

PETROQUIMICA DEL VOLCANISMO BASICO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL

(Informe Preliminar)

Franklin Ortiz B.*

ABSTRACT

This paper reports the preliminary results of a study of volcanic rocks of the Cordillera Occidental. Using the results of 58 analyses, major and minor element chemistry, of rocks with a wide geographic distribution, it has been found that they are of tholeiitic affinity. A simple ternary plot of $MgO - FeO^* - Al_2O_3$ and abundance of TiO_2 seem, in general, support two tectonic environments for the rocks: ocean ridge and floor; and island arcs and continental margins (orogenic).

RESUMEN

Se presentan en este trabajo los resultados preliminares de un estudio sobre el volcanismo básico de la Cordillera Occidental. 58 análisis químicos de rocas, elementos mayores y menores, distribuidos en las regiones norte y central de la cordillera indican que el volcanismo es de carácter toleítico. Las rocas parecen haberse generado en dos ambientes tectónicos, en el piso oceánico y en arcos de islas de márgenes continentales, de acuerdo con la abundancia de TiO_2 y al diagrama ternario $MgO - FeO^* - Al_2O_3$.

I. - INTRODUCCION

Es este un informe preliminar donde se presenta en forma muy resumida el panorama general de una investigación adelantada por el suscrito en los últimos años. En él se plantea el marco geológico de la Cordillera Occidental, la composición y variación petrográfica preliminar de las rocas volcánicas básicas, se indican algunas caracterizaciones petroquímicas de estas rocas, y se plantean algunas ideas iniciales sobre su origen.

* Profesor Asociado, Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Medellín.

A.- OBJETIVOS

A grandes rasgos, dos son los objetivos básicos de la investigación:

- El primero es buscar la caracterización litogeoquímica de las rocas volcánicas cretáceas presentes en la Cordillera Occidental y parte de la Central. Con esta caracterización petroquímica, se busca luego ubicarlas en un marco tectónico adecuado, dentro de la tectónica de placas, a fin de definir la evolución y origen de la Cordillera Occidental.
- Segundo, con un ambiente geológico o modelo evolutivo conveniente, la orientación y búsqueda de yacimientos minerales típicamente asociadas a dichos ambientes, como ejemplo, los denominados sulfuros masivos. Este segundo objetivo se considera como una etapa futura y aplicada de la investigación.

B.- LOCALIZACION DEL AREA

Hasta el momento se han realizado varios perfiles geológicos en la parte norte de la Cordillera Occidental y en la región occidental de la Cordillera Central. Esta área base cubre la Cordillera entre las latitudes 6 y 6.5° N aproximadamente, y entre los ríos Atrato al occidente y Cauca al oriente. Se cuenta, además, con la información publicada por Pichler y otros (1974) y Barrero (1977), autores que han estudiado las características petroquímicas de rocas similares en la parte central de la Cordillera, al sur del área arriba mencionada, y se espera luego poder ampliar el área hasta cubrir rocas del sur del país y de la Serranía de Baudó.

C.- METODOS DE TRABAJO

1. Recopilación bibliográfica: Es una labor inicial a la cual por lo disperso de la información se le ha dedicado bastante tiempo. Se ha aprovechado toda la información geológica, publicada y no publicada, existente. En particular, los numerosos trabajos de cartografía geológica regional adelantada por el INGEOMINAS, los conocimientos y discusiones con varios geólogos de dicho Instituto, y la experiencia personal del autor durante varios años de trabajo en terreno, tanto en el Instituto como en la Universidad.
2. Trabajo de campo: Debido a los problemas resultantes de nuestra posición geográfica, las rocas sufren una intensa meteorización y generalmente los afloramientos son escasos. Es necesario entonces aprovechar los cortes de carreteras y los cauces de los ríos y quebradas para tratar de obtener muestras lo más frescas posibles. De esta manera, en el campo se hace una primera selección tomando solo aquellas muestras que visualmente no presenten signos de alte-

ración. Adicional a ello se ha evitado tomar muestras afectadas por eventos dinámicos o térmicos. Posteriormente, las rocas se observan en secciones delgadas de tal manera que los análisis químicos se realicen solo a aquellas rocas en las cuales los minerales de alteración no lleguen al 5%.

3. Trabajo de laboratorio: De las muestras tomadas una parte es utilizada para el análisis petrográfico, y la otra es pulverizada.

La porción pulverizada es utilizada para la determinación analítica de los elementos mayores, menores y trazas. Estas determinaciones son hechas en forma parcial, elementos mayores y menores, y cuantitativa en el INGEOMINAS. Hoy por hoy, se cuenta sólo con un total de 22 determinaciones hechas en Ingeominas y dos realizadas en Houston. Adicional a ello están los datos publicados en Pichler y otros (1974), Barrero (1977) y Goosens y Otros (1978). Como se puede apreciar el número de muestras analizadas es aún estadísticamente muy bajo y limitado en los análisis a los elementos mayores y menores.

