

SITUACION GEOLOGICA DE LAS MINAS DE ESMERALDAS DE MUZO, BOYACA

HANS BÜRGEL

CONDICIONES GEOLOGICAS DE LAS MINAS DE ESMERALDAS DE MUZO, BOYACA

RESUMEN

Las famosas minas de esmeraldas de Muzo, Departamento de Boyacá, están localizadas en una serie bastante uniforme de esquistos negros, que presentan muchas dislocaciones e irregularidades locales, de tal manera que a veces resulta muy difícil reconocer su buzamiento y su posición normal o invertida. Por medio de fósiles relativamente mal conservados, pero sin embargo bien decisivos, fue posible reconocer esta secuencia de pisos:

Albiano Superior	1.280 m
Albiano Medio alto	1.240 m
Albiano Medio bajo	600 m
Albiano Inferior	230 m
Aptiano Superior	1.300 m
Barremiano (y Aptiano Inferior?)	300 m
Hauteriviano más de	150 m

La serie desde el Hauteriviano hasta el Albiano Inferior está desarrollada al Este del Río Minero, formando allí el anticlinal estrecho de Muzo y subiendo nuevamente hacia este río. En el Oeste del mismo río, en contraste, el Albiano Medio y Superior forman un anticlinal muy amplio (anticlinal de Itoco) en cuyo eje están las minas de esmeraldas. El contacto entre los conjuntos al Este y al Oeste del Río Minero representa una falla (inversa?) con un desplazamiento de unos 5.000 m, la cual tiene una dirección NNE-SSW. Probablemente la región está atravesada también por fallas menores en dirección de NW-SE, de las cuales fue observada una en la vecindad de las minas de esmeraldas.

No se puede juzgar aún en qué extensión los factores estratigráficos y tectónicos influenciaron la formación de las esmeraldas. Pero a este respecto llama particularmente la atención el hundimiento enorme que sufrió la región durante el Albiano Medio bajo, en cuyos depósitos se consiguen las esmeraldas, así como también en los períodos subsiguientes.

SUMMARY

The world renowned emerald mines of Muzo in the Department of Boyaca are situated within a rather uniform series of black shales, which frequently present local dislocations and irregularities. These disturbances render it sometimes difficult to recognize the dip of the true position (normal or inverted) of the beds. With the aid of rather badly preserved but, nevertheless, sufficiently decisive fossils and by comparison with neighbouring regions it was possible to recognize the following stratigraphical sequence:

Upper Albian	1.280 m
higher Middle Albian	1.240 m
lower Middle Albian	600 m
Lower Albian	230 m
Upper Aptian	1.300 m
Barremian (and Lower Aptian?)	300 m
Hauterivian more than	150 m

The sequence from the Hauterivian up to the Lower Albian is developed east of the Minero river, forms there

the narrow Muzo anticline and rises then again toward this river. West of the Minero river, in contrast, only Middle and Upper Albian beds are to be found, forming the wide anticline of Itoco, in the core of which the emerald mines are situated. The contact between the stratigraphical units east and west of the Minero river is a NNE-SSW trending (revers?) fault with some 5.000 m. of vertical displacement. It is likely that the region is also crossed by NW-SE trending minor faults; one of them has been observed in the immediate neighbourhood of the emerald mines.

At the present stage of our knowledge it is difficult to evaluate how far these stratigraphical and structural conditions are related to the origin of the Muzo emeralds which occur in lower Middle Albian shales. However, in this connection attention is called to the enormous subsidence which this portion of the basin suffered during lower Middle Albian times and during the subsequent stages.

ZUSAMMENFASSUNG

Die weltberühmten Smaragdminen von Muzo im Departamento Boyaca liegen in einer recht einförmigen Serie schwarzer Schiefer, die vielfache lokale Störungen und Komplikationen aufweisen und es oft sehr schwer machen, Hangendes und Liegendes zu unterscheiden und das regionale Einfallen der Schichten zu erkennen. Mittels verhältnismässig dürftig erhaltener, doch immerhin eindeutiger Fossilfunde und auf Grund von Vergleichen mit benachbarten Gebieten war es möglich, folgende Schichtfolge zu erkennen:

Ober-Alb	1.280 m
höheres Mittel-Alb	1.240 m
tieferes Mittel-Alb	600 m
Unter-Alb	230 m
Ober-Apt	1.300 m
Barrême (und Unter-Apt?)	300 m
Hauterive mehr als	150 m

Die Serie vom Hauterive bis zum Unter-Alb ist im Osten des Minero-Flusses entwickelt und bildet dort die enge Antiklinale von Muzo, um dann gegen diesen Fluss zu wieder anzusteigen. Im Westen des Minero-Flusses hingegen bilden das Mittel- und Ober-Alb eine weitgespannte Antiklinale (Antiklinale von Itoco), in deren Scheitelzone die Smaragdminen liegen. Der Kontakt zwischen den im Westen und im Osten des Minero-Flusses liegenden Schichtpaketen ist eine NNE-SSW streichende (revers einfallende?) Bruchzone mit rund 5.000 m Sprunghöhe. Vermutlich ist das Gebiet auch von kleineren NW-SE streichenden normalen Brüchen gequert, von denen einer in unmittelbarer Nähe der Smaragdminen beobachtet wurde.

