



## Caracterización Geoquímica y Petrográfica del “Gabro de La Corona”, Municipio de La Victoria, Boyacá – Colombia.

JUAN MANUEL MORENO MURILLO<sup>1</sup>

ANA ELENA CONCHA PERDOMO<sup>2</sup>

NANCY CAROLINA TENJO GIL<sup>3</sup>

PEDRO PATARROYO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> E-mail: jmmorenom@unal.edu.co.

<sup>2</sup> E-mail: aeconchap@unal.edu.co

<sup>4</sup> E-mail: pcpatarroyog@unal.edu.co

<sup>1-2-4</sup> Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia

MORENO, J.M., CONCHA PERDOMO, A.E., TENJO GIL N.C., & PATARROYO GAMA P. (2004): Caracterización Geoquímica y Petrográfica del “Gabro de La Corona”, Municipio de La Victoria, Boyacá – Colombia.- GEOLOGIA COLOMBIANA, 29, pp. 107-125, 30 Figs., Bogotá.

### RESUMEN

Se denomina “Gabro de La Corona” al cuerpo ígneo básico conocido en la literatura como Intrusión de La Corona (Quebrada El Cedro), de acuerdo con la litología dominante y su localización geográfica en las cercanías del caserío de La Corona en el Municipio de La Victoria Departamento de Boyacá.

La sucesión arcillosas del Grupo La Palma, considerada equivalente a la Formación Simití, en la estratigrafía del Valle Medio del Magdalena, se encuentra intruida por el cuerpo básico que regionalmente se puede considerar como un silo, compuesto por rocas clasificadas petrográficamente como leucogabros, leucogabros hornblendicos, gabros, gabros hornblendicos y gabros piroxénico-hornblendicos.

Geoquímicamente las rocas se clasifican como gabros, gabro alcalino, gabrodioritas, sienodioritas, sienodioritas gabroideas, y sienitas y pertenecen a la serie alcalina y a la serie subalcalina con tendencia sódica y carácter calcoalcalino. Su emplazamiento fue en un ambiente extensional. La variación composicional del Gabro se debe a que éste se encuentra altamente diferenciado mostrando desde una fase básica hasta una fase intermedia.

Los diagramas de discriminación tectónica permitieron establecer que la génesis de las rocas básicas del Gabro de La Corona ocurrió en un dominio distensivo en un ambiente intraplaca, como consecuencia de la formación de un rift intracontinental en la región central de Colombia durante gran parte del Cretácico. El adelgazamiento de la corteza continental y la formación del rift, permitieron el desarrollo de fracturas muy profundas por las cuales el magma ascendió hacia la superficie como consecuencia de la fusión parcial del manto.

La secuencia gabroide se encuentra intruida por un dique leucocrático clasificado geoquímicamente como granito. Petrográficamente constituido solo por Cuarzo y Plagioclasa. La composición de la Plagioclasa fue determinada por medio de microsonda analítica, resultando su componente anortítico menor del 5 % lo cual conlleva a que sean clasificadas como granitos de feldespato alcalino y no como tonalitas. Estas rocas fueron emplazadas en un ambiente compresivo.

Debido a las relaciones temporales de campo, a las características petrográficas y geoquímicas y a que todos ellos se encuentran alineados en dirección N15W se puede afirmar que el evento magmático que generó las rocas del Gabro de La Corona, posiblemente sea el mismo que produjo los cuerpos básicos presentes en el flanco occidental de la cordillera y reportados en los trabajos previos, como los de La Culebra, Las Palomas, La Fiebre, La Chorrera, La Esperanza, Quebradagrande, La Conchalita, Cáceres ? y Tragarepas. La edad del intrusivo con base en los datos bioestratigráficos de las unidades relacionadas y los datos radiométricos es más joven que Coniaciano

Palabras Claves: Gabros, gabros piroxénico-hornbléndicos, Gabro de La Corona, Intrusivos básicos, La Victoria.

#### ABSTRACT

The “Gabro de la Corona”, outcropping along El Cedro stream, located in La Corona village of the La Victoria municipality of the Boyaca state, is a basic igneous body, known in the literature as Intrusión de La Corona according to its lithology and geographic location. This basic body intrudes the argillaceous succession of the La Palma Group, equivalent to the Albian Simiti Formation of the Middle Magdalena Basin. It can be considered as a sill body, composed by leucogabbros, hornblendic leucogabbros, gabbros, hornblendic gabbros and pyroxene-hornblendic gabbros.

The tectonic discrimination diagrams let us establish that the genetic environment of the el Gabro de la Corona basic rocks took place in a distensive domain within an intraplate environment. This as a consequence, of the intracontinental rift configuration in the central Colombia during most of the Cretaceous time. The continental crust thinning and the rift configuration allows the development of deep fractures, providing ascending pathways for the magma toward the surface as a consequence of the partial fusion of the mantle. Based on the field time relationships, the petrographic and the geochemically characteristics is possible to think that, the magmatic event generating el Gabro de La Corona was the same generation event for the basic bodies present along the western flank of the Eastern Cordillera and reported on previously papers. Some of these bodies are La Culebra, Las Palomas, La Fiebre, La Chorrera, La Esperanza, Quebradagrande, La Conchalita, Cáceres? and Tragarepas. As all of them are aligned in a N15W direction probably were formed within a same geotectonic event.

The gabbroidic sequence is intruded by a leucocratic dyke, geochemically classified as a granite; petrographically, is composed only by quartz and plagioclase. The plagioclase composition, based on analytic microsonde analysis, has less than 5% on anorthitic component. Therefore, the dyke rocks are classified as alkaline feldspar granites instead of tonalities. These rocks were emplaced within a compressional environment. Geochemically, the rocks are classified as gabbrodiorites, sienodiorites, gabbroidic sienodiorites and sienites. All of them belong to the alkaline and subalkaline series with sodic tendency and calcalkaline character. The compositional variation of the gabbroidic body is due to the highly basic to intermediate phase differentiation.

The age of the intrusive body, based on the biostratigraphy of outcropping related units and radiometric data, is younger than Coniacian.

Key Works: Gabbros, pyroxene-hornblendic gabbros, Gabro de La Corona, Cretaceous intrusión, La Victoria Boyacá

#### INTRODUCCIÓN

En este documento se denomina “Gabro de La Corona” al cuerpo ígneo básico conocido en la literatura como Intrusión de La Corona (Quebrada El Cedro), de acuerdo

con la litología dominante y su localización geográfica en las cecanías del caserío de La Corona, del Municipio de La Victoria. Aflora ampliamente a lo largo del cauce de la Quebrada El Cedro, y en la Quebrada Fogonal, pero regionalmente se puede considerar como silo. La

expresión morfológica de este intrusivo es prácticamente nula.

Varios estudios reportan la exposición de cuerpos ígneos intrusivos básicos presentes en el flanco occidental, la parte central y el flanco oriental de la Cordillera Oriental, algunos de los cuales han sido estudiados en detalle y otros simplemente son mencionados en la literatura ((Fabre & Delaloye 2002); Marquínez & Moreno, 1983; Ujueta, 1991; Moreno & Concha, 1993; Londoño & Mendoza, 1994; Vásquez, 1999, Vásquez et al., 2000, Moreno, et al. 2001; Moreno et al. 2002, Navarrete, 2002 y Navarrete et al. 2002).

Se presentan los resultados de los análisis geológicos, petrográficos y geoquímicos realizados a muestras de los cuerpos intrusivos básicos y ácido aflorantes en el lecho de la Quebrada El Cedro, con mayor énfasis en el cuerpo gabroide.

Las actividades de campo comprendieron el reconocimiento del valle de la Quebrada El Cedro principal sitio de exposición de las rocas intrusivas, realizando un muestreo detallado tanto de las rocas ígneas como de las rocas sedimentarias encajantes, toma de datos estructurales y la cartografía geológica general de la zona de influencia de la actividad magmática. Se elaboraron 14 secciones delgadas, y se realizaron 8 análisis químicos, y análisis semicuantitativos de microscopía en el microscopio electrónico de barrido, con sonda electrónica microanalizadora SEM 505 Phillips EDAX, en los laboratorios del INGEOMINAS.

## MARCO GEOLÓGICO

De manera regional la secuencia estratigráfica expuesta en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, en parte de la cuenca media del Magdalena y en la región de Santander, corresponde a las unidades sedimentarias reconocidas como las formaciones Cumbre, Rosablanca, Paja, Tablazo y Simití del Cretácico inferior. En la parte central del flanco occidental de la cordillera, la secuencia comprende de base a tope, con las Formación Rosablanca, Formación Paja, y los conjuntos Arenoso-lutítico y Lutítico. Estas tres últimas unidades presentan un cambio de facies a más limolíticas hacia el sur en el área de estudio, la cual ha sido definido por Rodríguez & Ulloa (1994), como Grupo La Palma, abarcando un periodo de tiempo desde el Barremiano hasta el Albiano Superior.

El denominado Grupo la Palma (Kipa), en la región de estudio, es considerado equivalente a las formaciones Paja, Tablazo y Simití.

En el área de estudio, correspondiente a parte de los municipios de La Victoria y Quípama en el Departamento de Boyacá, afloran rocas sedimentarias de origen marino definidas como Grupo La Palma (Fig. 1). De acuerdo con las características litológicas descritas en el área, la secuencia sedimentaria corresponde a un conjunto de

limolitas silíceas negras, con laminación planoparalela en capas delgadas a medias. Hacia la base presenta gran cantidad de concreciones con alto contenido de pirita que varían en su diámetro mayor desde 10 cm, hasta un metro. Esporádicamente se encuentran niveles calcáreos carbonosos. El rumbo general de las capas varía entre N-S y N35E. La fauna de Oxytropidoceras encontrada en las rocas arcillosas aflorantes en el costado occidental de la Quebrada el Cedro, permite datar bioestratigráficamente a estas rocas del Grupo La Palma (equivalentes a la Formación Simití) del Albiano. Al sureste del área de estudio la Formación Areniscas de Chiquinquirá forma el núcleo del Sinclinal de Santa Helena y los flancos del Anticlinal de la Victoria.

Las rocas arcillosas consideradas equivalentes a la Formación Simití, en la estratigrafía del Valle Medio del Magdalena, se encuentran intruídas por el cuerpo básico denominado "Gabro de La Corona", afectado por un dique leucocrático clasificado como un granito de feldespato alcalino. La edad del intrusivo de acuerdo con la bioestratigrafía del área y las dataciones realizadas en trabajos previos, correspondería a una edad no más joven que coniaciana.

Estructuralmente el área se caracteriza por estar conformada por una serie de bloques tectónicos limitados por fallas principalmente de tipo inverso, de carácter regional y de dirección general NE. En cuanto a los pliegues, en general presentan una dirección de NNE y se destaca el Anticlinal de La Victoria, una estructura asimétrica con el flanco oriental más inclinado que el occidental y limitada al occidente la Falla de la Mina y al oriente por la Falla de La Victoria, que afectan las rocas arcillosas del Grupo La Palma. Esta estructura hacia el este, termina con el Sinclinal de Santa Helena, estructura relativamente estrecha y asimétrica, con el flanco occidental más inclinado cuyo eje está orientado en dirección N25E y está truncado tanto al norte como al sur por las fallas de Guaquimay e Íbama, Rodríguez & Ulloa (1994).

La Quebrada El Cedro en el Municipio de La Victoria se ubica en el flanco oriental del Anticlinal de La Victoria donde aflora el Gabro de La Corona que intruye rocas del Grupo La Palma constituido allí por lodolitas negras silíceas con laminación plana paralela que presenta rumbos generales N30E y buzamientos entre 30 y 50 grados SW.

