

METAGABRO DEL ARIARI, PLUTONISMO MORB, CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA

Luz Mary Toro-Toro¹; Mario Moreno-Sánchez¹; Arley Gómez-Cruz¹

Forma de citar: Toro-Toro, L.M., Moreno-Sánchez, M., y Gómez-Cruz, A. 2014. Metagabro del Ariari, Plutonismo MORB, Cordillera Oriental de Colombia. Boletín de Geología, 36 (2): 15-24.

RESUMEN

En este trabajo se dan a conocer las características petrográficas y geoquímicas del Metagabro del Ariari que aflora sobre la quebrada La Cristalina, al este del municipio de El Dorado, departamento del Meta en la Cordillera Oriental. Este cuerpo desarrolla metamorfismo de bajo grado en la facies esquistos verde sin obliterar la textura original de la roca. La composición de las rocas del Metagabro del Ariari indican una afinidad toleítica (gabbros; $\text{SiO}_2 = 46,93 - 47,69$ wt%, $\text{FeO} + \text{MgO} = 18,42 - 19,13$ wt% y $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 4,16 - 10,42$ wt%), relaciones Nb/Y = 0,13-0,17 con patrones de REE caracterizados por LREE ligeramente empobrecidos y patrones menos fraccionados y relativamente planos de tierras raras pesadas (HREE). La composición en elementos traza muestra patrones fraccionados en los LILE, con enriquecimientos en Cs, Ba y Rb y una ligera anomalía negativa en Pb. Todas las características sugieren, por tanto, que el Metagabro del Ariari se formó en un ambiente de fondo oceánico (MORB).

Palabras clave: Metagabro del Ariari, Petrografía, MORB, Cordillera Oriental.

ARIARI METAGABBRO, MORB PLUTONISM, EASTERN CORDILLERA OF COLOMBIA

ABSTRACT

Petrographic and geochemical characteristics from Ariari Metagabbro are shown in this paper. The Metagabbro outcrops at La Crystalline creek located eastwards from of El Dorado town, department of Meta in the Eastern Cordillera. This body develops low-grade metamorphism in the green schist facies, but not obliterated the original texture of the rock. The chemical composition of Ariari metagabbro indicates a tholeiitic affinity (gabbros; $\text{SiO}_2 = 47.69 - 46.93$ wt%, $\text{FeO} + \text{MgO} = 18.42 - 19.13$ wt% and $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 4.16 - 10.42$ wt %) Nb/Y ratios = 0.13-0.17 with REE patterns characterized by slightly impoverished LREE and less fractionated patterns and relatively flat HREE. The trace element composition shows fractionated LILE patterns, with Cs, Ba and Rb enrichments and a slight negative Pb anomaly. These features suggest that the Ariari Metagabbro was originated in a MORB setting.

Keywords: Ariari Metagabbro, Petrography, MORB, Eastern Cordillera.

¹ Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia; luz.toro@ucaldas.edu.co; mario.moreno@ucaldas.edu.co; arley.gomez@ucaldas.edu.co

INTRODUCCIÓN

Durante una serie de campañas de campo dirigidas a la exploración geológica del flanco este de la Cordillera Oriental conducida por Trumpy (1943, 1949), en compañía del geólogo L. Zanella, fueron reconocidas nuevas entidades litológicas hasta ese entonces desconocidas para la literatura geológica del área, entre las que se citan más frecuentemente están las Calizas del Ariari, y una serie de intrusivos gabroides (“*gabbro massif*”). Sin mostrar un mapa del área, Trumpy (1943, 1949) indica que entre los ríos Guape y Ariari los “esquistos de Quetame” son intruidos por diques de gabros que supuso eran de edad Cámbrica. Es notable que Trumpy (1949) también insinuó que estas rocas básicas podrían ser “ofiolitas”, sin embargo para aquella época el concepto de ofiolita aludía únicamente a una asociación petrográfica que incluía rocas básicas y ultrabásicas. Además, Trumpy (*opus cit.*) es el primero en sugerir que los “esquistos de Quetame” son el equivalente metamórfico de las “Series de Güejar”.

Poco se ha avanzado en lo que respecta al origen geológico y la delimitación cartográfica de estos gabros que afloran intermitentemente en el piedemonte de la Cordillera Oriental, y que son citados como “Gabro del Ariari” (Etayo-Serna *et al.*, 1986). En el presente trabajo se presentan por primera vez las características petrográficas y geoquímicas del Metagabro del Ariari deducidas de muestras obtenidas en la quebrada La Cristalina y en un canto rodado del río Ariari. Con esto se pretende contribuir al conocimiento de la evolución geodinámica de este sector de Los Andes durante el Paleozoico temprano.

GEOLOGÍA REGIONAL

Dos muestras del metagabro fueron recolectadas directamente de la roca que está expuesta en el lecho de la quebrada La Cristalina (muestra numero 966 y coordenadas N3°41,048 W73°52,476, y muestra 964 con coordenadas N3°41,031 W73°52,492) (FIGURA 1). La tercera muestra se obtuvo de un rodado encontrado entre las gravas del río Ariari, cerca del puente de la Amistad en la carretera que conduce de Cubarral al municipio de El Dorado (Meta).

La quebrada La Cristalina es citada por Bridger (1981, 1982) como la sección de referencia para las unidades que él denominó formaciones Ariari, Guape y Duda. La Formación Ariari es la denominación formal de lo que Trumpy (1943, 1949) llamó calizas del Ariari (“*Ariari limestone*”) o en algunos casos calizas de la “Cal” (“*Cal limestone*”). Las formaciones Guape

y Duda son dos nuevas unidades creadas por Bridger (1981) para referirse a las sedimentitas que afloran entre los ríos Guape y Duda y que Trumpy (1949) supuso eran los esquistos de Quetame (“*Quetame schists*”). Inicialmente, Trumpy (1943) reconoce la imposibilidad de definir la edad de los gabros y calizas del Ariari, sin embargo, en un trabajo posterior (Trumpy, 1949) sugiere una edad Carbonífero para las calizas y Pérmico o más joven para los gabros.

