

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA DEL INTRUSIVO DE GUAQUIMAY (CUNDINAMARCA) COLOMBIA

PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE INTRUSIVE OF GUAQUIMAY (CUNDINAMARCA) COLOMBIA

*Duney Marcela Canchon Acuña¹, Ana Elena Concha Perdomo²,
Juan Manuel Moreno Murillo³*

¹E-mail: dmcanchona@unal.edu.co, ²E-mail: aeconchap@unal.edu.co, ³E-mail: jmmorenom@unal.edu.co

Canchon, D.M., Concha, P., A.E., Moreno M., J.M. (2014): *Caracterización Petrográfica y Geoquímica del Cuerpo Intrusivo de Guaquimay (Cundinamarca) Colombia.*- GEOLOGIA COLOMBIANA, Vol.39. Bogotá, Colombia. pp. 23-36

Manuscrito recibido: 25 de Abril de 2013; aceptado: 15 de Junio de 2014

Resumen

En el municipio de Yacopi (Cundinamarca), aflora un cuerpo intrusivo básico con características similares a las de otros cuerpos reportados por MORENO & CONCHA (1993), VÁSQUEZ, *et al.*, (2010), en la Cordillera Oriental, como el de tragarepas, la Victoria, Cáceres y Puerto Romero entre otros.

Macroscópicamente, las rocas son de color verde claro, con textura fanerítica fina a media; composicionalmente se reconocen plagioclasas, piroxenos, biotitas y piritas. Microscópicamente poseen texturas finas a mesogranulares; mineralógicamente contienen plagioclasas (oligoclasa), clinopiroxenos, anfíboles, biotita, minerales opacos (pirita), apatitos, epidotas (sobre plagioclasas, piroxenos y anfíboles) y clorita (como producto de alteración de la biotita). Petrográficamente se les clasifica como dioritas, de acuerdo con Streckeisen, 1974.

A las rocas se les realizaron análisis químicos, y con base en los minerales normativos (norma CIPW) fueron clasificadas como monzodioritas y monzogabros. Se estableció que geoquímicamente las muestras corresponden a gabros y sienogabros de la serie alcalina, ricos en K. Con base en diagramas de discriminación geotectónica, se plantea, que las rocas se generaron en un ambiente distensivo en el interior de una placa.

Palabras claves: Alcalino, diorita, gabro, intrusivo, distensivo, monzodiorita.

Abstract

An intrusive basic body outcrops in the vicinity of Yacopi village, Cundinamarca state, Colombia, with similar features to those bodies already reported by MORENO & CONCHA (1993), VÁSQUEZ, *et al.*, (2010), in the Eastern Cordillera, like La the Tragarepas, La Victoria, Cáceres y Puerto Romero and others one.

Macroscopically, the rocks are light green colored with a medium to fine phaneritic texture and composed by plagioclases, pyroxenes, biotites and pyrites. Microscopically, the rocks are composed by plagioclases (oligoclase), clinopyroxenes, amphiboles, biotites, opaques (pyrite), apatites, epidotes (located over the

plagioclasas, pyroxenes and amphiboles) and chlorites (as the result of the biotite's alteration) in a fine to medium grain texture. Petrographically, the rocks are classified as diorites, according with the Streckeisen's diagram, 1974.

Chemical analysis used to calculate the standard CIPW norm establish that rocks are in the monzodiorites to monzogabbros range. With these results, and using the different geochemical classification diagrams, it is established that the samples are gabbros and syeno-gabbros from the alkaline series, K-rich. By other hand and based on geotectonic discrimination diagrams, it was determined that the rocks were formed in an intraplate extensional domain.

keywords Alkaline, diorite, gabbro, intraplate, intrusive, extensional, monzodiorites

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la Cordillera Oriental afloran varios cuerpos intrusivos básicos que han sido objeto de estudios tanto petrográficos como geoquímicos por parte de diferentes investigadores. Dichos trabajos establecen relaciones genéticas entre los diferentes cuerpos y sugieren posibles edades para el cretácico Inferior de la actividad magmática.

Se realizaron siete análisis petrográficos y geoquímicos (por el método de Fluorescencia de Rayos X) al cuerpo intrusivo de Guaquimay, con el objetivo de caracterizar las rocas y establecer si existe una relación genética de este cuerpo con los otros aflorantes en la Cordillera Oriental.

ANTECEDENTES

Varios autores han reportado manifestaciones de cuerpos ígneos intrusivos de carácter básico en la Cordillera Oriental, distribuidos en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, en los municipios de Pacho, Yacopi, Cáceres, Puerto Romero, La Victoria, Pajarito, El Marfil y Puerto Boyacá.

FABRE & DELALOYE (1982), caracterizan cuatro cuerpos (Intrusión de Pajarito, Rodrigoque, La Corona y Cáceres), clasificándolos como gabros con hornblenda, gabros con hornblenda y biotita, como gabros con dialagita y cuarzo respectivamente. Dichos autores proponen que la edad en que se desarrolló la actividad magmática en la parte central de la Cordillera Oriental fue en el Cretáceo Inferior posiblemente hasta el Cenomaniano.

MARQUINEZ & MORENO (1993), reportan cuerpos intrusivos, en forma de silos, en la parte media de la Cordillera Oriental, en el carreteable que de Puerto Romero conduce a Otanche, en las quebradas La Fiebre, Las Palomas y La Culebra. Estos cuerpos están constituidos por plagioclasas intermedias a cálcicas, augitas aegerina, pigeonita, enstatita, hiperstena y en menor proporción hornblenda y cuarzo. Los silos son pobres en volátiles y son poco viscosos por su composición básica y afinidad toleítica.

MORENO & CONCHA (1993), hacen referencia a diques y silos que intruyen rocas del Cretácico Inferior. Petrográficamente corresponden a gabros piroxénicos (intrusivo de Cáceres, Pacho, Cerro de Tragarepas), con bajo contenido de SiO_2 y K_2O en los sectores de Pacho y La Esperanza, a diferencia del intrusivo de La Corona que presenta composiciones más ácidas.

VASQUEZ (1999) menciona la presencia de silos básicos pseudo-estratificados en las regiones de Cáceres y Puerto Romero. Los silos intruyen las rocas de la Formación Paja y Simití. Geoquímicamente se clasifican como gabros, gabrodioritas y dioritas con bajo contenido en K_2O . Se propone que la formación de los cuerpos intrusivos se dio en un dominio distensivo, como resultado de la formación de un rift intracontinental.

NAVARRETE (2002), describe un cuerpo ígneo que aflora en el cerro Tragarepas, al norte de la población de Pacho. Este cuerpo intruye las rocas de La Formación Pacho. Geoquímicamente las rocas corresponden a gabros, gabrodioritas, y dioritas bajas en potasio que se generaron en un dominio distensivo de ambiente de intraplaca, como consecuencia de la formación de un rift intracontinental.

