueden asimilarse a los que venimos describiendo, por la limitación de su extensión, son los que se forman en algunas masas limitadas de roca eruptiva, en las cuales las fracturas por contracción, al enfriarse, han debido tomar la forma de cuñas, siendo más anchas en la superficie que hacia el fondo, con mayor razón si tales masas reposan sobre rocas sedimentarias que estaban relativamente frías cuando se depositó sobre ellas la eruptiva. Estos depósitos son los que propiamente pueden llamarse *bolsas o cuñas*.

Es claro que estas últimas vetas son del mismo carácter que las de fisura, con la sola diferencia de su menor extensión hacia abajo.

FORMACIONES DE IMPREGNACION

Consisten en una penetración de los materiales mineralizantes en zonas irregulares de los respaldos de una fisura, generalmente de pequeñas dimensiones. Su carácter más marcado es la irregularidad en los límites laterales de la mineralización, y que ésta va disminuyendo paulatinamente, de suerte que no puede decirse con pre-

cisión dónde termina el mineral propiamente dicho.

Es claro que el origen de estas minas se encuentra en la permeabilidad de la roca que forma los respaldos de la fisura, de suerte que las aguas mineralizantes penetraban más en unas zonas que en otras, produciendo depósitos metasomáticos. Varias minas de estaño de Cornualles, en Inglaterra, y otras de Sajonia, lo mismo que algunas de telururo de oro en los Estados Unidos, son de este género.

Ciertos granitos descompuestos y las rocas areniscas son las más apropiadas para realizar las condiciones necesarias para producir este tipo de depósitos, por su mayor permeabilidad.

STOCKWORKS O REBOSADORES

Llámanse así ciertas zonas de rocas cruzadas por numerosas venitas metalíferas, generalmente muy delgadas, que siguen direcciones varias, entrecruzándose y formando una red. Con frecuencia la roca misma, entre las venitas, está mineralizada por impregnación y se explota toda la masa. Estas formaciones se hallan casi siempre en la superficie y son el resultado de ramificaciones de fisuras que en la profundidad tienen la

forma normal. La extensión de tales depósitos es siempre limitada.

Otro caso de Stockworks se presenta en las minas de Independence y Portland, en Colorado, donde un dique eruptivo se ha cuarteado y aparece cruzado por una multitud de venitas.

Las causas de la subdivisión excepcional de la fisura cerca de la superficie pueden ser,, o una percusión violenta sufrida por el terreno, o el acceso de una corriente de agua fría cuando la roca se hallaba todavía muy caliente.

Cuando los Stockworks contienen minerales de oro, zinc y otros muy pesados, se explotan en los Estados Unidos dejando desagregar el material por la acción atmosférica y lavándolo luego en aparatos adecuados. Entre nosotros se trabajan estas minas en la misma forma que los aluviones, y han sido de las más productivas en las zonas donde la acción de la atmósfera ha descompuesto la roca; pero dejan de serlo desde el momento en que es preciso hacer galerías para la extracción del mineral.

Pueden citarse en Colombia los siguientes casos de Stokworks: las antiguas minas de Buriticá; la de Toldafria en Manizales; la Balsa en Pácora; San Antonio, El Pital y La Bolsa, en Marmato; Río Dulce y Nechí en Sonsón.

FAHLBANDAS

Son depósitos de impregnación que siguen determinadas capas de un terreno sedimentario sin penetrar en los estratos que las encierran. Tales capas son casi siempre esquistos arcillosos, arcillas esquistosas y areniscas. Como no toda la capa ha sido igualmente permeable, las zonas ricas o mineralizadas suelen presentar la forma lenticular, y su extensión es variable, alcanzando a veces a varias millas de longitud.

En esta forma se presentan minerales de plata, oro, cobre y cobalto. Estas minas no son ricas en lo general; pero por la abundancia de mineral y por la facilidad con que se extrae dan buenos rendimientos. Son notables las Fahlbandas auríferas de Dakota, las argentíferas de Noruega y las cupríferas de Alemania. El único caso de Fahlbandas que conocemos en Colombia lo constituyen los depósitos de cinabrio del Quindío.

Algunas veces no es explotable toda la masa de la formación, pero se trabajan las vetas que la cruzan y que sólo son productivas dentro de las Fahlbandas.

En cuanto al origen de esta clase de depósitos, puede aceptarse el que la procedencia de las aguas mineralizantes es la misma que en las ve-

tas de fisura; y su predilección por determinada capa de la formación debió depender de la composición química de ésta, o de su mayor porosidad.

APENDICE II

ZONAS AGRICOLAS DE COLOMBIA CON RELACION A LAS FORMACIONES GEOLOGICAS

ZONA DE ROCAS GRANITICAS Y ESQUISTOS CRISTALINOS.—En términos generales, puede decirse que esta formación, que pertenece a las épocas Arcaica y Paleozoica, ocupa el eje de la Cordillera Central y sus vertientes hacia el valle del Magdalena, principiando por una banda angosta, al Sur, que va anchándose más y más hacia el extremo Norte; si bien estas rocas al Sur del páramo del Ruiz, y sobre todo en las regiones de Popayán y Pasto, están cubiertas por terrenos volcánicos que estudiaremos a su tiempo. Constituyen también este grupo de rocas la masa central de la Cordillera Oriental, desde Santa Rosa de Viterbo hasta la Sierra Nevada de Santa Marta, algunas porciones aisladas del eje de la Cordillera Occidental en Antioquia y el

Cauca, y el macizo montañoso situado en el extremo Oriental de la República, en los límites con el Brasil.

