

8
Ch. Gilman

REPUBLICA DE COLOMBIA

Estudio Geológico

DE LAS

Minas de Esmeraldas de Muzo

POR

Miguel Gutiérrez, S. J.

Profesor
del Colegio Nacional de San Bartolomé

(Publicado en los *Anales de Ingeniería*, órgano de la
Sociedad Colombiana de Ingenieros)



BOGOTÁ

IMPRESA ELÉCTRICA, 168, CALLE 10

1913

REPUBLICA DE COLOMBIA

Estudio Geológico

DE LAS

Minas de Esmeraldas de Muzo

POR

Miguel Gutiérrez, S. J.

Profesor
del Colegio Nacional de San Bartolomé

(Publicado en los *Anales de Ingeniería*, órgano de la
Sociedad Colombiana de Ingenieros)



BOGOTA

IMPRESA ELÉCTRICA, 168, CALLE 10

1913



ESTUDIO GEOLOGICO

DE LAS MINAS DE ESMERALDAS DE MUZO

El estudio científico de las minas es de la mayor importancia, aun en el orden meramente económico e industrial; pues es la base de un método verdaderamente racional y científico, para la extracción del mineral, y suministra además datos preciosos, para poder hallar el mismo mineral en otras regiones, por la comparación y paralelismo geológico de los terrenos.

Esta doctrina general tiene especial aplicación a las minas de piedras preciosas que, como las de Muzo, pueden producir considerables rendimientos. Por eso creemos de alguna importancia dar a conocer algunas observaciones geológicas que hemos podido hacer, durante varios días de permanencia en las minas esmeraldíferas de Muzo, para contribuir así algo al estudio y conocimiento de esa importante fuente de riqueza nacional (1).

Daremos, pues, algunos datos acerca de la geología arquitectónica y geognosia de los terrenos esmeraldíferos; sobre la época geológica, accidentes tectónicos y otros factores importantes para el estudio de dichos terrenos.

Se hallan colocadas las minas de Muzo en la Provincia de Occidente del Departamento de Boyacá; a $0^{\circ} 12' 20''$ longitud occidental de Bogotá; $5^{\circ} 25' 32''$ latitud Norte, y a una altura de 820 metros sobre el nivel del mar.

(1) Deber de justicia es hacer constar aquí nuestro agradecimiento a Su Señoría el doctor don Francisco Restrepo Plata, Ministro de Hacienda, quien, deseando que se estudien nuestras regiones mineras, nos permitió la entrada y permanencia en las minas, durante varios días, mediante una amable recomendación.

Están situadas cerca del río Minero, en su orilla izquierda, y en la falda norte oriental de un monte orientado de SE. a NO. (1)

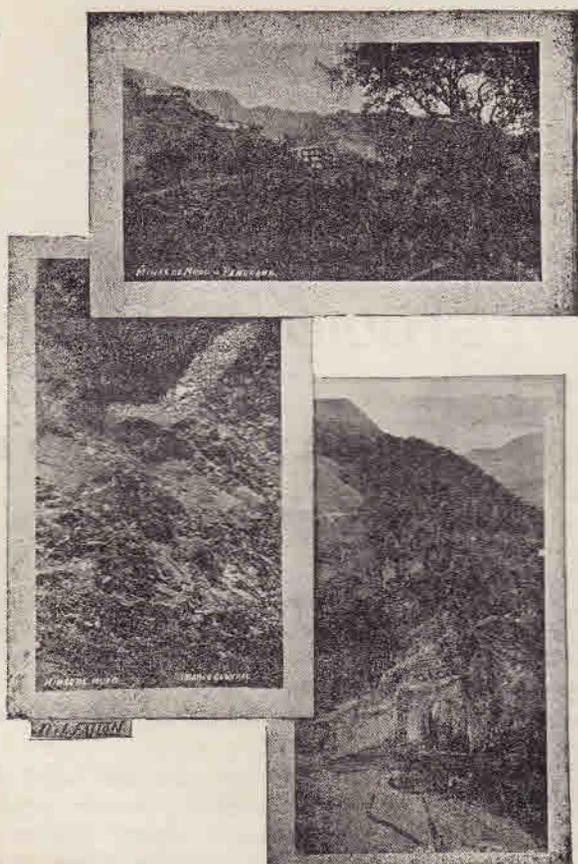


Figura 1.ª—Vistas de las minas : en la parte superior, vista general ; a la izquierda, vista del Banco Central ; a la derecha y abajo, Banco de los Chulos.

