

EL FLUJO DE POMEZ BIOTITICA DEL RIO LIBERIA (GUANACASTE) COSTA RICA, AMERICA CENTRAL

Sergio Chiesa

CNR Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali, Via Mangiagalli 34,
20133 Milano, Italia

ABSTRACT: The biotitic pyroclastic flow of Rio Liberia represents the best horizon to subdivide the large number of pyroclastic flows of the Guanacaste region. There are outcrops on the pacific slope of the Cordillere of Guanacaste, from Bijagua, near the Tenorio volcano, as far as to Hacienda El Amo, near La Cruz, and in the Upala region on the Caribbean side. The samples and the measurements have been taken in thirty outcrops, located in an area of 2,000 km². The original extension of the biotitic pyroclastic flow has been reconstructed to be 3,500 to 4,000 km², and the volume of the erupted magma has been calculated to be 25 km³. We have determined the contents of pumice, lithic fragments, crystals, and ash. The chemical analyses point to an homogenous rhyolitic composition of subalkaline character. The crystal content is very high, like in the "crystal-rich pyroclastic flows". Quartz is the most abundant mineral, followed by plagioclase (An 20 to 35), biotite, hornblende, and iron oxides. Based on the amphibole composition the crystallization pressure has been determined to be 1.1 to 1.3 kbar. This, together with the high crystal content suggest that the eruption has been produced by an increase of fluid pressure, linked to the liberation of thermic energy caused by the crystallization of an huge quantity of minerals.

RESUMEN: El Flujo de Pomez Biotítica del Río Liberia representa el mejor estrato guía para subdividir los numerosos flujos piroclásticos ubicados en los alrededores de la cordillera de Guanacaste. Sus afloramientos se encuentran en la vertiente pacífica desde Bijagua hasta la Hacienda El Amo, próxima a La Cruz y en los alrededores de Upala en el lado caribeño. Las muestras y las mediciones fueron tomadas en unos 30 afloramientos dispersos sobre un área de 2000 km². De esta manera se logró reconstruir su probable extensión original (3500-4000 km²) y el volumen del magma eruptado (25 km³). Además, se determinó el contenido de pómez, de fragmentos líticos, de cristales y de ceniza. Los análisis químicos indican una composición riolítica bastante homogénea que se ubica en el campo subalcalino. El promedio del contenido de cristales resulta muy elevado, similar a los "crystal-rich pyroclastic flows". El cuarzo es el mineral más abundante seguido por la plagioclasa (An 20-35), la biotita, la hornblenda y los óxidos de hierro. Con base en la composición del anfíbol, se ha calculada la posible presión de cristalización entre 1,1 y 1,3 kbar. Esto, junto con el gran contenido de cristales, sugiere que la erupción se produjo por el fuerte aumento de la presión de los fluidos, relacionada con la liberación de energía térmica debido a la cristalización de un importante volumen de minerales.

INTRODUCCION

La vertiente pacífica de la cordillera de Guanacaste por debajo de los 400-500 m.s.n.m. está constituida por numerosas y espesas capas de depósitos piroclásticos en facies de flujos más o menos soldados, interestratificados con depósitos epiclásticos y coladas de lava. DONDOLI (1950) y DENGGO (1962) distinguieron dos formaciones a las cuales le denominaron "Forma-

ción Bagaces" (la más antigua) y "Formación Liberia" (la más reciente).

CHIESA et al. (1987) describen varias secciones entre La Cruz y Cañas y presentan una estratigrafía más detallada, basada en correlaciones realizadas entre columnas geológicas típicas. En el mismo trabajo se mencionan dos flujos con características específicas que pueden tomarse como niveles guías. La escasez de afloramientos debido a la extensa cobertura vegetal y de

suelo, típica de las regiones tropicales, junto con la discontinuidad de los productos volcánicos, acentúa la importancia de encontrar niveles guías que por su amplia distribución y fácil identificación pueden utilizarse en la correlación de diferentes secuencias estratigráficas. Los objetivos del presente trabajo son la descripción de uno de estos flujos que puede servir como nivel guía en el área de la cordillera de Guanacaste, el mapeo de sus afloramientos, la reconstrucción de la distribución y la determinación del volumen original. Con el fin de definir sus principales características y su posición estratigráfica con respecto a otros productos volcánicos se han intensificado las investigaciones sobre el flujo de pómez biotítica del Río Liberia.

CUADRO GEOLOGICO

La cordillera de Guanacaste constituye un segmento del Arco Volcánico de América Central, relacionado con la subducción de la placa de Cocos bajo la placa del Caribe. Tiene una alineación de cuatro macizos volcánicos recientes con dirección NW-SE y de una meseta ignimbrítica desarrollada principalmente sobre la vertiente pacífica (Fig. 1). En los macizos volcánicos predominan coladas de lava con composición de andesitas basálticas hasta andesitas. Escasas lavas dacíticas están presentes como coladas de lava interestratificadas entre las ignimbritas; también están presentes en los productos pre-caldéricos del volcán Miravalles y como domos y do-