A primera vista parece que este grupo de rocas, que tiene los elementos para producir suelos suficientemente provistos de sílice, arcilla y álcalis, debiera dar nacimiento a tierras feraces, pero sucede lo contrario, por varias razones, a saber: 1ª. Por su pobreza en cal, excepto en algunos parajes donde las rocas contienen algo de apatita; 2ª. Porque frecuentemente los feldespatos resisten a la descomposición; 3ª. Porque donde esto no ocurre, pero predomina el cuarzo, las tierras, demasiado porosas, dejan escapar en las infiltraciones subterráneas las sales solubles que resultan de la descomposición de los feldespatos; y 4ª. Por el exceso de hierro procedente de la descomposición de la mica y en anfibolo.

En efecto, los suelos que proceden del grupo de rocas que nos ocupan son o demasiado impermeables por el exceso de arcilla, o excesivamente porosas por predominar la arena cuarzosa. En este último caso, que es el más común, los terrenos, si adquieren algo de *humus* de los despojos de la vegetación secular, toman el tipo de los llamados en Francia de *bruyères*, es decir, de helechos .

A las circunstancias anteriores se agrega el que, estando generalmente la formación en cuestión en las montañas elevadas, la falta de calor suficiente contribuye a hacer esas tierras poco aprovechables.

El mayor defecto que suelen presentar las rocas estratificadas de este grupo es que, debido a la dificultad con que la acción atmosférica descompone los esquistos cristalinos (micáceo, talcoso, arcilloso, etc.), el subsuelo suele ser muy poco profundo, y no alcanza a recoger en la estación lluviosa bastante agua para alimentar las plantas en la seca. Por esta razón han dado siempre malos resultados los cafetales sembrados en la zona de dichos esquistos.

Los vegetales que mejor se producen en esta clase de tierras son árboles de madera fuerte, y las gramas, por lo cual casi dondequiera las vemos convertidas en prados. En algunas partes se cultivan en ellas, aunque con poco éxito y por un tiempo limitado, el trigo y el maíz. El centeno reemplazaría con ventaja a estos dos cereales.

Las tierras de este grupo son las que más notablemente mejoran con el empleo de la cal como correctivo.

Los aluviones que se forman en los valles de la zona granítica y cristalina son de calidad bas-

tante buena, porque en ellos están los elementos de las rocas bien mezclados y perfectamente pulverizados.

ZONA DE LOS ESQUISTOS NO CRISTALINOS Y DE LAS DIABASAS Y EL TRAP. Este grupo, que pertenece a la época Jurásica, comprende toda la Cordillera Occidental inclusive sus vertientes hacia el valle del río Cauca, y en gran parte hacia la región del Chocó. También corresponden a él las vertientes occidentales de la Cordillera Central, desde San Jerónimo en Antioquia hasta bastante al Sur del Departamento del Cauca.

Las rocas principales de este grupo, son, entre las neptunianas, los esquistos cuarzosos y arcillosos y las molasas o areniscas feldespáticas; y entre las de origen plutónico, las diabasas, los traps y el grunstein. Todas ellas tienen una proporción suficiente de cal en los feldespatos, de lo cual resulta, lo mismo que de sus condiciones físicas en general, una notable feracidad; si bien los terrenos procedentes de las rocas eruptivas, suelen resultar deficientes en cuanto a permeabilidad.

Como las rocas de la formación Jurásica ocupan alturas muy variables, desde el nivel del valle del río Cauca hasta la cima de las cordilleras,

los productos de los suelos soportados por ellas son muy diversos, haciéndose notar especialmente entre ellos, en las rocas de origen neptuniano, el maíz y el café; y en las de procedencia plutónica los prados artificiales.

Los valles formados por los detritus de estas rocas son más fértiles que los procedentes de las rocas graníticas y cristalinas.

ZONA DE LAS ARENISCAS, MOLASAS, MARGAS Y ARCILLAS CRETACEAS. — El terreno Cretáceo constituye toda la masa de la Cordillera Oriental, desde su origen hasta el centro del Departamento de Santander; de aquí hacia el Norte ocupa los dos flancos de dicha Cordillera. Además se encuentra en las faldas de la Cordillera Central que encierra el valle del alto Magdalena, de Honda para arriba. Existe también un antiguo mar interior de terreno Cretáceo que principiaba en las llanuras del Departamento de Bolívar y se prolongaba, estrechándose, por la hoya hidrográfica del río Cauca, en los Departamentos de Antioquia, Caldas y el Valle, hasta las cercanías de Cali.

Las rocas de esta formación, menos metamorfosadas que las de las dos anteriores, son en lo general permeables y fácilmente desagregables, lo cual, unido a la complejidad de su composición

química y a que alternan con frecuencia, lo que hace que en los suelos se mezclen sus elementos, da origen a terrenos de excelente calidad; excepto en los puntos donde predominan los conglomerados y las areniscas cuarzosas puras.

La presencia local de estrechas capas de calcáreo suele aumentar mucho la feracidad de aquellas tierras.

Por otra parte, esta formación ha sufrido menos los efectos de la contracción de la costra terrestre, lo que hace que presente superficies más llanas, o mejor dicho, menos accidentadas.

En esta zona prosperan todos los cultivos propios de nuestro clima, pero es especialmente adecuada al de la caña de azúcar.

ZONA DE LOS TERRENOS TERCARIOS, CUATERNARIOS Y RECIENTES. —

Todas las regiones de la República no comprendidas en las zonas anteriores, y en la Volcánica de que se hablará en seguida, se hallan cubiertas por este grupo de rocas, y pueden mencionarse como muy extensas e importantes las partes llanas de los valles del Magdalena y el Cauca, las vastas llanuras situadas al Oriente de la República, y toda la faja angosta y muy larga que constituye lo que se llama el Chocó, desde los

Golfos de Urabá y San Miguel hasta los límites con el Ecuador.

Con excepción de esta última sección, donde las condiciones meteorológicas son muy adversas a la Agricultura por las lluvias casi continuas que se originan de estar comprendida en la Zona de las Calmas, toda la región en cuestión puede considerarse como extraordinariamente fértil, pues se encuentra formada por molasas, margas, arcillas y aluviones, en cuya composición entran los más variados elementos. Además, estos terrenos, cuya posición primitiva ha sido muy poco perturbada, son en lo general planos.