4. Cálculo de la Norma CIPW: En el Departamento de Sistemas y Cómputos de la Universidad Nacional, y con la ayuda de Juan Manuel Vilá y Alejandro Toro se realizaron los cálculos de la Norma CIPW, mediante el uso de un programa elaborado por el Geólogo Ovelio Ruiz M.

AGRADECIMIENTOS

La investigación, hasta ahora, se ha adelantado gracias a la ayuda prestada por varias entidades y los comentarios y sugerencias de varias personas. COLCIENCIAS, ha dado su apoyo económico; el INGEOMINAS, ha auspiciado varios análisis químicos, suministrado información geológica muy valiosa y facilitado transporte para varias salidas a terreno; y la UNIVERSIDAD NACIONAL, ha dado facilidades y apoyo para las actividades de campo y de laboratorio. Personalmente debo agradecer la colaboración del Geólogo Bernardo Calle con quien el autor ha tenido diversas charlas y salido a campo para la discusión de temas directamente ligados a este estudio. Hay un alto número de personas que, en una u otra forma, están ayudando a la realización de este trabajo; en particular Mario Tabares, Lino Arbeláez, Stella Bermudez y Virginia de Villa en la Universidad Nacional y muchas otras que no alcanzaría a nombrar. A todas muchas gracias.

II.- ANOTACIONES SOBRE LAS CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL

A.- ESTUDIOS ANTERIORES

Los aspectos geológicos de esta región del país han sido analizados, bien en forma parcial o general, por varios autores. La mayoría de los estudios publicados se localizan principalmente hacia el flanco oriental de la Cordillera; sin embargo, el personal del INGEOMINAS ha realizado numerosos perfiles geológicos a través de la Cordillera, con lo cual se ha podido integrar un mapa geológico regional que ubica las principales unidades litológicas que la conforman, véase el mapa geológico de Colombia (1976) y los mapas geológicos de los departamentos de Antioquia (1979) y Caldas (1972).

Adicional a estos trabajos hay varios estudios más en la Cordillera Central que hacen referencia a unidades sedimentarias y volcánicas correlacionables con aquellas dominantes en la Cordillera Occidental.

Grosse (1926), en la parte central de Antioquia menciona la formación porfirítica, una unidad constituida por rocas efusivas, espilitas, tobas y sedimentos marinos intercaladas, a la cual asignó una edad del Cretáceo Inferior. Esta formación aflora en franjas alargadas de dirección N-S en la margen oriental del río Cauca, en el departamento de Antioquia. Su continuación al otro lado del Cauca ha sido confirmada por la cartografía regional adelantada por Ingeominas.

Al sur en el sector Cali-Buenaventura, Nelson (1957), definió los Grupos Diabásico y Dagua. El grupo Diabásico lo constituyen basaltos, diabasas e intercalaciones de chert que estarían descansando en el Dagua, una secuencia de filitas, cherts, areniscas, calizas y pizarras con un cierto grado de metamorfismo.

Botero (1963), en su estudio de la parte central de Antioquia definió un conjunto de rocas efusivas y sedimentos marinos intercalados del Cretáceo Temprano, al cual denominó Formación Quebragrande.

Alvarez y Eckardt (1970), hacen un estudio detallado de esta formación en las vecindades de Caldas (A) y amplían así el conocimiento de ella. Esta formación fue separada en dos miembros por González (1976) durante la cartografía de la J - 8.

Hall y Otros (1972) describen, más al norte y en la Cordillera Occidental una unidad de brechas, aglomerados basálticos, tobas y diabasas de composición toleítica con delgadas intercalaciones de limolitas, grauwas y chert. La unidad es considerada por ellos como del Cretáceo Superior al correlacionar los cherts de esta unidad con rocas similares de

neira. En estas últimas se encontraron radiolarios datados por el Pro
fesor G. Botero (1968).

Pichler y Otros (1974), estudiaron derrames volcánicos con estructura almohadillada, los cuales están asociados a sedimentos pelágicos, y sobre bases petroquímicas concluyen que estas rocas son de composición toleítica y de carácter oceánico. Las rocas colombianas son correlacionadas con unidades similares de Ecuador y el sur de Centro América en un conjunto denominado como el Complejo Igneo básico.

González (1976), utiliza la información química, obtenida en la cartografía regional de la J-8 de rocas volcánicas en el sector mapeado para comparar con los datos citados por Miyashiro (1974). El concluye que és tas pertenecen a toleitas oceánicas generadas en un rift.

Barrero (1977), estudió en más detalle el sector central de la Cordillera Occidental, resultado del cual es la redefinición de las unidades descritas por Nelson (1957).

Además, este autor discute las características petroquímicas de las rocas volcánicas pertenecientes al Diabásico.

