



Petrogenesis y Geoquímica del cuerpo ígneo de Pajarito, Boyacá - Colombia

Petrogenesis and Geochemistry of the Pajarito igneous body, Boyacá - Colombia

JUAN MANUEL MORENO-MURILLO
ANA ELENA CONCHA-PERDOMO
ELSY LILIANA LOZANO

¹Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

E-mail: jmmorenom@unal.edu.co

E-mail: aeconchap@unal.edu.co

MORENO-MURILLO, J.M., CONCHA-PERDOMO, A.E. & LOZANO, E.L. (2007): Petrogenesis y Geoquímica del cuerpo ígneo de Pajarito, Boyacá – Colombia.- GEOLOGÍA COLOMBIANA, 32, pp. 111-126, 29 Figs., Bogotá.

RESUMEN

Se conocen varias intrusiones básicas en la Cordillera Oriental de Colombia y una de ellas es la que se encuentra al noroeste del área urbana de Pajarito Departamento de Boyacá, conocida en la literatura como Ígneo de Pajarito, el cual intruye rocas sedimentarias del Cretáceo Inferior. Las rocas se componen esencialmente de augita, hornblenda, plagioclasa, labradorita y se clasifican petrográficamente como melagabros piroxénicos hornbléndicos. La textura predominante es intergranular, presentándose también texturas poiquilítica y ofítica. Los minerales secundarios presentes evidencian alteración hidrotermal.

La caracterización geoquímica indica que estas rocas, poseen concentraciones entre el 44 y 52% de SiO₂, pertenecen a la serie alcalina, con tendencia sódica, y geoquímicamente se clasifican como gabros, gabros alcalinos y gabros peridotíticos. Las rocas del cuerpo Ígneo de Pajarito, presentan una composición mucho más básica, que las rocas gabroideas descritas en el flanco occidental de la Cordillera Oriental.

Al analizar los diagramas de discriminación tectónica, se concluye que las rocas del Cuerpo Ígneo de Pajarito, fueron generadas en un dominio distensivo de ambiente geotectónico intraplaca, como consecuencia de la alta subsidencia de la cuenca durante gran parte del Mesozoico, que generó adelgazamiento de la corteza continental y el desarrollo de fracturas muy profundas que permitieron el ascenso del magma debido a la fusión parcial del manto.

Palabras Clave: *gabros, Ígneo de Pajarito, Intrusiones básicas de Colombia.*

ABSTRACT

Some basic intrusive bodies are in the Eastern cordillera of Colombia and one of them is located northwestern to the Pajarito town Boyacá Department, and is called from the geological literature as "Ígneo de Pajarito" which is intruded sedimentary rocks of the Lower Cretaceous age. The rocks are composed by Hornblende, plagioclase, labradorite, and are petrographically classified as piroxenitic-hornblende melagabbros. The dominated texture is intergranular and also poikilitic and ophitic. The secondary minerals show hydrothermal alteration evidences.

Geochemistry characterization shows that these rocks have 44 and 52% of SiO₂ % belonging to the alkaline series and geochemically are classified as alkaline gabbros and peridotites gabbros. The "Ígneo de Pajarito" rocks shows more basic compositions that the western flank eastern cordillera basic rocks

Tectonic discrimination diagrams analysis show as conclusion that the Ígneo de Pajarito body rocks were generated on a geotectonic distensive intraplate dominium, as consequences of the high subsidence of the basin during the Mesozoic time producing thinning of the continental crust and

developed of deeper fracture from the magma get up for mantle fusion.

Key words: *gabbros, Ígneo de Pajarito, basic intrusive rocks of Colombia.*

INTRODUCCION

Diversos estudios reportan la existencia de cuerpos ígneos intrusivos básicos mesozoicos que se encuentran intruyendo rocas sedimentarias cretácicas a lo largo de la Cordillera Oriental Colombiana, de los cuales no todos se han caracterizado geoquímica ni petrográficamente, siendo uno de ellos el cuerpo ígneo de Pajarito.

La zona de estudio presenta una topografía escarpada en las laderas del valle del río Cusiana, con alturas hasta los 1300 m.s.n.m. en la Cuchilla Altagracia al occidente de la Población de Pajarito, y suave en la parte de las terrazas del valle a alturas de 800 m.s.n.m. El cuerpo intrusivo se encuentra ubicado en el flanco oriental de La Cordillera Oriental, en el Departamento de Boyacá, al nororiente del Municipio de Pajarito en el denominado cuadrante K-13, y localmente aflora en las coordenadas X: 1.081500; X: 1.081500; X: 1.076000; X: 1.076000 y Y: 1.151000; Y: 1.154500; Y: 1.151000; Y: 1.154500 en Pajarito; X: 1080950, Y: 1154.000, en la Quebrada Majagua; y en las coordenadas X:1076100 y Y: 1152800, en el puente sobre el río Cusiana, sobre las planchas IGAC 192-IV-C y 211-II-A, (Fig. 1). El Cuerpo Ígneo se encuentra aflorando ampliamente en la margen izquierda de la carretera que de Pajarito conduce a Sogamoso, a lo largo del valle del río Cusiana, 500 metros al norte del área urbana de Pajarito formando escarpes pronunciados a lo largo del lecho del cauce principal de la quebrada sin nombre existente de ese sector (Lámina 1 A y B). Exposiciones menores ocurren en el sitio de Ponteadero sobre el río Cusiana en su margen izquierda, en la carretera que de Pajarito conduce a Aguazul, piedemonte Llanero, y a lo largo del cauce de la Quebrada Majagua al norte de la zona de mayor exposición y que aflora como un pequeño dique que intruye las rocas sedimentarias de la Formación Lutitas de Macanal de edad Berriasiano –Valanginiano. Recientes deslizamiento en la cuenca de la quebrada, permite ver una gran exposición del cuerpo ígneo.

HIDROGRAFÍA

La principal red hidrográfica es el río Cu-

siana en cuyo lecho aflora puntualmente el cuerpo básico, y recorre el área en dirección NNE–SSW en la parte más septentrional y aproximadamente N-S en la parte sur. El afluente principal es la quebrada Magavita, aunque también se destacan la quebrada Majagua donde se expone el cuerpo ígneo; y las quebradas Grano de Oro, El Guaimaro, El Sagua y otras menores sin denominación, como en la que aflora el cuerpo principal del intrusivo de Pajarito. El patrón de drenaje predominante es subdendrítico y sus tributarios presentan dirección WNW–ESE. El Río se encuentra controlado estructuralmente a lo largo de la denominada falla de Pajarito. En algunas partes se presenta patrón sub-paralelo debido a las pendientes pronunciadas. La alta densidad de drenaje indica que la litología predominante es blanda. Se destacan en el amplio valle del Río Cusiana los depósitos de abanicos y terrazas aluviales cuaternarias.

ESTADO ACTUAL DEL TEMA

Desde el punto de vista estratigráfico se han realizado diferentes estudios geológicos en la Cordillera Oriental realizados por Ingeominas. La cartografía geológica de las planchas 192 y 211 ha sido elaborada por ULLOA & RODRÍGUEZ (1976). ROA & ROJAS (1992) realizaron una evaluación de la capacidad hidrocarburífera de las formaciones Lutitas de Macanal, Arenisca de Las Juntas, Fómeque, Une y Chipaque, trabajando específicamente en la sección Vado Hondo–Pajarito y reportan el intrusivo en la quebrada Majagua (Figs. 2 y 3).

CAMPBELL & BÜRGL (1965) son los primeros que mencionan las intrusiones básicas en el Río Guaguaquí (60 Km. al noroccidente de Chiquinquirá) y en Pajarito (80 Km. al Suroriente de Tunja). Concluyen que las mineralizaciones suprayacen las intrusiones y afirman que las

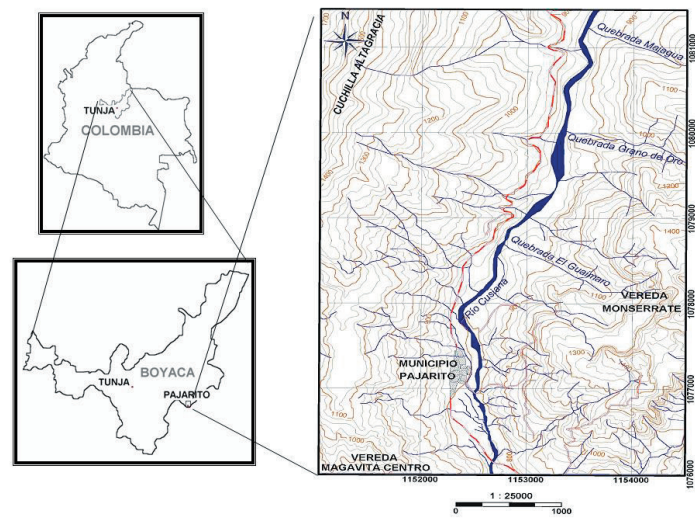


Fig. 1 Mapa de localización del área de estudio.

intensas condiciones distensivas de estas zonas, pudieron haber producido la fusión de la corteza y la formación de rocas ígneas.