La única circunstancia adversa es, en algunas localidades, la excesiva sequedad, debida a mucha permeabilidad. Esto ocurre principalmente en los llanos de Casanare, San Martín y Medina, en la proximidad de la Cordillera Oriental; y en las llanuras de Corozal, Ayapel y Valledupar, donde las extensas planicies no están cubiertas de bosques, sino de gramíneas naturales. La causa de este fenómeno es que los ríos, donde los terrenos Terciario y Cuaternario han sido más levantados sobre el nivel del mar, han abierto en ellos cauces profundos que sirven de drenaje natural, eficazmente ayudados por la gran permeabilidad de las rocas.

Entre los varios cultivos a que se presta esta zona pueden citarse con especialidad el cacao, el caucho, el banano y los potreros de pará y guinea.

Cuando en los valles o vegas predomina extraordinariamente la arena silicosa muy permeable, son poco apropiados para los cultivos ordinarios; porque los abonos naturales procedentes de la atmósfera y de los detritus de la vegetación, se escurren hacia el subsuelo; pero en cambio, es allí donde crecen los bosques de árboles más corpulentos, cuyas raíces van a buscar su alimento en las capas profundas. Ejemplo de ello son las vegas del río Magdalena.

Es de advertir que la fertilidad no es igual en los tres grupos de terreno que forman esta Zona, sino que va disminuyendo con la antigüedad de la formación; de suerte que el Terciario es en lo general menos feraz que el Cuaternario; y éste menos que los aluviones recientes. Como ejemplo de la gran fertilidad de los últimos podemos citar las vegas del Magdalena y del Cauca; y como muestra de la superioridad del Cuaternario sobre el Terciario pueden citarse los parches aislados que constituyen la sabana de Bogotá, y el valle de Fúquene en Cundinamarca; y el de Medellín en Antioquia.

ZONA VOLCANICA.—Aunque muy poco extensa, merece esta zona mención especial por su extraordinaria fertilidad. Ella comprende los terrenos cubiertos por *Breccias* y arenas traquíticas, situadas alrededor de los volcanes de Pasto, del Puracé, del Huila y del Ruiz, y de la serie de pequeños volcanes apagados que se encuentran en Antioquia, en el valle del río Cauca, desde la confluencia del río Arma, hasta la confluencia del riachuelo Amagá.

Estos terrenos reúnen todas las condiciones apetecibles para la agricultura, si bien en algunos puntos suelen ser demasiado impermeables por el exceso de arcilla. Los cultivos que en ellos pueden hacerse son todos los de nuestra zona, acomodándolos, naturalmente, al clima de la localidad.

APENDICE III

Como el presente opúsculo tiene por objeto no sólo el sentar los rasgos generales de la Geología de Colombia, sino también servir de guía a los mineros y agricultores en sus labores, hemos creído conveniente agregarle un método empirico de clasificar las rocas más comunes, que puede ser útil a las personas que no han hecho estudios de Petrografía y Geología, y que en la enseñanza ha dado excelentes resultados aun para los estudiantes versados en estas ciencias.

Lo primero es darse cuenta de los caracteres físicos de los minerales que forman las rocas; y luego, al tener que clasificar una de éstas, determinar el grupo a que pertenece según los rasgos que distinguen los cinco que constituyen la clasificación.

MINERALES QUE CONSTITUYEN LAS ROCAS

CUARZO.—Cristaliza en rombohedros exa-

gonales, trapezoidales. Los cristales comunmente son prismáticos con las caras del prisma estriadas horizontalmente, terminación piramidal. Fractura irregular subconchoide. No se deja rayar con la navaja. Generalmente es blanco traslúcido con brillo de esmeralda en las fracturas recientes, otras veces se presenta transparente (vulgo cristal de roca). De ordinario es incoloro o blanco, pero puede presentarse ligeramente teñido de rosado, violáceo y otros colores suaves. Se encuentra siempre en los granitos en forma granular, en otras rocas en cristales rudos frecuentemente corroídos. Dureza: 7; peso específico: 2,65 a 2,66.

FELDESPATOS ORTOCLASICOS O MONOCLINICOS.—Se encuentran éstos en las rocas ácidas —claras y poco pesadas—. Se dejan rayar con dificultad por la navaja, pues tienen 6 a 6,5 de dureza; peso específico de 2,5 a 2,6. Son traslúcidos y su lustre vitreo o aperlado. El color es generalmente blanco y los cristales que aparecen partidos en los planos de fractura de la roca son aproximadamente rectangulares. Los 2 clivajes principales en ángulo recto. Casi nunca son transparentes. No los ataca el ácido clorhídrico.

Hay dos variedades principales: el *ortoclasa* propiamente dicho y la *sanidina*. La última sólo se presenta en las rocas volcánicas y genuinas y se reconoce por los cristales tabulares y rajados o fracturados, más transparentes.

FELDESPATOS PLAGIOCLASICOS O TRICLINICOS.—Se encuentran en las rocas básicas —obscuras y pesadas—. Se diferencian de las del grupo anterior en que en éstos el ángulo entre los planos de clivaje más visible es de 90 grados y en aquéllos de menos de 90 grados. El principal distintivo son las rayas paralelas que se ven con el lente en la cara del clivaje basal.