Una de las afirmaciones geológicas más citadas de Trumpy (1949) es la que indica que las “Series de Güejar” (Ordovícico del Cañón del río Güejar en La Macarena) son los equivalentes no metamórficos de los “esquistos de Quetame”, unidad que en realidad en su mayor parte son filitas, reconocidas por primera vez por Hettner (1892) y llevados a la categoría de grupo (“Grupo Quetame”) por Cortés y De la Espriella (1984). Desde entonces se asume que las rocas sedimentarias del Paleozoico temprano de la Cordillera Oriental (“*Uribe Trail*”), las sedimentitas ordovícicas de La Macarena (Güejar) y el Paleozoico inferior del subsuelo de los Llanos Orientales, gradan hacia un complejo grupo de rocas metamórficas (los “Esquistos de Quetame”) expuestas en el núcleo del Macizo de Quetame en la Cordillera Oriental. Trumpy (1949) atribuye un rango muy amplio de edad a los “Esquistos de Quetame” ya que supuso que en estas rocas se hallaban metamorfoseadas, tanto las sedimentitas del Paleozoico temprano como las del Paleozoico superior. En la localidad de Gutiérrez en el departamento de Cundinamarca Trumpy (1949) observó lo que parecía una transición entre las rocas metamórficas de Quetame y las sedimentitas devónicas que allí afloran. Por esta razón presume una edad Carbonífero para las calizas del Ariari, las que supone son equivalentes de las calizas carboníferas del páramo de Clarín y el páramo de Sumapaz. Según lo anterior, y dado que los gabros atraviesan las calizas del Ariari, Trumpy (1949) deduce que el rango de edad de las intrusiones básicas debe estar en el Pérmico o posterior.

Bridger (1981, 1982), basado en el hallazgo de *Paradoxides* (Rushton, 1963) en un canto rodado de las arenitas de la Formación Duda, confirma la presencia del Cámbrico en la región del Guape. Bridger (1981, 1982), según datos de Ujueta (1964), presenta una sección a mano alzada de la quebrada La Cristalina en donde se establece la localidad tipo de las formaciones Ariari, Guape y Duda. Bridger (1982) deduce una edad Cámbrico para las formaciones Ariari y Guape, por estar subyaciendo las arenitas de la Formación Duda y por comparaciones regionales con otras áreas de Sudamérica.

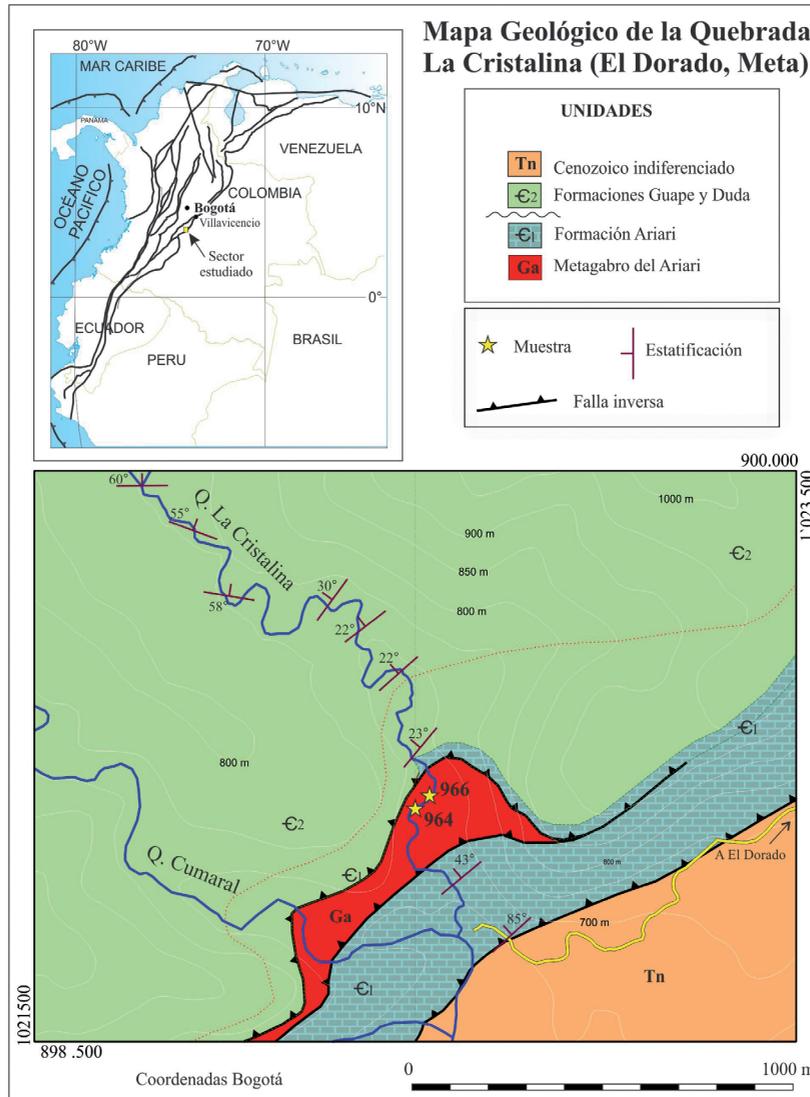


FIGURA 1. Mapa general de la localización de las muestras y mapa geológico de la quebrada La Cristalina.