## GABRO DE LA CORONA

En este trabajo se utiliza el término "Gabro de La Corona" para distinguir el cuerpo ígneo básico conocido en la literatura como Intrusión de La Corona (Quebrada El Cedro) Fabre & Delaloye (2002) quienes parten del primer escrito sobre estas rocas realizado por Lleras Codazzi (1926 pp. 65 y 66), atribuyéndole el descubrimiento de estas rocas al doctor Roberto Sheibe, en sus estudios sobre las

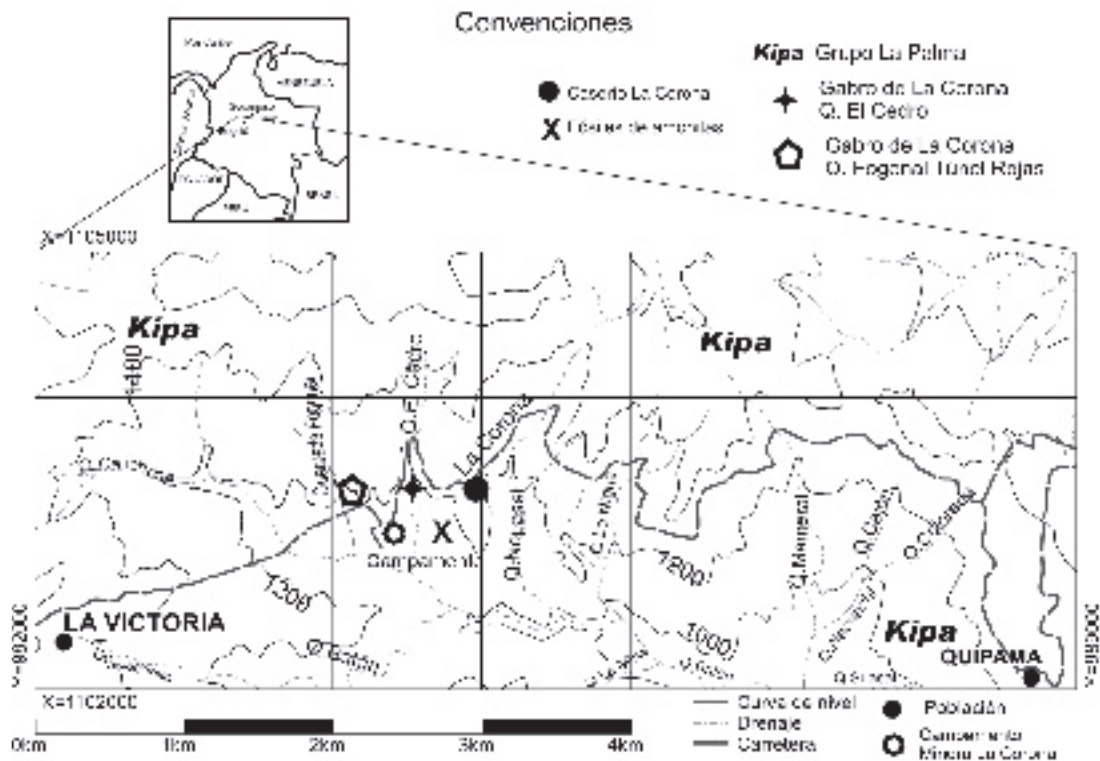


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio donde se aprecia la ubicación de los sitios de exposición del Gabro de La Corona en la Quebrada El Cedro y en la Quebrada Fogonal (Túnel Rojas), que intruyen rocas del Grupo La Palma (Kipa), así como los sitios de recolección de fauna fósil. Se ubica el caserío de La Corona sitio de donde toma el nombre el cuerpo ígneo, y la quebrada Nopasal donde se encuentran rodados del intrusivo.

minas de esmeraldas de Muzo, quien las describe como dioritas de grano medio, de estructura hipidiomórfica con plagioclasa y hornblenda asociadas a pegmatitas y applitas muy albitizadas. Las descripciones generales de este tipo de rocas han sido usadas desde entonces en varios trabajos regionales. Durante la cartografía de la plancha 169 La Palma, en los años 80's, se reporta por geólogos del INGEOMINAS rodados de estas rocas en la Quebrada El Cedro. Fabre & Delaloye (2002) son quienes hacen el primer reporte sobre la química y edad de las intrusiones básicas de la Cordillera Oriental, y reportan la ubicación del cuerpo intrusivo a lo largo del cauce de la Quebrada El Cedro.

**Localización y descripción:**

El Gabro de La Corona aflora en dos sectores claramente reconocidos. El Primero en el cauce de La Quebrada El Cedro, Municipio de La Victoria en el Departamento de Boyacá, expuesto entre las coordenadas X: 1.103.245 Y: 984.531; y X: 1.103.459 y Y: 984.524. Aguas arriba de la vía sobre la misma quebrada, aparecen eventualmente rodados de rocas ígneas básicas y ácidas y bloques de rocas verdes y grises aparentemente silicificadas. El segundo sitio de exposición corresponde a la Quebrada Fogonal, 1 Km al occidente de la Quebrada El Cedro,

en las coordenadas X: 1.103.269 y Y: 984.103, de las planchas topográficas 189 IIC y 189 II D, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Fig. 1). En las laderas y valle de la Quebrada Nopasal, al este del caserío de La Corona, son frecuentes los rodados de rocas ígneas básicas pseudo estratificadas, algunas con micropliegues, y rodados de rocas verdes bandeadas. Estas últimas corresponden a milonitas cuya roca original corresponde a un gabro horbléndico (Tenjo 2003), las cuales se encuentran expuestas también en la margen occidental de la Quebrada El Cedro, aparentemente asociadas a la presencia del lineamiento tectónico que cruza en dirección NE-SW a lo largo de la quebrada.

Para acceder a los sitios de exposición del cuerpo intrusivo se toma la carretera que comunica la población de Quípama con la población de La Victoria. A 7 km desde Quípama hacia el occidente se encuentra el puente sobre la Quebrada El Cedro, cerca al caserío de La Corona, sitio de donde se tomo el nombre del cuerpo ígneo.

El reconocimiento a lo largo del cauce de la quebrada a 100 m aguas abajo del puente, permitió observar la exposición longitudinal de 113 m del cuerpo gabroide tipo silo, con un espesor de 40 m entre las

cotas de 1.150 m. a 1.190 m. Las rocas de este cuerpo se clasifican petrográficamente como leucogabros, leucogabros hornblendicos, gabros, gabros hornblendicos y gabros piroxénico-hornblendicos. Afectando las rocas gabroides se encuentra un cuerpo intrusivo leucocrático de aproximadamente 20 metros de espesor, que en muestra de mano se clasifica como una aplita, y química y microscópicamente como un granito de feldespato alcalino. Aflora ampliamente sobre la vía a La Victoria en ambos márgenes de la Quebrada El Cedro, 200 metros al occidente del puente sobre la quebrada en las coordenadas X: 1.103.506 y Y: 984.482, y 300 m al oriente del puente en las coordenadas X: 1.103.463 y Y: 984.469. Su contacto con el cuerpo gabroide es evidente en la cota de 1.190 y en la de 1.210 m intruye las rocas arcillosas del Grupo La Palma, El contacto inferior del cuerpo gabroide en la cota de 1.190 m es intrusivo en las mismas rocas arcillosas. A lo largo del cauce de la quebrada se encuentran rocas sedimentarias afectadas por procesos hidrotermales y en algunos afloramientos se aprecian las rocas muy fracturadas, producto de la actividad tectónica en la zona.

El segundo sitio de exposición se encuentra en el denominado Túnel Rojas, 30 metros aguas arriba del cruce de la Quebrada Fogonal con la carretera a La Victoria (Fig.1). Allí, la apertura de un antiguo túnel para exploración de esmeraldas hoy abandonado, y que solo alcanzó 30 m de profundidad, permite apreciar el Gabro de La Corona donde los primeros 5 metros corresponden a depósitos de ladera y arcillolitas negras fisiles, altamente brechadas que cubren el cuerpo ígneo, y los 25 metros restantes de profundidad se abrieron en roca ígnea, la cual no está expuesta en superficie. El intrusivo está constituido por rocas clasificadas como gabros, gabros hornblendicos y gabros piroxénico-hornblendicos. Macroscópicamente presentan una textura granular fina y microscópicamente son holocristalinas, equigranulares, y el tamaño de grano absoluto varía de medio a fino.

## PETROGRAFÍA

Con el fin de caracterizar y clasificar las rocas básicas pertenecientes al denominado Gabro de La Corona, se elaboraron 14 secciones delgadas de las cuales 9 pertenecen al cuerpo gabroide, 1 al dique ígneo granítico y las 4 restantes corresponden a la zona de contacto entre ellos. Solo 8 muestras se utilizaron para los análisis químicos (Tabla 1). Adicionalmente se analizaron las secciones delgadas IGM-658631 e IGM-658637 facilitadas por INGEOMINAS y elaboradas durante el trabajo realizado por Fabre & Delaloye (2002) quienes clasifican estas rocas petrográficamente como gabros y gabros piroxénico-hornblendicos.

Macroscópicamente las rocas del Gabro de La Corona presentan una textura fanerítica de grano medio a fino. Su color varía desde verde oscuro con intercalaciones blancas, hasta casi totalmente blanco. A lo largo de la Quebrada

El Cedro, donde se encuentra la mejor exposición, este cuerpo varía composicionalmente (Fig. 2) Desde la cota inferior 1.150 m hasta los primeros 50 m de a lo largo del cauce, presenta una composición de 27% de plagioclasa, 26% de hornblenda café, 8% de hornblenda verde, 2% de ortopiroxeno, 7% de clinopiroxeno y 30% de minerales secundarios, clasificándose como gabro piroxénico-hornblendico (QC-10, QC-11, QC-12, Fig. 3).

En los siguientes 40 m aguas arriba la composición cambia a 80% de plagioclasa y 20% de tremolita-actinolita provenientes de la alteración del piroxeno original, clasificándose como leucogabro (Streckeisen, 1976). En los últimos 60 m hasta la cota superior 1.190 m, la composición varía a 75% de plagioclasa y 25% de minerales máficos, clasificándose como leucogabro (Fig. 3). Como minerales accesorios se reconocen biotita, clorita, calcita, pirita, ilmenita, esfena, apatito y zircón.

El dique leucocrático QC-15, que corta el gabro se compone de cuarzo (13%) y plagioclasa albíta (87%, An < 5%) principalmente (Tabla 2), posee una textura aplítica a nivel macroscópico y con base en la recomendación de la Subcomisión para la Sistemática de las Rocas Ígneas (Le Maitre et al. 2002), aunque la roca está constituida por 13 % de cuarzo y 87% de plagioclasa (Albíta), ésta es clasificada como un granito de feldespato (Fig. 4) debido a que los análisis de microsonda que se realizaron en estas plagioclasas, muestran que su componente anortítico es menor al 5 % (Tabla 2). Sin embargo, esta roca podría corresponder a una tonalita que ha sido afectada por el proceso postmagmático de albitización. Las rocas del Gabro de La Corona y del cuerpo o dique leucocrático granítico son faneríticas, holocristalinas y el tamaño de los cristales varía de medio a fino (0,5 – 1,25mm), siendo los de grano medio los más abundantes. La textura general es granular. En las rocas del Gabro de La Corona, se presenta textura subofítica localmente, y en algunas secciones se observa textura agmática la cual evidencia procesos post-magmáticos de deformación.