Goosens y otros (1977), estudiaron rocas de la Serranía del Baudó en la Costa Pacífica en las cuales incluyen gabros, basaltos, diabasas, conjuntamente con sedimentos tobáceos. El análisis del carácter petroquímico de las rocas volcánicas de esta cordillera le indican que las rocas son de carácter toleítico, correlacionando a su vez este volcanismo con el llamado Complejo Igneo básico de Costa Rica, Panamá y Ecuador.

Alvarez y González (1978), definen el Grupo Cañasgordas como constituido por dos miembros uno volcánico y otro sedimentario. La secuencia sedimentaria está constituida por conglomerados, grauwacas, limolitas, arcillolitas, liditas y calizas. El miembro volcánico, denominado Formación Barroso, contiene espilitas, diabasas, basaltos, basaltos porfídicos, aglomerados y brechas volcánicas. Los derrames basálticos presentan estructura almohadilladas y además en la secuencia volcánica se aprecian bancos intercalados de chert con restos de foraminíferos y radiolarios del Cretáceo tardío.

Es notable el incremento de la información geológica en esta Cordillera en los últimos años, no solo por parte de Ingeominas (la mayoría no publicada) sino también de proyectos de grado e investigaciones por profesores de la Universidad Nacional. Algunos de estos trabajos han sido publicados en la revista de la Facultad de Ciencias o figuran en tesis de grado, véase por ejemplo, los trabajos de Toussaint y Restrepo (1976, 1979) y los proyectos de grado de Parra (1978), Ramírez (1976). Recientemente Alvarez (1979) en su tesis de doctorado hace un excelente resu-

men de las características geológicas de la Cordillera Occidental.

B.- ANOTACIONES SOBRE LA GEOLOGIA REGIONAL

Aunque poco conocida la geología de la Cordillera Occidental, veamos a grandes rasgos cuáles son las principales unidades litológicas según los mapas geológicos de Irving (1971), Arango y otros (1976) y algunas pocas publicaciones arriba citadas. La Cordillera Occidental está constituida por un conjunto de rocas volcánicas básicas y sedimentarias de carácter marino cuya edad predominantemente es mesozóica (Cretáceo), las cuales han sido intruídas por rocas ígneas intermedias de edad cenozoica.

Dado el carácter inicial de los estudios hasta ahora realizados, aún se desconocen muchos aspectos de las relaciones estratigráficas, por lo cual existe confusión en cuanto a la designación de las principales unidades. Por comodidad y para visualizar mejor este conjunto dividamos la Cordillera en dos sectores: una región septentrional y otra sur-central.

1. **Región Septentrional.** En la parte norte de la Cordillera, Restrepo y otros (1979), utilizan de una manera inbrrmal el nombre de Grupo Cañasgordas para el conjunto de las rocas volcánicas cretáceas y los sedimentos marinos. A su vez el Grupo Cañasgordas es subdividido en: La Formación Barroso, que correspondería al conjunto dominante de volcánicas cretáceas, y la Formación Penderisco sería el conjunto de rocas donde predominen rocas sedimentarias marinas cretáceas. En esta región septentrional de la Cordillera el conjunto de rocas volcánicas básicas aflora principalmente en la parte oriental y occidental y está constituido por una gama amplia de rocas, aún no diferenciadas arealmente, entre las cuales se encuentran: diabasas, basaltos, espilitas, basaltos con estructura almohadillada, aglomerados, tobas y brechas volcánicas. En el costado oriental se han observado además paquetes delgados de chert y algo de calizas síliceas. Cuerpos pequeños de gabros son comunes en esta unidad. Las rocas ultramáficas (piroxenitas y dunitas principalmente) son muy escasas. En general, han sido mejor estudiadas las secuencias volcánicas al oriente debiéndose el retraso del estudio en la parte occidental a lo difícil de ella, es una región predominantemente selvática. Al parecer hay algunas diferencias composicionales entre los dos conjuntos, siendo las rocas al occidente de un carácter más alcalino. Ortiz y Calle (en preparación). Petrográficamente se observan algunas diferencias importantes; en la región occidental los aglomerados y las brechas volcánicas parecen ser dominantes, como se observa en el volcanismo aflorando al occidente de Dabeiba, Urrao, Carmen de Atrato y Santa Cecilia. Restrepo y otros (1979) han propuesto la existencia de dos secuencias volcánicas en esta región y en la cartografía

geológica adelantada por la regional de Ingeominas esta idea también persiste.

La actividad volcánica que dió origen de la formación Barroso, o a las secuencias volcánicas antes mencionadas; se ha ubicado en el cretáceo temprano, pero esta actividad pudo haberse manifestado también un poco más tarde.

Lo mismo que la secuencia volcánica y quizás ocupando una área mayor las rocas sedimentarias son una unidad litológica muy importante de la región norte. En general, parecen dominar dos miembros en la Formación Penderisco; uno areno-arcilloso, al cual se ha llamado miembro Urrao; y el otro calcáreo-lidítico, conocido como miembro Nutibara. El primero está constituido por areniscas y lutitas intercaladas dominantes, esporádicamente hay conglomerados. Este miembro predomina hacia la parte central de la Cordillera. Hacia el flanco occidental se encuentra el segundo miembro, Nutibara, un conjunto de rocas formado por bancos de calizas silíceas, chert y algo de lutitas. Su espesor es muy delgado y quizás no alcance sino a unos centenares de metros; a diferencia del miembro Urrao que sobrepasa a varios miles de metros.

