

**REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERIA Y  
QUIMICA  
INGEOMINAS**

**GEOQUIMICA Y DATACIONES DE EPISODIOS  
TIPO SAN VICENTE  
EN EL VOLCAN PURACE**

Por:

**MARIA LUISA MONSALVE B.**  
Geóloga

Noviembre de 1991

*BOL. GEOL., VOL. 33, N° 1-3.*

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	5
1.1. LOCALIZACION.....	5
1.2. OBJETIVO .....	5
1.3. METODOLOGIA.....	5
1.4. MARCO GEOLOGICO .....	5
1.5. ANTECEDENTES DE TERMINOLOGIA .....	5
<b>2. LOS DEPOSITOS TIPO SAN VICENTE EN EL VOLCAN PURACE</b> .....	7
2.1. DISTRIBUCION Y DATAACION.....	7
2.1.1. PRIMER EPISODIO .....	7
2.1.2. SEGUNDO EPISODIO.....	7
2.1.3. TERCER EPISODIO .....	9
2.1.4. CUARTO EPISODIO .....	9
2.2. PETROGRAFIA Y GEOQUIMICA.....	11
<b>3. CONCLUSIONES-DISCUSION</b> .....	14
<b>4. AGRADECIMIENTOS</b> .....	15
<b>5. BIBLIOGRAFIA</b> .....	15

### FIGURAS

1 Mapa de localización.....	6
2 Distribución de flujos de ceniza y escoria asociados al volcán Puracé (Mapa) .....	8
3 Flujo de ceniza y escoria en el río San Francisco. (Episodio N° 1) .....	9
4A Flujo de ceniza y escoria, cabeceras del río Vinagre. (Episodio N° 2) .....	10
4B Detalle del flujo de ceniza y escoria (Episodio N° 2) .....	10
5 Columna estratigráfica del Episodio N° 2 en la Quebrada Aguablanca .....	11
6 Detalle de fragmentos juveniles del Episodio N° 3 en la cabecera del río Vinagre .	12
7 Flujo piroclástico más reciente del volcán Puracé (Episodio N° 4).....	12
8 Escorias del volcán Puracé en el Diagram de Gill (1981) .....	14
9 Diagrama de variación de Harker para fragmentos juveniles de los diferentes episodios.....	14

### TABLAS

1 Análisis químicos de elementos mayores de fragmentos juveniles de los diferentes episodios de flujos de ceniza y escoria.....	13
---	----

## RESUMEN

Asociados a la actividad del volcán Puracé, se han reconocido al menos cuatro episodios de flujos piroclásticos tipo San Vicente. El primero de ellos, con una edad de 30.000 años, se ha correlacionado con la destrucción de un aparato volcánico llamado Pre-Puracé; los tres últimos han ocurrido en un lapso comprendido entre 2.000 años A.P. y el siglo pasado.

Las variaciones geoquímicas en los fragmentos juveniles de estos depósitos indican dos procesos principales en la cámara magmática: mezcla de magmas que posiblemente ha sido el mecanismo que ha originado estas erupciones, y un proceso principal de diferenciación magmática, evidenciado por la tendencia evolutiva más ácida de estos productos con el tiempo.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. LOCALIZACION

El volcán Puracé (4650 msnm), es uno de los volcanes más activos de Colombia. Se sitúa en el extremo NW de la Sierra de los Coconucos en la cordillera Central (Fig. 1). Su acceso se realiza por la carretera Popayán - La Plata, desviándose por ésta hacia la mina de Azufre "El Vinagre", o los termales de Pilimbalá.

### 1.2. OBJETIVO

El presente informe tiene como objetivo presentar la descripción de los depósitos de ceniza y escoria encontrados en el área de Puracé, dos de los cuales han sido datados por el método de C-14 (Universidad de Ginebra), y algunas características geoquímicas del material juvenil de cada uno de ellos.

### 1.3. METODOLOGIA

Trabajos de campo permitieron el reconocimiento y caracterización de los eventos; los análisis geoquímicos de elementos mayores fueron realizados por Michelle Zen, en la Universidad de Ginebra, mediante el método de fluorescencia de rayos X, con un equipo Philips PW 1410.