Las minas se explotan en bancos al aire libre : los españoles las explotaban por galerías, siguiendo las vetas esmeraldíferas. Cuatro son los bancos que actualmente se explotan : reciben los nombres de *Amarillo*, *de Aguardiente*, *Central* y *de los Chulos* o *Gallinazos*. Su posición relativa es al NE., N., O. y S., respectivamente : la distancia que los separa es muy poco considerable.

(1) El clima de las minas de Muzo es malsano, a causa del calor excesivo (26° C., temperatura media) y de la humedad que allí reinan. Antes solían registrarse con frecuencia casos de fiebre amarilla ; pero ahora, gracias al cumplimiento de las reglas higiénicas que deben observarse en esos climas, cuanto a la comida, habitaciones, baños, etc., gozan los empleados de buena salud, y apenas se registran casos de enfermedades infecciosas.

GEOLOGÍA ARQUITECTÓNICA Y PETROGRÁFICA

Cambiado y Cenicero

Empecemos por los terrenos que se hallan debajo de las rocas esmeraldíferas. En todos los bancos los terrenos esmeraldíferos están apoyados en estratificación discordante sobre sedimentos de esquistos y calcáreas bituminosas: estos sedimentos reciben de los mineros el nombre de *Cambiado*; porque en ellos cambia por completo el aspecto de la roca y disposición de las capas. Tanto en el *Cambiado* como en las capas inferiores es inútil dar una aza lonada, porque no se encuentra una esmeralda.

Entre las capas del *Cambiado* se encuentran numerosos nódulos calcáreo-piritosos, que encierran con frecuencia fósiles, especialmente Amonitídeos, aunque muy comprimidos y deformados.

La inclinación media de los estratos del *Cambiado* viene a ser de unos 30 a 40° N+S, con ligeras variantes.

Una capa notable, que llaman allí *Cenicero*, por el aspecto ceniciento que presenta, se observa entre los estratos del *Cambiado*, y a veces parece que también se encuentra en las mismas rocas esmeraldíferas.

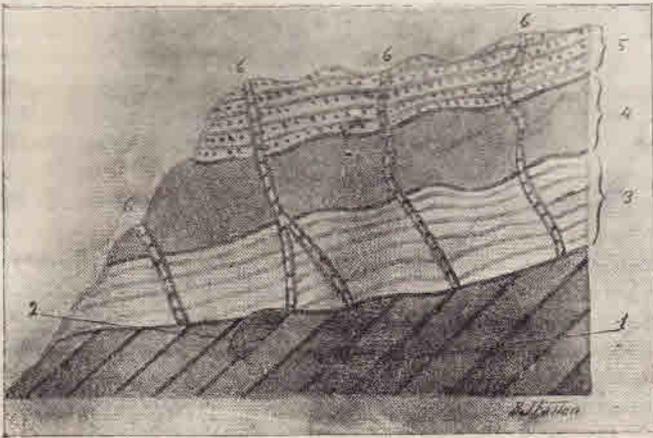


Figura 2.—Corte geológico esquemático de un banco esmeraldífero de Muzo. 1. Sedimentos neocomienses del cambiado—2. Cenicero—3. Terrenos albenses (Gault)—4 y 5. Sedimentos neocretáceos—6. Vetas esmeraldíferas.

Está formada esa capa por una especie de brecha calcárea, cuyos fragmentos son pequeños cristales romboédricos de caliza, y donde hace de cemento una caliza de fragmentos y cristalitos finos. Cuando los fragmentos cristalinos son muy grandes, y van acompañados de

trozos angulosos de calcárea bituminosa, recibe el nombre de *Cama*. A veces se encuentran también finos granitos de esmeraldas, diseminados en la masa calcárea del *Cenicero* (fig. 2^a)

El *Cenicero* y la *Cama* sirven a los mineros para conocer el límite inferior de las rocas esmeraldíferas; pues debajo del *Cenicero* no se encuentran esmeraldas.