La edad del conjunto sedimentario, Formación Penderisco, será cretáceo y al parecer estaría depositada sobre la formación Barroso, aunque algunos de sus miembros podrían intercalarse con derrames volcánicos superiores del Barroso.

Las secuencias anteriores han sido intruídas por varios cuerpos plutónicos, y aún de características batolíticas, originados por una actividad magmática iniciada durante el Cretáceo Tardío, la cual se extiende hasta el cenozoico.

Existe un cinturón magmático del Cretáceo al oriente de la Cordillera, del cual forman parte el batolito de Sabanalarga y el plutón de Buriticá, cuerpos estos de carácter diorítico o tonalítico, y por lo menos, otro Cenozoico en la parte occidental y central de la Cordillera. A este último están relacionados el batolito de Mandé, el plutón de Urrao y varios pequeños cuerpos más sobre el eje de la Cordillera. Son estos cuerpos plutónicos de composición tonalítica.

2. Región Central y Sur. Al sur las rocas más antiguas parecen ser el Grupo Dagua. Este grupo según Nelson (1957) está constituido principalmente por rocas clásticas finas, arcillolitas, también esquistos silíceos, calizas y hacia la parte superior tobas. Su potencia parece ser de unos miles de metros, y su edad es aún incierta. Este grupo Dagua según Barrero (1977), está subdividido en la Formación Espinal, parte superior de unos 900 metros y la formación Cisneros de unos 2.000 metros.

La primera estaría constituida por areniscas turbidíticas, calizas, chert y pizarras, su edad correspondería al Cretáceo tardío. La segunda constaría de filitas predominantemente, con su edad ubicada en el Cretáceo temprano.

Suprayaciendo al Grupo Dagua se encontraría el Grupo Diabásico. Una unidad constituida por diabasas y espilitas con tobas, aglomerados y delgadas capas de chert y arcillolita.

Para Barrero (1977) el Grupo Dagua estaría en parte intercalado a rocas volcánicas del Diabásico y en parte suprayacido por él.

Algunos cuerpos plutónicos están cortando estas secuencias volcánicas y sedimentarias; estos cuerpos son cenozoicos y de composición cuar-zodiorita.

Más al sur se conocen también diabasas y metasedimentos a los cuales se les da el nombre de Grupo Chita. Las características litológicas y regionales parecen indicar que existe correlación entre el Dagua con la parte inferior del Grupo Chita y del Diabásico con su parte superior (citado por Pichler y otros, 1974).

Ubicado así el marco geológico general de la Cordillera Occidental, muy tentativamente resumiré en el siguiente numeral algunas conclusiones preliminares sobre las particularidades litogeoquímicas de estas rocas volcánicas. Por el mismo hecho de ser tan preliminares, me abstengo de hacer una discusión de ellas y solo me atrevo a dar estos resultados como tentativos.

III.- RESULTADOS INICIALES SOBRE LA PETROQUIMICA DE LAS ROCAS VOLCANICAS

En las tablas 1, 2 y 3, se han resumido los resultados de los análisis químicos para los elementos mayores y las normas CIPW de 20 rocas representativas del volcanismo básico. La denominación Barroso y Santa Cecilia corresponde a la nomenclatura utilizada por geólogos de Ingeominas y con muestras que ellos han recogido.

Insisto en el hecho de que la interpretación de estos resultados es aún preliminar. Falta por realizar un estudio petrográfico exhaustivo de las muestras para determinar las posibles alteraciones o cambios que ellos han sufrido, bien sea durante o con posterioridad a su formación. Por otra parte, la clasificación y visualización de los cambios composicionales de estas rocas mediante el uso de diagramas de variación apenas se está efectuando. Por ahora, solo se consideran los minerales normativos en base a las normas CIPW calculadas.

Tabla 1. Análisis Químicos y Normas CIPW de Rocas Volcánicas de la Cordillera Occidental (Santa Cecilia)