TENJO (2003), analiza un cuerpo ígneo intrusivo denominado Intrusivo de La Corona que se localiza en los alrededores de La Victoria (Boyacá), este cuerpo intruye rocas sedimentarias del Grupo La Palma. Las rocas se clasifican geoquímicamente como gabros alcalinos, gabros, gabrodioritas bajas en K, dioritas, y dioritas bajas en K. Se postula que la génesis de estas rocas ocurrió en un dominio distensivo en un ambiente intraplaca, como consecuencia de la formación de un rift intracontinental.

VASQUEZ & ALTENBERGER (2005), realizaron estudios petrográficos y geoquímicos en las intrusiones de Pajarito, Pacho y Cáceres, clasificando las rocas como gabros, gabros piroxénico-hornbléndicos, y hornblenditas piroxénicas. Observan un decrecimiento de grado de fusión parcial de la fuente de occidente a oriente. Proponen un modelo de extensión, en el cual

la composición de la fuente es modificada de oriente a occidente, de una región en el manto altamente enriquecida hasta una menos enriquecida.

VASQUEZ *et al.* (2007), investigaron la composición de clinopiroxenos y anfíboles para establecer el origen del magma de los intrusivos de Pacho, Rodrigoque, Pajarito y La Corona, concluyendo que el episodio magmático del Cretácico en la Cordillera Oriental tuvo dos fuentes diferentes con respecto al grado de fusión parcial y enriquecimiento de elementos traza incompatibles. Igualmente mencionan que las intrusiones no se emplazaron de manera sincrónica.

VASQUEZ *et al.* (2007), analizan datos geoquímicos y geocronológicos de las rocas intrusivas de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, concluyendo que la localización de las intrusiones son una consecuencia de la fusión parcial del manto en los lugares más subsidentes de la subcuenca cretácica y que las intrusiones máficas provienen de dos diferentes fuentes

de magma (uno alcalino con características de OIB y uno toleítico con características de MORB), las rocas se emplazaron en un ambiente extensional. Los datos isotópicos demuestran un emplazamiento diacrónico de las intrusiones cretácicas entre ~136 y ~74 Ma.

LOCALIZACIÓN

El cuerpo intrusivo de Guaquimay se ubica en la parte oriental de la vereda de Guaquimay, perteneciente al municipio de Yacopí-Cundinamarca (Figura 1), Plancha 189-IV-B (La Palma) del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Las coordenadas geográficas de la localización del cuerpo intrusivo son: $X=1'094.250$, $Y=987.375$.

Hidrográficamente, la región es drenada principalmente por el Río Guaquimay. Este río pertenece a la subcuenca del Río Minero, como afluentes se encuentran las Quebradas Taupa, Limones y Embarradas. Estas dos últimas limitan al intrusivo estudiado en el presente trabajo. Al oriente del cuerpo se encuentra La Cuchilla Ginebra.

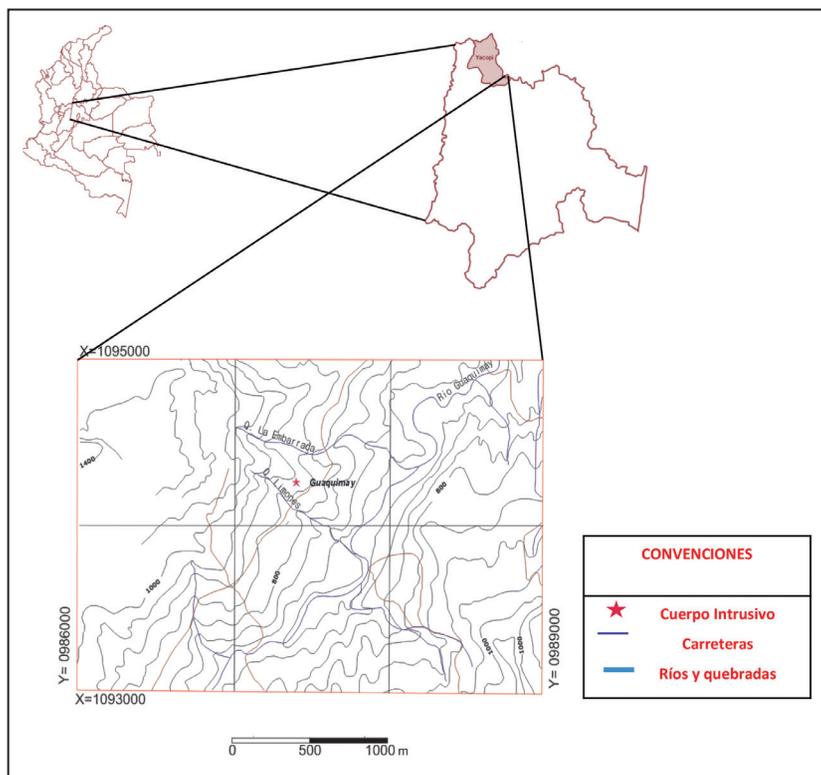


Figura 1: Mapa de localización del cuerpo intrusivo.

MARCO GEOLOGICO

De acuerdo con el mapa geológico 189 (La Palma), INGEOMINAS 1994, en el área intruida afloran rocas sedimentarias de la Formación Areniscas de Chiquinquirá, Kichi (areniscas cuarzosas, de grano fino a medio, grises oscuras a negras, en capas medias

a muy gruesas con intercalaciones de lutitas y limolitas grises oscuras) y la Formación Simití, Kis (secuencia de lutitas negras, moscovíticas, a veces piritosas, con intercalaciones de areniscas arcillosas, de grano fino a medio, gris-amarillento y capas delgadas de calizas). Estructuralmente se encuentra la Falla de Guaquimay y el sinclinal de Quípama.



Figura 2.- a)- Afloramiento del contacto del intrusivo de Macopay con las rocas de la Formación Areniscas de Chiquinquirá. b)- Detalle de la textura granular del intrusivo.

Las rocas intrusivas de Macopay macroscópicamente son faneríticas de grano fino a medio, de color verde claro, donde se observan plagioclasas, piroxenos, biotitas, y piratas; varias muestras poseen coloraciones naranja, producto de la oxidación de minerales ferromagnesianos y opacos (Figura 2).

PETROGRAFÍA

Se realizaron siete secciones delgadas a las rocas del cuerpo intrusivo de Guaquimay, para ser analizadas petrográficamente, con el fin de caracterizar y clasificar las muestras, con base en sus texturas y composición mineralógica.