Inwiefern diese stratigraphischen und strukturellen Verhältnisse die Smaragdbildung beeinflussten, lässt sich vorderhand nicht beurteilen. Doch wird in diesem Zusammenhang besonders auf die enorme Absenkung verwiesen, die dieser Beckenteil während des frühen Mittel-Alb, in dessen Ablagerungen die Smaragde liegen, und während der unmittelbar darauffolgenden Zeiträume erlitt.

INTRODUCCION

El presente informe es el resultado de una investigación geológica terrestre practicada en la zona de las minas de esmeraldas de Muzo a solicitud del Banco de la República y por disposición del Ministerio de Minas y Petróleos. La comisión, integrada por el suscrito y el Preparador señor Rómulo García, se llevó a cabo desde el 19 hasta el 28 de agosto de 1954.

La finalidad del estudio consistió en establecer las bases paleontológicas, estratigráficas y tectónicas del yacimiento, primer requisito para poder juzgar de la distribución de las vetas esmeraldíferas y de la extensión de la explotación.

En esta tarea se emplearon cinco días de exploración en los alrededores de la mina, así: hacia el Norte hasta el Alto del Perú; hacia el Suroeste hasta Quípama; hacia el Sur hasta el Sorque y hacia el Este hasta el río Minero. Tres días se emplearon en levantar geológicamente la carretera Muzo-puente sobre el Río Minero con brújula y cinta. Como complemento se investigó la geología entre las poblaciones de Muzo y Coper.

Los fósiles recolectados en esta ocasión y determinados por el suscrito, quedaron depositados en el Museo Geológico Nacional.

Los estudios en los alrededores de la mina tuvieron el eficaz apoyo del Coronel Arias Cortés, Administrador de la mina de Muzo, y además del doctor Roberto Cardona Duque en cuanto a la mina misma. Expresamos a ambos señores nuestros sinceros agradecimientos.

Agradecemos también el apoyo de la Sección de Fotogeología, particularmente al Geólogo Ingeniero Jaime Torrès, quien preparó, según las fotografías aéreas del Instituto Geográfico de Colombia, las bases topográficas del croquis geológico y de la sección geológica que presentamos en la plancha I.

ESTRATIGRAFIA

Notas generales

En muchos sitios de la Cordillera Oriental es posible subdividir las capas según sus características litológicas y reconocer su posición relativa por la observación directa del buzamiento. Existen además horizontes de guía que se pueden seguir a larga distancia.

En la región estudiada que es muy accidentada, sólo se encuentran estratos de guía en la periferia. Son éstos el Albiano Inferior en el Este, entre Muzo y Coper, y las capas silicosas del Albiano Superior en las estribaciones de la Arenisca de Une, en el Oeste. La parte central, entre la población de Muzo y la Vereda de Itoco, en cambio está ocupada por esquistos arcillosos de relieves muy uniformes. El aspecto variable que ofrecen obedece a influencias locales, como humedad del suelo, grado de oxidación y descomposición, esquistosidad por fallas cer-

canas, etc. En las quebradas donde la roca es fresca, los esquistos se presentan siempre de color negro, mientras que en los altos y pendientes donde están más descompuestos, muestran un color gris, azul o amarillo. También la textura de los esquistos cambia frecuentemente en la misma capa y a corta distancia.

El buzamiento local de las capas y su posición relativa en esta región, no son siempre indicios seguros para el reconocimiento de los pisos (stages) y de la tectónica. Este defecto influye particularmente en la geología de los alrededores de la mina de esmeralda; seguramente es difícil encontrar en la Cordillera Oriental otra región donde las capas estén tan dislocadas como ahí. A excepción de la nueva carretera que va de la población al puente en el Río Minero, los afloramientos grandes son muy escasos y frecuentemente el geólogo tiene dudas de cual de los dos niveles cercanos es el infra-yacente y cuál el suprayacente.

El único camino seguro para establecer la sucesión estratigráfica y definir el aspecto estructural de esta región, son los fósiles contenidos en las capas. Estos son escasos y frecuentemente están muy mal conservados, pero a pesar de todo constituyen la guía más segura para desenredar las condiciones geológicas.

Por el estudio de los fósiles colectados, sabemos que las capas que componen el área estudiada, pertenecen al Cretáceo Inferior y se extienden con respecto a su edad, desde el Hauteriviano hasta el Albiano Superior. Estos son los conjuntos estratigráficos conocidos en Colombia bajo las denominaciones de Cáqueza (Valanginiano-Hauteriviano) y Villeta (Barremiano-Cenomaniano).

