

LOS FLUJOS PIROCLASTICOS DEL VOLCAN DE COLIMA, MEXICO

A. L. MARTIN DEL POZZO*

V. H. ROMERO*

R. E. RUIZ KITCHER*

RESUMEN

En el Volcán de Colima han existido diferentes fases explosivas que produjeron flujos piroclásticos, entre ellas las erupciones de 1611, 1818 y 1913. Los flujos se distribuyeron hacia el sur encajonándose en las barrancas. Se presentan las secciones y mapas del volcán. El análisis granulométrico mostró una $Md \phi$ de -1 a 3 y permitió observar la similitud con los flujos piroclásticos de tipo intermedio. Los flujos presentan gran cantidad de fragmentos líticos en matriz fina y pueden separarse en unidades de flujo de 2 a 10 m que corresponden a "surges" y avalanchas. También existen flujos caóticos, sin estratificación ni clasificación. Basándose en estas características se argumenta a favor de que los flujos piroclásticos se originaron al fragmentarse el domo y en contraste con lo que ocurre en los del tipo St. Vincent y Merapi. El alto grado de fluidez y la alta temperatura de los flujos se infiere por la presencia de carbón, tubos de vesículas y lentes de fragmentos alargados. Se encontró una secuencia máfica alcalina intercalada entre los flujos piroclásticos andesíticos calci-alcalinos que muestra la naturaleza compleja del origen magmático.

ABSTRACT

Several pyroclastic flow producing eruptions have occurred at Colima Volcano which include the 1611, 1818 and 1913 eruptions. Flows followed topographic lows to the south. The measured sections and maps of the volcano are presented. Grain size analyses showed $Md \phi$ varied from -1 to 3 and comparison showed similarity with intermediate pyroclastic flows. Flows contain abundant lithic fragments in a fine grained matrix and can be separated in flow units of 2 to 10 m which represent surges and avalanches. Chaotic, unstratified and unsorted pyroclastic flows are also present. Based on these characteristics we favor a dome collapse origin for the flows against the St. Vincent and Merapi types. The high degree of fluidity and high temperature of the flows is inferred from the charcoal present, bubble pipes and elongated lithic lenses. A mafic alkaline sequence was found interbedded with the andesitic pyroclastic flows which reflects the complex magmatic origin.

* *Instituto de Geofísica, UNAM, MEXICO.*

INTRODUCCION

Para la reconstrucción de la historia eruptiva de un volcán es necesario reconocer los tipos de productos, así como su distribución, porque reflejan el tipo de actividad que los produjo. El estudio realizado es una caracterización general del tipo de flujos piroclásticos presentes en el Volcán de Colima.

El Volcán de Colima, uno de los volcanes más activos de México, es un estrato-volcán andesítico ubicado en el extremo occidental de la Faja Volcánica transmexicana a los $19^{\circ}30'44''$ de latitud N y $103^{\circ}37'02''$ de longitud O. Este volcán junto con el Nevado de Colima, forman un complejo volcánico que se desarrolló en la fosa tectónica denominada Graben de Colima (fig. 1).

El Graben de Colima es una región donde, el volcanismo alcalino y calci-alcalino son contemporáneos. Este graben se puede relacionar con el régimen tectónico complejo de subducción-tensión que existe en el área (Luhr y Carmichael, 1981; Klitgord y Mammerickx, 1982). Se cree que el graben de Colima está asociado a un régimen extensivo o tensional, aunque existen aún manifestaciones de las fases finales de la subducción de la Placa Rivera.

La actividad eruptiva del Volcán de Colima se ha desarrollado en un cono central de 4 000 m. s.n.m., emplazado en un antiguo cráter que corresponde a una caldera o somma de más de 5 km de diámetro (figs. 1 y 2).

El Volcán de Colima se ha caracterizado por una actividad histórica muy intensa, con períodos de mayor y menor explosividad. Esto está relacionado con el carácter y profundidad de la lava que se encuentra en el cráter.