Descripción petrográfica

Microscópicamente las rocas se caracterizan por ser holocristalinas, equigranulares, con tamaños de grano que varían de fino a medio entre 300-1700µ. La textura general es granular fina a media. Como minerales esenciales se reconocieron plagioclasa (oligoclasa), clinopiroxeno (diópsido) y anfíboles (hornblenda); como accesorios biotita, opacos (pirita) y apatitos; y como minerales secundarios se observan epidotas y clorita. Las plagioclasas son euhedrales y corresponden a oligoclasa. Los clinopiroxenos y anfíboles son subhedrales y se encuentran muy alterados. Las biotitas son subhedrales a anhedrales, de color café y son abundantes en las placas IG-01, IG-02, IG-06 IG-07. Los opacos son anhedrales, y en la placa IG-06 presentan formas esqueléticas. La epidota, mineral secundario de introducción, es anhedral y se encuentra sobre las plagioclasas, piroxenos y anfíboles, y esporádicamente aparece de forma intersticial entre las plagioclasas. La clorita es anhedral y se forma como producto de alteración de la biotita, en algunas secciones éstas tienen formas radiales.

Clasificación petrográfica

Las rocas fueron clasificadas como dioritas de acuerdo con el diagrama de Streckeisen 1974, teniendo en cuenta los minerales esenciales (normalizados al 100%), y el contenido anortítico de la plagioclasa (Figura 3).

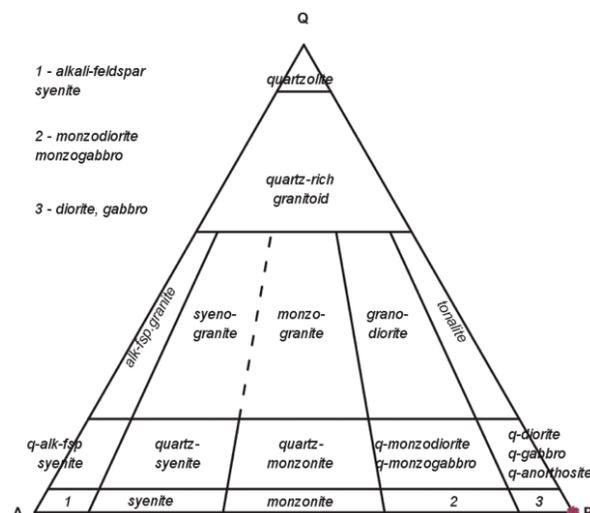


Figura 3: Clasificación de las rocas del cuerpo intrusivo según Streckeisen.

GEOQUÍMICA

La concentración de elementos mayores y algunos traza de las siete muestras del Intrusivo de Guaquimay, fueron analizadas por el método de Fluorescencia de Rayos X en los laboratorios del CEIF de la Universidad Nacional de Colombia. Los óxidos de elementos mayores fueron normalizados al 100%, libre de agua y volátiles, para realizar los diagramas de clasificación geoquímica y discriminación geotectónica.

Caracterización geoquímica

Al utilizar el diagrama de Álcalis Total Vs. SiO₂ de Irvine & Baragar, 1971, (Figura 4a) que divide las

rocas de la serie alcalina de la subalcalina, se observa que las rocas analizadas pertenecen a la serie alcalina, afirmación que se corrobora con el diagrama SiO₂ Vs K₂O, de Middlemost, 1975, (Figura 4b).

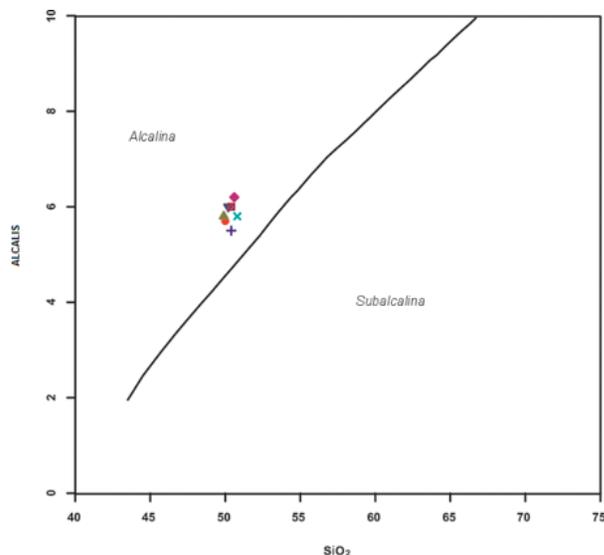


Figura 4a: Diagrama de Álcalis total Vs.SiO₂ (Irvine & Baragar, 1971). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

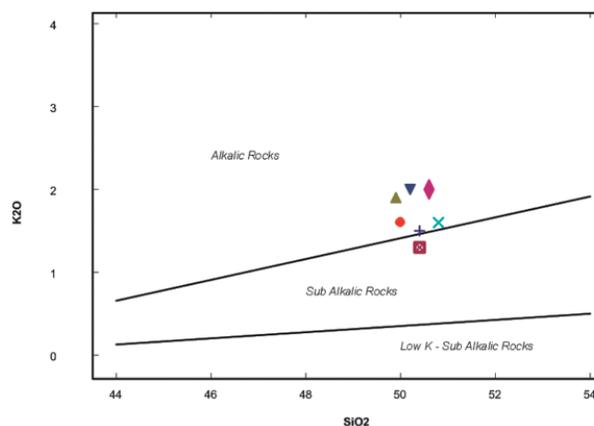


Figura 4b: Diagrama de K₂O Vs. SiO₂, (Middlemost, 1975)

Clasificación geoquímica

Se calculó la norma CIPW (Tabla 1), y con base en los minerales normativos las muestras fueron clasificadas en el diagrama de Streckeisen (1974) como monzodioritas o monzogabros, relacionando el contenido normativo de cuarzo, plagioclasa, minerales alcalinos y feldespatoides (Figura 5).

	C	Or	Ab	An	Ne	Di	Ol	Mt	Il	Ap	Sum
IG 01	0,000	9,456	31,555	29,532	1,700	3,295	18,278	2,030	3,230	0,947	100,023
IG 02	0,000	11,228	28,726	28,725	2,316	6,761	15,490	2,030	3,800	0,947	100,023
IG 03	0,000	8,865	32,683	30,276	0,630	1,209	21,290	1,885	2,470	0,711	100,019
IG 04	0,000	9,456	33,909	27,992	0,883	0,780	22,210	2,030	2,280	0,474	100,013
IG 05	1,671	11,819	34,780	23,342	0,411	0,000	22,974	2,030	2,280	0,711	100,018
IG 06	0,000	11,819	28,319	27,708	2,994	7,598	15,332	1,885	3,420	0,947	100,023
IG 07	0,000	7,683	34,071	24,996	3,087	8,083	14,949	2,175	3,800	1,184	100,029

Tabla 1.- Resultado del cálculo de la norma CIPW. Minerales normativos.

