

# FORMACIÓN BARROSO: ARCO VOLCÁNICO TOLEITICO Y DIABASAS DE SAN JOSÉ DE URAMA: UN PRISMA ACRECIÓNARIO T-MORB EN EL SEGMENTO NORTE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DE COLOMBIA

## BARROSO FORMATION: A THOLEIITIC VOLCANIC ARC AND SAN JOSE DE URAMA DIABASES: A T-MORB TYPE ACCRETIONARY PRISM IN THE NORTHERN SEGMENT OF WESTERN CORDILLERA OF COLOMBIA.

GABRIEL RODRÍGUEZ G.

*Servicio Geológico Colombiano, grodriguez@ingeminas.gov.co*

MARÍA ISABEL ARANGO

*Servicio Geológico Colombiano, marango@ingeminas.gov.co*

Recibido para evaluación: 10 de Septiembre de 2012 / Aceptación: 19 de Junio de 2013 / Recibida versión final: 02 de Julio de 2013

**RESUMEN:** En el Segmento Norte de la Cordillera Occidental, entre las fallas Cauca-Almaguer y Dabeiba-Pueblo Rico afloran dos unidades volcánicas, que fueron agrupadas en trabajos anteriores con el nombre de Formación Barroso y que en realidad corresponden a unidades de diferente edad y ambiente geotectónico, que se denominan Diabasas de San José de Urama y Formación Barroso.

Las Diabasas de San José de Urama corresponden a bloques tectónicos y cuerpos de diabasas y basaltos almohadillados con texturas ofíticas, subofíticas, intersecales, intergranulares y variolíticas, de series toleíticas bajas en K, con un patrón de elementos traza y REE asociada a una fuente mantélica de tipo T-MORB. Se obtuvo para esta unidad una edad por el método Ar-Ar en roca total de  $155.1 \pm 11.2$  M.a que la ubica en el Jurásico superior-Cretácico inferior interpretándose como el basamento del Segmento Norte de la Cordillera Occidental.

La Formación Barroso aflora en el borde oriental del Segmento Norte de la Cordillera Occidental, corresponde a una unidad volcánica sedimentaria constituida por basaltos y andesitas con texturas porfídicas y amigdalares, junto a aglomerados, tobos y paquetes de sedimentitas marinas intercaladas y discordantes sobre las rocas volcánicas. La vulcanitas de la Formación Barroso caen dentro de las series toleíticas y calco alcalinas medias en K; el comportamiento de los elementos de las tierras raras y los elementos traza corresponde a rocas generadas en un arco formado por subducción, con un componente plutónico representado, al menos, por el Batolito de Sabanalarga, la Tonalita de Buriticá y cuerpos menores de gabros. Las edades obtenidas permiten postular que el arco volcánico – plutónico se formó entre 88 y 115 Ma (Turoniano-Apiano) en el límite entre las cortezas oceánica y continental de los Andes del Norte.

**PALABRAS CLAVE:** Formación Barroso, Diabasas de San José de Urama, Cordillera Occidental

**ABSTRACT:** In the North Segment of Cordillera Occidental between Cauca-Almaguer and Dabeiba-Pueblo Rico faults outcrop two volcanic units. These were gathered in previous works named Formación Barroso. However these units are actually from different age and geotechnical environment which is called San José de Urama Diabases y Barroso Formation.

San José de Urama Diabases correspond to tectonic blocks and bodies of diabase and pillow basalt with ophitic, subophitic, intersertal, intergranular and variolitic textures, from tholeiitic series in low-K, with a trace elements pattern and REE from a mantle source T-MORB type. To this unit was obtained an age by using Ar-Ar method in total rock of  $155.1 \pm 11.2$  M.a locating it in upper Jurassic - lower Cretaceous understanding it as a basement of North Segment of Cordillera Occidental

Barroso Formation outcrops in the eastern edge of North Segment of Cordillera Occidental. This belongs to a sedimentary volcanic unit assembled by basalts and andesites with porphyritic and amygdalare textures linked to agglomerates, tuffs and packs of marine sedimentary rocks interspersed and discordant upon volcanic rocks. Barroso Formation vulcanite falls into tholeiitic series and calco alkaline medium-K. The behavior of rare earth elements and trace elements are part of rocks created in an arc formed by subduction. It also has a plutonic component represented at least by Sabanalarga Batholith, Buriticá Tonalite and gabbro minor bodies. The obtained ages allow us to propose that volcanic-plutonic arc was formed between 88 and 115 Ma (Turonian-Aptian) at the boundary between oceanic and continental crusts of the northern Andes.

**KEY WORDS:** Barroso Formation, San José de Urama Diabases, Cordillera Occidental

## 1. INTRODUCCION

Durante la revisión de la información petrográfica, geoquímica, fosilífera y radiométrica del Noroccidente Colombiano, adelantada por geólogos de Ingeominas Medellín en la ejecución del proyecto Cordillera Occidental, se encontraron problemas entre los datos y los modelos propuestos para las rocas volcánicas de la Formación Barroso. La presencia, en el Segmento Norte de la Cordillera Occidental, de rocas volcánicas de naturaleza y edad diferente, localmente mezcladas pero regionalmente en distinta posición geoestructural, agrupadas e interpretadas como una sola unidad, y las cuales poseen características petrográficas, químicas y radiométricas particulares, representa el problema objeto de este trabajo. Las rocas volcánicas fueron agrupadas regionalmente bajo el nombre de Formación Barroso, unidad definida por Álvarez & González (1978), y junto con las unidades sedimentarias se les asignó el nombre de Grupo Cañasgordas. Esta situación se refleja en la cartografía regional y en las planchas geológicas publicadas por INGEOMINAS, así como en los modelos evolutivos regionales.

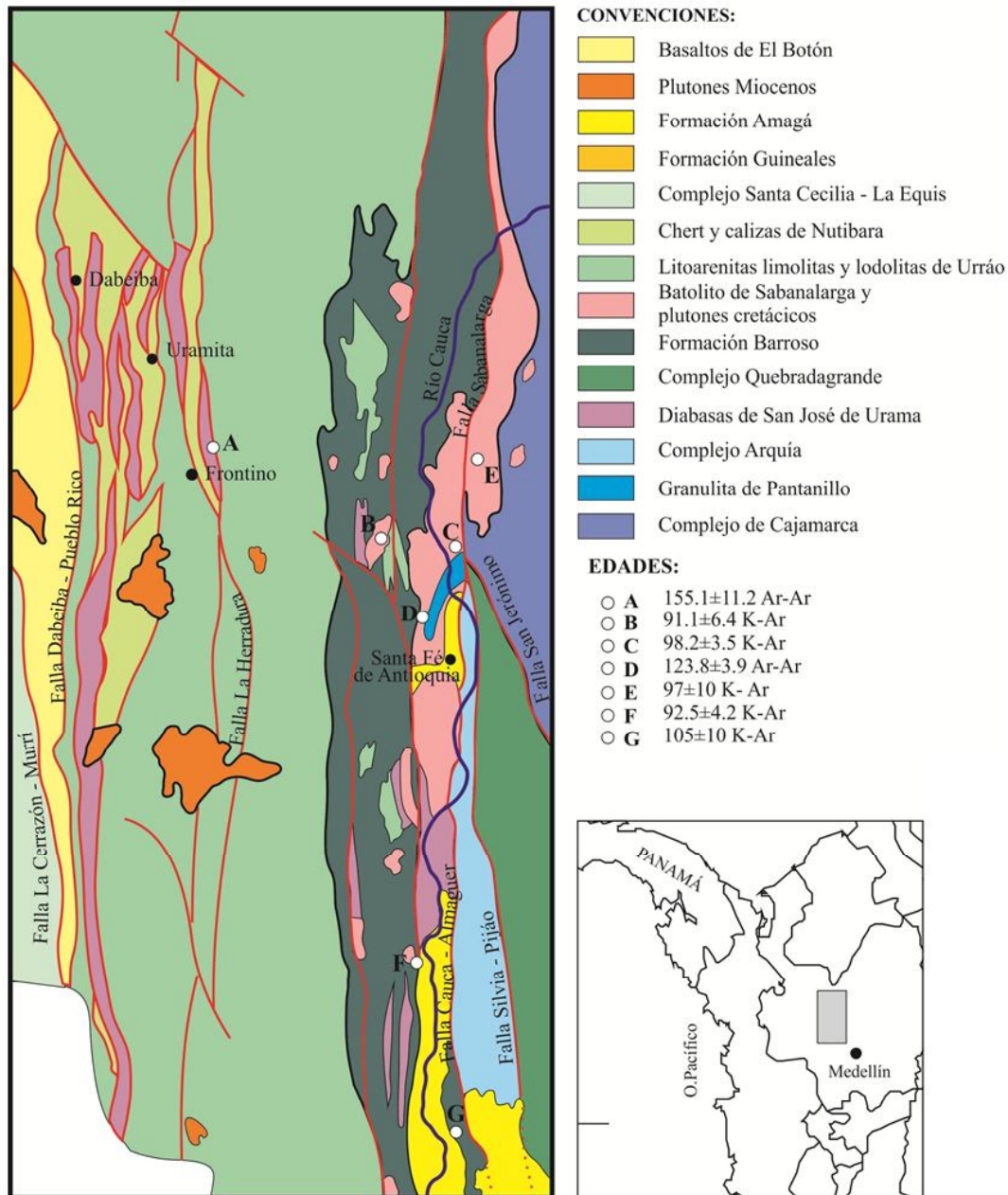
La comparación de las características macroscópicas, petrográficas, químicas y de posición estructural de las rocas volcánicas localizadas entre las fallas Cauca-Almaguer y Dabeiba – Pueblo Rico, agrupadas bajo el nombre de “Formación Barroso”, permite dividir las en dos unidades y plantear un modelo geológico para el Segmento Norte de la Cordillera Occidental.

## 2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El área de interés regional en el presente estudio, está comprendida entre el flanco oriental de la Cordillera Occidental en la parte central del Departamento de Antioquia, desde la Falla Sabanalarga al oriente y el flanco occidental de la Cordillera Occidental, hasta la Falla Dabeiba – Pueblo Rico al occidente. La cartografía geológica regional (González, 2001 a, b) muestra en el área franjas de basaltos y diabasas intercaladas tectónicamente con bloques de chert – calizas y litoarenitas – lodolitas (Rodríguez *et al.*, 2010). Las rocas volcánicas están intruídas por el Batolito de Sabanalarga (Álvarez y González, 1978), la Tonalita de Buriticá (González y Londoño, 2002a) de edad cretácica superior, por cuerpos menores de

gabros de edad cretácica y por plutones de afinidad shoshonítica del Mioceno Superior (Figura 1).

El Segmento Norte de la Cordillera Occidental fue definido por Rodríguez y Zapata (2012) como el bloque limitado al oriente por la Falla Cauca – Almaguer (Maya y González, 1995), al occidente por la Cuenca del río Atrato, al sur por la Falla Guasal – Amurrapá (Arboleda *et al.*, 2009) también descrita como Falla del río San Juan, y al norte se encuentra cubierto por sedimentos Cenozoicos del Cinturón Sinú – San Jacinto y el Grupo Sincelejo. Este segmento está conformado, de Este a Oeste, por el arco volcánico – plutónico de Sabanalarga – Barroso (Batolito de Sabanalarga – Formación Barroso) (Rodríguez *et al.*, en imprenta), denominado parcialmente Arco de Altamira por Restrepo y Toussaint (1976); por las Diabasas de San José de Urama (Mejía y Salazar, 1989), descrita como Basaltos de La Clara – Río Calle (González y Londoño, 2003) que corresponden a rocas oceánicas toleíticas que ocurren junto a bloques tectónicos de sedimentitas turbidíticas; por el arco volcánico - plutónico de El Botón de afinidad shoshonítica (Zapata y Rodríguez, 2012a y Rodríguez y Zapata, *en imprenta*) y edad Mioceno superior y por el Complejo Santa Cecilia – La Equis - Batolito de Mandé que se presenta en el borde oeste del Bloque, siendo este último un arco de afinidad calcoalcalina y edad Eoceno temprano; es decir, la parte norte de la Cordillera Occidental está constituida por tres arcos compuestos de vulcanitas y plutonitas de edades Mioceno superior, Eoceno inferior y límite Cretácico superior – Cretácico inferior, además de una unidad de corteza oceánica constituida por diabasas y basaltos almohadillados de afinidad toleítica con intercalaciones tectónicas de sedimentitas.



**Figura 1.** Geología y localización de la Formación Barroso y las Diabasas de San José de Urama. Límite entre las cordilleras Central y Occidental de Colombia.

### 3. MATERIAL Y METODOS

Se realizó una revisión petrográfica de 208 secciones delgadas colectadas por INGEOMINAS en los trabajos regionales de cartografía geológica (planchas 104, 114, 130 y 146, proyectos Cauca Romeral Zona Norte y Cordillera Occidental). Se separaron las tobas y basaltos porfídicos de las diabasas y basaltos almohadillados con texturas “diabásicas” y

se determinó la distribución espacial de cada grupo de rocas.

Para el análisis de litogeoquímica se tomaron los resultados de muestras de los proyectos Cauca – Romeral (Geoestudios-Ingeominas, 2005) y Cordillera Occidental (2010), para un total de 56 análisis. Se agruparon teniendo en cuenta las características petrográficas y macroscópicas de cada roca separando

las diabasas y pillow lavas de los basaltos porfídicos y tobas, y posteriormente se determinó el comportamiento químico de cada grupo. Las muestras se analizaron en el laboratorio ActLabs en Canadá, se seleccionaron las muestras para análisis litogeoquímico de roca total con límite de detección de 0,01 (100 g); análisis para elementos mayores por el método de ataque FUS-ICP (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry*), y los elementos traza por espectrometría de emisión con plasma ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry*); análisis realizados por *Activation Laboratories Ltd* (ActLabs) en Canadá en el 2005 y 2010 respectivamente.

Se hizo datación por el método Ar/Ar paso a paso en roca total a dos muestras de Diabasas de San José de Urama y en una muestra del Batolito de Sabanalarga en ActLabs Canadá.

Se realizaron visitas de campo para definir las relaciones entre las unidades en el Segmento Norte de la Cordillera Occidental.