Como se aprecia en la figura 2, la composición de las rocas del Gabro de La Corona varía gradacionalmente. En este caso se normalizaron los minerales esenciales teniendo en cuenta sus productos de alteración dando como resultado las siguientes proporciones: Plagioclasa-Albíta (26-85%), Ortopiroxeno Hiperstena (0-5%), Clinopiroxeno Augita (2-18%) y Hornblenda café (0-26%). La composición química de la plagioclasa determinada con sonda electrónica, dió como resultado que se trata de albíta en la mayoría de las muestras, aunque en la muestra TR-1 se determinó que la plagioclasa original era labradorita (An53). El reemplazamiento de la plagioclasa original por albíta en estas rocas, puede deberse a procesos post-magmáticos hidrotermales de albitización que aparentemente afectaron la totalidad del intrusivo.

El anfíbol predominante en estas rocas es hornblenda con variaciones de color de verde a café, esta última con

MUESTRA	Rb	Sr	Ni	Cr	Ba	As	Co	Cu	Ga	La	Mo	Nb	Pb	Be	Pt	Sb	Sc	Y	W	Y	Zr	Zn	
TR-1 ▲	25	540	101	212	300	100	150	50	20	50	5	30	5	1.5	5	50	30	200	200	20	300	200	
QC-3 ■	3	600	74	132	100	100	70	30	30	50	3	10	5	1.5	5	50	30	200	100	30	200	200	
QC-11 ◆	35	495	80	211	700	100	70	50	50	50	5	15	5	1.5	5	50	30	300	25	30	200	500	
QC-12 ●	39	192	80	242	300	100	70	30	70	50	5	15	10	1.5	5	50	30	200	25	20	150	700	
QC-13 ★	54	79	5	0	70	100	30	10	30	70	3	70	10	2	5	50	30	30	30	30	700	100	
QC-14 †	52	371	2	0	700	100	30	30	30	100	3	30	5	3	5	50	3	300	50	50	300	100	
QC-15 ✕	4	263	21	14	100	100	70	10	20	20	3	10	5	0.5	5	50	3	20	300	5	150	100	
LC-1 ◆	17	128	0	0	150	100	50	5	30	100	3	70	10	2	5	50	30	70	70	30	500	100	
MUESTRA	%AN	Q	or	ab	an	lc	ne	di	hy	wo	ol	ac	mt	il	hem	ti	ap	pero					
TR-1 ▲	41.82	0.00	5.47	26.85	19.30	0	0.00	16.63	9.04	0.00	4.35	0	0.00	7.22	6.58	3.00	1.57	0.00					
QC-3 ■	44.87	2.48	1.21	32.36	26.34	0	0.00	18.95	12.46	0.00	0.00	0	3.78	2.04	0.00	0.38	0.00						
QC-11 ◆	38.29	0.00	7.30	27.70	17.19	0	0.00	18.01	8.71	0.00	3.01	0	0.00	7.97	6.52	1.90	1.69	0.00					
QC-12 ●	59.43	3.58	6.94	18.12	26.55	0	0.00	2.01	21.47	0.00	0.00	0	3.50	11.12	4.93	0.00	1.69	0.00					
QC-13 ★	9.94	0.00	7.22	68.95	7.61	0	3.71	3.71	0.00	5.75	0.00	0	0.00	0.06	0.84	0.00	0.60	1.55					
QC-14 †	25.14	0.00	8.22	52.43	17.60	0	0.00	0.18	0.00	0.00	6.43	0	0.00	0.86	5.15	0.89	3.46	4.79					
QC-15 ✕	16.09	18.06	0.71	64.28	12.33	0	0.00	0.24	3.10	0.00	0.00	0	0.00	0.02	0.34	0.73	0.19	0.00					
LC-1 ◆	9.47	0.00	3.01	67.69	7.08	0	6.58	7.21	0.00	0.00	0.69	0	0.00	2.91	3.29	0.00	1.16	0.39					

Tabla 1. Relación de elementos mayores (% en peso), menores y traza (ppm), y porcentaje de minerales normativos para 8 de las rocas ígneas básicas del Gabro de La Corona. TR1= Gabro del Túnel Rojas, QC3, 11, 12, 13, 14, = Gábrros de la Quebrada El Cedro; QC15 = Dique leucocrático granítico; LC= Bloque de Gabro cerca a la antigua mina La Corona. Los símbolos utilizados para cada muestra son los mismos que se emplean en todos los demás diagramas de clasificación.

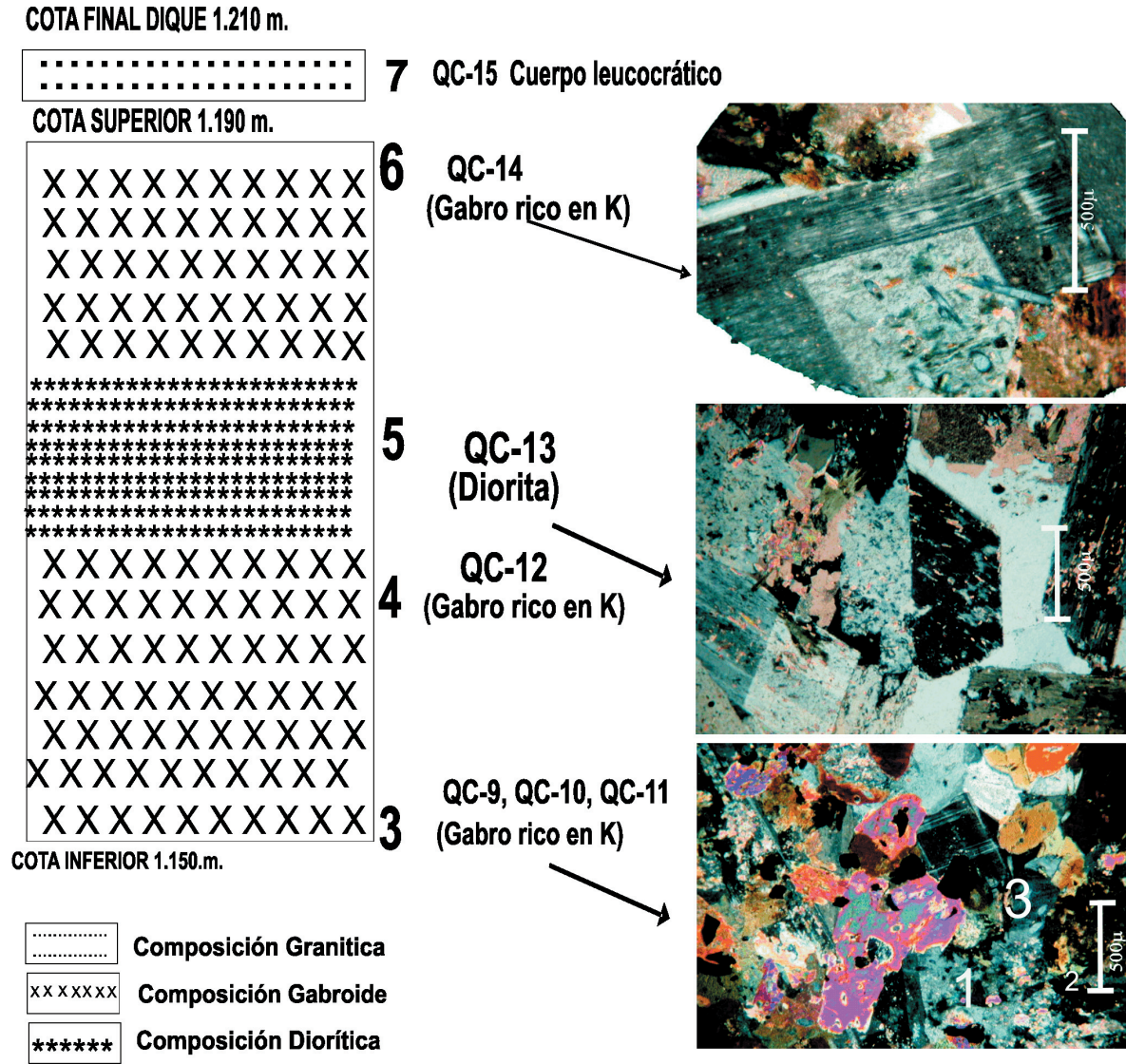


Figura 2: Esquema no a escala que muestra la variación composicional del Gabro de La Corona expuesto en una longitud de 113 m y con 50 m de espesor a lo largo de la Quebrada El Cedro. Nótese la pseudo-estratificación composicional. Los números 1 a 6, representan las muestras del cuerpo gabroide. El Numero 7 representa la muestra del dique leucocrático granítico QC-15.

altos contenidos de titanio y aluminio. Las evidencias petrográficas permiten considerar la hornblenda verde como mineral secundario (hidrotermal) a partir de la transformación de la hornblenda café. Ernst & Liu (1998), a través de varios experimentos proponen un método que consiste en utilizar el anfíbol cálcico existente en las rocas como un termobarómetro semicuantitativo para determinar la temperatura y la presión de su formación de acuerdo a su contenido de titanio y aluminio (Fig. 5).

Tabla 2. Composición de las plagioclasas para la muestra QC15, del dique leucocrático o granito de feldespato alcalino, según los resultados obtenidos con la microscopía electrónica.

Tabla 2.

ELEMENTO	UNG-3483 b		UNG-3483 -c	
	Wt%	At%	Wt%	At%
Na2O	10.40	10.97	10.45	11.07
Al2O3	18.85	12,08	19.94	12.83
SiO2	70.74	76.96	68.52	74.83
CaO	0	0	1.09	1.27
K2O	0	0	0	0
<b>Total</b>	100.0	100.00	100.0	100.00
Ab		1		0.945
An		0		0.055
Or		0		0

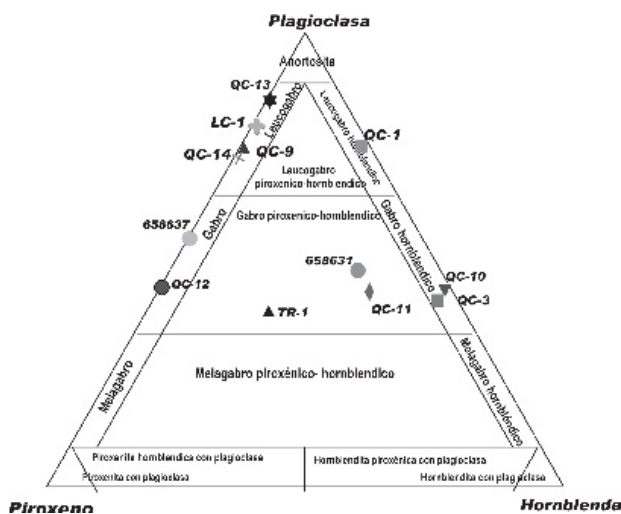


Figura 3. Diagrama de clasificación de las rocas del Gabro de La Corona, de acuerdo con el triángulo de Streckeisen (1976). Se incluyen las muestras QC-1 Y QC-9, a las cuales no se realizaron análisis químicos y las muestras IGM-658631 y IGM-658637 clasifica por Fabre & Delaloye (1983).

