

ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL VULCANISMO CRETACEO - TERCIARIO DEL OCCIDENTE COLOMBIANO

ARMANDO MURCIA LEAL*

MURCIA, A. (1987): Análisis Geoquímico del Vulcanismo Cretáceo - Terciario del occidente colombiano. *Geología Colombiana*, No. 16, pp. 17 - 33, 10 Figs., 6 Tab., Bogotá.

RESUMEN

El Occidente Colombiano está formado por diferentes bloques alóctonos, denominados Terrenos Geológicos (Cordilleran Suspect Terranes), compuestos principalmente por rocas de edad Cretáceo - Terciario y originados en diferentes ambientes oceánicos.

De acuerdo a la interpretación de 120 análisis químicos, correspondientes a flujos lávicos submarinos de los terrenos Dagua, Cauca - Romeral, Cajamarca, Baudó, Gorgona, Cañasgordas y Buriticá, las vulcanitas cretáceo-terciarias presentan afinidades toleíticas, calcoalcalinas y alcalinas. Existen lavas subsaturadas en sílice (Terrenos Dagua, Cauca - Romeral, Buriticá y Cañasgordas), con ausencia de hipersteno normativo y presencia de ortosa, nefelina, diópsido y olivino normativos.

El vulcanismo Cretáceo Terciario del Occidente Colombiano estuvo asociado a arcos de islas, dorsales oceánicas e islas oceánicas, ambientes tectónicos que coexisten en la actualidad debido a que fueron acrecionados y juxtapuestos sobre un margen continental antiguo, mediante procesos de subducción y obducción.

ABSTRACT

The Western Colombian comprises different allochthonous blocks, so-called Cordilleran Suspect Terranes, mostly composed of Cretaceous - Tertiary rocks originated in different oceanic environments.

According to the interpretation of 120 chemistry analyses, of samples from submarine flow lavas of the Dagua, Cauca - Romeral, Cajamarca, Baudó, Gorgona, Cañasgordas and Buritica terranes, Cretaceous - Tertiary volcanic rocks show tholeiitic, calcoalkaline and alkaline affinities. There are silica-subsaturated lavas (Dagua, Cauca - Romeral and Cañasgordas terranes) without hyperstene and with normative ortosa, nepheline, diopside and olivine).

The Cretaceous - Tertiary volcanism of Western Colombia was associated with island arcs, oceanic ridges and oceanic island, tectonic environments which coexist now due to continental accretion processes throughout subduction and obduction and obduction mechanisms.

* INGEOMINAS, Ibagué.

INTRODUCCION

La Cordillera de Los Andes en Colombia ha sido formada desde el Precámbrico Superior por diferentes procesos de tectónica de placas, lo cual ha traído como consecuencia una acreción en sentido E-W de diferentes secuencias de afinidad oceánica. Sin embargo diferentes orogenias han producido metamorfismo regional en las rocas originales, lo cual hace difícil la interpretación del marco geotectónico en el cual se formaron. Así por ejemplo, el Grupo Cajamarca que conforma el núcleo de la Cordillera Central, es una serie polimetamórfica (Paleozoica) compuesta por intercalaciones de esquistos verdes, esquistos micáceos, esquistos cuarzo-feldespáticos, filitas y anfibolitas, con metamorfismo de las facies esquisto verde-anfibolita, de los tipos báricos Abukuma y Barrovian. Las rocas pre-metamórficas corresponden a secuencias volcano-sedimentarias de afinidad oceánica, depositadas en un eugeosinclinal, y corresponden a intercalaciones de basaltos, diabasas y sedimentos pelágicos y pelíticos. Los análisis realizados en los esquistos verdes demuestran que provienen de basaltos y diabasas, pero es imposible determinar si se originaron en una dorsal oceánica, en un arco de islas o en una isla oceánica.

A nivel de la geología regional de Suramérica, Goossens and Rose (1973) denominaron Complejo Igneo Básico a una secuencia ofiolítica, de edad Cretáceo - Terciario, que conforma el occidente ecuatoriano; esta secuencia parece continuarse en Colombia, Panamá y Costa Rica.

El occidente colombiano estaría conformado por el denominado Complejo Igneo Básico (CIB) y según Murcia (1980), se compone de diferentes flujos volcánicos submarinos intercalados con sedimentos pelíticos y pelágicos. El complejo tiene una edad Cretáceo - Terciario, presenta un plutonismo básico-ultrabásico asociado y muestra evidencias de haber sido sometido a un metamorfismo de bajo grado, predominando las facies ceolitas y prehnita-pumpellyta; localmente se encuentra la facies esquisto verde. El metamorfismo de bajo grado corresponde a metamorfismo de fondo oceánico y está asociado al gradiente geotérmico.

Este trabajo pretende dar algunas ideas sobre los ambientes geotectónicos en los que se pudieron formar los basaltos y diabasas del CIB, basados principalmente en análisis químicos de lavas.

MARCO GEOTECTONICO

En la Figura 1 se puede observar la posición de Colombia con respecto al marco geotectónico de la parte NW de Suramérica, y se nota que están intersectándose las placas de Cocos, Nazca, Caribe, Suramericana y Bloque Andino, esta última definida por Pennington (1979), quien afirma que se está moviendo en dirección NNE, a una velocidad de 1 cm/año. Esa configuración tiene solamente 10 millones de años (Herron, 1972) y fue ocasionada por la rápida desaparición de la placa de Farallones, lo cual trajo como consecuencia un reajuste en la región del Pacífico Oriental: la expansión comenzó en la Dorsal de Galápagos dando lugar a la formación de las placas de Cocos y de Nazca.

La Cordillera de Los Andes ha sido formada por sucesivas migraciones, al occidente, de Zonas de Benioff. El Sistema de Fallas de Romeral es la expresión morfológica en superficie de la paleozona de subducción Jura-Cretácea, formada por la interacción de la Placa Continental Suramericana y la Placa Oceánica del Pacífico, y pone en contacto al Valle del Cauca - Patía con el flanco occidental de la Cordillera Central. Está última región representa una zona de "melange" formada en el Jura-Cretáceo y en ella afloran rocas metamórficas paleozoicas de baja presión a presión intermedia (Grupo Cajamarca), rocas cretáceas de presión intermedia (anfibilolitas granatíferas), rocas de alta presión (esquistos de glaucófana), rocas ultramáficas del tipo Alpino y del tipo Alaska, basaltos komatiíticos, eclogitas, plagiogranitos oceánicos y secuencias volcano-sedimentarias, de edad Cretáceo-Terciario. Existen criterios para postular un cordón pareado de tipo normal en la parte occidental de la Cordillera Central.

De la cima de la Cordillera Central hacia el occidente predominan rocas volcánicas bási-