Hauteriviano

Este piso está expuesto en la estación HB 1707, en la carretera que va de la población al puente en el Río Minero, y al SE de la desembocadura del Río Itoco (= Río Desaguadero). Las capas correspondientes son arcillas esquistosas negras, muy parecidas al "Banco Central" de la mina actual, motivo por el cual se hicieron ahí hace algunos años cateos en busca de esmeraldas, pero sin éxito. En estas arcillas negras se halló una impresión de

Oleostephanus cf. bösei (RIEDEL) (Véase pl. II, fig. 16) amonita que indica una edad hauteriviana inferior.

Barremiano (y Aptiano Inferior?)

A los esquistos arcillosos negros del Hauteriviano se superponen a lo largo de la carretera otros esquistos negros con intercalaciones cuarcíticas de 20 hasta 70 cm de espesor. La edad barremiana se definió por una

Heinzia (Gerhardtia) veleziensis HYATT (pl. II, fig. 1) y varios ejemplares de otras Pulchelliidae mal conservados y específicamente indeterminables. Los esquistos son siempre muy oscuros, a veces

H. BÜRL, Muzo

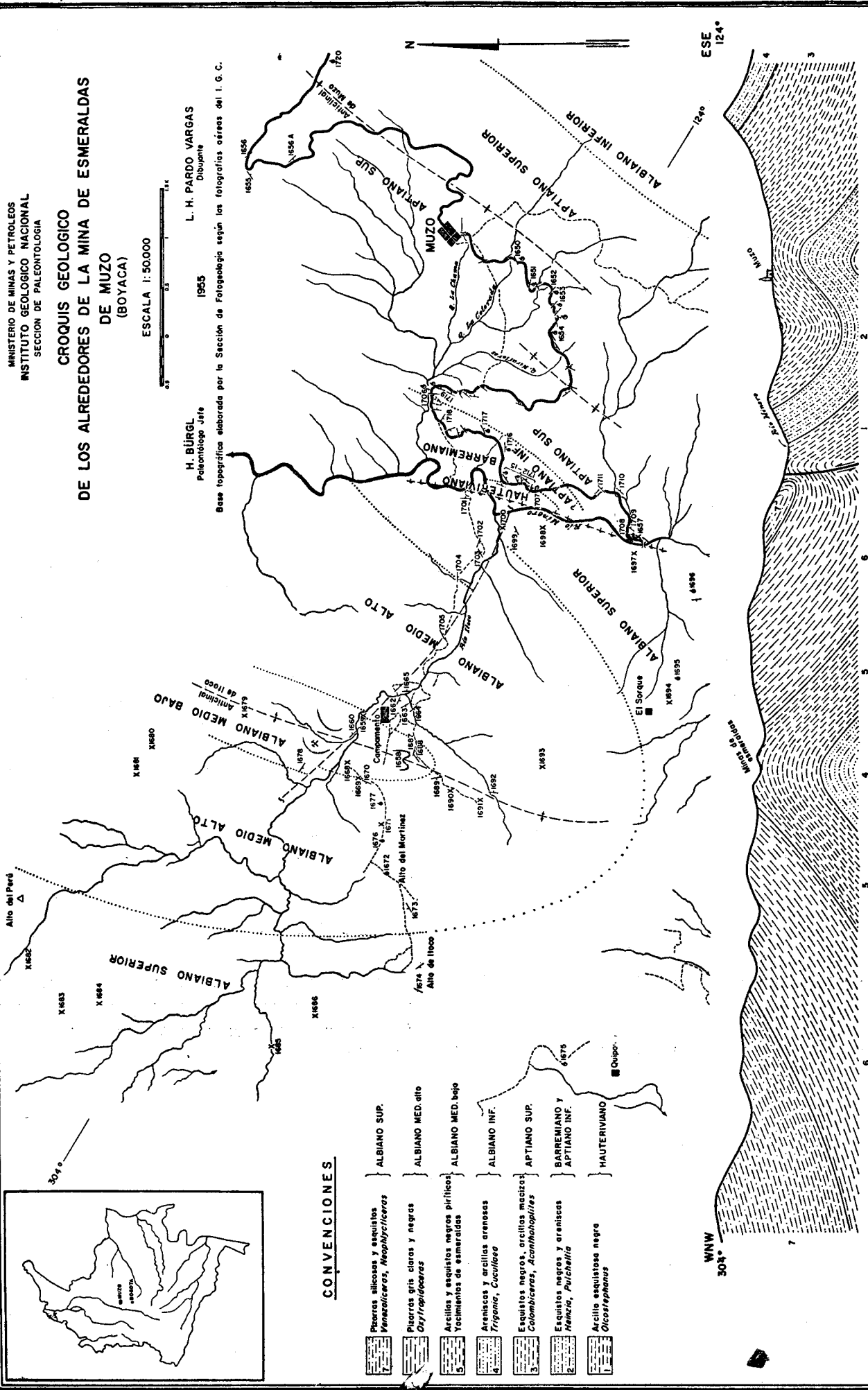
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS
INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL
SECCION DE PALEONTOLOGIA