En la sección de la quebrada La Cristalina presentada por Bridger (1981, 1982) se muestran las calizas de la Formación Ariari en contacto normal con la Formación Guape que allí está conformada por una serie de silos básicos intercalados con arenitas. Según la sección citada, en la quebrada aflora un gran cuerpo de anfibolitas que Bridger (1981) incluye en la Formación Guape.

La revisión de la sección de la quebrada La Cristalina, realizada por los autores de este trabajo, permitió definir con mayor precisión una serie de detalles geológicos no incluidos en los trabajos de Bridger (*opus cit.*). Aunque este autor cita una serie de cuerpos gabricos distribuidos en el área del río Guape, no reconoció el cuerpo metagabroico emplazado tectónicamente entre las calizas de la Formación Ariari en la quebrada La Cristalina (FIGURAS 2 y 3), del

cual se presentan los análisis geoquímicos en este trabajo. Aunque se reconocieron delgados silos de basaltos entre las capas de arenitas de la Formación Guape, no fue posible establecer en campo la relación entre el metagabro y estos cuerpos básicos. Por otro lado, la Formación Guape (objeto de otro trabajo) se haya dispuesta discordantemente sobre las calizas de la Formación Ariari y no concordantemente como lo indica Bridger (*opus cit.*). En los conglomerados de la Formación Guape se pudieron identificar bloques de neises atribuibles a las rocas precámbricas comunes en el basamento de la Sierra de La Macarena y Macizo de Garzón. Aunque existe un desarrollo de clivaje, todas las rocas sedimentarias expuestas en la quebrada preservan sus texturas y estructuras sedimentarias originales, las rocas podrían clasificarse como metasedimentitas o sedimentitas con alta diagénesis.

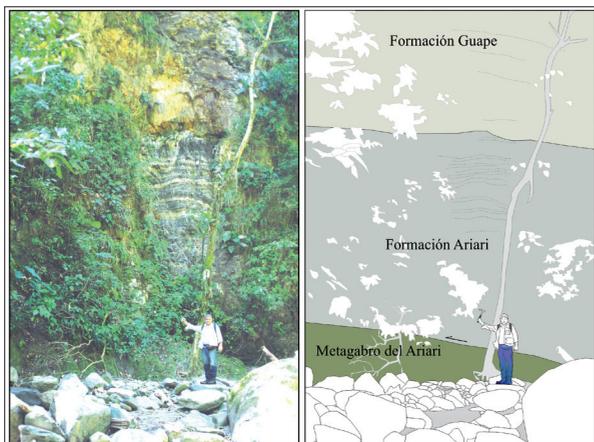


FIGURA 2. Afloramiento en la quebrada La Cristalina en donde se observa el contacto paraconforme entre las formaciones Ariari y Duda, y la falla que pone en contacto el Metagabro del Ariari y las calizas de la Formación Ariari. El profesor A. Gómez sirve de escala.



FIGURA 3. Detalle del aspecto general que presenta el Metagabro del Ariari en la quebrada La Cristalina.

PETROGRAFÍA

Las rocas estudiadas en este trabajo corresponden a metagabros hornbléndicos. Estas rocas presentan un color verde oscuro a verde claro con textura gabroica reliquia (FIGURA 3). Petrográficamente corresponden a rocas ígneas con textura reliquia holocristalina, hipidiomórfica - alotriomórfica fanerítica de tamaño de cristal grueso a medio y algunos sectores alcanzan tamaños finos, su clasificación corresponde según Le Maitre (2002) a gabros hornbléndicos. Los minerales primarios son plagioclasa sausriritizada (40 - 35 %), y clinopiroxenos / clinioanfíboles (21 - 45 % modal). Los minerales secundarios son anfíboles, carbonatos (4-2%), cuarzo (3-5%), albita (4-2%), clorita (10-6%), clinzoisita (2-3%), ilmenita y titanita (1-3%) (FIGURA 4). Los clinioanfíboles ocurren en cristales prismáticos con bordes irregulares, cuyo pleocroísmo varía de incoloro a verde muy pálido, y en agregados aciculares a fibrosos y en agujas. Este último anfíbol reemplaza a un máfico anterior, un piroxeno y/o quizá a otro anfíbol primario. La plagioclasa está intensamente sausriritizada, lo que indica que la plagioclasa original tenía un componente importante de calcio. Los cristales anhedrales de bordes completamente irregulares conservan pequeños residuos de la plagioclasa. Es de anotar que la recrystalización metamórfica no ha obliterado la textura original del gabro y la paragenésis mineral corresponde a la facies esquisto verde, rasgos que podrían atribuirse a un metamorfismo hidrotermal de fondo oceánico de grado bajo (Vernon *et al*, 2008).



FIGURA 4. Aspecto microscópico del Metagabro del Ariari con textura holocristalina donde la plagioclasa (Pl) está completamente alterada y el anfíbol desarrolla cristales fibrosos de actinolita (Ac).

GEOQUÍMICA DE ROCA TOTAL

Los análisis de elementos mayores y traza de tres muestras representativas, se realizaron en el en el

laboratorio *Activation Laboratories Ltd (ActLabs)* en Canadá; con un límite de detección de 0,01%; análisis para elementos mayores por el método de ataque ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission*

Spectrometry) y los elementos traza por Espectrometría de Masas con fuente de plasma ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma –Mass Spectrometry*). Los

elementos mayores (wt%) y los elementos trazas (ppm) son mostrados en la TABLA 1.

TABLA 1. Resultados de análisis geoquímicos del Metagabro del Ariari.