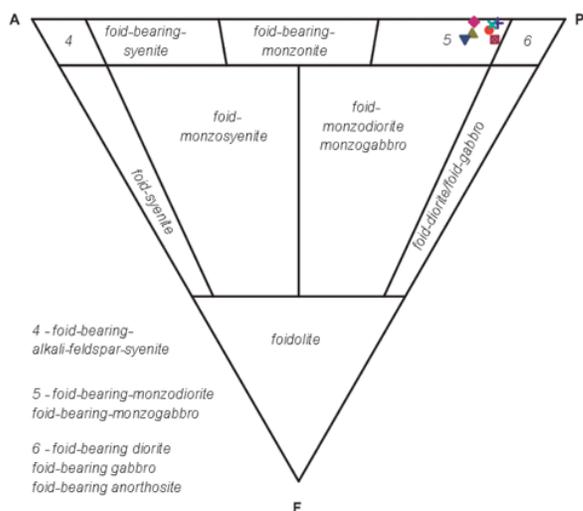


Figura 5.- Diagrama de clasificación para rocas plutónicas según Streckeisen, 1974. Clasificación de acuerdo a los minerales normativos.

Con los resultados de la Tabla 1 y mediante la fórmula $An = (100An / (An + Ab + 5/3Ne))$ se estableció el tipo de plagioclasa presente. (Tabla 2).

	An	Tipo de Pg
IG 01	46	Andesina
IG 02	47	Andesina
IG 03	47	Andesina
IG 04	44	Andesina
IG 05	40	Andesina
IG 06	45	Andesina
IG 07	39	Andesina

Tabla 2.- Cálculo del tipo de plagioclasa presente en cada una de las muestras.

Se graficaron los datos obtenidos en los análisis geoquímicos en el diagrama de Peccerillo & Taylor,

1976, que relaciona los valores de K_2O Vs. SiO_2 . La gráfica indica que las rocas corresponden a gabros ricos en K a excepción de la muestra IG – 07 que es clasificada como un gabro (Figura 6).

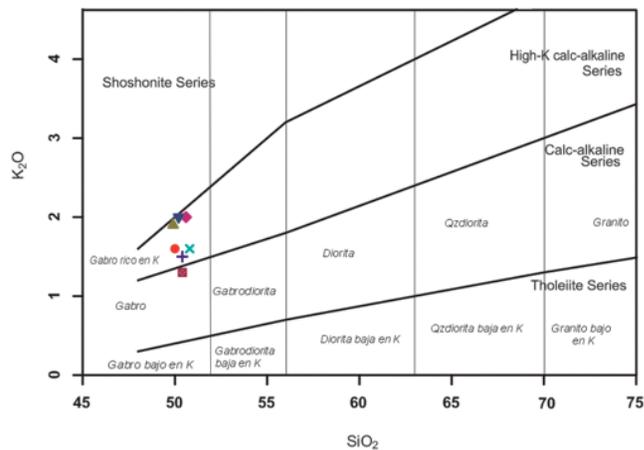


Figura 6.- Diagrama de clasificación K_2O Vs. SiO_2 (Peccerillo & Taylor, 1976). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

Del mismo modo se utilizó el diagrama de Álcalis total Vs SiO_2 de Le Bas *et al.*, 1986, donde se observa que las rocas corresponden a sienogabros, (Figura 7).

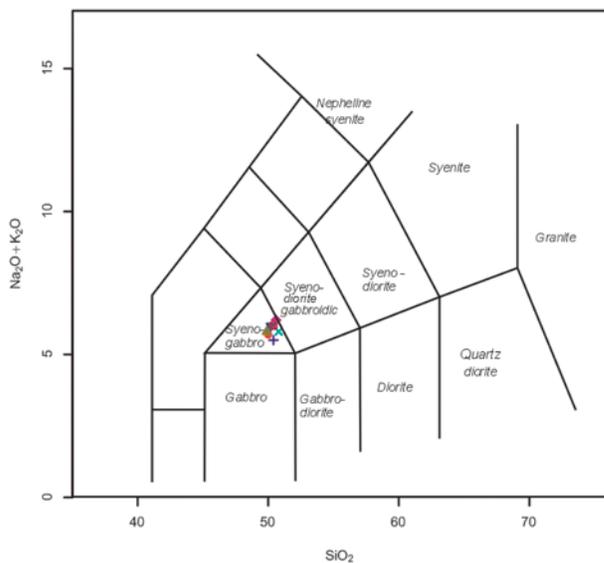


Figura 7.- Diagrama Álcalis total (Na_2O+K_2O) Vs SiO_2 método TAS (Le Bas *et al.*, 1986). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

Finalmente, de acuerdo con el diagrama TAS de Cox *et al.*, (1979) de Álcalis total Vs. SiO_2 , las muestras son clasificadas como gabros (Figura 8).

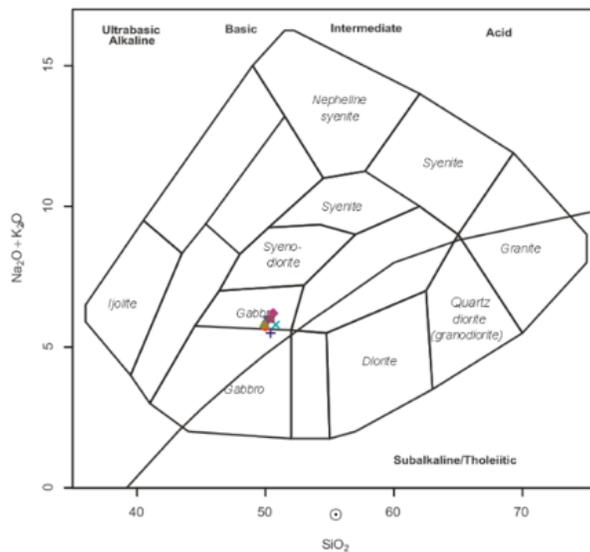


Figura 8:- Diagrama Álcalis total (Na_2O+K_2O) Vs SiO_2 (Cox *et al.*, 1979). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

DETERMINACIÓN DE AMBIENTE GEOTECTÓNICO

Para determinar el ambiente geotectónico en el cual se formaron las rocas del cuerpo intrusivo de Guaquimay, se hace necesario utilizar distintos diagramas que emplean varios elementos (mayores y algunos traza) como SiO_2 , TiO_2 , K_2O , P_2O_5 , MnO , FeO^T , Zr , Y , Ti , Nb y Sr . Primero se utilizó el diagrama de Jaramillo, 1980, que relaciona el contenido de SiO_2 con el contenido de TiO_2 para definir ambientes extensionales y compresionales. De acuerdo con este diagrama las rocas fueron emplazadas en un ambiente extensional (Figura 9).

