

# Intrusiones básicas cretácicas en las sedimentitas de la parte central de la Cordillera Oriental

ANTOINE FABRE<sup>2</sup> y MICHEL DELALOYE<sup>3</sup>

## RESUMEN

Las intrusiones básicas conocidas en la parte central de la Cordillera Oriental de Colombia son cuerpos de tamaño pequeño, diques y silos de composición gabroica. Las dataciones radiométricas K/Ar demuestran que estas intrusiones no son necesariamente coetáneas, sino que la actividad magmática se desarrolló probablemente de manera continua durante el Cretáceo inferior y hasta el Cenomaniano. La presencia de estas intrusiones en la parte más subsidente de la cuenca, donde empieza la transgresión cretácica, sugiere una probable debilidad de la corteza continental en esta región.

Se plantea una posible relación entre estas intrusiones básicas y las numerosas mineralizaciones hidrotermales (Pb-Zn-Cu-Fe y Ba) conocidas en las sedimentitas del Cretáceo inferior y medio de esta región. Al contrario, las mineralizaciones de esmeraldas no parecen relacionadas con este suceso.

## ABSTRACT

Stock, dykes and sills of gabbroic composition are known on the flanks of the central part of the Eastern Cordillera of Colombia. Major elements chemical analyses show tholeiitic to alkalic compositions. Radiometric K/Ar datings permit to say that these intrusions are not necessarily synchronous, but that this magmatism was probably active during early Cretaceous and until Cenomanian. The presence of these bodies in the most subsiding part of the basin, where the cretaceous transgression begun, shows a possible weakness of the continental crust in this area.

A possible relation between this activity and the presence of numerous hydrothermal mineralizations of Pb-Zn-Cu-Fe and Ba in the sedimentary rocks of early and middle Cretaceous age is postulated. Emeralds mineralizations doesn't seem to be related with these intrusions.

## INTRODUCCION

Varios autores (ver tabla 1, referencias bibliográficas) observaron en los flancos de la parte central de la Cordillera Oriental, intrusiones básicas de tamaño pequeño que cortan sedimentitas datadas paleontológicamente del Cretáceo inferior. Estas rocas están descritas brevemente en la li-

teratura y se consideraron sin argumentos decisivos de edad probablemente terciaria (BÜRGL, 1961; HARDMANN, 1965; KRUMMENACHER, 1973). GANSSER (1963, 1973, y OLSSON (1956) notan el carácter bastante extraño de estas rocas básicas en el marco general del "Miogeosinclinal del Oriente Colombiano".

1. Trabajo presentado en el IV Congreso Colombiano de Geología, Cali, 10 al 14 de Octubre de 1982.

2. INGEOMINAS; Apartado Aéreo 4865, Bogotá.

3. Département de Mineralogie, Université de Genève, 13, rue des Maraichers, 1211 Genève 4, Suiza.



WOKITTEL (1960) y RADELLI (1961) sugieren la existencia de un ciclo magmático posterior al Cretáceo en la Cordillera Oriental para explicar el origen de las mineralizaciones hidrotermales (Cu-Pb-Zn) conocidas en las rocas sedimentarias del Cretáceo de esta cadena. Además, varios autores que estudiaron el origen de las esmeraldas de la Cordillera Oriental (BURGL, 1961; ESCOVAR, 1975; ULLOA, 1980), sugieren una eventual relación entre estas mineralizaciones y las intrusiones básicas que intruyen las sedimentitas del Cretáceo.

El descubrimiento de un dique básico, que corta la Formación Lutitas de Macanal en la región de La Salina de Chita, nos condujo a estudiar más en detalle los afloramientos de rocas similares localizados en la Cordillera Oriental.

A fin de realizar este trabajo se hizo una revisión de la literatura y se muestrearon las intrusiones conocidas. Las muestras fueron estudiadas petrográficamente y se hicieron análisis químicos y dataciones radiométricas de estas rocas. con base en los datos obtenidos, se estudió el posible significado de estas intrusiones en el marco geológico regional, así como la relación entre estas rocas y las mineralizaciones hidrotermales de esta área.

Se agradece especialmente al Profesor Fernando Etayo Serna y a Hugo Forero y Luis Sarmiento por la corrección de este texto y a Gloria Inés Rodríguez por su ayuda en petrografía.

Además se agradece al doctor Alfonso López Reina, Director del INGEOMINAS, por la autorización para presentar este trabajo en el IV Congreso Colombiano de Geología.

## LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE LOS AFLORAMIENTOS

La figura 1 y la tabla 1 señalan la localización de las intrusiones básicas conocidas en la parte central de la Cordillera Oriental. Brevemente se describen algunas características suplementarias.

### a) Intrusión de Pajarito

Esta intrusión es la más accesible de todas y la de mayor tamaño. Está localizada en el mapa geológico del Cuadrángulo K-13, Tauramena, a escala 1:100.000 (ULLOA y RODRIGUEZ, 1976). Desde el punto de vista tectónico, este afloramiento está situado al borde de la falla regional de Pajarito. Se observa metamorfismo de contacto en las lutitas y limolitas intruidas y el gabro está cortado por varias venas de calcita en las cuales existen cristales aciculares de epidota. La roca está mineralizada con pirita y en los sedimentos de las quebradas que atraviesan el cuerpo se encontraron cristales de pirita que alcanzan más de un centímetro.

### b) Intrusión de Rodrigoque (Quebrada Contadero).

Debido al acceso muy difícil y la abundante vegetación de la zona, la forma y la extensión de este afloramiento