Muestra	117689	117690	117691	117692	117693	117694	117695	117696
SiO ₂	44.40	51.20	52.30	52.00	46.67	54.65	52.90	48.54
Al ₂ O ₃	16.06	15.74	16.21	21.57	19.73	20.04	18.01	16.63
Fe ₂ O ₃	6.22	4.43	3.19	4.03	2.79	2.75	1.54	5.23
FeO	2.33	6.09	6.85	7.17	7.57	4.73	7.61	7.89
MgO	10.52	6.31	5.73	2.39	6.31	3.12	3.92	6.01
MnO	0.17	0.17	0.19	0.17	0.25	0.10	0.19	0.19
CaO	12.43	10.45	6.72	6.69	10.45	3.81	7.70	8.46
Na ₂ O	1.31	2.21	3.48	2.52	2.17	6.91	2.63	1.85
K ₂ O	1.26	2.06	1.21	1.19	2.61	0.22	2.54	2.37
TiO ₂	0.05	0.05	0.05	0.10	0.08	0.05	0.08	0.08
P ₂ O ₅	0.28		0.23	0.22	0.28	0.01	0.20	0.28
H ₂ O ⁺	2.96	0.80	3.01	1.49	0.66	2.44	2.05	1.97
H ₂ O ⁻	1.86	0.22	0.54	0.25	0.06	0.10	0.19	0.22
Total	99.85	99.73	99.71	99.79	99.63	99.83	99.56	99.72
FeO*	7.93	10.08	9.72	10.80	10.08	7.21	9.00	12.60
Ba	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.05	0.03
Sr	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.01	0.09	0.08
NORMA CIPW								
Q	0.0	0.50	1.95	10.96	0.0	0.0	0.09	0.0
Q _R	7.44	12.17	7.15	7.03	15.42	1.30	15.00	14.00
Ab	11.08	18.70	29.44	21.32	10.74	58.47	22.25	15.65
An	34.21	26.94	25.03	31.75	36.38	18.83	29.83	30.07
Ne					4.12			
Di	19.93	20.15	5.56	0.0	11.17	0.0	5.94	8.23
Hy	4.04	13.71	21.75	15.94	0.0	6.50	23.30	21.87
Ol	11.85	0.0	0.0	0.0	16.21	6.28	0.0	0.42
Mt	7.91	6.42	4.62	5.84	4.04	3.98	2.23	7.58
Il	0.09	0.09	0.09	0.18	0.15	0.09	0.15	0.15
Ap	0.66	0.0	0.54	0.52	0.66	0.02	0.47	0.66
CI	43.82	40.37	32.02	21.96	31.57	16.85	31.62	38.25

Tabla 2. Análisis Químicos y Normas CIPW de Rocas Volcánicas de la Cordillera Occidental (Barroso).

Muestra	118876	118877	118878	118879	118880	118881	118882
SiO ₂	41.38	42.54	42.40	46.98	46.60	47.48	51.46
Al ₂ O ₃	15.06	17.03	15.85	14.41	15.15	16.04	20.37
Fe ₂ O ₃	5.72	2.75	6.17	1.99	2.69	6.17	0.17
FeO	10.55	12.83	9.63	12.75	10.83	6.67	10.27
MgO	9.28	8.34	9.05	8.79	8.59	6.74	2.52
MnO	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.19	0.15
CaO	12.74	11.20	11.90	9.52	10.92	8.54	7.00
Na ₂ O	1.62	1.52	1.44	1.45	1.64	2.26	3.10
K ₂ O	0.08	0.07	0.14	0.17	0.18	0.90	0.91
TiO ₂	0.98	1.02	0.93	1.07	0.98	0.88	0.83
P ₂ O ₅	0.02	0.24	0.05	0.16	0.04	0.40	0.22
H ₂ O ⁺	0.63	0.52	0.52	0.54	0.49	1.93	1.35
H ₂ O ⁻	0.15	0.05	0.15	0.10	0.11	0.49	0.19
Total	98.43	98.53	98.45	98.14	98.43	98.69	98.54
FeO*	15.70	15.31	15.18	14.54	13.25	12.22	10.42
Ba (ppm)	50	50	50	50	50	200	300
Sr (ppm)	90	80	90	70	90	270	580
NORMA CIPW							
Q						2.81	3.78
Qr	0.47	0.41	0.82	1.00	1.06	5.31	5.37
Ab	8.50	12.86	12.18	12.26	13.87	19.12	26.23
An	33.58	39.43	36.37	32.30	33.44	30.96	33.28
Ne	2.81						
Di	23.97	12.02	18.09	11.45	16.78	7.05	0.0
Hy	0.0	3.53	4.62	32.14	20.06	19.45	23.90
Ol	18.09	24.36	16.90	4.24	8.17	0.0	
Mt	8.29	3.98	8.94	2.88	3.90	8.94	0.24
Il	1.86	1.93	1.76	2.03	1.86	1.67	1.57
Ap	0.04	0.56	0.11	0.37	0.09	0.94	0.52
Cl	52.21	45.82	50.31	52.74	50.77	37.11	25.71
<u>FeO*</u> <u>MgO</u>	1.69	1.84	1.68	1.65	1.54	1.81	4.13

Tabla 3. Análisis Químicos y Normas CIPW de Rocas Volcánicas en la Cerrazón de Dabeiba.