#### 4. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Para caracterizar las dos unidades volcánicas que se encuentran entre la Falla de Sabanalarga al Oriente y la Falla Dabeiba – Pueblo Rico al Occidente, se hizo una comparación de las características macroscópicas, petrográficas y litogeoquímicas, se retoma el nombre de Formación Barroso propuesto por Álvarez y González (1978) para las vulcanitas que afloran a lo largo del borde oriental de la Cordillera Occidental en Antioquia y el de Diabasas de San José de Urama propuesto por Mejía y Salazar (1989) para las diabasas y basaltos que afloran hacia el occidente contra la Falla Dabeiba – Pueblo Rico, agrupando en esta última unidad los bloques que aparecen junto a los basaltos de la Formación Barroso que corresponden a derrames de basaltos almohadillados (pillow lavas) con textura “diabásica”.

La distribución de las diabasas dentro de la franja que conforma la Formación Barroso está restringida a cuerpos orientados en dirección N-S, localizados entre basaltos porfídicos y amigdalares, rocas piroclásticas y sedimentitas, generalmente las diabasas y pillow lavas se encuentran atravesadas por diques de basaltos, andesitas, andesitas basálticas y venas de epidota, de

acuerdo a las observaciones de campo. Las rocas que forman el arco volcánico – plutónico de Sabanalarga – Barroso intruyen los cuerpos de diabasas y pillow lavas que hacen parte de las Diabasas de San José de Urama en el borde oriental del segmento Norte de la Cordillera Occidental.

A continuación se describen las principales características de la Formación Barroso y las Diabasas de San José de Urama.

##### 4.1. FORMACIÓN BARROSO.

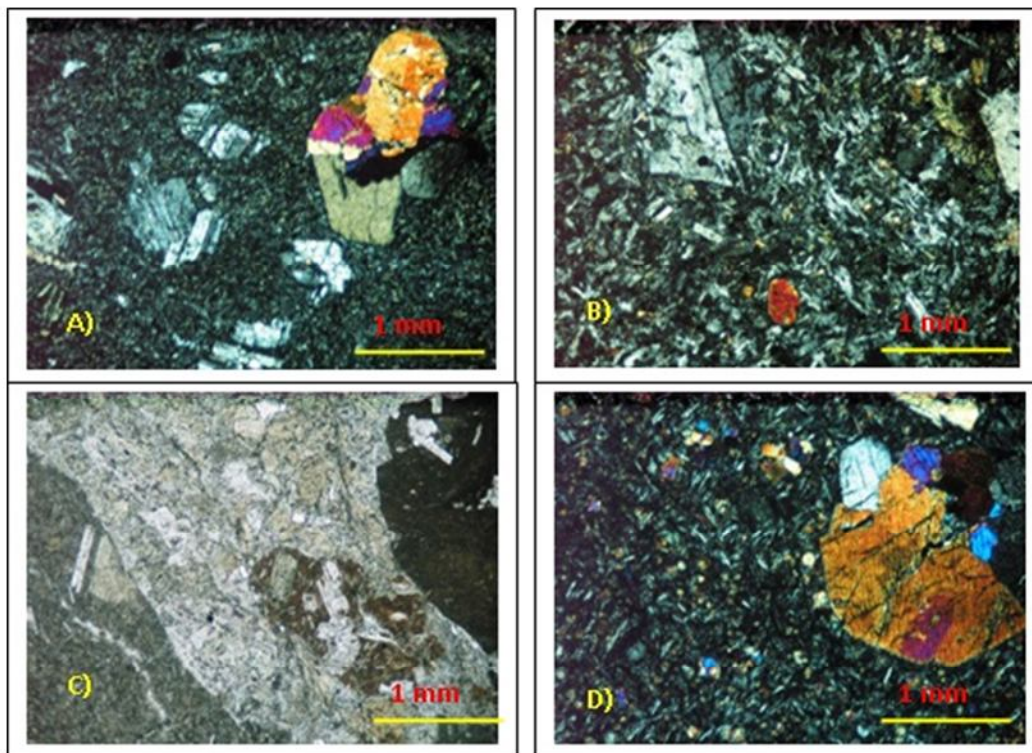
Descrita por Álvarez (1971) como Formación Volcánica del Grupo Cañasgordas y denominada al norte por Hall *et al.* (1972) como “*Metabasaltos del Cretáceo superior y Rocas piroclásticas asociadas*”, fue definida por Álvarez y González (1978) como Formación Barroso; corresponde a una unidad volcano sedimentaria heterogénea que forma una franja alargada N-S, al occidente del río Cauca en el flanco oriental de la Cordillera Occidental, alcanza un ancho entre 5 y 15 km, se extiende al menos en Antioquia, desde Hispania al sur donde es cubierta por la Formación Combia, aflorando hacia el sur a manera de ventanas intermitentes; y hacia al norte se extiende, al menos, hasta el municipio de Ituango.

La Formación Barroso está constituida por derrames lávicos basálticos y andesíticos, intercalados con tobas, aglomerados, tufas y paquetes sedimentarios de chert, lodolitas, limolitas y grauwacas que por lo general reposan discordantes sobre las rocas volcánicas de la Formación Barroso. Algunos autores han descrito diabasas para esta unidad (Álvarez y González, 1978; Mejía y Salazar, 1989; Geoestudios, 2005). Es objeto del presente trabajo identificar que las diabasas corresponden a otra unidad y son el basamento de la Cordillera Occidental, las cuales se denominan Diabasas de San José de Urama, sumando a esta unidad las lavas almohadilladas (pillow lavas) con texturas “diabásicas”, con clara diferencia petrográfica y química que las aparta de las rocas que conforman la Formación Barroso. El intenso fallamiento de la unidad causado por el Sistema de Fallas de Romeral, junto a la similitud macroscópica de las diabasas y basaltos almohadillados, con los basaltos porfídicos y amigdalares, ha sido un problema en la interpretación de los datos en la cartografía regional, ya que ese

momento no se contaba con el soporte de datos que permitiera la comprensión de dicho problema.

Los basaltos y andesitas de la Formación Barroso presentan textura porfídica con fenocristales de plagioclasa y clinopiroxeno, en una matriz microcristalina a hialocristalina microlítica localmente con amígdalas. Las andesitas son porfídicas y están compuestas principalmente de plagioclasa ( $An_{40-50}$ ), y en menor proporción, anfíbol y piroxeno. Las tobas y aglomerados tienen fragmentos de vulcanitas máficas de diferente tamaño y textura, se han clasificado como tobas líticas y subordinadas litocristalinas y vitreocristalinas. En general, las rocas presentan alteración a minerales secundarios como clorita, epidota, anfíbol uralítico, calcita, saussurita y sericita (Figura 2).

El vulcanismo representado por la Formación Barroso ocurrió en un ambiente marino, con intercalaciones delgadas de chert y limolitas silíceas (Álvarez y González, 1978, Hall *et al.*, 1972; Mejía y Salazar, 1989). Las sedimentitas ocurren como capas intercaladas con los basaltos y en paquetes de areniscas líticas, conglomerados con guijos de vulcanitas, limolitas, lodolitas silíceas y chert (Hall *et al.*, 1972; Álvarez y González, 1978; Mejía y Salazar, 1989), que reposan discordantes sobre las rocas volcánicas, son de colores negro y gris oscuro, dispuestas en capas delgadas tabulares con laminación fina y orientadas N-S. Asociado al vulcanismo se formaron cuerpos plutónicos como el Batolito de Sabanalarga, la Tonalita de Buriticá y algunos cuerpos menores de gabros (Rodríguez *et al.*, en imprenta).



**Figura 2.** Aspecto microscópico de basaltos, andesitas y tobas de la Formación Barroso. a) LM-199 Basalto; b) VR-269 Andesita; c) ER-236 Toba lítica y; d) GR-209 Basalto.

#### 4.2. DIABASAS DE SAN JOSÉ DE URAMA.

Nombre propuesto por Mejía y Salazar (1989) que la agruparon como parte de la Formación Barroso; denominada por González y Londoño (2003) como Basaltos de La Clara – río Calle y descritas por Rodríguez *et al.* (2010) como Diabasas y basaltos

del Barroso. En este trabajo se retoma la primera denominación y se considera que las Diabasas de San José de Urama no son parte de la Formación Barroso, sino que corresponde a una unidad diferente constituida por diabasas y basaltos almohadillados (pillow lavas) con texturas ofíticas, subofíticas, intergranulares e intersectales, que no hacen parte de esta unidad las



rocas pórfidicas, amigdalares, vacuolares o piroclásticas que no posean texturas “*diabásicas*”. La unidad se restringe a las rocas que poseen estas características y que afloran entre la Falla Cauca – Almaguer y la Falla Dabeiba – Pueblo Rico, en el Segmento Norte de la Cordillera Occidental (Zapata y Rodríguez, 2012; Rodríguez y Zapata, en imprenta), cuya sección tipo son los afloramientos de los diversos bloques tectónicos que se encuentran en la vía a Urabá entre Frontino y Dabeiba, en el Departamento de Antioquia y como sección alternativa esta la vía entre el municipio de Anza y el corregimiento de Wintar con una buena secuencia de pillow lavas.

Las Diabasas de San José de Urama afloran en los flancos occidental y oriental de la Cordillera Occidental. En el flanco occidental de la Cordillera Occidental, al oriente de la Falla Dabeiba – Pueblo Rico, ocurren a manera de bloques tectónicos orientados en dirección N-S, forman fajas lenticulares de diabasas deformadas limitadas por fallas de alto ángulo, normales e inversas con componente de rumbo, con adelgazamientos y engrosamientos locales, intercaladas tectónicamente con bloques de chert – calizas y litoarenitas – lodolitas que fueron denominadas por Álvarez y González (1978), como los miembros Urrao y Nutibara de la Formación Penderisco y por Rodríguez *et al.* (2010) como Chert y Calizas de Nutibara y Litoarenitas, Limolitas y Lodolitas de Urrao. En el flanco oriental aparecen las Diabasas de San José de Urama junto a las vulcanitas y sedimentitas de la Formación Barroso, ocurre como lavas almohadilladas y diabasas, están intruidas por plutones de edad cretácico superior (Batolito de Sabanalarga, Tonalita de Buriticá y cuerpos de gabbro) y son atravesados por diques porfídicos de basaltos y andesitas (Figura 1).

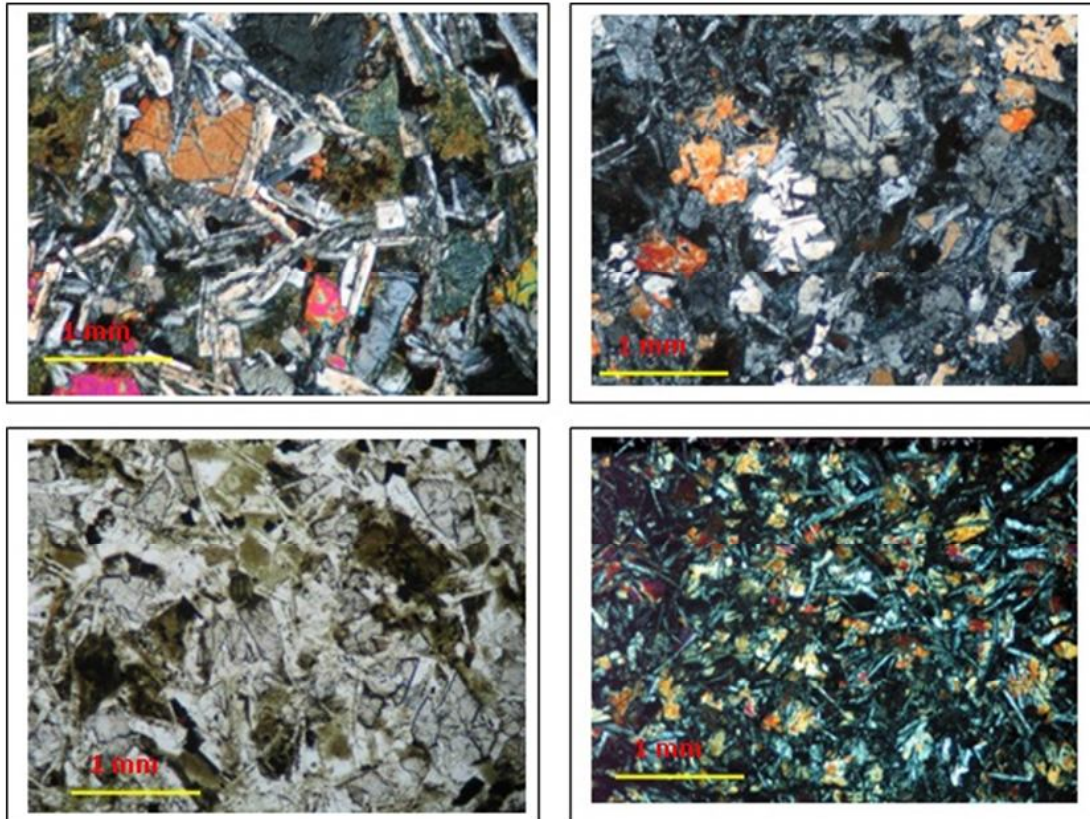
Los cuerpos están constituidos por diabasas y basaltos almohadillados con texturas “*diabásicas*”; las rocas son de color gris y gris verdoso, masivas, faneríticas muy finas a afaníticas compuestas por cristales de plagioclasa menores de 1 mm de color verde claro y piroxeno; predomina la plagioclasa sobre el piroxeno, como accesorios presentan esfena y localmente sulfuros como pirita y pirrotina diseminados en contenidos menores al 1%.

Las diabasas y basaltos almohadillados presentan texturas intergranular (subofítica), intersertal y ofítica,

las rocas afaníticas presentan texturas subofíticas hasta variolíticas. Los minerales principales corresponden a plagioclasa generalmente espilitizada y clinopiroxeno de tipo augita-pigeonita junto con clorita y palagonita intersertal producto de alteración del vidrio o como relleno de vacuolas; como accesorio frecuente se encuentra esfena. La composición y la textura no cambian de un bloque tectónico a otro, además, presentan uniformidad composicional y textural, es decir, las variedades de roca y las texturas son uniformes a grandes rasgos a lo largo de los cuerpos de diabasas y basaltos almohadillados (Figura 3), lo que no ocurre con las rocas de la Formación Barroso.