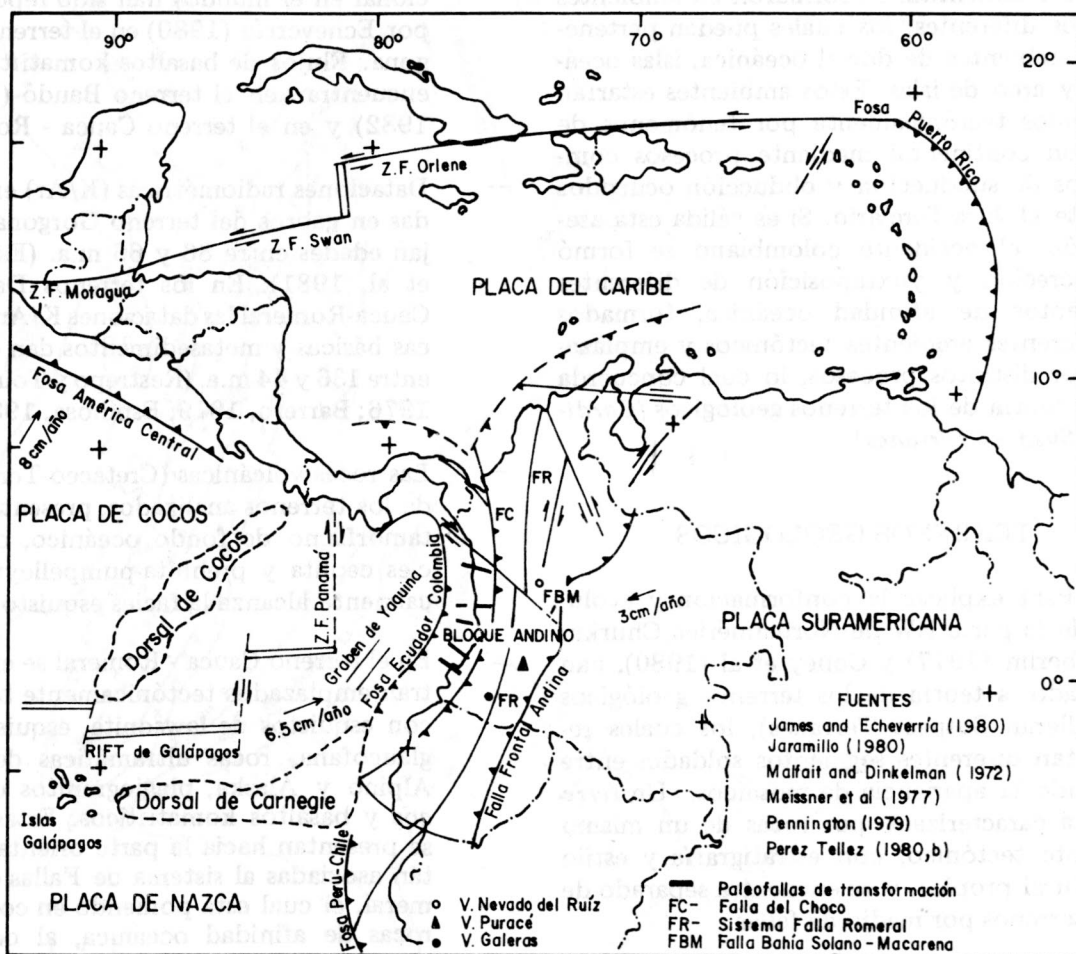


Fig. 1: Marco Geotectónico de la parte noroeste de Suramérica.

cas que conforman el Complejo Igneo Básico cuya edad varía entre 131 y 45 millones de años, de acuerdo a las dataciones radiométricas (método K/Ar) reportadas por Restrepo y Toussaint (1976), Barrero (1979), Espinosa (1980) y Espinosa y otros (1981). Según Murcia y Cepeda (1984), las características petrográficas, faciales y químicas de las rocas cretáceas de la parte más meridional de Colombia, da como resultado que tanto las vulcanitas como las sedimentitas se formaron en ambientes marinos diferentes, los cuales pueden pertenecer a ambientes de dorsal oceánica, islas oceánicas y arco de islas. Estos ambientes estarían mezclados tectónicamente por fenómenos de acreción continental mediante procesos combinados de subducción y obducción ocurridos durante el Jura-Terciario. Si es válida esta aseveración, el occidente colombiano se formó por acreción y yuxtaposición de diferentes fragmentos de afinidad oceánica, formados en diferentes ambientes tectónicos y emplazados por distintos procesos, lo cual concuerda con la teoría de los terrenos geológicos (*Cordilleran Suspect Terranes*).

TERRENOS GEOLOGICOS

Para explicar la conformación y evolución de la parte NW de Norteamérica, Churkin and Eberlin (1977) y Coney et al (1980), han postulado la teoría de los terrenos geológicos (*Cordilleran Suspect Terranes*), los cuales representan diferentes segmentos soldados entre sí, dando la apariencia de mosaicos. Un *terreno* está caracterizado por rocas de un mismo ambiente tectónico, con estratigrafía y estilo estructural propios, y se encuentra separado de otros terrenos por medio de fallas.

Al parecer esta teoría puede explicar también la conformación y evolución del occidente colombiano ya que Etayo et al (1983), elaboraron el "Mapa de Terrenos de Colombia", dividiendo al territorio colombiano en 25 provincias geológicas o terrenos los cuales presentan contacto fallado entre sí. En la Figura 2 se observan los terrenos geológicos pertenecientes al occidente colombiano que contienen rocas volcánicas del Cretáceo-Terciario. Para conocer el posible ambiente de formación de esas vulcanitas, en este estudio se interpretaron

todos los análisis químicos conocidos hasta el momento y pertenecientes a esos flujos.

Una información completa sobre la tectónica, edad y estratigrafía de los terrenos estudiados aparece en el trabajo de Etayo et al (1983). Las principales características de los terrenos analizados son las siguientes:

- Lavas komatiíticas Cretáceas (caso excepcional en el mundo) han sido reportadas por Echeverría (1980) en el terreno Gorgona. Flujos de basaltos komatiíticos se encuentran en el terreno Baudó (Macía, 1982) y en el terreno Cauca - Romeral.
- Dataciones radiométricas (K/Ar) efectuadas en gabros del terreno Gorgona, arrojan edades entre 86 y 66 m.a. (Espinosa et al, 1981). En los terrenos Dagua y Cauca-Romeral las dataciones K/Ar en rocas básicas y metasedimentos dan edades entre 136 y 44 m.a. (Restrepo y Toussaint, 1976; Barrero, 1979; Espinosa, 1980).
- Las rocas volcánicas (Cretáceo-Terciario) de los terrenos analizados, presentan metamorfismo de fondo oceánico, con facies ceolita y prehnita-pumpellyta. Localmente alcanza la facies esquistos verde.
- En el terreno Cauca - Romeral se encuentran emplazados tectónicamente bloques con esquistos de lawsonita, esquistos de glaucofana, rocas ultramáficas del tipo Alpino y Alaska, plagiogranitos oceánicos y basaltos komatiíticos. Estas rocas se presentan hacia la parte oriental y están asociadas al sistema de Fallas de Romeral, el cual está poniendo en contacto rocas de afinidad oceánica, al oeste, y rocas de afinidad continental, al este.

ANALISIS GEOQUIMICO DEL VULCANISMO CRETACEO-TERCIARIO

Para analizar la variación geoquímica del vulcanismo Cretáceo - Terciario del occidente colombiano y determinar los posibles ambientes tectónicos de formación de esas vulcanitas, se interpretaron 120 análisis químicos, distribuidos de la siguiente manera:

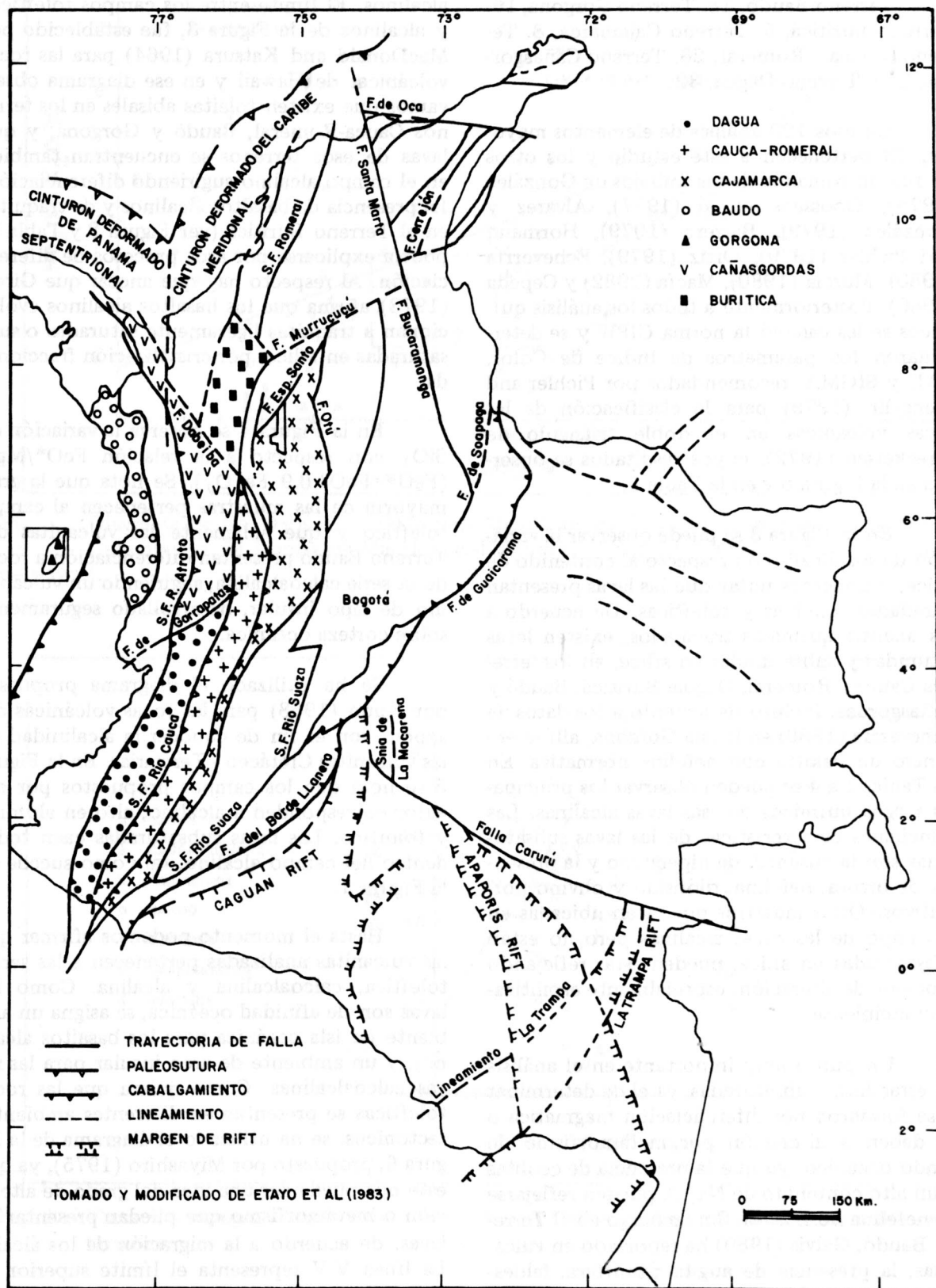


Fig. 2: Ubicación de los terrenos geológicos estudiados.

Terreno Baudó, 18. Terreno Gorgona, 16. Terreno Buriticá, 5. Terreno Cajamarca, 8. Terreno Cauca - Romeral, 26. Terreno Cañasgordas, 15 y Terreno Dagua, 32.

De esos 120 análisis de elementos mayores, 23 pertenecen a este estudio y los otros 97 fueron tomados de los trabajos de González (1976), Goossens et al (1977), Alvarez y González (1979), Barrero (1979), Hormann and Pichler (1979), Ortiz (1979), Echeverría (1980), Murcia (1980), Macía (1982) y Cepeda (1986). Posteriormente a todos los análisis químicos se les calculó la norma CIPW y se determinaron los parámetros de Índice de Color, TAU y SIGMA, recomendados por Pichler and Stengelin (1979) para la clasificación de las rocas volcánicas en el doble triángulo de Streckeisen (1972), cuyos resultados se observan en la Figura 8 y en la Tabla 5.

En la Figura 3 se puede observar la variación de los álcalis con respecto al contenido de sílice, y podemos notar que las lavas presentan afinidades alcalinas y toleíticas. De acuerdo a los análisis químicos trabajados, existen lavas saturadas y subsaturadas en sílice, en los terrenos Cauca - Romeral, Dagua, Buriticá, Baudó y Cañasgordas. Incluso de acuerdo a los datos de Echeverría (1980) en la Isla Gorgona, allí se encontró un basalto con nefelina normativa. En las Tablas 1 a 4 se pueden observar los principales rasgos químicos de esas lavas alcalinas. Las principales características de las lavas subsaturadas son la ausencia de hipersteno y la presencia de ortosa, nefelina, dióxido y olivino normativos. Otras muestras que están ubicadas en el campo de las rocas alcalinas pero no están subsaturadas en sílice, pueden estar reflejando procesos de alteración, especialmente espilitización incipiente.

Un punto muy importante en el análisis de estas lavas subsaturadas, es el de determinar si se formaron por diferenciación magmática o se deben a alteración por metamorfismo de fondo oceánico, ya que la presencia de ceolitas y un alto contenido de Na_2O , pueden reflejarse en nefelina normativa. Sin embargo en el Terreno Baudó, Galvis (1980) ha reportado en vulcanitas, la presencia de augita titanífera, feldespato potásico, biotita y un alto contenido de apatito, evidenciando la presencia de basaltos

alcalinos. El límite entre los campos toleíticos y alcalinos de la Figura 3, fue establecido por MacDonald and Katsura (1964) para las rocas volcánicas de Hawaii y en ese diagrama observamos que existen toleitas abisales en los terrenos Cauca-Romeral, Baudó y Gorgona, y que lavas de esos terrenos se encuentran también en el campo alcalino sugiriendo diferenciación. La presencia de basaltos alcalinos y de traquitas en el Terreno Buriticá (ver Figura 8 y Tabla 5) podría explicarse por esos procesos de diferenciación. Al respecto hay que anotar que Girod (1978) afirma que los basaltos alcalinos evolucionan a traquitas ligeramente saturadas o subsaturadas en sílice, por cristalización fraccionada.

En la Figura 4 se observa la variación de SiO_2 con respecto a la relación FeO^*/MgO ($\text{FeO}^* = \text{FeO} + 0.9 \text{ Fe}_2\text{O}_3$). Se nota que la gran mayoría de las muestras pertenecen al campo toleítico y que solamente las vulcanitas del Terreno Baudó presentan diferenciación a rocas de la serie calcoalcalina, sugiriendo un vulcanismo de tipo insular, desarrollado seguramente sobre corteza oceánica.

Se ha utilizado el diagrama propuesto por Kuno (1968) para las rocas volcánicas del Japón, con el fin de conocer la alcalinidad de las vulcanitas Cretáceo - Terciarias. En la Figura 5 se nota que los campos propuestos por ese autor corresponden a alcalino, alto en alúmina y toleítico. Las lavas subsaturadas caen todas dentro del campo alcalino, tal como sucede en la Figura 3.

Hasta el momento podemos afirmar que las vulcanitas analizadas pertenecen a las series toleítica, calcoalcalina y alcalina. Como las lavas son de afinidad oceánica, se asigna un ambiente de isla oceánica para los basaltos alcalinos, y un ambiente de arco insular para las rocas calcoalcalinas. Como quiera que las rocas toleíticas se presentan en diferentes ambientes tectónicos, se ha utilizado el diagrama de la Figura 6, propuesto por Miyashiro (1975), ya que este nos puede dar una idea del grado de alteración o metamorfismo que puedan presentar las lavas, de acuerdo a la migración de los álcalis. La línea V-V representa el límite superior de $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ para rocas volcánicas cuaternarias frescas y podemos observar que pocas muestras

| | A | B | C | D |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 48.25 | 38.08 | 46.02 | 48.72 |
| K ₂ O | 0.02 | 0.01 | 0.55 | 0.41 |
| TiO ₂ | 0.38 | 1.23 | 1.52 | 1.74 |
| Na ₂ O | 3.07 | 0.26 | 3.84 | 6.0 |
| Or | 0.12 | — | 3.25 | 2.42 |
| Ne | 1.15 | 1.19 | 0.73 | 5.62 |
| Di | 33.37 | 15.61 | 7.06 | 10.4 |
| Ol | 10.39 | 22.43 | 15.47 | 15.98 |