MUESTRAS	MM 03	MM 964	MM 963
COORDENADAS	PUENTE ARIARI	N 30 41' 031"	N 30 41' 048"
		W 720 52' 492"	W 730 52' 476"
CLASIFICACION	GABRO HORNBLÉNDICO	GABRO HORNBLÉNDICO	GABRO HORNBLÉNDICO
SIO ₂	47,69	46,93	47,63
AL ₂ O ₃	14,30	14,44	14,51
FE ₂ O ₃	13,46	11,98	12,52
MGO	6,97	8,35	7,15
CAO	9,97	11,79	11,40
NA ₂ O	2,81	1,92	2,12
K ₂ O	0,28	0,34	0,51
TIO ₂	1,64	1,36	1,35
P ₂ O ₅	0,13	0,11	0,14
MNO	0,01	0,07	0,11
CR ₂ O ₃	0,034	0,005	0,003
LOI	2,2	2,3	2,2
SUM	99,72	99,76	99,74
ppm			
NI	89	151	108
SC	4	3	11
BA	81	76	107
CO	47,1	47,1	46,1
CS	<0,1	0,1	0,2
GA	19,2	17,0	18,5
HF	2,5	1,9	2,8
NB	4,3	3,0	3,9
RB	7,3	8,1	12,3
SN	<1	<1	<1
SR	349,5	218,1	211,5
TA	0,3	0,3	0,3
TH	0,5	0,4	0,5
U	<0,1	0,1	0,1
V	436	349	340
W	<0,5	<0,5	<0,5
ZR	88,7	75,6	87,2
Y	25,9	22,5	25,1
LA	6,5	5,1	6,4
CE	16,5	13,7	16,5
PR	2,46	2,03	2,40
ND	13,5	10,2	10,0
SM	4,02	3,15	3,22
EU	1,38	1,15	1,26
GD	4,69	4,01	4,57
TB	0,85	0,70	0,79
DY	5,02	3,98	4,31
HO	1,12	0,88	1,07
ER	3,09	2,66	2,67
TM	0,42	0,36	0,43
YB	2,59	2,27	2,57
LU	0,39	0,31	0,36
MO	<0,1	0,2	0,2
CU	223,1	99,9	211,3
PB	0,6	0,2	0,2
ZN	58	35	42
CD	<0,1	<0,1	<0,1
SB	<0,1	<0,1	<0,1

Las rocas metagabroicas estudiadas tienen concentraciones de SiO₂ (46,93–47,69 %) y Na₂O+K₂O (0,56–2,63 %) (FIGURA 5a), indicando una afinidad toleítica (Le Maitre *et al.*, 1989); y contenidos de Al₂O₃ = 14,3–16,51 wt%, FeOt_{tot} = 11,98–13,46, MgO = 6,97–8,35 wt%, CaO = 9,97–11,79 wt% y Na₂O/K₂O = 4,16 -10,42 (TABLA 1). Considerando la posibilidad de movilidad del álcalis (Na₂O+K₂O), las muestras

ploteadas en diagramas de clasificación que utilizan elementos inmóviles, como el Nb/Y contra Zr/Ti (Pearce, 1996), indican composición basáltica (FIGURA 5b), con una afinidad claramente toleítica (valores Nb/Y= 0,13-0,17). Los valores de Cr (30-340 ppm) y Ni (89-151 ppm) se presentan dentro de los rangos normales para estas tipo de rocas.

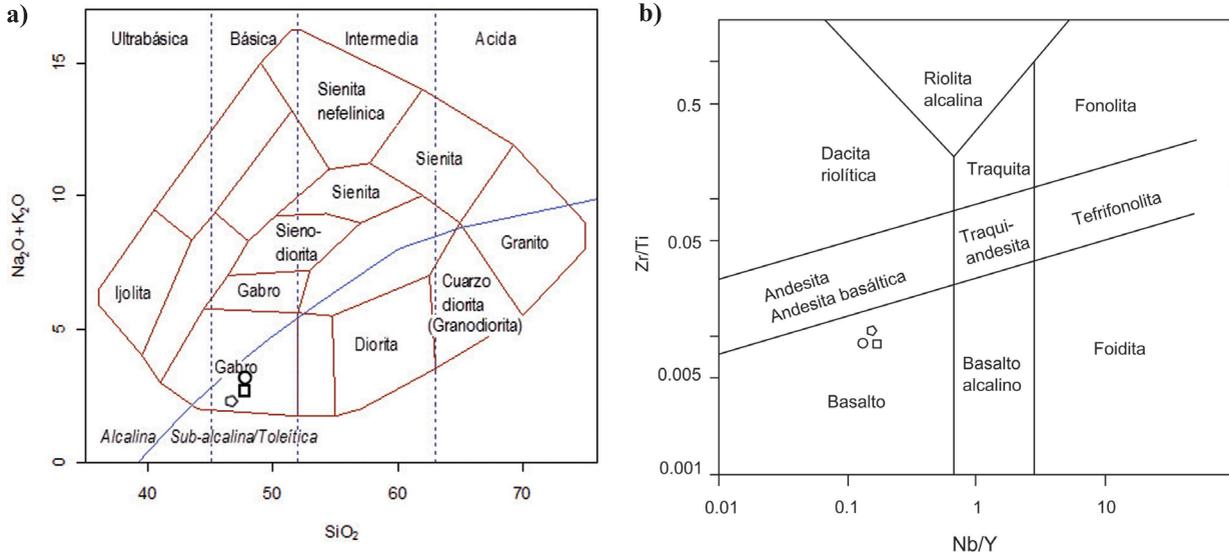


FIGURA 5. Composición de las rocas estudiadas del Metagabro de Ariari; **a.** Diagrama TAS para clasificación de rocas volcánicas de Le Maitre *et al.* (1989); **b.** diagrama Nb/Yb vs. Zr/Ti (Pearce, 1982).

