

# GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS DEL STOCK CHINCHINÁ - SANTA ROSA

Gómez Cruz, A. de J.<sup>1</sup>; Ossa Meza, C. A.<sup>1</sup>; Toro Toro, L. M.<sup>1</sup>

## RESUMEN

En este estudio, se presentan los primeros resultados analíticos de elementos mayores, traza y tierras raras de las rocas que conforman el Stock Chinchiná-Santa Rosa, localizado en el flanco Occidental de la Cordillera Central, entre las fallas Silvia-Pijao, al este y Cauca-Almaguer, al oeste. Los datos geoquímicos de este cuerpo indican que pertenece a la serie subalcalina con carácter toleítico, geoquímicamente se clasifican como gabros y modalmente como metagabros con un grado de deformación que varía de cataclasita a milonita. Los diagramas de discriminación tectónica, permiten establecer que la generación del cuerpo intrusivo ocurrió en un dominio distensivo de dorsal oceánica tipo N-MORB; la identificación de este ambiente permite posicionar geotectónicamente a este cuerpo, como parte de un complejo ofiolítico.

**Palabras claves:** Metagabro, Petrografía, Geoquímica, Ofiolita.

## ABSTRACT

In this study, appears the first analytical results of major elements, trace and rare earth of the protomilonitas of the Stock Chinchiná-Santa Rosa, it is in the Western flank of the Central belt, between the faults Silvia-Pijao, eastwards and Cauca-Almaguer, on the west. The geochemistry characterization in the rocks that they formed in the Stock indicates that this one belongs to the subalkaline series with character toleítico and they are clasified like gabbros and madaly as metagabbro that change according to the grade of deformation between the cataclasites and the milonites. Tectonic discrimination diagrams, allowed to establish that the generation of intrusive body in an dominion distensive of dorsal oceanic type N-MORB; the identification of this environment will allow to set this body in a geotectonic position, forming a part of a complex ophiolitic.

**Key words:** Metagabbro, Petrography, Geochemistry, Ophiolite.

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Caldas. Apartado aéreo 275. Manizales.

## INTRODUCCIÓN

En la parte Oeste del municipio de Manizales (Departamento de Caldas) se presenta un cuerpo de composición metagabroica el cual ha sido agrupado en distintas unidades de acuerdo a los autores que lo han estudiado; Mosquera (1978) lo denomina Stock gabroico - diorítico de Chinchiná – Santa Rosa y Estrada *et al.*, (2001) lo llaman Anfibolita Saussurítica de Chinchiná.

En el presente trabajo se resumen los resultados del análisis geoquímico de las rocas que conforman el Stock de Chinchiná-Santa Rosa, el cual aflora entre las inmediaciones del municipio de Chinchiná al sur, y en el municipio de Neira al norte, con un área aflorante de aproximadamente de 42 Km<sup>2</sup>.

El Stock Chinchiná-Santa Rosa se localiza en los límites de las cordilleras Central y Occidental (FIGURA 1) correspondiendo parcialmente a las planchas 205-II-C, 206-I-D, 205-IV-C, 206-II-D Y 224-II-C. Las relaciones con las unidades litoestratigráficas adyacentes se presentan fallados, al este con el Complejo Quebradagrande y al oeste con el Complejo Arquía.

De acuerdo a los análisis geoquímicos, este cuerpo presenta características genéticas que lo relacionan con corteza oceánica, de esta manera, se constituye en un aporte que permitirá precisar el conocimiento geológico y replantear un modelo de evolución para el Nor-Occidente Colombiano.

## METODOLOGÍA

Con el propósito de observar e identificar las diferentes fábricas presentes en las rocas se elaboraron secciones delgadas perpendiculares o aproximadamente perpendiculares a la lineación predominante.

Fueron analizadas geoquímicamente 9 muestras del Stock, en el Laboratorio de Química del Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Chile. En los análisis químicos se obtuvieron concentraciones de elementos mayores, traza y tierras raras; y además se calcularon los minerales normativos (TABLA 1). Las concentraciones de elementos mayores en la forma de óxidos y de los elementos traza fueron determinados por espectrometría de emisión con plasma (ICP-EAS) y con algunos límites de detección de 0.5 ppm (La, Ce, Nb, Nd, Th), de 0.1 ppm (Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Yb); de 1 ppm (Y, Sc) y de 2 ppm (Hf).

Los resultados obtenidos fueron graficados en diversos diagramas, propuestos en la literatura, para clasificación y composición de rocas mediante la utilización de patrones conocidos basados en elementos mayores, traza y tierras raras. La mayoría de estos diagramas son concebidos para rocas volcánicas y sus resultados deben ser tratados con precaución para rocas plutónicas.

## MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El stock Chinchiná-Santa Rosa se presenta como un cuerpo alargado en dirección NNE (FIGURA 1), emplazado tectónicamente entre las rocas del Complejo Quebradagrande, al este y las rocas del Complejo Arquía al oeste; en una zona de alta complejidad tectónica que hace difícil definir las relaciones estructurales y estratigráficas de las unidades presentes. El Complejo Quebradagrande se encuentra entre las fallas San Jerónimo (al este) y Silvia - Pijao (al oeste); está conformado por rocas volcánicas y sedimentarias de edad Hauteriviano – Albiano (González 1980; Pardo *et al.* 1999). Según las características químicas de las rocas volcánicas de este complejo pueden existir diferentes ambientes de formación; relacionados con secuencias ofiolíticas y arcos de islas (González, 1980; Alvarez, 1983, 1987); y relacionado con una cuenca marginal intracratónica (Nivia *et al.*, 1996). El Complejo Arquía aflora entre las fallas Silvia - Pijao (al este) y Cauca-Almaguer (al oeste) y está compuesto por esquistos verdes, negros, actinolíticos, anfibólicos y anfibolitas; su mineralogía indica condiciones de media a alta presión. Su edad se considera Cretácico inferior (González, 1993), pero aún queda la discusión si se trata de rocas que se formaron durante el Cretácico y sufrieron metamorfismo poco después o corresponden a metamorfitas Paleozoicas afectadas durante el Cretácico (González, 1980; McCourt, *et al.*, 1984, en González, 1993). Al oeste de la falla Cauca –Almaguer aparece el Grupo Cañasgordas, compuesto de rocas volcánicas y sedimentarias de edad Cretácico superior (Pardo *et al.*, 1999). La litología y características geoquímicas son afines con un arco volcánico, desarrollado sobre corteza oceánica representado por los cuerpos ofiolíticos de la Cordillera Occidental (González, 1993).