Tabla 1: Principales elementos mayores y minerales normativos de las lavas subsaturadas del Terreno Cauca - Romeral. De acuerdo a la clasificación de Streckeisen, corresponden a basaltos alcalinos olivínicos las muestras A, B, C y D.

| | E | F | G | H |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 44.12 | 44.16 | 42.04 | 47.95 |
| K ₂ O | 0.70 | 0.54 | 1.24 | 0.05 |
| TiO ₂ | 1.58 | 1.46 | 1.61 | 2.12 |
| Na ₂ O | 3.46 | 2.70 | 1.51 | 4.72 |
| Or | 4.14 | 3.19 | 7.33 | 0.31 |
| Ne | 5.97 | 4.78 | 1.09 | 0.90 |
| Di | 32.25 | 33.67 | 15.05 | 12.40 |
| Ol | 4.06 | 8.72 | 12.50 | 8.37 |

Tabla 2: Principales elementos mayores y minerales normativos de las lavas subsaturadas del Terreno Dagua. De acuerdo a Streckeisen (1972). E = Melafonotefrita, F = Tefrita, G = Mugearita alcalina, H = Latibasalto alcalino.

| | I | J | K |
|-------------------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 44.30 | 42.04 | 45.78 |
| K ₂ O | 1.41 | 2.08 | 2.32 |
| TiO ₂ | 1.37 | 1.27 | 1.32 |
| Na ₂ O | 3.31 | 2.12 | 3.34 |
| Or | 8.33 | 12.29 | 13.70 |
| Ne | 1.23 | 8.47 | 3.32 |
| Di | 28.92 | 32.12 | 37.94 |
| Ol | 4.52 | 12.45 | — |

Tabla 3: Lavas subsaturadas en el Terreno Buriticá Región de Dabeiba. Datos tomados de Ortiz (1979). Según la clasificación de Streckeisen (1972). I = Mela-latibasalto alcalino, J = Mela-fonobasanita, K = Mela-tefrifonolita.

| | L | M |
|--------------------|-------|-------|
| SiO ₂ 4 | 46.67 | 41.38 |
| K ₂ O | 2.61 | 0.08 |
| TiO ₂ | 0.08 | 0.98 |
| Na ₂ O | 2.17 | 1.62 |
| Or | 15.42 | 0.47 |
| Ne | 4.12 | 2.82 |
| Di | 11.17 | 33.28 |
| Ol | 16.21 | 18.09 |

Tabla 4: Lavas subsaturadas en el Terreno Cañasgordas. Datos tomados de Alvarez y González (1979). Según la clasificación de Streckeisen (1972) . L = Mugarita alcalina, M = Basalto alcalino olivínico.

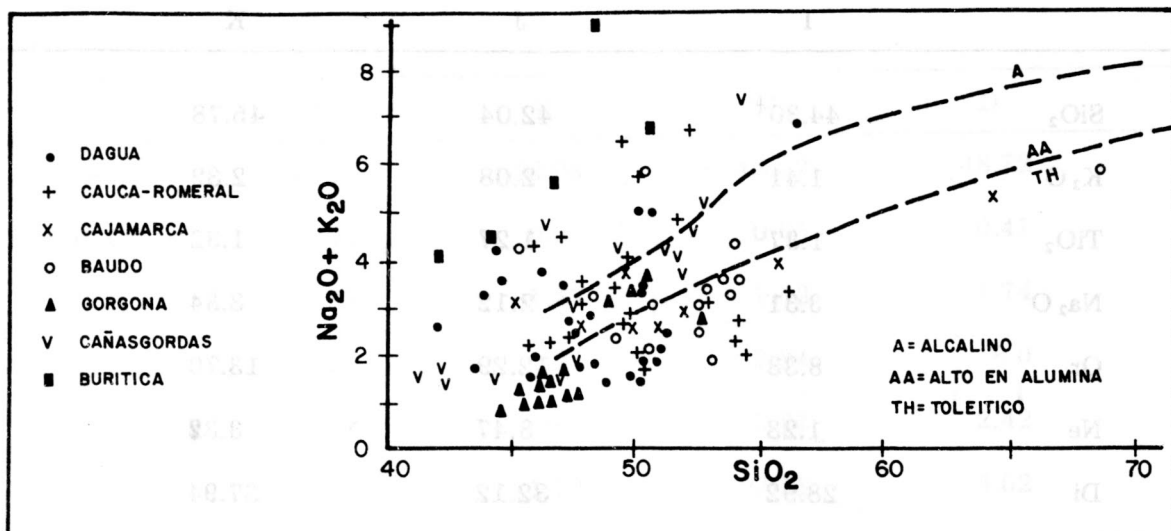


Fig. 5: Variación de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 mostrando los límites establecidos por Kuno (1968).

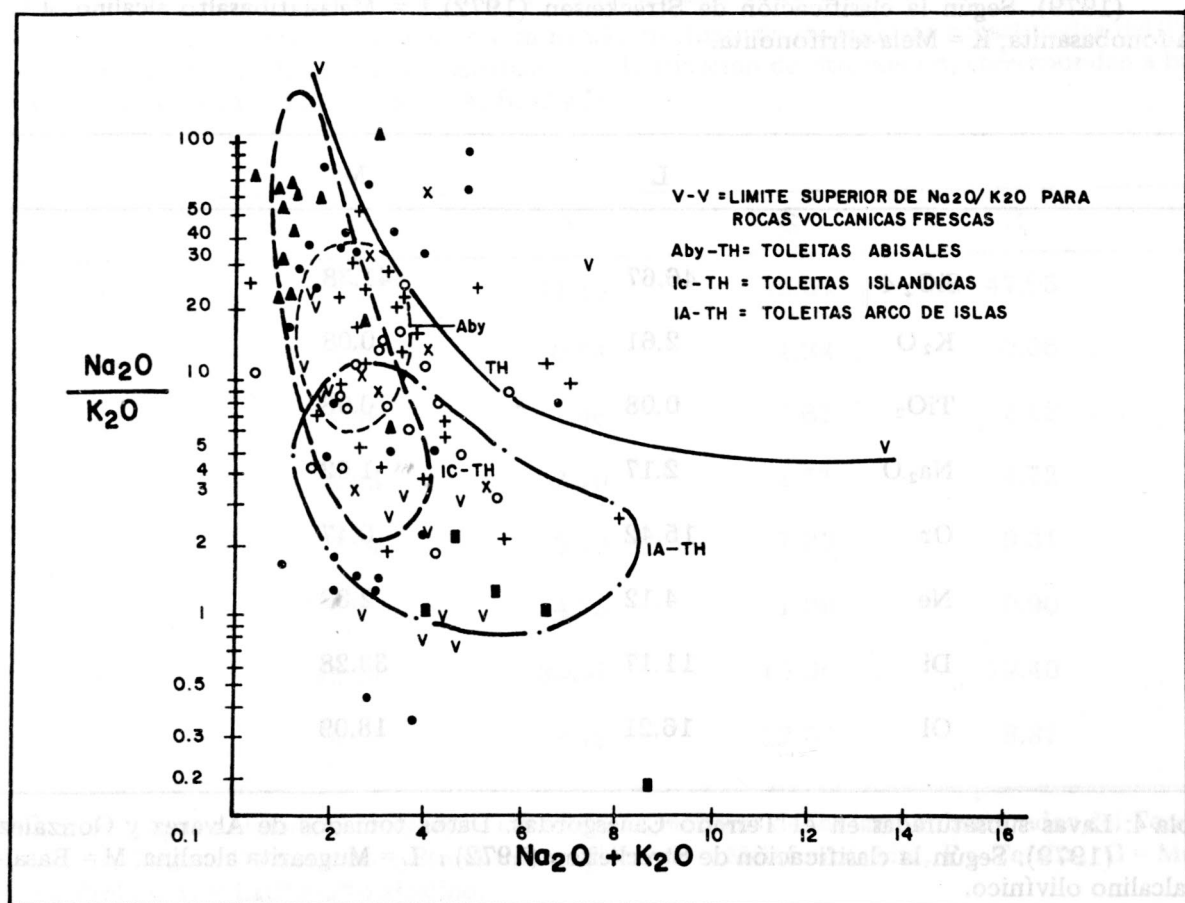


Fig. 6: Diagrama de álcalis mostrando diferentes tipos de toleitas. Los campos son tomados de Miyashiro (1975).

se ubican en el campo de las rocas alteradas ubicado encima de la línea V-V. Según ese diagrama, las lavas son toleitas abisales (toleitas oceánicas), toleitas islándicas (islas oceánicas) y toleitas de arco de islas. Según Echeverría (1980), los flujos komatiíticos de la isla Gorgona reflejan ambientes de dorsales oceánicas, mientras que en el diagrama se ubican en el campo de las toleitas islándicas.