Entre los productos dominantes de cada fase eruptiva se encuentran derrames gruesos de lava de poca longitud que se han desbordado por el cráter principal (y en 1869 por el "Volcancito"), productos piroclásticos de caída libre y flujos piroclásticos.

En general, después de cada erupción explosiva, un domo que ocupa el cráter central es expulsado, y dentro del cráter el nivel de la lava baja a más de 300 m. Posteriormente la lava comienza a ascender, eventualmente taponó el cráter, produce derrames de lava gruesos y finalmente caída de ceniza y pómez. Entonces una nueva etapa explosiva inicia otro ciclo (fig. 3).

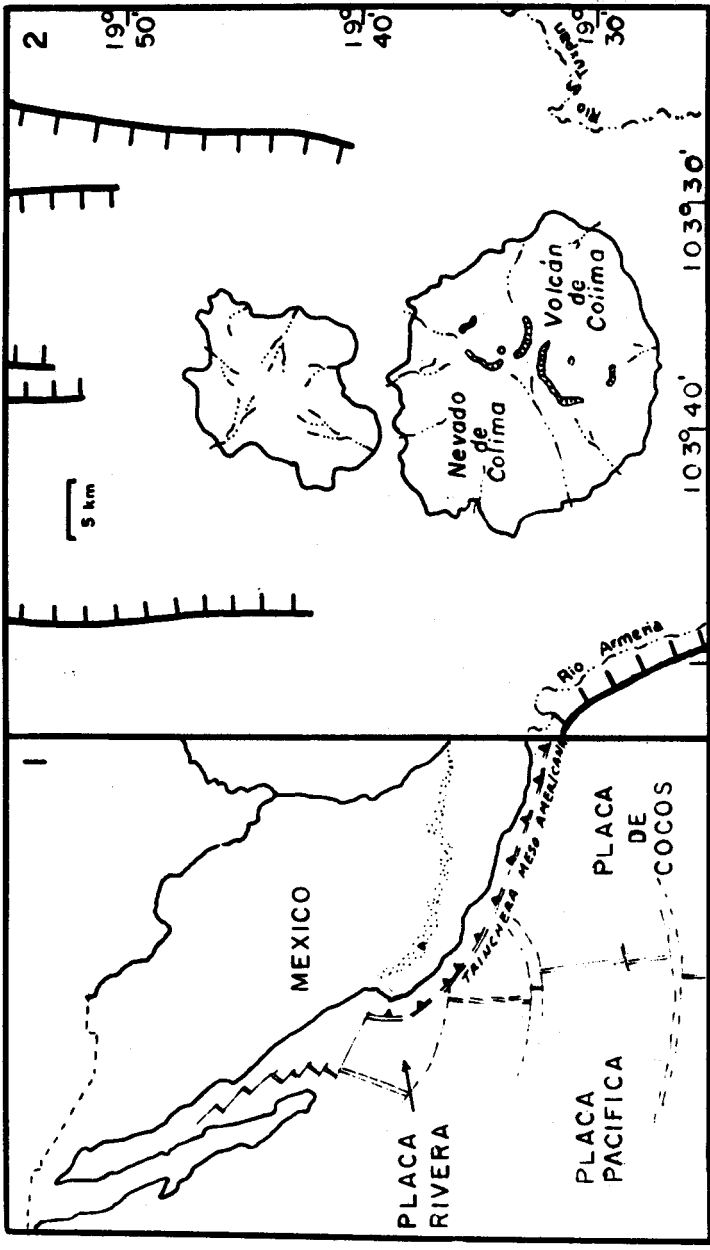


Fig. 1. Mapa de localización que muestra ubicación y tectónica del Volcán de Colima (modificado de Klitgord y Mammerickx, 1982; Luhr y Carmichael, 1980).