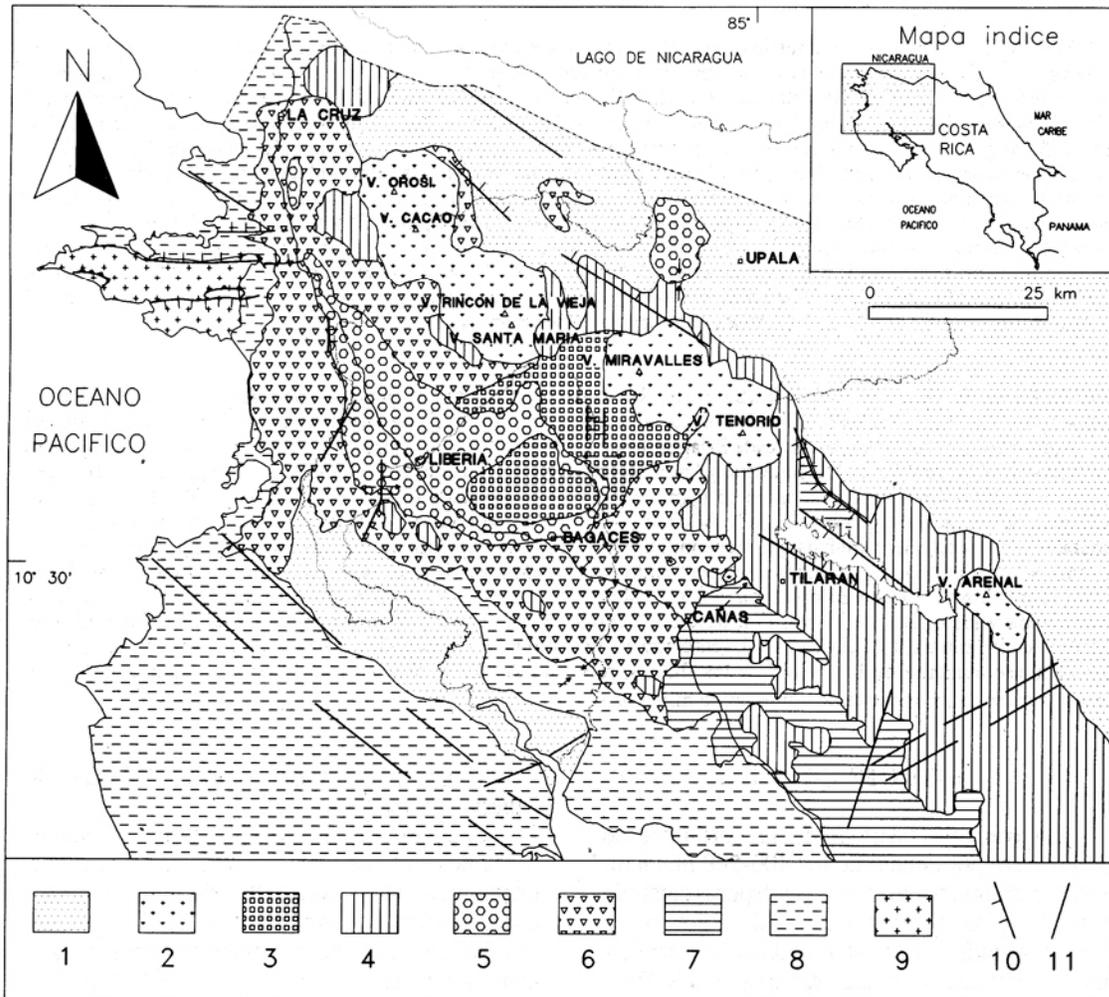


Fig. 1: Esquema geológico de la cordillera de Guanacaste. 1: Aluviones recientes; 2: Productos de los volcanes de la cordillera; 3: Flujos piroclásticos de la caldera de Guayabo; 4: Volcanitas Plio-pleistocénicas, incluyendo a la Formación Monteverde; 5: Flujo de Pómez Biotítica del Río Liberia; 6: Formación Bagaces; 7: Grupo Aguacate s.l.; 8: Complejo de Nicova; 9: Peridotita de Santa Elena; 10: Falla normal; 11: Falla.

mos-coladas en la base del complejo volcánico del Rincón de la Vieja. El vidrio de los flujos piroclásticos tiene una composición dacítica hasta riolítica (WEYL, 1980; TOURNON, 1984). Las composiciones más ácidas prevalecen en los flujos más recientes (Formación Liberia sensu DENG, 1962)

Los datos cronológicos disponibles hasta la fecha no permiten datar con exactitud los productos volcánicos más antiguos de la cordillera. Sin embargo, es seguro de que hubo actividad volcánica a partir del Mioceno terminal (GILLOT et

al., 1990; ALVARADO et al., en preparación) a través de centros con disposición muy similar a la de los actuales.

AREA DE AFLORAMIENTO Y VOLUMEN

En la Figura 2 está indicado el área donde el flujo aflora en la superficie o ha sido encontrado en perforaciones. Esta distribución corresponde a la extensión original que es de aproximadamente 3500-4000 km². Espesos depósitos del flujo de