Para esto se realizaron análisis con sonda electrónica para las hornblendas de las muestras QC-11 y TR-1, (Tabla 3), las cuales se encuentran alteradas de café a verde, dando como resultado para las condiciones de emplazamiento temperaturas aproximadas de 950°C y presiones de 0.1GPa (que corresponde a una profundidad aproximada de 3km). Los resultados obtenidos para los eventos hidrotermales posteriores muestran temperaturas de aproximadamente 450°C y presiones muy bajas que indican que su formación tuvo lugar muy cerca de la superficie. Estas condiciones, son muy similares a las planteadas en el modelo de emplazamiento de los gabros de Puerto Romero - El Marfil propuesto por Marquinez & Moreno (1993). Del mismo modo la composición del

Tabla 3

MUESTRA	TR-1		TR-1		QC-11		TR-1		QC-11	
	Hn Café		Hn Café		Hn Café		Hn Verde		Hn Verde	
Elemento	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%
Na <sub>2</sub> O	3,18	3,31	2,96	3,08	3,12	3,31	2,03	2,03	1,41	1,47
MgO	13,71	21,95	13,88	22,17	12,46	20,34	15,55	24,05	12,73	20,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,40	6,58	10,36	6,54	11,21	7,24	3,40	2,07	2,70	1,71
SiO <sub>2</sub>	45,89	49,29	45,57	48,83	42,64	46,70	54,59	56,29	52,22	56,03
K <sub>2</sub> O			0,73	0,50	0,75	0,53				
CaO	9,12	10,50	9,53	10,94	10,23	12,01	8,54	9,44	10,85	12,24
TiO <sub>2</sub>	3,00	2,42	2,75	2,22	4,37	3,60				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,69	5,94	14,23	5,74	15,21	6,27	15,80	6,13	20,30	8,20
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabla 3. Composición de las hornblendas para las muestras TR-1 y QC-11, según los resultados obtenidos mediante los análisis con sonda electrónica y utilizados en la elaboración de la Figura 5, para determinar la temperatura y presión de emplazamiento del cuerpo Intrusivo del Gabro de La Corona.

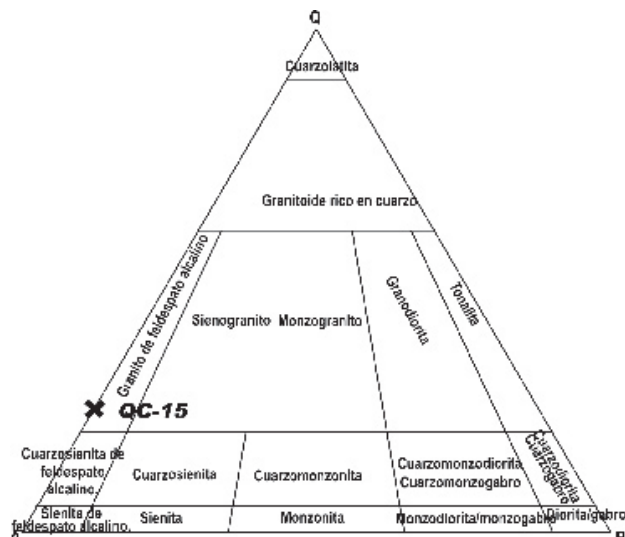


Figura 4. Diagrama de clasificación de la muestra del dique leucocrático granítico asociado al cuerpo intrusivo del Gabro de La Corona, de acuerdo con el triángulo de Streckeisen (1976).

clinopiroxeno fue determinada por análisis con sonda electrónica, dando como resultado augita de acuerdo con los porcentajes obtenidos de los componentes moleculares Wollastonita (Wo), Enstatita (En) y Ferrosilita (Fs).

#### CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

Se seleccionaron 8 muestras del Gabro de La Corona (Tabla 1), para ser analizadas geoquímicamente en el laboratorio del Área de Química del INGEOMINAS, mediante los métodos analíticos de gravimetría, espectrofotometría de absorción atómica, espectrofotometría ultravioleta y visible, espectrografía de emisión y cromatografía de gases, para así, determinar las concentraciones de los



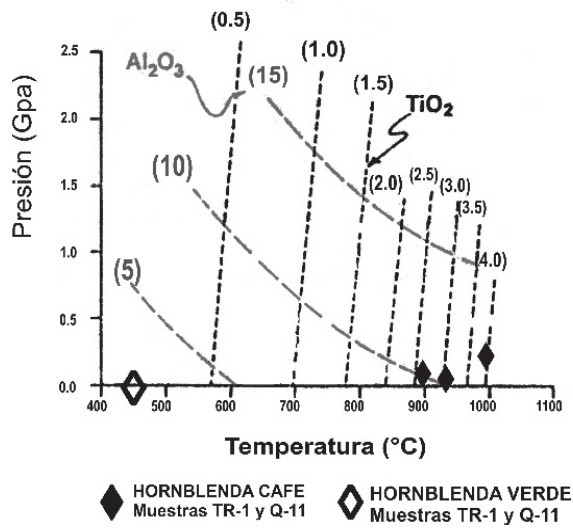


Figura 5. Gráfica para determinar las condiciones de presión y temperatura en que fue emplazado el Gabro de La Corona, donde se emplea el contenido de  $TiO_2$  y  $Al_2O_3$  de la hornblenda con base en el diagrama de Ernst & Liu (1998).

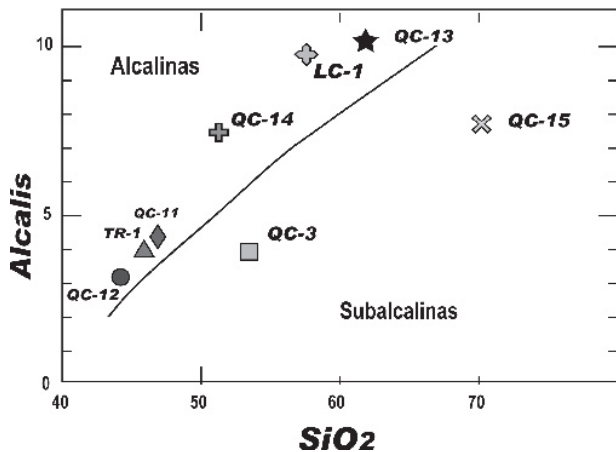


Figura 6. Diagrama de Álcalis Total Vs.  $SiO_2$ , para las 8 muestras del intrusivo Gabro de La Corona, según Irvine & Baragar, (1971).

elementos mayores, menores y traza presentes en las muestras.

Los valores de hierro total fueron recalculados utilizando la fórmula  $(Fe_2O_3/FeO)=0.2$  propuesta por Wilkinson (1986). Posteriormente los datos químicos de los óxidos fueron normalizados al 100% libres de  $H_2O+$ ,  $H_2O-$  y volátiles.

Se realizó una primera división entre rocas alcalinas y subalcalinas, según los diagramas de álcalis total ( $Na_2O + K_2O$ ) vs. sílice ( $SiO_2$ ) representado en la figura 6; y el de  $Ol'-Ne'-Q'$  normativos (olivino - nefelina - cuarzo), presentado en la figura 7, de acuerdo con lo propuesto por Irvine & Baragar (1971). Según lo observado, las muestras TR-1,

QC-11 y QC-12 se encuentran en el límite entre alcalino y subalcalino. Las muestras QC-3 y QC-15 pertenecen a la serie subalcalina, mientras que las muestras LC-1, QC-13 y QC-14 pertenecen a la alcalina.

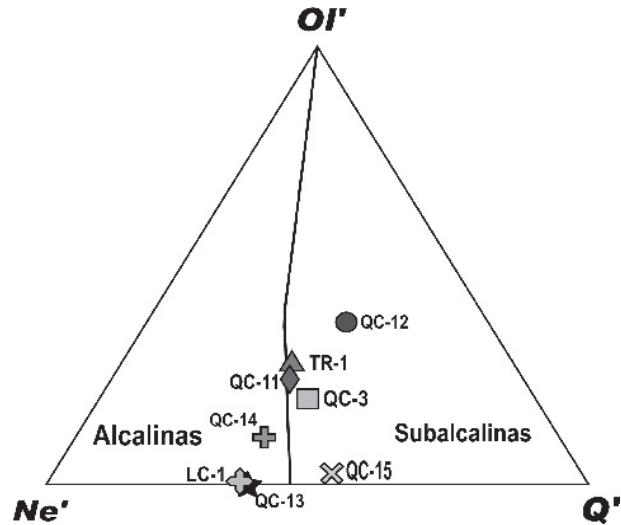


Figura 7. Diagrama de  $Ol'-Ne'-Q'$ , normativos para las 8 muestras del Intrusivo Gabro de La Corona, según Irvine & Baragar, (1971).

De manera complementaria se empleó el diagrama de Middlemost (1975, en Wilson 1989) de  $K_2O$  vs.  $SiO_2$ , para diferenciar las series alcalina, subalcalina, y subalcalina baja en potasio (Fig. 8). En este diagrama, la mayoría de las muestras (LC-1, QC-3, QC-13, QC-14 y QC-15), se ubican en los campos subalcalino, y subalcalino bajo en potasio, aunque algunas claramente se ubican en el campo alcalino (TR-1, QC-11 y QC-12). La utilización de este diagrama permite afirmar que el carácter alcalino que presentan algunas muestras en los diagramas anteriores (QC-13, QC-14 y LC-1), se debe a la introducción de sodio al sistema, por el proceso de albitización.

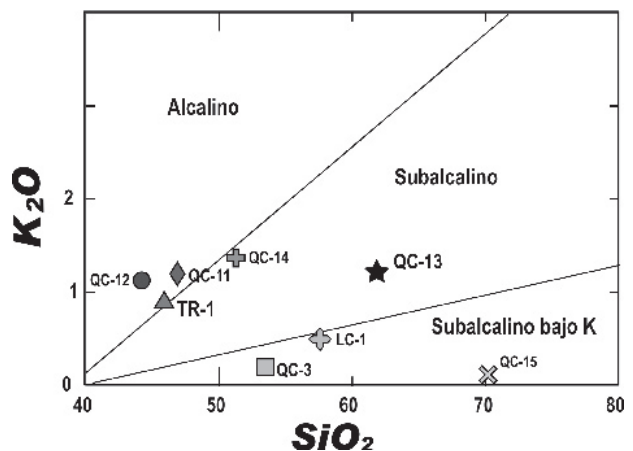


Figura 8. Diagrama de  $K_2O$  Vs.  $SiO_2$  para las 8 muestras del cuerpo intrusivo del Gabro de La Corona, según el diagrama de Middlemost, 1975 (en Wilson 1989).

Es necesario resaltar, que los diagramas de las figuras 7 y 8 involucran los valores de los elementos sodio y potasio, los cuales son muy móviles. Por lo tanto estos diagramas deben ser utilizados con precaución en rocas que presentan metamorfismo, meteorización, y procesos de alteración hidrotermal (entrada y salida de elementos al sistema), más aún, cuando petrográficamente y por medio de los análisis de microscopía electrónica, se determinó que las plagioclasas analizadas se encuentran fuertemente albitizadas. Sin embargo las muestras TR-1, QC-11 y QC-12, que pertenecen a la serie alcalina, podrían corresponder a un estadio tardío de un evento magmático, según Bardint zeff et al. (1994).

Para determinar si la tendencia de las rocas del Gabro de La Corona, es sódica o potásica, se utilizaron los diagramas  $ab' - an' - or'$  (albita - anortita - ortoclasa) normativas para rocas alcalinas que se muestra en la figura 9; y para rocas subalcalinas graficadas en la figura 10, con base en los diagramas de Irvine & Baragar (1971).

A partir de los resultados obtenidos al graficar estos datos, se observa claramente que las rocas subalcalinas del Gabro de La Corona y la muestra del dique leucocrático granítico (muestra QC-15), se encuentran enriquecidas en sodio, y que las rocas alcalinas del Gabro de La Corona se localizan en el límite entre los campos sodico-potásico, lo que reflejaría que éstas no sufrieron procesos considerables de albitización (introducción de sodio al sistema); por lo tanto, estas muestras (TR-1, QC-11 y QC-12) son las que más se asemejan a la composición original de la roca.