## PETROGRAFÍA

Microscópicamente, el Stock Chinchiná Santa Rosa, son rocas de tamaño de grano fino hasta pegmatítico, pudiéndose distinguir anfíboles, plagioclasas y sulfuros

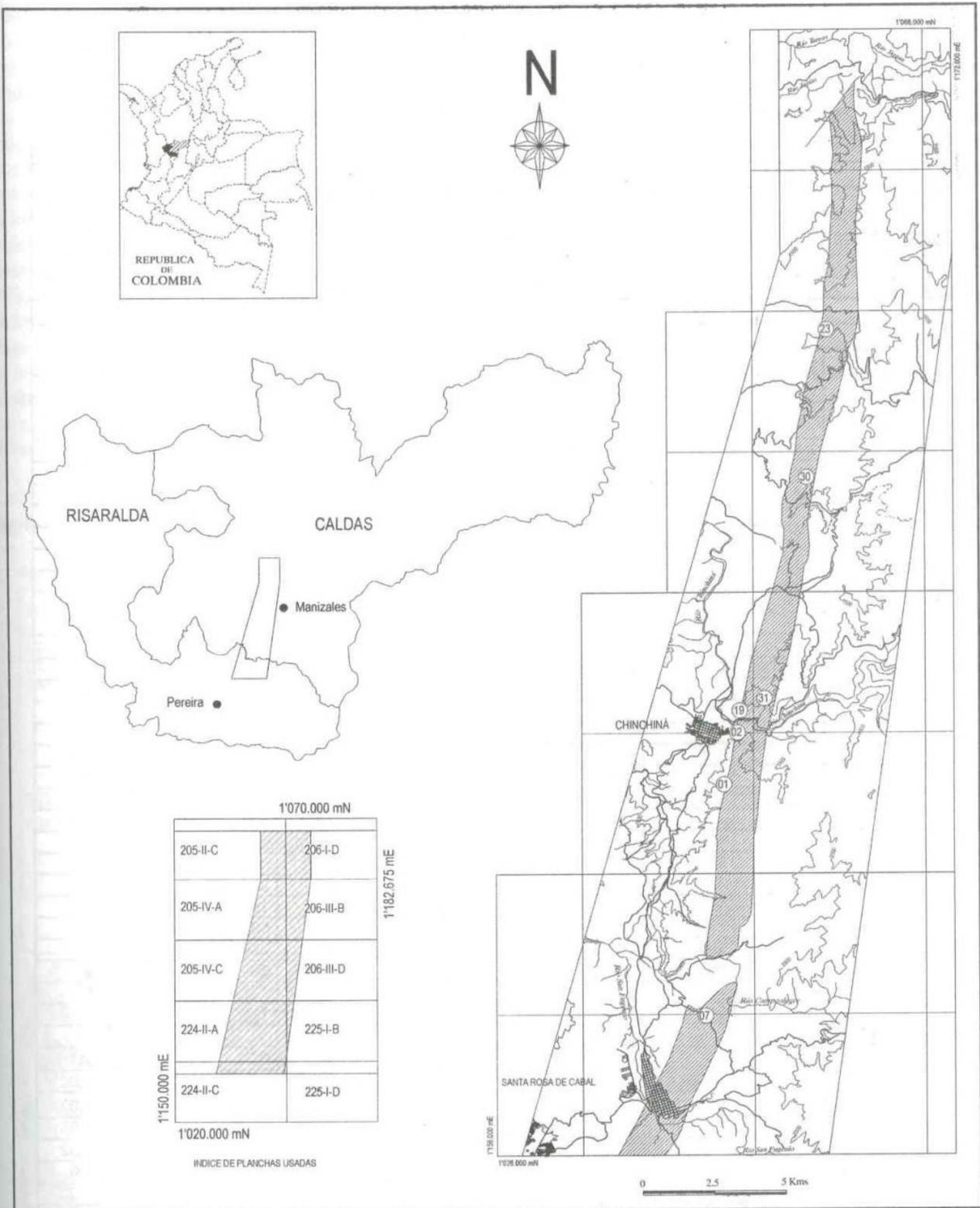


FIGURA 1. Mapa de localización del área de estudio y sitios de muestreo.

Geoquímica de las rocas del Stock Chinchiná - Santa Rosa

**TABLA 1.** Resultados analíticos de elementos mayores (% en peso), elementos traza (ppm) y elementos de tierras raras (ppm) y la norma CIPW de las rocas del Stock Chinchiná-Santa Rosa.

Muestra	CM-01	CM-02	CM-05	CM-07	CM-16	CM-19	CM-23	CM-30	CM-31
SiO <sub>2</sub> %	47,82	45,37	49,43	48,81	52,38	46,52	46,96	48,75	48,22
TiO <sub>2</sub>	1,25	0,89	1,35	0,35	1,01	1,15	0,98	1,11	1,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,00	18,43	16,72	15,98	14,85	15,89	12,38	16,63	16,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,46	2,12	1,65	2,30	5,13	3,33	3,84	2,51	2,37
FeO	5,88	5,56	7,72	4,04	8,16	6,72	8,00	6,56	5,80
MnO	0,17	0,14	0,12	0,14	0,21	0,19	0,20	0,14	0,14
MgO	8,55	9,72	10,03	10,64	3,78	9,48	11,85	8,35	8,81
CaO	11,50	11,74	3,63	12,14	7,59	10,87	11,43	10,18	12,11
Na <sub>2</sub> O	2,69	2,84	3,05	2,61	3,16	3,25	1,95	3,20	2,58
K <sub>2</sub> O	0,02	0,06	0,02	0,02	0,34	0,02	0,22	0,28	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,07	0,10	0,02	0,17	0,10	0,04	0,18	0,10
PPC	2,20	2,99	5,84	2,59	2,98	2,10	2,02	1,83	2,47
<b>TOTAL</b>	<b>99,66</b>	<b>99,93</b>	<b>99,66</b>	<b>99,64</b>	<b>99,76</b>	<b>99,62</b>	<b>99,87</b>	<b>97,89</b>	<b>99,68</b>
La ppm	2,5	1,8	2,5	0,5	9	2,5	1,8	3,3	2,3
Ce	8,0	6,3	8,5	1,5	18	8,0	7,5	8,5	7,8
Nd	7,3	4,8	7,8	1,5	12	6,8	5,8	6,3	5,6
Sm	2,17	1,51	2,80	0,59	3,24	2,20	1,87	2,01	2,00
Eu	0,89	0,79	1,75	0,40	1,11	0,95	0,76	0,91	0,96
Gd	3,19	2,48	4,24	1,02	4,20	3,54	3,03	3,36	3,34
Dy	4,01	3,30	4,93	1,47	4,70	4,12	3,72	3,94	3,88
Ho	0,79	0,71	0,95	0,31	1,02	0,87	0,83	0,88	0,90
Er	1,77	1,82	2,72	0,87	2,84	2,47	2,34	2,45	2,29
Yb	1,75	1,75	2,68	0,85	2,90	2,29	2,24	2,42	2,28
Lu	0,26	0,27	0,42	0,13	0,44	0,38	0,37	0,35	0,35
Y	25	16	25	8,6	25	23	23	23	23
Sc	42	25	41	36	41	40	43	38	40
Nb	2,6	1,8	2,3	0,5	2,5	2,4	4,8	2,5	2,9
Th	4,6	3,9	3,8	3,9	3,9	5,3	4,6	2,2	3,3
Hf	<2	<2	<2	<2	3,5	<2	<2	<2	<2
Zn	61	40	72	37	92	81	88	63	51
Co	31	27	36	23	25	28	37	30	31
Ni	76	179	120	113	6	79	251	121	132
Ba	10	12	19	23	290	20	19	30	13
Cr	209	293	272	299	20	280	500	271	267
V	282	190	282	153	343	260	270	230	222
Cu	109	26	104	15	118	126	69	133	22
Sr	98	136	58	82	193	108	72	129	101
Zr	84	54	68	20	70	84	176	76	60
<b>Norma CIPW</b>									
Qz	2,83		5,49		13,17		0,33		1,41
Ab	16,92	16,92	25,38	16,92	25,38	25,38	8,46	25,38	16,92
An	31,96	40,15	14,88	31,96	24,74	27,47	28,26	30,20	34,92
Di	17,96	11,56		21,93	8,31	17,71	21,24	15,61	19,85
Hy	15,64	10,41	35,28	17,06	12,24	4,36	29,36	5,35	16,32
Mt	5,80	2,90	1,45	2,90	7,25	4,35	4,35	2,90	2,90
il	1,90		1,90		1,90	1,90		1,90	1,90
Co			5,61						
OI		10,06		2,24				10,65	