El grado de enriquecimiento en hierro se puede observar en el diagrama triangular de la Figura 7, notándose que el grado es de medio a bajo, y las lavas saturadas y subsaturadas caen dentro de los campos toleítico y calcoalcalino. Dependiendo del enriquecimiento en hierro una serie es toleítica o calcoalcalina, y para explicar esa variación, algunos autores como Osborn (1959) postulan que el incremento en Fe (serie toleítica) se debe al fraccionamiento de olivino a bajo f_{O_2} , mientras que el decrecimiento del Fe (serie calcoalcalina) está relacionado con el fraccionamiento de magnetita a alto f_{O_2} .

Se han utilizado dos clasificaciones químicas para las vulcanitas cretáceo-terciarias. En la Figura 8 se observa el doble triángulo de Streckeisen, ubicándose las lavas subsaturadas debajo de la línea A-P. Al graficar los 120 análisis químicos, existen lavas de diferentes terrenos coincidiendo en el mismo punto. Las muestras del Terreno Cajamarca se ubican en los campos 5, 10* y 10, las del Terreno Buriticá en los campos 7, 9*, 9', 12 y 13, las del Terreno Cañasgordas en los campos 9, 9*, 9', 10, 10* y 10', las del Terreno Baudó en los campos 5, 9, 9* y 10, las del Terreno Dagua en los campos 9, 9', 10, 10*, 10', 13 y 14, las del Terreno Cauca - Romeral en los campos 5, 9, 10, 10* y 10' y las del Terreno Gorgona en el campo 10, incluyendo los flujos komatiíticos. En la Tabla 5 se encuentran las denominaciones de las lavas estudiadas, y para la clasificación de Streckeisen se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

1. Norma CIPW
2. Índice de Color
3.
$$TAU = \frac{Al_2O_3 - Na_2O}{TiO_2 + P_2O_5}$$
4.
$$SIGMA = \frac{(Na_2O + K_2O)^2}{SiO_2 - 43}$$

En el diagrama de la Figura 9 se observa la clasificación propuesta por Barberi (1974), utilizando K_2O y SiO_2 , predominando los basaltos toleíticos bajos en potasio, con andesitas subordinadas. En la Tabla 5 aparecen las denominaciones de las vulcanitas, según las dos clasificaciones químicas utilizadas.

Al comparar las clasificaciones de Barberi (1974) y de Streckeisen (1972), se nota una diferenciación en la composición de las lavas, predominando los basaltos toleíticos y las andesitas. En la Figura 8 se pueden observar lavas subsaturadas en sílice, localizadas debajo de la línea A-P, mientras que en la Figura 9 se aprecia la variación del potasio con respecto a SiO_2 . Lavas sobresaturadas en sílice del Terreno Cañasgordas, presentan en general los valores más altos de K_2O . Una Absarokita (clasificación según Barberi) o cuarzo-mugearita toleítica (campo 9* del doble triángulo de Streckeisen) del Terreno Buriticá, presenta el valor más alto de $K_2O = 3.0 \%$.

DIAGRAMA DISCRIMINANTE

$MnO/TiO_2 / P_2O_5$

Mullen (1983) hizo un estudio sobre rocas basálticas de ambientes oceánicos y propuso un diagrama ternario para discriminar diferentes ambientes tectónicos, utilizando MnO , P_2O_5 y TiO_2 . Se ha comprobado que no existe un cambio significativo en la abundancia de MnO de los metabasaltos de secuencias ofiolíticas con respecto a sus análogos oceánicos, y que en metabasaltos oceánicos el MnO decrece muy ligeramente mientras el P_2O_5 es inmóvil. El TiO_2 se considera inmóvil en procesos de alteración y metamorfismo de bajo grado, incluyendo la facies esquistos verde. Como quiera que las muestras analizadas no presentan indicios de espilitización ni de adición de P_2O_5 , se ha utilizado el diagrama propuesto por Mullen (1983) y en él se han graficado 60 muestras de lavas de los diferentes terrenos estudiados (ver Figura 10). Una primera conclusión que se puede sacar es la de que las lavas analizadas pertenecen a ambientes de dorsales oceánicos, islas oceánicas y predominantemente arcos de islas. En la Tabla 6 se han relacionado números de muestras de los terrenos estudiados y ambientes tectónicos de formación, notándose que en cada terreno existe una superposición

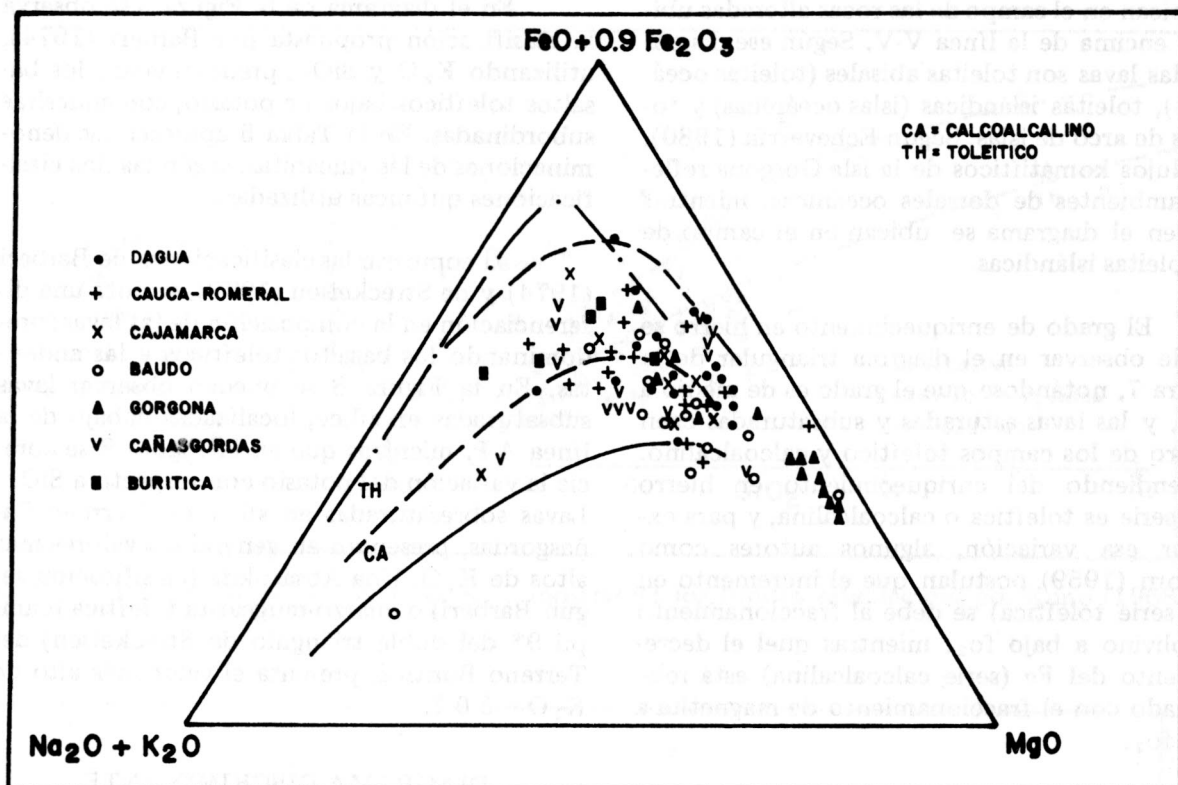


Fig. 7: Diagrama AFM mostrando la afinidad toleítica y calcoalcalina de las vulcanitas del occidente colombiano. La línea — · — representa el basalto aluminico de Skaergaard.