Los patrones de tierras raras (REE) normalizados a condrita (McDonough and Sun, 1995) muestran comportamientos ligeramente horizontales en los LREE, con (La/Yb)_N = 1,52 – 1,73, y patrones menos fraccionados y relativamente planos en los REE pesados, con (Gd/Yb)_N = 0,307 – 0,328 (FIGURA 6a); con abundancias entre 10 y 20 veces con respecto a los valores condriticos. Los patrones multielementos

evidencian enriquecimientos significativos en Cs, Ba y Rb y una leve anomalía negativa en Ce y Pb, atribuible a movimientos de fluidos (Xiao, 2012), los cuales se muestran en el arcnograma de la (FIGURA 6a) normalizado a N-MORB (Sun and McDonough, 1989). Los HFSE evidencian patrones relativamente planos y cercanos a 1. Estas características sugieren que las rocas estudiadas corresponden a MORB.

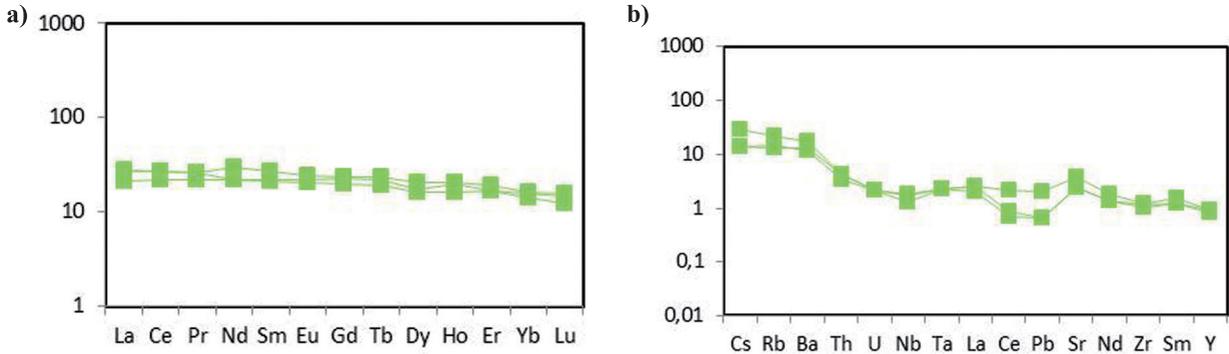


FIGURA 6. **a.** Diagrama de tierras raras (REE) normalizadas a condrita (McDonough and Sun, 1995); **b.** Diagrama multielementos normalizado a N-MORB (Sun and McDonough, 1989).

DISCUSIÓN - CONCLUSIONES

Las características geoquímicas del Metagabro de Ariari permiten inferir su composición toleítica, formados a partir de una fuente de manto (MORB). En el diagrama de discriminación geodinámica Ti vs V (Shervais, 1982), las rocas ocupan el campo de los MORB-BABB,

en el cual las rocas presentan relaciones Ti/V entre 20 y 50, que sugieren ambientes de dorsal medio oceánica (MORB) y cuencas *back-arc* (BABB, FIGURA 7a). El diagrama Th/Yb vs Ta/Yb (Pearce, 1982), indica afinidad MORB (FIGURA 7b). Los valores de Yb normalizado dan valores mayores a 10 lo que indicaría que no hay granate como fase residual en la fuente.

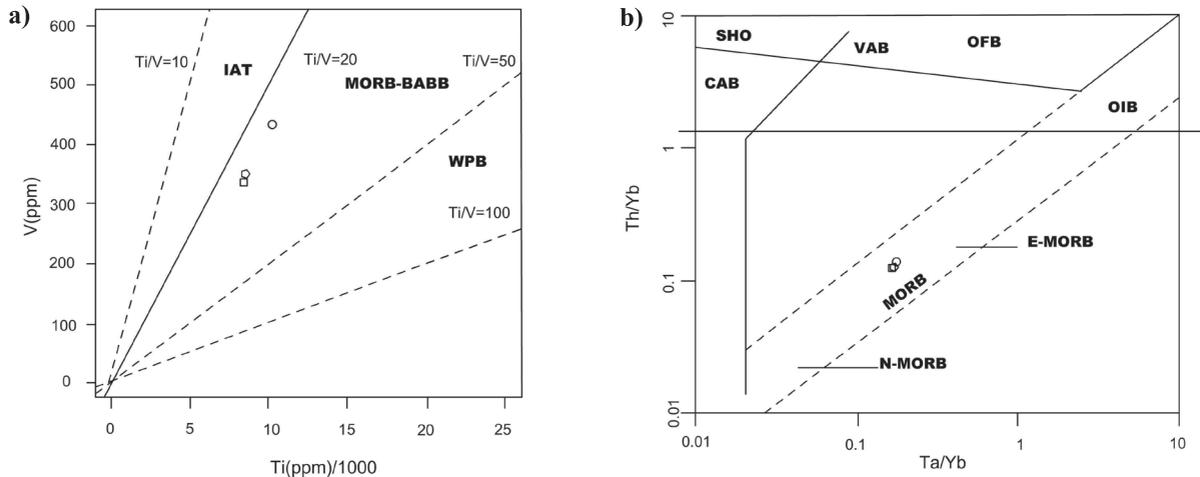


FIGURA 7. Diagramas de discriminación de ambientes tectónicos; **a.** Ti vs V (Shervais 1982): MORB, basaltos de ridge medio-oceánicos; BABB, basaltos back-arc; IAT, basaltos de arcos de islas; WPB, basaltos intraplaca; **b.** Th/Yb vs Ta/Yb (Pearce, 1982 – 1983) mostrando los campos shonshonítico (SHO), basaltos calco-alcalinos (CAB), toleitas de arcos de islas (IAT), basaltos de arcos volcánicos (VAB) y basaltos de fondo oceánico (OFB).