Sedimentos esmeraldíferos

Los sedimentos esmeraldíferos están apoyados en estratificación discordante sobre las capas del *Cambiado* y *Cenicero*. El componente principal de la roca esmeraldífera es la calcárea bituminosa, afectada de numerosas ondulaciones, que hacen variar a cada paso el sentido y medida de la inclinación de los sedimentos; pero la dirección se conserva casi siempre sensiblemente la misma, y sigue de SE. a NO. la orientación del monte.

Del mismo modo la inclinación general de las capas, prescindiendo de las particularidades de inversión que originan los pliegues, sigue la misma inclinación del monte, o sea de SO. a NE.

II

DETERMINACIÓN DE LA ÉPOCA

En este punto nos vemos obligados, por la fuerza de los documentos paleontológicos observados, a introducir alguna novedad en la determinación de la época en que se depositaron los sedimentos esmeraldíferos, y a modificar la opinión de algunos geólogos. Se ve con frecuencia en muchos escritos, y aun en obras de geólogos eminentes extranjeros, clasificar las rocas esmeraldíferas de Muzo entre los sedimentos de la época *neocomiense*, primera del período cretáceo; y aun algunos las consideran jurásicas.

Veamos qué nos dicen los fósiles, únicos testigos fieles de las épocas de sedimentación.

Los fósiles del *Cambiado*, como dijimos arriba, están muy deformados por las enormes presiones que debió sufrir la roca: sin embargo, pueden observarse algunas impresiones del género *Crioceras*, propio del cretáceo inferior; entre ellos la del *Crioceras Roemeri*, Uhlig (1), de la época neocomiense. También entre los nódulos calcáreo-ferruginosos se encuentran algunos ejemplares del *Ammonites compressissimus*, D'Orb (2), perteneciente también al cretáceo inferior (fig. 3.^a)

(1) Según la división que Uhlig ha hecho del gén. *Crioceras*, el ejemplar debería pertenecer más bien al gén. *Leptoceras*, exclusivo del neocomiense, y que comprende las especies de tamaño pequeño; pero algunos autores no creen suficientemente fundada la formación del gén. *Leptoceras*, por lo cual, a pesar de su pequeño tamaño y del pequeño número de espiras, nos parece deber referir nuestro ejemplar al *Crioceras Roemeri*, por las tres series de puntos que recorren la dirección de las espiras. Pero el argumento para la edad de los terrenos no pierde en nada su valor; porque tanto el *Crioceras Roemeri*, como todas las especies del gén. *Leptoceras*, son propios del cretáceo inferior.

(2) En la división actualmente establecida del género *Ammonites*, esta especie parece pertenecer al género *Hoplites*.

Parece, pues, confirmado que las capas del *Cambiado* pertenecen a la *neocomiense* o cretáceo inferior.

Los terrenos esmeraldíferos son mucho más ricos en fósiles. Entre los *Amonitídeos* se encuentran: *Hoplites auritus*, Sow. de la época *nsealbe*; *H. Deshayesi*, Leym., de la época *aplense*; *H. tardefurcatus?* (1) Leym., *albense*; *Schloembachia cristata*, Dfr. sp., *albense* (banco de los *Chulos*). En el banco *Central* se encuentran numerosas impresiones de *Inoceramas Cuvieri*, Sow., *turonense*: este bivalvo, de estrías concéntricas más o menos irregulares y plegadas, suele alcanzar a veces considerables dimensiones; pues en las rocas esmeraldíferas se encuentran impresiones de estas conchas, que son indicio de un tamaño considerable (figs. 3.^a y 4.^a)