diseminados (<1%), el anfíbol es de color verde oscuro a casi negro y la plagioclasa gris; la roca en general presenta un color gris verdoso con tonalidades amarillo verdoso, cuando la roca se encuentra alterada. Las descripciones petrográficas de las muestras analizadas son presentadas en la TABLA 2. El protolito, con base en minerales esenciales de las rocas, corresponde a metagabros hornbléndicos. Los valores de concentración de los minerales esenciales fueron recalculados a 100 y teniendo en cuenta los productos de alteración. Se presentan como minerales esenciales: plagioclasa (30-40%), clinopiroxeno (2-7%) y hornblenda (40-60%). La paragénesis primaria incluye anfíbol (hornblenda) + plagioclasa (saussurita) + clinopiroxeno + óxidos de Fe-Ti; tanto el anfíbol como la plagioclasa son subhedrales -anhedrales. La asociación mineralógica secundaria corresponde: ± anfíbol (actinolita) ± epidota ± clinozoisita ± clorita ± titanita ± cuarzo.

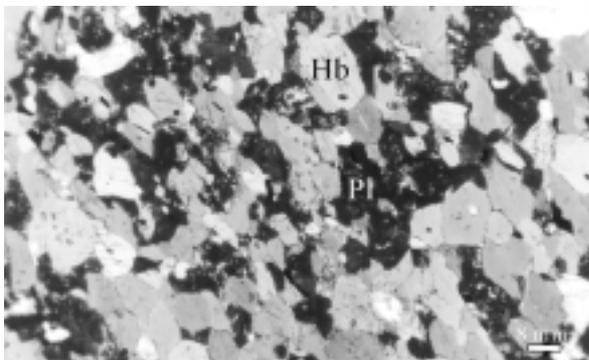
A nivel general el cuerpo presenta una deformación de frágil a dúctil, lo que hace que las rocas exhiban un cambio

textural desde el borde oriental como una roca masiva con cataclasis a rocas con una foliación milonítica pronunciada que le da un aspecto de bandeamiento discontinuo (bandas félsicas y máficas) en el borde occidental; por esta característica probablemente algunos autores (Estrada *et al.*, 2001) la denominaron Anfíbolita Saussurítica.

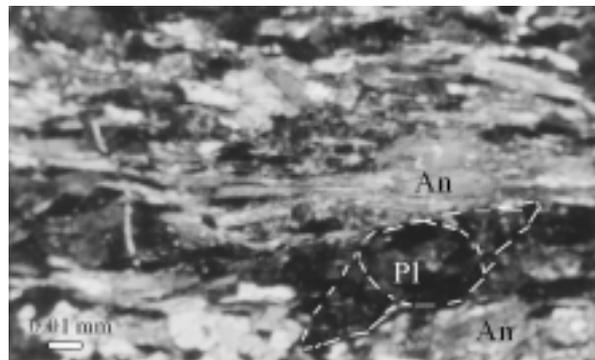
Las fábricas presentes en el cuerpo intrusivo corresponden a rocas granulares, hipidiomórficas con efectos de cataclasis, tales como formación de microgrietas intergranulares e intragranulares, acompañadas de reducción del tamaño de grano, y una segunda fabrica definida por una fuerte foliación planar, dada por bandeamiento composicional burdo, debido al anastomosamiento de los agregados de hornblendas y plagioclasas. Es indiscutible que las rocas que conforman este cuerpo han sufrido un efecto dinámico desde leve a muy fuerte evidenciado incluso por la fuerte deformación que presentan los cristales de hornblenda. El mecanismo de deformación fue principalmente de cizalla, el cual fue

TABLA 2. Descripciones Petrográficas de las muestras analizadas.

Muestra No.	Roca original (Asociación ígnea)	Roca alterada y deformada
CM-05; CM-07; CM-23; CM-30; CM-31	Nombre: Metagabro hornbléndico. Textura relicto: granular, hipidiomórfica, inequigranular, tamaño de grano medio a grueso. Hornblenda de forma euhedral a subhedral (45-62%)+plagioclasa de forma anhedral (50 -38%) +esfena.	Metagabro con efectos cataclásticos, tales como rompimiento, fracturamiento de granos de hornblenda y plagioclasa, textura mortero. Asociación mineralógica secundaria: ± actinolita + clorita + epidota + oxidos de Fe-Ti. La plagioclasa completamente alterada a saussurita y cubierta por un polvillo de leucoxeno.
CM-01; CM-02; CM-19	Nombre: Metagabro hornbléndico. Textura obliterada por el grado de deformación dúctil hornblenda (40-50%) +Plagioclasa (55-48%) +esfena.	Protomilonitas-Milonitas Foliación milonítica en donde los porfiroclastos estan constituidos por hornblenda y plagioclasa en una matriz de anfíbol principalmente. Esta foliación en algunos sectores define bandas anastomosadas de anfíbol y plagioclasa Estructuras S-C que evidencian zonas de cizalla dextrales. Asociación mineralógica ± actinolita ± plagioclasa + clorita + epidota + oxidos de Fe-Ti.; venillas rellenas de oxidos.



Microfotografía del metagabro (muestra CM-07) mostrando rasgos texturales con efectos cataclásticos. Hb, hornblenda. Pl, plagioclasa alterada a saussurita y cubierta por un polvillo de leucoxeno. Fotografía en nicoles paralelos.