Este trabajo fue posible gracias al convenio entre INGEOMINAS- UNIVERSIDAD DE GINEBRA, y hace parte de los estudios realizados para la elaboración del mapa preliminar de amenaza volcánica potencial del volcán Puracé.

### 1.4. MARCO GEOLOGICO

El volcán Puracé es un estrato-volcán que incluye entre sus productos lavas de composición andesítica (andesitas a dos piroxenos y anfibol), intercaladas con productos piroclásticos representados por flujos de ceniza y bloques, flujos de ceniza y escoria, proyectiles balísticos y cenizas de caída. Los flujos de ceniza y escoria (nubes ardientes tipo San Vicente, según WILLIAMS and McBIRNEY 1979), parecen ser característicos del comportamiento eruptivo de este volcán a partir de 30.000 años.

### 1.5. ANTECEDENTES DE TERMINOLOGIA

Siguiendo la definición de Anderson et Flet (1903), Lacroix (1904), Hay (1959), McDonald (1972), y Williams and McBirney (1979), las nubes ardientes tipo San Vicente son coladas piroclásticas de composición básica, resultado del colapsamiento de una columna eruptiva. Muchos autores utilizan el término más genérico de flujo de ceniza y escoria para este tipo de depósitos producidos por este mecanismo, aún cuando la composición de los fragmentos juveniles sea andesítica (WRIGHT *et al*, 1980, NAIRN and SELF, 1978; CAS and WRIGHT, 1987).



Este tipo de depósitos ha sido reconocido en varios volcanes como son La Soufrière de San Vicente, donde fue descrito por primera vez (ANDERSON and FLET 1903; LA CROIX, 1904), monte Lamington (TAYLOR, 1958), Volcán Mayon (MOORE and MELSON, 1969), Montaña Pelée (ROOBOL et SMITH, 1976), Ngauruhoe (NAIRN and SELF, 1978), Pico de Orizaba, Volcán Popocatepetl (CANTAGREL *et al*, 1984), entre otros. En Colombia se han reconocido en otros volcanes como son Nevado del Tolima (CEPEDA y MURCIA, 1988), Galeras (MONSALVE, MENDEZ y TORRES, 1988), Cumbal (MONSALVE y MENDEZ, 1988); en la cadena de Los Coconucos, Flórez (1983), hace mención a depósitos de ceniza y escoria asociados a otro de sus volcanes.

## 2. LOS DEPOSITOS TIPO SAN VICENTE EN EL VOLCAN PURACE

### 2.1. DISTRIBUCION Y DATACION

Monsalve (en preparación) distingue tres etapas de formación para el volcán Puracé: Chagartón, Pre-Puracé y Puracé actual. Cuatro episodios de nubes ardientes de tipo San Vicente han sido diferenciados asociados a los dos últimos estadios (Fig. 2).

#### 2.1.1. PRIMER EPISODIO

El primer episodio de flujo de ceniza y escoria se correlaciona con el final de la etapa pre-Puracé, la cual fue seguida por la construcción del Puracé actual.

El depósito se encuentra aflorando desde la parte media del cañón del río San Francisco hasta cerca de su desembocadura en el río Cauca, alcanzando un espesor promedio de 50 m (Fig. 3). Es un depósito caótico, mal seleccionado, parcialmente litificado, compuesto por fragmentos juveniles de escoria de composición andesítica, algo porfiríticos, fragmentos líticos juveniles de la misma composición, y fragmentos líticos accidentales, en una matriz de ceniza gruesa color gris que forma aproxi-