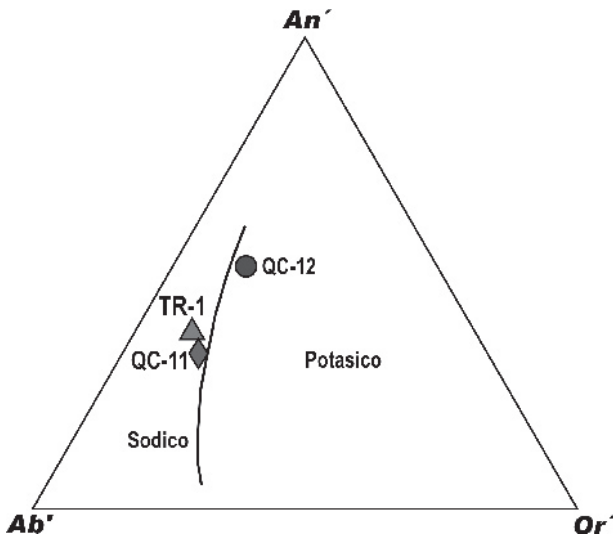


Figura 9. Diagrama  $ab' - an' - or'$  normativas para rocas alcalinas del cuerpo intrusivo Gabro de La Corona, con base en el diagrama de Irvine & Baragar (1971).

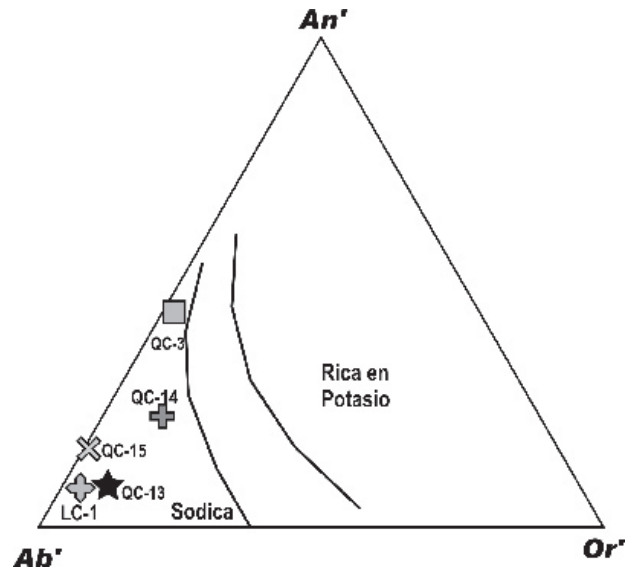


Figura 10. Diagrama  $ab' - an' - or'$  normativas para rocas subalcalinas del cuerpo intrusivo Gabro de La Corona, con base en el diagrama de Irvine & Baragar (1971)

La serie subalcalina se divide a su vez en la serie toleítica o baja en potasio, y la serie calcoalcalina rica en alúmina, y es allí donde las rocas con tendencia toleítica muestran un empobrecimiento en magnesio debido a la inclusión de éste en la estructura del olivino y un enriquecimiento de hierro en los estados tempranos de la diferenciación, mientras que en las muestras calcoalcalinas se presenta un empobrecimiento directo del hierro por la cristalización temprana de óxidos de hierro y titanio, y el magnesio permanece aproximadamente constante (Wilson, 1989).

Para diferenciar estas series en las muestras del Gabro de La Corona (Figs. 11 y 12), se utilizaron los diagramas propuestos para ello por Irvine & Baragar (1971). El primero y conocido como diagrama AFM, es donde  $A = Na_2O + K_2O$ ;  $F = FeO + 0,9 Fe_2O_3$  y  $M = MgO$ . El segundo diagrama utilizado de  $Al_2O_3$  vs. AN Plagioclasa normativa, donde  $AN = ((100 an)/((an + ab + 5)/(3 ne)))$ . Simultáneamente y para mejor apreciación de los resultados, se empleó el diagrama propuesto por Middlemost (1975 en Wilson 1989), y representado en la figura 13, que muestra los valores de Índice de Alcalinidad vs., contenido de  $Al_2O_3$ , donde  $I.A. = (Na_2O + K_2O)/((SiO_2 - 43) * (0.17))$ .

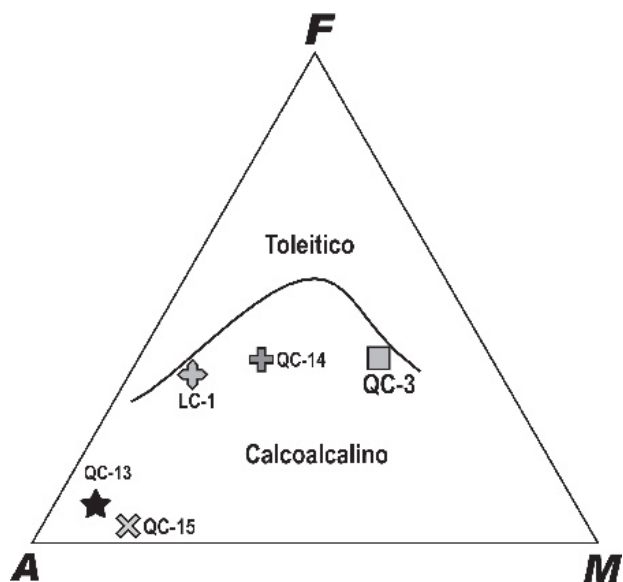


Figura 11. Diagrama AFM para diferenciar rocas toleíticas y calcoalcalinas del Gabro de La Corona, con base en el diagrama de Irvine & Baragar (1971).

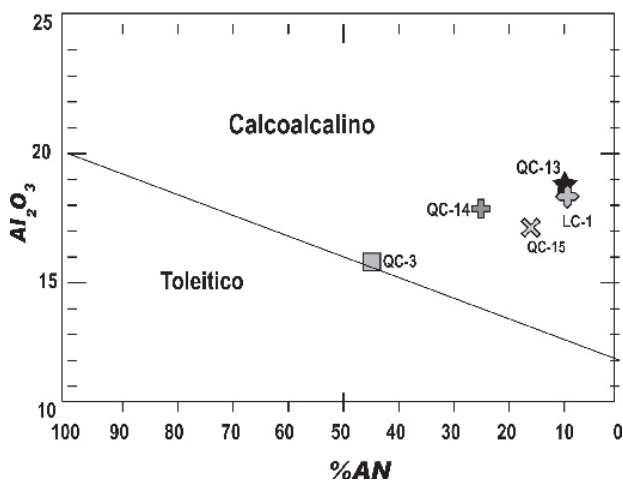


Figura 12. Diagrama  $Al_2O_3$  Vs. AN (plagioclasa normativa), para diferenciar rocas toleíticas y calcoalcalinas del Gabro de La Corona, con base en el diagrama de Irvine & Baragar (1971).

Según lo observado en estos diagramas las rocas subalcalinas del Gabro de La Corona y la muestra del dique leucocrático granítico (Muestra QC-15), pertenecen a la serie calcoalcalina. Con base en lo anterior se

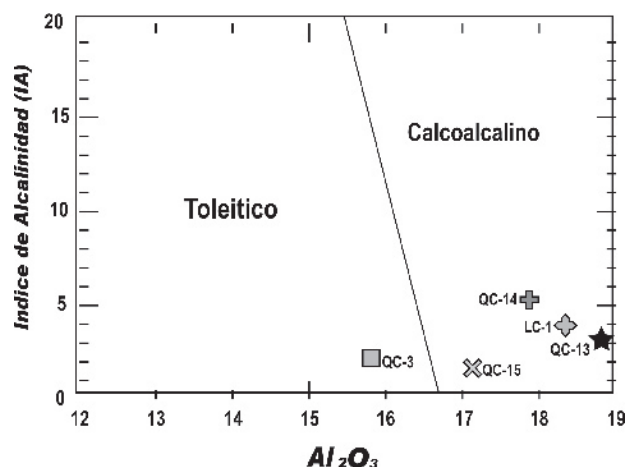


Figura 13. Diagrama de Índice de Alcalinidad Vs.  $Al_2O_3$  para diferenciar rocas toleíticas y calcoalcalinas del Gabro de La Corona, con base en el diagrama de Middlemost, 1975 (en Wilson, 1989).

puede concluir que las rocas del Gabro de La Corona pertenecen a la serie alcalina con tendencia sódica por su baja concentración en potasio como se deduce para las muestras TR-1, QC-11 y QC-12, y a la serie subalcalina con tendencia sódica y carácter calcoalcalino en el caso de las muestras QC-3, QC-13, QC-14 y LC-1. Se debe tener precaución con los datos de la muestra QC-3, la cual está afectada por procesos de alteración muy fuertes, que pudieron afectar totalmente su composición original.

La muestra analizada correspondiente al dique leucocrático granítico (muestra QC-15) que intruye las rocas gabroides del Gabro de La Corona, pertenece a la serie subalcalina con tendencia sódica y posee un carácter calcoalcalino.

#### CLASIFICACION GEOQUÍMICA

Con el fin de llegar a una clasificación geoquímica para las rocas básicas del Intrusivo, se utilizó el diagrama de clasificación de  $K_2O$  vs.  $SiO_2$  propuesto por Pecerrillo & Taylor (1976) y cuyos resultados se muestran en la figura 14, donde se observa que las rocas del Gabro de La Corona varían entre gabros ricos en potasio, gabrodioritas bajas en potasio, dioritas, dioritas bajas en potasio y cuarzdioritas bajas en potasio. Consistentemente los resultados obtenidos para la Muestra QC-15 muestran que esta roca se clasifica como granito bajo en potasio.

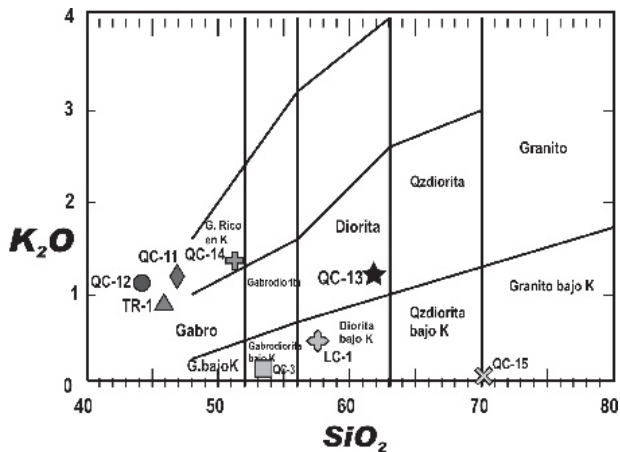


Figura 14. Diagrama de  $K_2O$  Vs.  $SiO_2$ , de clasificación geoquímica para las 8 muestras del Gabro de La Corona, con base en el diagrama de Pecirillo & Taylor (1976).

De igual manera se plotearon los datos químicos para las 8 muestras del cuerpo intrusivo para la clasificación por el método TAS según Le Bas et al. (1986), donde se grafica los valores de álcalis total ( $Na_2O + K_2O$ ) contra contenido de  $SiO_2$  y que se muestran en la figura 15. Las rocas del Gabro de La Corona se clasifican como gabros, gabrodioritas, sienodioritas gabroides, sienodioritas y sienitas, y la muestra del dique leucocrático granítico MQ-15, se clasifica como granito. Aunque el diagrama de clasificación de TAS según Le Bas et al. (1986) fue inicialmente utilizado para la clasificación de rocas efusivas, hoy en día es reconocido que dicho diagrama puede ser empleado para clasificar rocas intrusivas (Middlemost 1994).

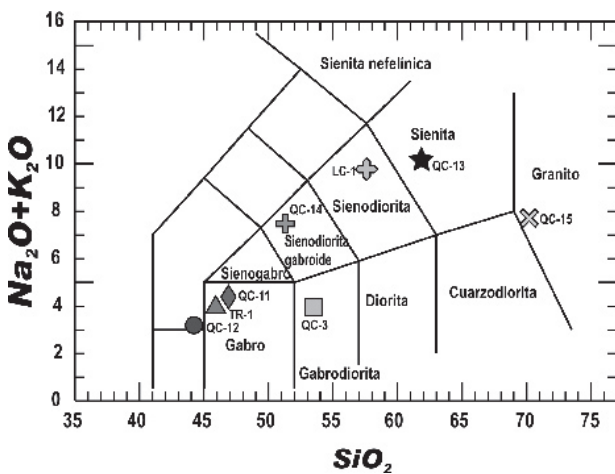


Figura 15. Diagrama de Álcalis Total ( $Na_2O + K_2O$ ) Vs.  $SiO_2$ , método TAS, para la clasificación geoquímica, de las 8 muestras del Gabro de La Corona, con base en el diagrama de Le Bas et al. (1986).