Microfotografía de la milonita metagabroica (muestra CM-02) mostrando microestructura de porfiroclastos de plagioclasa (Pl) dentro de bandas anastomosadas de anfíbol (An) y plagioclasa que definen la foliación milonítica. Fotografía en nicoles cruzados.

definido con base en relaciones de campo tales como la reducción del tamaño de grano y la intensidad de la foliación. Microscópicamente la composición de la plagioclasa no es fácil de determinar dado que los cristales muestran un alto grado de alteración y no permiten obtener datos confiables acerca de su composición. Los cristales muestran hábitos subhedrales con predominio a anhedrales, su alteración es saussurítica y en algunos cristales es posible observar clinozoisita, epidota y clorita. Algunas de estas plagioclasas en las rocas mas deformadas tienen el grosor aproximado al de los anfíboles (hornblenda) más grandes. Se trata de bandas de hasta 6 mm. de espesor que se abren y se cierran, y ocasionalmente terminan, lo que acentúa la textura anastomosada de las rocas.

El anfíbol en estas rocas se presenta de dos tipos, el anfíbol uno, corresponde a una hornblenda relicto en forma de cristales anhedrales a subhedrales muy elongados con bordes irregulares o formando conjuntos alargados de varios cristales desarrollando una textura granular, sinuosa, anastomosada. El otro tipo de anfíbol (secundario) puede ser actinolita, hornblenda - actinolita u hornblenda verde que se presenta en porfiroclastos y cristales más finos que bordean el anfíbol uno (hornblenda). La hornblenda se presenta en porfiroclastos que tienen fuerte extinción ondulatoria y pueden estar doblados y microfallados. El pleocroismo de la hornblenda es x: crema verdoso, y: verde un poco amarillento, z: verde azulado.

El anfíbol dos puede corresponder a actinolita, hornblenda actinolítica u hornblenda verde que se presenta en cristales generalmente de tamaño fino hasta alcanzar texturas porfiroclásticas. Los cristales finos de actinolita determinan foliaciones que se disponen de forma paralela al bandeamiento composicional de la roca.

Uno de los minerales que mejor manifiesta la intensidad de la deformación es la hornblenda con extinción ondulatoria muy intensa, especialmente si se tiene en cuenta que la hornblenda es un mineral que no se deforma fácilmente, además, la disposición de éste mineral parece indicar que cristales de mayor tamaño fallaron y los granos resultantes se desplazaron uno con respecto al otro, formando como especies de bandas.

### CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN GEOQUÍMICA

Las pérdidas por ignición considerada en el presente trabajo como índice de alteración es en general alta en las muestras analizadas (Tsikouras y Hatzipanagiotou, 1998). En los diagramas presentados, los datos de los óxidos fueron normalizados a 100, libres de  $H_2O^+$ ,  $H_2O^-$  y volátiles.

Para la caracterización y clasificación geoquímica y la discriminación tectónica, se utilizaron diagramas originalmente desarrollados por varios autores para rocas efusivas; las rocas de stock se clasificaron como rocas metagabroicas, registrando distintos grados de deformación, por lo que se debe tener en cuenta que puede haber movilidad de diversos elementos químicos, como lo han reportado muchos investigadores. Según Rollinson (1993), para analizar geoquímicamente este tipo de rocas es importante contar con los elementos inmóviles frente a procesos anteriores, ellos son: Sc, Y, Pb, P, Hf, Ti, Nb y metales como Ni, V, Cr y Ni.

En el diagrama de álcalis total ( $Na_2O + K_2O$ ) versus sílice ( $SiO_2$ ) (Cox *et al.*, 1979), se obtuvo una primera división entre rocas alcalinas y subalcalinas (FIGURA 2), las muestras del Stock se ubican en el campo subalcalino.

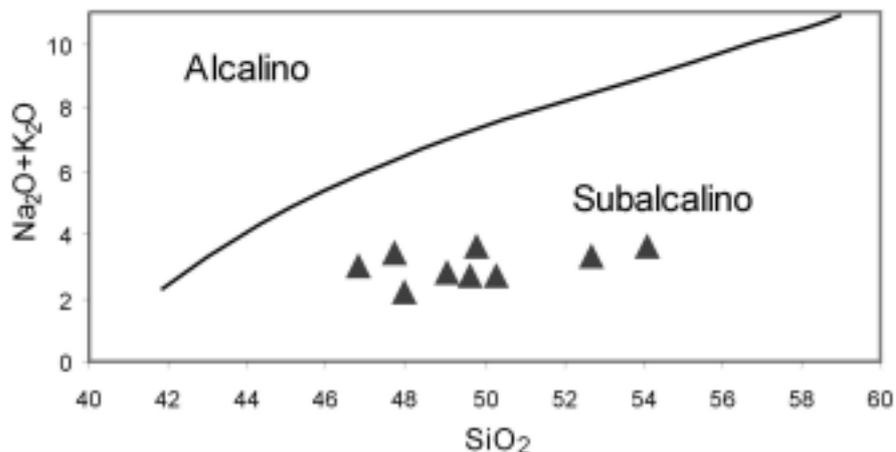


FIGURA 2. Diagrama de álcalis ( $Na_2O+K_2O$ ) versus  $SiO_2$  (Cox *et al.*, 1979).

En el diagrama  $Al_2O_3$  versus AN, plagioclasa normativa (Irvine y Baragar, 1971), donde  $AN=(100an)/(an+ab+5/3ne)$ , (FIGURA 3) en el que se puede apreciar que las rocas están ubicadas en el campo toleítico. Sólo la muestra CM-05, que presenta un alto grado de alteración se ubica en el campo calco-alcalino. Para reconocer a que sería pertenecen estas muestras, se utilizó el diagrama Nb/Y versus  $SiO_2$  de Winchester y Floyd, (1977); las rocas estudiadas se ubican en el campo toleítico con razones de Nb/Y desde 0.05 a 0.108 (FIGURA 4). Adicionalmente se utilizó el Diagrama  $P_2O_5$  versus Zr (ppm) (Winchester y Floyd, 1977, en Rollinson, 1993) en donde la totalidad de las muestras se ubican en el campo toleítico (FIGURA 5).

Dado que el protolito de las rocas del Stock Chinchiná – Santa Rosa puede presentar alteraciones químicas significativas anteriores al proceso metamórfico, se graficaron los diagramas LMPR (Beswick y Soucie, 1978, en Rizzotto *et al*, 1999). No existen evidencias significativas de alteraciones posmagmáticas, dado que se observa, en las rocas estudiadas, una tendencia bien definida (FIGURA 6).

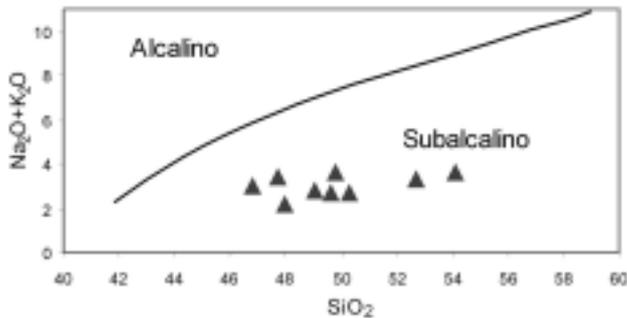


FIGURA 3. Diagrama de ( $Al_2O_3$ ) versus Plagioclasa normativa AN (Irvine & Baragar, 1971).