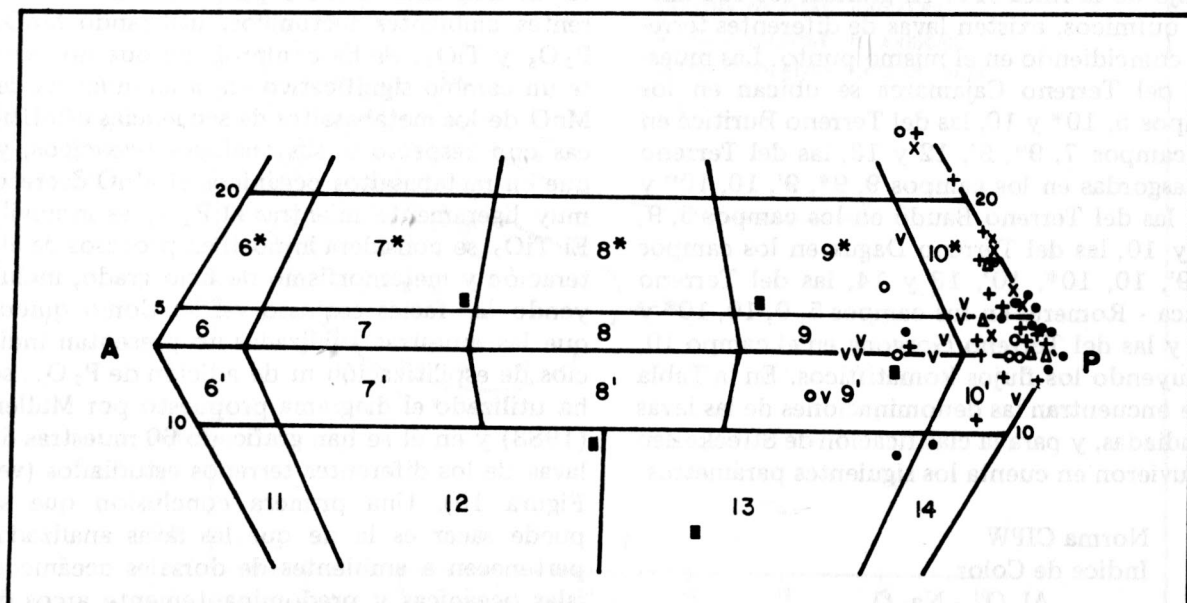


Fig. 8: Ubicación de las lavas Cretáceo - Terciarias del occidente colombiano en el doble triángulo de Streckeisen (1972), de acuerdo a la norma CIPW. En la Tabla 5 aparece la clasificación.

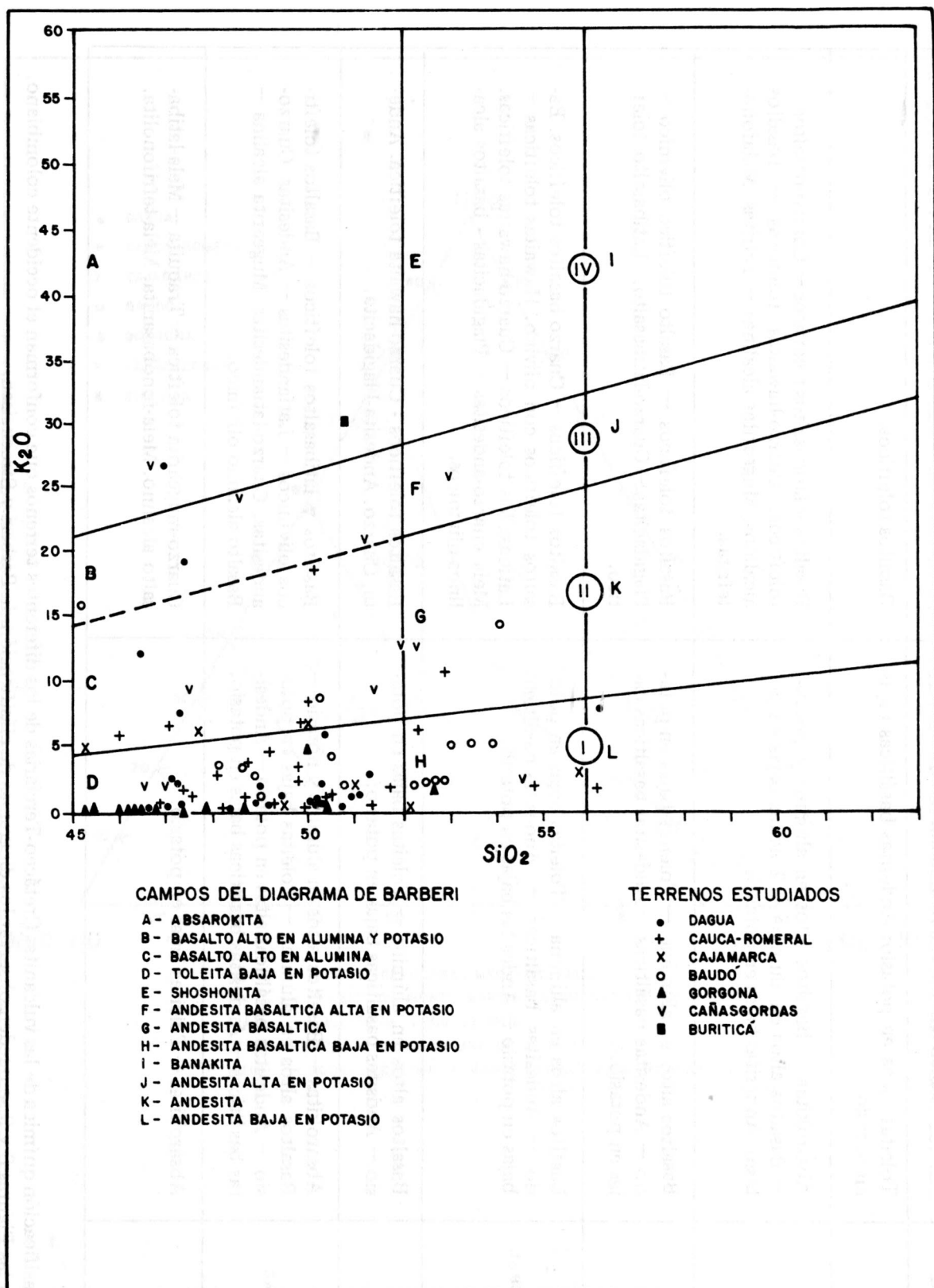


Fig. 9: Ubicación y clasificación en el diagrama de Barberi (1974), de las lavas Cretáceo - Terciarias de los diferentes terrenos estudiados.