La plagioclasa generalmente ocurre como cristales euhedrales y subhedrales con hábito tabular y disposición entrecruzada con piroxeno entre los cristales de plagioclasa y vidrio alterado a clorita o palagonita intersertal, se encuentran maclados según Carlsbad, albita-Carlsbad y menos frecuente albita, generalmente están espilitizadas con avanzada alteración a saussurita, desarrollo secundario de clorita de color verde y agregados de minerales del grupo de la epidota a lo largo de las maclas y clivaje de los cristales. En algunas rocas la alteración ha borrado completamente las características ópticas de la plagioclasa y solo se reconoce la forma tabular larga de los cristales, y ha sido reemplazada por agregados finos de color pardo que la oscurecen, generalmente con formación de epidota, clorita y sericita secundaria. El relieve puede ser menor al del bálsamo por espilitización pero se conserva la alteración a saussurita. El porcentaje promedio de plagioclasa en la roca varía entre 40 y 60%, siendo el mineral más abundante seguido por el piroxeno.

El piroxeno corresponde a augita-pigeonita, se presenta en cristales euhedrales a anhedrales generalmente intergranulares entre la red de plagioclasas o como cristales gruesos con inclusiones de plagioclasa tabular y textura ofítica poiquilítica, son incoloros a ligeramente pardos en los bordes de los cristales por alteración y uralitización, tienen birrefringencia de la parte media y superior de segundo orden, los planos de clivaje están mal desarrollados y el ángulo de extinción varía entre 41 y 46°. El contenido promedio de piroxeno es del orden de 25 a 40%, pero puede haber rocas con mayor o menor contenido.



**Figura 3.** Aspecto microscópico de las diabasas y basaltos almohadillados de la unidad Diabasas de San José de Urama.

La esfena se presenta en agregados anhedrales de menor tamaño que la plagioclasa y el piroxeno, de color pardo sucio, relieve alto, intergranular, algunos en agregados finos con hábito esquelético, el color del mineral enmascara el color de birrefringencia y puede o no estar presente en la roca.

La clorita se presenta intergranular entre la red de cristales de plagioclasa y piroxeno, es de color verde y birrefringencia gris del primer orden a azul Berlín anómalo, rellena los espacios intergranulares a manera de agregados micáceos finos, posiblemente se forma por alteración de vidrio entre la red de cristales de plagioclasa y piroxeno, forma agregados escamosos complejos con inclusiones de agregados de esfena.

## 5. GEOQUIMICA

Restrepo y Toussaint (1976) consideraron que las rocas volcánicas, piroclásticas y algunos cuerpos de gabro que afloran en el borde oriental de la Cordillera Occidental conformaban un arco volcánico que denominaron Arco de Altamira, posteriormente Álvarez y González (1978)

interpretaron la Formación Barroso como un arco formado por subducción con un cinturón tonalítico asociado localizado en la Cordillera Central. Trabajos más recientes adelantados por Geostudios (2005) para INGEOMINAS diferenciaron dos tipos de rocas dentro de la Formación Barroso con tendencias geoquímicas diferentes que denominaron “Barroso I” y “Barroso II” interpretando los resultados como rocas complementarias y describiendo lo siguiente: “El Barroso I cae preferencialmente en el campo de los P-MORB (Plateau), mientras que el Barroso II tiende a caer en el campo de los N-MORB y en los de rocas asociadas a márgenes destructivos (i.e. subducción). Además describen que los dos grupos de muestras generan un tren continuo, comprendiendo desde basaltos N-MORB hasta basaltos asociados a márgenes destructivos de placa (arco volcánico)”; concluyen que los dos tipos de rocas se dan mezcladas, y que no es posible proponer que el comportamiento geoquímico corresponda a dos dominios tectónicos o temporales aislados que se puedan diferenciar, situación que es parcialmente cierta, pues donde aflora La Formación Barroso hay cuerpos de diabasas y basaltos almohadillados que no han sido diferenciados en los trabajos regionales, pero

son factibles de ser cartografiados y separados. Además, hacia el occidente de la Cordillera Occidental los bloques tectónicos son de diabasas intercaladas con bloques de chert-calizas y litoarenitas-lodolitas con una impronta geoquímica a un origen mantélico de tipo T-MORB (Rodríguez *et al.*, 2010).

Rodríguez *et al.* (2010), realizan análisis litogeoquímicos en rocas de la unidad de Diabasas de San José de Urama localizadas en los bloques que afloran entre Frontino y Dabeiba, los cuales denominan “*Diabasas y basaltos del Barroso*”. Fueron consideradas como rocas dentro de una serie toleítica subalcalina baja a media en K, con un patrón plano de las REE que indica bajo fraccionamiento y un comportamiento geoquímico de basaltos asociados a un origen mantélico de tipo MORB, indicando que las muestras tienen patrones similares a los de un manto tipo N-MORB y E-MORB en los diagramas discriminantes de ambiente tectónico.

En este trabajo se realizó una separación de los análisis litogeoquímicos existentes en el proyectos Cauca – Romeral (Geoestudios - Ingeominas, 2005) y parte del proyecto Cordillera Occidental (Rodríguez *et al.*, 2010), considerando el tipo de roca, es decir, se separaron las diabasas y basaltos almohadillados con texturas generales “*diabásicas*” (Diabasas de San José de Urama), de los basaltos porfídicos, basaltos amigdalares, aglomerados y tobas (Formación Barrosos) y se analizaron considerando la localización espacial de los cuerpos. Bajo este criterio se analizaron las diferencias químicas de las dos unidades, aunque al oriente contra la Falla Cauca – Almaguer, las dos unidades se presentan juntas (Formación Barroso y Diabasas de San José de Urama), se muestra la posición estructural con respecto a los sistemas de fallas en el Segmento Norte de la Cordillera Occidental (Figura 1). En las Tablas 1 y 2 se muestran los valores de óxidos mayores para las dos unidades.

Tabla 1. Elementos mayores Formación Barroso.

FORMACIÓN BARROSO																		
Muestra	Roca	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ni	Sc	LOI	TOT/C	TOT/S	SUM
ER204R	Andesita *	56.62	17.22	9.02	5.84	1.51	5.22	0.21	0.4	0.06	0.12	0.002	8	28	3.8	0.01	0.01	100.03
ER227R	Basalto porfídico	51.54	16.05	10.61	5.75	9.88	1.67	0.52	0.62	0.14	0.18	0.009	24	32	3	0.11	0.01	99.98
ER236R	Toba	58.37	12.79	7.73	7.45	4.66	4.31	0.34	0.38	0.06	0.12	0.057	149	22	3.7	0.07	0.01	99.99
ER249R	Toba*	50.75	18.31	8.13	6.53	13.47	0.13	0.32	0.38	0.06	0.14	0.032	86	27	1.6	0.57	0.02	99.87
ER259R	Diabasa	49.68	14.25	10.97	8.2	12.45	1.55	0.04	0.89	0.06	0.16	0.05	129	43	1.7	0.06	0.06	100.01
ER294R	Andesita	54.68	14.9	8.53	6.24	5.1	5.72	0.08	0.56	0.07	0.11	0.024	51	28	4	0.06	0.01	100.03
GR162R	Basalto deutérico	52.87	15.25	12.91	5.12	5.95	3.07	1.09	0.66	0.23	0.12	0.004	39	31	2.6	0.01	0.01	99.89
GR209R	Basalto porfídico	49.13	11.27	10.31	11.05	10.15	3.29	0.04	0.35	0.07	0.16	0.097	139	40	4.1	0.21	0.26	100.03
JD167R	Toba	56.9	16.26	8.58	3.24	3.71	3.38	3.72	0.65	0.26	0.15	0.002	5	23	2.7	0.18	0.08	99.55
JD170R	Basalto*	50.59	12.8	13.14	6.25	9.71	3.45	0.04	1.16	0.09	0.2	0.01	58	42	2.6	0.02	0.12	100.02
JD173R	Basalto*	47.72	15.14	11.24	9.29	12.41	1.56	0.43	0.52	0.08	0.18	0.051	87	45	1.2	0.04	0.16	99.84
LM163R1	Toba	54.56	15.56	10.53	3.87	4.79	5.28	1.17	0.82	0.31	0.12	0.002	20	24	2.8	0.04	0.04	99.82
LM177R	Basalto*	52.25	18.3	9.75	4.19	9.37	2.42	0.97	0.56	0.17	0.1	0.006	40	27	1.7	0.01	0.01	99.79
LM182R	Andesita*	52.03	13.19	9.82	10.95	8.12	1.28	0.04	0.3	0.03	0.2	0.103	177	29	3.8	0.06	0.02	99.88
LM199R	Basalto porfídico	52.43	17.23	9.9	5.36	9.98	1.75	0.56	0.41	0.11	0.15	0.011	20	34	1.9	0.09	0.04	99.8
MR147R	Basalto*	53.54	15.58	11.08	4.16	9.59	1.23	0.16	0.82	0.31	0.25	0.003	22	25	3.1	0.05	0.02	99.83
MR230R	Toba	49.15	14.08	11.12	8.97	12.32	1.8	0.09	0.92	0.08	0.17	0.058	132	41	1.1	0.01	0.01	99.87
MR273R	Toba	57.22	14.57	8.59	5.46	3.89	5.92	0.13	0.73	0.1	0.12	0.034	59	26	3.1	0.1	0.04	99.87
MR282R	Basalto	49.86	16.3	9.58	7.73	9.32	1.84	0.49	0.68	0.2	0.11	0.024	76	27	3.7	0.07	0.01	99.85
VR269R	Andesita	56.14	15.61	8.85	4.44	4.35	5.83	0.39	0.45	0.08	0.14	0.008	38	25	3.6	0.17	0.06	99.89
VR285R	Basalto	52.83	14.04	9.03	8.64	8.52	2.25	0.04	0.61	0.18	0.15	0.055	145	29	3.6	0.07	0.04	99.97
VR342R	Basalto?*	47.47	17.03	10.92	8.24	5.35	1.56	0.62	0.74	0.15	0.08	0.01	43	30	7.8	0.02	0.1	99.98
VR362R	Basalto*	50.05	14.16	10.75	8.52	12.91	1.72	0.04	0.98	0.06	0.16	0.052	125	44	0.6	0.01	0.05	100.01
VR369R	Basalto*	49.74	13.49	10	8.32	11.92	2.21	0.09	0.94	0.08	0.15	0.055	128	41	3	0.03	0.01	100.02
VR411R	Toba lítica	53.86	14.81	11.08	4.29	5.67	5.46	0.6	0.77	0.28	0.14	0.003	18	27	2.9	0.13	0.52	99.86
VR430R	Dacita	69.68	13.65	5.25	1.93	1.86	5.14	0.08	0.3	0.09	0.13	0.001	5	16	1.9	0.01	0.01	100.01

\* Clasificación de campo



**Tabla 2.** Elementos mayores Diabasas de San Jose de Urama.

DIABASAS DE SAN JOSE DE URAMA														
Muestra	roca	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	LOI	SUM
ER201R	Basalto*	49.76	13.16	13.48	5.91	9.32	3.88	0.04	1.24	0.08	0.2	0.008	2.8	99.86
JD208R	Basalto*	49.96	14.22	10.32	8.81	12.56	1.54	0.07	0.98	0.08	0.15	0.061	1.1	99.87
LM130R	Microdiorita*	43.6	13.03	17.96	8.73	10.3	0.74	0.31	1.24	0.06	0.21	0.01	3.6	99.8
LM236R	Andesita *	56.4	14.98	9.39	6.28	6.85	3.43	0.22	0.65	0.07	0.15	0.031	1.4	99.86
LM244R	diabasa con Qz	51	14.21	9.73	9.9	9.45	1.34	0.38	0.39	0.06	0.13	0.063	3.3	99.98
ER121R	Picrobasalto	51.09	13.41	11.39	7.67	11.45	1.91	0.05	0.95	0.06	0.18	0.031	1.8	100
ER246R	Diabasa	49.47	13.53	13.46	7.86	8.51	2.25	0.16	1.22	0.09	0.2	0.011	3.2	99.97
JD195R	Diabasa espilitizada	49.68	14.19	10.73	8.59	12.17	1.62	0.21	0.96	0.08	0.17	0.052	1.4	99.87
JD201R	basalto (arco')	49.74	13.98	10.51	8.87	12.25	1.77	0.11	0.92	0.09	0.16	0.059	1.4	99.88
JD253R	Diabasa	46.29	11.54	13.42	12.78	9.37	1.01	0.04	0.85	0.05	0.19	0.032	4.4	100
JD254R	Diabasa	48.74	13.82	10.81	8.56	10.51	3.12	0.15	0.91	0.06	0.16	0.051	3.1	100
MR213R	Diabasa	48.44	14.46	10.73	8.8	12.5	1.81	0.05	0.87	0.07	0.17	0.058	1.9	99.88
VR364R	basalto	49.59	14.35	10.58	8.65	13.2	1.51	0.11	0.99	0.08	0.16	0.064	0.7	100
VR386R	basalto	48.75	14.31	10.29	8.9	12.47	1.74	0.12	0.84	0.06	0.16	0.063	2.3	100
MR219R	Microgabro*	49.65	14.26	8.9	8.7	12.36	2.66	0.18	0.83	0.07	0.12	0.054	2.2	100
MR272R2	Gabro*	49.2	10.15	11.45	12.2	12.36	1.49	0.21	0.54	0.08	0.2	0.072	1.9	99.88
ER246R	Basalto	49.47	13.53	13.46	7.86	8.51	2.25	0.16	1.22	0.09	0.2	0.011	3.2	99.97
JD201R	Basalto deuterico	49.74	13.98	10.51	8.87	12.25	1.77	0.11	0.92	0.09	0.16	0.059	1.4	99.88
JD208R	Diabasa*	49.96	14.22	10.32	8.81	12.56	1.54	0.07	0.98	0.08	0.15	0.061	1.1	99.87
LM130R	Microdiorita*	43.6	13.03	17.96	8.73	10.3	0.74	0.31	1.24	0.06	0.21	0.01	3.6	99.8
MR210R	Diabasa	50.5	14.04	11.38	7.85	11.53	1.9	0.11	0.96	0.07	0.17	0.034	1.3	99.86
VR364R	Basalto	49.59	14.35	10.58	8.65	13.2	1.51	0.11	0.99	0.08	0.16	0.064	0.7	100
VR369R	Basalto*	49.74	13.49	10	8.32	11.92	2.21	0.09	0.94	0.08	0.15	0.055	3	100
VR386R	Basalto	48.75	14.31	10.29	8.9	12.47	1.74	0.12	0.84	0.06	0.16	0.063	2.3	100
700114	Diabasa	49.27	14.66	11.89	7.54	10.62	2.31	0.38	1.301	0.14	0.194		2.66	101
700068	Diabasa	45.35	13.81	12.22	9.2	11.51	1.97	0.07	1.234	0.11	0.141		4.59	100.2
6659	Diabasa	44.56	16.31	10.44	10.75	10.14	1.97	0.07	0.598	0.03	0.159		4.47	99.49
700075	Diabasa	47.5	14.27	10.64	9.73	11.43	1.82	0.16	1.04	0.08	0.172		3.08	99.93
706396	Diabasa	45.35	15.78	10.83	9.53	11.56	2.06	0.61	0.699	0.12	0.16		3.19	99.9
706397	Diabasa	45.88	13.48	14.38	7.8	8.36	3.14	0.05	1.785	0.15	0.147		4.43	99.61
706398	Diabasa	54.97	12.79	13.41	3.45	4.76	3.57	0.39	1.812	0.27	0.146		3.15	98.71
706399	Diabasa	49.04	15.04	10.42	9.05	9.51	2.23	0.49	0.871	0.12	0.146		3.33	100.3
706400	Diabasa	47.8	14.27	11.26	8.04	11.47	2.48	0.38	1.359	0.12	0.179		3.47	100.8
174959	Diabasa	48.26	15.38	9.87	8.84	11.9	1.8	0.16	1.165	0.1	0.14		3.05	100.7
706409	Diabasa	48.02	15.39	10.16	8.74	12.78	1.7	0.04	1.077	0.09	0.162		2.45	100.6
700019	Diabasa	48	14.66	11.12	8.73	12.2	1.8	0.11	1.064	0.09	0.149		2.86	100.8
706410	Diabasa	50.31	12.85	12.93	7.83	10.07	2.03	0.47	0.935	0.09	0.195		2.83	100.5
706411	Diabasa	47.66	15.8	10.17	8.97	11.08	2.41	0.21	1.037	0.09	0.172		3.36	101