### ELEMENTOS TRAZA

Los valores de elementos traza están indicados en la Tabla 1. Partiendo del hecho de la movilidad de algunos elementos son afectados por metamorfismo, por ejemplo al graficar el Ba y K versus ID (índice de diferenciación se toma  $(Fe^{+2}/ Fe^{+2}+Mg^{+2})$ ) se puede observar dispersión en los datos ocasionado por metamorfismo y/o por procesos de alteración de la plagioclasa. Otros elementos menos móviles como Y – Ti versus Índice de Diferenciación (ID), muestran una buena correlación, reflejando un fraccionamiento ígneo original.

Los diagramas binarios de Cr y Ni muestran un decrecimiento como un aumento en la razón  $Fe^{+2}/$

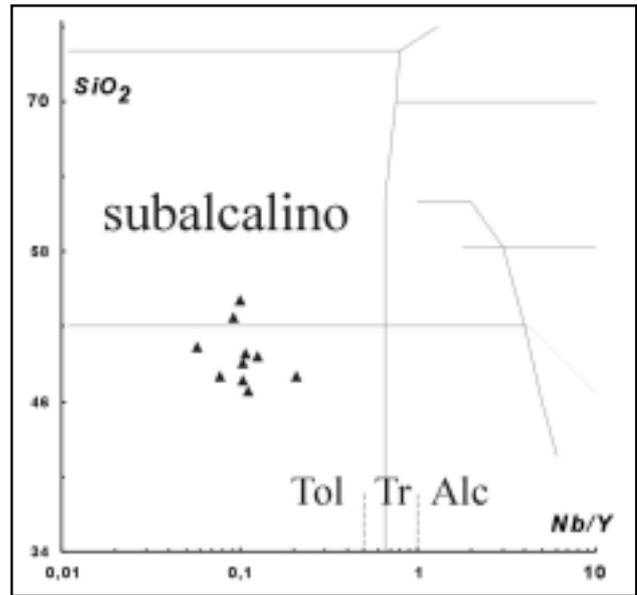


FIGURA 4. Diagrama de Nb/Y versus  $SiO_2$  de Winchester y Floyd (1977): Las rocas analizadas se ubican en el campo toleítico. Los límites entre toleítico (Tol), transicional (Tr) y alcalino (Alc) corresponden a Pearce (1982).

$Fe^{+2}+Mg^{+2}$  (FIGURA 7), corroborando el proceso de cristalización fraccionada. El comportamiento del Ni en magmas básicos es debido a la cristalización del olivino que es extraído del líquido y el decrecimiento de Cr puede indicar un fraccionamiento de piroxeno. Los contenidos de Ni, Cr indican que estas composiciones básicas representan líquidos evolucionados.

Grenn *et al.*, (1974), en Rizzotto, *et al.*, (1999), sugieren que un magma primario que es constituido de un manto peridotítico tiene valores (# mg = número magnésico) en torno a 70, como conclusión de la composición geoquímica de elementos mayores, elementos traza, composición normativa y valores de #mg, sugieren que estas rocas no representan magmas primarios, sino que corresponden a magmas más evolucionados por cristalización fraccionada de olivino + piroxeno + plagioclasa.

### ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS (ETR)

Los elementos de tierras raras (ETR) se presentan en un diagrama cuyas variables son número atómico y concentración, las concentraciones deben ir normalizadas a unos valores estándar de referencia que comúnmente son los de condrito, las concentraciones se expresan como logaritmo en base 10 del valor normalizado.

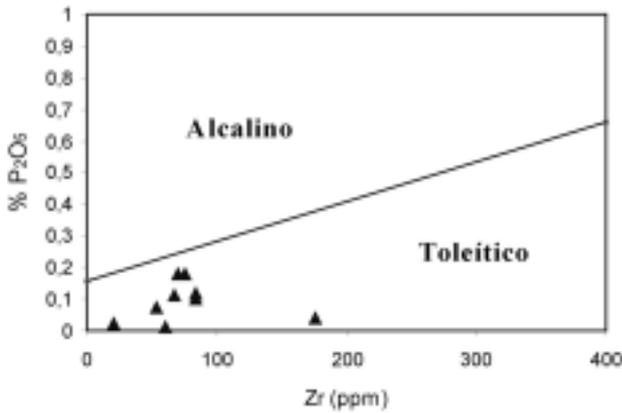


FIGURA 5. Diagrama de  $P_2O_5$  versus Zr (ppm). De Winchester y Floyd, en Rollinson, 1993).

Los contenidos de (ETR) normalizados al condrito de Nakamura (1974) de las rocas analizadas se presentan en la FIGURA 8. Estas rocas presentan unos espectros ligeramente empobrecidos en elementos de tierras raras livianas con razones  $(La/Yb)_n$  comprendido entre 0,39 – 0,95 y contenidos en La entre 1,51 y 10,03 veces el condrito. La anomalía positiva de  $Eu/Eu^*$  (0,97 – 1,57) sugiere un poco de fraccionamiento en la plagioclasa.

El diagrama multielementos (spidergrams) FIGURA 9, presentan la ventaja de mostrar una visión de conjunto de las variaciones observadas por un gran número de elementos. Además, el hecho de considerar un estándar de normalización de composición y ambiente de génesis bien conocidos, permite evaluar las variaciones de los diferentes elementos. Una anomalía negativa de Nb, aliada a una anomalía positiva de Th, U, Rb, puede estar relacionada a contaminación de la corteza (Thompson, 1982, en Rizzotto, *et al.*, 1999. Alternativamente, la anomalía en Nb puede estar relacionada a la estabilidad de las fases residuales (esfena, ilmenita o rutilo) durante la fase mantélica (Weaver y Tamey, 1986b, en Rizzotto, *et al.*, 1999 que no influiría en nada en la abundancia de los elementos LILE, siendo en este caso características heredadas de la fase mantélica (Perfit, 1980, en Rizzotto, *et al.*, 1999.