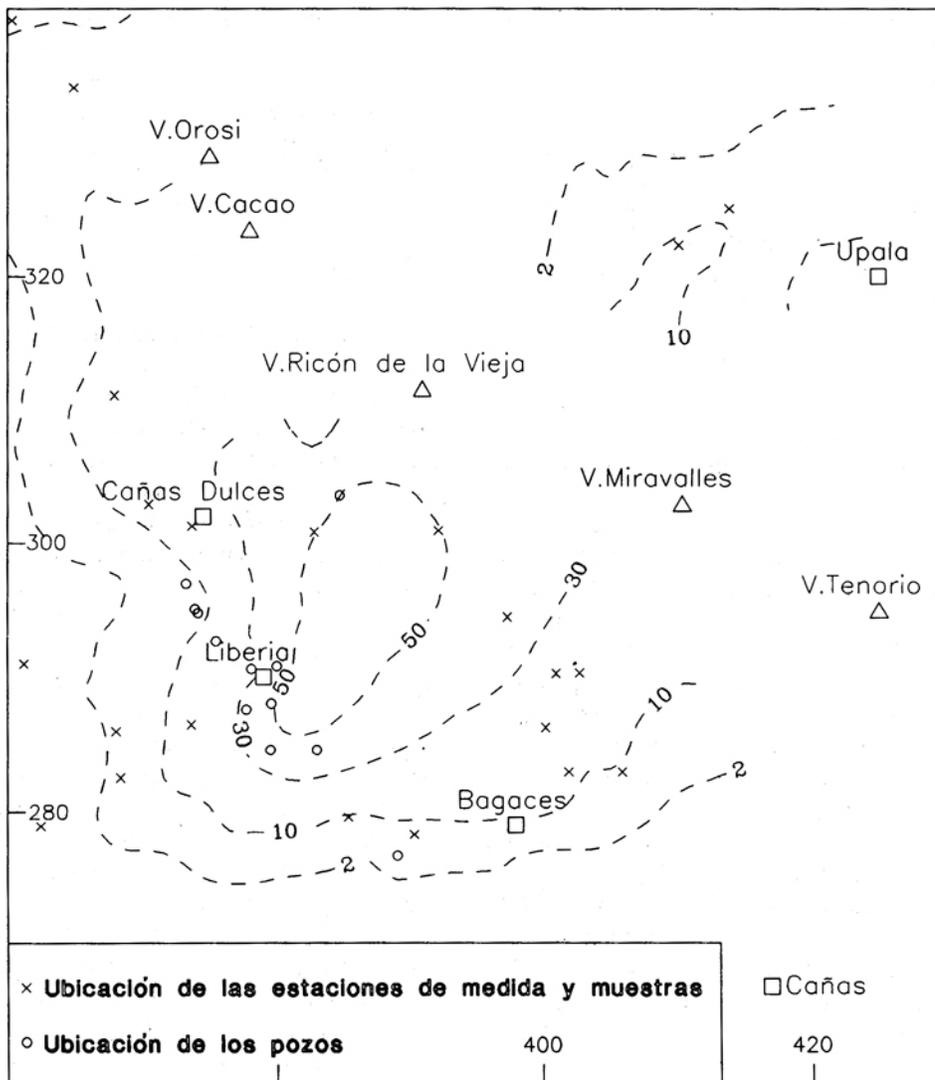


Fig. 2: Reconstrucción de la distribución y del espesor del Flujo de Pómez Biotítica del Río Liberia.

pómez biotítica del Río Liberia también se han encontrado en la base de la vertiente caribe cerca de San José de Upala; estos afloramientos están por lo general muy meteorizados, así que es difícil el reconocimiento de las litologías. Sin embargo, en algunos tajos y cortes profundos realizados para la construcción de nuevas carreteras se han obtenido muestras bastante sanas que se analizaron.

El cálculo del volumen está afectado por varios factores de incertidumbre como lo son las fuertes variaciones del espesor de los flujos, la falta de afloramientos con secciones completas de la base al techo y por la intensa erosión que afectó a este depósito. No obstante, es muy útil para tener una idea de la intensidad de la erupción y comparar con otros flujos mencionados en la literatura (también afectados por los mismos factores). Considerando que el contenido de líticos es por lo general escaso, se puede tomar un valor de 34 km³ de material eruptado que corresponde a 25 km³ de roca densa equivalente (DRE).

LITOLOGIA

El flujo de pómez biotítica del Río Liberia está compuesto por abundante matriz (vidrio más cristalitos con diámetro <2 mm), pómez redondeadas con cristales, fragmentos líticos y fenocristales de cuarzo (lámina 1), biotita (lámina 2), plagioclasa (lámina 3) y esporádicos anfíboles. El aspecto es caótico con algunas indicaciones de estratificación, posible prueba de que está constituido por varias unidades de flujo. El color es claro (blancuzco a rosado) aunque no faltan matices amarillos y verde-amarillentos.

Tratándose de un depósito piroclástico sus características no son muy homogéneas. Presenta fuertes variaciones en su estructura y en el porcentaje de los constituyentes (matriz 50-70 %, pómez 10-30 %, fragmentos líticos 10-20 % y cristales 15-30 %). Estas variaciones se evidencian en los diferentes afloramientos y, algunas veces, también en un mismo afloramiento.

Las pómez son blancas, redondeadas, de poco a muy vesiculares y contienen siempre abun-

dantes cristales. El vidrio forma típicas estructuras fluidales fibrosas que envuelven los cristales (láminas 4 y 5).

Los fragmentos líticos son en su mayoría lavas andesíticas con forma angular pero también se encuentran rocas intrusivas de composición intermedia a ácida.

Los cristales están presentes como pequeños individuos (< 2 mm) y fragmentos en la matriz y también como fenocristales en los constituyentes principales de la roca. La figura 3 indica las relaciones cuantitativas entre los diferentes constituyentes.

El grado de cohesión es bastante bueno y permite el desarrollo de altas paredes subverticales en los cortes de los ríos; sin embargo, es fácil de excavar por la acción fluvial y la erosión produce característicos pináculos y otras formas relictas.

ESTRUCTURA DEL FLUJO

El flujo exhibe una parte basal formada por niveles de unos centímetros ricos en matriz, con evidencias de una laminación plana paralela, en contacto neto con una porción decimétrica, con estructura caótica, en la cual progresiva y gradualmente disminuye el porcentaje de ceniza a favor de la pómez y de los fragmentos líticos.

La parte central alcanza espesores de hasta unas decenas de metros y no presenta estructuras particulares excepto concentraciones en forma de enjambres de pómez y más raramente de líticos. En algunos de los afloramientos más espesos se han observado niveles subhorizontales ricos en ceniza de unos pocos centímetros de espesor que pueden representar contactos entre varias subunidades de flujo. Sin embargo, nunca se encuentra un paleosuelo o una paleosuperficie pedogenizada interpuesta entre las varias posibles subunidades.

En la parte superior es frecuente un enriquecimiento en las pómez y un aumento del tamaño de las mismas. Además, si el nivel está cubierto por otros depósitos, por lo general está muy meteorizado llegando a constituir un paleosuelo.