\*clasificación de campo

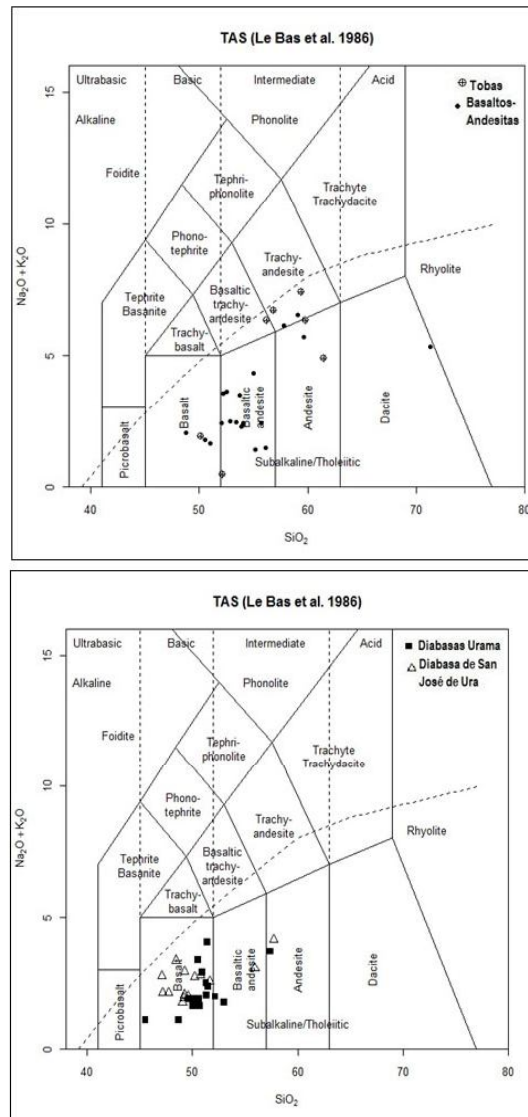
En el diagrama TAS (Le Bas *et al.*, 1986) las muestras de la Formación Barroso se distribuyen en los campos de los basaltos, andesitas basálticas y andesitas, mostrando dispersión en la clasificación de las rocas y un contenido de SiO<sub>2</sub> más amplio que en las Diabasas de San José de Urama, donde la mayoría de muestras de esta última unidad litológica se localizan en el campo de los basaltos, tanto para las diabasas y basaltos almohadillados que se presentan junto a rocas de la Formación Barroso como para los cuerpos de diabasa

que afloran al occidente, con una menor variación del contenido de SiO<sub>2</sub>, con dos muestras que corresponden a andesitas (706398 y LM-236) (Figura 4). Las dos unidades grafican en el campo de las series subalcalinas de afinidad toleítica.

En el diagrama de Peccerillo & Taylor (1976), se aprecia que los basaltos, andesitas y tobas de la Formación Barroso caen dentro de las series toleíticas y calco alcalinas medias en K, mientras las Diabasas de

San José de Urama se localizan en su mayoría dentro de las series toleíticas con una clara agrupación de las rocas en los alrededores de 50% wt de  $\text{SiO}_2$ . No hay diferencia

entre las diabasas y basaltos almohadillados que afloran al oriente junto a basaltos de la Formación Barroso y las diabasas que afloran al occidente (Figura 5).



**Figura 4.** Diagrama TAS (LeMaitre, *et al.*, 1989). a) rocas volcánicas de la Formación Barroso; b) Rocas de la unidad Diabasas de San José de Urama.

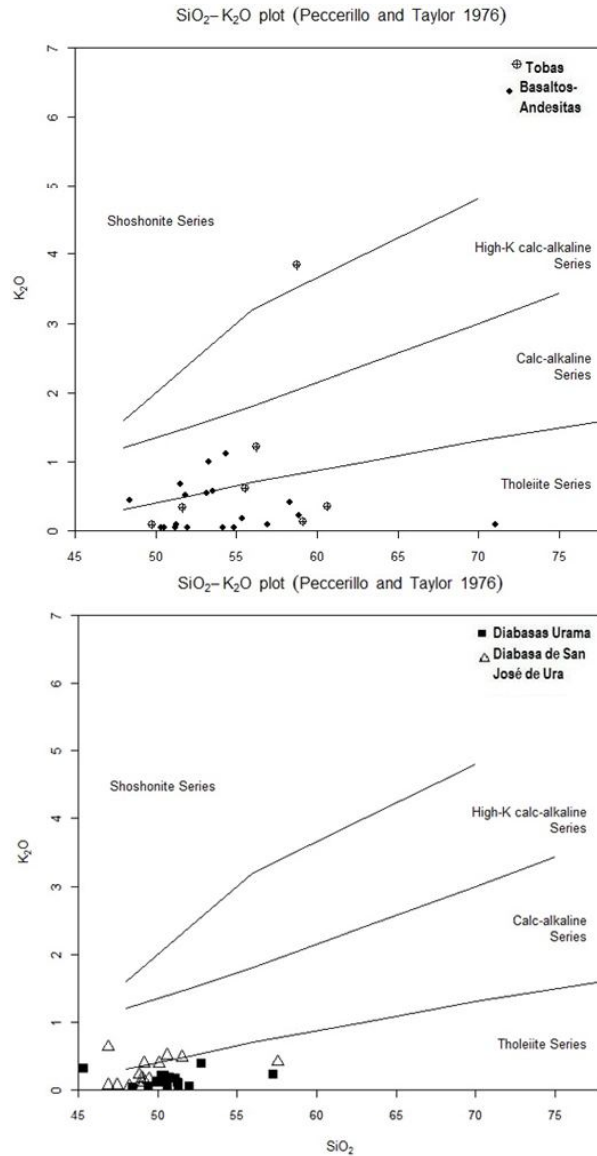
En el diagrama AFM (Irvine y Baragar, 1971) las muestras de la Formación Barroso se distribuyen tanto en el campo de las rocas calcoalcalinas como en las toleíticas, mostrando que las tobas son, en su mayoría, de la serie calcoalcalina con mayores valores de  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  y menor contenido de  $\text{FeO}$  que las lavas porfídicas, mientras los basaltos y andesitas basálticas tienen mayor afinidad con la serie toleítica con algunas muestras en el campo calcoalcalino (Figura 6). Las Diabasas de San

José de Urama se localizan en las series toleíticas poco diferenciadas con bajo contenido de álcalis, donde las muestras de diabasas y pillow lavas que aparecen junto a los basaltos de la Formación Barroso se disponen igual que los cuerpos de diabasas que afloran hacia el occidente (Figura 6).

Comparando los contenidos de óxidos mayores en ambas unidades, se puede concluir que los basaltos

de la Formación Barroso presentan valores más altos de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{K}_2\text{O}$  y más bajos en  $\text{TiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que las Diabasas de San José de Urama, para el resto de óxidos

los contenidos son similares en las dos unidades litológicas.



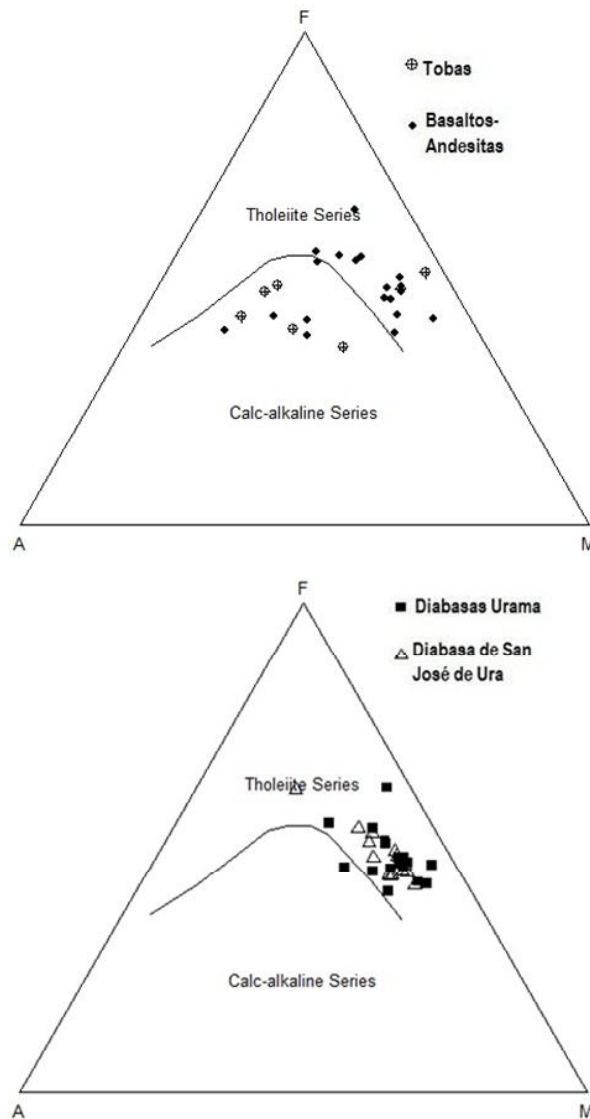
**Figura 5.** Diagrama de Peccerillo & Taylor (1976). a) rocas volcánicas de la Formación Barroso; b) Rocas de la unidad Diabasas de San José de Urama.

En el diagrama AFM (Irvine y Baragar, 1971) las muestras de la Formación Barroso se distribuyen tanto en el campo de las rocas calcoalcalinas como en las toleíticas, mostrando que las tobas son, en su mayoría, de la serie calcoalcalina con mayores valores de  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  y menor contenido de  $\text{FeO}$  que las lavas porfídicas, mientras los basaltos y andesitas basálticas tienen mayor afinidad con la serie toleítica con algunas

muestras en el campo calcoalcalino (Figura 6). Las Diabasas de San José de Urama se localizan en las series toleíticas poco diferenciadas con bajo contenido de álcalis, donde las muestras de diabasas y pillow lavas que aparecen junto a los basaltos de la Formación Barroso se disponen igual que los cuerpos de diabasas que afloran hacia el occidente (Figura 6).

Comparando los contenidos de óxidos mayores en ambas unidades, se puede concluir que los basaltos de la Formación Barroso presentan valores más altos de  $\text{SiO}_2$

y  $\text{K}_2\text{O}$  y más bajos en  $\text{TiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que las Diabasas de San José de Urama, para el resto de óxidos los contenidos son similares en las dos unidades litológicas.



**Figura 6.** Diagrama AFM según Irvine y Baragar (1971). a) para rocas de la Formación Barroso y; b) Diabasas de San José de Urama.

En las Tablas 3 y 4 se presentan los valores de elementos traza y tierras raras de la Formación Barroso y de las Diabasas de San José de Urama. Al analizar los contenidos de La y Nb de ambas unidades encontramos que la Formación Barroso presenta valores de Nb entre 0.6 ppm y 4 ppm, teniendo el 87 % de las muestras valores  $\text{Nb} < 3$  ppm y los valores de La entre 1.4 ppm y 4.4 ppm, con relaciones La/Nb entre 0.35 y 0.8 y Nb/Y entre 0.07 y 0.24.

Las Diabasas de San José de Urama presentan contenidos de Nb entre 0.6 ppm y 4.4 ppm, con el 89% de las muestras localizadas en el rango de valores entre 2.1 ppm y 4.4 ppm, los valores de La varían entre 1.24 ppm y 4.26 ppm, con relaciones La/Nb entre 0.8 y 1.1 y Nb/Y entre 0.12 y 0.23, mostrando mayores valores de La/Nb que la Formación Barroso, pero en general con contenidos de Nb y La similares.