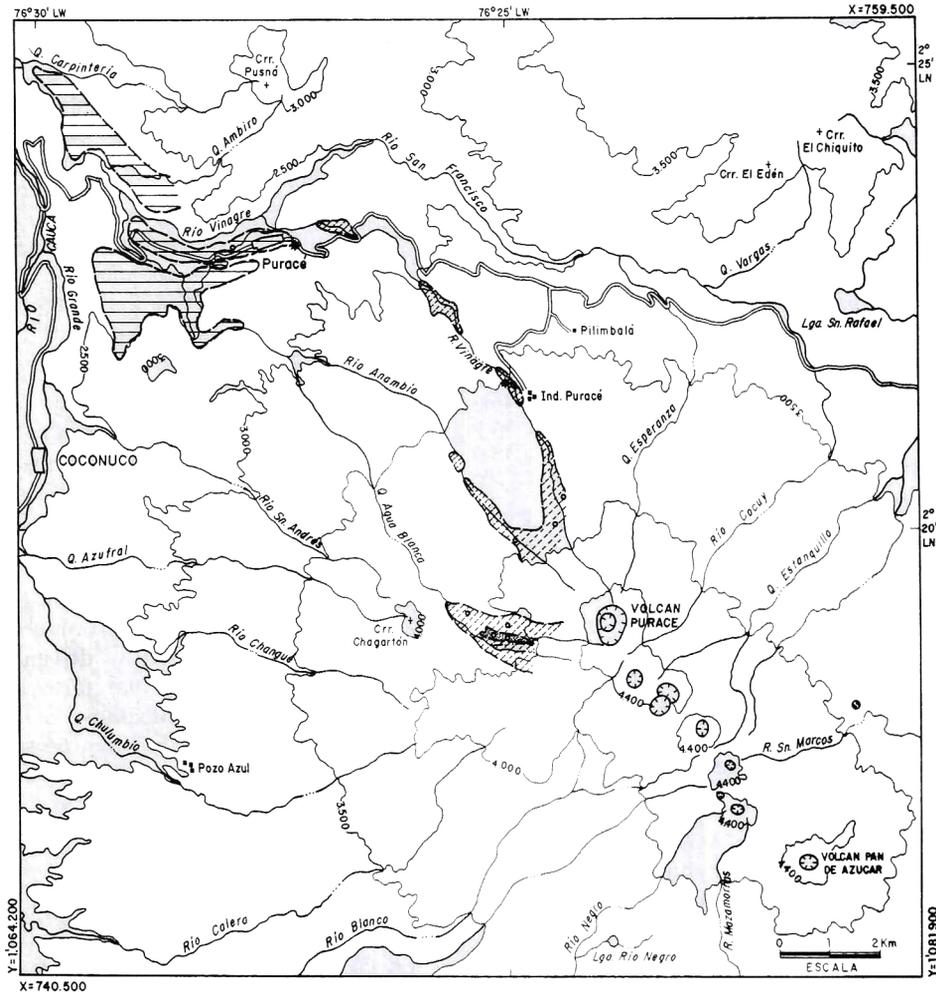
madamente el 50% del depósito. Hacia la base, el depósito se observa soldado con estructuras flameadas. Localmente suprayace diabasas y lavas y productos piroclásticos más antiguos pertenecientes a la etapa de Chagartón. Dataciones por el método de C-14 han dado una edad de  $29.660 \pm 550$  años (Universidad de Ginebra). Esta edad obtenida puede explicar el hecho de que no se encuentren, en los flancos del volcán, afloramientos correlacionables con los del río San Francisco, ya que pudieron haber sufrido erosión debido a fenómenos glaciares posteriores a su formación.

#### 2.1.2. SEGUNDO EPISODIO

Se encuentra ampliamente distribuido en todos los flancos del volcán (Fig. 2): Cabeceras del río San Francisco, sector de los ríos Vinagre-Anambío y de las quebradas Agua Blanca-Chagartón.

Son depósitos caóticos, generalmente con gradación inversa, compuestos por bombas escoriáceas redondeadas, de color negro, bien vesiculadas, parcialmente oxidadas y con tamaños máximos de 1 m de diámetro (río Vinagre); también presenta algunas bombas líticas corteza de pan y líticos accidentales, en una matriz de ceniza gruesa color rojizo, la cual localmente es predominante hacia la base. (Fig. 4).