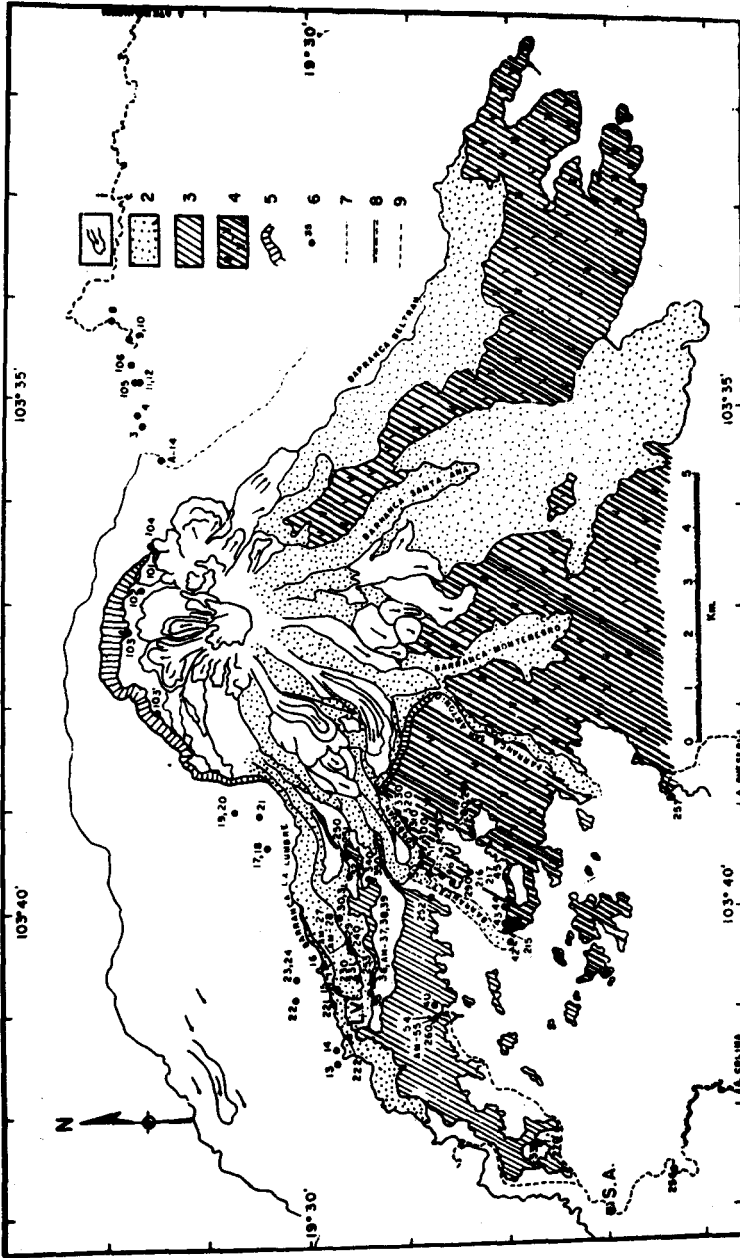


Fig. 2. Mapa del Volcán de Colima que muestra la distribución de los flujos piroclásticos y lavas anteriores a 1976. (1) Derrames de lava (2) flujos piroclásticos (3) flujos Yerbabuena (4) flujos Yerbabuena y lavas del Volcán de Colima antiguo (5) borde de la caldera (6) localización de muestras (7) contacto inferido; SA es San Antonio; Y, Yerbabuena; LV, Laguna Verde; RL, Río Verde; RC, Río Cordovan (8) carretera y (9) terracería.