Ploteando los datos obtenidos de las 8 muestras del Intrusivo en el diagrama de Cox et al. (1979) donde se grafican los valores de álcalis total ( $Na_2O + K_2O$ ) contra  $SiO_2$  (Fig 16), las rocas del Gabro de La Corona se clasifican como gabros, gabrodioritas, sienodioritas y sienitas. La muestra del dique leucocrático se clasifica como granito.

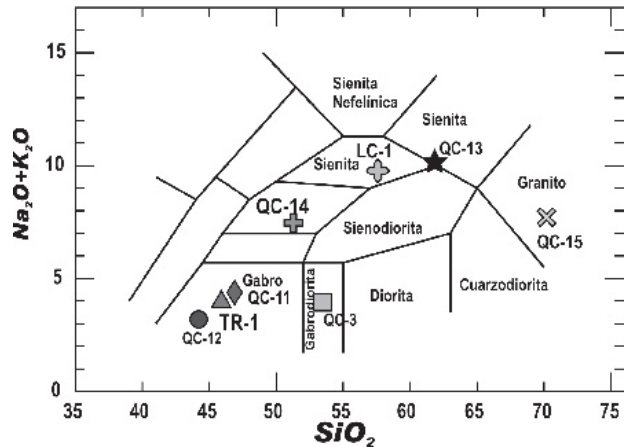


Figura 16. Diagrama de Álcalis Total ( $Na_2O + K_2O$ ) Vs.  $SiO_2$  para la clasificación geoquímica, de las 8 muestras del Gabro de La Corona, con base en el diagrama de Cox et al. (1979).

De igual forma se graficaron los datos obtenidos para las 8 muestras en el diagrama de Índice de Color (I.C.) contra Plagioclasa normativa (%AN) para rocas subalcalinas propuesto por Irvine & Baragar (1971) ver (Fig. 17), dando como resultado que las rocas del Gabro de La Corona se clasifican como gabros, dioritas y cuarzodioritas. La muestra del dique leucocrático corresponde a un granito.

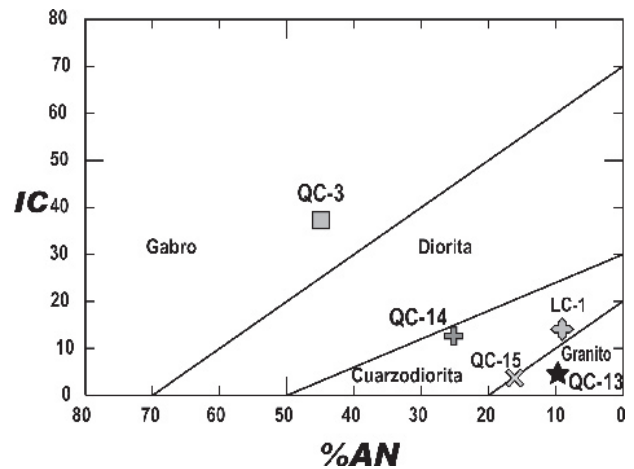


Figura 17. Diagrama de Índice de Color (I.C.) Vs. Plagioclasa normativa (%AN) para rocas subalcalinas para las muestras del Gabro de La Corona con base en el diagrama de Irvine & Baragar (1971).

Para clasificar las rocas de la serie alcalina se utilizaron los diagramas de Irvine & Baragar (1971) de Índice de Color (I.C.) contra Plagioclasa normativa (%AN) para rocas alcalinas de la serie sódica (Fig 18), y el diagrama para rocas alcalinas de la serie rica en potasio (Fig 19) dando como resultado que las rocas se clasifican como gabros alcalinos (TR-1 y QC-11) y gabros hiperalcalinos (QC-12).

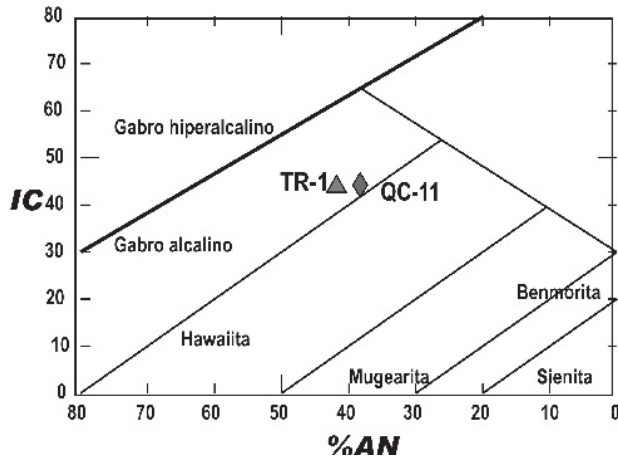


Figura 18. Diagrama de Índice de Color (I.C.) Vs. Plagioclasa normativa (%AN) para rocas alcalinas de la serie sódica, para las muestras del Gabro de La Corona con Base en el diagrama de Irvine & Baragar (1971).

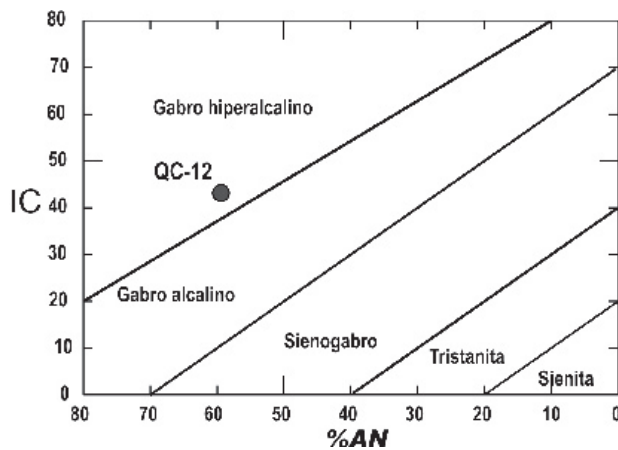


Figura 19. Diagrama de Índice de Color (I.C.) Vs. Plagioclasa normativa (%AN) para rocas alcalinas de la serie rica en potasio, para las muestras del Gabro de La Corona con base en el diagrama de Irvine & Baragar (1971).

De los diagramas anteriores se concluye que las rocas del Gabro de La Corona representan un proceso de cristalización fraccionada que va desde una fase básica (muestra QC-12), hasta una intermedia (muestra QC-13).

PETROGÉNESIS

La correlación de la composición geoquímica de elementos mayores, menores y traza, con los ambientes geotectónicos actuales determinados en nuestro planeta, permite la identificación de dichos ambientes en los cuales se formaron las rocas antiguas. Inicialmente estos diagramas de discriminación tectónica fueron desarrollados para rocas efusivas, sin embargo se ha validado su uso para rocas intrusivas. En el diagrama Ti/100 - Zr - Y\*3, presentado en la figura 20, propuesto por Pearce & Cann (1973) se incluyeron únicamente las muestras de carácter básico e intermedio del Gabro de La Corona, dando como resultado que la mayoría de ellas fueron generadas en un ambiente intraplaca.

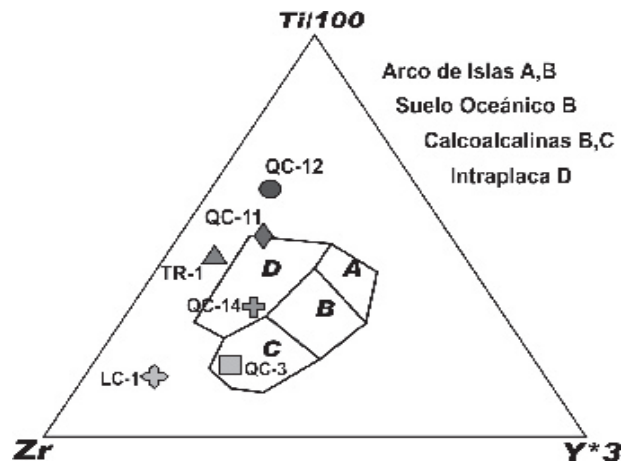


Figura 20. Diagrama de discriminación Ti/100 - Zr - Y\*3, que presenta para la mayoría de muestras del Gabro de La Corona un origen intraplaca con base en el diagrama de Pearce & Cann (1973).

Utilizando el diagrama Ti - Zr (Fig 21) según Pearce & Cann 1973 (en Rollinson 1993), se confirma que el ambiente de formación de las rocas más básicas del Gabro de La Corona es intraplaca. La muestra QC-15 del dique leucocrático cae en el campo relacionado a un ambiente compresivo de arco volcánico.

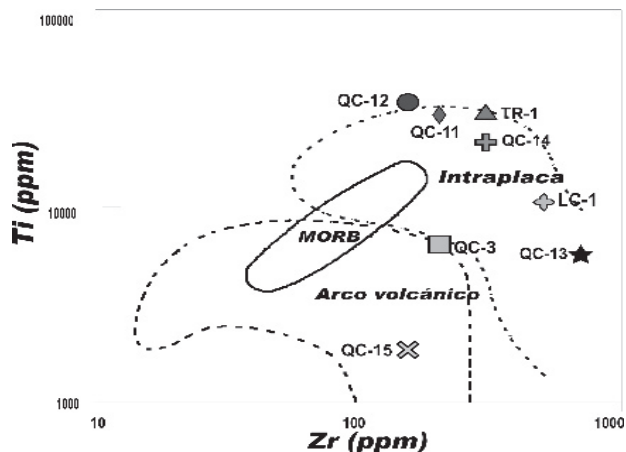


Figura 21. Diagrama de discriminación Ti–Zr, que indica para la mayoría de muestras del Gabro de La Corona un origen tectónico intraplaca con base en el diagrama de Pearce & Cann 1973 (en Rollinson 1993).

En el diagrama Zr-Zr/Y (Fig 22) con base en lo propuesto por Pearce & Norry 1979 (en Rollinson 1993) se observa una vez más que el ambiente tectónico en el que se emplazó el Gabro de La Corona es intraplaca.

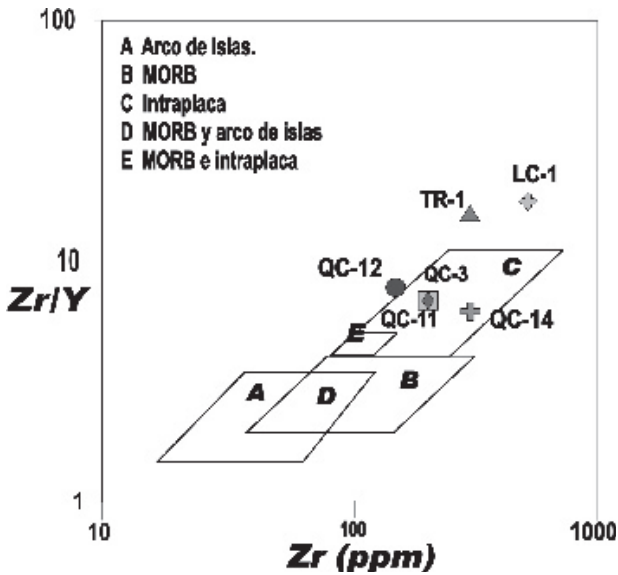


Figura 22. Diagrama de discriminación Zr Vs Zr/Y, que señala para la mayoría de muestras del Gabro de La Corona un origen tectónico intraplaca con base en el diagrama de Pearce & Norry 1979 (en Rollinson 1993).