FABRE & DELALOYE (1983) realizan los estudios primarios de las intrusiones básicas aflorantes en la parte central de la Cordillera Oriental y se refieren a las Intrusiones de Pajarito entre otras, basándose en su petrografía, análisis químicos y dataciones radiométricas. Concluyen que estas intrusiones están localizadas en la zona donde se inició la transgresión cretácica y donde ocurrió la mayor subsidencia de la cuenca, entendiendo que esta área representa la zona más débil de la corteza continental cretácica y que posiblemente debido a profundas fracturas, el magma de carácter alcalino ascendió.

HEBRARD (1985) efectuó un estudio geodinámico del Cretáceo para el piedemonte de la Cordillera Oriental, entre los ríos Casanare y Cusiana analizando lo que denomina “cuerpos intrusivos gabroides” en la región de Pajarito y Rodrigoque. SARMIENTO (1985) menciona que la Intrusión de Pajarito y una cercana a Labrazagrande, parecen estar asociadas con el Sistema de Fallas del Borde Llanero. UJUETA (1991) reporta que en los flancos oriental y occidental de la Cordillera Oriental de Colombia, en el área entre Girardot y Cúcuta, se encuentra un gran número de intrusivos menores, stocks, diques y silos de edad Precámbrica(?) a Cretáceo Inferior–Medio, centros volcánicos, mineralizaciones y fuentes termales, asociadas con una clara orientación NW–SE. Basado en datos geomorfológicos, geofísicos, estructurales y de sedimentación, deduce la existencia de un juego de lineamientos, los cuales corresponden a antiguas y profundas fracturas través de las cuales ascendió magma y fluidos mineralizantes.

El Grupo de Investigación “Geomorfología y Procesos Fluviales” del Departamento de Geociencias de La Universidad Nacional de Colombia, reconocido por COLCIENCIAS, ha venido realizando varios trabajos acerca de la estratigrafía, petrografía y petrología detallada de los cuerpos ígneos, junto con la relación tectónica y el mecanismo de emplazamiento, dentro de los cuales se destacan:

MARQUÍNEZ & MORENO (1993) retoman los intrusivos del río Guaguaquí y sugieren que la actividad magmática que los generó, se produjo a una profundidad considerable en la parte más subsidente de la cuenca del Valle Medio del Magdalena, donde se presentó un adelgazamiento de la corteza, generándose un ambiente tectónico distensivo desde el Triásico hasta el Cretácico Tardío. Éste posiblemente permitió el ascenso del magma producto de la fusión parcial del manto. MORENO & CONCHA (1993) describen las nuevas manifestaciones básicas presentes en el flanco occidental de La Cordillera Oriental y reportan ocho manifestaciones ígneas básicas y las agrupan informalmente como “Intrusivos de Puerto Romero–Marfil” así como también el Intrusivo de Pacho. Sugieren que los

intrusivos parecen estar relacionados con los sistemas de fallas del borde de la Cordillera o posiblemente con uno de los lineamientos propuestos por UJUETA (1991). Realizan análisis petrográficos y geoquímicos de estas rocas y mencionan que dichas intrusiones cortan sedimentitas del Cretáceo.

LONDOÑO & MENDOZA (1994) reportan el “cuerpo ígneo de Cáceres” y lo describen en forma de silo que intruye al Miembro Galembó de la Formación La Luna. VÁSQUEZ (1999) y VÁSQUEZ *et al.* (2000) realizan una evaluación petrográfica y caracterización geoquímica de los cuerpos ígneos básicos aflorantes en la región de Cáceres y Puerto Romero, determinando que estas rocas pertenecen a la serie subalcalina, con tendencia sódica, que presentan un carácter toleítico y que la generación de estos cuerpos tuvo lugar en un dominio distensivo, como resultado de un rift intracontinental en el Período Berriasiano – Cenomaniano.

NAVARRETE (2002) y NAVARRETE *et al.* (2002) analizan petrográfica y geoquímicamente el cuerpo básico descrito anteriormente por MORENO & CONCHA (1993) como “Intrusivo de Pacho” entre otros, adjudicándole el nombre de Intrusivo de Tragarepas, el cual intruye rocas sedimentarias de edad Albiano. Determinan que las rocas pertenecen a la serie subalcalina con tendencia sódica y carácter toleítico y geoquímicamente los clasifican como gabros, gabrodioritas y dioritas bajas en potasio. También concluyen que el intrusivo se emplazó posiblemente en un ambiente distensivo intraplaca, como consecuencia de la alta subsidencia de la cuenca y adelgazamiento de la misma durante el Berriasiano–Cenomaniano.

TENJO (2003) y MORENO *et al.* (2004), realizan una evaluación petrográfica y geoquímica del Intrusivo La Corona, ubicado en los alrededores del Municipio La Victoria, Boyacá. Este cuerpo intruye rocas del Barremiano – Albiano Superior del Grupo La Palma. Determinan que las rocas pertenecen a la serie alcalina con tendencia sódica y a la serie subalcalina con tendencia sódica y carácter calcoalcalino y que geoquímicamente se clasifican como gabro alcalino, gabro hiperalcalino, gabro, gabrodiorita baja en potasio y diorita baja en potasio, y esta variación se debe a que el intrusivo se encuentra altamente diferenciado. Concluyen que el Intrusivo se generó en un ambiente distensivo intraplaca, como posible consecuencia de la formación de un rift intracontinental durante el Berriasiano–Cenomaniano; junto con el adelgazamiento de la corteza se generaron fracturas profundas las cuales permitieron el ascenso del magma.

GEOLOGÍA HISTÓRICA

En el Berriasiano se inició la sedimentación cretácea de la cuenca oriental con la depositación de las rocas de la Formación Lutitas de Macanal, en ambientes poco profundos sobre una paleotopografía irregular, que indicaría el inicio de la transgresión Cretácea. Posteriormente, se

deposita la Formación Arenisca de Las Juntas en un ambiente litoral deltáico (Hauteriviano); Entre el Barremiano–Aptiano se presenta un nuevo avance del mar hacia el este y se depositan las lodolitas y calizas de la Formación Fόμεque. Durante el Albiano–Cenomaniano, ocurre la progradación de un frente deltáico hacia el occidente representado por las arenas de la Formación Une, que para el área corresponde a depósitos de playa; Y por último, se depositó la Formación Chipaque (Turoniano–Coniaciano) en condiciones marinas poco profundas a litoral deltáico (FABRE 1985). En general, la cuenca presentó alta subsidencia y sedimentación durante el Cretáceo Inferior; la subsidencia fue controlada por fallas normales que permitieron el ascenso de un magma básico FABRE & DELALOYE (1983). Durante el Mioceno se presenta el levantamiento de la Cordillera Oriental debido a una tectónica compresional, lo que origina gran cantidad de plegamiento y fallamiento.

ESTRATIGRAFÍA

Formación Lutitas de Macanal (Kilm)

Nombre dado por ULLOA & RODRÍGUEZ (1976) para designar un conjunto de lutitas con esporádicas intercalaciones de calizas y areniscas que constituyen la parte media del Grupo Cáqueza. Su localidad tipo se encuentra en el cañón del Río Batá, entre las Quebradas El Volador y La Esmeralda (Cuadrángulo K-12, INGEOMINAS). Tiene un espesor total de 2935 metros y se encuentra en la parte occidental de la zona de estudio. La morfología es suave y se puede subdividir en varios conjuntos: Un conjunto inferior compuesto por arcillolitas y shales negros, con laminación incipiente, algo calcáreas y micáceas; el conjunto central compuesto por areniscas grises oscuras, cuarzosas, de grano fino a muy fino, cemento silíceo, menos frecuentemente calcáreo; matriz arcillosa y con materia orgánica, la moscovita es frecuente a abundante; y el conjunto superior compuesto por intercalaciones de arcillolitas, limolitas y areniscas finas. El contacto con la suprayacente Formación Arenisca de Las Juntas es neto y concordante. La edad de la Formación es Berriasiano – Valanginiano (ULLOA & RODRÍGUEZ 1976B).

Depósitos Cuaternarios (Q)

Debido a que la corriente principal Río Cusiana y sus afluentes es de gran caudal, su dinámica en el valle permite definir principalmente depósitos aluviales de terrazas aluviales, con morfologías planas y suaves. Sobresale el abanico aluvial de la Quebrada El Guaimaro, con morfología típica triangular sobre la margen izquierda del valle.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área de estudio presenta en general una topografía escarpada y la mayoría de pendientes estructurales corresponden a la expresión de la Formación Lutitas de Macanal con rumbos aproximados a N10E. Las estructu-

ras más importantes de la región son la respuesta a una tectónica de tipo compresional donde se destacan las siguientes estructuras de occidente a oriente:

- Sinclinal de El Boquerón: Estructura asimétrica, con el flanco oriental más abrupto que el occidental. Presenta inversiones en el flanco oriental. La estructura hacia el norte esta truncada por la Falla de Pajarito (ULLOA & RODRÍGUEZ 1976).

- Falla de Pajarito: Es el rasgo estructural más sobresaliente de la zona la cual presenta orientación aproximada N5–10E. Pertenece al Sistema de Fallas de Guacaraimo, con dirección predominantemente NE, aunque al sur del Municipio de Pajarito presenta dirección N–S (ULLOA & RODRÍGUEZ 1976, Fig. 2). El plano de falla buza hacia el W–NW, con ángulo relativamente alto y pone en contacto la Formación Lutitas de Macanal, con la Formación Fόμεque, por lo cual es de suponer un desplazamiento vertical de gran magnitud, superior a los 1000 m. (ROA & ROJAS 1992).