Localmente, en el sector de las quebradas Agua Blanca - Chagartón, se encuentran secuencias con dos o tres niveles con características similares: la base de los niveles la conforma una delgada capa de lapilli escoriáceo, con escasa matriz; la parte media presenta predominio de matriz y algunos fragmentos líticos, y en el tope la acumulación de escorias se hace más importante. El depósito se encuentra infra y suprayacido por flujos de ceniza y bloques monolitológicos (Fig. 5). Esta secuencia sólo es visible en este sector ya que en otras partes del volcán sólo se observa una unidad, la cual puede alcanzar hasta 15 m de espesor.



- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> EPISODIO No. 4: Flujo piroclástico más moderno</li> <li> EPISODIO No. 3 y 2: Flujos de ceniza y escoria ríos Vinagre, Anambío y quebrada Agua Blanca</li> <li> EPISODIO No. 1: Flujo de ceniza y escoria río San Francisco</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sitio de recolección de muestras para análisis químico y petrográfico.</li> <li>* Sitio de recolección de muestras para datación.</li> </ul> |
|---|---|

Fig. 2: Distribución de flujos de ceniza y escoria (nubes ardientes tipo St. Vincent), asociados al volcán Puracé.



Fig. 3: Flujo de ceniza y escoria en el río San Francisco. (Episodio N° 1)

Fragmentos de carbón sólo se han encontrado en los afloramientos del río Vinagre, los cuales han dado una edad de  $2.110 \pm 50$  años A.P. (Universidad de Ginebra). A pesar de la similitud en las características de los diferentes afloramientos alrededor del volcán, no se debe descartar la idea de que todos los afloramientos no hacen parte del mismo episodio eruptivo, y que tanto episodios anteriores como posteriores a esta edad sean posibles.

### 2.1.3. TERCER EPISODIO

Afloramientos de estos depósitos se encuentran localmente en la parte media del río Vinagre y en el sector de la quebrada Chagartón.

Son depósitos caóticos compuestos por bombas escoriáceas y pumíticas y fragmentos líticos en una matriz gruesa de color gris. Es característica del material juvenil vesiculado presentar dos partes coexistentes: bandas más oscuras en el interior de las pumitas (Fig. 6) y bandas más claras, al parecer de composición más ácida, en el interior de las escorias.

Los depósitos del río Vinagre y la quebrada Chagartón tienen características similares entre sí, por lo cual se correlacionan. No se ha encontrado carbón para su datación pero cada uno de ellos se encuentra suprayaciendo secuencias piroclásticas que incluyen el segundo episodio, por lo cual su edad es menor que  $2.110 \pm 50$  años A.P.



Fig. 4A: Flujo de ceniza y escoria, cabeceras del río Vinagre (Episodio N° 2). Hacia la parte derecha de la fotografía se observa suprayaciendo un flujo de ceniza y bloques fumarolizados.

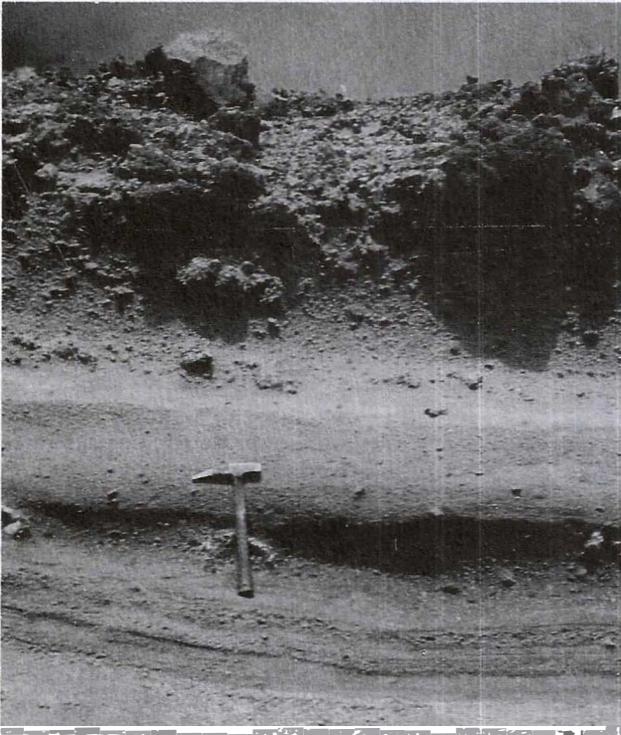


Fig. 4B: Detalle del flujo de ceniza y escoria (Episodio N° 2).