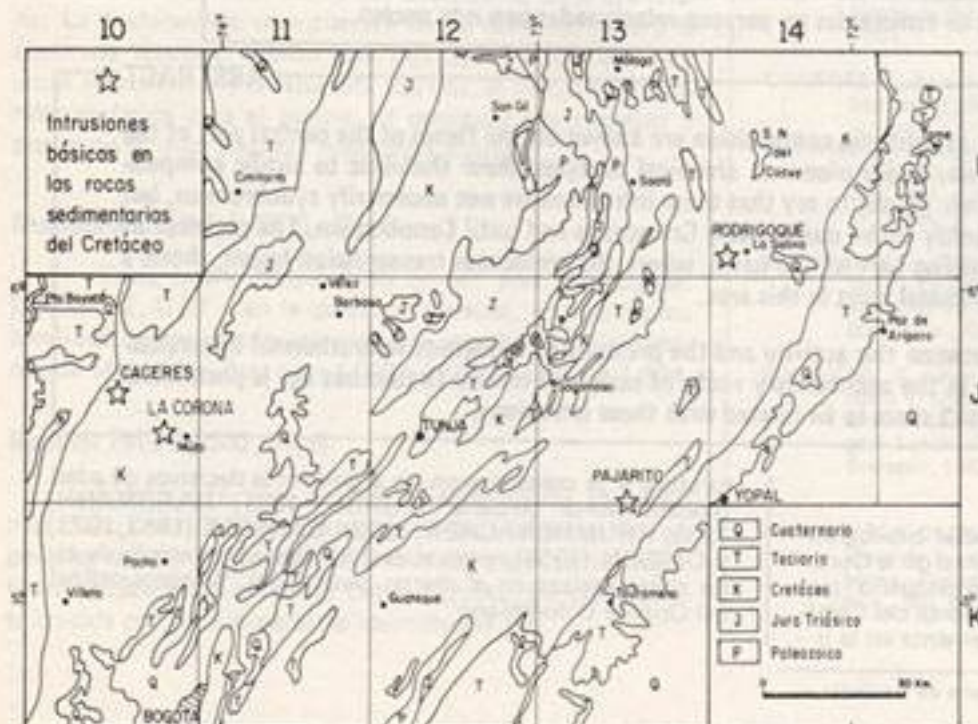


FIGURA 1. Localización de las intrusiones básicas del Cretáceo de la Cordillera Oriental.



TABLA 1  
LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS INTRUSIONES BÁSICAS DEL  
CRETACEO INFERIOR Y MEDIO DE LA CORDILLERA ORIENTAL

	FLANCO OCCIDENTAL		FLANCO ORIENTAL	
	CACERES	LA CORONA (Q. El Cedro)	PAJARITO	RODRIGUQUE (Q. Contadero)
LOCALIZACIÓN	En las cabeceras del Río Cáceres, 1.000 m al este de la perforación Cáceres 1, en el camino que conduce a Llano Mateo.	En la Quebrada El Cedro unos 100 m por debajo de la carretera	Al lado de la carretera Sogamoso - Pajarito, 500 m al norte de Pajarito	En la orilla derecha del Río Casanare, 1 km aguas abajo de la unión con la Q. Contadero, 50 m encima del camino La Salina Rodrigouque
PLANCHA Y COORDENADAS PLANAS	169, Pt. Soyacá (Plancha no publicada) X = 1.117 Y = 970 Z = 1.000 (Coordenadas aproximada)	189, La Palma X = 1'104.000 Y = 984.500 Z = 1.300 m	212, Tauramena X = 1'078.500 Y = 1'152.200 Z = 900 m	153, Chiva X = 1'168.100 Y = 880.000 Z = 1.600 m (También en rodados en la Quebrada Contadero).
BIBLIOGRAFÍA * Referencias originales	* Gansser (1956) * Olsson (1956) * Pratt (1961) * Gansser (1963)	Lleras Codazzi (1926) * Trunsky (1943) * Gansser (1956) * Olsson (1956) * Pratt (1961) * Sörgl (1961) * Shell Córdor (1962) * Gansser (1963) * Campbell, Sörgl (1965) * Gansser (1973) * Ulloa (1980) * Rodríguez (en progreso)	* Shell Córdor (1962) * Hardmann (1965) * Campbell, Sörgl (1965) * Escovar (1975) * Ulloa, Rodríguez (1976) * Ulloa (1980)	* Fabre (en progreso)
TIPO DE INTRUSIÓN	Saltos que alcanzan hasta 10 m de espesor (según Pratt, 1961)	Afforamiento por 60 m en la Quebrada El Cedro	Varias apófisis y diques en una franja alargada N-S de 1000 m por 2500 m. (Según Ulloa, Rodríguez, 1976)	Dique de 2 m de espesor, probablemente otro cuerpo más grande en la orilla este de la Q. Contadero.
UNIDAD INTRUIDA	Shales negros (Aptiano-Albiano)	Formación Villeta inferior (Maestriano-Albiano)	F. Lutitas de Macanal (Barrasiano-Valanginiano)	F. Lutitas de Macanal (Barrasiano-Valanginiano)
TIPO DE ROCA	Gabro con Dialagita y Cuarzo	Gabro con Hornblenda y Biotita (Cuarzo)	Gabro con Hornblenda	Gabro con Hornblenda y Biotita
TEXTURA	Equigranular Grano fino a medio Subofítica	Equigranular Grano fino a medio Hipidiomórfica granular	Equigranular Grano fino a medio Hipidiomórfica granular	Equigranular Grano fino a medio Hipidiomórfica granular
SECCIONES DELGADAS No. 10M * Muestras menos alteradas	186038, 186039*	658637, 658631* 185063*	16616, 16620, 658504* 658505, 185950*, 185951	185619, 185620*, 185742, 185743, 185948, 185949*
COMPOSICIÓN DE LAS SECCIONES POCO ALTERADAS	Dialagita 20% Anhidral subehedral Cuarzo fino (100) Plagioclasas 53% Labradorita An 60% Euhedral a subehedral parcialmente alterada Cuarzo 2% Cristales anhedral Cuarzo 1% En inclusión gráfica Ortoclasas 5% Anhidral, parcialmente alterada Hornblenda/Actinólita 8% Fibrosa por alteración del Foróvno Clorita 2% Pequeños cristales divergentes por alteración de máfica Calcita 2% Relena vacíos Leucoceno Frita y Magnetita 3% Hidroóxido de Fe 3%	Hornblenda 29% Euhedral y Subehedral -> marrón rojo oscuro -> marrón rojo claro -> rosado o incoloro Plagioclasas 20% Subehedral macia albita Biotita 4% A veces cloriturada Subehedral Cuarzo 2% Anhedral Epidoto Anhedral a subehedral 1% Clorita 12% Por alteración de hornblenda y biotita Tymonita 4% Fibrosa por alteración de la hornblenda Sericita 10% Por alteración de las plagioclasas Calcita 3% Por alteración de hornblenda y plagioclasas Eufesa 2% Frita 2%	Hornblenda 35-38% Subehedral, a veces maciala -> marrón rojo -> marrón rojo claro -> rosado o incoloro Plagioclasas 12-14% Andesina An 35% Subehedral, macia albita Epidoto 9-11% Pitacta Anhedral y subehedral Clorita 20-22% Fensina Por alteración hornblenda Tymonita 9-14% Fibrosa, reemplaza la hornblenda en los bordes o enteramente Calcita 5-9% Alteración hornblenda y plagioclasas Eufesa y Leucoceno 1% Frita 1% Localmente abundante en el afloramiento Apatito	Hornblenda 12-29% Euhedral y subehedral -> marrón rojo -> marrón claro -> rosado o incoloro Plagioclasas 40% Labradorita An 65% ó Andesina An 35% en secciones. Subehedral Biotita Subehedral 16-20% Epidoto 0-10% Pitacta 3-10% Alteración de hornblenda y Biotita Tymonita 2-6% Reemplaza hornblenda en los bordes o en agregados fibrosos Eufesa y Leucoceno 1-2% Sericita 1% Por alteración plagioclasas Calcita (en secciones alteradas) Frita 1-2% Localmente abundante en el afloramiento
FENÓMENOS POSTERIORES	Oxalitarización	Cloritarización, Calcificación, Sericitización, Dique apofítico cerca a la intrusión	La roca está cortada por venas de calcita con cristales de epidoto. Calcificación, Alteración hidrotermal	Cloritarización, Calcificación, Sericitización, Alteración hidrotermal