Al occidente de la Falla de Pajarito, se presentan varias estructuras anticlinales y sinclinales de formas simétricas apretadas (ULLOA & RODRÍGUEZ 1976). UJUETA (1991), plantea la existencia de varios lineamientos con dirección NNE–SSW en la Cordillera Oriental de Colombia. El término lo utiliza para denominar fallas profundas que penetran hasta el Manto Superior manifestándose en superficie por rasgos estructurales, geomorfológicos, de sedimentación, magmáticos y geofísicos. A cada uno de los lineamientos le asignó el nombre dependiendo de la localidad más importante por la cual pasan y el Cuerpo Ígneo de Pajarito, se encuentra relacionado con el trazado del Lineamiento de Paipa.

CUERPO ÍGNEO DE PAJARITO

El Cuerpo Ígneo de Pajarito denominado por (ULLOA & RODRÍGUEZ 1976), aflora al noroccidente del área urbana de Pajarito, Boyacá, y se encuentra intruyendo hasta las rocas sedimentarias del Cretáceo Inferior de la Formación Lutitas de Macanal (Berriasiano–Valanginiano). El cuerpo principal esta expuesto en el flanco occidental del valle del río Cusiana en las coordenadas X: 1.078.500 y Y: 1.152500, aflorando aproximadamente en un extensión de 100 metros de alto y 100 metros de ancho. (Fig. 2; Lámina 1 A y B). Allí el cuerpo corresponde a un silo, aproximadamente concordante con la estratificación regional (Lamina 1 C y D), siendo imposible definir los contactos netos. El cuerpo ígneo presenta una expresión morfológica alargada con orientación NE–SW, no muy notoria en las fotografías aéreas debido a que aflora en la pendiente oriental de la cuchilla Altigracia.

Sobre la margen oriental del valle del río Cusiana se han encontrado dos sitios de exposición del cuerpo ígneo; En el sitio de ponteadero sobre el río, margen izquierda en la vía que de Pajarito conduce a Aguazul, donde apa-

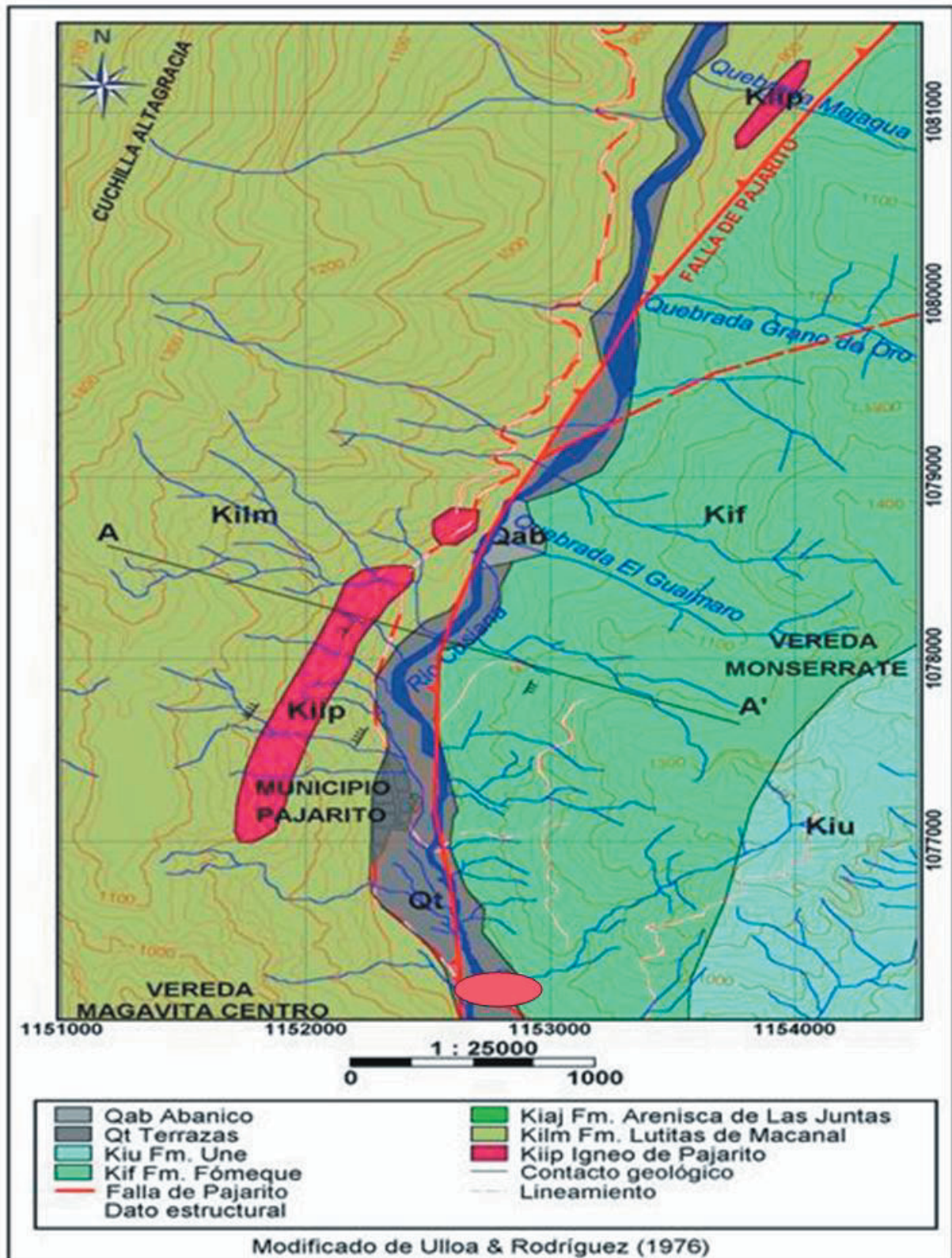


Fig. 2. Mapa geológico del sector de Pajarito.

rece como un cuerpo intrusivo de menor tamaño tipo silo interestratificado con las rocas sedimentarias de la Formación Lutitas de Macanal que se encuentra muy alterado. ROA & ROJAS (1992) reportan la exposición de un pequeño dique ígneo también muy alterado, en la Quebrada Majagua, al norte de Pajarito, el cual intruye las rocas sedimentarias de la misma formación. (Fig. 2). En el presente trabajo se utiliza la denominación “Cuerpo Ígneo de Pajarito” hecha por ULLOA & RODRÍGUEZ (1976).

PETROGRAFÍA

Con el fin de caracterizar y clasificar las rocas pertenecientes al Cuerpo Ígneo de Pajarito, se analizaron 7 muestras de roca, cuya ubicación se encuentra en la figura 3.

Macroscópicamente las rocas del Cuerpo Ígneo de Pajarito son de color gris verdoso a verde, de grano fino a medio; Presentan texturas faneríticas. En muestra de mano se reconocen piroxenos, anfíboles y plagioclasas. También se aprecian minerales de alteración como calcita y de introducción como piritita, la cual en algunos casos se presenta en cantidades considerables y con tamaños que varían entre 1–3 milímetros, (Lám. 1 E y F). Las rocas ígneas son holocristalinas y equigranulares, presentan textura intergranular predominante, con tamaño de grano medio (P01, P02, P03A, P03B, P05, P06A y P07) a fino (P04A y P04B). Localmente se aprecian texturas poiquilítica y ofítica aunque en algunas muestras se presenta textura esquelética en minerales opacos.

La textura poiquilítica se refiere a pequeños cristales granulares de piroxeno incluidos al azar dentro de grandes cristales de hornblenda y en algunos casos dentro de cristales de plagioclasa. La hornblenda generalmente se encuentra en posición paralela con respecto al crecimiento de los piroxenos. La textura ofítica, indica que cristales de plagioclasa se encuentran embebidos o incluidos en grandes cristales de piroxeno y con formas euhedrales.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Aunque la roca se encuentra alterada hidrotermalmente, se lograron identificar minerales esenciales, secundarios y accesorios. El anfíbol principal, presente en las rocas del cuerpo Intrusivo de Pajarito corresponde a hornblenda café, con porcentajes que varían entre 36–38 %, aunque también se observa algo de hornblenda verde, producto de la transformación de la primera por la alteración hidrotermal. La hornblenda café se forma a altas temperaturas (1000°C) mientras que la hornblenda verde se forma en un estadio tardío del estado magmático a temperaturas menores. Este mineral presenta formas subhedrales a euhedrales y en algunos casos esta reemplazada por hornblenda verde o alterada a clorita y óxidos de hierro. Los piroxenos se presentan con alto grado de alteración principalmente a clorita y calcita, debido a la actividad hidrotermal. El porcentaje varía entre 32–49%. Algunos cristales se encuentran relativamente frescos y fueron identificados como augita. La forma de los cristales es euhedral.

La composición de la plagioclasa (An 50–70) corresponde a labradorita. Los cristales muestran hábito tabular con formas subhedrales principalmente y en menor grado formas euhedrales. Su porcentaje varía entre 14–21%. Generalmente se encuentran frescas aunque algunas muestras presentan algo de sericitización y reemplazamiento por calcita debido a la alteración hidrotermal.