**Tabla 3. Elementos traza Formación Barroso.**

Muestra	Roca	Ni	Sc	Ba	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	Au	Hg	Tl	Se		
LM182R	Andesita*	177	29	88.8	0	45.7	0	10.7	0.8	1.2	0.5	111	0	0.2	0	169	0.3	22.4	5.6	1.8	4.1	0.48	2.5	0.8	0.3	0.85	0.15	0.96	0.19	0.66	0.09	0.62	0.11	0.4	56.9	0.4	83	140	0	0	0	0
VR268R	Andesita	38	25	118	0	24.4	0	14.3	1.1	1.8	2.9	111	0.1	0.6	0.1	137	1.2	38.5	9.9	3.2	7.8	1.02	5.5	1.2	0.43	0.28	1.64	0.35	1.06	0.16	1.03	0.17	0.4	50.3	0.6	81	258	1.8	0	0	0	
ER204R	Andesita	8	28	72.2	0	23.1	0.1	15.4	1.1	1.6	2.9	159	0.1	0.2	0.1	216	0.3	32.2	8	3.1	6.2	0.85	3.8	1.1	0.4	1.27	0.22	1.28	0.3	0.85	0.15	0.96	0.14	0.33	0.4	79	121	1.2	0	0	0	
ER294R	Andesita	51	28	63	0	29	0.4	14.3	1.4	2.6	2.4	96.1	0.2	0.4	0.2	211	0.2	42	12	3.8	8.3	1.17	4.8	1.5	0.98	1.8	0.31	2.02	0.41	1.22	0.2	1.22	0.21	0.5	62.6	1.2	60	405	0	0	0	
ER247R	Basalto	58	42	15	0	44.4	0	16.2	1.6	3.9	0	23.8	0.3	0.3	0.1	383	0.8	59.3	28	3.3	9.1	1.45	7.9	2.5	0.91	3.98	0.71	4.64	0.99	3.09	0.47	2.76	0.42	0.3	175	0.2	80	361	4.1	0.01	0	0.6
JD173R	Basalto*	87	45	58.5	1	42.2	1.2	13.7	0.5	0.7	28.7	180	0	0.4	0	290	1.6	14.2	9.5	1.4	3.6	0.63	4	1.2	0.41	1.42	0.26	1.5	0.35	1.09	0.17	0.85	0.14	2.1	371	0.8	24	278	4.1	0	0.1	0
LM177R	Basalto*	40	27	58.4	1	30.7	0.3	15.6	1.4	1.4	9.4	391	0	0.4	0.1	283	0.3	29.1	12	2.8	6.8	1.03	5.1	1.6	0.59	1.79	0.33	2.06	0.43	1.29	0.19	1.28	0.17	0.7	41.7	0.9	44	163	1.6	0	0	
VR362R	Basalto*	125	44	17.5	1	38.8	0	15.6	1.5	3	0	101	0.2	0.4	0.1	303	0.2	44.7	19	2.9	7.7	1.16	6.5	1.9	0.81	2.81	0.56	3.37	0.7	2.19	0.33	2.02	0.35	0.2	113	0	28	22	3.7	0.01	0	
VR268R	Basalto	145	29	209	1	35.5	0	14.9	1.3	3	0.7	326	0.2	0.5	0.3	236	0.3	38.7	12	6.3	13.3	1.86	8.8	1.9	0.71	2.17	0.39	2.27	0.44	1.27	0.19	1.22	0.17	0.6	86.9	0.2	51	104	1.7	0	0	
ER234R	Basalto	51	28	63	0	29	0.4	14.3	1.4	2.6	2.4	96.1	0.2	0.4	0.2	211	0.2	42	12	3.8	8.3	1.17	4.8	1.5	0.98	1.8	0.31	2.02	0.41	1.22	0.2	1.22	0.21	0.5	62.6	1.2	60	405	0	0	0	
MR262R	Basalto	76	27	129	0	33	0.3	15.7	1.3	3.9	7.9	317	0.3	0.5	0.2	217	0.1	40.1	15	4.1	10.8	1.47	7	2.1	0.79	2.26	0.39	2.38	0.52	1.62	0.23	1.65	0.22	0.3	104	0.7	61	639	1.8	0.01	0	0.5
GR162R	basalto deutero	39	31	77.5	0	35.7	0.2	15.4	1.1	1.7	10.2	462	0.1	0.5	0.2	341	0	36.8	14	3.6	9.1	1.37	7	2	0.71	2.26	0.42	2.52	0.47	1.43	0.25	1.44	0.22	0.2	123	1.1	79	11	2.6	0	0	
ER227R	Basalto porfido	24	32	163	0	34.3	0.3	15.2	0.8	1.3	9.6	498	0	0.3	0.7	292	0.4	25.6	15	2.7	6.5	1.04	5.9	1.8	0.66	2.21	0.39	2.39	0.53	1.58	0.26	1.53	0.26	0.2	79	0.7	57	194	0	0	0	
LM198R	Basalto porfido	20	34	54.5	1	32.7	0.1	12.6	0.6	0.7	6	292	0	0	0	243	0	16.2	9	1.7	4.3	0.64	3.5	1	0.37	1.33	0.23	1.5	0.29	0.95	0.14	0.83	0.15	0.2	82.2	0.4	44	104	1.6	0	0	
GR203R	Basalto porfido	139	40	35.7	0	50.8	0.1	10.3	0	0.6	0.5	76.8	0	0.1	0.1	220	0.6	13.3	7.8	1.5	3.5	0.53	2.8	0.8	0.38	1.18	0.2	1.29	0.29	0.85	0.13	0.8	0.13	0.6	61	0.8	50	101	3.4	0	0	
ER227R	Basalto porfido	24	32	163	0	34.3	0.3	15.2	0.8	1.3	9.6	498	0	0.3	0.7	292	0.4	25.6	15	2.7	6.5	1.04	5.9	1.8	0.66	2.21	0.39	2.39	0.53	1.58	0.26	1.53	0.26	0.2	79	0.7	57	194	0	0	0	
ER227R	Basalto porfido	24	32	163	0	34.3	0.3	15.2	0.8	1.3	9.6	498	0	0.3	0.7	292	0.4	25.6	15	2.7	6.5	1.04	5.9	1.8	0.66	2.21	0.39	2.39	0.53	1.58	0.26	1.53	0.26	0.2	79	0.7	57	194	0	0	0	
VR430R	Dacita	5	16	62	1	7.3	0	12.3	1.9	2.7	1.6	125	0.2	0.8	0.3	49	0.2	56.4	12	4.3	10	1.36	6.2	1.7	0.53	2.04	0.36	1.97	0.44	1.25	0.21	1.53	0.2	0.8	2.8	0.2	70	1.1	1.5	0.01	0	
MR147R	Diabasa*	22	25	44.8	0	46.4	0.3	15.8	1.5	2.6	0.7	85.3	0.2	0.4	0	323	0	39.5	21	2.6	6.8	1.02	5.8	2	0.75	2.82	0.47	3.27	0.7	2.14	0.33	2.05	0.3	0.7	123	0.2	42	48	2.4	0	0	
ER268R	Diabasa	129	43	14.9	0	46.4	0.3	15.8	1.5	2.6	0.7	85.3	0.2	0.4	0	323	0	39.5	21	2.6	6.8	1.02	5.8	2	0.75	2.82	0.47	3.27	0.7	2.14	0.33	2.05	0.3	0.7	123	0.2	42	48	2.4	0	0	
VR342R	Diabasa*	43	30	188	0	31	0	16.2	0.9	1.8	7.5	199	0.1	0.3	0	242	0.3	24.3	15	2	5.6	0.91	4.7	1.5	0.63	2.3	0.41	2.47	0.52	1.55	0.25	1.51	0.24	0.3	106	0.5	83	371	1.9	0.01	0	
ER249R	Toba*	86	27	91.5	0	32.4	0.4	15.4	1.7	1.9	11	229	0.1	0.3	0.2	174	0.1	45	7.9	3.4	6.2	0.89	3.5	1.1	0.46	1.41	0.27	1.42	0.26	0.91	0.13	0.89	0.13	2.4	11.5	1	96	769	0	0	0.1	
ER236R	Toba	149	22	195	1	35.9	0.5	11.3	1.5	2.7	8.2	243	0.2	0.6	0.3	171	0.5	50.1	9.6	4	7.9	10.7	5.3	1.2	0.46	1.66	0.27	1.67	0.36	0.96	0.18	0.83	0.15	0.9	56.3	1.1	48	137	0	0	0	
JD167R	Toba	5	23	229	1	18.1	0.6	14.9	2.3	2.9	56.2	586	0.3	1.1	0.5	169	0.5	65.3	21	6.9	15.9	2.5	11.1	3.2	0.85	3.72	0.59	3.77	0.66	2.26	0.37	2.02	0.32	0.7	73.2	2.9	89	63	0	0.01	0.1	
LM163R1	Toba	20	24	410	0	25.5	0.3	15.5	1.5	1.8	14.6	103	0.2	0.5	0.3	352	0.2	41.7	17	4	10.7	14.9	7.3	2.3	0.86	2.71	0.41	2.96	0.66	1.83	0.35	1.58	0.27	0.6	164	1.1	69	196	2.3	0	0	
MR230R	Toba	132	41	35.6	1	40.3	0	14.6	1.4	3.5	1.8	99.2	0.3	0.3	0.1	285	0.2	39.9	17	3.5	8.6	1.27	5.7	1.9	0.74	2.42	0.47	2.92	0.57	1.92	0.27	1.74	0.24	0.7	92.3	0.8	50	354	4.4	0.01	0	
MR273R	Toba	59	26	51.3	0	26.5	0.3	12.5	1.8	3.4	2.1	123	0.3	0.7	0.3	218	0.5	57.9	16	5.1	11.5	14.6	7.1	2	0.78	2.51	0.46	2.77	0.55	1.71	0.25	1.51	0.23	0.2	107	0.9	69	571	3	0	0	
ER238R	Toba	149	22	195	1	35.9	0.5	11.3	1.5	2.7	8.2	243	0.2	0.6	0.3	171	0.5	50.1	9.6	4	7.9	10.7	5.3	1.2	0.46	1.66	0.27	1.67	0.36	0.96	0.18	0.83	0.15	0.9	56.3	1.1	48	137	0	0	0	
VR411R	Toba lica	18	27	167	0	29.8	0	15	1.5	2	7.3	52.4	0.1	0.6	0.3	286	0.2	43.3	17	4.9	11.4	1.69	8.5	2.3	0.9	2.82	0.52	3.08	0.58	1.85	0.27	1.63	0.29	1.1	162	0.7	33	12.4	0	0	0.7	

**Tabla 4. Elementos traza Diabasas de San Jose de Urama**

Muestra	roca	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Au	Tl	Sc	Ni	Cr	Ge	In
ER201R	Basalto*	26	0	43	0	21	1.9	3.9	0.6	0	73	0.3	0.4	0	469	0.3	60	30	4	9.7	1.5	7.9	2.8																				