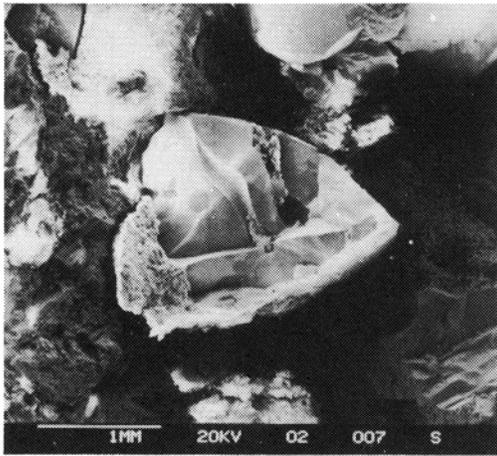


Foto 1. Fragmento de cuarzo.

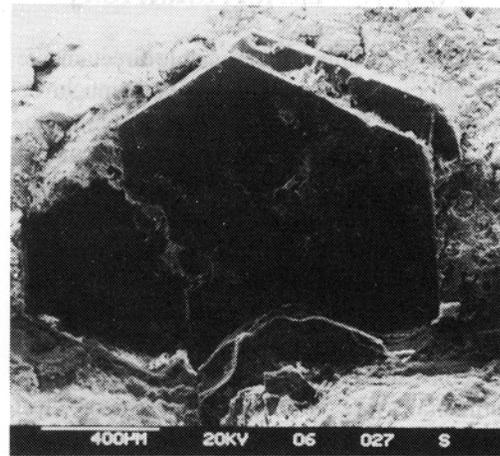


Foto 2. Cristal de biotita.

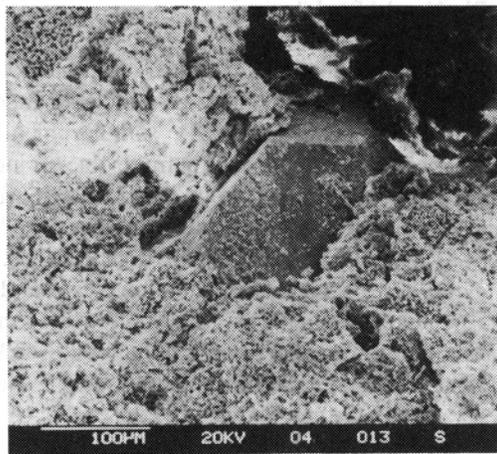


Foto 3. Cristal de plagioclasa en vidrio alterado.

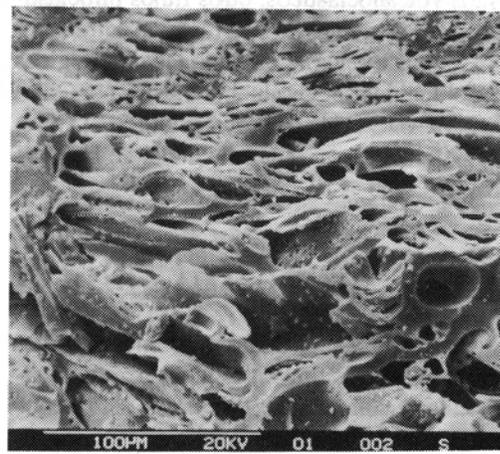


Foto 4. Pómez con vidrio perfectamente conservado.

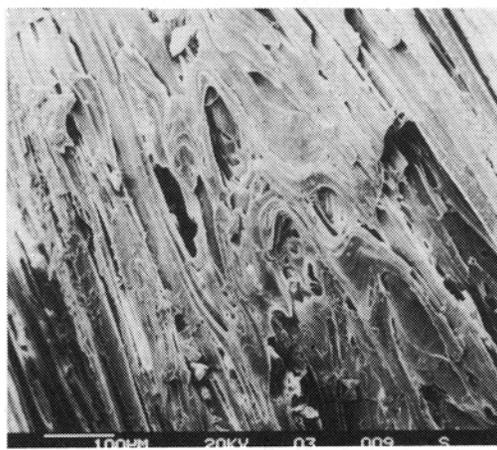


Foto 5. Vidrio con estructura fibrosa.

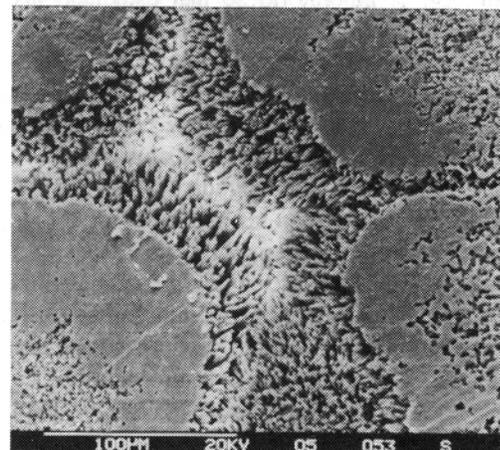


Foto 6. Alteración del vidrio.

POSICION ESTRATIGRAFICA

La base estratigráfica es visible directamente en los afloramientos periféricos y varía mucho de un lugar a otro. Por debajo del flujo de pómez biotítica del Río Liberia se pueden encontrar paleosuelos, sedimentos continentales, otros flujos piroclásticos y raramente lavas. En las perforaciones efectuadas con el fin de realizar investigaciones geológicas e hidrológicas por las Naciones Unidas (1975) y por el ICE en el área de Liberia, la base del flujo de pómez biotítica del Río Liberia está constituida por depósitos sedimentarios continentales o de otros flujos piroclásticos. En el contacto superior (área de Salitral-El Torno y de Curubandé) se encuentran frecuentemente sedimentos volcanoclásticos, otros flujos piroclásticos o escasas coladas de lava (camino entre Liberia y Colonia Blanca). Los datos geocronológicos K-Ar obtenidos por Gardner & Turin y por Gillot (ALVARADO et al., en preparación, GILLOT et al., 1990) indican una edad alrededor de $1,6 \pm 0,1$ m.a.