Los principales minerales accesorios que se presentan en las rocas son: El apatito, que se observa en cristales prismáticos y hexagonales gruesos y minerales opacos de tamaño fino con formas prismáticas que podrían corresponder a Ilmenita. Algunos opacos fueron clasificados como minerales secundarios. Una gran proporción de ellos corresponden a piritita. Se presentan minerales secundarios por la alteración hidrotermal como la clorita a partir de piroxeno y de la hornblenda, sericita a partir de la plagioclasa; calcita; hornblenda verde; tremolita – actinolita en forma de agujas, y óxidos de hierro. También se presentan minerales secundarios por introducción como la calcita en microvenas y piritita. De acuerdo con las observaciones petrográficas y el contenido de minerales esenciales, las muestras fueron pteadas en el diagrama utilizado para la clasificación de rocas gabroideas según STRECKEISEN (1976), (Fig. 4), donde se puede observar claramente que las rocas del

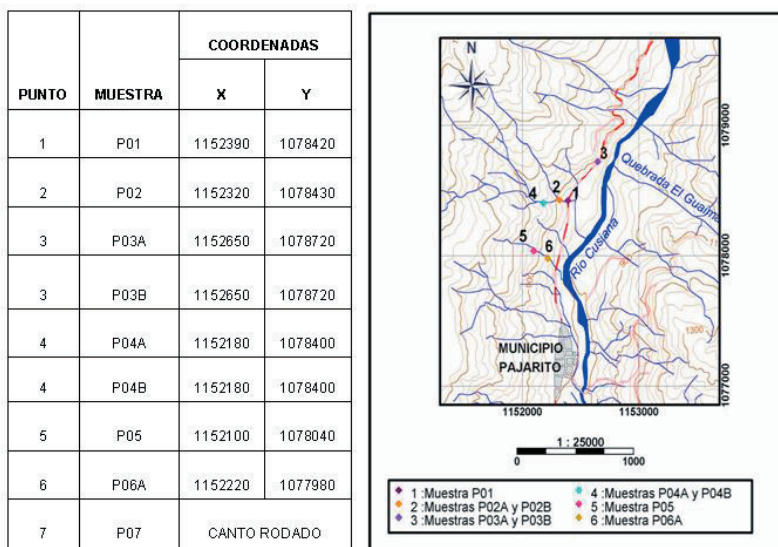


Fig. 3. Sitios en los que se realizó el muestreo.

Cuerpo Ígneo de Pajarito, son clasificadas petrográficamente como melagabros piroxénicos hornbléndicos.

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

Los diferentes diagramas de clasificación y caracterización, y el cálculo de la norma CIPW, se elaboraron utilizando el programa IGPET99, desarrollado por Terra Softa Inc., New Jersey, USA., y los resultados se presentan en la Tabla 1. Los valores de hierro total fueron recalculados

utilizando la relación $Fe_2O_3 / FeO = 0.2$; $Fe_2O_3 + FeO = FeO^*$; propuesta por Wilkinson (1986). A partir de estos datos se pudo determinar que las rocas pertenecen a la serie alcalina o subalcalina (Fig. 5). En la figura se aprecia que las muestras del Cuerpo Intrusivo de Pajarito, en su mayoría se ubican en el campo alcalino y algunas en el límite alcalino-subalcalino. Para discernir el carácter alcalino o subalcalino de estas muestras, se utilizó el diagrama normativo $Ol'-Ne'-Q$ (olivino-nefelina-cuarzo) de IRVINE & BARAGAR (1971) (Fig. 6) donde se observa claramente que

Tabla 1. Elementos mayores normalizados en % en peso, menores y traza en ppm. Porcentaje de minerales normativos. nd.: No determinado.

MUESTRA SECCIÓN SÍMBOLO	P01 UNG3685 ▲	P02 UNG3686 ■	P03A UNG3687 ◆	P03B UNG3688 ●	P04A UNG3689 ✱	P04B UNG3690 ★	P05 UNG3691 +	P06A UNG3692 ✕	P07 UNG3694 ◆
SiO ₂	44,45	45,74	45,26	51,83	47,93	49,08	45,87	42,43	45,63
Al ₂ O ₃	14,35	13,76	13,6	14,08	18,87	19,57	13,71	13,25	14,43
K ₂ O	0,64	0,32	0,41	0,35	0,62	0,46	0,44	0,51	0,55
Na ₂ O	3,04	2,34	2,36	4,83	5,75	6,31	2,57	1,88	2,75
CaO	12,32	11,43	9,77	10,03	8,88	5,9	11,49	12,92	11,78
MnO	0,37	0,42	0,44	0,35	0,36	0,42	0,35	0,43	0,29
MgO	12,21	14,4	14,66	7,78	5,82	6,1	14,02	16,26	13,37
Fe ₂ O ₃	1,83	1,73	1,92	1,48	1,61	1,73	1,74	1,9	1,77
FeO	7,66	6,98	8,71	6,34	6,62	7,19	7,11	7,81	6,63
TiO ₂	2,42	2,13	2,22	2,28	2,52	2,17	2,09	1,97	2,21
P ₂ O ₅	0,71	0,75	0,65	0,65	1,02	1,07	0,61	0,64	0,59
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100
H ₂ O-	0,2	0,36	0,42	0,28	0,26	0	0,42	0,52	0,36
LOI	5,28	3,62	4,6	4,98	6,22	5,08	3,32	5,7	3,28
Ba	988	838	4044	1005	1720	1411	894	2481	1720
Sr	912	1256	686	690	1253	1169	874	834	873
V	150	70	70	70	70	70	70	70	100
Zn	245	161	207	217	248	219	241	307	178
Zr	152	162	257	223	167	187	170	193	173
Y	33	30	35	38	21	13	29	25	31
Cr	518	678	744	286	nd	nd	508	722	119
Cu	20	30	10	20	10	10	20	10	30
Co	130	30	30	30	30	50	50	50	30
Nb	114	88	95	74	123	153	106	101	83
Ni	402	397	487	176	150	nd	468	715	441
Ga	10	10	10	10	10	10	10	10	10
%AN	73	61	58	29	44	35	62	99	66
or	4	2	2	2	3	3	3	3	3
ab	9	17	18	38	30	41	15	1	13
an	24	26	25	16	24	22	25	26	25
ne	9	2	1	2	10	7	4	8	6
C	0	0	0	0	0	1	0	0	0
di	25	20	17	24	11	0	23	27	23
ol	19	25	29	11	13	18	23	27	21
mt	3	2	3	2	2	2	2	3	3
il	5	4	4	4	5	4	4	4	4
ap	2	2	1	1	2	2	1	1	2
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100

todas ellas pertenecen a la serie alcalina.

Dado que la tendencia general de las muestras es alcalina, para comprobar su carácter sódico o potásico, se utilizó el diagrama $ab'-an'-or'$ (albita-anortita-ortoclasa), normativas (Fig. 7), donde se aprecia que las muestras se encuentran principalmente en el campo sódico. De la interpretación y análisis de los diagramas anteriores, se puede concluir que las rocas ígneas del Cuerpo Ígneo de Pajarito, pertenecen a la serie alcalina con tendencia sódica.

CLASIFICACIÓN GEOQUÍMICA

Para la clasificación geoquímica de las rocas de ígneas de pajarito se utilizaron diferentes diagramas según varios autores. Según el diagrama de Cox *et al.* (1979) de álcalis total (Na_2O+K_2O) vs SiO_2 (Fig. 8), las muestras

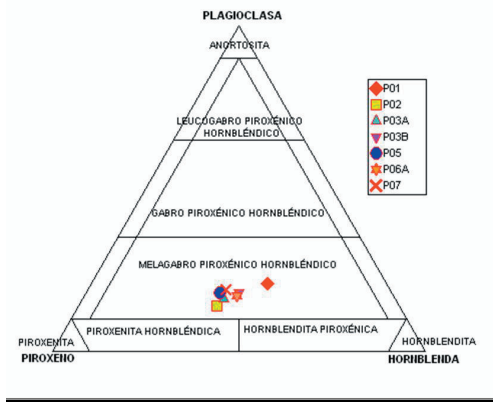


Fig. 4.- Diagrama de clasificación de STRECKEISEN (1976) para rocas gabroideas. Se puede observar claramente que las rocas del Cuerpo Ígneo de Pajarito, son clasificadas como melagabros piroxénicos hornbléndicos.

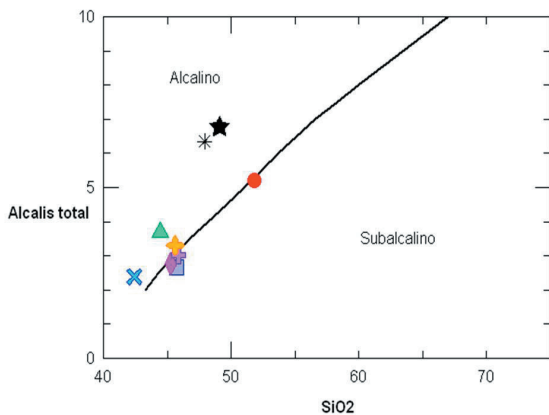


Fig. 5. Diagrama de Alcalis total vs SiO_2 (IRVINE & BARAGAR 1971).

se clasifican como gabros y gabros peridotíticos. Utilizando el diagrama de MIDDLEMOST (1994), (álcalis total (Na_2O+K_2O) vs SiO_2) (Fig. 9), se obtiene que las muestras P02, P03A, P05 y P07, corresponden a gabros alcalinos, y las muestras P03B, P04A y P04B, a monzogabros. La muestra P01, es clasificada como Gabro feldespatoídico, y la P06A, como un gabro peridotítico.