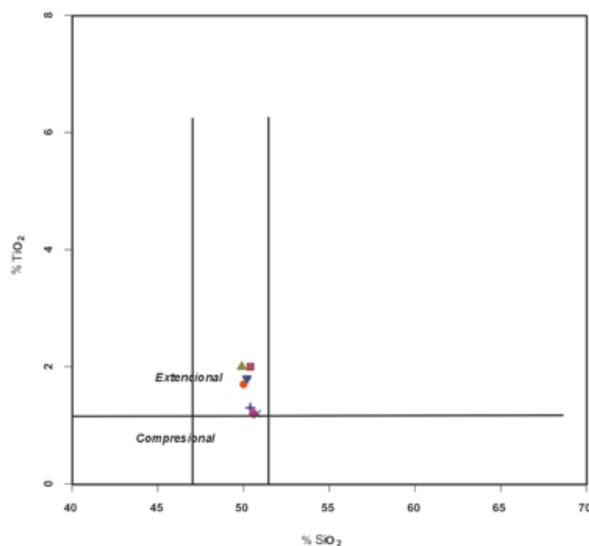


Figura 9:- Diagrama de discriminación TiO_2 Vs. SiO_2 (Jaramillo, 1980). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

El diagrama de discriminación de Pearce *et al.*, 1975, diferencia rocas formadas en un ambiente continental de uno oceánico, con base en los óxidos de TiO_2 , K_2O y P_2O_5 . Esta relación, para las muestras del intrusivo de Guaquimay sugiere que ellas se generaron en un ambiente de tipo continental. (Figura 10).

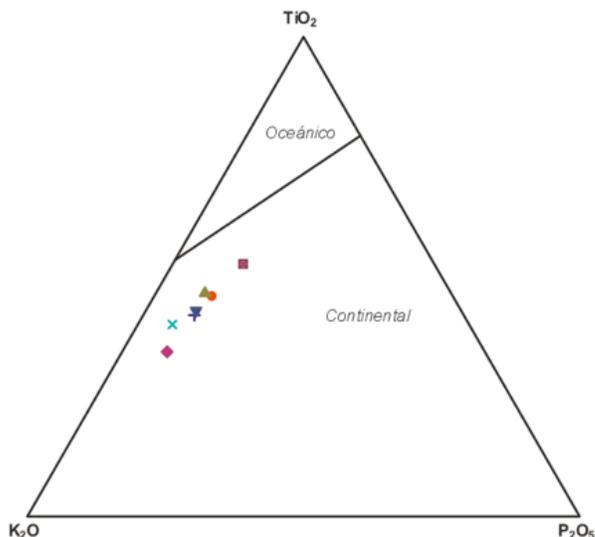


Figura 10.- Diagrama ternario de discriminación TiO_2 - K_2O - P_2O_5 (Pearce *et al.*, 1975). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

El diagrama de Pearce & Norry, 1979, (en Rollinson, 1993) muestra que las rocas se formaron en un ambiente tectónico de intraplaca. El esquema expone diferencias composicionales (Zr e Y) de cada ambiente geotectónico (Figura 11).

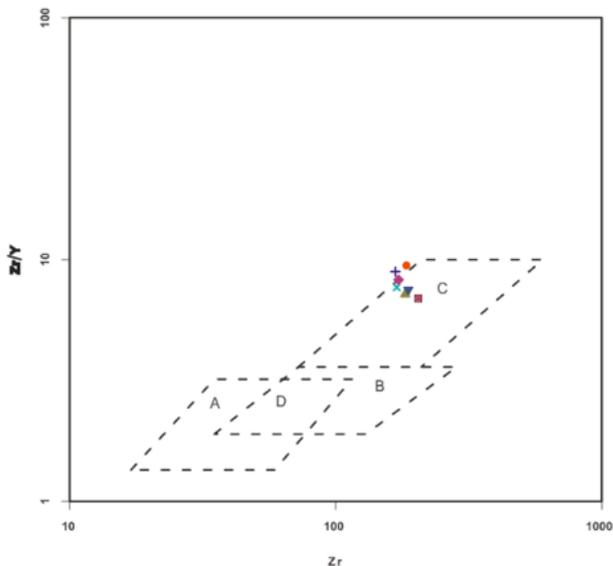


Figura 11.- Diagrama de discriminación Zr Vs Zr/Y (Pearce & Norry, 1979 en Rollinson, 1993). A: Arco de islas, B: MORB, C: Intraplaca D: MORB y arco de islas. Símbolos referenciados en el Anexo 1.

El diagrama que relaciona las concentraciones de Zr y Ti propuesto por Pearce & Cann en 1979, discrimina las rocas generadas en arcos volcánicos, MORB e intraplaca. Al utilizar este diagrama para las rocas estudiadas, se comprueba que su ambiente de generación es intraplaca. (Figura 12).

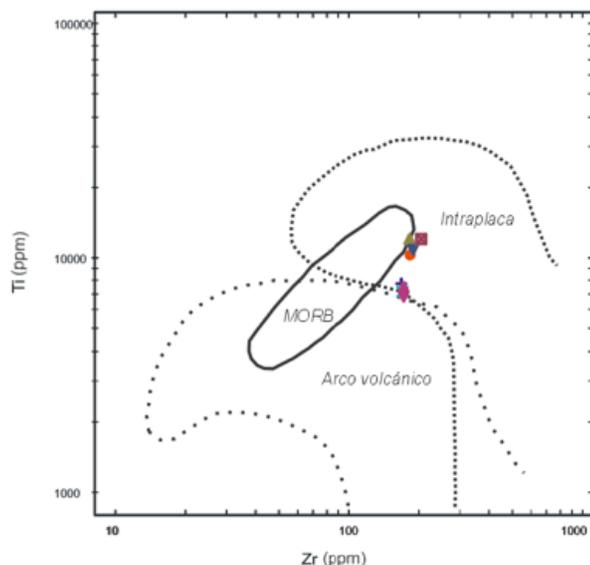


Figura 12.- Diagrama de discriminación Ti-Zr (Pearce & Cann, 1979 en Rollinson, 1993). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

El diagrama de Pearce & Gale, 1977, permite diferenciar entre rocas propias de un ambiente de margen de placa, con las de intraplaca, teniendo en cuenta relaciones de Ti/Y - Zr/Y . Con base en esta relación se identifica que las rocas del intrusivo de Guaquimay se generaron en un ambiente intraplaca, (Figura 13).