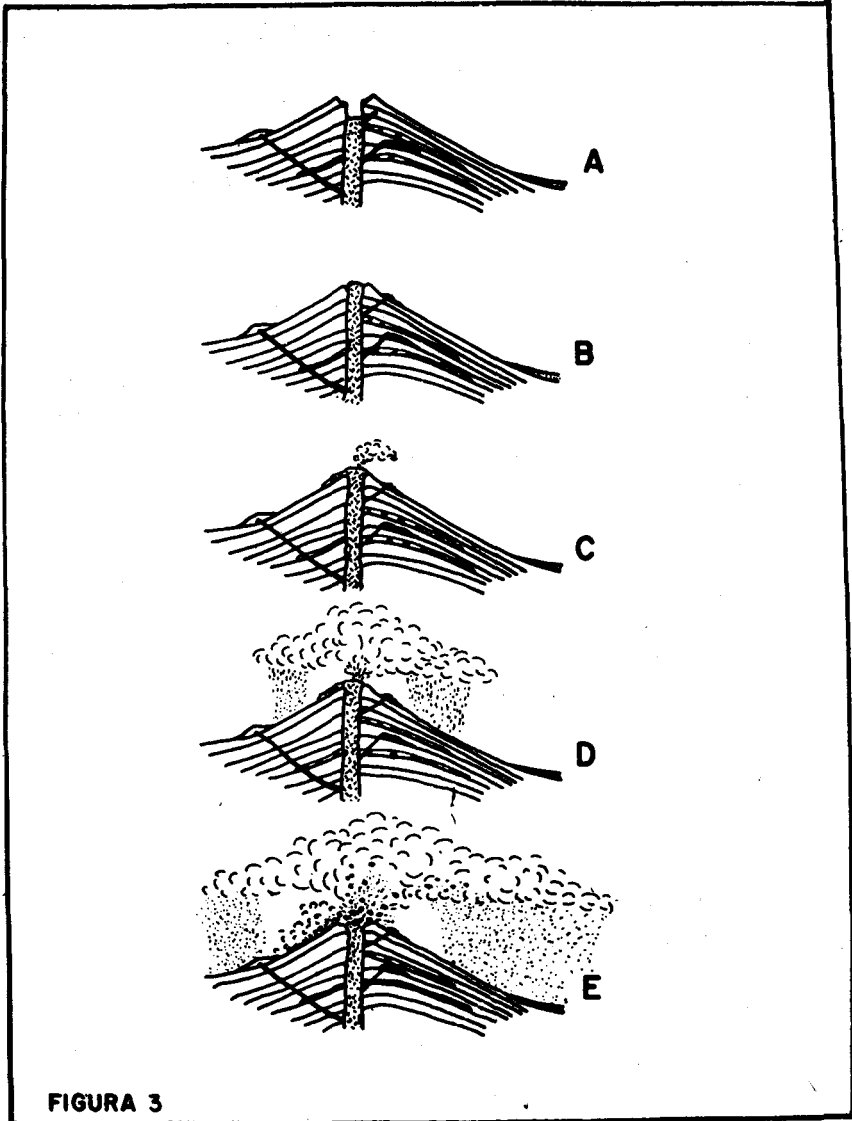
**FIGURA 3**

Fig. 3. Esquematación del ciclo eruptivo del volcán de Colima. a) El nivel de lava se encuentra bajo el borde del cráter. b) Ascenso de la lava por el cráter (domo). c) Desbordamiento de lava por el cráter y actividad fumarólica. d) Emisiones de ceniza, lapilli y pómez. e) Erupción violenta con expulsión del domo, piroclásticos de caída libre y flujos piroclásticos.

Dentro de las fases explosivas se han documentado varias erupciones que han producido flujos piroclásticos, de las cuales, las de 1913, 1818 y 1611 son importantes. Estos flujos rellenaron los cañones a distancias hasta de 8 km al sur y sureste del volcán, como reportaron los habitantes de San Antonio y San Marcos, así como los estudios de Waitz (1914, 1920 y 1936). Durante la erupción de 1913 los flujos piroclásticos descendieron por las barrancas con temperaturas mayores de los 500°C, expulsando el tapón y destruyendo la parte superior del cono (Waitz, 1936).

Actualmente el cráter está tapado por un domo formado por bloques de aproximadamente 4 m, divididos por grandes fisuras. En el extremo occidental del cráter se observa un derrame corto de lava y existe otra lengüeta de lava hacia el sur. En 1982 la actividad, como en las erupciones de 1962 y 1975-76, se desarrolló a partir del domo. Durante estas erupciones salieron derrames gruesos de lava del domo, acompañados por pequeñas avalanchas de tipo merapiano. Las lavas de 1975-76 formaron dos derrames hacia el sur y sureste (Demant, 1979).