Simultáneamente se utilizó el diagrama de IRVINE & BARAGAR (1971), de % AN vs. IC normativas, para rocas alcalinas de la serie sódica (Fig. 10), obteniéndose que la mayor parte de las muestras, se ubican en el campo de gabros peridotíticos, las muestras P03B, P04A y P04B se ubican en el área de gabros. Para complementar estos resultados, se utilizó el diagrama de WINCHESTER & FLOYD (1977), en Fujimori (1990) en donde se tienen en cuenta los elementos inmóviles Nb, Y, Zr y Ti (Fig. 11). A partir de este diagrama, se concluye que las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito, corresponden a gabros alcalinos. Con base en la utilización y análisis de los diagramas anteriores, se puede concluir que las rocas analizadas de Cuerpo

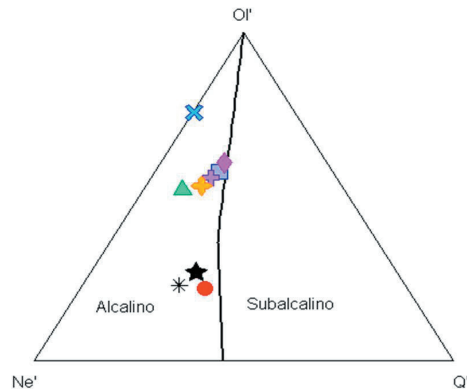


Fig. 6. Diagrama de $Ol' - Ne' - Q$ normativos (IRVINE & BARAGAR 1971).

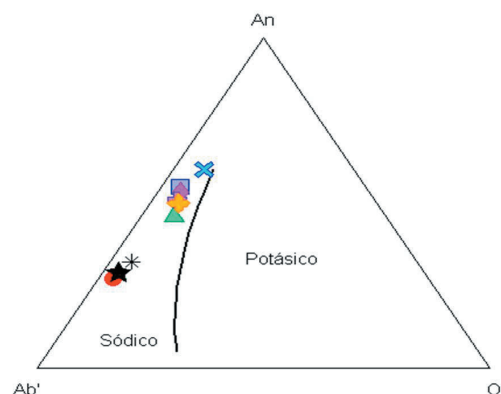


Fig. 7. Diagrama $ab'-an'-or'$ normativas para rocas alcalinas (IRVINE & BARAGAR 1971).

Ígneo de Pajarito corresponden a rocas gabroideas y que geoquímicamente son clasificadas como gabros, gabros alcalinos, monzogabros y gabros peridotíticos.

PETROGÉNESIS

Utilizando relaciones geoquímicas, se identificaron los probables ambientes geotectónicos que generaron los magmas que dieron origen a las rocas del Cuerpo Ígneo de Pajarito, y utilizando los diagramas de variación geoquímica, se distinguieron los ambientes con base en la composición química de las rocas, a partir de los datos de concentración de los elementos obtenidos en los análisis químicos, y graficándolos en los diagramas de variación tipo Harker; y los diagramas de variación de Larsen; y los diagramas de discriminación tectono-magmática con el fin de establecer el modelo geotectónico de emplazamiento para el Cuerpo ígneo de Pajarito.

Diagramas de Variación Tipo Harker y Larsen

Del análisis del comportamiento de los elementos en los diagramas tipo para las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito, se puede concluir:

MgO vs SiO₂: Se observa una correlación negativa con respecto al SiO₂. El MgO, es incorporado en los minerales máficos formados en las primeras etapas de la cristalización fraccionada. En las muestras de Cuerpo Ígneo de Pajarito, el valor de este óxido varía entre 6.1 y 16.3 % en peso (Fig. 12).

FeO* vs SiO₂: Aunque en la gráfica se observa algo de dispersión para la suma de estos óxidos, la tendencia general es negativa. El FeO y el Fe₂O₃ son incorporados

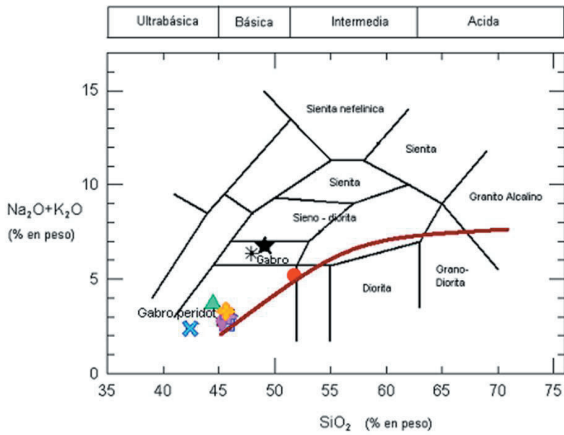


Fig. 8. Diagrama de Alkalies total (Na₂O+ K₂O) vs SiO₂ para las rocas del Cuerpo Ígneo de Pajarito Cox et al. 1979).

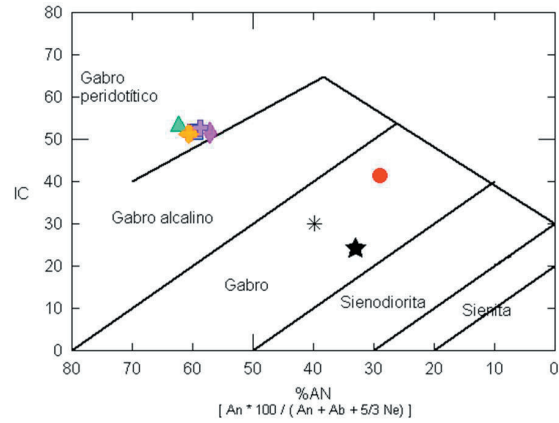


Fig. 10. Diagrama de plagioclasa (%AN) vs índice de color (I.C.,normativos), para rocas alcalinas de la serie sódica del Cuerpo Ígneo de Pajarito (IRVINE & BARAGAR 1971).

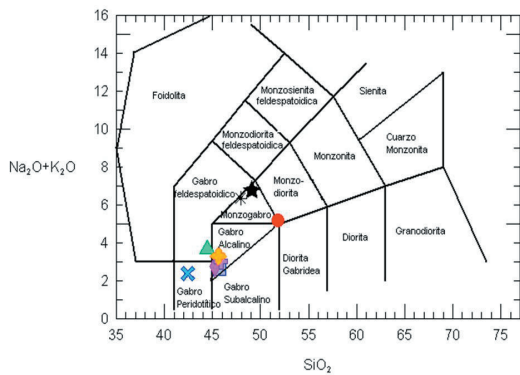


Fig. 9. Diagrama de Alkalies total (Na₂O + K₂O) vs SiO₂, para las rocas del Cuerpo ígneo de Pajarito. (MIDDLEMOST 1994).

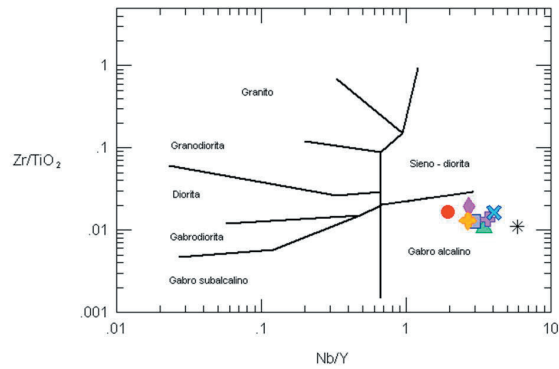


Fig. 11. Diagrama Nb/Y vs Zr/Ti para las rocas del Cuerpo Ígneo de Pajarito (Winchester & Floyd 1977 en Fujimori 1990).

a la estructura de minerales ferromagnesianos en la parte básica de la serie magmática. En las muestras de Cuerpo Ígneo de Pajarito el valor de este óxido varía entre 7.40 y 10.63 % en peso (Fig. 13).

CaO vs SiO₂: Este óxido muestra una tendencia general negativa con respecto al SiO₂, aunque se presenta dispersión de algunos puntos debido a la alteración hidrotermal de la muestra, por introducción de carbonato (en especial la muestra P03 B). La disminución de CaO, se explica porque éste es incorporado a la estructura de minerales como clinopiroxenos y plagioclasas cálcicas, durante las primeras etapas de cristalización. En las muestras de Cuerpo Ígneo de Pajarito, el valor de este óxido varía entre 5.9 y 12.92 % en peso (Fig. 14).

TiO₂ vs SiO₂: Normalmente este óxido presenta una correlación negativa, debido a que es introducido en la estructura de minerales de alta temperatura como los piroxenos y durante las fases tempranas de cristalización fraccionada. En las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito, el valor de este óxido varía entre 1.97 y 2.52 % en peso, y no se observa tendencia general debido a que el rango del factor de variación (SiO₂), es muy pequeño, lo cual no permite observar muy bien la tendencia, (Fig. 15).