Con el fin de determinar si la movilidad de elementos como Cs, Ba, U y Pb, y la anomalía en Nb se puedan atribuir a los procesos metamórficos experimentados por las rocas estudiadas, las muestras fueron analizadas usando la relación La/Nb, la cual en basaltos oceánicos es comúnmente $< 2,5$; en basaltos de arco es típicamente > 2 (Plank, 2005) y en corteza continental es de 2 a 3 (Barth *et al.*, 2000; Plank and Langmuir, 1998); así mismo, la relación Th/La permite diferenciar basaltos oceánicos (MORB y OIB) de corteza continental, teniendo valores cercanos a 0,3 en corteza continental y valores $< 0,1$ para basaltos oceánicos, mientras los valores Th/La relacionados al manto primitivo y a condritos son cercanos a 0,12 (Hofmann, 1988; Sun and McDonough, 1989) y valores Th/La $< 0,2$ para el manto (Plank, 2005). En el diagrama de Pearce and Norry (1979, FIGURA 8a) las muestras presentan valores La/Nb $< 2,5$ y valores Th/La $< 0,2$, por lo cual la geoquímica de los LILE se puede atribuir a la movilidad de estos elementos durante el metamorfismo. Se modelaron además las muestras sobre el diagrama Th/Yb vs Nb/Yb (Pearce and Peate, 1995), teniendo en cuenta que las variaciones Th – Nb son indicadores muy sensitivos de adición cortical (Pin and Marini, 1993; Pin and Paquette, 1997), de manera particular en magmas agotados (Pearce, 2008), y en él se observa cómo las rocas estudiadas se localizan sobre

el campo de los MORB, con lo cual tampoco se infiere efecto relacionado con zona de subducción (FIGURA 8b), confirmando que la movilidad de los LILE se debe al metamorfismo experimentado por las rocas.

La paragénesis que presentan estas rocas tales como actinolita + albita + carbonatos + clorita indicarían la facies esquistos verde, que podría atribuirse a un metamorfismo hidrotermal de fondo oceánico de grado bajo en facies esquistos verde; esto es coherente con el grado metamórfico presente en las sucesiones sedimentarias asociadas con este cuerpo. La homogeneidad geoquímica deducida del material en el rodado del río Ariari y las muestras de la quebrada La Cristalina sugiere que los metagabros en el área (Saliente del Guape) son genéticamente similares. A lo largo de la Cordillera Oriental afloran una serie de cuerpos gabroicos de edad Cretácico (Fabre y Delaloye, 1983; Navarrete *et al.*, 2002; Vásquez and Altenberger, 2005), sin embargo, a diferencia de los metagabros del Ariari, estos intrusivos no han sido metamorfosados, lo que sugiere que los metagabros del Ariari anteceden las rocas sedimentarias más antiguas en el área (Formación Areniscas de Gutiérrez de edad Devónico temprano). Aunque en el sitio estudiado no fue posible ver una relación intrusiva entre el gabro y las rocas

matasedimentarias, Bridger (1982) reporta que al sur del área de este estudio en cercanías de Castilla La Nueva, en el cañón del río Guape, los gabros intruyen y asimilan parcialmente las metasedimentitas de la Formación Guape. En el mismo sector, silos de gabro se

intercalan con las rocas metamórficas, y como describe Bridger (1982) "...se puede ver como todo el conjunto ha sido plegado y metamorfozado, con lo cual se puede asegurar una intrusión pre-orogénica".

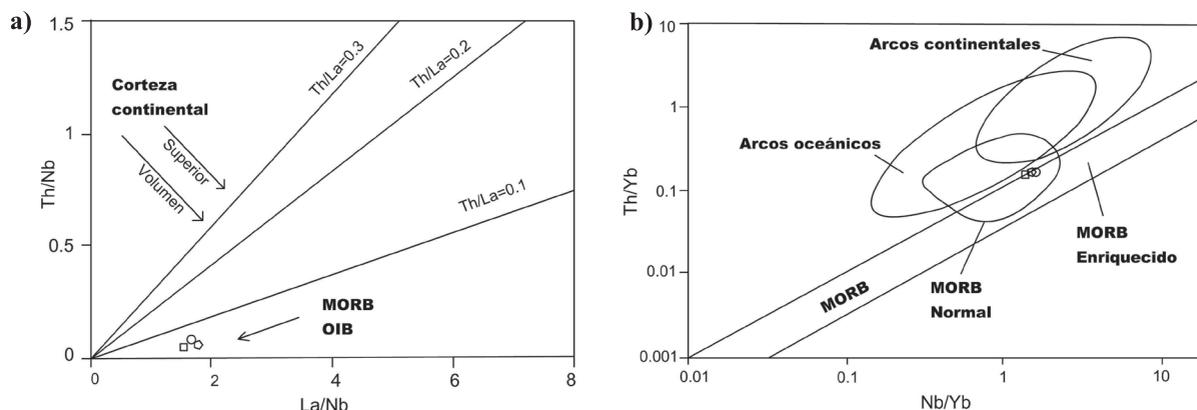


FIGURA 8. Diagramas de discriminación, a. Th/Nb vs La/Nb (Pearce and Norry, 1979) y b. Th/Yb vs Nb/Yb (Pearce and Peate, 1995), para basaltos de ridge medio oceánicos (MORB), basaltos de islas oceánicas (OIB), arcos oceánicos y arcos continentales.