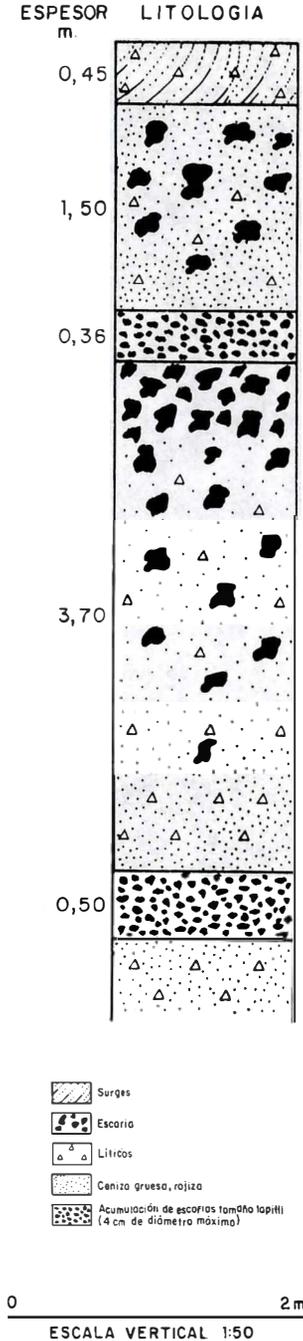


Fig. 5: Columna estratigráfica del Episodio 2, de nube ardiente St. Vincent. Quebrada Agua Blanca (3.900 m).

2.1.4. CUARTO EPISODIO

El episodio más reciente de flujo piroclástico asociado al Puracé corresponde a una erupción del siglo pasado (MONSALVE, PULGARIN y CEPEDA, en preparación).

Aflora en pequeñas hondonadas, en el interfluvio de las quebradas Agua Blanca-Chagartón, en el flanco NW del volcán; localmente está suprayacido por cenizas y bombas de las erupciones más recientes (Fig. 7). Alcanza una distancia máxima a partir del cráter, de sólo 2,5 km., y un espesor máximo de 10 m (Fig. 2).

Se trata de un depósito caótico compuesto principalmente por bombas corteza de pan y en coliflor de carácter más pumfítico que los fragmentos juveniles de los otros episodios descritos; los fragmentos líticos son escasos, así como la matriz. Las bombas son de color habano en la parte externa y de color café a rojizo en su interior, donde también son más vesiculadas. El mecanismo eruptivo que ha dado origen a este depósito es el mismo que el descrito para las nubes ardientes tipo San Vicente y las características de él son comparables a las observadas en los depósitos de la erupción del volcán Mayón en Filipinas en abril de 1968 (MOORE and MELSON, 1969).

2.2. PETROGRAFIA Y GEOQUIMICA

Aunque anteriormente no se había descrito este tipo de depósitos en el volcán Puracé, estudios petrográficos y químicos en fragmentos juveniles se han llevado a cabo por Kuroda and París (1978) y Ramírez (1982). Para el presente trabajo se recolectaron algunas muestras para estos tipos de análisis.

Petrográficamente, las escorias de los episodios 1 y 2 son similares: son rocas porfíricas, hipocristalinas, con predominio de vidrio en la matriz; presenta una asociación mineralógica de plagioclasa, ortopiroxeno,



Figura 6: Detalle de fragmentos juveniles del Episodio N° 3, en la cabecera del río Vinagre (obsérvese la textura bandeada en las pómez).