PETROGRAFIA

La determinación de las relaciones cuantitativas entre los constituyentes fue realizada a varias escalas y con métodos diferentes. En 25 afloramientos se estimó el porcentaje de cada constituyente sobre una superficie de aproximadamente 1 m^2 . En el laboratorio se han estudiado las láminas delgadas de pómez incluyendo análisis modales y se realizaron espectros IR para determinaciones semicuantitativas de los contenidos de minerales y vidrio en las pómez y en la matriz. Los resultados están sintetizados en figura 3.

Los cristales más abundantes son los de cuarzo, después siguen las plagioclasas, la biotita, los óxidos metálicos y la hornblenda.

Los datos, con base en micro-análisis de los minerales (Cuadro 1 y Fig. 4) indican composiciones químicas constantes. En particular cabe notar el elevado contenido de la molécula albítica ($Ab > 60 \%$) en las plagioclasas, indicando que su cristalización se produjo en un magma muy evolucionado. Las biotitas tienen el típico alto contenido en Ti de las biotitas magmáticas. Las

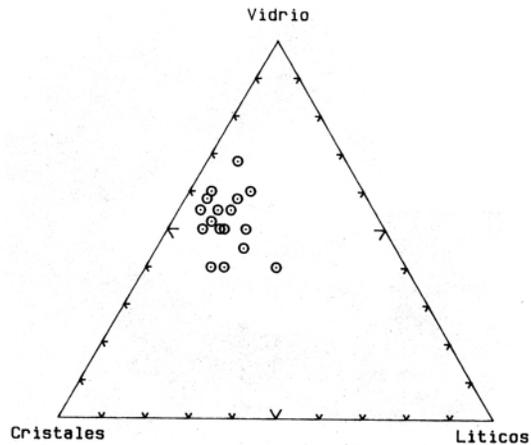


Fig. 3: Constituyentes principales del flujo de Pómez Biotítica del Río Liberia.

hornblendas, según el diagrama clasificativo de la International Mineralogical Association modificado por LEAKE (1978), son hornblendas magnesianas. Este mineral permite obtener indicaciones sobre la presión de cristalización utilizando fórmulas empíricas elaboradas por HAMMARSTORM & ZEN (1986) y HOLLISTER et al. (1987). Pocos análisis químicos respetan los vínculos previstos para la aplicación de las fórmulas y estos proporcionan valores de presión de 1,1 hasta 1,4 kbar, indicando una ubicación somera para la cámara magmática.

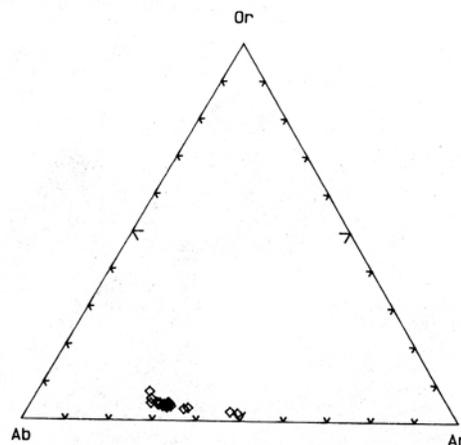


Fig. 4: Caracterización de las plagioclasas del Flujo de Pómez Biotítica del Río Liberia.

Cuadro 1a
Análisis químicos de los fedspatos

Muestra	9B	9B	9B	2.5	2.5	24.8	24.8	490	490	490	49A	49A	24.6	24.6		
SiO ₂	60.95	59.81	58.71	60.08	61.95	59.52	62.16	61.53	59.58	59.82	55.42	60.15	60.02	60.99	63.35	62.87
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	24.03	24.03	24.53	24.42	23.76	24.00	24.78	24.76	24.72	24.47	27.47	25.04	24.65	24.34	22.39	23.08
FeO	0.31	0.09	0.29	0.22	0.28	0.11	0.23	0.29	0.15	0.23	0.11	0.33	0.06	0.89	0.76	
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.20
CaO	5.99	6.52	7.57	6.58	5.86	6.45	5.60	6.35	6.27	6.44	9.64	6.35	6.50	6.04	4.81	5.05
Na ₂ O	7.54	7.35	6.88	7.53	7.54	7.48	7.71	7.61	7.17	7.16	5.83	7.46	7.44	7.51	6.95	7.00
K ₂ O	0.73	0.84	0.59	0.70	0.83	0.68	0.80	0.69	0.77	0.75	0.41	0.70	0.72	0.82	1.22	0.92
Total	99.55	98.64	98.57	99.60	100.16	98.41	101.16	101.17	98.80	98.79	99.00	99.81	99.66	99.76	99.99	99.88
Si	2.73	2.71	2.67	2.69	2.75	2.70	2.73	2.71	2.69	2.70	2.52	2.69	2.69	2.72	2.81	2.79
Al	1.27	1.28	1.31	1.29	1.24	1.28	1.28	1.28	1.32	1.30	1.47	1.32	1.30	1.28	1.17	1.21
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.03
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
Ca	0.29	0.32	0.37	0.32	0.28	0.31	0.26	0.30	0.30	0.31	0.47	0.30	0.31	0.29	0.23	0.24
Na	0.65	0.64	0.61	0.65	0.65	0.66	0.66	0.65	0.63	0.63	0.51	0.65	0.65	0.65	0.60	0.60
K	0.04	0.05	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	0.05	0.07	0.05
Z	3.99	3.99	3.98	3.98	3.99	3.98	4.01	3.99	4.00	4.00	3.99	4.00	3.99	4.00	3.98	4.00
X	0.98	1.01	1.01	1.01	0.98	1.01	0.96	0.99	0.98	0.98	1.01	0.99	1.00	0.99	0.90	0.89
An	0.29	0.31	0.37	0.31	0.29	0.31	0.27	0.30	0.31	0.32	0.47	0.31	0.31	0.29	0.25	0.27
Ab	0.67	0.64	0.60	0.65	0.67	0.65	0.68	0.66	0.64	0.64	0.51	0.65	0.65	0.66	0.67	0.67
Or	0.04	0.05	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.02	0.04	0.04	0.05	0.08	0.06