CROQUIS GEOLOGICO
DE LA MINA DE ESMERALDAS
DE MUZO
(BOYACA)

ESCALA 1:50000

L. H. PARDO VARGAS
Dibujante
1955

H. BÜRL
Paleontólogo Jefe
Base topográfica elaborada por la Sección de Fotogeología según las fotografías aéreas del I. G. C.



algo compactos, otras veces muy delgados como hojas de papel y otras ligeramente lidíticos. Son ricos en mineral de cobre, en cristales grandes de pirita y en drusas de yeso y cuarcita (DEL RIO 1945). Las intercalaciones son cintas de arenisca cuarcítica, a veces semejantes a conglomerados y también rocas arcillosas muy duras de color negro. Los fósiles más bien son frecuentes y se encuentran en concreciones (pl. I, fig. 1) y en los esquistos (pl. II, fig. 2).

El espesor es por lo menos de 300 m, o sea considerablemente mayor que en las regiones vecinas. En Leiva, por ejemplo, se midió un espesor de 105 m (BURGL 1954). La circunstancia de no haber hallado amonitas del Aptiano Inferior indica que éste puede estar incluido en el conjunto en cuestión.

Aptiano Superior

Encima de los esquistos negros con bancos cuarcíticos se encuentran arcillas oscuras relativamente suaves, cubiertas con manchas rojizas y escasas concreciones piríticas. A veces son macizas, y otras esquistosas, sin que se pueda reconocer ninguna regularidad estratigráfica. Los fósiles que se colectaron en esta serie, son:

Acanthohoplites acutecostatus RIEDEL (Pl. II, fig. 6)

Parahoplites obliquus RIEDEL (pl. II, fig. 13)

Colombiceras alexandrina (D'ORBIGNY)

Colombiceras aff. tobleri JACOB-RIEDEL (pl. II, fig. 9)

Crioceras (sensu lato) spec. indet. (pl. II, fig. 3)

Karsteniceras (?) cf. hubachi ROYO

Lamelibranchios indet.

Estos fósiles indican solamente el Aptiano Superior y, repetimos, que las capas basales del Aptiano pueden estar incluidas en las capas subyacentes con intercalaciones cuarcíticas.

El Aptiano ocupa la mayor parte del área entre la población de Muzo y el Río Minero y forma ahí un sinclinal con dirección NE-SW.

Albiano Inferior

Este conjunto forma la margen oriental de la región estudiada y tiene una litología completamente diferente de la de los pisos a ambos lados del Río Minero. Consta de estratos arcillosos y arenosos muy duros, en lo general macizos o divididos en bancos gruesos, a veces llenos de impresiones de lamelibranchios (*Trigonia*, *Cucullaea*, *Exogyra*, etc.). Está muy bien expuesto en las cimas y en la pendiente oriental entre Muzo y Coper y es fácilmente reconocible en las fotografías aéreas, correspondiendo a la "Formación San Gil" (E. HUBACH 1953) que forma el escarpe del Norte de la población de San Gil. Su espesor en Muzo es por lo menos de 230 m.

Albiano Medio bajo

En el Albiano Medio bajo se encuentran los yacimientos de esmeraldas de Muzo y por lo tanto hay que tratarlo en detalle. Lo hemos observado solamente en las minas y en sus inmediaciones. Consta de esquistos arcillosos negros, frecuentemente macizos y raras veces esquistosos, bastante ricos en vetas de caliza pirítica, de albita y de otros minerales, como lo describió detalladamente R. SCHEILBE (1933).

El Albiano Medio bajo está expuesto en las explotaciones de esmeraldas en forma de una ventana estratigráfica, en la cima de un anticlinal y rodeado por las capas con *Oxytropidoceras* del Albiano Medio alto.

Este nivel es muy poco conocido porque raras veces está expuesto. Las pizarras con *Oxytropidoceras* encima, y la "Formación San Gil" debajo, son relativamente duras y resistentes y ocupan en lo general las lomas mientras que las arcillas blandas del Albiano Medio bajo ocupan los valles cubiertos de vegetación y de bloques rodeados de las formaciones vecinas. Se le puede estudiar relativamente bien en los alrededores de Pacho, donde contiene los silos de mineral de hierro de "La Ferrería" y manifiesta un espesor de 600 m. Por correlación, lo mismo se puede suponer en la región de Muzo. Entre Albán y Sasaima está bien marcado morfológicamente pero no está expuesto. En Apulo, este nivel consta también de arcillas negras que contienen esporádicamente *Dipoloceras* y *Prolyelliceras*. Más al Suroeste, en el Tolima, este horizonte es rico en concreciones con *Hystatoceras*, *Knemiceras*, *Tegoceras* y *Lyelliceras*, amonitas del Albiano Medio inferior. El mismo nivel de esquistos arcillosos negros como en Muzo, se encuentra entre Vélez y Landázuri (encima de capas con *Colombiceras karsteni*) y más al Norte, entre Bucaramanga y San Vicente y en el valle del Río Lebrija; se extiende también considerablemente hacia el Este, como demuestran los afloramientos entre Chiquinquirá y Tinjacá (BURGL 1954).