Muestra	FOB-9	FOB-10	FOB-11	FOB-12	FOB-13
SiO ₂	50.86	44.30	42.04	45.78	48.50
Al ₂ O ₃	11.85	10.07	11.67	6.35	13.77
Fe ₂ O ₃	7.78	9.49	7.26	11.88	9.20
FeO	5.53	9.13	9.81	7.73	5.00
MgO	3.68	5.24	8.96	5.40	2.59
MnO	0.22	0.28	0.27	0.22	0.17
CaO	7.28	10.60	12.46	12.36	4.48
Na ₂ O	3.68	3.31	2.12	3.34	1.55
K ₂ O	3.00	1.41	2.08	2.32	7.35
TiO ₂	0.88	1.37	1.27	1.32	1.07
P ₂ O ₅	1.14	1.32	0.90	0.86	1.30
H ₂ O	1.78	1.62	0.52	1.79	3.19
Total	97.68	98.14	99.36	99.35	98.17
FeO*	12.53	17.67	16.34	18.42	13.28
NORMA CIPW					
Q	3.57				2.54
Qr	17.72	8.33	12.29	13.70	43.43
Ab	31.13	25.72	2.29	13.59	13.11
An	6.95	8.45	16.18		8.90
Ne		1.23	8.47	3.32	
Di	17.34	28.92	32.12	37.94	3.76
Hy	3.56				4.83
Ol		4.52	12.45		
Mt	11.28	13.75	10.52	13.46	13.33
Il	1.67	2.60	2.41	2.50	2.03
Ap	2.70	3.12	2.13	2.03	3.07
% An	18.25	24.73	87.60	0.0	40.44
% Or	31.76	19.6	39.95	50.20	66.37
C.I.	33.8	49.8	57.5	53.9	23.9
FeO* MgO	3.40	3.4	1.82	3.41	5.13

En general, se aprecia de que las rocas corresponden principalmente a: basaltos toleíticos ricos en cuarzo normativo (sobresaturados) y basaltos toleíticos ricos en Olivino (no saturados). Unos pocos análisis (5) de la Cerrazón de Dabeiba son altos en K. El carácter toleítico de las rocas se comprueba al observar los minerales normativos que indican la presencia de hiperstena normativa y la falta de nefelina normativa.

Si se adicionan a los datos presentados en las Tablas 1, 2 y 3, los resultados publicados por Pichler y otros (1974), Goossens y otros (1977) y Barrero (1977) para rocas volcánicas similares de otras regiones de la Cordillera Occidental y de la Serranía de Baudó, el número total de análisis químico alcanza a 58 para dicho conjunto volcánico.

Estas rocas se distribuyen geográficamente así: a) 20 muestras de la región Centro y Sur de la Cordillera (13 muestras de Barrero, 7 muestras de Pichler y otros); b) 38 muestras para la región septentrional (16 muestras de Goossens y otros, 15 muestras de Ingeominas, 7 muestras del autor).

Es característico el poco contenido relativo de TiO_2 en las muestras analizadas. La gran mayoría (53) tiene un contenido por debajo del 2%. Chayes (1964) sugiere utilizar el límite 1.75% para diferenciar lavas cenozoicas circumoceánicas de las lavas infraoceánicas. Jaramillo (1978), trabajo inédito presentado en el Segundo Congreso de Geología, sugiere que ese límite sea de 1.2%.

Con estas consideraciones, al aplicarlas a las rocas volcánicas nuestras, se aprecia que 32 rocas de la parte septentrional, Formación Barroso, tienen un contenido de $TiO_2 < 1.2\%$ (hay 6 excepciones). Mientras que al Sur, 11 muestras, de 20, tienen un contenido de $TiO_2 > 1.2\%$. Esto parece indicar en forma amplia, una cierta similitud del grupo diabásico a los basaltos toleíticos oceánicos, generados en regiones de rifts; al contrario, la formación Barroso guardaría estrecha relación con los basaltos toleíticos generados en arco de islas o en márgenes continentales. Si se tiene en cuenta el límite indicado por Chayes (1.75), el panorama indicaría que los basaltos de la Cordillera Occidental habrían sido generados en arcos de islas o márgenes continentales.

Siguiendo la sugerencia de Pearce y otros (1978), quienes utilizan un diagrama de FeO^* , Al_2O_3 , MgO para diferenciar andesitas basálticas generadas en diversos ambientes; se plotearon los resultados de aquellas rocas que satisfacen estas condiciones, véase la Tabla No. 4, obteniéndose una tendencia general, Figura No. 1, donde aparentemente:

- Las andesitas basálticas pertenecientes al Grupo Diabásico de la parte central, serían similares a aquellas andesitas basálticas de rocas volcánicas generadas en zonas de rift y piso oceánicos o islas oceánicas.