He aquí las principales variedades con sus caracteres distintivos: *oligoclasa*. Se halla en dioritas, porfiritas y andesitas; también con ortoclasas en algunos granitos y traquitas. Se raya difícilmente con la navaja. Brillo vítreo aperlado. Textura masiva, es decir, no granular. Color blanco y a veces gris, verdoso o rosado. Transparente o subtransparente. *Labradorita*. Se halla principalmente en gabros, doleritas y basaltos. En general con los mismos caracteres del anterior, del cual se distingue por su brillo aperlado muy marcado y con visos atornasolados y en que se presenta casi siempre en acumulaciones granula-

res. *Andesina*. Se halla en dioritas, porfíditas y andesitas. No la ataca el ácido clorhídrico. Se raya con bastante dificultad con la navaja. Brillo subvitreoso o aperlado. En lo demás como el anterior, del cual se distingue también por mostrarse casi exclusivamente en las traquitas de Sud América. *Albita*. Se encuentra en toda clase de rocas, principalmente en granitos, sienitas, pórfidos y lavas felsíticas. No la ataca el ácido clorhídrico. *Anortita*. Estructura masiva. Cristales raros. Se la encuentra principalmente en andesitas, basaltos, dioritas y gabros. La ataca el ácido clorhídrico. Se disuelve con separación de sílice gelatinosa.

MICAS.—Su rasgo característico es el presentarse en láminas hojosas, que se subdividen con la navaja en hojas más delgadas. La navaja las raya con facilidad. Las dos variedades principales se distinguen como se expresa en seguida: *Moscovita*, color blanco o amarillo obscuro o moreno; brillo metálico aperlado. *Biotita*, color de verde obscuro a negro; brillo aperlado.

CLORITA.—Se presenta en granos, que suelen dejarse dividir con la navaja en láminas elásticas, menos delgadas que las del talco y la mica.

Es un poco menos blanda que el talco. Color de verde oscuro a azul verdoso. Se halla casi siempre acompañada de talco, o en la serpentina.

TALCO.—Como la mica, se presenta en pequeñas masas hojosas; pero se distingue de aquellas en que se deja desintegrar fácilmente con la uña y el polvo que resulta es jabonoso al tacto. Color de blanco verdoso a azul claro; brillo aperlado.

ANFIBOLOS.—Los minerales del grupo anfibolo cristalizan en los sistemas ortorrómbico, monoclinico o triclinico. No los ataca el ácido clorhídrico. Dureza 5 a 6. Peso específico 2,5 a 3,5. Se presenta en cristales de color oscuro, fibroso o estriado y de forma por lo general columnar, aunque con las variaciones que se expresan en seguida como características de las variedades más comunes. *Anfibolos propiamente dichos.* Se raya con facilidad con la navaja. Cristales columnares cortos y fibrosos de color oscuro, grisoso o negro. *Actinolita.* Cristales columnares que afectan en parte la forma de cuchillas y fibras. Color verde brillante o de yerba; brillo vítreo. *Esmaragdita.* En cristales foliados u hojosos, rara vez masiva; color verde de yerba; brillo vítreo. Generalmente no se encuentra sino en el

gabro y la eclogita y es variedad de la actinolita.

PIROXENOS.—Este grupo de minerales presenta caracteres muy semejantes a los del grupo de los anfíbolos; y para distinguirlos deben tenerse en cuenta las siguientes observaciones: 1°. El ángulo que forma el prisma oblicuo de los cristales de los anfíbolos es de $124^{\circ} 30'$, mientras que el de los piroxenos es de $87^{\circ} 5'$; 2°. Por regla general los anfíbolos no se encuentran sino en rocas muy silíceas, y por consiguiente acompañados de cuarzo, feldespato ortoclasa y mica moscovita; mientras que los piroxenos se encuentran en rocas que no contienen cuarzo libre, y asociados a los feldespatos plagioclásicos, la mica biotita y la olivina; 3°. La presencia en la roca de minerales amigdaloides calcáreos probará que el mineral dudoso es piroxeno; 4°. El clivaje del piroxeno es menos marcado y de venitas.

Las dos principales variedades de este grupo son: *Piroxeno propiamente dicho* o *augita*, se encuentra en las rocas plutónicas y volcánicas más básicas, tales como gabros, doleritas, andesitas y basaltos. Se descompone fácilmente en clorita. Es tan duro como el feldespato. Cristales columnares gruesos y cortos. De color verde oscuro o negro. Lustre vítreo o resinoso. *Dialaga*. Cris-

tales delgados y foliados u hojosos, aunque no se separan las hojas con facilidad. Color verde de yerba. La navaja lo raya con facilidad. En las caras de las hojas tiene un lustre aperlado sub-metálico.

OLIVINA.—Sólo ocurre en las rocas ultrabásicas, gabros, doleritas, basaltos, limburgitas y peridotitas. No se deja rayar por la navaja. El color varía de verde amarilloso obscuro a verde de botella. Su lustre es vítreo. Se encuentra también en formas prismáticas y tabulares. Cristaliza en el sistema ortorrómbico. Dureza 6,5 a 7. Peso específico 3,27 a 3,37. Se altera fácilmente en productos serpentinosos.

CLORITA.—Cristaliza en el sistema monoclinico en cristales tabulares de 6 lados. Clivaje basal perfecto. Las hojas son flexibles pero no elásticas. Dureza 2 a 2,5. Peso específico de 2,65 a 2,75. Color verde. Lustre vítreo aperlado. Generalmente es un mineral de origen secundario que proviene de la descomposición de mica, anfíbolo o piroxeno. El color verde de algunas de las rocas más básicas alteradas proviene de la transformación de los minerales ferromagnesianos en clorita.

GRANATE.—No se deja rayar con la navaja. Se presenta en granos arredondados o cristales dodecahédricos, de color rosado a rojo, más o menos amarilloso. Cuando es negro se llama *melanita*. Se encuentra casi exclusivamente en las rocas metamórficas. Generalmente es transparente o traslúcido; y su brillo vítreo. Dureza 6,5 a 7; peso específico 3,15 a 4,3.