Se deduce así que la facies de esquistos arcillosos negros piríticos que representan la parte baja del Albiano Medio es muy extendida en la Cordillera Oriental. Pero, según su aspecto macroscópico, parece que sufre regionalmente cambios en su composición mineralógica los cuales todavía no son bien conocidos en detalle.

Albiano Medio alto

Encima de las arcillas negras esmeraldíferas, siguen pizarras arcillosas de color negro o gris claro, intercaladas por esquistos más claros y a veces un poco arenosos. En ciertas localidades, particularmente en el camino que sube del campamento al Alto de Martínez, a 1 km al Oeste del campamento (estaciones HB 1672 y 1676), abundan impresiones de

Oxytropidoceras multifidum (STEINMANN) (pl. II, fig. 15) la amonita más característica del Albiano Medio alto. Las capas expuestas al Este del campamento son parecidas litológicamente (esquistos arcillosos negros, azules y amarillos, con intercalaciones arenosas que suelen traspasar a pizarras gris claras), pero en esta región no logramos coleccionar fósiles quedando la identidad de estas rocas un tanto dudosa.

Cerca de Pacho, las capas con *Oxytropidoceras* tienen un espesor aproximado de 1.110 m y en Muzo de 1.240 m.

Albiano Superior

Este nivel es el más alto que observamos en la región de Muzo y ocupa casi toda la Vereda de Itoco, desde el Alto del Perú hasta el Alto Itoco y se prolonga hacia el Sur a los alrededores de Quípama. A 1 km al Norte de este caserío (estación HB 1675) y al Norte del Alto de Itoco (estaciones HB 1685 y HB 1686) coleccionamos:

Venezoliceras karsteni (STIELER) (pl. II, fig. 10)

Neophlycticeras cf. *brottianum* (D'ORBIGNY) (pl. II, fig. 12)

Inoceramus spec. (pl. II, fig. 4)
y otros lamelibranquios.

Las capas que contienen estos fósiles son pizarras silíceas y micáceas de color gris claro y negro y esquistos arcillosos relativamente bien expuestos. Las mismas pizarras se observan en las estaciones HB 1695 y 1696 entre El Sorque y el Río Minero con

Inoceramus spec. y

Discohoplites cf. *subfalcatus* (SEMENOW)
amonita que caracteriza las capas más superiores del Albiano.

Cerca de la estación HB 1707 al Este del Río Minero donde está expuesto el Hauteriviano con *Olcostephanus*, coleccionamos en la terraza del Río Minero bloques rodados con

Venezoliceras cf. *venezolanum* (STIELER) (pl. II, fig. 11), amonita del Albiano Superior, que viene probablemente de la orilla occidental del río.

Más al Este, en la carretera hacia Chiquinquirá, y también al Sur-Oeste, en los alrededores de Pacho, este nivel, en mi concepto, está desarrollado en la facies de las "areniscas de Une" y tiene un espesor de 1.280 m. En la región de Muzo las capas de este nivel son un poco más suaves y no forman relieves tan llamativos.

Consideraciones estratigráficas

En los alrededores de la población de Muzo, al Este del Río Minero, se encuentra una serie normal del Cretáceo Inferior, que se extiende en tiempo desde el Hauteriviano hasta el Albiano Inferior. El Hauteriviano, el Barremiano y el Aptiano tienen un espesor normal para el flanco occidental de la Cordillera Oriental entre Vélez y Villeta, o sea en la cuenca infracretácea de Muzo (Hubach).

Al Oeste del Río Minero encontramos solamente depósitos del Albiano. En esta región no fue posible medir el espesor de los niveles del Albiano. Pero en la región de Pacho, donde el Albiano presenta una sucesión muy parecida, se le puede definir con toda la precisión deseada. Al combinar las observaciones en ambas regiones, tendríamos los siguientes espesores de los niveles albianos:

Albiano Superior con <i>Venezoliceras</i>	1280 m
Albiano Medio alto con <i>Oxytropidoceras</i>	1240 m
Albiano Medio bajo, esmeraldífero.....	600 m
Albiano Inferior con <i>Trigonia</i> , <i>Exogyra</i> ..	230 m

Total del Albiano..... 3350 m

Este espesor excepcional merece una consideración especial.