to no pudieron ser definidos de manera precisa. Se muestra un dique de más de dos metros de espesor y unos rodados grandes de textura más gruesa que se encontraron en la quebrada Contadero. Sin embargo, estos rodados desaparecen cuando se sube unos 500 m arriba de la desembocadura de la quebrada en el río Casanare y se puede pensar que el afloramiento principal se encuentra cerca al lugar donde se observó el dique, aquí también la roca está mineralizada con pirita diseminada.

#### c) Intrusión de La Corona (Quebrada El Cedro).

Estas rocas fueron probablemente descubiertas por ROBERTO SCHEIBE (en LLERAS CODAZZI, 1926) durante sus estudios de las Minas de Muzo. Sin embargo, GANSSER (1956, 1963) descubrió rocas similares en la misma área y éstas están localizadas esquemáticamente en su publicación de 1963. Durante la cartografía del Cuadrángulo J-10, La Palma, realizada por geólogos del Ingeominas, ALBERTO GARZON, recolectó en la quebrada El Cedro rodados de diorita que fueron descritos por GLORIA INES RODRIGUEZ (en ULLOA, 1980). Se encontró la roca en sitio, que aflora por cerca de 60 m a lo largo del lecho de la quebrada intuyendo unas lutitas arcillosas negras cartografiadas como "Villeta inferior" (RODRIGUEZ, en progreso).

Agua arriba del afloramiento, así como al borde de la carretera que conduce a La Victoria, aflora un dique aplítico vertical de unos 20 m de espesor compuesto por Cuarzo, Oligoclasa con Clinzoisita, Esfena, Allanita y Clorita como minerales accesorios (Secciones delgadas IGM 659201-02-03).

Según la localización de los gabros en el esquema de GANSSER (1963) y según informaciones de campesinos de la región, parece probable que en esta misma área existan varios afloramientos de rocas básicas.

#### d) Intrusión de Cáceres

GANSSER (1956, 1963) menciona la presencia de gabros "en el río Guaguaquí"; se puede pensar que se trata de los silos de diabas descritos por PRATT (1961) situados cerca al pozo Cáceres 1 al NW de Yacopí. No se pudo observar directamente este afloramiento, pero se recolectaron rodados de gabro que provienen de esta intrusión en la desembocadura de la quebrada Cáceres en el río Guaguaquí, cerca al caserío de Puerto Pineda.

#### e) Otras intrusiones

Debido al tamaño pequeño de las intrusiones conocidas y a su ubicación en zonas muy selváticas, se puede sospechar que afloran otras intrusiones similares en los flancos de la Cordillera Oriental donde se cartografiaron sedimentitas del Cretáceo inferior; además es probable la existencia en profundidad de intrusiones del mismo tipo o más grandes (CAMPBELL y BÜRGL, 1965).

### DESCRIPCION PETROGRAFICA

La tabla 1 resume las características petrográficas de las secciones delgadas estudiadas. Las muestras recolecta-

das son de color gris verdoso, de textura granular (cristales hasta 3 mm), más fina en los bordes de las intrusiones.

En razón de la composición de la plagioclasa que varía entre  $An^{35\%}$  y  $An^{65\%}$ , las rocas se pueden clasificar petrográficamente como dioritas o gabros; sin embargo los análisis químicos revelan composiciones más características de gabros que de diorita y es probable que la plagioclasa de todas las intrusiones haya sido originalmente labradorita.

Las secciones delgadas de Pajarito, Rodrigoque y La Corona contienen minerales hidratados característicos de un magma básico cristalizado bajo fuerte presión de agua, a temperatura relativamente baja en relación con su composición.

Todas las intrusiones presentan evidencias de alteración hidrotermal con formación de minerales secundarios como epidota, tremolita, clorita, calcita y sericita. La pirita que se presenta en venitas o diseminadas en la roca es también de origen hidrotermal.

### GEOQUIMICA

La tabla 2 representa los resultados de los análisis químicos de muestras que provienen de las cuatro intrusiones estudiadas. Debido al valor relativamente alto de  $FeO^*/MgO$  con respecto a  $SiO_2$ , y también del alto contenido de  $TiO_2$ , todas las muestras se diferencian claramente de las rocas de la serie Calcoalcálica (fig. 2). Las muestras de Rodrigoque y de La Corona son típicamente alcalinas mientras los gabros de Cáceres pertenecen al grupo de las rocas no alcalinas, con una composición que se asemeja a la de toleitas de dorsales o de cuencas marginales situadas detrás de arcos magmáticos.

Debido al contenido bajo de  $SiO_2$  de ciertas muestras, aparecen forsterita y fayalita en el cálculo de la norma C.I.P.W., pero no fue observado olivino en las secciones delgadas.

La sección delgada 658631 descrita en la Tabla 1 como representativa de la intrusión de La Corona y que contiene un poco de cuarzo, proviene del borde de la intrusión cercana al dique aplítico, mientras que la muestra analizada y datada (IGM 186063), que se recolectó lo más lejos posible del dique, tiene un contenido de sílice relativamente bajo, al contrario la composición normativa de la muestra de Cáceres contiene cuarzo tal como fue observado petrográficamente.