CALCITA.—Se deja rayar fácilmente con la navaja, produciéndose una raya blanca. Esta circunstancia y la de producir efervescencia por la aplicación de una gota de ácido clorhídrico frío, la distinguen de los feldespatos, únicos minerales con que podría confundirse. Suele ser transparente o de brillo vítreo, pero por lo general es opaca y terrosa. Este mineral es el carbonato de calcio, y constituye, con mezcla de otras sustancias secundarias, todas las rocas calcáreas. A veces se halla mezclada con la *Dolomita* o carbonato de calcio y magnesia, a la cual se asemejan todos sus caracteres, excepto a que la última no produce efervescencia sino cuando se la somete, pulverizada, a la acción del ácido clorhídrico caliente.

ARCILLA.—Es la sustancia conocida vul-

garmente con el nombre de greda. Se encuentra de diversos colores, y desde blanda o plástica, hasta compacta y endurecida por la presión y el calor. Su carácter más distintivo es que se adhiere a la lengua húmeda. Se la distingue de la calcita y la dolomita terrosas en que no produce efervescencia con los ácidos.

CLASIFICACION DE LAS ROCAS

GRUPO I

ROCAS GRANITICAS

CARACTERES GENERALES.—Están compuestas de granos cristalinos gruesos, que se hallan unidos sin ningún cemento, lo que las hace aparecer puntuadas o *saraviadas*. Generalmente se presentan en grandes masas.

GRANITO.—Cuarzo, feldespato, ortoclasa y mica. Según el color del feldespato puede ser gris, rosado, etc. Cuando contiene feldespato plagioclasa en cantidades casi iguales al ortoclasa, se llama *monzonita*.

SIENITA.—Contiene cuarzo en cantidades menores que el granito. Feldespato ortoclasa y anfíbolo, los mismos colores que el granito.

SIENITA DE NEFELINA.—La sienita de nefelina desarrolla el tipo porfiroide, por la presencia de la nefelina en proporción casi igual a la ortoclasa.

GRANITITA.—Granito en que predominan el cuarzo y la biotita, en vez de moscovita.

GRANULITA.—Granito en que predomina casi exclusivamente el feldespato.

PROTOGINO.—Granito en que la mica es reemplazada por talco o clorita.

GRANITO PORFIDICO.—Granito con cristales grandes de feldespato o cuarzo, que se destacan en la masa uniforme de la roca. Cuando la mica es moscovita se llama *elvan*.

DIORITA.—Feldespato oligoclasa y anfíbolo.

SIENITA PORFIDICA.—Sienita con cristales grandes de feldespato distribuidos en la pasta de la roca. Puede ser *anfíbólica*, *micácea* o *augítica*.

DIORITA CUARZOSA O ELIOLITICA O DACITA.—Feldespato ortoclasa y oligoclasa,

con cuarzo y anfíbolo. Si tiene mica y ésta predomina sobre el anfíbolo, se llama *diorita micácea*. Si ocurriere lo mismo con la augita, se llamaría *augítica*.

GRANODIORITA.—Es una diorita aún más ácida que la diorita común y por la presencia de feldespatos plagioclásicos menos ácida que la cuarzosa.

GRANITO GRAFICO.—El que contiene grandes cristales de feldespato con cristaltos de cuarzo incrustados en ellos, o viceversa. La mica suele hallarse en proporción muy pequeña.

EURITA.—Granito o sienita de grano muy fino.

PEGMATITA.—Granito con cristales excepcionalmente grandes de mica moscovita, o de anfíbolo, o de ambos. Cuando los granos son más pequeños y hay poca ortoclasa, se llama *aplita*. Generalmente forma venas o masas de segregación en los granitos.

ANFIBOLITA.—Sienita sin feldespato y en la cual predomina el anfíbolo.

PIROXENITA.—Es de color obscuro por la

ausencia casi absoluta de feldespato; la piroxenita es prácticamente piroxeno, aunque éste puede estar asociado con diversos minerales ferruginosos.

ECLOGITA.—Consiste en anfíbolos y piroxenos verdes brillantes.

GABRO.—Feldespato labradorita, y piroxenos. Es la diabasa de constitución granítica, y por eso se pone en este grupo, aunque genésicamente pertenece al siguiente. Cuando tiene anfíbolo se llama *gabro anfibólico*; si contiene alguno de los piroxenos ortorrómbicos se llama *norita*, y *anortita* cuando es casi sólo labradorita y piroxenos como silicato obscuro, pero a menudo es insignificante.

GRUPO II

ROCAS TRAPEANAS O INTRUSIVAS

CARACTERES GENERALES.—Son criptocrystalinas, es decir, compuestas de cristales o granos borrosos e imperfectos. Se encuentran en diques o masas limitadas y las caracteriza la apariencia vítrea de los feldespatos.

FELSITA.—Mezcla íntima de feldespato ortoclasa y cuarzo. Fractura lisa, o conchoide, quedando los fragmentos con filo acentuado; colores claros.

ELVANITA.—Felsita con cristales o granos aislados de feldespato y cuarzo.

PORFIDO COMUN.—Felsita, generalmente oscura, con cristales de feldespato. Puede ser *porfirita anfibólica o sienítica y porfirita micácea*. Según que contenga algo de anfibolo o de mica. Se subdivide en:

- a). *Ortofiras*. Si entre los cristales porfirizantes abunda un feldespato alcalino, monoclinico
- b). *Pórfiro rómbico*. Si dichos cristales son romboidales, es decir, de anortoclasa.
- c). *Queratofiras*. Si los cristales porfirizantes son de un feldespato alcalino rico en soda y a veces cuarzo.

PORFIDOS CUARZOSOS.—Son pórfidos que contienen entre los cristales porfirizantes, cuarzo y feldespato ortoclasa. Si la pasta de la roca está formada de cristales perceptibles aunque pequeñísimos, la roca se llama *microgranito*; si los compuestos de la pasta son cristales perceptibles de cuarzo y ortoclasa, pero deformados, se llama

granofiro; si la masa es homogénea como felsita, *felsofiro*, y si es vítrea, *vitrofiro*.