Na₂O vs SiO₂: El diagrama muestra una tendencia claramente positiva. Este aparente incremento relativo se debe a que el Na₂O, no es incorporado en la estructura de los primeros minerales que cristalizan, además, hay introducción de sodio al presentarse alteración hidrotermal. En las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito, el valor de este óxido varía entre 1.88 y 5.75 % en peso, (Fig. 16).

K₂O vs SiO₂: Generalmente este óxido presenta una correlación positiva puesto que no es incorporado en la estructura de minerales que cristalizan en las fases tempranas; sin embargo, en las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito no se observa tendencia definida puesto que el rango de diferenciación es muy pequeño con respecto al SiO₂. En las muestras de Pajarito el valor de este óxido varía entre 0.32 y 0.64% en peso, (Fig. 17).

Al₂O₃ vs SiO₂: En las primeras etapas de cristalización este óxido no es incorporado en los minerales que se forman por lo tanto, los diagramas muestran correlación positiva. Cuando empiezan a cristalizar las plagioclasas, éstas lo incluyen en su estructura y a partir de este punto la correlación es negativa. En las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito se observa una tendencia positiva a excepción de la muestra P03 B que se ubica aislada posiblemente debido a que se encuentra alterada por procesos hidrotermales. Esta tendencia indica que hay un enriquecimiento relativo de aluminio el cual ocurre en la parte básica de una serie magmática, cuando el contenido de SiO₂ es menor de 55%. En las muestras del cuerpo Ígneo de Pajarito, el valor de este óxido varía entre 13.22 y 19.57 % en peso, (Fig. 18).

MnO vs SiO₂: El diagrama muestra una suave tendencia negativa aunque con algo de dispersión. El manganeso es incorporado en varios minerales de las primeras etapas de cristalización (olivinos, piroxenos y minerales pesados). En las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito, el valor de este óxido varía entre 0.35 y 0.44% en peso, (Fig. 19).

En general, las muestras analizadas del Cuerpo Ígneo de Pajarito, representan solo la fracción básica de una serie magmática, razón por el cual, no es posible observar una diferenciación que corresponda a un proceso completo de cristalización fraccionada y muchos de los óxidos no presentan correlación específica. Por otra parte, es importante el hecho de que en un proceso co-magmático único, los diagramas de variación tipo Harker se presentan sin hiatos y sin cambios bruscos en las concentraciones de los diferentes elementos, y como se observa en los diagramas de las muestras de Pajarito, es notorio que las muestras P03B, P04A y P04B, se encuentran dispersas con respecto a las otras. Estas tres muestras presentan una alteración muy notoria (corroborada petrográficamente), lo que se refleja consistentemente en los datos geoquímicos.

DIAGRAMAS DE VARIACIÓN DE LARSEN

Para confirmar la información obtenida en los diagramas de variación tipo Harker, y como las rocas del Cuerpo Ígneo de Pajarito presentan pequeñas variaciones en el contenido de SiO₂, se graficaron en los diagramas de variación de Larsen (IL), los datos obtenidos en las muestras de roca, ya que éstos diagramas proporcionan un rango de variación más efectiva. El índice de diferenciación de Larsen esta dado por la ecuación (IL): $1/3 \text{ SiO}_2 + \text{K}_2\text{O} - (\text{FeO} + \text{MgO} + \text{CaO})$. Los diagramas de este tipo, presentan un comportamiento similar a los de tipo Harker.

MgO vs (IL): Normalmente muestra una correlación negativa puesto que en las etapas tempranas de cristalización es incluido en varios minerales de alta temperatura. En el diagrama para el cuerpo Intrusivo de Pajarito se observa esta tendencia, (Fig. 20).

FeO* vs (IL): Este diagrama generalmente presenta correlación negativa ya que el FeO y el Fe₂O₃, son incorporados en los minerales pesados durante las primeras fases de cristalización. En el diagrama para el Cuerpo Ígneo de Pajarito, se observa que la tendencia general es negativa con algo de dispersión, (Fig. 21).

CaO vs (ÍL): Generalmente presenta correlación negativa, ya que se incorpora a los minerales como clinopiroxenos y plagioclasas cálcicas, durante las primeras fases de fraccionamiento del magma. Las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito muestran esta tendencia (Fig. 22).

Na₂O vs (ÍL): Normalmente este diagrama presenta

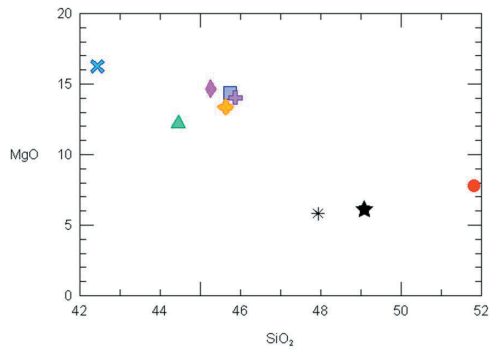


Fig. 12. Diagrama de variación tipo Harker para MgO.

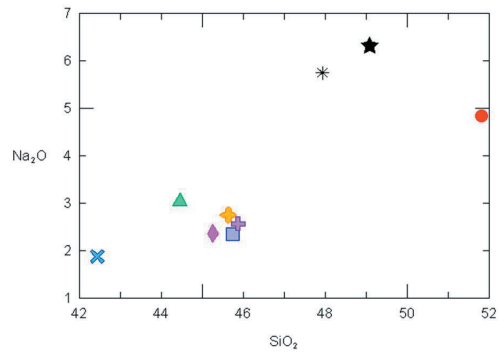


Fig. 16. Diagrama de variación tipo Harker para Na₂O.

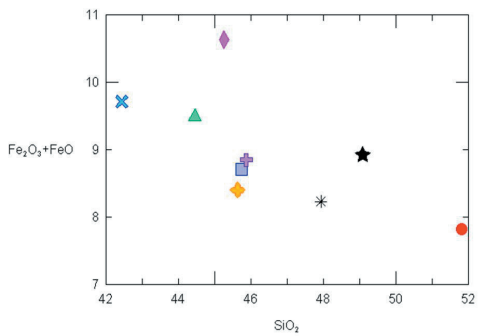


Fig. 13. Diagrama de variación tipo Harker para FeO*.

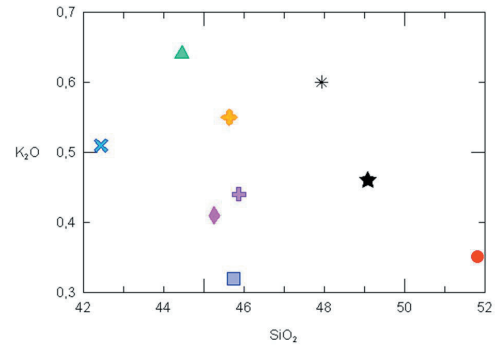


Fig. 17. Diagrama de variación tipo Harker para K₂O.

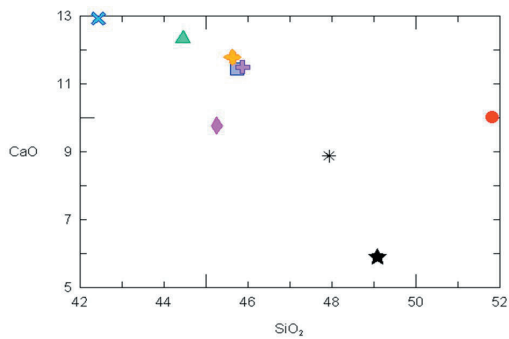


Fig. 14. Diagrama de variación tipo Harker para CaO.

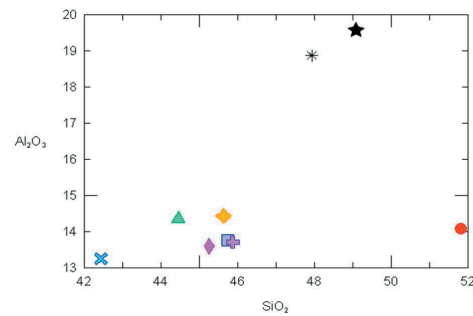


Fig. 18. Diagrama de variación tipo Harker para Al₂O₃.

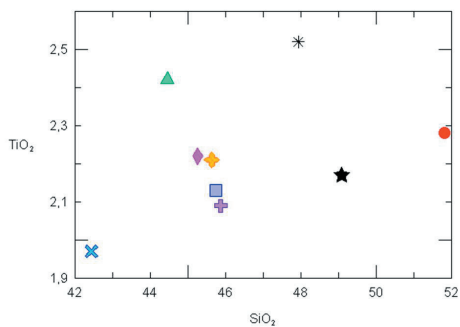


Fig. 15. Diagrama de variación tipo Harker para TiO₂.

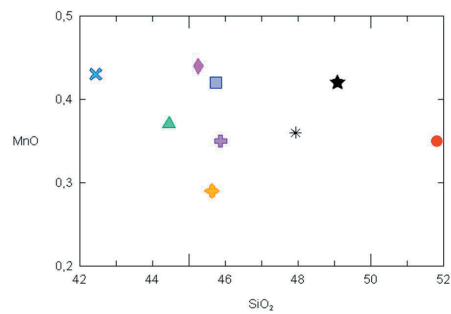


Fig. 19. Diagrama de variación tipo Harker para MnO.

una correlación positiva, debido a que es introducido en las plagioclasas en etapas intermedias de clasificación. En el diagrama para las muestras de Cuerpo Ígneo de Pajarito, se observa claramente esta tendencia (Fig. 23).