Un análisis por absorción atómica de una muestra de la aplita dio un resultado de 6 ppm de Berilo, lo que representa el contenido normal de una roca félsica.

### EDADES DE LAS INTRUSIONES

Sobre muestras que provienen de las cuatro intrusiones se efectuaron dataciones radiométricas por el método K/Ar. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio del Departamento de Mineralogía de la Universidad de Ginebra.



	FLANCO OCCIDENTAL		FLANCO ORIENTAL	
	CACERES	LA CORONA	PAJARITO	RODRIGOQUE
SiO <sub>2</sub>	51,10	46,14	43,62	46,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,46	11,54	11,26	16,09
TiO <sub>2</sub>	1,57	3,92	1,88	2,55
FeO	10,20	7,94	7,01	8,01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,75	5,08	2,22	2,23
CaO	8,28	7,91	12,46	9,34
MgO	5,33	9,84	15,05	7,43
Na <sub>2</sub> O	3,42	3,46	1,02	2,29
K <sub>2</sub> O	0,18	1,19	0,41	1,73
MnO	0,14	0,16	0,19	0,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,26	0,38	0,39
H <sub>2</sub> O	3,23	2,32	4,18	2,14
CO <sub>2</sub>	0,79	0,43	0,86	0,39
Total	99,56	100,19	100,54	99,07

TABLA 2. Composición Química de las intrusiones básica del Cretáceo de la Cordillera Oriental.

#### a) Datos técnicos

La medición del contenido de potasio está efectuada por absorción atómica por medio de un aparato Pye Unicam de doble haz. Cada análisis está repetido por lo menos dos veces después de la disolución de la muestra. El Argón se extrae de las muestras por fusión y luego se analiza cuantitativamente por dilución isotópica en un espectrómetro de masa AEI-MS-10, equipado de un imán de 4100 Gauss. El trazador Ar<sup>35</sup> utilizado es el de Schumacher de Berna; su pureza es superior a 99,99%. Las calibraciones se hacen de manera regular utilizando los patrones internacionales. Las constantes de desintegración y los factores de conversión son los recomendados por la Subcomisión de Geocronología del IUGS (STEIGER y JÄGER, 1977).

#### b) Resultados

La tabla 3 resume los datos analíticos obtenidos y precisa la naturaleza del material analizado; la figura 3 representa de manera gráfica las edades K/Ar de las rocas intrusivas así como las dataciones de las sedimentaritas encajantes obtenidas por métodos bioestratigráficos.

#### c) Interpretación de los resultados

Evidentemente las intrusiones no pueden ser más antiguas que las formaciones en las cuales se emplazaron; considerando los datos de la figura 3, se puede pensar que la edad desde la cual empezó a acumularse Ar<sup>40</sup> radiogénico en las rocas puede ser 120 m.a. en Pajarito, 106 m.a. en Rodrigoque y 93 m.a. en La Corona. En Pajarito las edades "hornblenda" y "roca total" no tienen una diferencia estadísticamente significativa.

Las edades más débiles obtenidas sobre la hornblenda y la biotita de Rodrigoque pueden explicarse por una

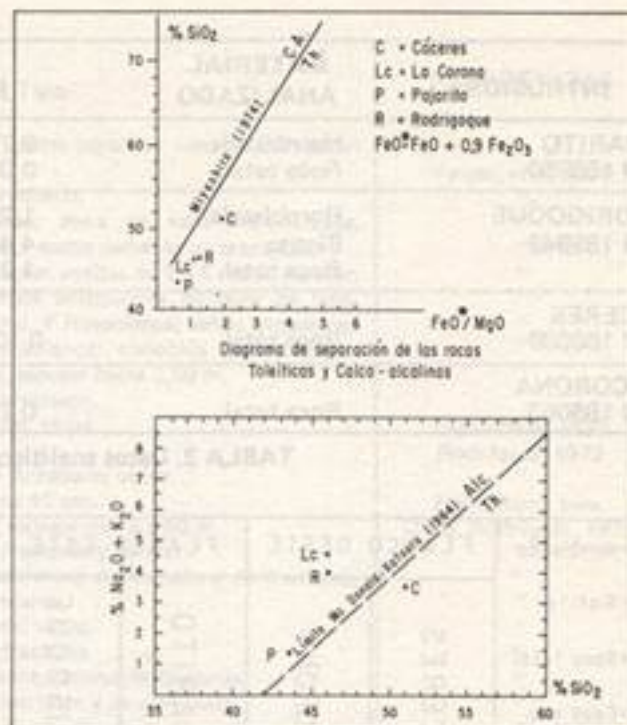


FIGURA 2. Diagrama de separación de las rocas alcalinas y toleíticas.

pérdida de Ar<sup>40</sup> radiogénico en relación con la actividad hidrotermal que prosiguió después del emplazamiento de las rocas intrusivas. El contenido relativamente bajo en potasio de la biotita de Rodrigoque es un signo evidente de su alteración.

En Cáceres el resultado es menos preciso, debido principalmente al porcentaje bajo de Ar<sup>40</sup> radiogénico en el Ar<sup>40</sup> total pero los silos se emplazaron probablemente durante el Cretáceo medio.

Con base en estos datos se considera que las intrusiones son el producto de una actividad magmática básica profunda que se desarrolló de manera más o menos continua en la parte central de la Cordillera Oriental durante el Cretáceo inferior y posiblemente hasta el Cenomaniano. La actividad hidrotermal que acompañó este suceso continuó probablemente un poco después de esta edad.