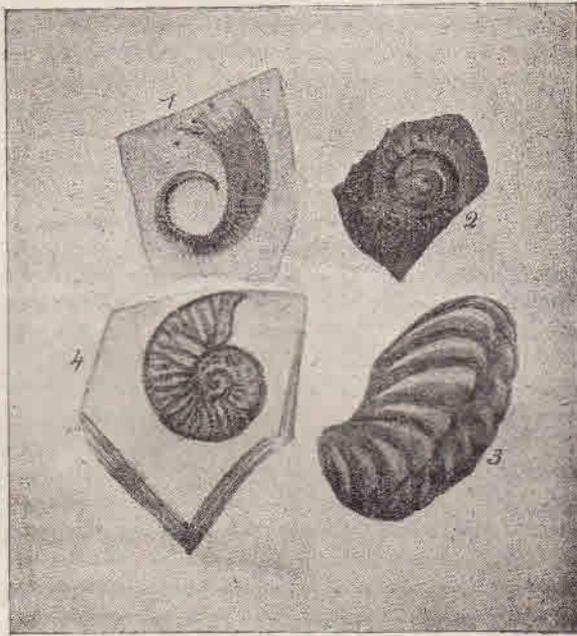


Figura 3.^a—*Trioceras Reemeri*: Uhlig—2. *Ammonites compressissimus*, D'Orb.
3. *Hoplites Deshayesi*, Leym.—4. *Schloembachia cristata*, Dfr. sp.

Las rocas esmeraldíferas, en que se encuentran estos fósiles, se apoyan sobre las capas del *Cambiado*; pero encima de aquéllas siguen todavía otros sedimentos esmeraldíferos, hasta terminar en rocas de calcárea, que en vez de ser bituminosa, como en las capas inferiores, viene a ser blanca y compacta: a la cual se superpone una pizarra arcillosa de color gris azulado.

(1) La clasificación de esta especie la ponemos dudosa, pues sólo poseemos un pequeño trozo, que es difícil clasificar con certeza.

Queda, pues, comprobado que las rocas esmeraldíferas se hallan en sedimentos de la época, no neocomiense, sino más bien meso y neocretácea (albense, turonense) (1).

Esta misma conclusión se confirmará luégo, cuando hagamos mención de la época de los accidentes tectónicos; pues las capas esmeraldíferas son discordantes con las del *Cambiado*, y éstas sufrieron una intensa denudación antes de sedimentarse aquéllas.

Si, pues, las del *Cambiado* son eocretáceas, las esmeraldíferas han de ser, cuando menos, mesocretáceas las más antiguas.

III

DISPOSICIÓN DE LAS VETAS ESMERALDÍFERAS Y SU MODO DE FORMACIÓN

La roca calcárea esmeraldífera se halla agrietada en varias direcciones (fig. 2.^a) Esas grietas, que en su formación quedaron vacías de minerales, fueron luégo rellenadas de caliza rombédrica por *secreción lateral* de la roca calcárea englobante. Entre los cristales de caliza se formaron también las esmeraldas por semejante procedimiento.

Una regular cantidad de los elementos esmeraldígenos se hallaba diseminada entre la roca calcárea: las aguas mineralizadoras, que circulaban por entre las grietas de la roca, fueron arrastrando esas partículas y las reunieron en las grietas, donde se depositó el silicato de Al. y Gl., de que están formados los preciosos cristales. Con frecuencia las esmeraldas se hallan en geodas, tapizadas de cristales calizos y de esmeraldas.

A veces el mineral de la esmeralda no encontró condiciones aptas para cristalizar, y se depositó en forma de materia amorfa semivitrosa de color verde, constituyendo lo que allí llaman *verdachos*. También se hallan frecuentemente los *verdachos* mezclados con roca calcárea, pirita de hierro y otros minerales; lo cual confirma el modo de formación que hemos atribuído a las esmeraldas.

El número de grietas esmeraldíferas, que se encuentran en cada banco, de los que se explotan, no es muy grande. Con frecuencia están separadas unas de otras varios metros. Del mismo modo, la abundancia de las esmeraldas en las grietas es muy varia. Sucede a veces remover muchos centenares de metros cúbicos de la roca, sin poder encontrar una esmeralda: otras veces, en cambio, se da con un nido rico en esmeraldas, y aun con una veta, que las contiene en abundancia.

Hasta dónde se extiende la roca esmeraldífera, y qué regiones comprende, no está todavía bien averiguado; sólo se sabe que hay yacimientos semejantes en otros lugares, como Coscuez, Somondoco y otros, donde se encuentra la misma o parecida formación geológica.