K₂O vs (ÍL): Habitualmente presenta correlación positiva debido a que no se incorpora en minerales de las primeras etapas de cristalización. En el diagrama para las muestras de Cuerpo Ígneo de Pajarito, se observa gran dispersión de los puntos sin una tendencia clara, debido posiblemente a la presencia de minerales secundarios en la muestra (Fig. 24).

Al₂O₃ vs (ÍL): Este óxido no presenta una tendencia general durante las primeras fases de cristalización y posteriormente presenta una suave correlación negativa. En el diagrama para las muestras de Cuerpo Ígneo de Pajarito, se observa tendencia positiva (excepto para la muestra P03B), debido al fraccionamiento magmático, (Fig. 25).

SiO₂ vs (ÍL): El contenido de SiO₂ aumenta a medida que los magmas evolucionan, por lo tanto es de esperar que el diagrama tenga una correlación positiva. En el diagrama para las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito, se observa la misma tendencia, (Fig. 26).

DIAGRAMAS DE DISCRIMINACIÓN GEOTECTÓNICA

La correlación de la composición geoquímica de elementos mayores, menores y traza del Cuerpo Ígneo de Pajarito, con los ambientes tectónicos determinados actualmente para nuestro planeta, permite la identificación del ambiente en el cual se generaron las rocas de Pajarito.

En el diagrama (Ti/100–Zr–Y*3) de PEARCE & CANN (1973) (Fig. 27), se hace la discriminación entre: Arcos de Islas (A,B); Suelo Oceánico (B); Calcoalcalinos (B,C); E intraplacas (D). Al graficar las muestras se observa claramente que las rocas del Cuerpo Intrusivo de Pajarito

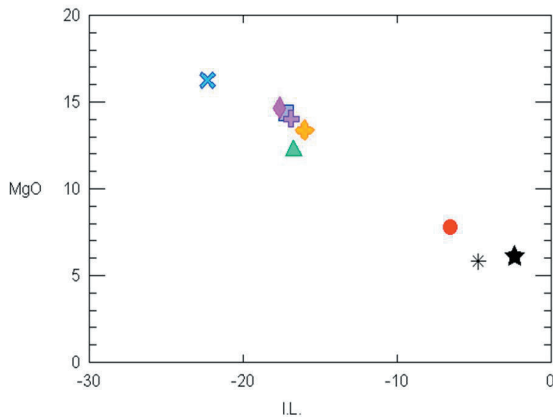


Fig. 13. 20. Diagrama de variación de Larsen para MgO.

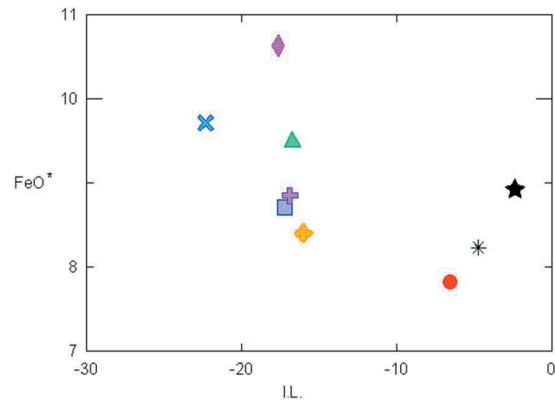


Fig. 21. Diagrama de variación de Larsen para FeO*.

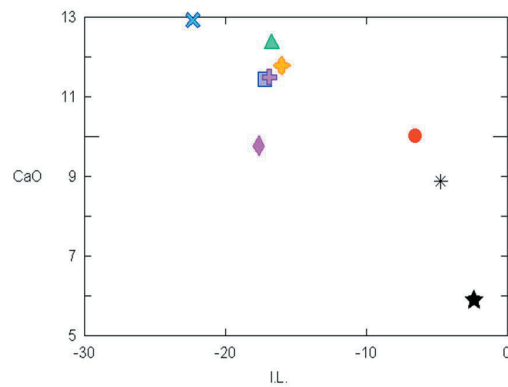


Fig. 22. Diagrama de variación de Larsen para CaO.

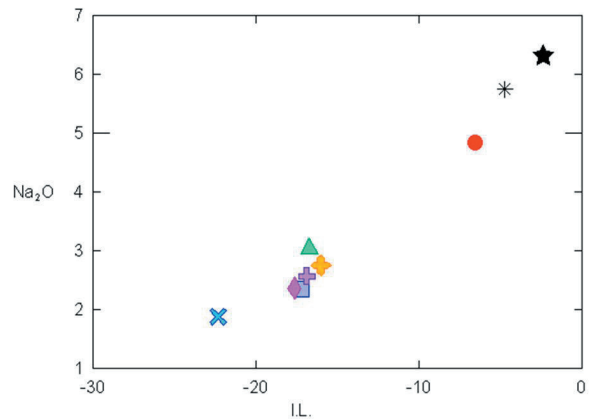


Fig. 23. Diagrama de variación de Larsen para Na2O.

fueron generadas en un ambiente Intraplaca (D).

En el diagrama (Zr/4–Nb–Y) de MESCHÉDE (1986 en ROLLINSON 1993) (Fig. 28), las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito, se ubican en el campo de las Rocas Alcalinas

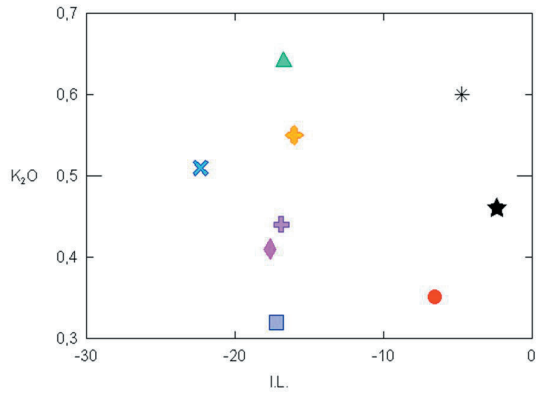


Fig. 24. Diagrama de variación de Larsen para K₂O.

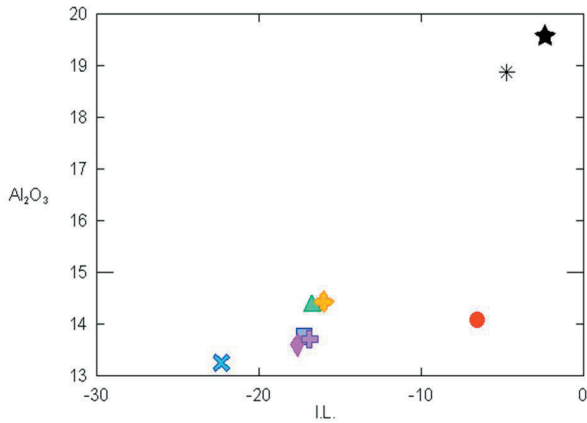


Fig. 25. Diagrama de variación de Larsen para Al₂O₃.

Intraplaca (Al).

El diagrama A-F-M, (Donde A= Na₂O + K₂O; F= FeO + 0.9Fe₂O₃ y M= MgO) propuesto por PÉTRO *et al.* (1979 en FUJIMORI 1990), que discrimina dominios compresionales y extensionales, se observa que las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito, se generaron en un ambiente de dominio extensional (Fig. 29).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los diferentes diagramas, se deduce que las rocas del Cuerpo Ígneo de Pajarito fueron generadas en un dominio distensivo de ambiente geotectónico intraplaca. De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta los antecedentes presentados en trabajos anteriores, las rocas gabroides del Cuerpo Intrusivo del Pajarito se originaron debido a la formación de un rift intracontinental durante el periodo Berriasiano-Valanginiano, ocasionado por el adelgazamiento de la corteza que generó fallas profundas que posiblemente alcanzaron el manto superior permitiendo el ascenso del magma.

CONCLUSIONES

Petrográficamente la composición mineralógica esencial de las rocas del Cuerpo Ígneo de Pajarito es: clinopiroxeno augita: 32 – 49%, hornblenda café: 36 – 38% y plagioclasa labradorita: 14 – 21 %. Se clasifican como melagabros piroxénicos hornbléndicos. Es clara la presencia de alteración hidrotermal y meteorización. Microscópicamente, las rocas son holocristalinas, equigranulares, con tamaño de grano medio a fino. La textura general es intergranular y las texturas específicas son poiquilíticas y localmente ofíticas.

Con base en la interpretación y análisis de los diagramas de caracterización geoquímica, se concluye que las rocas ígneas del Cuerpo Ígneo de Pajarito pertenecen a la serie alcalina con tendencia sódica. Los diagramas de clasificación geoquímica indican que las rocas del cuerpo ígneo de Pajarito corresponden a gabros, gabros alcalinos y gabros peridotíticos (MIDDLEMOST 1994).

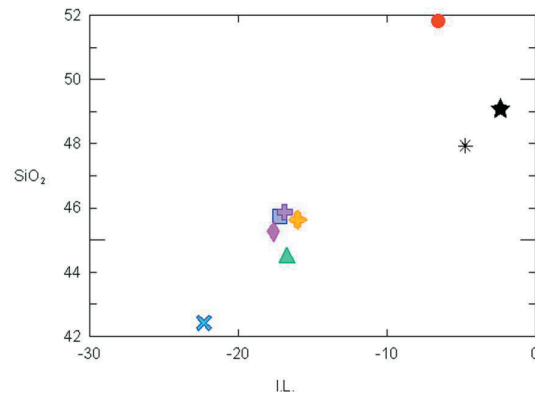


Fig. 26. Diagrama de variación de Larsen para SiO₂.