Muestra	roca	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Au	Tl	Sr	Ni	Cr	Ge	In										
JD254R	Diabasa	46	0	44	0.2	14	1.4	2.3	3.2	0	131	0.2	0.2	0	321	0.4	35	18	2.2	5.6	1	4.5	1.6	0.7	2.4	0.5	3.1	0.7	2.2	0.3	1.6	0.3	0.1	142	0	55	73	0.9	8.6	0	43	124												
MR213R	Diabasa	15	0	45	0.4	14	1.1	2.7	1	0	107	0.2	0.1	0	311	0.7	37	19	2.5	6.8	1	5.3	1.8	0.8	2.5	0.5	2.9	0.6	2	0.3	1.9	0.3	0.1	115	0.3	44	45	0	3.1	0	43	126												
VR364R	basalto	27	0	42	0.6	14	1.4	4.4	1.3	0	112	0.3	0.5	0	299	0.1	46	19	4	9.5	1.4	6.9	1.9	0.8	2.7	0.5	3.1	0.7	2.1	0.3	1.8	0.3	0.6	133	0.1	27	45	0	4.2	0	43	145												
VR368R	basalto	33	0	41	0	13	1.1	3.3	2.3	0	107	0.3	0.3	0.1	283	0.1	38	16	2.7	7.2	1.1	5.7	1.6	0.7	2.2	0.4	2.6	0.6	1.7	0.3	1.5	0.3	0.5	37	0	31	47	0.6	5.7	0	42	137												
MR219R	Gabro*	55	0	37	0.3	14	1.1	2.3	2.5	0	139	0.1	0.3	0	297	1	34	17	2.4	6.4	1	4.9	1.6	0.7	2.4	0.5	2.8	0.6	1.7	0.3	1.8	0.3	0.2	28	0.2	13	31	0	1.3	0	41	117												
MR222R2	Gabro*	111	0	49	0	11	0.6	0.9	3.7	0	135	0	0.1	0.1	292	1.1	17	12	1.4	3.9	0.6	3.3	1.2	0.5	1.7	0.3	2.1	0.4	1.3	0.2	1.2	0.2	0.2	59	0.3	20	47	0	1.6	0	60	122												
EF246R	Basalto	22	0	49	0.3	18	1.9	3.7	3	0	290	0.3	0.3	0	450	0	57	29	3.7	9	1.5	8.9	2.5	1	3.7	0.7	4.3	1	3.1	0.5	2.9	0.4	0.3	165	0.3	84	41	0	3.1	0	46	68												
JD201R	Basalto	33	0	45	0.4	15	1.4	3.9	2.4	0	117	0.3	0.6	0	300	1.2	45	18	3.7	9	1.4	6.6	2	0.8	2.9	0.5	3.4	0.6	2	0.3	1.8	0.3	1	131	1.1	16	14	1.8	4.8	0	41	117												
JD208R	Diabasa*	28	1	43	0.5	14	1.4	4.1	1.1	0	100	0.3	0.4	0.1	292	0	46	19	4	9.1	1.4	7.1	2.1	0.9	3	0.5	3.3	0.7	2.1	0.3	1.7	0.2	0.4	125	0.1	35	39	0.6	4.2	0	41	133												
LM130R	Diorita*	381	1	43	0.1	18	1.6	3.7	3.7	0	112	0.3	0.2	0.1	373	0	54	28	3.3	8.9	1.3	7.1	2.6	1	3.8	0.7	4.4	1	3	0.5	2.7	0.4	0.2	211	0.3	84	48	2.1	1.6	0	42	60												
MR210R	Diabasa	18	0	42	0.2	15	1.4	2.8	1.3	0	88	0.2	0.6	0.1	346	0	42	21	2.8	7.5	1.1	5.7	1.9	0.8	2.8	0.6	3.3	0.7	2.3	0.4	2.3	0.4	0.2	133	0.3	49	22	0	4.1	0	43	101												
VR364R	Basalto	27	0	42	0.6	14	1.4	4.4	1.3	0	112	0.3	0.5	0	299	0.1	46	19	4	9.5	1.4	6.9	1.9	0.8	2.7	0.5	3.1	0.7	2.1	0.3	1.8	0.3	0.6	133	0.1	27	45	0	4.2	0	43	145												
VR368R	Basalto*	24	0	40	0.8	15	1.4	4	2.2	0	101	0.4	0.3	0	281	0.2	45	17	3.7	9.2	1.3	6.1	1.8	0.8	2.7	0.5	2.9	0.7	1.9	0.3	1.9	0.3	0.1	77	0	49	64	0	3.4	0	41	128												
VR368R	Basalto	33	0	41	0	13	1.1	3.3	2.3	0	107	0.3	0.3	0.1	283	0.1	38	16	2.7	7.2	1.1	5.7	1.6	0.7	2.2	0.4	2.6	0.6	1.7	0.3	1.5	0.3	0.5	37	0	31	47	0.6	5.7	0	42	137												
70014	Diabasa	174	1	39	0.2	16	2.1	3.7	3	<1	149	0.2	0.3	0.1	356	0.5	68	26	4.1	11	1.7	9.5	3	1.1	4.4	0.8	4.9	1	3	0.4	2.7	0.4	<2	140	<5	100	50	<5	<0.05	49	100	1.3	0.1											
70068	Diabasa	75	1	44	0.1	17	1.7	2.9	<1	<1	95	0.1	0.3	0.1	332	0.5	60	24	2.9	8.2	1.3	7.2	2.3	0.9	3.3	0.6	4	0.8	2.5	0.4	2.3	0.3	<2	130	<5	90	90	<5	<0.05	51	210	1.3	0.1											
6659	Diabasa	164	<1	58	0.1	14	0.5	2.2	<1	<1	217	0.1	0.2	0.1	199	0.5	16	11	1.6	3.4	0.5	2.9	1	0.5	1.4	0.3	1.8	0.4	1.2	0.2	1.2	0.2	26	90	<5	100	220	<5	<0.05	38	280	0.9	0.1											
70075	Diabasa	69	<1	37	0.1	12	1.3	2.2	<1	<1	101	0.1	0.2	0.1	305	0.5	40	17	2.3	6.4	1	5.6	1.8	0.7	2.7	0.5	3.2	0.6	1.9	0.3	1.8	0.3	5	100	<5	90	100	<5	<0.05	50	280	1.2	0.1											
706396	Diabasa	202	<1	36	0.1	15	2	4.3	7	<1	166	0.3	0.3	0.2	132	0.5	74	26	3.4	9.6	1.4	8	2.5	0.8	3.4	0.7	4	0.8	2.4	0.4	2.3	0.3	<2	90	15	<5	130	<5	<0.05	38	450	1.4	0.1											
706397	Diabasa	40	1	40	0.1	19	2.5	4.1	1	<1	53	0.3	0.3	0.2	409	0.5	84	33	4.4	13	2	11	3.5	1.3	4.9	0.9	5.5	1.1	3.3	0.5	3.1	0.4	<2	150	<5	120	40	<5	<0.05	46	30	1.2	0.1											
706398	Diabasa	354	1	25	0.1	19	4.5	9.7	3	1	127	0.7	0.9	0.3	177	0.5	151	54	8.5	22	3.2	17	5.3	1.7	7.8	1.5	9	1.9	5.7	0.9	5.7	0.9	<2	20	<5	150	<5	<0.05	31	<5	20	1.1	0.1											
706399	Diabasa	506	<1	38	0.1	13	1	3.3	4	<1	136	0.2	0.3	0.2	309	0.5	33	18	2.4	6	0.9	4.8	1.6	0.6	2.4	0.5	2.9	0.6	1.9	0.3	1.8	0.3	<2	80	<5	70	90	<5	<0.05	49	310	1	0.1											
706400	Diabasa	1230	1	43	0.1	16	2.1	3.9	4	<1	211	0.3	0.3	0.1	346	0.5	70	25	4.1	11	1.7	8.9	2.7	1.1	4.3	0.8	4.8	0.9	2.6	0.4	2.4	0.4	<2	130	<5	120	70	<5	0.1	49	230	1.5	0.1											
174859	Diabasa	913	<1	39	0.1	15	1.5	2.6	1	<1	106	0.2	0.2	0.1	325	0.5	49	19	2.4	6.6	1	5.5	1.7	0.7	2.5	0.5	3.1	0.6	1.9	0.3	1.8	0.3	<2	110	<5	80	100	<5	<0.05	52	310	1.2	0.1											
706409	Diabasa	202	<1	44	0.1	16	1.6	2.7	<1	<1	102	0.2	0.2	0.1	300	0.5	51	20	2.9	7.9	1.2	6.8	2.1	0.9	3.3	0.6	3.9	0.8	2.2	0.3	2.1	0.3	<2	130	<5	100	110	<5	<0.05	46	410	1.5	0.1											
700019	Diabasa	77	1	41	0.1	15	1.4	2.4	3	<1	111	0.1	0.3	0.1	321	0.5	49	20	2.5	6.8	1.1	5.8	1.9	0.7	2.7	0.5	3.3	0.7	2	0.3	1.9	0.3	<2	120	<5	110	110	<5	<0.05	47	320	1.2	0.1											
706410	Diabasa	1055	1	48	0.1	13	1.3	1.5	4	<1	105	0	0.1	0.1	404	0.5	41	28	1.2	3.8	0.7	4.3	1.6	0.7	3.3	0.7	4.6	1	3	0.5	3.2	0.5	<2	130	<5	120	40	<5	0.2	53	50	1.3	0.1											
706411	Diabasa	280	<1	43	0.1	15	1.5	2.4	3	<1	255	0.2	0.2	0.1	289	0.5	51	20	2.6	7.4	1.2	6.1																																

Para comparar el marco tectónico de las dos unidades se utiliza el diagrama Ta-Th- Hf/3 de Wood *et al.* (1979). Las muestras de la Formación Barrosos se localizan en el campo de los arcos volcánicos calcoalcalinos, algunas pocas en los arcos primitivos toleíticos y en la zona de transición entre arco y MORB con tres (3) muestras de basaltos en el campo de los E-MORB y basaltos intraplaca (WPT) (LM163, VR362, ER-294), presentan dispersión, con comportamiento similar entre tobas y lavas en cuanto al ambiente tectónico (Figura 7). Al cambiar el Ta por Nb/16 en el diagrama, la mayoría de rocas cae en el campo de los arcos volcánicos calcoalcalinos y en menor proporción en los arcos toleíticos, con las mismas muestras en el campo de E-MORB y WPT.

Para estos mismos gráficos de discriminación tectónica (diagramas Ta-Th- Hf/3 y Nb/16-Th-Hf/3; (Wood, 1980; Wood *et al.*, 1979), las Diabasas de San José de Urama se reparten en los campos de los N-MORB y E-MORB-WPT, localizándose un buen número de

muestras en la zona transicional entre ambos tipos de basaltos (T-MORB). Existen algunas muestras dispersas que se localizan en el campo de los arcos (LM236, LM130 y VR386) (Figura 8).

Ambas unidades indican un ambiente geotectónico diferente: la Formación Barroso corresponde a una unidad formada en un arco, mientras las Diabasas de San José de Urama corresponden a rocas generadas a partir de un manto del tipo T-MORB ó MORB transicional.

Los diagramas multielementales normalizados con respecto al N-MORB y de tierras raras normalizados respecto al condrito (Sun & McDonough, 1989 y McDonough & Sun, 1995) para la Formación Barroso y Las Diabasas de San José de Urama se muestran en la Figura 9 y Figura 10, asumiendo para las dos unidades que el comportamiento geoquímico corresponde al tren predominante de las muestras y que existen algunas muestras que se apartan de esta tendencia.

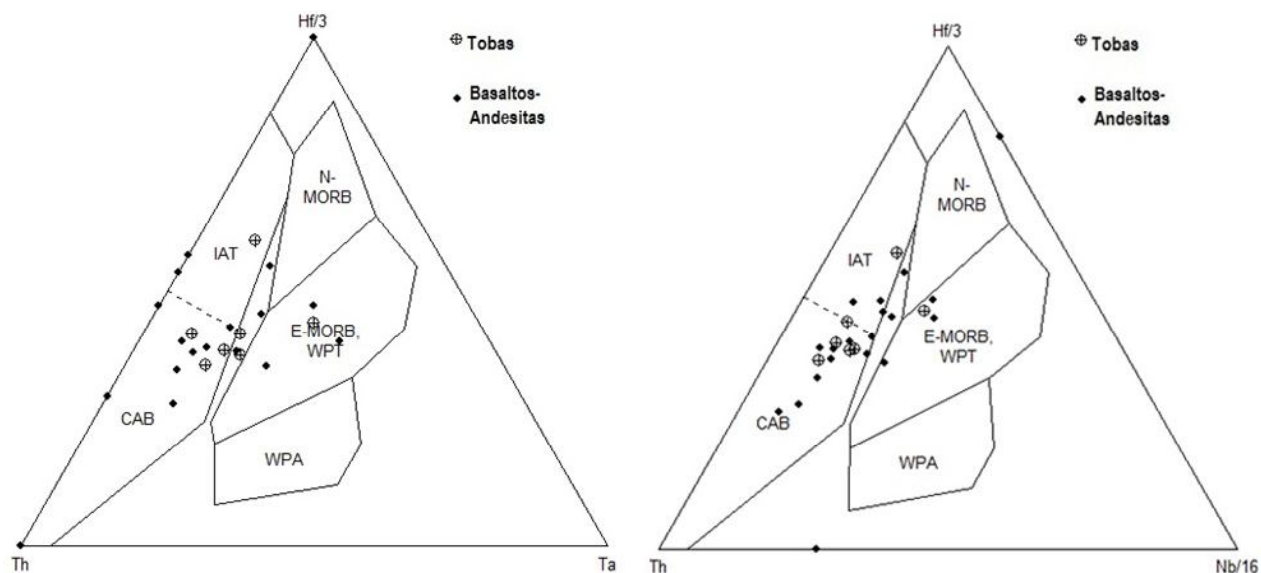


Figura 7. Diagramas a). Ta - Th - Hf/3 y; b). Nb/16-Th-Hf/3 (Wood et al., 1979) para rocas de la Formación Barroso.

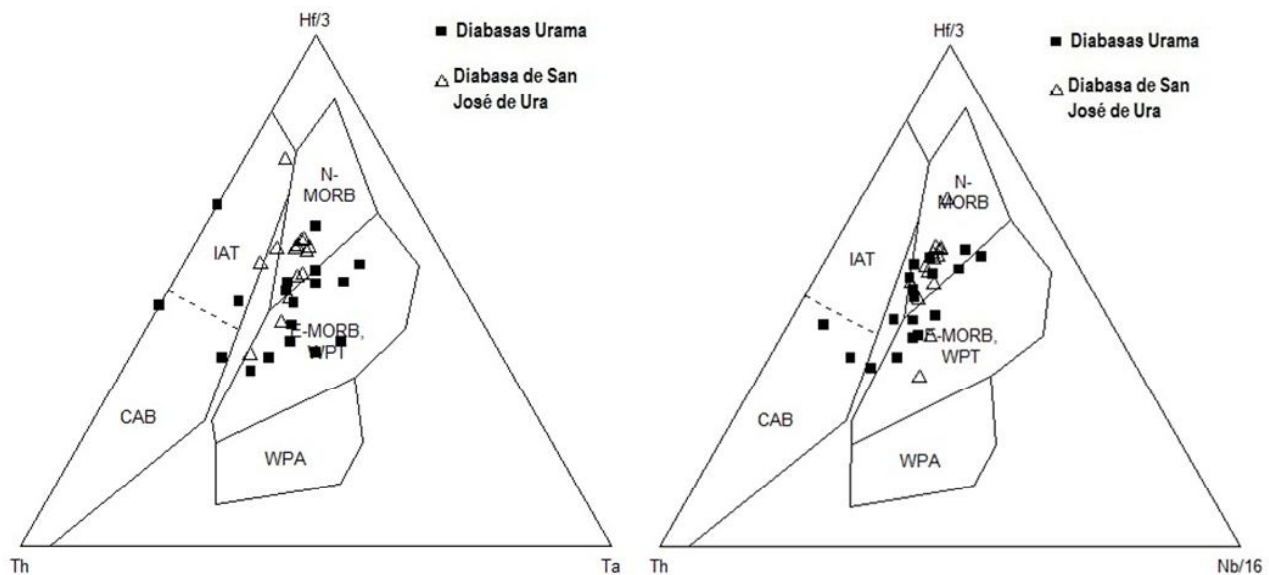
En el diagrama multielemental, la Formación Barroso presenta mayor dispersión de los elementos más móviles (LILE), con picos positivos de Ba, U, K, Pb y Sr, P y anomalías negativas en Rb, Th, Nb, La, Ce y Tr, con una anomalía negativa marcada de Nb con respecto a Th y Ce, además un empobrecimiento relativo al N-MORB de Nb, Zr, Ti característico de arcos volcánicos toleíticos. Los elementos inmóviles

(HFSE) presentan un comportamiento plano y valores inferiores al N-MORB marcando un empobrecimiento de éstos con respecto a los elementos más móviles (LILE) (Figura 9A).