(1) El haber clasificado algunos las capas esmeraldíferas entre los sedimentos neocomienses, tal vez provenga de que se fundaran para ello en fósiles hallados en los estratos del *Cambiado*; sin reparar que las capas del *Cambiado* no son esmeraldíferas, y que están separadas de las verdaderamente esmeraldíferas por una considerable solución de continuidad en los sedimentos, atestiguada por la discordancia en la estratificación.

IV

ÉPOCA DE LOS ACCIDENTES TECTÓNICOS Y DE LA FORMACIÓN
DE LAS ESMERALDAS

Dada la disposición estratigráfica de las capas que constituyen tanto la base, como la misma roca esmeraldífera, y la naturaleza de los fósiles que encierran, fácilmente se comprende la época de las vicisitudes y trastornos, que debieron sufrir los terrenos esmeraldíferos de Muzo.

En primer lugar, después de haberse depositado tranquilamente en el fondo de las aguas marinas, los sedimentos neocomienses del *Cambiado*, experimentaron al fin de esta época un empuje, que los levantó, hasta dejarlos fuera del dominio de las aguas (1).

Así estuvieron durante la época tenéncica (2), en que sufrieron una intensa erosión por parte del agua y del aire, hasta el punto de ser desnudados casi por completo todos los anticlinales.

Hacia la mitad de la época *albense* las capas neocomienses se volvieron a hundir en el fondo del mar, y pudieron depositarse encima sedimentos de la época *albense* y siguientes.

Todos estos movimientos se comprueban con el hecho observado, de que los estratos *albenses* descansan en estratificación discordante sobre los neocomienses.

La erosión, de que acabamos de hablar, se ve clara en la disposición de las capas neocomienses, que están completamente desnudas, hasta desaparecer los anticlinales; de manera que el suelo donde se asientan las capas esmeraldíferas, es un suelo completamente desnudo (fig. 2^a).

Los estratos del *Cambiado* en todos estos movimientos debieron soportar enormes presiones, ya de arriba a abajo, ya laterales, pues la roca y los fósiles se hallan fuertemente comprimidos.

Antes de pasar a describir los accidentes tectónicos de las capas esmeraldíferas, es necesario detenernos un poco a describir y examinar el origen del *Cenicero*, esa capa singular que se observa de cuándo en cuándo entre el *Cambiado* y la roca de esmeraldas.

(1) La palabra *empuje*, así como la de *levantamiento*, que suelen emplearse con frecuencia, al hablar de los fenómenos tectónicos y orogénicos, pueden tomarse en sentido estricto, en cuanto indican un verdadero movimiento de abajo hacia arriba; y aunque es cierto que se pueden citar muchos casos de estos *estrictos* levantamientos, no es menos cierto que se usa la palabra *levantamiento* con más frecuencia, como sinónimo de *emersión* o alejamiento del mar en sentido vertical. Y este sentido es propio, pues es un levantamiento *relativo*, con respecto a la superficie del mar, que es el término de comparación tomado en los movimientos de la corteza terrestre; ya sea esta emersión producida por un estricto levantamiento, ya por *hundimientos* de otras regiones. Y así la palabra *levantamiento* suele ser empleada por los más eminentes geólogos en ese sentido, porque indica con más claridad la apariencia exterior del fenómeno, que la palabra *hundimiento*; y en ese sentido, como sinónimo de *emersión*, principalmente la empleamos ahora.

(2) La época *tenéncica* fue establecida por el geólogo español Landerer: corresponde a los pisos *larremiense* y *apiense* de los autores franceses; pero estos pisos tienen muchas especies comunes, suficientes para formar con los dos una sola época geológica.

En primer lugar, no participamos de la opinión de algunos, que la suponen de origen ígneo. Lo primero, porque los elementos de esa capa son los mismos de la roca englobante; y algunos trozos se encuentran aún inalterados; en segundo lugar, porque su mineral más abundante y principal es la caliza; y es imposible que ésta tenga origen ígneo, por razones químicas, fáciles de comprender.