Cuadro 1 b
Análisis químicos de las biotitas

Muestra	21.9B	21.9B	24.8	24.8	490	490	490	49A	49A	24.6	24.6	4.5
SiO ₂	39.05	38.64	36.68	37.23	36.98	37.07	37.08	36.87	36.51	39.11	38.69	38.70
TiO ₂	5.03	4.90	4.24	4.42	4.75	4.74	4.91	4.24	4.26	4.76	4.89	5.24
Al ₂ O ₃	13.31	13.40	15.27	14.02	13.92	13.86	13.54	14.14	14.23	17.78	15.60	14.95
FeO	13.44	13.31	15.71	15.95	15.73	14.93	15.63	16.78	14.81	16.99	16.91	17.29
MnO	0.33	0.25	0.08	0.43	0.59	0.29	0.03	0.38	0.38	0.92	0.51	1.51
MgO	13.20	13.04	12.12	13.11	13.15	13.51	13.72	12.87	13.67	13.74	15.49	14.47
CaO	0.19	0.12	0.08	0.09	0.26	0.19	0.20	0.15	0.05	0.02	0.00	0.00
Na ₂ O	0.29	0.37	0.24	0.20	0.39	0.46	0.34	0.37	0.55	0.44	1.11	0.46
K ₂ O	8.30	8.17	6.80	7.58	7.37	7.26	7.38	7.64	7.97	6.24	6.81	7.38
Total	93.14	92.20	91.22	93.03	93.14	92.31	92.83	93.44	92.43	100.00	100.01	100.00
Si	5.88	5.87	5.66	5.68	5.64	5.67	5.65	5.63	5.60	5.49	5.48	5.52
Aliv	2.12	2.13	2.34	2.32	2.36	2.33	2.35	2.37	2.40	2.51	2.52	2.48
Alvi	0.24	0.27	0.43	0.20	0.14	0.16	0.09	0.18	0.18	0.43	0.08	0.04
Ti	0.57	0.56	0.49	0.51	0.55	0.55	0.56	0.49	0.49	0.50	0.52	0.56
Fe	1.69	1.69	2.03	2.03	2.01	1.91	1.99	2.14	1.90	2.00	2.00	2.06
Mn	0.04	0.03	0.01	0.06	0.08	0.04	0.00	0.05	0.05	0.11	0.06	0.18
Mg	2.96	2.95	2.79	2.98	2.99	3.08	3.12	2.93	3.13	2.88	3.27	3.08
Ca	0.03	0.02	0.01	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
Na	0.09	0.11	0.07	0.06	0.12	0.14	0.10	0.11	0.16	0.12	0.31	0.13
K	1.59	1.58	1.34	1.48	1.43	1.42	1.44	1.49	1.56	1.12	1.23	1.34
Z	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Y	5.50	5.51	5.75	5.77	5.75	5.73	5.77	5.79	5.75	5.91	5.93	5.92
X	1.71	1.71	1.42	1.55	1.59	1.58	1.57	1.62	1.73	1.24	1.53	1.47
Xmg	0.64	0.64	0.58	0.59	0.60	0.62	0.61	0.58	0.62	0.59	0.62	0.60
A(mu)	0.35	0.34	0.15	0.23	0.22	0.21	0.22	0.23	0.26	0.04	0.12	0.17
A(or)	0.08	0.08	0.13	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.16	0.12	0.10

Cuadro 1 c
Análisis químicos de los anfíboles

Muestra	2.5	2.5	2.5	24.8	24.8	24.9	24.9	24.6	24.6	4.5	4.5
SiO ₂	49.35	46.78	47.31	49.94	49.49	47.75	48.40	48.03	53.60	48.62	49.09
TiO ₂	1.25	2.19	1.58	1.24	0.99	0.89	0.91	0.90	1.79	0.90	1.08
Al ₂ O ₃	5.70	6.59	7.37	5.56	5.45	6.31	6.31	6.42	19.96	8.61	9.78
FeO	12.15	12.71	13.69	12.30	12.02	11.50	11.87	12.43	11.25	11.94	13.74
MnO	0.76	0.83	0.81	0.92	1.11	0.75	0.62	0.86	0.00	0.49	0.64
MgO	15.41	14.39	14.37	15.23	15.44	17.71	17.07	16.08	9.46	15.81	12.73
CaO	11.34	11.19	11.65	11.68	10.94	12.78	13.11	13.32	0.36	12.16	11.46
Na ₂ O	1.19	1.39	1.59	1.14	1.17	1.96	1.42	1.44	0.40	1.08	1.06
K ₂ O	0.39	0.48	0.51	0.44	0.40	0.35	0.28	0.52	3.18	0.40	0.41
Total	97.54	96.55	98.88	98.45	97.01	100.00	99.99	100.00	100.00	100.01	99.99
Si	7.18	6.95	6.89	7.21	7.24	6.71	6.81	6.83	6.83	6.77	6.90
Aliv	0.82	1.05	1.11	0.79	0.76	1.29	1.19	1.17	1.17	1.23	1.10
Alvi	0.16	0.10	0.16	0.16	0.18	0.25	0.15	0.09	1.83	0.18	0.52
Ti	0.14	0.25	0.17	0.14	0.11	0.09	0.10	0.10	0.17	0.09	0.11
Fe ³⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.76	0.51	2.28	0.88	0.53
Mn	0.09	0.10	0.10	0.11	0.14	0.09	0.07	0.10	0.00	0.06	0.08
Mg	3.34	3.18	3.12	3.28	3.37	3.71	3.58	3.41	1.80	3.28	2.67
Fe ²⁺	1.26	1.37	1.45	1.31	1.21	0.45	0.64	0.97	1.08	0.51	1.09
Fe ²⁺	0.22	0.21	0.22	0.17	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.77	1.78	1.82	1.81	1.72	1.92	1.98	2.03	0.05	1.81	1.73
NaM ₄	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.08	0.02	0.03	1.95	0.19	0.27
NaA	0.32	0.39	0.48	0.30	0.31	0.46	0.36	0.43	1.85	0.10	0.02
K	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08	0.06	0.05	0.09	0.52	0.07	0.07
Xmg	0.69	0.67	0.65	0.69	0.70	0.89	0.85	0.78	2.50	0.87	0.71
Fe ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.53	7.14	4.77	23.75	8.39	4.98
FeO	12.15	12.71	13.69	12.30	12.02	3.83	5.44	8.14	10.12	4.39	9.26