El espesor de una formación se determina por el grado de hundimiento del suelo de la cuenca respectiva y por la cantidad de deposición de sedimentos. Si ambos factores están en equilibrio, el mar permanece relativamente bajo y se forman depósitos litorales o neríticos. Si la deposición prevalece sobre el hundimiento, se forman depósitos terrestres. Si es el caso contrario, el mar se vuelve profundo y se forman depósitos batiales o abisales.

La serie albiana de Muzo es exclusivamente marina, es decir que siempre el hundimiento del suelo fue más intenso que la sedimentación. Como indican los fósiles (amonitas, *Inoceramus*), los depósitos del Albiano pertenecen en su mayoría a la facies nerítica, depositada en una profundidad entre 200 y 600 m. Solamente las arcillas negras piríticas, no fosilíferas del Albiano Medio bajo han sido depositadas en un mar más profundo y esto indica que el hundimiento del fondo alcanzó su máximo durante este período. Pero el subsuelo quedó sumamente móvil y durante un período relativamente corto (Albiano Medio alto y Albiano Superior) 2500 m de sedimentos adicionales fueron depositados encima de las arcillas piríticas. En este estado probablemente tuvieron lugar las intrusiones ultrabásicas, que fueron observadas en los alrededores de Muzo por A. Gansser (D. TRUMPY, 1943, p. 1301) y que causaron probablemente la mineralización particular de las capas esmeraldíferas. Se advierte que en la Cordillera Occidental, el magmatismo ultrabásico del Terciario Inferior también se presenta al final de una subsidencia mesozoica cuyos estratos tienen más de 10.000 m de espesor (E. Hubach).

Parece también que las minas de esmeraldas de Tinjacá, Ráquira, Santa Rosa y Coscuez están situadas en el Albiano Medio bajo como consecuencia del mismo hundimiento enorme del suelo durante ese período. Para el conocimiento de la extensión de las capas esmeraldíferas en el flanco W de la Cordillera Oriental sería por tanto muy importante investigar con exactitud la posición estratigráfica de todas las minas antiguas de esmeraldas.

Un hundimiento del suelo de una intensidad parecida, se conoce (W. Kehrer) de la parte oriental de la Cordillera Oriental, correspondiente al Valanginiense. En esta época, la región de Chivor estaba en el interior de una cuenca que se hundió muy rápidamente, depositándose allí esquistos arcillosos negros piríticos de 3000 m de espesor con venas esmeraldíferas que llegan hasta el Hauteriviense en Somandoco (Hubach).

ESTRUCTURA

Como se puede observar en el croquis geológico y en la sección geológica (pl. I), la región situada entre la población y la mina de Muzo, está ocupada por dos unidades geológicas distintas: al Este del Río Minero encontramos una serie bastante regular del Cretáceo Inferior desde el Hauteriviense hasta el Albiano Inferior, mientras que en el área del Río Itoco afloran exclusivamente capas del Albiano Medio y Superior. Las estructuras más llamativas en la parte Este, son el anticlinal y el sinclinal de Muzo. La estructura dominante en el Oeste, es el anticlinal de Itoco. El límite entre ambas unidades está marcado por una falla que sigue, por lo menos en una distancia corta, el curso del Río Minero.

Sinclinal y anticlinal de Muzo

A lo largo de la orilla oriental del Río Minero, la sucesión hauteriviana-aptiana buza hacia el Este, formando primero un sinclinal, a 2 km al SE de la desembocadura del Río Itoco. Los flancos de este sinclinal son bastante pendientes, con buzamientos de 45 a 70 grados en la carretera. El eje del sinclinal está ocupado por capas del Aptiano Superior. Subiendo hacia el Este, las mismas capas culminan en un anticlinal que se extiende en dirección NE-SW y pasa un poco al Este de la población de Muzo. Esta estructura la llamamos "Anticlinal de Muzo". El flanco Sureste de este anticlinal está formado por las capas basales del Albiano, las cuales buzan abruptamente hacia el valle de Coper.

En la carretera Muzo-Chiquinquirá y en la que va de la población de Muzo hacia el puente en el Río Minero, ambas estructuras están muy bien expuestas. Como los fósiles son relativamente frecuentes en esta región, las condiciones tectónicas y estratigráficas pueden ser estudiadas con un mayor grado de precisión.

Anticlinal de Itoco

Al Oeste del Río Minero, en los alrededores de la mina de esmeraldas, la situación para definir las estructuras es menos favorable. Los afloramientos grandes y particularmente las capas fosilíferas son muy raros y los buzamientos que se observan en los afloramientos no siempre reflejan los prevalentes. Tampoco la morfología ofrece mucha ayu-

da para comprender las condicoines tectónicas. Nuestra interpretación de la estructura de esta región es por lo tanto algo generalizada y no refleja todas las irregularidades.