En la figura 23 donde se aprecia el diagrama AFM donde A = Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O; F = FeO + 0,9 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y M = MgO propuesto por Petra et al. 1979 (en Fujimori, 1990), donde se diferencian series compresionales y extensionales, se observa que las muestras TR-1, QC-11 y QC-12 se generaron en un ambiente de dominio extensional. Las muestras LC1 y QC-14 presentan un enriquecimiento en sodio bastante alto debido a procesos de albitización, lo que altera la determinación de su ambiente de generación. Sin embargo las relaciones de campo muestran clara inequívocamente una gradación composicional donde se reconoce, que todas las rocas están relacionados genéticamente como se aprecia en la figura 2.

Según Jaramillo (1980), las rocas ígneas con porcentajes de SiO<sub>2</sub> entre 47,5 y 52,5%, y porcentajes de TiO<sub>2</sub> menores de 1,35% se encuentran asociadas a ambientes tectónicos de arcos de islas y márgenes continentales de zonas de subducción, mientras que las que poseen un porcentaje de TiO<sub>2</sub> mayor de 1,35% se asocian a ambientes tectónicos de zonas de extensión como las de dorsales oceánicas y rifts continentales y

aquellas generadas en respuesta a plumas del manto como las islas oceánicas.

Graficando los datos de las muestras del Gabro de La Corona utilizando el diagrama de SiO<sub>2</sub> contra TiO<sub>2</sub>, propuesto por Jaramillo (1980), se determinó que las rocas del Gabro de La Corona se generaron en un ambiente distensivo. La muestra analizada del dique leucocrático presenta valores de TiO<sub>2</sub> que indican su generación en un ambiente compresivo (Fig. 24).

Para la muestra QC-15 del dique leucocrático se utilizaron diagramas de discriminación para rocas graníticas, debido a su clasificación tanto petrográfica, como geoquímica.

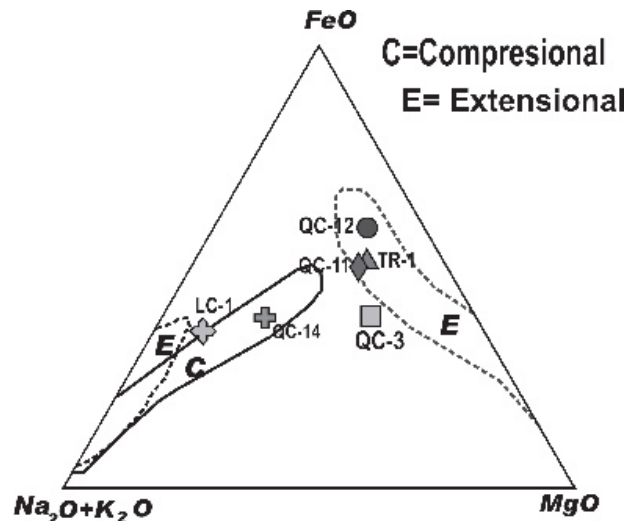


Figura 23. Diagrama de discriminación AFM, que indica para la mayoría de muestras del Gabro de La Corona un origen extensional con base en el diagrama de Petra et al. 1979 (en Fujimori 1990).

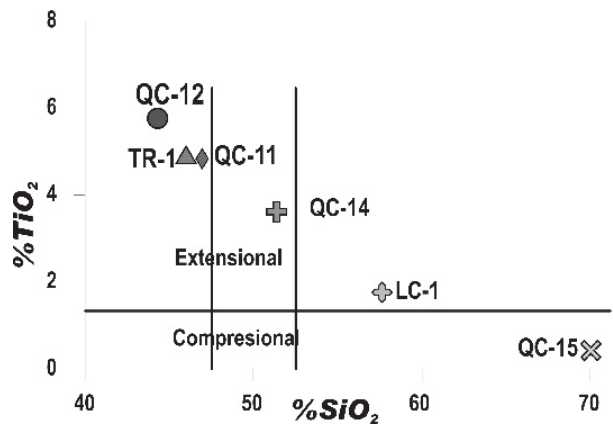


Figura 24. Diagrama de discriminación TiO<sub>2</sub> Vs. SiO<sub>2</sub> que indica para la mayoría de muestras del Gabro de La Corona un origen en un ambiente distensivo y compresivo para la muestra del dique QC-15, con base en el diagrama de Jaramillo (1980).

La figura 25 que representa el diagrama Nb contra Y según lo propuesto por Pearce et al. 1984 (en Rollinson 1993) donde se graficó la muestra QC-15 del dique leucocrático granítico, muestra que ésta se generó en un ambiente compresional.

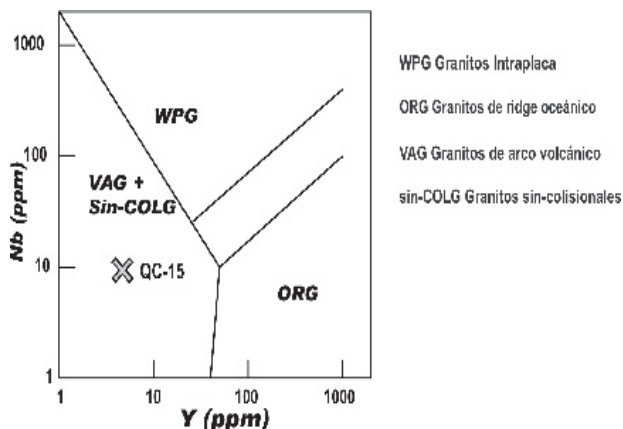


Figura 25. Diagrama de discriminación Nb Vs. Y, que indica para la muestra del dique leucocrático granítico un origen en un ambiente compresivo según el diagrama de Pearce et al. 1984 (en Rollinson 1993).

En el diagrama Rb vs. Y+Nb (Fig. 26), según lo propuesto por Pearce et al. 1984 (en Rollinson 1993) nuevamente se observa que la muestra QC-15 del dique leucocrático granítico que intruye el cuerpo básico gabroide, se generó en un ambiente compresional, lo que confirma que las rocas graníticas de este dique no pertenecen al mismo evento que originó el magmatismo básico del Gabro de La Corona, y que poseen una edad diferente.

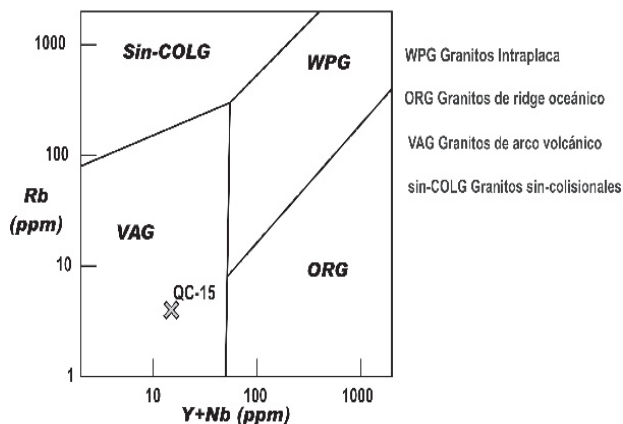


Figura 26. Diagrama de discriminación Rb Vs. Y+Nb que indica para la muestra del dique leucocrático granítico un origen en un ambiente de granitos de arco volcánico según el diagrama de Pearce et al. 1984 (en Rollinson 1993).

Según los resultados obtenidos de los diagramas de discriminación tectónica, se puede concluir que las rocas básicas a intermedias del Gabro de La Corona aflorantes en el lecho de la Quebrada El Cedro, se originaron en un ambiente distensivo intraplaca, mientras que las rocas del dique leucocrático granítico aflorantes en la carretera La Corona - La Victoria, se generaron en un evento compresional.

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta los antecedentes presentados por varios autores (Fabre & Delaloye, 1983; Marquín & Moreno, 1983; Ujeta, 1991; Moreno & Concha, 1993; Londoño & Mendoza, (1994); Vásquez, 1999, Vásquez et al., 2000, Moreno et al. 2001; Moreno et al. 2002, Navarrete 2002 y Navarrete et al. 2002); el Gabro de La Corona se originó debido a la formación de un rift intracontinental durante el período Berriasiano-Cenomaniano (Fabre & Delaloye, 1983), ocasionado por el adelgazamiento de la corteza que originó la formación de fallas profundas que posiblemente alcanzaron el manto superior, permitiendo así el ascenso del magma hacia la superficie. El magmatismo ácido posterior que dio origen al dique leucocrático, se encuentra relacionado a un régimen compresivo posterior.

#### EDAD DEL INTRUSIVO

Macrofósiles de amonitas del género *Oxytropidoceras* (Tabla 4), encontradas en las rocas arcillosas del Grupo La Palma, que es intruida por el cuerpo de la Corona y recolectadas en el costado occidental de la Quebrada El Cedro, en las coordenadas X: 1.103,260 y X: 984,750 (Fig. 1), permiten datar bioestratigráficamente la sucesión intruida del Grupo La Palma del Albiano, concordante con las dataciones obtenidas por Rodríguez & Ulloa (1994).

Este cuerpo básico no intruye rocas más jóvenes a las del Albiano Tardío, por lo tanto se asume una edad cenomaniana para el intrusivo.

MUESTRAS DE MACROFÓSILES			
Muestra	Localización	Nombre	Edad
QC-F-5	Costado occidental de la Quebrada El Cedro	<i>Oxytropidoceras (Venezoliceras) cf. intermedium</i> Renz	Albiano Medio Tardío
QC-F-6		<i>Oxytropidoceras (Venezoliceras) cf. bituberculatum</i> Collignon	Albiano Medio Tardío
QC-F-8		<i>Oxytropidoceras (Venezoliceras) cf. karsteni</i> Stieler	Albiano Tardío
QC-F-9	X: 1'103.260	<i>Oxytropidoceras</i> sp.	Albiano Temprano Tardío
QC-F-12	Y: 984.750	<i>Oxytropidoceras (Laraiceras) cf. laraense</i> Renz	Albiano Tardío

Tabla 4. Listado y sitio de ubicación de las muestras de arcillolitas del Grupo La Palma en las cuales se recolectó la fauna de macrofósiles.

RELACIÓN DE LOS INTRUSIVOS EN LA CORDILLERA ORIENTAL

Con base en las relaciones de campo, la similitud de las rocas sedimentarias intruídas, la poca variación en el rango de edad de emplazamiento, hasta ahora determinada, las semejanzas en las características mineralógicas, petrográficas y geoquímicas, obtenidas en el presente estudio con las rocas de los cuerpos básicos de La Culebra, Las Palomas, La Fiebre, La Chorrera, La Esperanza, Quebradagrande, La Conchalita, Cáceres?, y Tragarepas, reportadas en estudios previos, se postula que el evento magmático que las generó, posiblemente es el mismo.

En la figura 27 se observa que los cuerpos intrusivos del flanco occidental de la cordillera, se encuentran alineados aproximadamente en la dirección N15W, lo que indicaría un control tectónico para su emplazamiento, lo que refuerza la hipótesis de que el adelgazamiento de la corteza originó la formación de fallas profundas que posiblemente alcanzaron el manto superior. Su emplazamiento estaría relacionado a un mismo evento geotectónico.

En el flanco oriental de la cordillera, los intrusivos de Pajarito y Rodrigoque, presentan una orientación N20E, más acorde con la dirección de las estructuras actuales en el Piedemonte Llanero.