Cuadro 1 d
Análisis químicos de los óxidos metálicos

Muestra	21.9B	2.5	2.5	24.8	490	490	49A
SiO ₂	2.42	0.12	0.16	0.07	1.49	0.47	0.21
TiO ₂	10.54	5.54	5.66	4.74	9.99	0.03	4.76
Al ₂ O ₃	0.52	1.36	1.20	1.15	2.16	0.03	1.44
Fe ₂ O ₃	0.16	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00
FeO	71.40	84.29	83.90	84.17	74.08	83.57	82.70
MnO	0.48	1.23	1.27	1.26	1.49	0.11	1.35
MgO	0.09	0.83	0.89	0.82	0.54	0.45	0.86
CaO	0.25	0.00	0.05	0.01	0.03	0.00	0.21
Total	85.86	93.37	93.13	92.22	89.83	84.66	91.53
Si	0.10	0.00	0.01	0.00	0.06	0.02	0.01
Al	0.03	0.06	0.05	0.05	0.10	0.00	0.07
Ti	0.33	0.16	0.16	0.14	0.30	0.00	0.14
Fe ³⁺	1.10	1.61	1.61	1.67	1.18	1.96	1.64
Fe ²⁺	1.40	1.08	1.08	1.05	1.27	0.99	1.04
Mg	0.01	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.05
Mn	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.00	0.04
Ca	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Z	1.57	1.84	1.83	1.86	1.64	1.98	1.85
X	1.43	1.16	1.17	1.14	1.36	1.02	1.15
Fe ₂ O ₃	34.95	56.16	55.88	57.36	39.65	61.71	56.15
FeO	39.95	33.75	33.62	32.56	38.41	28.05	32.17

QUIMICA

De los análisis químicos existentes en la literatura sobre las ignimbritas de Guanacaste, con mucha probabilidad 7 de ellos se refieren a muestras del flujo de pómez biotítica del Río Liberia. Se presentan seis análisis nuevos de pómez del tamaño de unos centímetros, extraídos de los alforamientos más lejanos del flujo. La metodología empleada fue Fluorescencia de Rayos X para Si, Ti, Al, Fe, Mn, Ca, P, Cr, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Th y Absorción Atómica para K, Na y Mg. Algunas muestras tenían porcentajes de agua > 6

% y por lo tanto fueron descartadas. Los resultados obtenidos (Cuadro 2 y Fig. 5) son perfectamente comparables con aquellos de la literatura (DENGO, 1962; WEYL, 1980; MORA, 1988, CIVELLI, 1990). En el cuadro 2 se han incluido también algunos análisis del vidrio obtenidos por Microsonda.

La composición química del vidrio es riolítica con pequeñas variaciones en la concentración de los elementos. Cabe notar que las aparentes diferencias composicionales de los vidrios son debidas a la técnica de medida que es puntual y entonces no considera los minerales. Existe una