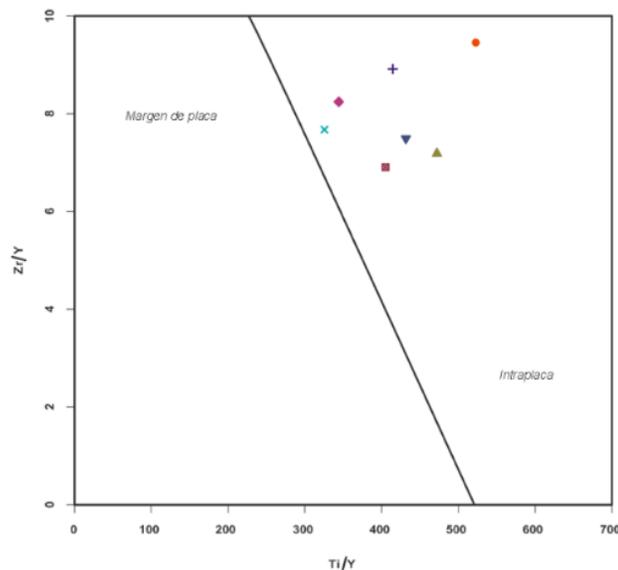


Figura 13.- Diagrama de discriminación Zr/Y Vs. Ti/Y (Pearce & Gale, 1977). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

De acuerdo con el diagrama $Ti/100-Zr-Y*3$ de Pearce & Cann, 1973 (Figura 14), la mayoría de las muestras analizadas caen en el campo de intraplaca, a excepción de las muestras IG-04 y IG-05 que se ubican en el límite del ambiente calco-alkalino e intraplaca.

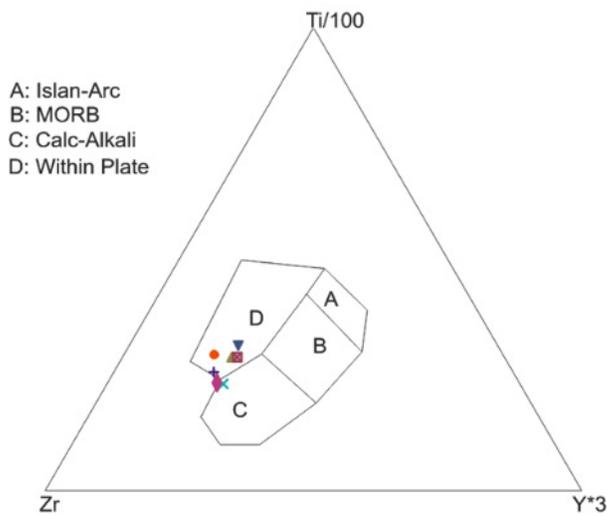


Figura 14.- Diagrama ternario de discriminación $Ti/100-Zr-Y*3$ (Pearce & Cann, 1973). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

En el diagrama de Mullen, 1983 se relaciona $TiO_2-10MnO-10P_2O_5$ separando los ambientes de OIT (ocean island tholeite), MORB (mid-ocean ridge basalts), IAT (island-arc tholeite), CAB (calcoalkaline basalts), OIA (ocean island alkaline basalts), se observa que todas la muestras se encuentran en el campo de OIA, (Figura 15).

En el diagrama $Nb*2-Zr/4-Y$ de Meschede, 1986, (Figura 15), también se corrobora que las rocas se formaron en un ambiente geotectónico de intraplaca.

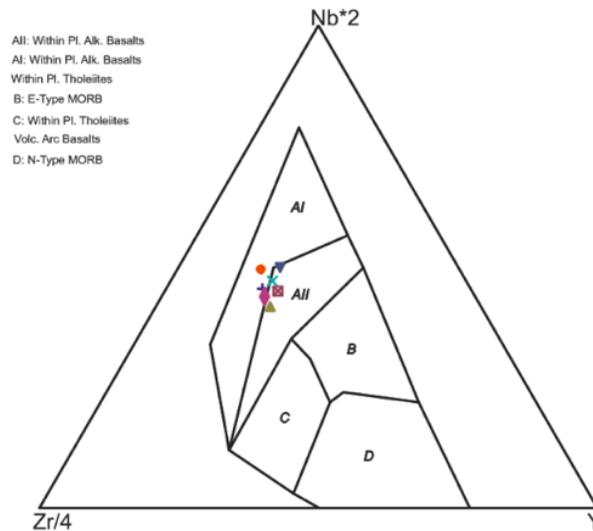


Figura 16.- Diagrama ternario de discriminación $Nb*2-Zr/4-Y$ (Meschede, 1986). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

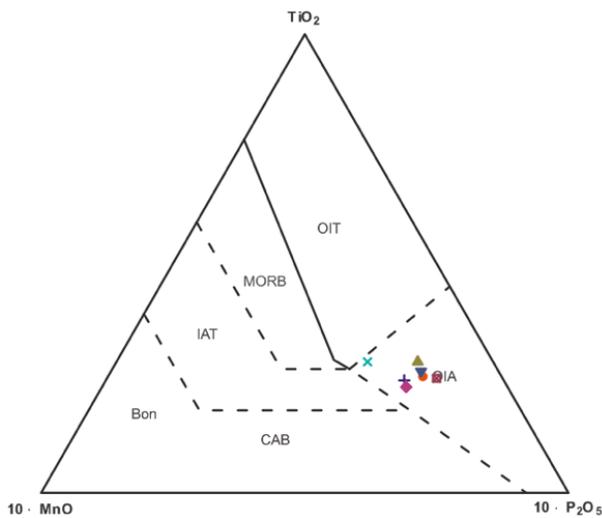
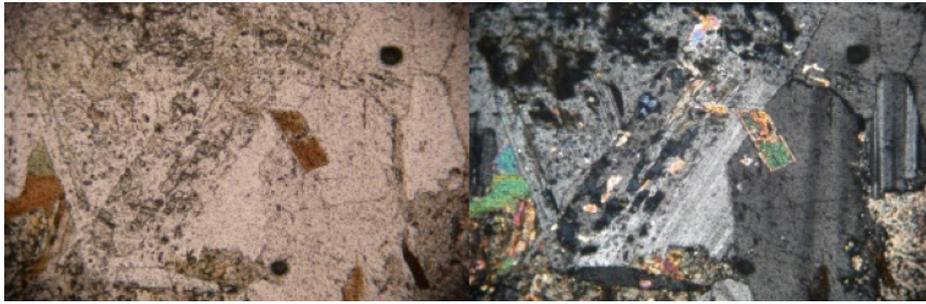
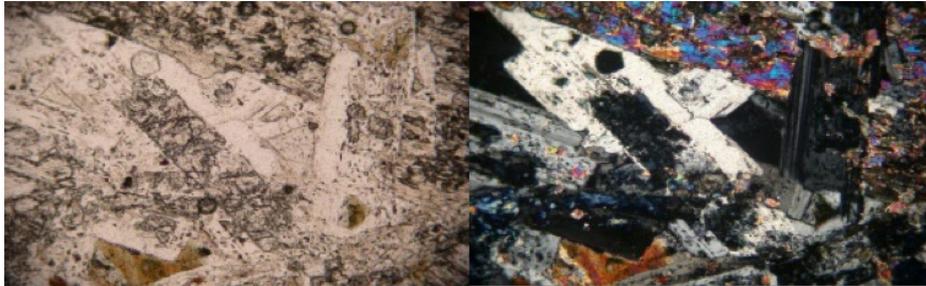


Figura 15.- Diagrama ternario de discriminación, $TiO_2-10MnO-10P_2O_5$ (Mullen, 1983). Símbolos referenciados en el Anexo 2.