#### RELACION ENTRE LAS INTRUSIONES BASICA Y LAS MINERALIZACIONES HIDROTHERMALES

La figura 4 representa un cuadro de correlación tentativo de las formaciones cartografiadas en la parte central de la Cordillera Oriental. Sobre este se ubicaron todas las mineralizaciones hidrotermales (filones, relleno de cavidades o de fracturas, mineralizaciones difusas) reportadas en esta zona, cada una localizada en la formación donde fue observada y en su cuadrángulo respectivo (tabla 4). Sobre esta figura se diferenciaron las mineralizaciones de Pb-Zn-Cu-Fe (punteado), de Bario (Blanco) y las minas de esmeral-



INTRUSION	MATERIAL ANALIZADO	K	Ar 40 rad Moles/g	Ar rad	EDAD
PAJARITO IGM 185950	Hornblenda	0,72	$1,69 \cdot 10^{-10}$	94	$130,8 \pm 10,4$
	Roca total	0,30	$6,28 \cdot 10^{-11}$	88	$118,0 \pm 6,4$
RODRIGOQUE IGM 185949	Hornblenda	1,29	$2,17 \cdot 10^{-10}$	88	$94,3 \pm 4,4$
	Biotita	4,44	$6,71 \cdot 10^{-10}$	88	$82,5 \pm 9,5$
	Roca total	1,27	$2,42 \cdot 10^{-10}$	86	$106,5 \pm 5,5$
CACERES IGM 186039	Roca total	0,105	$2,13 \cdot 10^{-11}$	17	$113,1 \pm 16$
LA CORONA IGM 186063	Roca total	0,75	$12,40 \cdot 10^{-11}$	73	$92,9 \pm 9,3$

TABLA 3. Datos analíticos de las Dataciones radiométricas

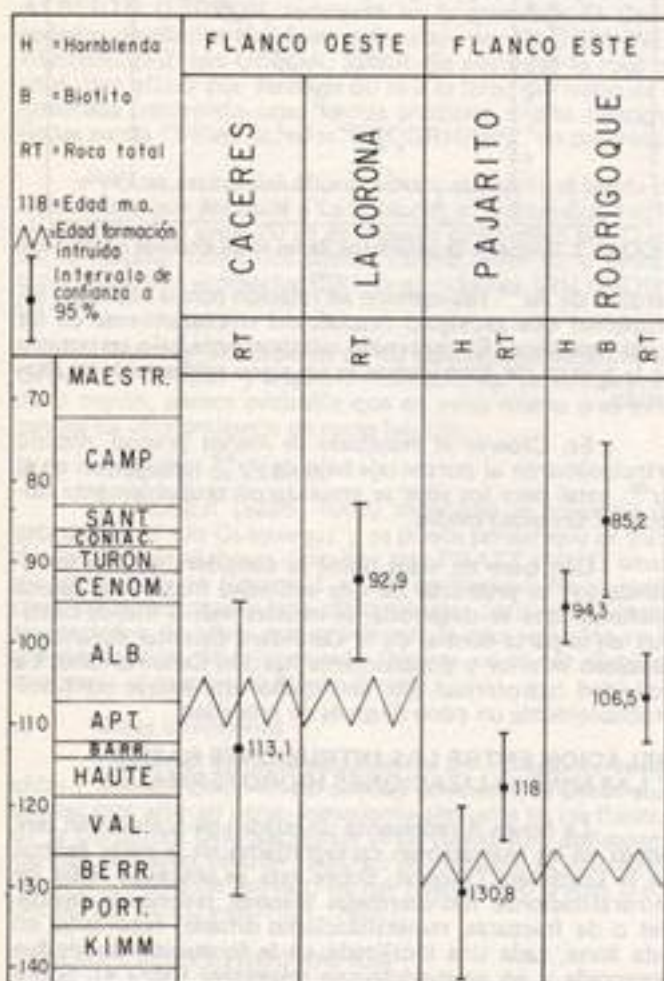


FIGURA 3. Representación gráfica de las dataciones.

das (rayado oblicuo), que son las únicas económicamente importantes.

Podemos observar que las mineralizaciones de Pb-Zn-Cu-Fe nunca se emplazaron en formaciones más jóvenes que el Cenomaniano y que están repartidas en todos los cuadrángulos sin excepción. Además se ve que, aunque están localizadas de manera preferencial en calizas, se encuentran también en areniscas (p.e. Formación Une) y en shales y limolitas (p.e. Formación Paja).

En razón de la relación cronológica que existe entre la posición estratigráfica de las mineralizaciones y la edad de las intrusiones, se considera que la actividad hidrotermal que acompañó al magmatismo básico es responsable de la mineralización. La repartición regional de estas ocurrencias minerales comprueba que fue un fenómeno de gran escala que afectó toda la parte central de la cuenca, en la cual las aguas termales removilizaron iones de Pb-Zn-Cu-Fe contenidos en las rocas sedimentarias del Cretáceo inferior.

Un modelo en el cual el fenómeno hidrotermal no tuviera relación con esta actividad magmática es poco probable en efecto, se observó que las mineralizaciones se encuentran hasta el mismo nivel estratigráfico en regiones donde la columna sedimentaria es más gruesa (p.e. Cuadrángulo K-12, Guateque), que en zonas menos subsidentes (p.e. Cuadrángulo I-13, Málaga). Esto no ocurriría si el calor necesario para la removilización de las aguas mineralizadas fuera originado únicamente por el flujo geotérmico normal.

Además, no se observa metamorfismo regional en las capas inferiores del Cretáceo ni en las rocas sedimentarias del Paleozoico superior; se puede pensar que si estas sedimentitas hubieran alcanzado en su totalidad las temperaturas normales necesarias para la formación de mineralizaciones mesotermales a epitermales —que varían entre 350 y 50 °C— se hubieran formado minerales de metamorfismo por lo menos en las partes profundas de la secuencia.

En cuanto a las mineralizaciones de Ba, que contienen a veces un poco de F y trazas de Pb y Cu, se observa