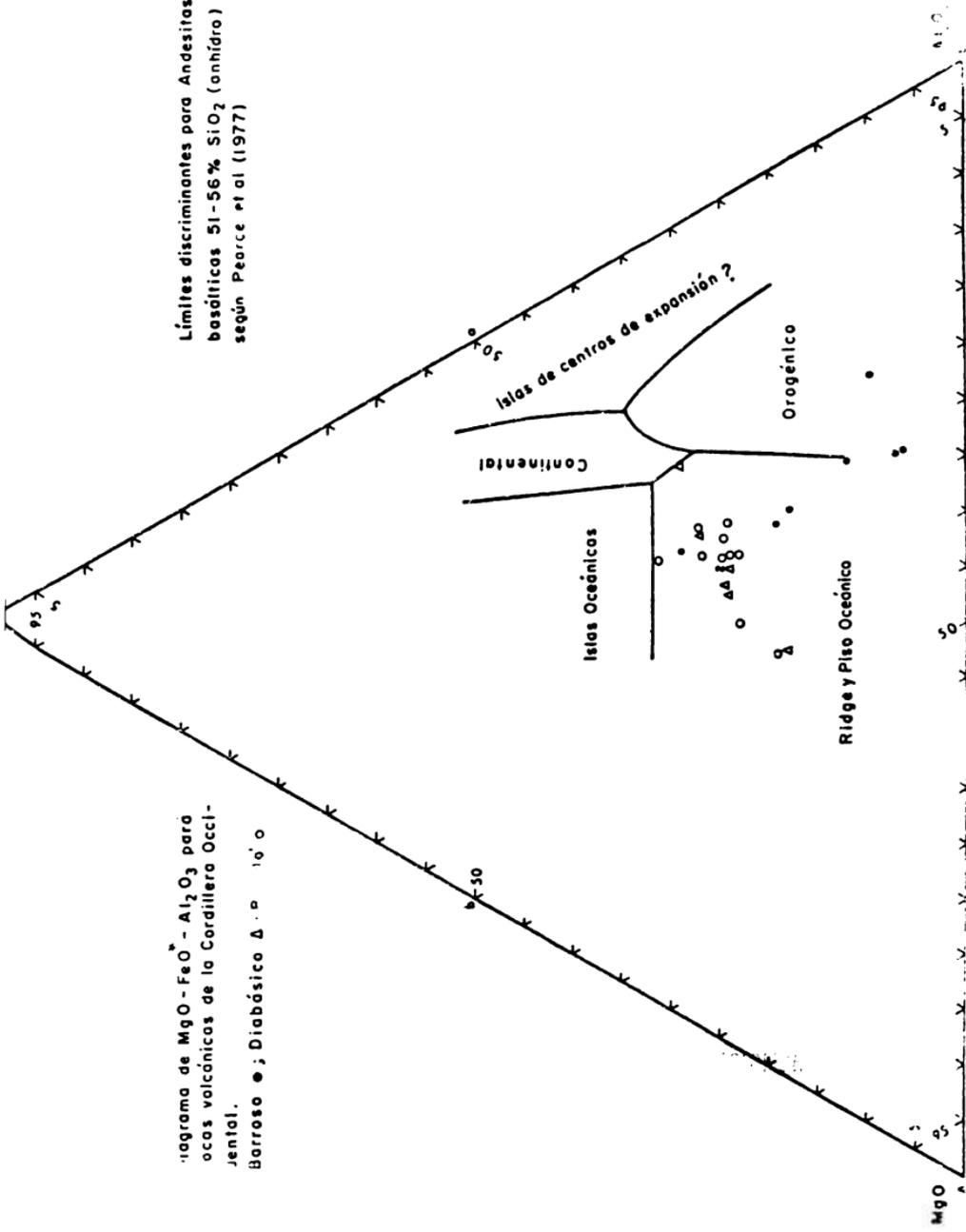
Tabla 4. Muestras para Diagrama FeO^* . Al_2O_3 . MgO , Según Pearce et al (1.977).

Número de Muestra	Coordenadas (Wt%)		Al_2O_3
	MgO	FeO^*	
<u>INGEOMINAS BARROSO</u>			
118882	7.8	31.3	61.1
117690	19.6	31.4	49.0
117691	18.1	30.7	51.2
117692	6.9	31.1	62.0
117694	10.0	23.0	67.0
117695	12.7	29.1	58.2
<u>INGEOMINAS BARRERO-DIABASICO</u>			
140065	24.3	35.3	40.3
140067	24.2	34.8	41.0
<u>HOUSTON BARROSO</u>			
FOB-2	29.4	29.0	41.7
<u>PICHLER - DIABASICO</u>			
Pch-10	29.3	20.9	49.7
Pch-11	27.0	28.9	44.1
Pch-12	24.0	33.2	42.8
Pch-13	24.0	33.6	42.4
Pch-14	19.3	42.3	38.5
<u>GOOSSENS - SERRANIA BAUDO</u>			
G-15	27.7	27.7	44.7
G-16	24.5	28.8	46.8
G-17	19.4	43.3	37.3
G-19	32.0	28.2	39.8
G-20	24.8	30.1	45.0
G-21	23.4	38.5	38.2
G-22	23.2	32.3	44.5
G-24	27.2	30.6	42.2
G-25	25.2	31.4	43.4
G-27	24.1	32.0	43.9

Diagrama de $MgO - FeO - Al_2O_3$ para
rocas volcánicas de la Cordillera Occi-
diental.