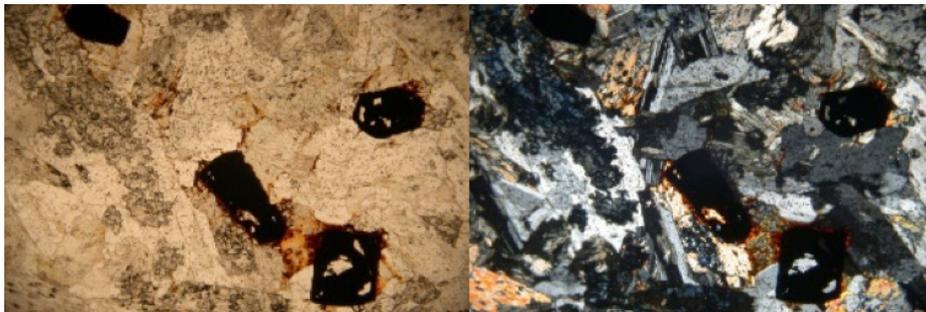
IG - 01



IG - 02



IG - 04



IG - 05



IG - 06



Figura 17.- Microfotografías de las secciones delgadas (IG-01 a IG06) de las 6 muestras estudiadas.

CONCLUSIONES

Petrográficamente las rocas del intrusivo de Guaquimay se clasifican como dioritas. Según la clasificación de Streckeisen, utilizando los minerales normativos (calculados por medio de la norma CIPW), las rocas corresponden a monzodioritas y monzogabros con tendencia feldespática.

Con base en los diagramas de Irvine & Baragar (1971) y Middlemost (1975) se determina que las rocas tienen un carácter alcalino. Geoquímicamente las rocas del intrusivo de Guaquimay fueron clasificadas como gabros, gabros ricos en K y sienogabros.

Los diferentes diagramas de discriminación geotectónica revelan que las rocas fueron generadas en un ambiente distensivo (intraplaca continental), como consecuencia de la generación de un rift intracontinental, producto del adelgazamiento de la corteza continental debido a los grandes espesores de las rocas sedimentarias en la cuenca del Cretácico Inferior.

Los resultados obtenidos al utilizar los diferentes diagramas de discriminación geotectónica para las muestras del Intrusivo de Guaquimay son contundentes y permiten afirmar inequívocamente que estas rocas se generaron en un ambiente intraplacas continental. Las relaciones estratigráficas de campo sugieren que el emplazamiento de este cuerpo tuvo lugar en el Cretácico Inferior.

De acuerdo con lo anterior se postula que el Intrusivo de Guaquimay podría tener una relación genética con los demás cuerpos intrusivos básicos que afloran a lo largo de la Cordillera Oriental Colombiana.

BIBLIOGRAFIA

COX, K et al. (1979). *The Interpretation of Igneous Rocks*. Allen and Unwin. London.

FABRE, A & DELALOYE, M. (1982). Intrusiones básicas en las sedimentitas de la parte central de la Cordillera Oriental. *Geología Norandina* 6, p 19 – 28.

IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R.A. (1971). *A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks*. Canadian Journal of Earth Sciences, No.8, pp. 523 – 548.

JARAMILLO, J. (1980). *Petrology and Geochemistry of the Nevado Del Ruiz Volcano, Northern Andes, Colombia*. -Ph. D. Thesis University of Houston.

LE BAS, M et al. (1986). *A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram*. Journal of Petrology. Vol. 27, Part 3.

MARQUINEZ, G & MORENO, L. (1993). Cartografía geológica y análisis petrográfico de las rocas ígneas básicas aflorantes en el extremo sur – este de la plancha 169Puerto Boyacá (Departamentos de Cundinamarca y Boyacá). Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, 81p.

MESCHEDE, M. (1986): A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb–Zr–Y diagram. -Chem. Geol. Bd. 56: p. 207-218; Elsevier Sci. Publ. Comp., Amsterdam.

MIDDLEMOST, E.A.K., (1975): The basalt clan. *Earth Sci. Rev.* 11: 337-364.

MORENO, J & CONCHA, A. (1993): Nuevas manifestaciones ígneas básicas en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, Colombia. *Geología Colombiana* 18, p 143–150.

MORENO, J.M., CONCHA, A.E. & LOZANO, E.L. (2007). Petrogénesis y Geoquímica del cuerpo ígneo de Pajarito, Boyacá – Colombia. *Geología Colombiana*, 32, pp.111-126.

MORENO, J.M., CONCHA, A.E. & TENJO, N. (2004). Caracterización Geoquímica y Petrográfica del “Gabro de La Corona”, Municipio de La Victoria, Boyacá – Colombia. *Geología Colombiana*, 29, pp.107-125.

MULLEN, E.D., (1983). MnO/TiO₂/P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis: *Earth and Planetary Science Letters*, 62, 53-62.

NAVARRETE, A. (2002). Evaluación geológica y petrográfica del cuerpo ígneo aflorante en el Cerro Tragarepas, al Norte de la población de Pacho, Cundinamarca. Departamento de Geociencias. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 122p.

PEARCE, J et al. (1975): The TiO₂ – K₂O – P₂O₅ diagram: a method of discriminating between oceanic and non-oceanic basalts. *Earth and Planetary Science Letters*, No. 24, pp. 419–426.

PEARCE, J & GALE, G. (1977). Identification of ore-deposition environment from trace element geochemistry of associated igneous host rocks, *Geological Society Special Publication*, 7, 14-24.

PECERILLO, A & TAYLOR, S (1976): Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.* 58.

RODRIGUEZ, E & ULLOA, C. (1994): Mapa geológico de Colombia. Plancha 189–La Palma. Escala: 1:100000. INGEOMINAS, Bogotá.

ROLLINSON, H.R., (1993): *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, and Interpretation*. Longman scientific & technical. Singapore.