MINERALIZACIONES: Lugar, Municipio, Minerales, Formación, Tipo		REFERENCIAS
1)	Montenegro, Mpio. Concepción, Galena, Esfalerita; F. Mercedes; lentes paralelos con estratificación y mineralización diseminada.	Vargas, <i>et al.</i> , 1976
2)	Mina Machacuta, Mpio. Soatá; Galena (Esfalerita), F. Capacho; no precisado.	"
3)	Mina Alcohol, Mpio. Soatá; Galena, Esfalerita; F. Aguardiente; zona de falla mineralizada.	"
4)	El Jeque, Mpio. Tipacoque; Galena, Esfalerita; F. Capacho; en venitas y como cemento en areniscas.	"
5)	Las Mercedes, Mpio. Chiscas, Galena, Esfalerita (Calcopirita); F. Capacho; venitas de 1 a 5 cm en espesor.	"
6)	El Escobal, Mpio. La Uvita; Galena, Esfalerita; F. Capacho; cuerpos lenticulares en zona de falla.	"
7)	Prospecto Q. Cedral, Mpio. Coromoro; Galena (Esfalerita, Calcopirita), F. Rosablanca; lentes irregulares.	"
8)	Vereda San Juan, Mpio. Guacamayo, Galena, Baritina; F. Rosablanca; conocida por rodados.	"
9)	Las Juntas Sur, Mpio. Jordán; Baritina (Galena, Malaquita); 2 filones, espesor hasta 2,50 m.	"
10)	San Martín, Mpio. La Aguada; Baritina, Fluorita, F. Rosablanca; no precisado.	"
11)	Santa Isabel, Mpio. Nobsa, Galena, Esfalerita (Calcopirita); F. Fómeneque, venas.	Ingeominas, 1978
12)	Vereda Carare, Mpio. Toguá; Galena; F. Rosablanca, venas.	Rodríguez, 1972
13)	Río Samacá, Mpio. Villa de Leiva, Galena, Esfalerita; F. Arenisca de Arcabuco; venas.	"
14)	La Candelaria, Mpio. Ráquira; Galena (Limonita), F. San Gil Inf. Vena 10 cm.	Etayo, com. pers.
15)	Las Minas Mpio. Gachantivá; Calcopirita; F. Rosablanca; dos filones, espesor de 15 a 60 m.	Ulloa, Rodríguez, 1979
16)	Mina Los Locos, Mpio. Sucre; Calcopirita; F. Rosablanca; relleno de fracturas y lentes.	"
17)	Mina Peras Blancas, Mpio. Sabanalarga; Galena, Esfalerita; F. Rosablanca; diseminada y en fracturas.	"
18)	La Rata, Mpio. Sucre; Galena, Calcosina; F. Rosablanca; filones irregulares.	"
19)	Tres Esquinas, Mpio. Guavotá; Esfalerita, Malaquita (Limonita); F. Paja; venas.	"
20)	Minas El Pulpito y Motua, Bolívar; Barita; F. Rosablanca; relleno de fracturas.	"
21)	Varias Minas, Mpio. Bolívar; Barita (Calcopirita, Fluorita); F. Rosablanca, relleno de fracturas.	"
22)	Mina Montescuro; Mpio. Bolívar; Barita; F. Rosablanca; relleno de fracturas y de cavidades.	"
23)	Mina La Belleza, Mpio. Jesús María; Barita; F. Rosablanca; Filón de 20 cm. de espesor.	"
24)	Varias Minas Mpios. Bolívar y Vélez; Calcopirita (Siderita); F. Rosablanca; hilos y filoncitos.	Ingeominas, 1978
25)	Q. La Mina, Mpio. Paime; Esfalerita; F. Paja; venas.	Rodríguez, 1972
26)	Q. La Mina, Mpio. de Yacopí, Pirita, Malaquita; F. San Gil inf.; relleno de fracturas.	Gil, 1976
27)	Mpio. de Otanche, Galena, Pirita, F. Paja; venas.	Ingeominas, 1978
28)	Varias Minas, Mpios. Muzo, Yacopí, Otanche, El Peñón; Esmeraldas; F. Paja; en venas.	"
29)	Veredas Las Mercedes y Manizales, Mpio. Ubalá; Siderita; F. Caliza del Guavio; relleno de fracturas.	Gil, 1976
30)	Q. Berría, Mpio. San Eduardo; siderita; F. Areniscas de Las Juntas; relleno de fracturas.	Ulloa, Rodríguez, 1976
31)	Tominejas, Mpio. Gachalá; Esfalerita (Calcopirita); F. Lutitas de Macanal; filón de 3 m de espesor.	"
32)	Las Minas, Mpio. Manta; Siderita (Calcopirita), F. Fómeneque; diseminada, zona de 2 m de espesor.	"
33)	Cueva Oscura y San Rafael, Mpio. Ubalá; Galena, Calcopirita; Siderita, F. Caliza del Guavio; diseminada y en fracturas.	"
34)	Q. Porras, Mpio. Zetaquirá; Galena (Esfalerita); F. Une, relleno de fisuras.	"
35)	Vereda Nazaret; Mpio. Ubalá, Esfalerita (Galena), F. Lutitas de Macanal; relleno fracturas y diseminado.	"
36)	Q. Colorada, Mpio. San Eduardo; Manganeso; F. Fómeneque?, Acumulación residual.	"
37)	Chivor y varias minas, Mpios Ubalá, Gachalá, Almeida, Somondoco, Esmeraldas; en las F. Caliza del Guavio, Lutitas de Macanal y Areniscas de Las Juntas, en fracturas.	"
38)	La Cascada, Mpio. Ubalá; Barita, F. Caliza del Guavio; filón de 20 cm, relleno de fracturas.	"
39)	El Salitre, Mpio. Tibiritá; Hematita, Siderita (Calcopirita); F. Fómeneque; capas y diseminaciones.	Gil., 1976
40)	Santa Polaina, Mpio. Junín, Calcopirita, Siderita, F. Fómeneque; diseminaciones y nidos.	"
41)	Mina El Rincón, Mpio. Junín; Esfalerita, Calcopirita, Arsenopirita, Siderita; F. Fómeneque; vetas.	"
42)	Muchindote, Mpio. Gachetá; Esfalerita (Malaquita), F. Fómeneque; nidos e impregnaciones.	"
43)	La Playa, Mpio. Junín, Esfalerita, Siderita; F. Fómeneque; bloques rodados de vetas.	McLaughlin, <i>et al.</i> , 1972
44)	Vereda Providencia, Mpio. Supatá, Galena, Esfalerita; Grupo Villeta k5; dos vetas de 1 cm de espesor.	Gil, 1976
45)	Algodones, Mpio. Pacho; Limonita, Grupo Villeta k5; tres lechos de 2,80 m cada uno.	"
46)	Q. Barro Blanco, Mpio. Pacho; Limonita; Grupo Villeta k5; un filón de 2 m de espesor.	"
47)	Escuela del Cedro; Mpio. Pacho; Limonita; Grupo Villeta k5; un filón de 2,50 m de espesor.	"
48)	Vereda La Capilla, Mpio. Villa de Leiva, Limonita, F. Arcabuco; una capa de 20 cm de espesor.	Mariño, 1976
49)	Corr. Chiquiza, Mpio. Tunja, Galena, F. Arcabuco; venitas de 1 cm de espesor.	"
50)	Gámbita Centro, Mpio. Gámbita, Galena, Calcopirita, Pirita, F. Paja; Lentejones de 5 a 10 cm de espesor.	Otero, 1975
51)	Vereda Armarillo, Mpio. La Paz, Barita (Fluorita, Malaquita), F. Rosablanca; venas.	"

TABLA 4. Referencias de la figura 4.