La formación del *cenicero* más bien parece ser de *relleno per descensum*, de los materiales sustraídos a las rocas laterales. Esto pudo suceder en dos épocas distintas. Tal vez, cuando los estratos neocomienses emergieron del fondo de las aguas, fueron fuertemente agrietados en varios puntos, según la dirección de las capas; más tarde, durante la intensa erosión que sufrieron los sedimentos, esas anchas grietas fueron rellenadas con los materiales de la roca vecina.

Parece que en algunos puntos la capa del *Cenicero* penetra en las rocas esmeraldíferas: si el fenómeno no es de sola apariencia, sino real, fue efecto de posteriores grietas, rellenadas por el mismo procedimiento.

EMERSIÓN DE LOS SEDIMENTOS ESMERALDÍFEROS

Dejamos antes las rocas esmeraldíferas depositándose sobre los sedimentos neocomienses. Vamos ahora a ver en qué época emergieron del fondo de las aguas.

Para comprobarlo con toda seguridad, el mejor medio hubiera sido examinar y estudiar los sedimentos que forman la cumbre del monte en que están situadas las minas; pero esto no nos fue posible ejecutarlo. Sin embargo, podemos afirmar, con bastante seguridad, que las capas esmeraldíferas emergieron hacia el fin de la época eocena, en que tuvo lugar el primer levantamiento de los Andes de Boyacá y Cundinamarca.

Los montes que hay entre Coper y Muzo son de la misma época geológica que los terrenos de las minas de esmeraldas. Hemos recogido en ellos algunos fósiles de la época *albense*, como *Hoplites tuberculatus*. Sow. *Inoceramas concentricus* (fig. 4.^a), Quenst. *Ostrea rastellata* (1), Schloth, y otros varios, hallados cerca del pueblo de Muzo (2).

En el mismo pueblo de Muzo encontramos algún *Pectunculus obovatus* Lam. y varios *Cardium*, de la época oligocena. Cerca de Coper recogimos *in situ*, un *Argonauta*, en bastante buena estado de conservación; y sabido es que este género de cefalópodos dibranquios hizo su primera aparición en la era terciaria.

De todo esto parece deducirse que en la época oligocena, esos montes de que hemos hecho mención, estaban ya fuera de las aguas;

(1) La *Ostrea rastellata* más bien pertenece a terrenos neojurásicos y eocretáceos; pero hay que advertir que fue hallada bastante más abajo que los fósiles anteriores: tal vez la separa de los demás un conjunto de sedimentos de más de 30 metros de espesor.

(2) Parece que no muy lejos del sitio en que se encuentran estos fósiles, debía existir ya en esa época alguna tierra emergida; pues con esos fósiles marinos se hallaban algunos terrestres, como impresiones de helechos del género *polypodium*.

pero quedaban mares interiores, que depositaron en las bases de aquéllos, los sedimentos terciarios, en que se encuentran algunos de los fósiles indicados. Y como los terrenos esmeraldíferos son de las mismas épocas que los montes que acabamos de mencionar, y se hallan muy cercanos a ellos, es muy probable que hubiesen hecho su emersión en la misma época.