Las razones positivas Cs/Th (0.4-2.6) Ba/Nb (6 a 790) Sr/Hf (486 a 34); sugieren la participación de un componente de subducción en la génesis magmática de

la Formación Barroso. Apoyado por los valores de La/Yb (1.3 a 4,8) y Sm/Yb (0.95 y 1.58) que a su vez representan los valores de HREE/LREE. La relación La/Sm para los basaltos y tobas varía entre 1.2 y 3.3, con la mayoría de valores >1.6, marcando una diferencia geoquímica con las Diabasas de San José de Urama.

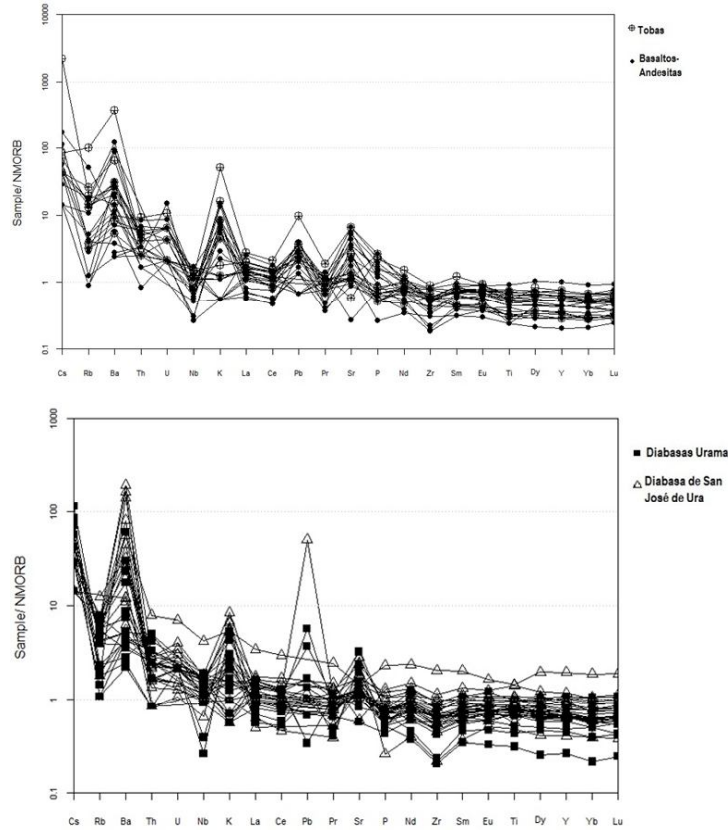
Las Diabasas de San José de Urama presentan anomalías positivas en Ba, K y Sr, con enriquecimiento de los elementos incompatibles como Th y Nb y tendencias muy planas para los elementos más inmóviles que en general tienen valores inferiores al N-MORB, con patrones planos entre La y Lu y ligero enriquecimiento de Nb que los aparta de los ambientes de arco, con un patrón general de basaltos tipo MORB (Figura 9b); dos muestras tienen anomalía negativa de Nb (LM244 y MR244), una de ellas correspondiente a un gabro. Las relaciones Zr/Ba (0.1 a 1.7), Zr/Nb (13.8 a 20.4) y Nb/Ta (10 y 24.4), con la mayor cantidad de valores para Nb/Ta entre 12 y 20, son comparables a los T-MORB definidos por Tarney *et al.* (1980). La relación La/Sm se ha utilizado para separar los diferentes tipos de MORB (Winter, 2001), en general los N-MORB tiene La/Sm > 1.5 - 1.8, E-MORB tienen La/Sm < 0.7 y los T-MORB presentan valores intermedios; de acuerdo a lo anterior las Diabasas de San José de Urama presenta valores La/Sm entre 0.7 y 2.1 con la mayoría de valores en el rango entre 1.2 y 1.8 que los incluye dentro de los T-MORB.



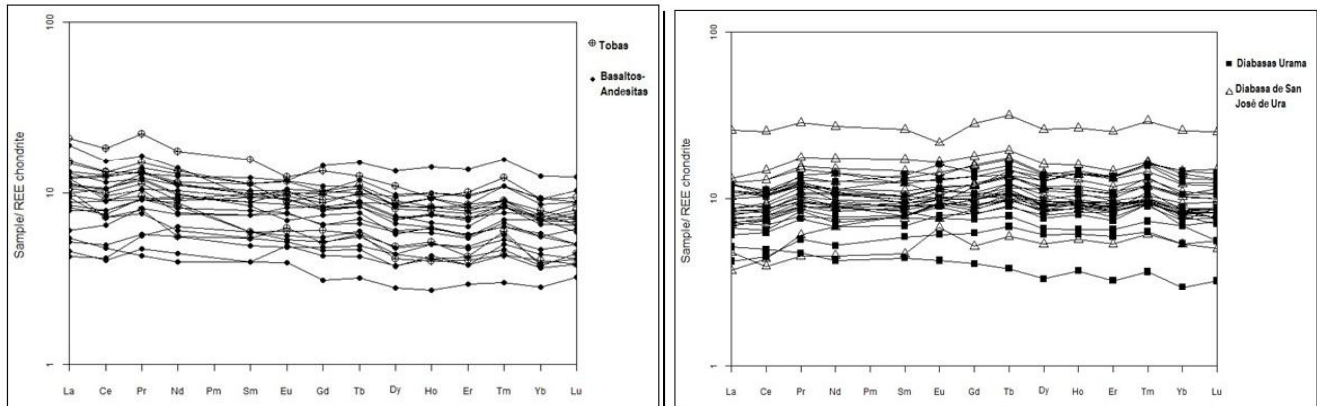
**Figura 8.** Diagramas a). Ta-Th- Hf/3 y; b). Nb/16-Th-Hf/3 (Wood *et al.*, 1979) para rocas de la unidad Diabasas de San José de Urama.

El diagrama multi-elemental de tierras raras (REE) normalizado con respecto al condrito (Figura 8A) para la Formación Barroso, muestra enriquecimiento de las tierras raras livianas (LREE) con relación a las tierras raras pesadas (HREE), pendiente suave negativa, con un enriquecimiento alrededor de 10 veces el condrito, indicando que la fuente del arco toleítico es un manto empobrecido similar a MORB. La Figura 8B muestra el diagrama de tierras raras de las Diabasas de San José de Urama, él cual presenta un patrón plano, intermedio entre E-MORB y N-MORB, con un patrón comparable al reportado por Kerr *et al.* (1997) para basaltos de la Cordillera Occidental, él cual ha sido considerado como de basaltos de plateau (Kerr *et al.*, 1997 y Nivia, 2001).





**Figura 9.** Diagramas multielementales normalizados respecto al N-MORB (Sun & Mcdonough, 1989). a) Formación Barroso y; b) Diabasas de San José de Urama.



**Figura 10.** Diagramas de tierras raras (REE) normalizado con respecto al condrito (McDonough & Sun, 1995). a) Formación Barroso y; b) Diabasas de San José de Urama.

## 6. EDAD

Se recopilan las edades publicadas en trabajos anteriores y nuevas realizadas por Ingeominas Medellín en el marco del proyecto Cordillera Occidental, además, se involucran algunos datos de edad de fósiles que se han reportado para el Segmento Norte de la Cordillera Occidental y se analiza la posición espacial de estos

datos con relación a la Formación Barroso y las Diabasas de San José de Urama. En la Tabla 5 se resumen las edades nuevas y las edades reportadas en trabajos anteriores incluyendo las edades de algunos cuerpos intrusivos cretácicos como el Gabro de Altamira, el Batolito de Sabanalarga y la Tonalita de Buriticá.

El Batolito de Sabanalarga, el Gabro de Altamira y la Tonalita de Buriticá intruyen lavas almohadilladas y diabasas de la unidad Diabasas de San José de Urama y lavas pórfídicas de la Formación Barroso (Hall *et al.*, 1972; Mejía y Salazar, 1989; Geoestudios - Ingeominas, 2005; González y Londoño 2002 a, b y c).

Las edades radiométricas reportadas para el Batolito de Sabanalarga están en el rango de  $89,9 \pm 0,8$  Ma (Ar-Ar) -  $98,2 \pm 3,5$  Ma (K/Ar). Weber *et al.* (2011) consideran la edad de enfriamiento del plutón alrededor de 92 Ma fundamentados en datos Ar-Ar. Una datación que se presenta en este trabajo por el método Ar-Ar en la facies máfica (diorítica-gabroide) arrojó una edad de  $123,8 \pm 3,9$  Ma que difiere considerablemente de las edades en rocas más félsicas. Al analizar las edades de los plutones que intruyen la Formación Barroso es de esperar una edad similar a ligeramente anterior a la de estos plutones, asumiendo que hacen parte de un arco toleítico con productos volcánicos y plutónicos. Toussaint y Restrepo (1978) reportan una edad para una lava de la Formación Barroso colectada en la vía Albania – Bolombolo de  $105 \pm 10$  Ma. La Tonalita de Burítica y el Gabro de Altamira presentan edades entre 90 y 93 Ma (Tabla 5).

En cuerpos sedimentarios intercalados y discordantes sobre vulcanitas de la Formación Barroso en el borde oriental del Segmento Norte de la Cordillera Occidental, han sido reportados algunos registros fósiles, como los que afloran 4 km al sur de Buriticá que son indicativos del Albiano medio (Castro y Feininger, 1965; Etayo *et al.*, 1980) y recientemente Geoestudios - Ingeominas

(2005) reporta amonites del Coniaciano localizados en el Boqueron de Toyo, sobre la vía a Uraba (X= 1.232.210, Y= 1.121.870).

De lo anterior se deduce que las rocas volcánicas de la Formación Barroso se formaron ligeramente antes del emplazamiento de los plutones, es decir Albiano-Aptiano, durante o poco antes de la sedimentación de los cuerpos sedimentarios intercalados, Albiano-Coniaciano, indicando en conjunto una edad que debe estar en el rango Turoniano-Apiano, es decir, la edad del Arco volcánico – plutónico que dio origen a la Formación Barroso y a los intrusivos asociados es de 88 a 115 Ma, coincidiendo con la mayoría de edades radiométricas reportadas (Tabla 5).

Se realizaron análisis radiométricos para determinar la edad de algunas rocas de las Diabasas de San José de Urama, las edades obtenidas se presentan en la Tabla 5, el espectro de edad en la Figura 11 y la ubicación en la Figura 1. Las edades Ar-Ar representan a la fecha los únicos datos que se tienen del magmatismo de las Diabasas de San José de Urama sin que las muestras analizadas estén asociadas a las rocas de arco de la Formación Barroso. La muestra IGM-706412 se analizó por Ar/Ar roca total, dio un espectro de edad con un plateau on tres pasos, caracterizado por  $90,9\%$   $^{39}\text{Ar}$ , con una edad de  $155,1 \pm 11,2$  ma, una isócrona inversa de tendencia lineal, que se caracteriza por el valor de edad de  $137,3 \pm 19,5$  ma,  $\text{mswd} = 0,37$ . esta edad ubica las diabasas en el jurásico superior-cretácico inferior.

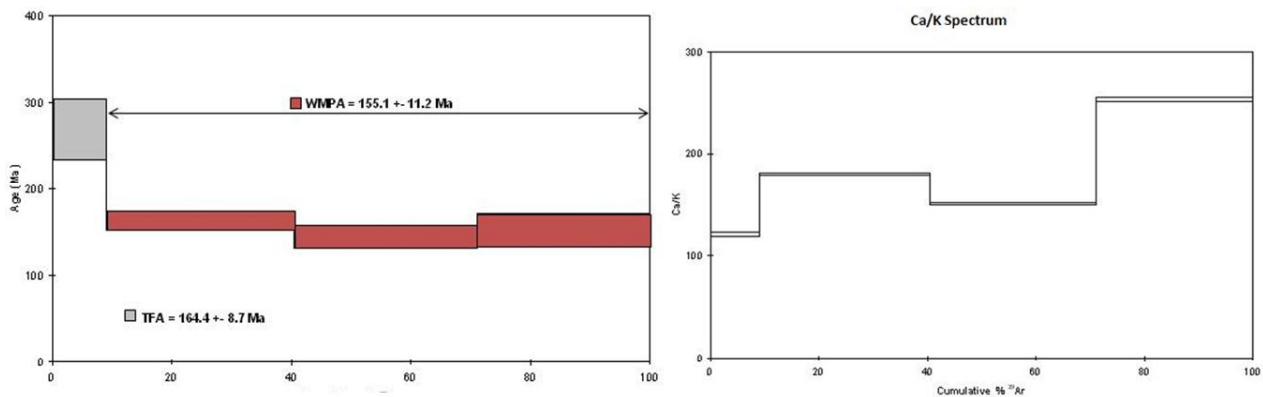


Figura 11. Espectro de edad de la muestra IGM- 706412 de las Diabasas de San José de Urama.

La muestra IGM-706396 se analizó por Ar/Ar roca total, dio un espectro de edad con un plateau que no es claro en forma de onda. La edad aparente que se obtuvo es afectada por exceso de argón y no es confiable, razón por la cual fue descartada.

En el proyecto Cordillera Occidental se reconocieron dos localidades fosilíferas nuevas con presencia de amonites en rocas sedimentarias intercaladas

tectónicamente con bloques de diabasas, ubicadas en los municipios de Ciudad Bolívar y Carmen de Atrato, las edades reportadas por el Dr. Fernando Etayo para estos fósiles corresponden al Turoniano y Maastrichtiano-Campaniano respectivamente. Estos fósiles indican que los sedimentos tienen un amplio espectro de edad y podrían representar más de una unidad sedimentaria.