- STRECKEISEN, A.** (1974). Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks. Recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geologische Rundschau. Internationale Zeitschrift für Geologie. Stuttgart.* Vol.63, p. 773-785.
- TENJO, N.** (2003). Reconocimiento geológico de rocas ígneas básicas aflorantes en los alrededores de La Victoria, Boyacá-Colombia. Departamento de Geociencias. Bogotá., Universidad Nacional de Colombia. 119p.
- VÁSQUEZ, M.** (1999). Evaluación Petrográfica y Caracterización Geoquímica de los cuerpos intrusivos básicos aflorantes en la región de Cáceres y Puerto Romero, departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Departamento de Geociencias. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 74p.
- VÁSQUEZ, M., CONCHA, A.E., MORENO, J.M & PATARROYO, P.** (2000). Caracterización Geoquímica y Petrografía de los Cuerpos Intrusivos Básicos, aflorantes en la región de Cáceres y Puerto Romero, departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. *Geología Colombiana*, 25, pp. 185-198.
- VÁSQUEZ, M.** (2007). Mafic magmatism in the Eastern Cordillera and Putumayo Basin, Colombia: Causes and consequences. Institut für Geowissenschaften. Potsdam, Universität Potsdam. 120p.
- VÁSQUEZ, M & ALTENBERGER, U.** (2005). Mid-Cretaceous extension-related magmatism in the Eastern Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 20. P 193-210.
- VÁSQUEZ, M, ALTENBERGER, U. ROMER R., SUDO., M, MORENO_MURILLO J.M.,** (2010). Magmatic evolution of the Andean Eastern Cordillera of Colombia during the Cretaceous: Influence the previous tectonic processes. *Journal of South American Earth Sciences* 29. P 171-186.

Anexo 1.- RESULTADOS DE ANALISIS DE FLUORECENCIA DE RAYOS X

OXIDOS (resultados en %)

	● IG 01	▲ IG 02	+ IG 03	× IG 04	◆ IG 05	▼ IG 06	■ IG 07
<i>Al₂O₃</i>	18,79	18,53	18,73	18,19	18,79	18,56	17,78
<i>CaO</i>	7,09	7,91	6,65	5,85	4,92	7,84	7,53
<i>FeO</i>	6,75	6,67	6,33	6,75	6,92	6,67	7,08
<i>Fe₂O₃</i>	1,35	1,33	1,27	1,35	1,38	1,33	1,42
<i>K₂O</i>	1,58	1,84	1,47	1,55	1,95	1,93	1,29
<i>MgO</i>	6,98	6,44	8,25	8,18	8,42	6,38	6,08
<i>MnO</i>	0,13	0,13	0,1	0,1	0,1	0,13	0,12
<i>Na₂O</i>	3,97	3,83	3,84	4,11	4,11	3,98	4,52
<i>P₂O₅</i>	0,41	0,44	0,31	0,17	0,31	0,43	0,46
<i>SiO₂</i>	48,63	48,97	49,02	49	49,28	49,34	48,92
<i>TiO₂</i>	1,61	1,99	1,26	1,17	1,17	1,73	1,88

Elementos TRAZA (resultados en ppm)

	<i>Cr</i>	<i>Nb</i>	<i>Ni</i>	<i>Sr</i>	<i>Rb</i>	<i>Y</i>	<i>Zn</i>	<i>Zr</i>	<i>Co</i>
● IG 01	184,9	32	217,9	485,9	36,9	19,5	454,5	184,4	39,5
▲ IG 02	198,9	35	192,1	548,6	46,9	25,4	1060,3	182,5	43,3
+ IG 03	255,1	25,4	132,1	387,7	22,7	18,8	261,1	167,6	28
× IG 04	225,9	28,8	127,9	291,4	25,4	22,1	329,7	169,6	937
◆ IG 05	224,3	25	115,7	239,2	35,4	20,9	312,6	172,3	44,6
▼ IG 06	166	25,8	186,5	541,7	50,4	25	1133,9	187,4	33,4
■ IG 07	146,2	33,3	111,1	447,8	28,6	29,6	54,3	204,4	34,8

Tabla descriptiva de las características de las 6 muestras estudiadas

Rótulo	Coordenadas		Textura	Tamaño de los cristales (μ)	Minerales			Clasificación Petrográfica	
	X	Y			Esenciales %	Accesorios %	Secundarios %		
IG - 01	1094256	0987370	Granular fino a medio	300 - 625	Plagioclasa (Oligoclasa) Clinopiroxeno Anfibol	43.7 18.4 4.8	Biotita 10 Opacos 0.2	Clinozoisita 10.5 Clorita 7.2 Zoisita 3.1 Epidota 2.1	Diorita
IG - 02	1094256	0987370	Granular fino a medio	500 - 1600	Plagioclasa(Oligoclasa-Andesina) Clinopiroxeno Anfibol	43.5 16.7 14.5	Biotita 6.4 Opaco 1.3	Epidota 3.8 Clorita 4.0 Zoisita 4.0 Clinozoisita 5.8	Diorita
IG - 03	1094250	0987370	Granular fino a medio	300 - 1500	Plagioclasa (Oligoclasa) Clinopiroxeno Anfibol	49.1 9.0 5.4	Biotita 1.0 Opaco 2.0 Apatito 0.1	Zoisita 5.0 Clinozoisita 8.5 Epidota 1.7 Clorita 18.2	Diorita
IG - 04	1094256	0987370	Granular fino a medio	400 - 1300	Plagioclasa (Oligoclasa) Clinopiroxeno Anfibol	44.6 10.7 7.1	Biotita 1.0 Opaco 2.3 Apatito 0.9	Zoisita 4.0 Clinozoisita 13.8 Clorita 15.6	Diorita
IG - 05	1094250	0987375	Granular fino a medio	700 - 1700	Plagioclasa(Oligoclasa-Andesina) Clinopiroxeno Ortopiroxeno Anfibol	43.4 10.1 1.3 8.2	Biotita 1.0 Opaco 1.3 Apatito 1.5	Epidota 7.0 Clinozoisita 8.1 Zoisita 2.4 Clorita 15.7	Diorita
IG - 06	1094256	0987370	Granular fino a medio	800 - 1700	Plagioclasa (Oligoclasa) Clinopiroxeno Anfibol	44.2 7.5 7.1	Biotita 11.5 Opacos 1.4 Apatitos 2.0	Zoisita 5.7 Clinozoisita 12.1 Epidota 1.4 Clorita 7.1	Diorita
IG - 07	1094250	0987375	Granular fino a medio	700 - 145	Plagioclasa (Oligoclasa) Clinopiroxeno Anfibol	41.2 10.0 11.5	Biotita 12.0 Apatito 1.1	Zoisita 1.7 Clinozoisita 12.4 Epidota 4.6 Clorita 5.5	Diorita