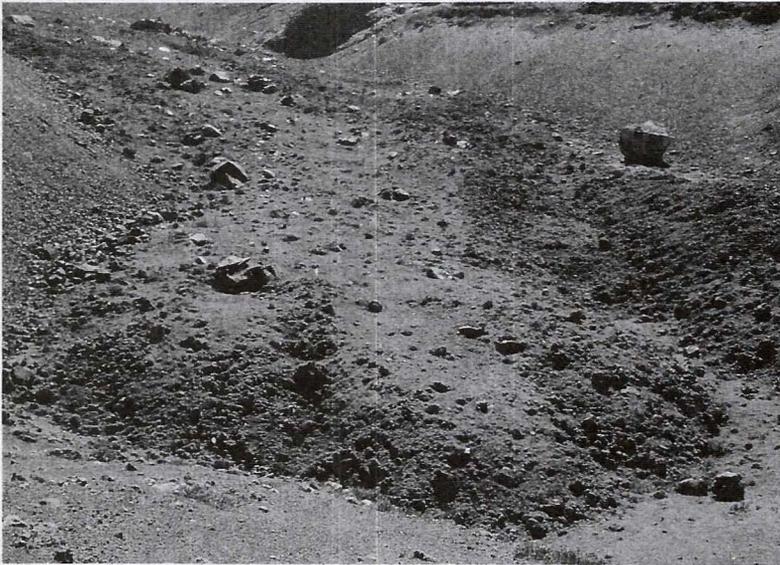


Fig. 7: Flujo piroclástico más reciente del Volcán Puracé (Episodio N° 4). Suprayaciendo el depósito, cenizas y bombas de las erupciones más recientes.

clinopiroxeno y como accesorios opacos, anfíbol, apatito y algunas veces olivino, presente sólo en la matriz.

Las plagioclasas presentan frecuentemente inclusiones de vidrio color castaño, son zonadas, macladas, y algunas presentan reabsorción. La composición predominante se encuentra en el rango de la labradorita.

Los piroxenos orto y clino son hiperstena y augita; este último se encuentra frecuentemente formando el borde del ortopiroxeno.

El anfíbol es similar en todas las muestras, de color café, pleocrómico, se encuentra en reacción con el líquido presentando agregados de óxidos alrededor de los cristales o, a veces reemplazado totalmente por ellos. El olivino es escaso y se presenta como pequeños cristales en la matriz.

La matriz, en todas las muestras, está constituida principalmente por vidrio color castaño con microlitos de plagioclasa, piroxenos, óxidos y  $\pm$  olivino.

Petrográficamente, en los fragmentos juveniles de los episodios 3 y 4, se puede distinguir una fracción oscura y una clara donde la asociación mineralógica es similar, presentando plagioclasa, ortopiroxeno y clinopiroxeno como minerales principales y como accesorios óxidos, anfíbol y apatito. La única diferencia entre las fracciones es la textura, y el grado de reacción de los minerales.

La matriz en la fracción oscura está compuesta principalmente por vidrio color café claro y microlitos de plagioclasa, dando a la roca una textura afieltrada. La matriz de la fracción clara está constituida por vidrio transparente.

La Tabla 1 contiene los análisis químicos de los fragmentos juveniles de los diferentes episodios.

Según el diagrama clasificativo de Gill (1981), la mayoría de las muestras corresponde a andesitas altas en potasio, salvo una muestra del episodio 4 que es algo más ácida (Fig. 8).

TABLA 1: Resultados de análisis químicos, normalizados al 100%, en fragmentos juveniles de los diferentes episodios de flujos de ceniza y escoria (nubes ardientes tipo San Vicente), asociados al volcán Puracé.

	E1 ML-702	E2 ML603B	E2 ML-643	E2 ML420A	E3 ML661A	E3 ML425A	E4 ML-651	E4 ML710C
SiO <sub>2</sub>	59.17	58.45	58.93	59.52	60.85	61.40	61.82	63.67
TiO <sub>2</sub>	0.81	0.88	0.87	0.88	0.78	0.81	0.73	0.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.26	17.28	17.21	16.96	17.12	17.28	16.71	16.84
FeO*	6.81	7.05	6.77	6.87	6.00	4.67	5.62	4.55
MnO	0.16	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.09	0.07
MgO	3.19	3.74	3.69	3.34	3.03	3.47	3.07	2.43
CaO	6.27	6.30	6.17	6.31	5.52	5.80	5.22	4.87
Na <sub>2</sub> O	4.00	4.00	4.05	3.71	4.02	4.02	4.20	4.44
K <sub>2</sub> O	2.34	2.18	2.20	2.29	2.56	2.44	2.55	2.55
<b>Total</b>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F/F+M	0.686	0.657	0.651	0.676	0.669	0.580	0.651	0.655