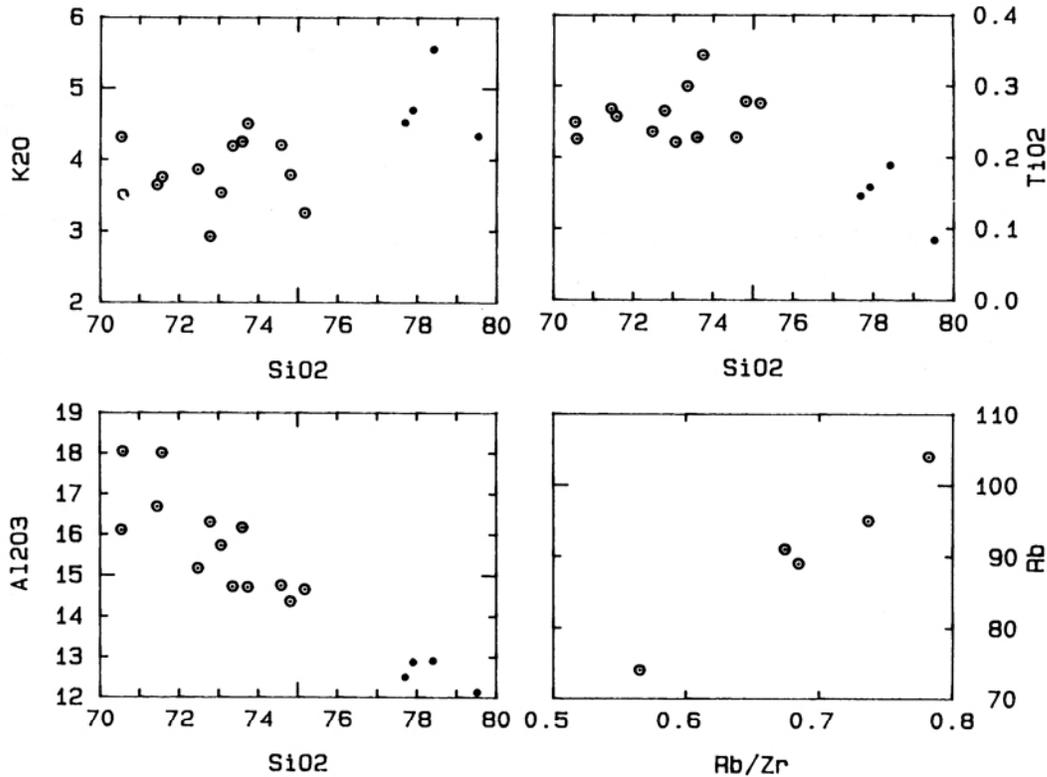


Fig. 5: Diagramas de variación de las pómez enteras (círculos) y del vidrio solamente (puntos): Sílice versus potasio; sílice versus alúmina; sílice versus titanio; Rb/Zr versus rubidio.

buen correlación entre las variaciones del sílice y las de los otros elementos. El buen alineamiento que se observa en el diagrama Rb/Zr contra Rb (Fig. 5) confirma que el magma se derivó de un proceso de cristalización fraccionada como la mayoría de las vulcanitas de Costa Rica.

CONCLUSIONES

El flujo de pómez biotítica del Río Liberia es un depósito que tiene características favorables para seleccionarlo como nivel guía para la estratigrafía volcánica de Guanacaste. Conforme con lo expuesto en este trabajo ese flujo caería dentro de la Formación Ignimbritas de Guanacaste, representando uno de sus miembros. Este flujo indica además un cambio en la composición química y mineralógica en las ignimbritas. Las que pre-

ceden al flujo de pómez biotítica del Río Liberia son en su mayoría dacíticas y no tienen minerales hidroxilados (TOUNON, 1984), mientras que las sucesivas son riolíticas y muy frecuentemente son ricas en estos minerales. Las modalidades eruptivas pueden haber sido parecidas a las que se han hipotizado para otros flujos piroclásticos extensos, es decir, que fueron producidos a partir de una fisura circular, causada por el colapso sucesivo de una caldera. Una posible causa de la erupción sería la fuerte subida de presión de los fluidos, relacionada con la liberación de energía térmica por la cristalización de un gran volumen de minerales en una cámara magmática somera. La distribución de los espesores sugieren que el flujo de pómez biotítica del Río Liberia se originó de una área próxima a los actuales domos de Cañas Dulces.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los geólogos Guillermo Alvarado, Alfredo Mainieri, Siegfried Kussmaul y Mayra Corella por sus valiosos consejos; al ICE (Recursos Geotérmicos) por el apoyo logístico y por todas las facilidades que me brindaron durante el trabajo de campo y al CNr (Consejo de Investigaciones) de Italia por el apoyo económico. Los análisis químicos han sido efectuados por Giuseppe Fenili, las fotografías al microscopio electrónico por Agostino Rizzi del CNR de Milan.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO, G.E., KUSSMAUL, S., CHIESA S. & GILLOT, P.Y., (en preparación): Cuadro cronostratigráfico de las rocas ígneas de Costa Rica basado en dataciones radiométricas K-Ar y U-Th.
- ALVARADO, G. E., 1989: Los volcanes de Costa Rica. - 175 págs.; EUNED, San José.
- CHIESA, S., CORELLA, M. & MORA, O., 1987: Geología de la meseta ignimbrítica de Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. - ICE, Proyecto geotérmico Miravalles (informe inédito).
- CIVELLI, G., 1990: Geovulcanologia e petrochimica della Cordigliera di Guanacaste (Costa Rica): Le piroclastiti dell'area Chorotega. - 165 págs., Univ. Studi Milano, Dip Scienze Terra (tesis inédita).
- DENGO, G., 1962: Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. - 112 págs., Inst. Geogr. Nac. Costa Rica, San José.
- DONDOLI, C., 1950: Liberia y sus alrededores. - 8 págs., Boletín Técnico No. 3, Ministerio Agricultura e Industrias.
- GILLOT, P.Y., CHIESA, S. & ALVARADO, G.E., 1990: Chronostratigraphy and evolution of the Neogene-Quaternary volcanism in north Costa Rica: the Arenal volcano-structural framework. - Abstract Vol., IAVCEI congress, Mainz, September 3-8.
- HAMMARSTROM, J.M. & ZEN, E.A., 1986: Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer. - *Am. Mineral.*, 71: 1297-1313.
- HOLLISTER, L.S., GRISSON, G.C., PETERS, E.K., STOWELL, H.H. & SISSON, V.B., 1986: Confirmation of empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calcic plutons. - *Am. Mineral.*, 72: 231-239.
- KUSSMAUL, S., PANIAGUA, S. & GAINZA, J., 1982: Recopilación, clasificación e interpretación petroquímica de las rocas ígneas de Costa Rica. - *Inst. Geogr. Nac.*, 28, Inf. Semestr. Julio-Dic.: 17-79.
- LEAKE, B.E., 1978: Nomenclature of amphiboles. - *Am. Mineral.*, 63: 1023-1052.
- MORA, O., 1988: Estudio geológico-petroológico de las piroclastitas en los alrededores de Bagaces, provincia de Guanacaste, Costa Rica. - 61 págs., Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica (tesis inédita).
- NACIONES UNIDAS, 1975: Investigaciones de aguas subterráneas en zonas seleccionadas. - 261 págs., Inf. Técn. DP/UN/COS-65-502/1.
- TOURNON, J., 1984: Magmatisme du mesozoique a l'actuel en Amerique Central. L'exemple du Costa Rica, des ophiolites aux andesites. - 335 págs., Mem. Sc. Terre, Univ. Curie, Paris (tesis inédita).
- WEYL, R., 1980: Geology of Central America. - 371 págs., Borntraeger, Berlin.