| TERRENO | CLASIFICACION SEGUN BARBERI (1974) | CLASIFICACION SEGUN STRECKEISEN (1972). |
|---------------|---|--|
| GORGONA | Toleitas bajas en potasio. Andesitas basálticas bajas en potasio. | Basaltos toleíticos. |
| DAGUA | Absarokitas — Basaltos altos en alúmina y potasio — Basaltos altos en alúmina — Toleitas bajas en potasio. Andesitas bajas en potasio. | Basaltos y latibasaltos toleíticos — Cuarzo-basaltos toleíticos. Cuarzo-hawaitas toleíticas — Basaltos alcalinos. Mugearitas alcalinas — Tefritas. Melafonotefritas. |
| BAUDO | Basaltos altos en alúmina — Toleitas bajas en potasio — Andesitas basálticas — Andesitas basálticas bajas en potasio. | Basaltos toleíticos — Basalto toleítico olivínico — Plagidacitas — Cuarzo-latibasalto. Latibasalto toleítico. |
| CAUCA-ROMERAL | Basaltos altos en alúmina — Toleitas bajas en potasio — Andesitas basálticas — Andesitas basálticas bajas en potasio — Andesitas bajas en potasio. | Basaltos toleíticos — Cuarzo-basaltos toleíticos. Basaltos toleíticos con olivino. Hawaitas toleíticas — Latibasaltos toleíticos — Cuarzo-hawaitas toleíticas. Mela cuarzo-andesitas — Plagidacitas - basaltos alcalinos olivínicos. |
| CAJAMARCA | Basaltos altos en alúmina — Toleitas bajas en potasio — Andesitas basálticas bajas en potasio. | Basaltos toleíticos - Cuarzo-hawaita toleítica. Andesita. Cuarzo. Andesita-Plagidacita. |
| CANASGORDAS | Absarokitas — Basaltos altos en alúmina y potasio — Basaltos altos en alúmina — Toleitas bajas en potasio — Andesitas basálticas altas en potasio — Andesitas basálticas — Andesitas basálticas bajas en potasio. | Basaltos y latibasaltos toleíticos — Basaltos toleíticos olivínicos — Latandesitas — Andesitas. Cuarzo-andesitas. Cuarzo-latandesitas. Mugearita alcalina — Basalto alcalino olivínico. |
| BURITICA | Absarokitas — Toleitas bajas en potasio. | Cuarzo-mugearita toleítica — Traquita — Mela-latibasalto alcalino. Mela-fonobasanita. Mela-tefrifonolita. |

Tabla 5: Clasificación química de las vulcanitas Cretáceo-Terciarias de los diferentes terrenos que conforman el occidente colombiano. En las Figuras 8 y 9 se pueden observar los diagramas de clasificación de Barberi y Streckeisen.

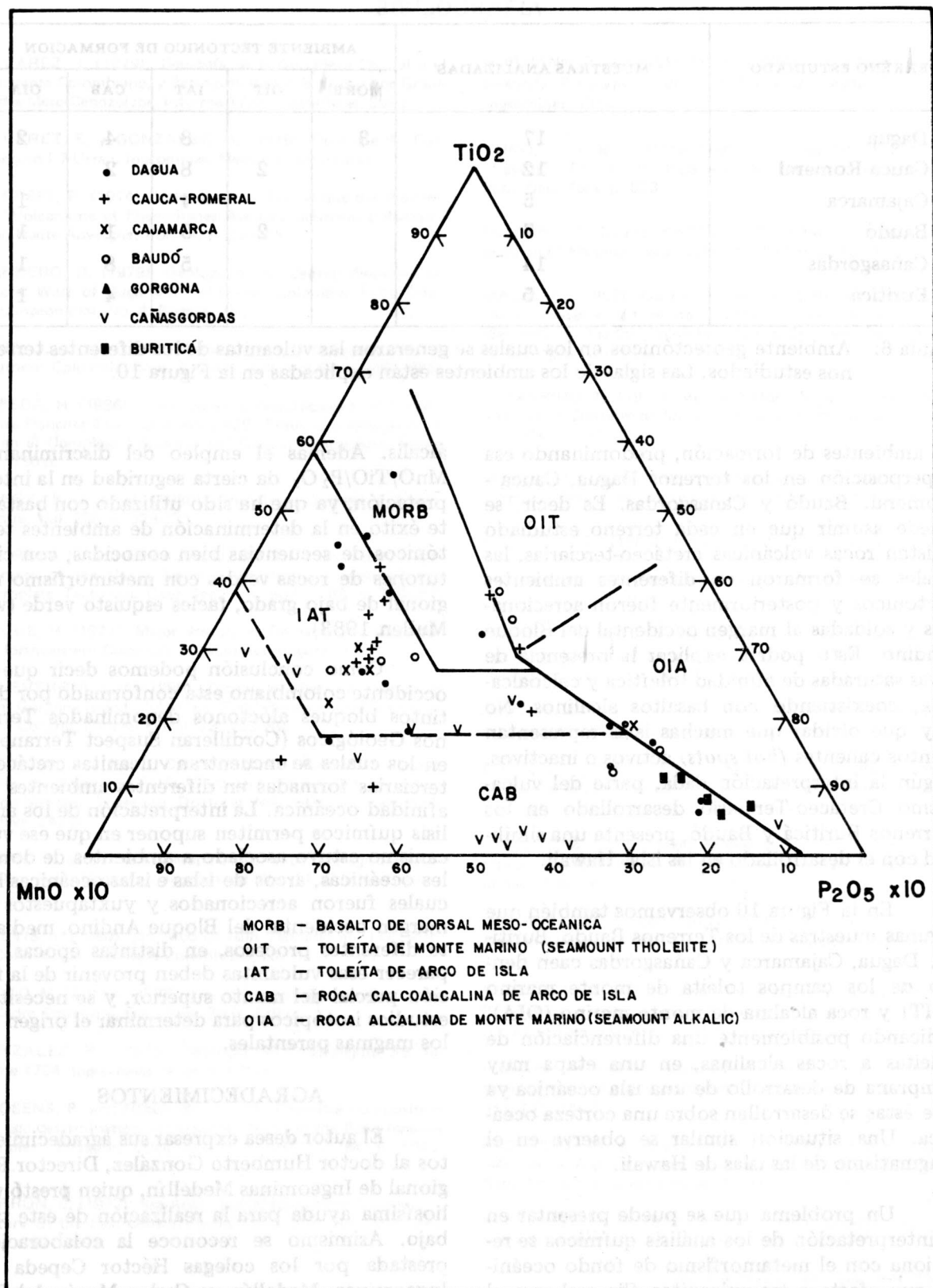


Fig. 10: Diagrama triangular mostrando las vulcanitas de los diferentes terrenos, en los ambientes tectónicos propuestos por Mullen (1983).

| TERRENO ESTUDIADO | MUESTRAS ANALIZADAS | AMBIENTE TECTONICO DE FORMACION | | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | MORB | OIT | IAT | CAB | OIA |
| Dagua | 17 | 3 | | 8 | 4 | 2 |
| Cauca-Romeral | 12 | | 2 | 8 | 2 | |
| Cajamarca | 5 | | | 4 | | 1 |
| Baudó | 7 | | 2 | 3 | 1 | 1 |
| Cañasgordas | 14 | | | 5 | 8 | 1 |
| Buriticá | 5 | | | | 4 | 1 |

Tabla 6: Ambiente geotectónicos en los cuales se generaron las vulcanitas de los diferentes terrenos estudiados. Las siglas de los ambientes están explicadas en la Figura 10.

de ambientes de formación, predominando esa superposición en los terrenos Dagua, Cauca - Romeral, Baudó y Cañasgordas. Es decir, se puede asumir que en cada terreno estudiado existen rocas volcánicas cretáceo-terciarias, las cuales se formaron en diferentes ambientes tectónicos y posteriormente fueron acrecionadas y soldadas al margen occidental del Bloque Andino. Esto podría explicar la presencia de lavas saturadas de afinidad toleítica y calcoalcalina, coexistiendo con basaltos alcalinos. No hay que olvidar que muchas islas representan puntos calientes (*hot spots*) activos o inactivos. Según la interpretación dada, parte del vulcanismo Cretáceo-Terciario desarrollado en los Terrenos Buriticá y Baudó, presenta una similitud con el desarrollado en las islas Hawaii.