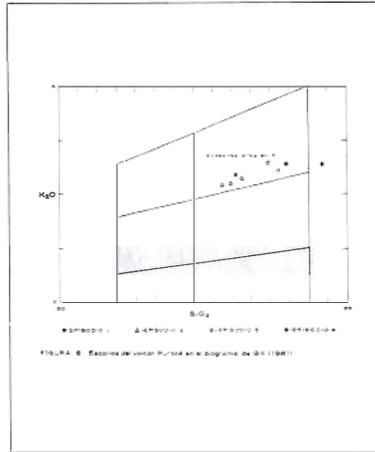


Fig. 8: Escorias del volcán Puracé en el diagrama de Gill (1981).

En el diagrama de variación de Harker (en GILL, 1981), (Fig. 9) se observa una tendencia evolutiva del magma con el tiempo, donde un proceso de diferenciación magmática explicaría la diferencia en la composición de los fragmentos juveniles de uno a otro episodio. Sin embargo, cada uno de estos, especialmente el 3 y el 4, presentan evidencias petrográficas y texturales que indican procesos de mezcla de magmas (ANDERSON, 1976). Es de anotar que para estos episodios en particular no se han hecho análisis químicos separados de las fracciones claras y oscuras, lo cual sería importante para conocer la composición de los tipos de magmas que se han mezclado.

### 3. CONCLUSIONES-DISCUSSION

A partir de 30.000 años A.P., los productos de nubes ardientes tipo San Vicente son comunes en el volcán Puracé, siendo cada vez de menor volumen y con una tendencia evolutiva más ácida, debido a un proceso de diferenciación magmática.

Procesos de mezcla de magmas son puestos en evidencia por desequilibrio mineralógico, leves variaciones composicionales y diferencias texturales en los fragmentos juveniles de los depósitos. A su vez, estos procesos de mezcla de magma represen-

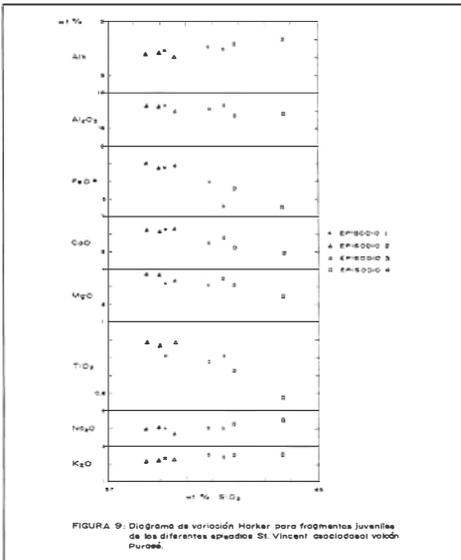


Fig. 9: Diagrama de variación Harker para fragmentos juveniles de los diferentes episodios St. Vincent asociados al volcán Puracé.

tarían el mecanismo que ha disparado estas erupciones.

Este doble proceso puede ser explicado por la presencia de una cámara magmática zonada en proceso de diferenciación y homogeneización. Un ascenso de magma de composición básica, puede ocurrir en períodos de tiempo muy largos, aún indeterminados, contribuyendo a la reafirmación del sistema.

Estudios más detallados deben permitir conocer la existencia y diferenciar otros

episodios de este tipo y su papel en la historia evolutiva del volcán, que facilitaría la confección de escenarios futuros para la evaluación de la amenaza volcánica.