PORFIRITA.—Córresponde a las dioritas. Es un pórfido de pasta microcristalina, felsítica y amorfa, en que los cristales porfirizantes son plagioclase, anfíbolo, mica negra o piroxeno, a veces algo de cuarzo. Según el mineral que predomine, se llama pórfido *micáceo*, *anfíbólico* o *cuarzoso*.

PORFIRITA AUGITICA.—Está formada por una pasta microcristalina, criptocristalina o vítrea de plagioclase en forma de agujas, augita y olivina, con cristales porfirizantes de los mismos minerales. Si éstos son de labradorita, se llama *porfirita labradorítica*; si la pasta descrita no tiene cristales porfirizantes apreciables, se llama *espilita*.

MELAFIRO.—Masa terrosa de color obscuro o casi negro. Se compone de plagioclase, augita y olivina. Puede decirse que es el basalto de las erupciones trapeanas.

LAMPROFIRAS.—Masa felsítica o porfídica; pero los minerales porfirizantes son del grupo ferro-magnésiano, es decir, biotita y anfíbolo

y a veces también olivina y augita. Son oscuras y pesadas. Si predomina la biotita se llama *Minete*. Si el anfíbolo, *Vogerita*. Estos dos tipos se llaman *kersantita* y *camptunita*, si el feldespato de la pasta es plagioclásico.

DIABASA.—Feldespato plagioclasa con piroxeno y olivina casi confundidos en la masa, de suerte que vista a alguna distancia aparece ésta de un color verde uniforme, sobre todo si la roca empieza a alterarse. Suele ser brechoide y amigdaloides; cuarzosas y ensteatíticas o hiperesténicas.

AFANITA.—Diabasa en que los granos de los minerales que la constituyen son tan finos que no se reconocen a la simple vista. Se la distingue de la felsita por su menor dureza, y por la aspereza relativa de los planos de fractura.

VARIOLITA.—Afanita con nódulos orbiculares, regularmente distribuidos en una pasta feldespática más clara que la roca.

SERPENTINA.—Aunque esta roca pertenece desde el punto de vista genésico al grupo V, se coloca aquí por su semejanza con la afanita, de la cual se distingue por ser grasosa al tacto y por presentar vetas irregulares o manchas de

un color más subido que la masa general, de donde le viene su nombre. Sus colores ordinarios son el verde y el azul en todos sus tintes. Cuando aparece estratificada o foliada, se llama *serpentina pizarrosa*. Si el material serpentinoso está mezclado con calcita y ésta es predominante, se llama *oficalcita*.

DOLERITA.—Feldespató labradorita, y piroxeno, con algo de magnetita. Color obscuro, fractura brillante. Puede ser porfirítica, cuando exhibe cristales de feldespató aislados en la masa; escoriácea, cuando contiene pequeñas cavidades, vacías o llenas, resultado del enfriamiento de la roca cuando se hallaba en estado de efervescencia, generalmente rojiza por su descomposición. (Genésicamente pertenece al grupo III, y por eso se repite allí su descripción).

PERIDOTITA.—Es una diabasa de color muy obscuro por predominar extraordinariamente la olivina y el piroxeno y tener muy poco feldespató, al descomponerse se convierte en serpentina.

GRUPO III

ROCAS VOLCANICAS

CARACTERES GENERALES.—Compuestas de una masa terrosa (es decir, de apariencia opaca), o vitrea, con o sin cristales aislados de otros minerales, especialmente de feldespato de aspecto vitreo o aperlado. Procede generalmente de erupciones volcánicas de los últimos periodos geológicos.

TRAQUITA.—Masa terrosa de sanidina con cristales aislados de la misma o de piroxeno o de ambos y sin nada de cuarzo; áspera al tacto y suele ser vesicular. Los colores más comunes son el rosado, el gris y el blanco. El gris verdoso se debe a la presencia de la augita, de color verde pálido, suele tener algo de anfibolo y de biotita, y entonces se llama *traquita anfibólica* y *traquita biotítica*, *augítica*, etc. Según el mineral extraño que exista. Puede ser porfidítica.

FONOLITA.—Semejante al basalto pero de color claro. El feldespato es sanidina, nefelina o leucita, y en vez de piroxeno contiene anfibolo. Fractura tabular. Puede ser porfidítica con cristales de nefelina.

DOMITA.—Puede considerarse como una variedad de la traquita en que parte del piroxeno está reemplazado por anfibolo y el feldespato plagioclasea es de los más ácidos.

TRAQUITA MICACEA. — Traquita con mica.

ANDESITA.—Traquita en que la masa en vez de ser terrosa es dura y compacta. Predomina el feldespato andesina. Se asemeja a la traquita, pero se distingue de ella por la ausencia de cuarzo; puede ser micácea, anfibólica o augítica. Cuando se halla parcialmente descompuesta se llama *propilita*. Corresponde al grupo diorítico, es más obscura que la traquita, se encuentra en lavas y a veces en diques.

RIOLITA.—Corresponde a los granitos, casi siempre con granos de cuarzo. Con frecuencia es porfídica, suele ser cinteada. La pasta es vítrea o semivítrea.

LIPARITA.—Riolita porfiroide pero sin los cristales porfirizantes de feldespato.

PERLITA.—La misma pasta vítrea o esmalada de la riolita, pero sin cristales extraños debido al enfriamiento rápido.

PANTELERITA.—Riolita o liparita en que el feldespato ortoclasa predomina sobre la sanidina.

BASALTO.—Masa terrosa, compacta y dura, de feldespato plagioclase y olivina, aunque estos minerales no se distinguen a la simple vista; y con cristales aislados y muy pequeños de los mismos minerales. Color negro u oscuro; fractura conchoide. Puede ser escoriáceo o vesicular. Cuando está en grandes masas se fractura en columnas prismáticas. Se divide en *basalto de olivina* y *basaltos sin olivina*, y una variedad vítrea que se llama *hialobasalto*.