La presencia de metagabros con afinidad de dorsal en este sector se entiende mejor a la luz de la teoría de terrenos geológicos (ver Coney *et al.*, 1980). Es de aclarar que aún no existe una edad segura para establecer la situación paleogeográfica de estos metagabros. Bridger (1981, 1982) indica que la edad de las formaciones Ariari y Guape es al menos anterior a la de la Formación Duda (Cámbrico superior). Sin embargo especula, a partir de comparaciones regionales, que estas formaciones estarían situadas en el Cámbrico. La presencia de rocas sedimentarias Vendianas (Ediacariano, Neoproterozoico terminal) en el Pozo Chigüiro (a menos de 370 km al NE del área de estudio) en los llanos (Dueñas, 2001), abre el abanico de correlación para estas enigmáticas unidades. Otras rocas ígneas con posibilidad de comparación con el Metagabro del Ariari son la Sienita Nefelínica de San José del Guaviare (ver Trumpy, 1944) y los intrusivos que afectan el Grupo Quetame en la Cordillera Oriental. La Sienita Nefelínica de San José del Guaviare dio una edad de cristalización U/Pb $577,8 \pm 6,3 -9$ Ma (Arango *et al.*, 2012) y podría asociarse con estiramiento cortical. Por otro lado, los intrusivos intermedios de la Cordillera Oriental (Otengá, La Mina, y otros) que afectan el Grupo Quetame han rendido un rango de edad que los sitúan al final del Cámbrico y el Ordovícico (Horton *et al.*, 2000; Mantilla *et al.*, 2012), sin embargo su naturaleza calcoalcalina los restringe a ambientes de arco volcánico.

La naturaleza ofiolítica (ver Trumpy, 1949) de las rocas básicas en la región del Ariari-Duda queda descartada al faltar la suite petrográfica completa atribuida a

la corteza oceánica. Sin embargo, la presencia de rocas básicas MORB sugiere el nacimiento de un fondo oceánico en este sector. Aunque el basamento precámbrico no aflora en el área, los bloques de neises en los conglomerados de la Formación Guape indican que estas unidades se depositaron sobre o en vecindad de un basamento continental (similar al expuesto en la Sierra de La Macarena y Macizo de Garzón). Por otro lado, las rocas del Grupo Quetame y sus intrusivos del Paleozoico temprano presentan suficientes diferencias con las reconocidas en la región del Ariari – Duda y por esto se sugiere se hallaban en un terreno alóctono (Terreno Quetame en Etayo-Serna *et al.*, 1986) asociado a un arco volcánico durante el Paleozoico temprano (Mantilla *et al.*, 2012).

La hipótesis geológica que se propone acá (FIGURA 9) para explicar las relaciones de campo del Metagabro del Ariari coincide parcialmente con el sugerido por Bridger (1981, 1982). El Metagabro del Ariari formaría parte de las intrusiones básicas formadas durante la generación de una dorsal (*rift*) concomitante con estiramiento cortical formando corteza oceánica embrionaria asociada a las etapas tempranas de la apertura del Océano de Jápeto (Iapetus). El rango de edad para el plutonismo asociado al Metagabro del Ariari se sitúa tentativamente entre el Neoproterozoico (Ediacariano) y el Silúrico. Esta discusión es preliminar y se hace necesario enriquecerla con datos paleomagnéticos, radiométricos y de química mineral que permitirían refinar el modelo propuesto.

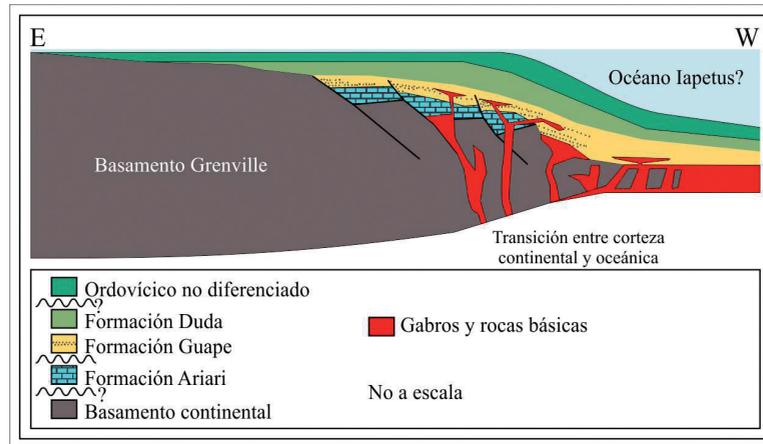


FIGURA 9. Modelo evolutivo para la región de río Guape para Paleozoico temprano.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros agradecimientos a la Universidad de Caldas, departamento de Ciencias Geológicas por el apoyo a la excursión de campo.