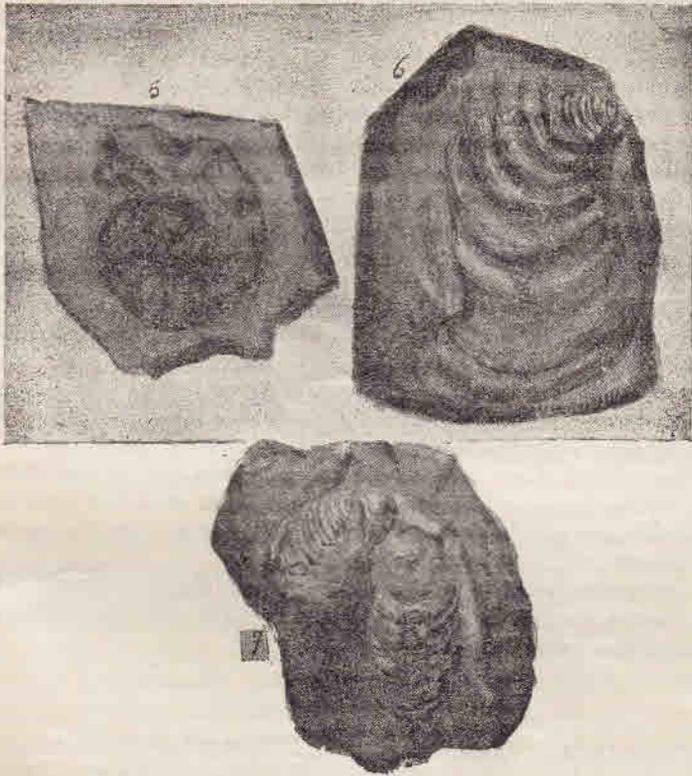


Figura 4.*—5. *Hoplites auritus*, sow.—6. *Inoceramus Cuvieri*, sow.—7. *Inoceramus concentricus*, Quenst.

Sin embargo, este punto exige, para ser dilucidado con mayor certeza, nuevas observaciones y estudio del terreno. Lo que sí parece cierto, es que las capas esmeraldíferas emergieron en la era terciaria, como lo están diciendo los sedimentos neocretáceos que en ellas se encuentran: únicamente no está del todo averiguado si la emersión se verificó en la época eocena o en la pliocena, en que parece tuvieron lugar las dos principales fases de levantamiento de esta sección de la cordillera oriental.

Epoca de la formación de las esmeraldas

Las rocas meso y neocretáceas, que contienen las esmeraldas, al levantarse del fondo de las aguas, o poco después, se agrietaron en varias direcciones, generalmente perpendiculares al plano de estratificación. Esas grietas se fueron luego rellenando lentamente de roca calcárea, entre la cual se fueron depositando las esmeraldas, por el procedimiento que arriba dejamos indicado.

De esto se deduce que la formación de las esmeraldas tuvo lugar en la era *terciaria*; pudo continuarse en la *cuaternaria*; y tal vez se estén formando actualmente esmeraldas; pues los agentes geodinámicos, que determinaron su formación, siguen obrando aun en los tiempos actuales, aunque quizá con menor intensidad.

La única objeción que pudiera oponerse a esta explicación, sería afirmar que las rocas ya empezaron a agrietarse debajo del fondo de las aguas, y pudo desde luego empezar la formación de las esmeraldas.

Pero, en primer lugar, es sentir común de los geólogos que las grietas y aberturas de las rocas se verifican ordinariamente al levantarse los sedimentos, o más tarde en virtud de algún accidente tectónico.

En segundo lugar, es cierto que el agrietamiento de la roca se verificó en la era terciaria, porque afecta todas las capas esmeraldíferas neocretáceas: por consiguiente debió efectuarse, cuando éstas estaban ya formadas; ahora bien, lo más verosímil es que el agrietamiento haya tenido lugar, o al verificarse la emersión de los sedimentos, o algo después, sea por la desecación, sea por fuerzas geodinámicas de origen interno.

Resumiendo, vemos que las rocas esmeraldíferas pertenecen a las épocas meso y neocretácea; pero la formación de las esmeraldas tuvo lugar en la era terciaria.

V

NATURALEZA Y VARIEDADES DE LAS ESMERALDAS DE MUZO

La esmeralda es un silicato doble de aluminio y glucinio o berilio, con pequeñas cantidades de óxidos de hierro, magnesio, calcio y sodio; y frecuentemente con vestigios de cromo y litio. Cristaliza en prismas exagonales del cuarto sistema; aunque, según Mallard, la simetría exagonal es sólo aparente, y la dislocación constante de los anillos coloreados con luz convergente, inducen a creer que pertenece más bien al sistema rómbico. Las aristas laterales suelen a veces estar truncadas, y las de las bases, biseladas.

Las esmeraldas toman diversos nombres, según el color de sus variedades. Se llama *berilo*, cuando es incolora o verde clara; *aguamarina*, cuando es verde azulada; y el nombre de *esmeralda* es reservado para las variedades verdes (1).