En la Figura 10 observamos también que algunas muestras de los Terrenos Baudó, Buriticá, Dagua, Cajamarca y Cañasgordas caen dentro de los campos toleita de monte marino (OIT) y roca alcalina de monte marino (OIA), indicando posiblemente una diferenciación de toleitas a rocas alcalinas, en una etapa muy temprana de desarrollo de una isla oceánica ya que éstas se desarrollan sobre una corteza oceánica. Una situación similar se observa en el magmatismo de las islas de Hawaii.

Un problema que se puede presentar en la interpretación de los análisis químicos se relaciona con el metamorfismo de fondo oceánico que afecta a las vulcanitas. Sin embargo el diagrama de la Figura 6 muestras que son pocas las lavas que presentan una gran movilidad de

álcalis. Además el empleo del discriminante $MnO/TiO/P_2O_5$ da cierta seguridad en la interpretación, ya que ha sido utilizado con bastante éxito en la determinación de ambientes tectónicos de secuencias bien conocidas, con cinturones de rocas verdes con metamorfismo regional de bajo grado, facies esquisto verde (ver Mullen, 1983).

Como conclusión podemos decir que el occidente colombiano está conformado por distintos bloques alóctonos denominados Terrenos Geológicos (Cordilleran Suspect Terranes), en los cuales se encuentran vulcanitas cretáceo-terciarias formadas en diferentes ambientes de afinidad oceánica. La interpretación de los análisis químicos permiten suponer en que ese vulcanismo estuvo asociado a ambientes de dorsales oceánicas, arcos de islas e islas oceánicas los cuales fueron acrecionados y yuxtapuestos al margen occidental del Bloque Andino, mediante diferentes procesos, en distintas épocas. Al parecer esas vulcanitas deben provenir de la fusión parcial del manto superior, y se necesitan estudios isotópicos para determinar el origen de los magmas parentales.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus agradecimientos al doctor Humberto González, Director Regional de Ingeominas Medellín, quien prestó valiosísima ayuda para la realización de este trabajo. Asimismo se reconoce la colaboración prestada por los colegas Héctor Cepeda de Ingeominas, Medellín, y Carlos Macía del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Bogotá.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, J. (1979): Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano, y Petroquímica de los Intrusivos Granitoides Meso-Cenozoicos. Informe 1733, Ingeominas. 359 p.
- ALVAREZ, E. y GONZALEZ, H. (1979): Geología del Cuadrángulo I-7 Urrao. Ingeominas. Medellín (en prensa).
- BARBERI, F. (1974): Volcanisme et Tectonique des Plaques. In "Volcanisme et Phénomènes Associés. Journées d'Aurillac. Rev. Haute Auvergne. Vol. 44. p. 245-276.
- BARRERO, D. (1979): Geology of the Central Western Cordillera. West of Buga and Roldanillo, Colombia. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 4, Bogotá. 75 p.
- CASE, J. et al. (1973): Trans-Andean Geophysical Profile, Southern Colombia. Geol. Sol. Am. Bull. Vol. 84. p. 2895-2904.
- CEPEDA, H. (1986): Investigaciones Petrológicas en el Ambito de las Planchas 410 - La Unión y 429 - Pasto, con especial énfasis en el Complejo Volcánico del Galeras. Ingeominas, Medellín. 120 p.
- CONEY, P. J. et al. (1980): Cordilleran Suspect Terranes. Nature. Vol. 288, p. 329-333.
- CHURKIN, M. and EBERLIN, D. (1977): Ancient Borderland Terranes of the North American Cordillera: Correlation and Microplate Tectonics. Geol. Soc. Am. Bull. V-88. p. 769-786.
- DUQUE, H. (1977): Major Structural Elements and Evolution of Northwestern Colombia. Ingeominas, Bogotá. 33 p.
- ECHEVERRIA, L.M. (1980): Tertiary or Mesozoic Komatiites from Gorgona Island, Colombia: Field Relations and Geochemistry. Contrib. Mineral Petrol. 73: 253-266.
- ESPINOSA, A. (1980): Sur les Roches Basiques et Ultrabasiques du Bassin du Patía, Cordillera Occidentale des Andes Colombiennes. These de Doctorat No. 1970. Université de Geneve. 242 p.
- ETAYO, F. et al. (1983): Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 14. Edición preliminar. 78 p.
- GALVIS, J. (1980): Un Arco de Islas Terciario en el Occidente Colombiano. Geología Colombiana, No. 11, p. 7-43.
- GIROD, M. (Editor) (1978): Les roches volcaniques. Petrologie et Cadre Structural. Doin Edit. París. 239 p.
- GONZALEZ, H. (1976): Geología del Cuadrángulo J-8. Informe 1704. Ingeominas, Bogotá. 421 p.
- GOOSENS, P. and ROSE, W. (1973): Chemical composition and age determination of tholeiitic Rocks in the Basic Igneous Complex, Ecuador. Geol. Soc. Am. Bull., V. 84, p. 1043-1052.
- HERRON, E. (1972): Sea-floor Spreading and the Cenozoic History of the East Central Pacific. Geol. Soc. Am. Bull. Vol. 83, p. 1671-1692.
- HORMANN, P. and PICHLER, H. (1979): Colombian-German Scientific Programs on Volcanic Rocks. Universität Tübingen-Ingeominas. 13 p.
- KUNO, H. (1968): Differentiation of Basaltic Magmas. In "Basalts". Ed. H. H. Hess and A. Podelvaart. Interscience Publ. New York. p. 623.
- MACDONALD, G. and KATSURA, T. (1964): Chemical composition of Hawaiian lavas. J. Petrol., Vol. 5. p. 82-133.
- MACIA, C. (1982): Características Petrográficas y Geoquímicas de Rocas Basálticas de la Península de Cabo Corrientes (Serranía de Baudó). Colombia. Cuarto Congreso Colombiano de Geología. Cali. 18 p.
- MIYASHIRO, A. (1974): Volcanic Rock Series in Island Arcs and Active Continental Margins. American Journal of Science. Vol. 274. p. 321-355.
- MIYASHIRO, A. (1975): Classification, Characteristics, and Origin of Ophiolites. Journal of Geology. Vol. 83. p. 249-281.
- 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. Vol. 62. p. 53-62.
- MURCIA, A. (1980): Definición del denominado Complejo Igneo Básico en Colombia y Petrogénesis de su Parte Meridional. Geología Colombiana, No. 11, p. 45-65.
- MURCIA, A. y CEPEDA, H. (1984): Memoria Geológica de la Plancha 429 - Pasto, Ingeominas - Popayán. 193 p.
- ORTIZ, F. (1979): Petrología del Vulcanismo Básico de la Cordillera Occidental. Boletín Ciencias de la Tierra, No. 4. p. 29-44.
- ORREGO, A., et al. (1980): Datación de un Esquisto Sericítico de Jambaló, Cauca. Publ. Esp. No. 25. Facultad de Minas. Medellín. 2 p.
- OSBORN, E.F. (1959): Role of Oxygen Pressure in the Crystallization and Differentiation of Basaltic Magma. Am. J. Sc. Vol. 257. p. 647.
- PENNINGTON, W. D. (1970): The subduction of the Eastern Panamá Basin and the seismotectonics of Northwestern South America. Thesis. University of Wisconsin-Madison. 126 p.
- PICHLER, H. and STENGELIN, R. (1979): Lighter differentiates of tholeiite and alkali basaltic magmas. No. Jb. Miner. Abh. Vol. 135: 18-35.
- RESTREPO, J.J. y TOUSSAINT, J.F. (1976): Edades Radiométricas de Algunas Rocas de Antioquia, Colombia. Publ. Esp. Geol. No. 6. Facultad de Minas. Medellín. p. 1-18.
- STRECKEISEN, A. (1972): Report of the Preliminary Meeting of the Subcommission IUGS. Beene, April. p. 11-14.

Manuscrito recibido: Marzo de 1987.

Dirección del Autor:
Armando Murcia L.
A.A. 916 - Ibagué