TEFRITA.—Es un basalto que contiene feldespatos de soda y cal, nefelina, y augita. Si contiene olivina se llama *besanita*.

DOLERITA.—Idéntica composición a la del basalto; pero sin olivina. Puede ser granitoide, escoriácea, porfidítica o amigdaloides. Este último término, que puede calificar a casi todas las rocas volcánicas, quiere decir, que entre las cavidades de la roca que en un principio fue escoriácea, se han depositado minerales extraños, de color más claro, y que tienen el aspecto de almendras.

DACITA.—Es una andesita sin cuarzo, generalmente de aspecto granítico, compuesta de plagioclasa, cuarzo y biotita, anfibolo o piroxeno; y generalmente son porfidíticos. Si la pasta es felsítica se llama *felsodacita*.

OBSIDIANA.—Verdadero vidrio natural, con todos sus caracteres iguales. Su color varía de verde a negro. Puede ser porfidítica; es la forma vítrea de la liparita y de la riolita por contener cristales aislados de sanidina.

PIEDRA POMEZ.—Obsidiana vesicular y escoriácea. Varía de blanca a gris. Por ser muy esponjosa flota en el agua. Es la forma cavernosa de la liparita y la riolita.

GRUPO IV

ROCAS SEDIMENTARIAS Y SEMIMETAMORFICAS

CARACTERES GENERALES.—Tuvieron su origen en el depósito de materiales debajo del agua, por lo cual son casi siempre laminadas, foliadas o por lo menos estratificadas, es decir, for-

madas de gruesas capas superpuestas. Se hallan generalmente en masas extensas, y el metamorfismo, cuando ha existido, no altera profundamente el carácter de la roca.

ARCILLA O LOAM.—Es arcilla, desde friable hasta compacta o foliada. Colores variados debido a la presencia de hierro, sílice o de materias orgánicas; y cuando estos elementos extraños son muy abundantes, la arcilla se apellidará *silicea*, *ferruginosa* o *turbosa*, según el caso. Se llama *shale* cuando es foliada, con las hojas o láminas paralelas a la estratificación.

PIZARRA.—Arcilla compacta y laminada. Colores muy variados, que modifican de acuerdo su designación. Puede contener cuarzo, clorita o talco, lo que le dará las denominaciones de *cuarzosa*, *clorítica* y *talcosa*.

MARGA.—Mezcla de arcilla y calcita pulverulenta. Colores claros. Se desagrega por la acción de la atmósfera; y produce efervescencia con los ácidos. En cuanto a consistencia, puede ser desde friable hasta compacta. También puede ser conchífera.

CALCAREO.—Agregado de calcita que

puede ser compacto, friable, granular o cristalino y oolítico. Se le da esta última denominación cuando está formado de partículas esféricas cementadas, y si éstas son grandes se llama *pisolítico*. Produce efervescencia con los ácidos; y los colores son muy variados. Cuando aparece negro por la presencia de materias orgánicas, se llama calcáreo *bituminoso*. El blanco y friable se llama *creta*. Cuando los calcáreos muestran los restos orgánicos que lo forman, se llamarán según el carácter: *calcáreo coralino*, *calcáreo numulítico*, *calcáreo crinoidal*.

CIPOLINO.—Calcáreo con bastante mica o talco.

MARMOL.—Calcáreo cristalino, de grano fino y compacto. Colores varios.

TUFA CALCAREA.—Calcáreo poroso, friable, que procede de fuentes minerales.

ARENA.—Granos de cuarzo sin cemento que los úna. A veces existen elementos granulares como feldespato, mica, etc.

ARENISCA.—Granos de cuarzo unidos por un cemento; pueden ser éstos finos o gruesos.

Puede ser *ferruginosa*, *arcillosa*, *calcárea* o *bituminosa*, según el carácter del cemento.

ARKOSA.—Arenisca con granos de feldespato mezclados con el cuarzo.

CASCAJO.—Depósito de pedrezuelas sueltas arredondeadas.

CONGLOMERADOS.—Cascajo compacto unido por cemento natural. Si éste es metamorfoseado, se llama *metaconglomerado*.

BRECCIA.—Conglomerado de fragmentos angulosos de rocas. Puede ser silicea o calcárea.

TUFA VOLCANICA.—Breccia de pequeños fragmentos de traquita y otras rocas volcánicas, en que predomina mucho el cemento, el cual no es otra cosa que las cenizas volcánicas endurecidas. Según los fragmentos que la formen, se llama *tufa traquítica*, *tufa riolítica*, *tufa andesítica* o *tufa basáltica*. Cuando en la masa aparecen numerosos cristales de piroxeno, se llama *peperino*. Si predomina el cemento, se llama *lodo volcánico*. Si los fragmentos son grandes, *conglomerado* o *breccia volcánica*, siempre que aquéllos sean redondos o angulares.

TURBA.—Masa de materia orgánica, carbonácea, opaca, y muy friable y esponjosa.

LIÑITA.—Como la anterior, pero compacta. Ambas se distinguen de las dos siguientes por dar un polvo café cuando se raspan, y desprender un olor empireumático al quemarlas.

HULLA.—Masa carbonácea compacta. Color negro muy subido y lustre resinoso.

ANTRACITA.—Como la anterior, pero su fractura es conchoide y el lustre no es vítreo sino submetálico.

GEISERITA.—Concreciones arredondeadas de sílice, a veces opalina y desde compactas a esponjosas. Color blanco.

GRUPO V

ROCAS METAMORFICAS

CARACTERES GENERALES.—Son el resultado de la acción del calor sobre las sedimentarias, por lo cual aparecen al mismo tiempo más

o menos laminadas, y cristalinogranulares. Se encuentra en grandes masas estratificadas, en las regiones montañosas o quebradas.