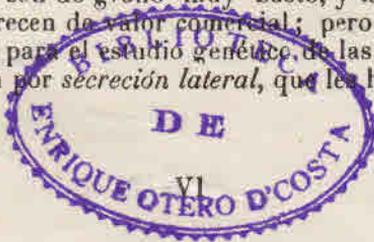
(1) Se cree que lo que comunica el color verde a la esmeralda es el óxido de cromo, de que suele estar acompañada.

En Muzo las más abundantes son las verdes, a veces de aguas tan puras y hermosas, que las hacen valer tanto como la esmeralda oriental, a pesar de su inferior dureza.

Hay también variedades incoloras y de tintas claras, *berilos*.

En cuanto a las modificaciones del cristal, se encuentran en Muzo esmeraldas con las aristas laterales truncadas, principalmente en el banco *Central*. Del banco de los *Chulos* se extraen algunas esmeraldas que son incoloras en un extremo, y en la otra mitad de un verde magnífico. Esto parece probar que hubo distintas fases en la formación de una misma esmeralda, y que el material esmeraldífero era diferentemente rico en materia verde colorante.

En el banco *Amarillo* se recogen algunas esmeraldas que tienen un eje interior de sustancia extraña, ordinariamente calcárea negra; y al rededor de ese eje se formó el cristal de esmeralda. Estas esmeraldas ordinariamente son de grano muy basto, y fácilmente disgregables, por lo cual carecen de valor comercial; pero tienen grande importancia científica para el estudio genético de las esmeraldas, y confirman la formación por *secreción lateral*, que les hemos atribuido (1).



OTROS MINERALES

La caliza, como hemos dicho, forma la parte principal de la roca esmeraldífera. Las aguas que circulan por entre esta roca, suelen estar tan cargadas de carbonato de calcio, que forman en muy poco tiempo caprichosas concreciones sobre los vegetales que encuentran a su paso (2). Por don le se ve cuán fácilmente pudieron rellenarse las grietas donde se encuentran las esmeraldas, con la calcárea que las aguas aportaban de la roca circunvecina.

Esto aparece más claramente todavía con lo que se observa en las galerías abiertas por los españoles, donde se encuentran ya bancos importantes de calcárea, que se formaron después de la explotación española. La misma calcárea se va introduciendo por entre las rocas removidas, y las une con su cemento calizo de tal manera, que en algunos puntos, a la vuelta de pocos años, hubo necesidad de echar dinamita para separar de nuevo la ganga.

Con la calcárea se encuentra a veces también la dolomia, aunque poco abundante.

(1) El doctor don Juan de Dios Vásquez, Administrador de las Minas, tuvo la amabilidad de regalarnos algunas de estas esmeraldas y varios berilos; a él debemos también los fósiles que nos han servido para la clasificación geológica de los terrenos, lo mismo que otros muchos minerales y rocas, útiles para completar el estudio de la formación de los sedimentos esmeraldíferos. Sea esta ocasión de manifestarle nuestro más sincero agradecimiento.

(2) Pude recoger algunas de estas hermosas concreciones, formadas sobre el hecho *Pteris arachnoidea*.

El mineral más importante después de la calcárea, con la cual se halla asociado, es el hierro, que suele presentarse en forma de piritas en nódulos más o menos grandes. También se encuentra el hierro, aunque menos abundante, al estado de óxidos.

De cobre existen algunos vestigios, formando carbonatos, principalmente *malaquita*.

El cuarzo abunda en algunos puntos, principalmente en el *Cenicero*, donde aparecen bellos cristales transparentes y más o menos amarillentos, coloreados por la limonita y el carbonato de cerio. De yeso se encuentran frecuentemente entre la calcárea bituminosa, cristales en forma de tablas, más o menos estriadas.

Entre los demás minerales que se hallan en las rocas esmeraldíferas, merecen citarse la fluorina, que abunda poco; el carbonato de cerio, cuyo principal yacimiento es la capa del *Cenicero*, y la parisita, que fue por vez primera encontrada en las minas de Muzo.



MIGUEL GUTIÉRREZ, S. J.
Profesor
Colegio Nacional de San Bartolomé

A. M. D. G.

Bogotá, junio 21 de 1913.