Es seguro que en los alrededores de las minas afloran esquistos arcillosos y esquistos negros del Albiano Medio bajo en forma de ventana estratigráfica. Están superpuestos por esquistos con *Oxytropidoceras* del Albiano Medio alto que en todos los sitios observados buzan en dirección divergente de la ventana. Se infiere así, que las capas expuestas en las minas de esmeraldas representan el eje de un anticlinal cuyos flancos están formados por los esquistos arcillosos con *Oxytropidoceras*. Este anticlinal lo llamamos "Anticlinal de Itoco".

En la región situada entre las minas, el Alto del Perú y Quípama, las capas buzan con bastante regularidad hacia el Sur-Oeste y se puede observar muy claramente que las capas con *Oxytropidoceras* (Albiano Medio alto) están superpuestas por las pizarras silicosas con *Venezolliceras* y *Neophlycticer*as del Albiano Superior.

Es también seguro que las mismas capas del Albiano Superior reaparecen entre El Sorque y el Río Minero, ocupando la pendiente occidental del valle de este río, entre la estación HB 1696 y la desembocadura del Río Itoco. Es por lo tanto bastante probable que el flanco oriental del anticlinal de Itoco se extienda hasta el Río Minero. De tal manera, el anticlinal de Itoco equivale a una estructura muy ancha, de por lo menos 9 km de envergadura.

Falla del Río Minero

El límite entre el anticlinal de Itoco y el Cretáceo Inferior al Este del Río Minero, debe corresponder a una falla. La estructura general de esta región indica que no se trata aquí de una falla normal sino de una falla inversa, es decir, un sobrescurrimiento. El desplazamiento vertical a lo largo de esta falla es de unos 5.000 m.

Un desplazamiento vertical de este tamaño tiene comúnmente una extensión considerable. A este respecto puede interesar el sobrescurrimiento marginal de la Cordillera Oriental, observado por el suscrito en el valle del Agua Buena, al W de Bucaramanga, entre el Albiano y el Turoniano, el cual también está acompañado al Oeste por un anticlinal en la Formación Umir y es de una anchura semejante al de Itoco. Más al Sur, el suscrito observó otro sobrescurrimiento en el valle del río Bogotá, cerca a Apulo. Como éste, el sobrescurrimiento en el Río Minero y el de Agua Buena están situados en una línea recta, y es muy probable que pertenezcan al mismo sistema de dislocación, que tuviera de esta manera, una extensión horizontal de más de 300 km. Si éste es el caso, esta dislocación representaría una línea tectónica de primera categoría en la estructura de la Cordillera Oriental.

Falla del Río Itoco

Fuera de la dislocación grande descrita, hay indicaciones de la existencia de fallas menores. Una de éstas, sigue probablemente el curso del Río Itoco, entre el Campamento y su desembocadura. Como se puede observar en nuestro mapa y en la sección geológica, el buzamiento general es Sureste. Pero los buzamientos que se pueden observar en los afloramientos a lo largo del Río Itoco están dirigidos en su mayoría hacia el Sur. Este antagonismo habla en favor de una falla a lo largo del Río Itoco. Tal falla puede también explicar irregularidades en el rumbo de varias capas a través de este valle, las cuales se pueden reconocer muy bien en las fotografías aéreas. Como dicha falla atraviesa la zona esmeraldífera, se hace muy probable que tuviera una cierta influencia en la mineralización particular de las capas esmeraldíferas.

La región estudiada puede estar afectada por otras fallas de un tipo parecido, pero su localización por tierra es difícil por lo abrupto del terreno y requiere un estudio más detallado, en especial aerofotografías detalladas tomadas a baja altura.

RESULTADOS

Sobre la estratigrafía y tectónica se llega a los siguientes resultados:

- 1) Las capas esmeraldífera de Muzo pertenecen a una serie de arcillas negras piríticas que corresponden al Albiano Medio bajo. Es un nivel bastante extendido en la parte occidental de la Cordillera Oriental.
- 2) La región de Muzo sufrió durante el Albiano un hundimiento considerable, a consecuencia del cual se acumularon sedimentos de más de 3.000 m de espesor.
- 3) Es posible que las intrusiones del magma ultrabásico influenciaron o causaron la mineralización esmeraldífera en el área de las minas y que tuvieron lugar al finalizar la fase de la cuenca

albiana de Muzo. Las esmeraldas probablemente se circunscriben bajo circunstancias especiales a áreas en las cuales se pueda constatar un hundimiento de tamaño parecido.

- 4) Las capas esmeraldíferas de Muzo están situadas en el eje de un anticlinal muy amplio y extenso, que llamamos anticlinal de Itoco.
- 5) El límite Oriental de este anticlinal está formado por un sobrescurrimiento, a lo largo del cual, las capas sufrieron un desplazamiento vertical de unos 5.000 m.
- 6) La zona esmeraldífera está atravesada por una falla (normal?) que se extiende en dirección NW-SE.