OLIOCEÑO	K-10-VILLETA (Cerro de la Cruz, 1971)	K-11-ZIPACUIRA (San Agustín, 1971)	K-12-QUATEQUE (San Agustín, 1971)	J-10-LA PALMA (San Agustín, 1971)	J-11-CHUMBUIRA (San Agustín, 1971)	J-12-TINJA (Morote, 1971)	J-13-SOGAMOSO (San Agustín, 1971)	I-02-SAN GIL (Morote, 1971)	I-03-MALAGA (Morote, 1971)
ECCENO		Le Regadera	Concentración		Le Regadera	Picacho	Concentración		Picacho Morote
PAUCENO	Bogotá	Bogotá	Bogotá		Bogotá	Bogotá	Picacho de Socha		Arquilla San Gerardo de Socha
MACCHIMANO	Guadalupe	Armaso del Cacho	Armaso del Cacho		Armaso del Cacho	Armaso del Cacho	Armaso de Socha		Armaso de Socha
CAMPANIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
SANTOMIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
CONIACIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
TURONIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
CENOMANIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
ALSIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
APTIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
SARIMIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
HAUTERMANIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
VILANDMANIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
BERRAGIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe
TITONIANO	Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe	Guadalupe	Guadalupe		Guadalupe



que están localizadas en áreas muy restringidas y que siempre se encuentran en las calizas de la Formación Rosablanca o las Calizas del Guavio. Estas mineralizaciones están posiblemente relacionadas con la misma actividad hidrotermal.

La relación entre las intrusiones básicas y las mineralizaciones de esmeraldas no es tan evidente. Varios autores (q.v.) notaron la existencia de los cuerpos básicos en cercanías de las minas de esmeraldas: la intrusión de La Corona en la región de Muzo y el cuerpo de Pajarito, unos 100 km al NE de Gachalá.

Sin embargo, HALL (1973), quien estudió en detalle las minas de Muzo, descarta esta posible relación observando que las rocas básicas son particularmente pobres en Berilio y que por lo tanto es poco probable que estas intrusiones representen la fuente de Be necesaria para la formación de esmeraldas. Asimismo, este autor observa que las esmeraldas se encuentran en las generaciones de fracturas más recientes y a partir de esta evidencia concluye que la mineralización ocurrió probablemente después de las fases tectónicas principales del Terciario superior. Si esta hipótesis fuera cierta, ahora que se conoce la edad de las intrusiones, se podría descartar por razones cronológicas cualquier tipo de relación entre las intrusiones básicas y las esmeraldas.

#### SIGNIFICADO DE LAS INTRUSIONES EN EL MARCO GEOLOGICO REGIONAL

A fin de entender lo que puede significar la presencia de estas intrusiones, cabe ubicarlas en su contexto paleogeográfico. La figura 5 representa en superposición la extensión mínima del mar Berriasiano - Valanginiano según el trabajo de ETAYO, RENZONI y BARRERO (1969) y los espesores aproximados de los sedimentos que se depositaron en la parte central de la Cordillera Oriental entre el Berriasiano y el Cenomaniano, siendo claro que en ciertas áreas la transgresión fue bien posterior al Berriasiano.

Podemos observar que en la misma zona donde se inició la transgresión del Cretáceo ocurrió la mayor subsidencia entre el Berriasiano y el Cenomaniano y que las intrusiones básicas están localizadas en esta misma área.

Por lo tanto, se concluye que la transgresión cretácica empezó en la parte central de la Cordillera Oriental porque esta zona representaba una región más débil de la corteza continental, en la cual la sedimentación compensaba una subsidencia rápida. Esta subsidencia estaba posiblemente controlada por fracturas profundas de la corteza en las cuales pudo ascender un magma toleítico o alcalino. Las fracturas eran probablemente fallas normales de tensión como las que limitaron la transgresión cretácica sobre los Llanos durante todo el Cretáceo inferior.

Esta actividad magmática básica fue probablemente continua durante el Cretáceo inferior y hasta el Cenomaniano y fue acompañada de una circulación de aguas calientes que removilizaron iones de Pb-Zn-Cu-Fe y Ba existentes en

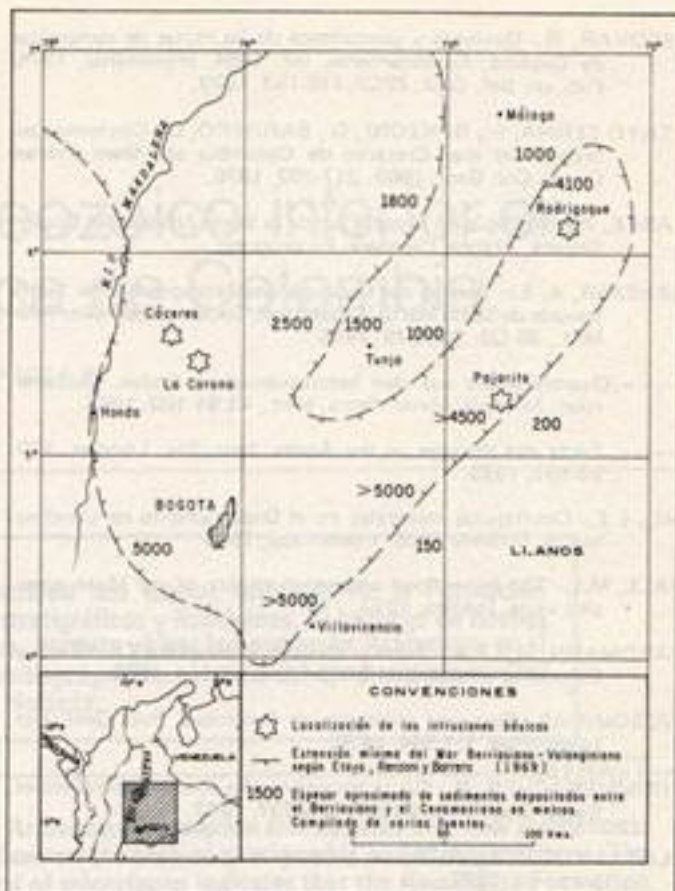


FIGURA 5. Situación de las intrusiones básicas.

los sedimentos. Estos fueron redepositados en fracturas o en cavidades de disolución, formando las numerosas mineralizaciones hidrotermales conocidas en las sedimentitas del Cretáceo inferior. La ausencia de estas mineralizaciones en rocas más jóvenes que el Cenomaniano indica la interrupción de la actividad magmática y de los fenómenos hidrotermales después de esta edad.