#### 4. AGRADECIMIENTOS

La realización del presente trabajo fue posible gracias al convenio INGEOMINAS-UNIVERSIDAD DE GINEBRA. Agradezco al geólogo Héctor Cepeda de Ingeominas Regional Sur y al profesor John Stix de la Universidad de Montreal, los correcciones y comentarios al texto.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, A. T., 1976.- *Magma mixing petrological process and volcanological tool*. Journ. Volc. Geotherm. Res. 1.
- ANDERSON, T. and FLETT, J. S. 1903.- *Report on the eruptions of the Soufrière in St. Vincent, and on a visit to Montagne Pelée, in Martinique*. Phil. Trans. R. Soc. A 200.
- CANTAGREL, J.M., GOURGAUD, A., and ROBIN, C., 1984.- *Repetitive mixing events and holocene pyroclastic activity at Pico de Orizaba and Popocatepetl (Mexico)*. Bull. Volcanology, vol. 47-4 (1).
- CAS, R.A.F. and WRIGHT, J.V., 1987.- *Volcanic successions-Modern and ancient*. Allen and Unwin, London.
- CEPEDA, H. y MURCIA, A., 1988.- *Mapa preliminar de amenaza volcánica potencial del Nevado del Tolima, Colombia, S.A.* Bol. Geol. 29(3):pp.33-75. Bogotá.
- FLOREZ, A., 1983.- *Cadena volcánica de los Coconucos Cordillera Central. Ensayo de cartografía geomorfológica con base a fotointerpretación*. Revista Colombia Geográfica, vol. X N° 2 IGAC.
- GILL, J. B. 1981.- *Orogenic andesites and plate tectonics*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- HAY, R. L. 1959. *Formation of the crystal rich glowing avalanche deposits of St Vincent*, B.W.I. J. Geol. 67.
- KURODA, N. and PARIS, G. 1978.- *Petrographical notes on some dacites and andesites of Puracé volcano, Cauca, Colombia*. Report of andean studies, Shizuoka University, special vol.
- LACROIX, A. 1904.- *La Montagne Pelée et ses éruptions*, Masson et Cie. Paris.
- MCDONALD, G.A., 1972. *Volcanoes*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- MONSALVE, M. L., (en preparación)- *Aspectos vulcanológicos del Volcán Puracé*. INGEOMINAS. Popayán.
- MONSALVE, M. L. y MENDEZ, R. A. 1988.- *Mapa preliminar de amenaza volcánica potencial del complejo volcánico del Cumbal*. INGEOMINAS. Popayán.

- MONSALVE, M. L. MENDEZ, R. A. y TORRES, M. P. 1988.- *Productos piroclásticos asociados al volcán Galeras*. INGEOMINAS. Popayán.
- MONSALVE, M. L. PULGARIN, B. y CEPEDA, H., en preparación.- *Ultimo episodio de flujo piroclástico asociado al volcán Puracé*. INGEOMINAS. Popayán.
- MOORE, J. G. and MELSON, W. G., 1969.- *Nuées ardentes of the 1968 eruption of Mayon volcano, Phillipines*. Bull. Volc. 33, 600-620.
- NAIRN, I. A. and SELF, S., 1978.- *Explosive eruptions and pyroclastic avalanches from Ngauruhoe in february 1975*. Jour. Volc. Geothermal Res. 3, 39-60.
- RAMIREZ, C., 1982.- *El vulcanismo neogénico y cuaternario de Colombia: Cronología y caracterización químico-petrográfica*. Tesis de grado para optar el título de geólogo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- ROOBOL, M. J. and SMITH, A. L., 1976.- *Mount Pelée, Martinique: a pattern of alternating eruptive styles*. Geology 4.
- TAYLOR, G. A., 1958.- *The 1951 eruption of Mt Lamington, Papua*. Aust. Dep. natn. Devlmt. Bull. 38.
- WILLIAMS, H. and Mc BIRNEY, A., 1979.- *Volcanology*. Freeman, Cooper and Co., San Francisco.
- WRIGHT, J. V., SMITH, A. L. and SELF, S., 1980. *A working terminology of pyroclastic deposits*. Jour. Vol. Geoth. Res.8.