Para este trabajo de investigación se ha optado normalizar al MORB, usando los valores de normalización y el orden de elementos trazas propuestos por Pearce (1982), en orden decreciente de movilidad en una fase fluida acuosa (mayor movilidad para el grupo de Sr, K, Ba; mientras que el grupo del Th y Yb son generalmente inmóviles),

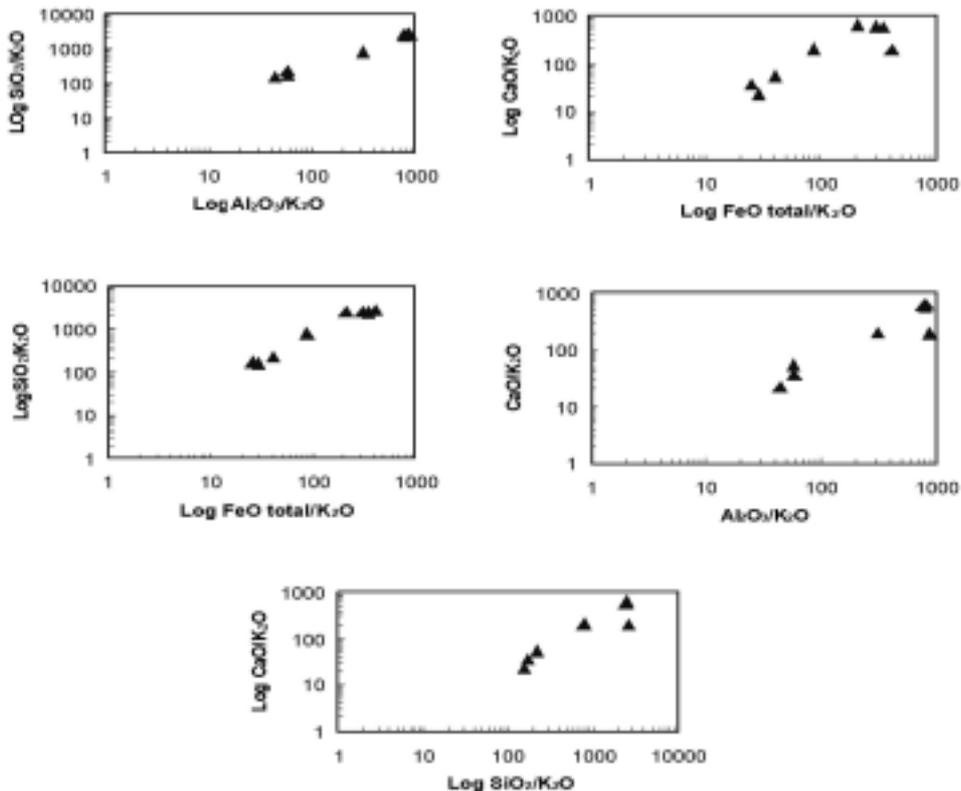


FIGURA 6. Diagrama LMPR. Para los metagabros del Stock Chinchiná-Santa Rosa el Fe se asume  $Fe_2O_3 / (1.113+FeO)$ .

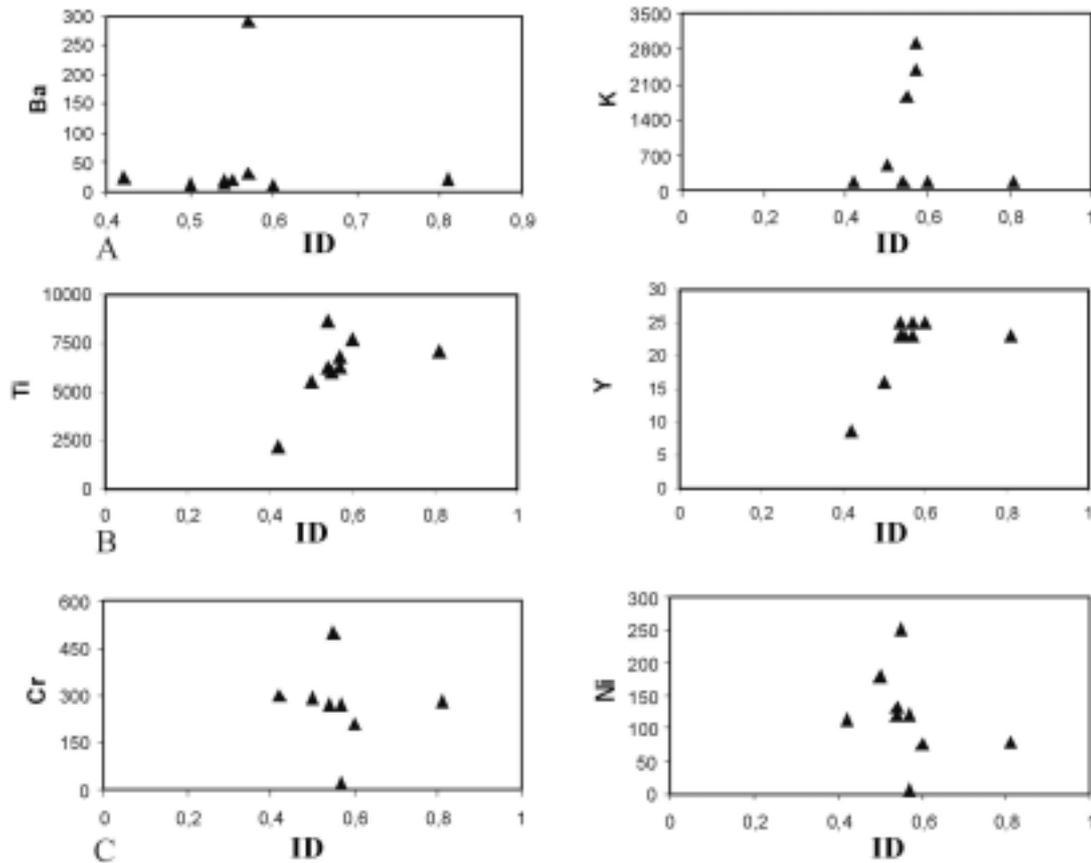


FIGURA 7. Diagrama de elementos. A, móviles (Ba, K) versus ID. B, menos móviles (Ti, Y) versus ID. C, compatibles (Cr, Ni) versus ID.

además, se han añadido dos elementos compatibles (Sc y Cr) para observar sus variaciones durante los diferentes procesos evolutivos sufridos por estas rocas (principalmente durante la cristalización fraccionada).

Obviamente, rocas toleíticas de afinidad MORB que no hayan sufrido ningún tipo de modificación por procesos de contaminación o alteración secundaria, presentan espectros planos, con valores máximos a la unidad. El patrón observado en las rocas analizadas evidencian una anomalía positiva en Th y en Ba. Los contenidos de Cr están en relación directa con el bajo índice de diferenciación (ID= 0.81). Comparándose los patrones de rocas generadas en zonas de dorsal oceánica N-MORB muestran valores próximos a 1, indicando una semejanza con este tipo de roca generada en dicho ambiente. Cortesogno *et al.*, (2000), plantea que rocas de composición gabroica afectadas por procesos de recrystalización y por eventos de deformación dúctil; los efectos de movilización de elementos van a ser moderados y que los elementos de tierras raras y traza van a mostrar concentraciones con un rango muy similar a rocas de la misma composición pero no alteradas.

Además, las rocas muestran valores próximos a 1, indicando una notable semejanza con los N-MORB, pero con una pequeña anomalía en Th, lo que demuestra un enriquecimiento en éste elemento que en los más móviles.

### CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE TECTÓNICO

Dado que las rocas del Stock Chinchiná-Santa Rosa se presentan como un bloque alargado limitado por fallas (FIGURA 1) y dentro del sistema de fallas Cauca-Romeral, puede considerarse que hacen parte del Cinturón Ofiolítico de Romeral (Alvarez, 1995), que está constituido por rocas ultramáficas e íntimamente asociadas con gabros y en ocasiones con lavas básicas. Para la distribución tectónica de estas rocas se utilizaron diagramas cuyos elementos son relativamente inmóviles frente a los distintos procesos que pudieron haber experimentado.