REFERENCIAS

- Arango, M.I.M., Zapata, G.G., and Martens, U. 2012. Caracterización petrográfica, geoquímica y edad de la Sienita Nefelínica de San José del Guaviare, Boletín de Geología, 34: 15-26.
- Barth, M.G., McDonough, W.F., and Rudnick, R.L. 2000. Tracking the budget of Nb and Ta in the continental crust, *Chemical Geology*, 165: 197-213.
- Bridger, C.S. 1981. The Cambrian in Colombia, a new vision of an old theme, Tercer Congreso Colombiano de Geología, Medellín, Colombia, p. 1-29.
- Bridger, C.S. 1982. El Paleozoico inferior de Colombia: una reevaluación en base en nuevos datos de campo. Tesis de Geología, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Coney, P.J., Jones, D.L., and Monger, J.W.H. 1980. Cordilleran suspect terranes, *Nature*, 288: 329 - 333.
- Cortés, R., y De la Espriella, R. 1984. Contribución al conocimiento del Paleozoico Superior en la sección Quetame-Villavicencio, Boletín de Geología, 16: 83-101.
- Dueñas, H. 2001. Paleozoic palynological assemblages from the Llanos Orientales Basin, Colombia S.A., AASP 2001, Palynological meeting, San Antonio, Texas.
- Etayo-Serna, F., Barrero, D., Lozano, H.Q., Espinosa, A., González, H., Orrego, A., Ballesteros, I.T., Forero, H.O., Ramírez, C.Q., Zambrano-Ortiz, F., Duque-Caro, H., Vargas, R.H., Núñez, A., Álvarez, J.A., Ropain, U.C., Cardozo, E.P., Galvis, N., Sarmiento, L.R., Albers, J.P., Case, J.E., Singer, D.A., Bowen, R.W., Berger, B.R., Cox, D.P., y Hodges, C.A. 1986. Mapa de terrenos geológicos de Colombia, Bogotá, Ingeominas, 235p.
- Fabre, A., y Delaloye, M. 1983. Intrusiones básicas cretácicas en las sedimentitas de la parte central de la Cordillera Oriental, *Geología Norandina*, 6: 19-28.
- Hettner, A. 1892. Die Kordillere von Bogotá, Petermanns geographische Mitteilungen (Translated into Spanish by E. Guhl 1966 as: La Cordillera de Bogotá: Resultados de viajes y estudios. Banco de la República, Bogotá, 351p.
- Hofmann, A.W. 1988. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust and oceanic crust, *Earth and Planetary Science Letters*, 90: 297-314.
- Horton, B.K., Saylor, J.E., Nie, J., Mora, A., Parra, M., Reyes-Harker, A., and Stockli, D.F. 2010. Linking sedimentation in the northern Andes to basement configuration, Mesozoic extension, and Cenozoic shortening, Evidence from detrital zircon U-Pb ages, Eastern Cordillera, Colombia Geological Society of America Bulletin, 122: 1423-1442.
- Le Maitre, R.W. 2002. Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks, Cambridge, Cambridge University Press, 236p.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R., and Zanettin, B. 1989. A classification of igneous rocks and

- glossary of terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks: Oxford, U.K., Blackwell Scientific Publications, 193p.
- Mantilla, L.C.F., Bissig, T., Cottle, J.M., and Hart, C.J.R. 2012. Remains of early Ordovician mantle-derived magmatism in the Santander Massif (Colombian Eastern Cordillera), *Journal of South America Earth Sciences*, 38: 1-12.
- McDonough, W.F., and Sun, S. 1995. The composition of the Earth, *Chemical Geology*, 120: 223-253.
- Navarrete, R.E., Moreno-Murillo, M., Concha-Perdomo, A.E., y Patarroyo, P. 2002. Interpretación petrogenética del GabrodeTragarepas al norte de Pacho - Cundinamarca: *Geología Colombiana*, 27: 109-120.
- Pearce, J.A. 1982. Trace elements characteristics of lavas from destructive plate boundaries, in Thorpe, R.S., ed., *Andesites*: London, John Wiley and Sons, pp.525-548.
- Pearce, J.A. 1996. Sources and Settings of Granitic Rocks, *Episodes*, 19: 120-125.
- Pearce, J.A. 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust, *Lithos*, 100: 14-48.
- Pearce, J.A., and Norry, M.J. 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69: 33-47.
- Pearce, J.A., and Peate, D.W. 1995. Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 23: 251-285.
- Pin, C., and Marini, F. 1993. Early Ordovician continental break-up in Variscan Europe: Nd-Sr isotope and trace element evidence from bimodal igneous associations of the southern Massif Central, France, *Lithos*, 29: 177-196.
- Pin, C., and Paquette, J.L. 1997. A mantle-derived bimodal suite in the Hercynian belt: Nd isotope and trace element evidence for a subduction-related rift origin of the Late Devonian Brevenne metavolcanics, Massif Central (France), *Contributions to Mineral and Petrology*, 129: 222-238.
- Plank, T. 2005. Constraints from thorium/lanthanum on sediment recycling at subduction zones and the evolution of the continents, *Journal of Petrology*, 46: 921-944.
- Plank, T., and Langmuir, C.H. 1998. The chemical composition of subducting sediment: implications for the crust and mantle, *Chemical Geology*, 145: 325-394.
- Rushton, W.A. 1963. Paradoxides from Colombia, *Geological Magazine*, 100: 255-257.
- Shervais, J.W. 1982. Ti – V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas, *Earth and Planetary Science Letters*, 59: 101-118.
- Sun, S.S., and McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, in Saunders, A.D., and Norry, M.J., eds., *Magmatism in Ocean Basins*, London, Geological Society, Special Publications, 42: 313-345.
- Trumpy, D. 1943. Pre-Cretaceous of Colombia: *Geological Society of America Bulletin*, 54: 1261-1304.
- Trumpy, D. 1944. El pre-Cretáceo de Colombia, Volume 412: Bogotá, Servicio Geológico Nacional, pp. 1-35.
- Trumpy, D. 1949. *Geology of Colombia*: Hague, N.V. de Bataafsche Petroleum Maatschappij. Geological Department, 162p.
- Ujueta, G.L. 1964. Geología y posibilidades económicas de depósitos calcáreos al oeste de San Martín (Meta), entre los ríos Cumaral y La Cal: *Boletín Geológico*, Instituto Geológico Nacional, XXII: 53-68.
- Vásquez, M., and Altenberger, U. 2005. Mid-Cretaceous extension-related magmatism in the eastern Colombian Andes, *Journal of South American Earth Sciences*, 20: 193–210.
- Vernon, A.J., van der Beek, P.A., Sinclair, H.D., and Rahn, M.K. 2008. Increase in late Neogene denudation of the European Alps confirmed by analysis of a fission-track thermochronology database, *Earth and Planetary Science Letters*, 270: 316-329.
- Xiao, Y. 2012. Geochemical consequences of subduction zone metamorphism: Case studies of metamorphic rocks from Palaeozoic subduction zone complexes in Tianshan and Qilian Orogenic Belts, NW China, PhD Thesis, Durham University.