El evento terciario que originó, las rocas volcánicas conocidas en Iza y Paipa así como las numerosas fuentes termales de la Cordillera Oriental podría eventualmente estar en relación con las mineralizaciones de esmeraldas (HALL, 1973).

#### BIBLIOGRAFIA

- BÜRGL, H.- Historia geológica de Colombia. Rev. Acad. Col. Cienc. Exact. Fis. Nat., 11 (43): 137-194, 1961.
- CAMPBELL, C. J., BÜRGL, H.- Section through the eastern cordillera of Colombia, S.A., A.A. P.G. Bull., 76(5): 567-589, 1965.
- CHAMPETIER DE RIBES, G.- Mapa geológico de la Plancha K-10, Villeta. Escala 1:200.000. Serv. Geol. Nac. Bogotá, 1961.



- ESCOVAR, R.- Geología y geoquímica de las minas de esmeraldas de Gachalá, Cundinamarca. Inf. 1964. Ingeominas. 1975. Pub. en: Bol. Geol. 22(3): 118-153. 1979.
- ETAYO SERNA, F., RENZONI, G., BARRERO, D.- Contornos sucesivos del mar Cretáceo de Colombia en: Mem. Primer Congr. Col. Geol. 1969: 217-252. 1976.
- FABRE, A.- Geología de la parte sur de la Sierra Nevada del Cocuy, Boyacá, Arauca, Casanare. En progreso.
- GANSSEER, A. Ein Beitrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien, Sudamerika). Min. Petr. Mitt., 35 (2): 209-279. 1956.
- , Quartzkristalle aus den kolumbianischen Anden, (Sudamerika). Schweiz. Miner. Petro. Mitt., 43:91-103. 1963.
- , Facts and theories on the Andes. Jour. Soc. London. 129: 93-131. 1973.
- GIL, E.E.- Ocurrencias minerales en el Departamento de Cundinamarca. Informe 1708. Ingeominas, 1976.
- HALL, M.L.- The mineralogy and geochemistry of the Muzo emerald veins. Inédito. 1973.
- HARDMANN, R.F.P.A.- Section through the eastern Cordillera of Colombia. Sinclair and BP Col. Inc. Inédito. 1965.
- INGEOMINAS.- Recursos minerales de Colombia. Pub. Geol. Esp. Ingeominas. 1:1-544. 1978.
- KRUMMENACHER, R.- Sur la formation des Andes colombiennes. Eclog. Geol. Helv. 62 (2): 325-337. 1973.
- LLERAS CODAZZI, R.- Notas geográficas y geológicas. Imprenta Nacional. 1926.
- MARIÑO, J.A.- Ocurrencias mineras en el Departamento de Boyacá. Informe 1710. Ingeominas, 1976.
- McLAUGHLIN, D.C., ARCE, M.- Recursos minerales en los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Meta. Inventario Minero. 4: 1-102. 1972.
- ODIN, G.S., KENNEDY, W. J.- Mise a jour de l'échelle des temps mesozoiques. C.R.A. Sc. Paris, 294: 383-386. 1978.
- OLSSON, A.- Colombia. In: Handbook of South America Geology. Geol. Soc. Amer. Mem., 65: 297-315. 1956.
- OTERO, A.- Ocurrencias minerales en los Departamentos de Santander del Sur. Informe 1686 Ingeominas. 1975.
- PRATT, S.- The Muzo emerald mine. En: Geological field-trip Colombia, 1959-1978. Col. Soc. Petrol. Geol. Geophys.: 33-63. 1961.
- PULIDO, O.- Geología de las planchas 135, San Gil y 151, Charalá, Departamento de Santander. Informe 1802 Ingeominas. 1979.
- RADELLI, L.- Epocas magmáticas y metalogénicas en los Andes colombianos. Un cuadro preliminar. Bol. Geol., 9 (1-3): 5-22. 1961.
- RENZONI, G.- Geología del Cuadrángulo J-12, Tunja. Informe 1546. Ingeominas. 1967.
- RODRIGUEZ, E.- Ocurrencias minerales en los Cuadrángulos J-11, Chiquinquirá, J-12, Tunja, J-13, Sogamosos y parte del J-10, La Palma y del K-10, Villota. Inf. 1617, Ingeominas, 1972.
- , Geología del Cuadrángulo J-10, La Palma. Mapa geológico a escala 1:100.000. En progreso.
- SHELL CONDOR OF COLOMBIA.- Geological map of Colombia a escala 1:1'000.000. Inédito. 1962.
- STEIGER, R.H., JÄGER, E.- Subsubmission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo-and cosmochronology. Earth Planet. Sc. Letter, 36: 359-362. 1977.
- TRUMPY, D.- Pre-cretaceous of Colombia. Bull. Geol. Soc. Am., 54:1281-1304. 1943.
- ULLOA, C.- Ambiente geológico de los yacimientos esmeraldíferos en Colombia. Bol. Soc. Geol. Perú, 65:157-170. 1980.
- , Geología del Cuadrángulo J-13, Sogamoso. Mapa geológico a escala 1:100.000. En progreso.
- ULLOA, C., RODRIGUEZ, E.- Geología del Cuadrángulo K-13, Tauramena. Informe 1706. Ingeominas, 1976.
- , Geología del Cuadrángulo K-12, Guateque. Informe 1701. Ingeominas, 1976.
- , Geología de las planchas 170, Vélez y 190, Chiquinquirá. Informe 1794. Ingeominas, 1979.
- VARGAS, R., ARIAS, A., JARAMILLO, L.L., TELLEZ N.- Geología del Cuadrángulo I-13, Málaga. Informe 1717. Ingeominas, 1976. Pub. en: Bol. Geol., 24 (3): 176. 1981.
- WOLITTEL, R.- Recursos minerales de Colombia. Comp. Est. Geol. Ofic. Col., 10:1-393. 1960.