En los diagramas de discriminación tectónica de La-Y-Nb de Cabanis (1989), Nb-Zr-Y de Meschede (1986) y

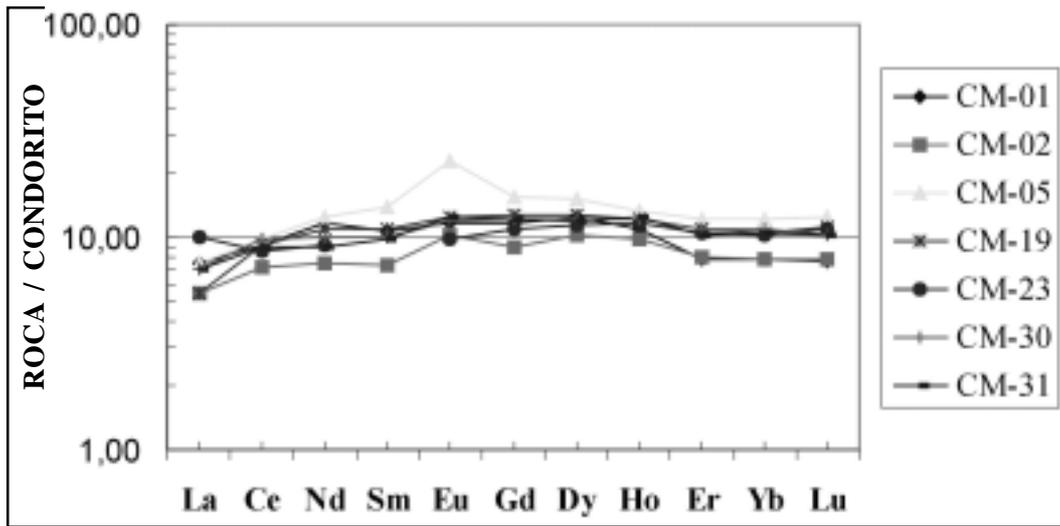


FIGURA 8. Diagrama de tierras Raras normalizado Condorito (Nakamura, 1974).

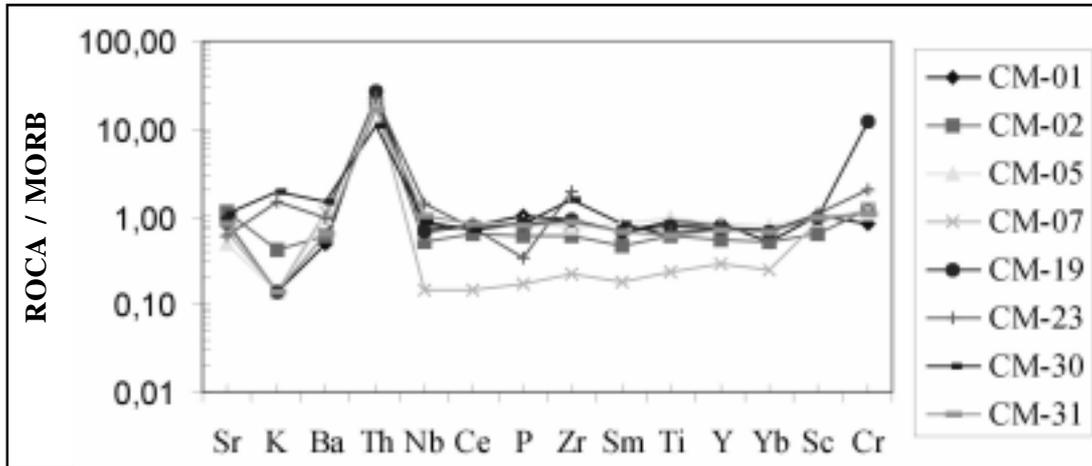


FIGURA 9. Diagrama multielementos para los metagabros del Stock Chinchiná-Santa Rosa.

Zr/Y-Zr, (FIGURAS 10, 11 y 12), las rocas se ubican en los campos de dominios no orogénicos y en ambientes principalmente de dorsales oceánicas. En la FIGURA 12 las rocas comparten el campo de dorsales oceánicas y/o de tipo MORB y Arcos de Islas.

**CONCLUSIONES**

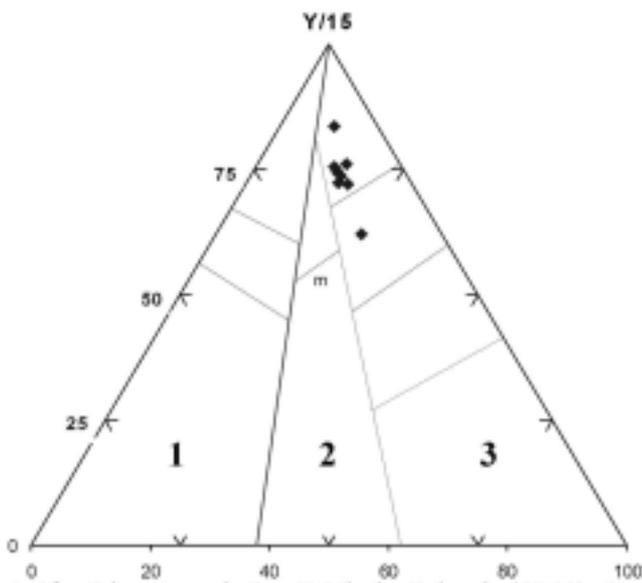
Las rocas que conforman el Stock Chinchiná-Santa Rosa corresponden geoquímicamente a gabros y modalmente a metagabros con distintos grados de deformación.

La alteración que manifiesta el Stock Chinchiná-Santa Rosa es de metagabros cataclásticos, en el sector oriental, hasta protomilonitas y milonitas metagabroicas en el sector occidental.

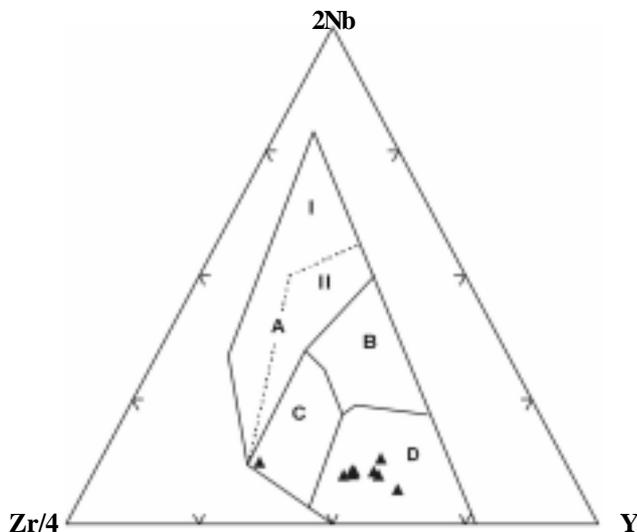
En general se reconocen fabricas relictos granulares, hipidiomórficas con procesos cataclásticos hasta rocas con una marcada foliación milonítica definida por un bandeamiento composicional, debido al anastomosamiento de los agregados de hornblenda y plagioclasa.