Todavía no sabemos cuáles de estos factores estratigráficos y tectónicos representan el papel más importante en la formación y distribución de las esmeraldas. Parece por lo tanto mejor, si en investigaciones posteriores se tienen en cuenta todos estos factores y se escogen sucesivamente aquéllos que se presentan siempre, o frecuentemente, en conexión con las capas esmeraldíferas.

BIBLIOGRAFIA

- BÜRGEL, H.: El Cretáceo Inferior de los alrededores de Leiva, Boyacá. Bol. Geol. II, No. 1, pp. 5-22, 4 pl. Bogotá, 1954.
- DEL RIO M., A.: Exploración de unos yacimientos de cuarzo en Muzo. Comp. Est. Geol. Of. en Colombia, VI, pp. 249-250. Bogotá, 1945.
- HUBACH, E.: Condiciones geológicas de las variantes de la carretera en la región de Arcabuco-Barbosa-Oiba. Informe 952 del Inst. Geol. Nal., Bogotá, 1953, inédito.
- KEHRER, W.: El Carboniano del Flanco Llanero de la Cordillera Oriental. Folleto del Colegio Alemán, Bogotá, 1933.
- SCHEIBE, R.: Informe geológico sobre las minas de esmeraldas de Muzo. Comp. Est. Geol. Of. en Colombia, I, pp. 169-198, figs. 19-23, Bogotá, 1933.
- TRUMPY, D.: Pre-Cretaceous of Colombia. Bull. Geol. Soc. Amer., 54, pp. 1281-1304, 1 pl., figs. 6, New York 1943.

EXPLICACION DE LA PLANCHA

Todas las figuras están a tamaño natural

Fig. 1

Molde de yeso de *Heinzia* (*Gerhardtia*) *veleziensis* HYATT
Estación HB 1715, Muzo, Boyacá, carretera del pueblo al
puente en el Río Minero. Barremiano Medio.

Fig. 2

Heinzia (*Gerhardtia*) cf. *veleziensis* HYATT juv.
Estación HB 1713, Muzo, Boyacá, carretera del pueblo al
puente en el Río Minero. Barremiano Medio.

Fig. 3

Crioceras (*sensu lato*) spec. indet.
Estación HB 1707, Muzo, Boyacá, carretera del pueblo al
puente en el Río Minero. Aptiano.

Fig. 4

Inoceramus spec.
Estación HB 1655, Muzo, Boyacá, carretera de Muzo hacia
Chiquinquirá, 5 km desde Muzo. Aptiano Superior.

Fig. 5

Parahoplites cf. *obliquus* RIEDEL
Estación HB 1656, Muzo, Boyacá, carretera de Muzo hacia
Chiquinquirá, 5 km desde Muzo. Aptiano Superior.

Fig. 6

Acanthohoplites *acutecostatus* RIEDEL
Estación HB 1651, Muzo, Boyacá, carretera del pueblo al
puente en el Río Minero. Aptiano Superior.

Fig. 7

Inoceramus spec.
Estación HB 1685, Muzo, Boyacá, Vereda Itoco, "La Enco-
mienda". Albiano Superior.

Fig. 8

Colombiceras spec. indet.
Estación HB 1651, Muzo, Boyacá, carretera del pueblo al
puente en el Río Minero. Aptiano Superior.

Fig. 9

Colombiceras aff. *tobleri* JACOB, RIEDEL
Estación HB 1706, Muzo, Boyacá, carretera del pueblo al
puente del Río Minero. Aptiano Superior.

Fig. 10

Venezoliceras *karsteri* (STIELER)
Estación HB 1685, Muzo, Boyacá, Vereda Itoco, "La Enco-
mienda". Albiano Superior.

Fig. 11

Venezoliceras cf. *venezolanum* (STIELER)
Estación HB 1707, Muzo, Boyacá, carretera del pueblo al
puente en el Río Minero. Rodado del Albiano Superior.

Fig. 12

Neophlycticeras cf. *brottianum* (D'ORBIGNY)
Estación HB 1675, Muzo, Boyacá, camino al Norte de
Quípama. Albiano Superior.

Fig. 13

Parahoplites *obliquus* RIEDEL
Estación HB 1656, Muzo, Boyacá, carretera hacia Chiquin-
quirá, 5 km desde Muzo. Aptiano Superior.

Fig. 14

Inoceramus spec.
Estación HB 1654, Muzo, Boyacá, carretera del pueblo al
puente del Río Minero. Aptiano Superior.

Fig. 15

Oxytropidoceras *multifidum* (STEINMANN)
Estación HB 1672, Muzo, Boyacá, camino del campamento
al Alto de Martínez. Albiano Medio alto.

Fig. 16

Olcostephanus cf. *bösei* (RIEDEL)
Estación HB 1707, Muzo, Boyacá, carretera del pueblo al
puente en el Río Minero. Hauteriviano.

Los originales están depositados en el Museo Geológico Nacional de Bogotá.