GNEISS.—Es el granito foliado, es decir, que está formado de pequeñas capas superpuestas; y por lo tanto está compuesto de cuarzo, feldespato y mica. Si la mica se halla reemplazada por talco o clorita, se llama *gneiss talcoso* o *gneiss clorítico* o *protogénico*; si contiene mucho anfíbolo se denomina *gneiss anfibólico* o *sienítico*.

GRANULITA ESQUISTOSA.—Cuarzo y feldespato foliados; generalmente con granates o cianita.

ESQUISTO MICACEO.—Un gneiss micáceo, pero sin feldespato, y en que la mica es más o menos abundante. A veces el cuarzo desaparece casi por completo y lo reemplaza la arcilla compacta, pasando así insensiblemente al esquisto arcilloso.

ESQUISTO CUARZOSO.—Cuarzo laminar con algo de mica.

CUARCITA.—Cuarzo poco o nada laminado y sin mica. Cuando los granos se distinguen de la masa, se llaman *nobaculita*.

ITACOLUMITA.—Arenisca que por la presencia de mica, y a veces de talco o clorita, es flexible cuando está en láminas pequeñas.

ESQUISTO CLORITICO.—Agregado esquistoso o foliado de clorita y cuarzo que suele contener feldespato, mica y talco.

ESQUISTO TALCOSO.—Agregado laminar de talco; generalmente con algo de cuarzo y a veces feldespato.

ESQUISTO ANFIBOLICO.—Agregado laminar de anfíbolo con pequeña cantidad de cuarzo. Cuando no es foliado se llama *anfíbolita*.

ESQUISTO ARCILLOSO.—Agregado esquistoso de arcilla y mica. Pasa insensiblemente a la pizarra por la ausencia de mica; o al esquistomíceo, por la abundancia de mica y la presencia de cuarzo.

ROCA GRANATE.—Es un compuesto más o menos foliado, de anfíbolo y granate, que suele contener algo de magnetita.

F I N

SUMARIO

	Pgs.
PROLOGO.—Dr. Alejandro López I. C....	3
PRELIMINAR	11
ERA ARCAICA.—	
Determinación de la edad.....	15
Rocas sedimentarias y metamórficas....	16
Rocas eruptivas	16
Minerales útiles	16
ERA PALEOZOICA.—	
Determinación de la edad.....	21
Rocas estratificadas	22
Rocas eruptivas	23
Minerales útiles	24
ERA MESOZOICA.—	
<i>Sistema juratriásico</i>	27
Determinación de la edad	28
Rocas sedimentarias	33
Rocas eruptivas	34
Minerales útiles	35
<i>Sistema cretáceo.</i>	
Determinación de la edad	40
Rocas sedimentarias	42
Rocas eruptivas	43
Minerales útiles	43
ERA CENOZOICA.—	
<i>Periodo terciario</i>	45
Terciario de agua dulce.....	47

	Pgs.
Determinación de la edad.....	47
Rocas sedimentarias	49
Rocas eruptivas	49
Minerales útiles	51

Periodo cuaternario.

Determinación de la edad	55
Rocas sedimentarias	57
Rocas eruptivas	57
Minerales útiles	59

APENDICES

I.—Clasificación de los depósitos minerales con aplicaciones especiales a Colombia:

Capas de estratificación	72
Vetas de contacto	73
Vetas de fisura propiamente dichas.....	74
Vetas de segregación	79
Depósitos en cuencas	80
Vetas de rosario y bolsas	82
Formaciones de impregnación.....	83
Stockworks o rebosadores	84
Fahlbandas	86

II.—Zonas agrícolas de Colombia con relación a las formaciones geológicas:

Zona de rocas graníticas y esquistos cristalinos	89
Zona de los esquistos no cristalinos y de las diabasas y el trap.....	92
Zona de las areniscas, molasas, margas y arcillas cretáceas	93
Zona de los terrenos terciarios, cuaternarios y recientes	97
Zona volcánica	97

CLASIFICACION DE ROCAS	99
------------------------------	----

Se

A

558.861 2

7425

En c

O84

Ospina, Tulio.

rez y

ej. 2

Reseña geológica de Antio-
quia

de

gu

ace

A

FECHA

PRESTADO A

A

558.861 2

7425

O84

Ospina, Tulio.

ej. 2

Reseña geológica de Antioquia

IS

F

D

A

FUNDACION ANTIOQUEÑA PARA LOS
ESTUDIOS SOCIALES

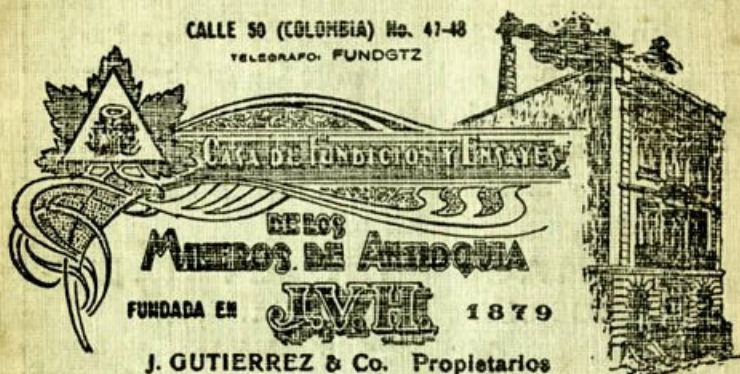
FAES

—

BIBLIOTECA

BOGOTA Y CALI

CIENTÍFICOS DE ANTIOQUIA



Fundición de J. Gutiérrez y Co.

Esta Casa, fundada en 1879 se ocupa de la fundición, refinación, ensaye y avalúo de metales preciosos y de todo lo relacionado con el estudio y beneficio de sus minerales.

Sus sesenta años de existencia y su numerosa clientela son la mejor referencia de este establecimiento.