Por medio del análisis geoquímico realizado a las rocas del Stock, se establece que estas pertenecen a la serie subalcalina de carácter toleítico.

Los contenidos de Cr y Ni en las rocas del Stock indican que estas composiciones básicas representan líquidos evolucionados, lo cual sugiere que estas rocas se derivan de magmas parentales diferenciados.

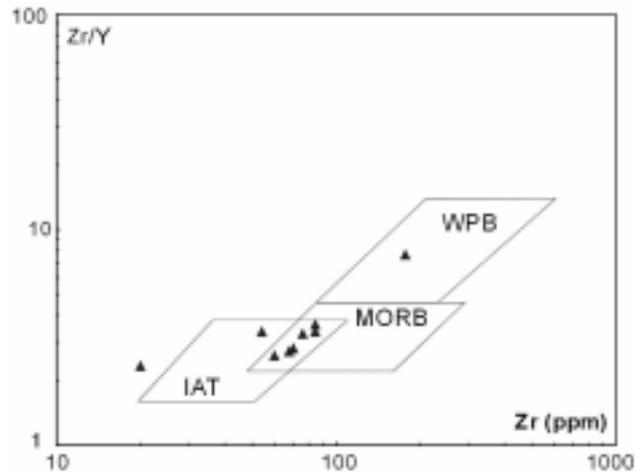


**FIGURA 10.** Diagrama de La-Y-Nb de Canabis (1989). Las rocas se localizan en campos no-orogénicos. 1, Dominios orogénicos. 2, Dominios intra-continentales tardi-orogénicos. 3, Dominios no-orogénicos.



**FIGURA 11.** Diagrama Nb/Zr/4-Y de Meschede (1986). Una muestra, Cm-23, se sitúa en el campo de las rocas de arco de islas y las demás en el campo de dorsal oceánica tipo MORB-N. A, rocas de intraplaca. B, rocas de dorsal oceánica tipo MORB-N. C+D, rocas de arco volcánico.

Con base en los diagramas de discriminación geotectónica, se concluye que las rocas que conforman el cuerpo estudiado se generaron en un dominio distensivo de dorsal oceánica y que hacen parte posiblemente del Cinturón Ofiolítico de Romeral que luego se acrecionó al continente.



**FIGURA 12.** Diagrama de Zr/Y-Zr (ppm) donde las rocas analizadas se localizan predominantemente en el campo que comparten las rocas de dorsal tipo MORB y las rocas de arco de islas. WPB, rocas intraplaca. IAT, rocas de arco de islas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Universidad de Caldas – Vicerrectoría de Investigaciones y posgrados, por la financiación de este proyecto.

## REFERENCIAS

- Alvarez, J. (1983). Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides mesocenoicos. Ingeominas, Bol. Geol; Vol. 26(2). Pp. 1-75.
- Alvarez, J. (1987). Serpentinitas y epidota-anfibolita de Ituango, Departamento de Antioquia. Ingeominas, Bol. Geol; Vol. 28, No.3, pp. 1-120.
- Alvarez, J. (1995). Geología del Complejo Ofiolítico de Pácora y secuencias relacionadas de Arcos de Islas (Complejo Quebradagrande), Colombia. Ingeominas, Bol. Geol; Vol. 35, No.(1), pp. 1-66.
- Cortesogno, L., Gaggero, L., Zanetti, A. (2000). Rare earth and trace elements in igneous and high- temperature metamorphic minerals of oceanic gabbros (Mark area, Mid-atlantic rigde). Contribution to Mineral Petrology, Vol. 139, pp. 373-393.
- Cox. K. G., Bell. J. D., Pankurst. R. J. (1979). The interpretation of igneous rocks. Unwin hyman Ltd., London ,450p.

- Estrada, J. J., Viana, R., G, H. (2001). Geología de la plancha 205 Chinchiná, escala 1:10000: Memoria explicativa. Ingeominas, Bogotá, 87p.
- González, H. (1980). Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina). Ingeominas, Bol. Geol; Vol. 23, No.(1),pp.1-174.
- González, H. (1993). Mapa geológico del departamento de Caldas. Escala 1:250.000. Memoria explicativa. Ingeominas. Santafé de Bogotá.
- Higgins, M.W. (1971). Cataclastic Rocks. USGS Prof. Paper, 687p.
- Irvine, T. N. and Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rock. Canadian Journal of Earth Science, Vol. 8, pp. 523-548.
- McCourt, W., Aspden, J., Brook (1984). New geological and geochronological date from de Colombian Andes: Continental growth by multiple acretion. Journal Geology Soc., London. Vol.141, pp.831-845.
- Meschede, M. (1986). A method of discrimination between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites Wit the Nb- Zr - Y diagram. Chemical Geology. Vol. 56, pp. 207-218
- Mosquera, D. (1978). Geología del Cuadrángulo K-8. Ingeominas, Informe 1763, Bogotá, 63p.
- Nakamura, N. (1974). Determination of REE, Ba, Mg, Na, and K in carbonaceous and ordinary chondrites. Geochemical, Cosmochemical Acta, Vol.38, pp.757-775.
- Nivia, A., Marriner, G., Kerr, A. (1996). El Complejo Quebradagrande una posible cuenca marginal intracratónica del Cretácico Inferior de la Cordillera Central de los Andes Colombianos. VII Congre. Col. Geol; Mem. Santafé de Bogotá.
- Pardo, A., Moreno, M., y Gómez, A. de J. (1999). Estudio de nuevas localidades fosilíferas en las Cordilleras Central y Occidental de Colombia, Universidad de Caldas. Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico (CIDC), 72 p. Informe.
- Pearce, J. A. (1982). Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpr. R. S. (ed), Andesites. Wiley, Chichester,pp.525-548.
- Rizzotto, G., Fernandes de lima, E., Chemale, F. (1999). Geologia e gequimica das rochas metabasicas da sequencia metavulcano-sedimentar nova brasilandia-sudeste de Ro. Revista Brasileira de Geociencias Vol.29, No.(2), pp. 119-128.
- Rollinson, H.R. (1993). Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman/Wyllie. Harlow/New York.350p.
- Streckeisen, A.L. (1976). To each plutonic rocks its proper name. Earth Sci. Rev. Vol.12, pp. 1-33.
- Tsikouras, Basilios and Hatzipanagiotou, Konstantin. (1998). Petrogenetic evolution of an ophiolite fragment in an ensialic marginal basin, northern Aegean (Samothraki Island, Greece). En: European Journal of Mineralogy. No. 10, pp. 551-567.
- Wilson, M. (1989). Igneous Petrogenesis. Harper Collins Academic, 468p.
- Winchester, J. A and Floyd, P. A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology Vol.20, pp. 325-343.

---

Trabajo recibido: octubre 22 de 2003

Trabajo aceptado: abril 13 de 2004