**Tabla 5.** Edades radiométricas reportadas para las rocas magmáticas de la Cordillera Occidental.

IGM	X	Y	METODO	ROCA	WMPA (Ma)±1s	TFA(Ma)±1s	UNIDAD LITOLÓGICA	REFERENCIA
706412	1105721	1249490	Ar-Ar en RT	Diabasa	155.1±11.2	164.4±8.7	Diabasas de San José de Urama	Este trabajo
706396	1100900	1253680	Ar-Ar en RT	Diabasa	—	128.1±1.9	Diabasas de San José de Urama	Este trabajo
CM128	1140692	1055225	Ar-Ar en RT	basalto	84,2 ±1,4		Fm Barrosos?	Geoestudios- Ingeominas (2005)
UNM-2930A	1138680	1155395	K/Ar en RT	Basalto	105±10		Formación Barroso	Toussaint y Restrepo (1978)
UNM-2839A	1179035	1132550	K-Ar en Pg	Gabro	77,4±7,7		Gabro de Altamira	Restrepo y Toussaint, 1976
UNM-2939	1179035	1132550	K-Ar en Pg	Gabro	92,5±4,2		Gabro de Altamira	Toussaint y Restrepo, (1976)
AD-5	1228820	1136120	K-Ar en Hbl	Tonalita	91,1±6,4		Tonalita de Buritica	Göbel & Stibane, (1979)
2921-A	1243884	1139184	K-AR en Bt	Cuarzodiorita	97±10		Batolito de Sabanalarga	González et al. (1976)
M-4	1232883	1138967	K-AR en Hbl	Tonalita	98.2±3,5		Batolito de Sabanalarga	González & Londoño, 1998
706328	1223436	1133261	Ar-Ar en Hbl	Diorita	123.8±3.9	130.5±3.1	Batolito de Sabanalarga	Rodriguez et al (esta publicación)
			Ar-Ar en Hbl		92±2		Batolito de Sabanalarga	Vinasco (2001)
			Ar-Ar en Hbl		89,9±0,8		Batolito de Sabanalarga	Vinasco (2001)
			Sm-Nd		98±9,1		Batolito de Sabanalarga	Weber et al, (2011)

## 7. CONCLUSIONES

Las características macroscópicas, petrográficas y químicas de las rocas volcánicas que afloran al occidente de la Falla Cauca – Almaguer (Maya y González, 1995) y al oriente de la Falla Dabeiba-Pueblo-Rico (Rodríguez *et al.*, 2010), en el segmento Norte de la Cordillera Occidental (Zapata y Rodríguez, 2012 y Rodríguez y Zapata, 2012), permiten diferenciar dos unidades volcánicas: a) la Formación Barroso que comprende derrames lávicos de basaltos y andesitas basálticas con texturas porfídicas y amigdalares, rocas volcánicas piroclásticas (tobas y aglomerados) formadas en un arco volcánico de la serie toleítico subcalina y las rocas piroclásticas afines a las serie toleítica-calcoalcalina bajas en K. b) Las Diabasas de San José de Urama constituida por diabasas y basaltos almohadillados con texturas ofítica, subiofítica, intergranular, intersectorial hasta variolítica comparables químicamente con basaltos derivados de un manto tipo T-MORB (MORB transicional).

Las Diabasas de San José de Urama corresponden a rocas de un prisma acrecionario sobre el que se desarrolló un arco constituido por basaltos porfídicos y rocas piroclásticas (Formación Barroso). El arco se originó en la zona de sutura entre el basamento Oceánico y el basamento Continental, que geográficamente corresponden, en el norte de los Andes, a las cordilleras Occidental y Central, intruyendo los cuerpos plutónicos asociados al arco, las dos cortezas, lo que significa que para el momento en que el Arco Barroso – Sabanalarga se formó, la corteza oceánica de la Cordillera Occidental y el basamento metamórfico de la Cordillera Central ya habían colisionado.

Los valores más bajos de titanio y hierro en la Formación Barroso se explican por la cristalización temprana de magnetita titanífera y el magma resultante presenta menores contenidos de Fe y Ti dentro del sistema calcoalcalino, a diferencia de las secuencias de cristalización toleíticas, donde el fraccionamiento de

los óxidos de Fe y Ti es tardío, teniendo como resultado un incremento en el contenido de estos elementos (Nivia, 2011).

Ambas unidades, la Formación Barroso y las Diabasas de San José de Urama, presentan una distribución geotectónica propia: la Formación Barroso se localiza en el borde oriental del bloque Norte de la Cordillera Occidental, al occidente de la Falla Cauca – Almaguer y forma un cuerpo alargado en dirección N-S. Las Diabasas de San José de Urama se presentan entre las fallas Cauca – Almaguer y Dabeiba-Pueblo Rico, principalmente al oriente de la Falla Dabeiba-Pueblo Rico, como bloques de diabasa limitados por fallas con tendencia N-S, intercalados tectónicamente con bloques de chert-calizas y litoarenitas-grauvacas-lodolitas, y además se presenta en el borde oriental del Segmento Norte de la Cordillera Occidental como cuerpos de diabasas y basaltos almohadillados junto a basaltos porfídicos y rocas piroclásticas de la Formación Barroso.

La posición geotectónica de la Formación Barroso y la asociación de plutones generados en un arco toleítico-calcoalcalino bajo en K, con comportamiento geoquímico similar (Batolito de Sabanalarga, Tonalita de Buriticá y probablemente el Gabro de Altamira), y edades comparables entre rocas volcánicas y plutónicas, indican que el arco se formó en el lapso comprendido entre 88 y 115 Ma (Turoniano-Apiano).

Las relaciones de campo entre las Diabasas de San José de Urama con las rocas volcánicas de la Formación Barroso y plutones asociados, así como las edades radiométricas obtenidas en las diabasas ( $155.1 \pm 11.2$  M.a) y el registro fósil encontrado en las rocas sedimentarias, permiten postular una posible edad de las Diabasas de San José de Urama en el límite Jurásico superior- Cretácico inferior, pudiéndose considerar que esta unidad es el basamento del arco (Formación Barroso – Batolito de Sabanalarga) y el basamento del Segmento Norte de la Cordillera Occidental.

Finalmente, se considera que en la cartografía geológica regional se deberán separar las diabasas y basaltos almohadillados con texturas “diabásicas” de las rocas basálticas y andesíticas con texturas porfídicas y amigdalares que están junto a tobas y aglomerados, pues corresponden a dos unidades formadas en diferente

ambiente, edad y con características macroscópicas y microscópicas particulares. Por lo tanto, se deberá reevaluar la nomenclatura establecida como Grupo Cañasgordas tanto para el componente volcánico como para el componente sedimentario.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, entidad que suministró los datos de los análisis de petrografía, geoquímica y dataciones, obtenidos en el proyecto Cordillera Occidental y Cauca–Romeral Zona Norte.

## BIBLIOGRAFIA

Álvarez, J., 1971. Informe preliminar sobre geoquímica de la Cordillera Occidental. INGEOMINAS. Informe interno (inérito). Medellín.

Álvarez, E. & González, H., 1978. Geología y geoquímica del Cuadrángulo I-7 (Urao). Ingeominas. Informe 1761. Medellín. 347P.

Arboleda, G., Celada, C., Forero, S., Montealegre, V., Padilla, J.C., Carmona, J. y Medina, E. (UTAGS-GE), 2009. Cartografía Geológica y muestreo geoquímico en la parte norte de la Cordillera Occidental, planchas 165 y 185 (396 kilómetros cuadrados) Contrato No. 392 de 2007 INGEOMINAS- UTAGS-GE. Bogotá. 178 P.

Castro, N. y Feininger, T., 1965. Geología en la región entre Buriticá y Santa Fe de Antioquia, Con especial referencia a la geología económica de un cuerpo andesítico. Ingeominas, informe Interno. Medellín. 37 P.

Etayo, F.; González, H. y Álvarez, J., 1980. Med Albian ammonites from northern Western Cordillera, Colombia. Geología Norandina. No. 2, pp. 25-30.

Geoestudios-Ingeominas, 2005. Complementación geológica, geoquímica y geofísica de la parte occidental de las planchas 130 Santa Fé de Antioquia y 146 Medellín Occidental.

Göbel, V. & Stibane, F., 1979. K/Ar hornblende ages of tonalite plutons, Cordillera Occidental, Colombia. U. Nal., Publ. Esp. Geol., (19):pp. 1-2. Medellín.

González, H., Restrepo, J.J, Toussaint, J. F. y Linares, E., 1976. Edad radiométrica K-Ar del Batolito de Sabanalarga.



Publicación Especial de Geología, 8. Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

González, H. & Londoño, A., 1998. Edades K/Ar en algunos plutones del Graben del Cauca y norte de la Cordillera Occidental. U. Nal., Rev. Geol. Col., 23: pp. 117-131. Santa Fe de Bogotá.

González, H. & Londoño, A., 2003. Geología de las planchas 129 Cañasgordas y 145 Urrao. Ingeominas, Bogotá. 119 P.

González, H., 2001a. Mapa Geológico del Departamento de Antioquia, Escala 1:400.000, Memoria explicativa. INGEOMINAS, Bogotá. 240 P.

González, H., 2001b. Memoria explicativa del Mapa Geológico del Departamento de Antioquia. Escala 1:400.000. INGEOMINAS, 240 P. Medellín.

González, H. & Londoño, A.C., 2002a. Catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia, Batolito de Sabanalarga, Cordillera Occidental, departamento de Antioquia. INGEOMINAS. 12P.

González, H. & Londoño, A., 2002b. Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Tonalita de Buriticá, Stock de Buriticá (K2tb). Cordillera Occidental, Departamento de Antioquia. Cretácico Superior. INGEOMINAS, 16 P.

González, H. & Londoño, 2002c. Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Gabro de Altamira, Cordillera Occidental, Departamento de Antioquia. Cretácico Superior. INGEOMINAS. 9 P.

Hall, R., Álvarez, J., Rico, II., 1972. Geología de los departamentos de Antioquia y Caldas (Sub-zona IIA) Bol. Geol. INGEOMINAS Bogotá. 20 (1): 85 P.

Irvine, T.N., and Baragar, W., R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rock. Canadian Journal of Earth Sci, Vol. 8, pp. 523-548.

Kerr, A.C., Marriner, G.F., Tarney, J., Nivia, A., Saunders, A.D., Thirlwall, M.F., & Sinton, C.W., 1997. Cretaceous basaltic terranes in western Colombia: Elemental, chronological and Sr-Nd constraints on petrogenesis: Journal of Petrology, v. 38, pp. 677-702.

LeMaitre, 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. & 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. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K.

Le Bas, M.I., Le Maitre R.W., Streckeisen, A. & Zanettin, B., 1986: A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. Journal of Petrology, 27(3): pp. 745-750.

McDonough, W.F. & Sun, S.S., 1995. The composition of the Earth, Chemical Geology, 120, 228 P.

Maya, M., González, H., 1995. Unidades litodémicas en la Cordillera Central de Colombia, Bol. Geol. INGEOMINAS, vol. 35, N°2,3, pp.43-57.

Mejía, M. y Salazar, G., 1989 (publicado 2007). Memoria explicativa de la Geología de la Plancha 114 (Dabeiba) y parte W de la 115 (Toledo). Escala 1:100.000. INGEOMINAS. 111p. Medellín.

Nivia, A., 2001. Mapa geológico del Departamento del Valle del Cauca. Escala 1:250.000. Mapa y memoria explicativa. INGEOMINAS, Bogotá. 148 P.

Nivia, A., 2011. Capítulo Geoquímica de rocas; Memoria explicativa del mapa geológico de la plancha 131 Santa Rosa de Osos, escala 1:100.000, Ingeominas, Bogotá. pp. 171-189.

Peccerillo, A. & Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from Kastamonir area, Northern Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology, Vol. 58, pp. 63-81.

Rodríguez, G., Zapata, G. y Gómez, J.F., 2010. Geología de la parte oriental de la Plancha 114 Dabeiba. INGEOMINAS. Medellín. 172 P.

Rodríguez, G.; Arango, M. I. & Bermúdez, J. G., 2012. Batolito de Sabanalarga, plutonismo de arco en la zona de sutura entre el basamento oceánico y continental de los Andes del norte. Boletín Ciencias de la Tierra N° 32, pp. 81-98.

Rodríguez, G. & Zapata G., 2012. Características del plutonismo Mioceno superior en el Segmento Norte de la Cordillera Occidental e implicaciones tectónicas en el modelo geológico del noroccidente colombiano. Boletín de Ciencias de la Tierra N° 31, p 5-22.

Restrepo, J. J. & Toussaint, J. F. 1976. Edades radiométricas de algunas rocas del Antioquia. U Nal., Publ. Esp. Geol., (6):pp. 1-13. Medellín.

- Sun, S.S., & McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. En: Saunders, A.D., y Norry, M.J. (editores), *Magmatism in ocean basins*, Geol. Soc. London. Spec. Publication 42, pp. 313-345
- Tarney, J., Wood, D. A., Saunders, A. D., Conn, J. R., and Varet, J., 1980. Nature of mantle heterogeneity in the North Atlantic: evidence from Deep Sea Drilling. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser.A*, 297, pp. 179-202.
- Toussaint, J. & Restrepo, J., 1976. Modelos orogénicos y tectónica de placas de los Andes Colombianos. *Boletín de Ciencias de la Tierra*. Universidad Nacional. Medellín. 1: pp.1-47.
- Toussaint, J. & Restrepo, J., 1978. Edad K/Ar de dos rocas básicas del flanco noroccidental de la Cordillera Central. *Boletín de Ciencias de la Tierra* N°15. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 1P.
- Vinasco, C. J., 2001. A Utilização da Metodologia 40AR - 39AR para o Estudo de Reativações Tectônicas em Zonas de Cisalhamento, Paradigma - O Falhamento de Romeral nos Andes Centrais da Colombia. *Dissertação (Mestrado)*, Universidade de Sao Paulo São Paulo. 85 P.
- Weber, M.; Gómez-Tapias, J., Duarte, E., Cardona, A., Vinasco\_Vallejo, C.J., 2011. Geochemistry of the Santa Fe Batholith in NW Colombia: Remnant of an accreted Cretaceous arc. *Memorias XIV Congreso Latinoamericano de Geología*, p. 128-129, Medellín, Colombia
- Winter, J.D., 2001. *An introduction to igneous and metamorphic petrology*. Prentice Hall, New Jersey. 647P.
- Wood, D.A., 1980. The application of Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and establishing the nature of cristal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth Planet. Sci. Lett.* V 50, pp. 11-30.
- Wood, D. A.; Joron, J-L. and Treuil, M., 1979. A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings: *Earth and Planetary Science Letters*, v 45, pp. 326-336.
- Zapata, G. y Rodríguez, G., 2012. Basalto de El Botón, volcanismo mioceno de afinidad shoshonítica en el noreste de la Cordillera Occidental de Colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, Medellín. No.30. pp. 77 - 92.