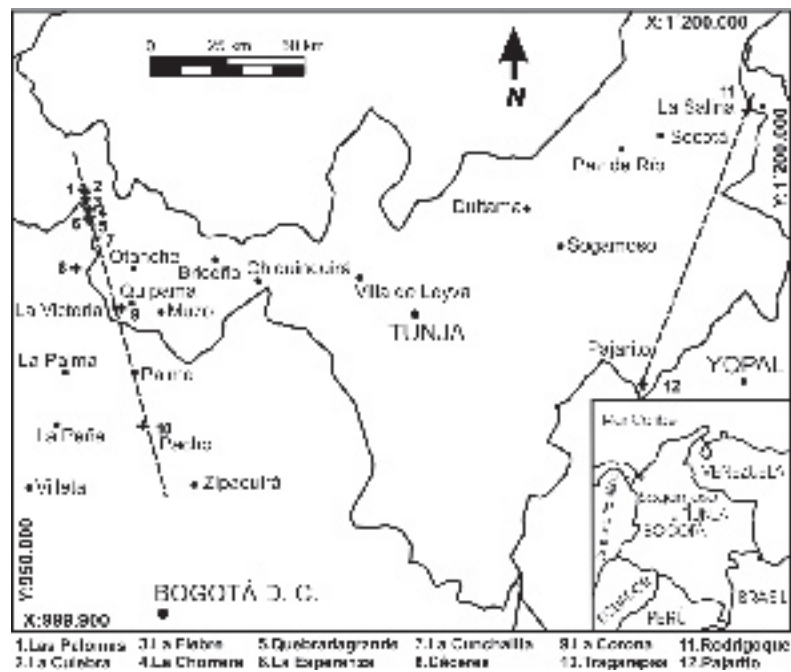


Figura 27. Mapa de ubicación de los cuerpos ígneos básicos de la parte central de la Cordillera Oriental. Nótese el alineamiento N15W, que presentan los cuerpos intrusivos del flanco occidental de la cordillera, de norte a sur (La Culebra, Las Palomas, La Fiebre, La Chorrera, La Esperanza, Quebradagrande, La Conchalita, Cáceres, La Corona y Tragarepas), y el alineamiento similar pero hacia el oriente N20E, de los cuerpos más orientales de norte a sur Rodrigoque y Pajarito.

CONCLUSIONES

La composición mineralógica esencial de las rocas del Gabro de La Corona es: plagioclasa albíta 26-85 %; clinopiroxeno augita 2-18%; hornblenda café 0-26% y se clasifican como leucogabros, gabros piroxénico-hornblendicos y gabros hornbléndicos.

Geoquímicamente las rocas se clasifican como gabros, gabrodioritas, sienodioritas, sienodioritas gabroideas, y sienitas. Su emplazamiento fue en un ambiente extensional.

Mediante el análisis composicional de la hornblenda presente en estas rocas, se obtuvo que las condiciones de emplazamiento del Gabro de La Corona, ocurrieron a temperaturas proximas a 950°C y a bajas presiones (0,1GPa), y que los eventos hidrotermales posteriores sucedieron a temperaturas de 450 °C aproximadamente y muy cercanas a la superficie.

Las rocas del Gabro de La Corona, pertenecen a la serie alcalina con tendencia sódica, aunque algunas pertenecen a la serie subalcalina con tendencia sódica y carácter calcoalcalino.



Las rocas del Gabro de La Corona fueron generadas en un dominio distensivo intraplaca, durante el Berriasiano-Cenomaniano. El mecanismo de intrusión es el que ha sido propuesto para el emplazamiento de los otros cuerpos gabroides en la cordillera, el cual fue ocasionado como respuesta a un adelgazamiento de la corteza, asociado a la formación de fallas muy profundas que posiblemente alcanzaron el manto superior, a través de las cuales ascendió el magma hacia la superficie.

La secuencia gabroide del cuerpo intrusivo denominado Gabro de La Corona se encuentra intruida por un dique leucocrático geoquímicamente clasificado como granito. Petrográficamente está constituido solo por cuarzo y plagioclasa. La composición de la plagioclasa fue determinada por medio de microsonda electrónica, resultando su componente anortítico menor del 5 % lo cual conlleva a que sea clasificado como granito de feldespato alcalino y no como tonalita, Estas rocas fueron emplazadas en un ambiente compresivo.

Debido a las relaciones temporales, de campo, a las características petrográficas y geoquímicas y a que todos ellos se encuentran alineados en dirección N15W se puede afirmar que el evento magmático que generó las rocas del Gabro de La Corona, posiblemente sea el mismo que generó los cuerpos básicos presentes en el flanco occidental de la cordillera reportados en los trabajos previos, como los de La Culebra, Las Palomas, La Fiebre, La Chorrera, La Esperanza, Quebradagrande, La Conchalita, Cáceres? y Tragarepas.

En el flanco oriental de la cordillera, los intrusivos de Pajarito y Rodrigoque, presentan una orientación similar pero hacia el oriente N20E, más acorde con la dirección de las estructuras y fallas actuales en el Piedemonte Llanero.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la División de Investigaciones de la Universidad Nacional Sede Bogotá por la financiación del proyecto "Reconocimiento Geológico de rocas ígneas básicas aflorantes en los alrededores de La Victoria Boyacá - Colombia" (D.I.B. código 803725), al grupo de investigación de Geomorfología y Procesos Fluviales del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia por su colaboración en la realización de este trabajo, a INGEOMINAS por el préstamo de las secciones delgadas IGM-658631 e IGM-658637, a Carlos Julio Cedeño y al Grupo de Geoquímica del INGEOMINAS por su colaboración en la elaboración de los análisis químicos, a Ennio Gálvez y Joel Rivas por su colaboración en los análisis de microscopía electrónica realizados en Ingeominas y a la Empresa Minera La Corona por su apoyo en las labores de campo.

#### REFERENCIAS

- BARDINTZEFF, J., LEYRIT, H., GUILLOU, H., GUILLE, G., BONIN, B., GIRET, A., BROUSSE, R. (1994): Transition between tholeiitic and alkali basalts: Petrographic and geochemical evidence from Fangataufa, Pacific Ocean, and Kerguelen, Indian Ocean. *Geochemical Journal*, Vol. 28, pp 489-515.
- COX, K., BELL, J. & PANKHURST, R. (1979): *The Interpretation of Igneous Rocks*. Allen and Unwin. London.
- ERNST, K. & LIU, J. (1998): Experimental phase-equilibrium study of Al and Ti contents of calcic amphibole in MORB-A semi-quantitative thermobarometer. *American Mineralogist*, Vol. 83.
- FABRE, A & DELALOYE, M. (1982): Intrusiones básicas cretácicas en las sedimentitas de la parte central de la Cordillera Oriental. *Geología Norandina* No 6, pp 19 – 28. Bogotá.
- FUJIMORI, S. (1990): *Composição química de rochas e suas aplicações*. Centro Editorial e Didático da UFBA. Salvador.
- IRVINE & BARAGAR (1971): *A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks*. *Canadian Journal of Earth Sciences*. No 8, pp 523-548.
- JARAMILLO, J. (1980): *Petrology and Geochemistry of the Nevado Del Ruiz Volcano, Northern Andes, Colombia*. -Ph. D. Thesis University of Houston.
- LE BAS, M., LE MAITRE, R., STRECKEISEN, A. & ZANETTIN, B. (1986): *A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the total Alkali – Silica Diagram*. *Journal of Petrology*, Vol. 27, Part 3, pp 745-750.
- LLERAS CODAZZI R. (1926): *Notas geográficas y geológicas*. Biblioteca del Museo Nacional, Republica de Colombia Imprenta nacional Edición oficial, Bogotá.
- LE MAITRE R.W., (2002): *Igneous rocks. A classification and glossary of terms*. 2<sup>a</sup> Edition. Recommendations of the International Union of Geological Sciences. Subcommission on the systematic of igneous rocks. Cambridge University press. USA.
- LONDOÑO, J & MENDOZA, R. (1994): *Evaluación geológica de un área en los alrededores del municipio de Puerto Romero (Boyacá)*. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- MARQUINEZ, G. & MORENO, L. (1993): *Cartografía geológica y análisis petrográfico de las rocas aflorantes en el extremo Sur – Este de la plancha 169 (Puerto Boyacá)*. Departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- MIDDLEMOST E.A.K., (1994): *Naming materials in the magma/Igneous rocks systems*. *Earth Sciences Reviews* 37 p.p. 215 – 224. Elsevier
- MORENO, J. & CONCHA, A. (1993): *Nuevas manifestaciones ígneas básicas en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, Colombia*. *Geología Colombiana*, No. 18 p p. 143-150. Bogotá.

- MORENO J.M., CONCHA P.A., PATARROYO G.P., & NAVARRETE, A., (2002): “Magmatic basic events during the Early Cretaceous in the Colombian Eastern Mountaing Range”, Memorias resúmenes extendidos: V International Symposium of Andean Geodynamic, Toulouse FRANCIA, September 16 al 18, Universidad de San Paul Sabatier.
- MORENO, J., CONCHA, A., PATARROYO, P., VÁSQUEZ, M., NAVARRETE, A. & RENGIFO, S. (2001): Evolución tectónica y magmatismo básico durante el Cretáceo Tardío, en la Cordillera Oriental Colombiana. XI Congreso Latinoamericano de Geología y II Congreso Uruguayo. Montevideo, Uruguay.
- NAVARRETE, A. (2002): Evaluación Geológica y Petrográfica del Cuerpo Ígneo, aflorante en el Cerro Tragarepas al Norte de la Población de Pacho, Cundinamarca. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- NAVARRETE, A., MORENO, M., CONCHA, A. & PATARROYO, P. (2002): Interpretación Petrogenética del Gabro de Tragarepas al norte de Pacho – Cundinamarca, Colombia. Geología Colombiana No 27, pp 109-120. Bogotá.
- PEARCE, J. & CANN, J. (1973): Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace elements analyses. Earth and Planetary Science Letters. No 9, pp 290-300.
- PECERILLO, A. & TAYLOR, S. (1976): Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. Contrib. Mineral. Petrol. No 58, pp 63-81.
- ROLLINSON, H. (1993): Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, and Interpretation. Longman scientific & technical. Singapore.
- RODRIGUEZ, E. & ULLOA, C. (1994): Mapa Geológico de Colombia. Plancha 189 – La Palma. Escala 1:100000. Memoria Resumida. INGEOMINAS. Bogotá.
- STRECKEISEN, A. (1976): To each plutonic rock its proper name. Earth–Sciences Reviews. Vol. 12, pp 1-33. Amsterdam.
- TENJO G. N.C. (2003); Reconocimiento geológico de rocas ígneas básicas aflorantes en los alrededores de la Victoria Boyacá – Colombia. Trabajo de Grado, Universidad Nacional De Colombia. Bogotá D.C.
- UJUETA, G. (1991): Tectónica y actividad ígnea en la Cordillera Oriental de Colombia. (Sector Girardot–Cúcuta). Simposio sobre Magmatismo Andino y su Marco Tectónico. Memorias. Tomo 1. pp. 151–193, Manizales.
- VASQUEZ, M. (1999): Evaluación Petrográfica y Caracterización Geoquímica de los Cuerpos Intrusivos Básicos, aflorantes en la región de Cáceres y Puerto Romero, Departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- VASQUEZ, M., CONCHA, A., MORENO, M. & PATARROYO, P. (2000): Caracterización Geoquímica y Petrográfica de los Cuerpos Intrusivos Básicos, aflorantes en la región de Cáceres y Puerto Romero, Departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. Geología Colombiana No. 25 pp 185 – 198.
- WILKINSON, J.F. (1986): Classification and average Chemical Compositions of Common Basalts and Andesites. Journal of Petrology. Vol. 7, part 1, pp 31-62.
- WILSON, M. (1989): Igneous Petrogenesis. Unwin Hyman, London.

*Manuscrito recibido Enero de 2004 - Aceptado Diciembre de 2004*