Barroso ●; Diabásico Δ 10°

Límites discriminantes para Andesitos
basálticos 51-56% SiO_2 (anhidro)
según Pearce et al (1977)



- Las andesitas basálticas de la Formación Barroso, guardarían una estrecha relación con rocas similares de arcos de islas o márgenes continentales.

Las conclusiones anteriores están basadas en unos pocos análisis y estadísticamente es muy riesgoso aún sustentarlas, pero plantea la posibilidad de que las rocas volcánicas básicas de la Cordillera Occidental hayan sido generadas en dos ambientes diferentes. Es decir, es necesario profundizar más en la caracterización petroquímica de estas rocas mediante el incremento sustancial del número de los análisis químicos. La ubicación espacial debe determinarse, mediante un control estratigráfico de campo más riguroso, y además se hace necesario incrementar las dataciones radiométricas de estas rocas para tratar de ubicar dicho volcanismo en el tiempo.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, J. y ECKARDT, F., 1970, Geología detallada de la parte suroeste del cuadrángulo J-8: Tesis, Fac. Minas, Medellín, 64 p.
- ALVAREZ, A. J., 1979, Geología de la Cordillera Central y el occidente colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides meso-cenozoicos: D. Sc. Tesis, Univ. de Chile, Santiago, 359 p.
- ARANGO, J. L.; BUSTAMANTE, T. y DUQUE, M., 1976, Mapa geológico de Colombia: Esc. 1: 1.500.000, Ingeominas, Bogotá.
- BOTERO, G., 1963, Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia: Anal. Fac. Minas, Medellín, No. 57, 101 p.
- BARRERO, D., 1977, Geology of the Central Western Cordillera, west of Buga and Roldanillo, Colombia: Thesis Ph. D., Colorado School of Mines, 154 p.
- CHAYES, F., 1964, A petrographic distinction between cenozoic volcanics in and around the open oceans: J. Geophysics, Res., vol. 69.
- ESTRADA, A., 1972, Geology and Plate Tectonics, History of the Colombian Andes: Tesis, M. Sc., Stanford, 115 p.
- GONZALEZ, H., 1976, Geología del Cuadrángulo J-8, Sonsón: Informe 1704, Ingeominas, Bogotá, 421 p.
- GOOSSENS, P.J.; ROSE, W. I. y FLOREZ, D., 1977, Geochemistry of tholeiites of the basic Ingeous Complex of north western south America: Geol. Soc. Amer. Bull., v. 88, p. 1711-1720.

- GROSSE, E., 1926, El terciario carbonífero de Antioquia: Berlín, D. Reiner, E. Vohsen, 361 p.
- HALL, R., ALVAREZ, J. y RICO, H., 1972, Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Sub zona II-A): Bol. Geol., Bogotá, v. 20, 85 p.
- IRVING, E.M., 1971, La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia: Bol. Geol., Bogotá, v. 19, No. 2, 90 p.
- JARAMILLO, J., 1978, Correlación entre el contenido de TiO_2 en rocas volcánicas y el ambiente tectónico del sitio de erupción (inédito).
- MIYASHIRO, A., 1974, Volcanic rock series in island arcs and active continental margins: Amer. Jour. Sci., v. 274, p. 321-355.
- NELSON, H., 1957, Contribution to the geology of the central and western cordillera of Colombia: Leidse Geol., Leiden, v. 22, 76 p.
- PARRA, E., 1978, Estudio geológico de las rocas básicas sedimentarias en Giraldo, Antioquia: Tesis, Fac. Minas, Medellín, 91 p.
- PEARCE, T.H.; GORMAN, B.E. y BIRKETT, T.C., 1977, The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks: Earth Plan. Sci. Letters, v. 36, p. 121-132.
- PICHLER, H.; STIBANE, F.R. y WEYL, R., 1974, Basischer Magmatismus und Krustenbau im Südlichen Mittelamerika, Kolumbien und Ecuador: Neu, Jb. Geol. Paläont. Mh, Stuttgart, p. 102-126.
- RAMIREZ, J., 1976, Estudio Geológico de la secuencia de rocas básicas de Altamira Antioquia: Tesis, Fac. Minas, Medellín, 108 p.
- TOUSSAINT, J.F. y RESTREPO, J.J., 1976, Modelos orogénicos de tectónica de placas en los Andes colombianos: Bol. Ciencias Tierra, Medellín, No. 1, p. 1-48.
- RESTREPO, J.J.; TOUSSAINT, J.F.; ZULUAGA, J. y HOYOS, P., 1979, Algunas consideraciones sobre la geología de la parte septentrional de la Cordillera Occidental: Publ. Esp. Geol., No. 20, Dep. Ciencias Tierra, Univ. Nac., Medellín, 26 p.