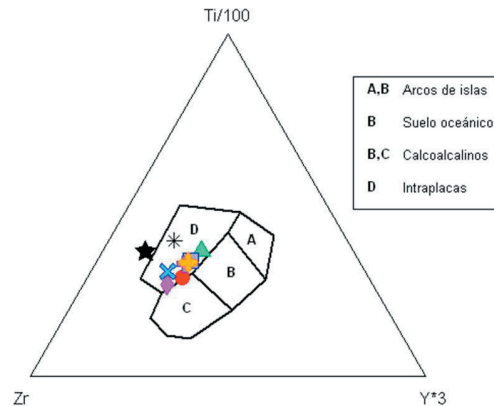


Fig. 27. Diagrama de discriminación Ti – Zr – Y (Pearce & Cann 1973).

Las muestras analizadas geoquímicamente representan solo la fracción básica de una serie magmática, hecho por el cual en los diagramas de variación tipo Harker y Larsen, no es posible observar una diferenciación que corresponda a un proceso completo de cristalización fraccionada y muchos de los óxidos no presentan correlación específica. Los diagramas de discriminación geotectónica indican que las rocas del Cuerpo Ígneo de Pajarito, fueron generadas en un dominio distensivo de ambiente geotectónico intraplaca.

La actividad magmática que generó las rocas ocurrió a gran profundidad al presentarse adelgazamiento de la corteza y una tectónica distensiva, se originaron fracturas profundas que permitieron el ascenso de magma originado posiblemente por fusión parcial del manto, el cual se emplazó en este caso en forma de silos intruyendo en diferentes sectores rocas sedimentarias de la Formación Lutitas de Macanal, del Cretáceo Inferior Berriasiano – Valanginiano. Es importante el hecho de que el Intrusivo se encuentra ubicado sobre el trazado del Lineamiento de Paipa (UJUETA 1991).

Los resultados obtenidos indican que las muestras del Cuerpo Ígneo de Pajarito son más básicas que las reportadas en otros cuerpos de la parte central de la Cordillera Oriental, es decir, que podrían corresponder a los primeros estadios del magmatismo básico reportado en la parte central de la Cordillera; Sin embargo, para concluir si todo este magmatismo está relacionado genéticamente, sería necesario integrar toda la información geológica, petrográfica y geoquímica existente de los diferentes cuerpos estudiados para observar el comportamiento de todas las rocas en conjunto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Grupo de Investigación Geomorfología y Procesos Fluviales del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, por la realización de las actividades de campo y por facilitar las muestras utilizadas en este proyecto. A Carlos Julio Cedeño y al grupo de Geoquímica de IN-GEOMINAS por su colaboración en la elaboración de los análisis químicos. Al Laboratorio de Fluorescencia de rayos X del CEIF de La Facultad de Ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPBELL, C. (1962): Section through the Cordillera Oriental of Colombia between Bogotá and Villavicencio. *Soc. Petr. Geol. and Geoph. Ann. Field conf.* 4:29.
- CAMPBELL, C & BÜRGL H. (1965): Section through the eastern cordillera of Colombia, *Bull. Geol. Soc. Am.* Vol 76 Part 5 pp 567 – 589.
- COX, K. et al. (1979): *The interpretation of igneous Rocks.* Allen and Unwin. London.
- FABRE, A. & DELALOYE E. (1983): Intrusiones básicas cretácicas en las sedimentitas de la parte central de La Cordillera Oriental.

Geología Norandina No 6, p.p. 19 – 28. Bogotá.

- FABRE, A. (1985): Dinámica de la sedimentación cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy. *Proyecto Cretácico* No 16. Bogotá. *Ingeominas*; pp XIX – 1 – XIX – 19.
- FUJIMORI, S. (1990): *Composição química de rochas e suas aplicações.* Centro editorial e didáctico da UFBA. Salvador-Brazil.
- HEBRARD, F. (1985): *Les foot-hills de la Cordillère Orientale de Colombie entre los ríos Casanare et Cusiana.* Paris. 153p. Tesis (Docteur 3eme cycle sciences naturelles). Université Pierre et Marie Curie. Faculte de Geologie.
- IRVING, T., & BARAGAR, W. (1971): A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Herat Sciences*, N. 8, pp. 523.
- 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.
- LONDOÑO, J. & MENDOZA, R. (1994): Evaluación geológica de un área en los alrededores del Municipio de Puerto Romero (Boyacá) Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- MARQUINEZ, G. & MORENO, L. (1993): Cartografía geológica y análisis petrográfico de las rocas aflorantes en el extremo SE de la plancha 169 (Puerto Boyacá). Departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- MIDDLEMOST, E. (1994): Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth Sciences Reviews.* No 37. p 215 – 224.
- MORENO, J.M. & CONCHA, A. (1993): Nuevas manifestaciones ígneas básicas en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, Colombia. *Geología Colombiana* 18, p 143 – 150. Bogotá.
- MORENO, J.M. & CONCHA, PERDOMO A.E., TENJO GIL N.C. & PATARROYO GAMA P., (2004): Caracterización Geoquímica y Petrográfica del “Gabro de La Corona”, Municipio de la Victoria Boyacá - Colombia.- *Geología Colombiana* 29, pp. 109–126. 30 Figs. Bogotá.
- NAVARRETE, A. (2002): Evaluación geológica y petrográfica del cuerpo ígneo aflorante en el Cerro Tragarepas al norte de la población de Pacho, Cundinamarca. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- NAVARRETE, A., MORENO J.M., CONCHA P.A., & PATARROYO P., (2002): Interpretación petrogenética del Gabro de Tragarepas al norte de Pacho – Cundinamarca, Colombia. *Geología Colombiana*, No 27. pp. 109-120. Bogotá D.C.
- PEARCE, J & CANN, J. (1973): Tectonic setting of basic volcanic rocks determined, using trace elements analyses. *Earth and Planetary Sciences Letters.* No 19. pp. 290 – 300.
- RENZONI, G. (1962): Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá. *Bol. Geol.* 10 (1-3): 59-79.
- ROA, M & ROJAS, N (1992): Evaluación de la capacidad generadora de hidrocarburos de las lutitas y calizas Cretáceas del flanco

oriental de la Cordillera Oriental-Departamento de Boyacá. Trabajo de Grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso.

ROLLINSON, H. (1993): Using Geochemical: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical. Singapore.

SARMIENTO, L. (1985): Condiciones geológicas favorables para la formación de depósitos exhalativos de la Cordillera Oriental. Informe. 1953. Ingeominas.

STRECKEISEN, A. (1976): To each plutonio rock its proper name. Herat Science Reviews, 12. pp. 1 – 33.

TENJO, N. (2003): Reconocimiento de las rocas ígneas básicas aflorantes en los alrededores de La Victoria, Boyacá – Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

UJUETA, G. (1991): Tectónica y actividad ígnea en La Cordillera Oriental de Colombia. (Sector Girardot – Cúcuta). Simposio sobre magmatismo andino y su marco tectónico. Memorias. Tomo I. p 151 – 193. Manizales.

ULLOA, C. & RODRÍGUEZ, E. (1976): Geología del Cuadrángulo K-13, Tauramena. Informe 1706. Ingeominas.

ULLOA, C. & RODRÍGUEZ, E. (1976B). Geología del Cuadrángulo K-12, Guateque, Informe 1701. Ingeominas.

VASQUEZ, M. (1999): Evaluación petrográfica y caracterización geoquímica de los Cuerpos intrusivos básicos aflorantes en la región de Cáceres y Puerto Romero, Departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

VASQUEZ, M., CONCHA A., MORENO, M.J, & PATARROYO P., (2000): Caracterización geoquímica y petrográfica de los cuerpos intrusivos básicos aflorantes en la región de Cáceres y Puerto Romero, Departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. Geología Colombiana No 25. p 185 – 198.

VASQUEZ, AND UWE (2004).

WILKINSON, J. F. (1986): Classification and Average Chemical Compositions of Common Basalts and Andesitas. Journal of Petrology, Vol. 27, Part 1.

Manuscrito recibido Septiembre 2006; aceptado Diciembre 2007.

Lamina 1

L1 A- Panorámica del cauce de la quebrada sin nombre, donde esta expuesto el Cuerpo Ígneo al norte del área urbana de Pajarito Boyacá.

L1 B- Detalle de las fuertes pendientes generadas por las rocas gabroides en la quebrada, donde esta expuesto el Cuerpo Ígneo al norte del área urbana de Pajarito Boyacá.

L1 C- Detalle de la textura gruesa en el Cuerpo Ígneo de Pajarito al norte del área urbana de Pajarito Boyacá.

L1 D- Detalle del contacto intrusivo entre el Cuerpo Ígneo de Pajarito y las arcillolitas de la Formación Lutitas de Macanal, al norte del área urbana de Pajarito Boyacá.

L1 E - F - G y H- Variaciones texturales del Cuerpo Ígneo al norte del área urbana de Pajarito Boyacá.