El Volcán de Colima se encuentra en una etapa de actividad tranquila, pero de acuerdo con su historia eruptiva llegará a ser explosiva en un futuro próximo. A partir de 1957 el cráter ha estado tapado, lo que incrementa el riesgo por su similitud con la erupción de 1913, en la que se produjo una erupción explosiva después de 33 años de estar tapado el cráter por un domo.

METODO

Para caracterizar los flujos piroclásticos en el Volcán de Colima fue necesario observar su distribución. Para dicho efecto se realizó la fotointerpretación preliminar con base en fotografías aéreas a color, escala 1:25 000 de DETENAL, restituyendo los datos en mapas topográficos escala 1:50 000 de DETENAL. El trabajo de campo consistió en el muestreo y mapeo de los diferentes flujos piroclásticos, principalmente los del flanco suroeste del volcán, realizando secciones de las diferentes unidades y estructuras. Posteriormente se llevaron a cabo análisis granulométricos, petrográficos y geoquímicos.

ANALISIS GRANULOMETRICO

Se realizó el análisis granulométrico de las muestras en las que se tamizó la fracción de -1ϕ a 4ϕ . La $Md \phi$ (media del diámetro en ϕ) varía de -1 a 3 (fig. 4). Estos resultados se graficaron separadamente como flujos aglomeráticos, flujos de bloques y ceniza y flujos de lapilli y ceniza, pero al sobreponer los diagramas de los distintos

tipos de flujos se observó que la distribución del tamaño analizado era similar, por lo que los reportamos conjuntamente en la figura 4. Pensamos que esto puede ser debido a que representan diferentes unidades dentro del mismo flujo piroclástico y reflejan la dinámica de su formación en brecha basal, flujo y "surge".

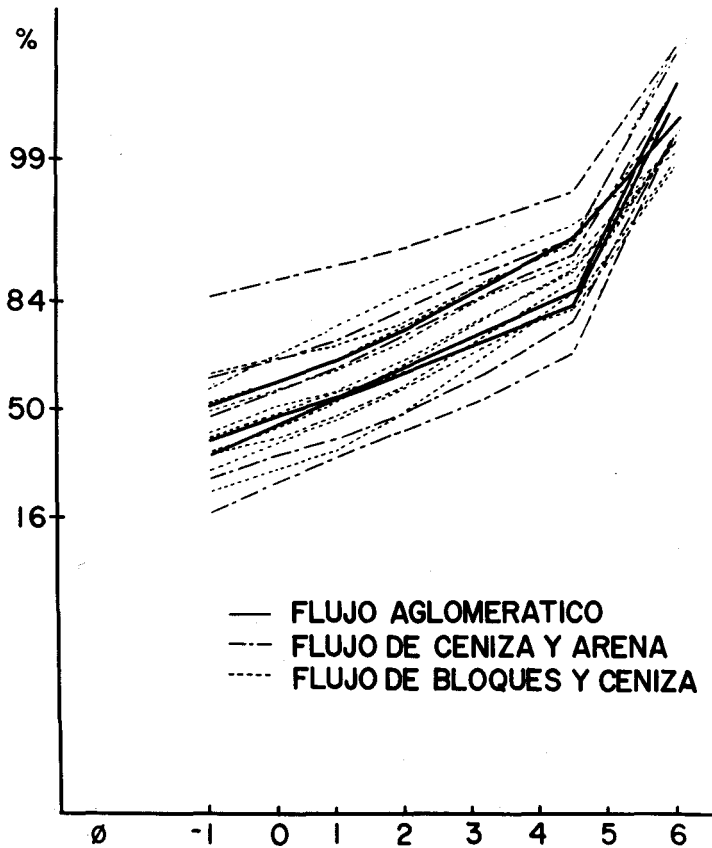


Fig. 4. Análisis granulométrico de los flujos piroclásticos del Volcán de Colima.

Se hizo una comparación del análisis granulométrico de los flujos piroclásticos del Volcán de Colima con los de diferentes volcanes de las Antillas, Centroamérica, Nueva Zelanda y Japón. Se observó que presentan cierta semejanza con las nubes ardientes de tipo intermedio de Japón (Murai, 1971) y con las avalanchas del Pajal en el Volcán de Fuego y del Volcán Arenal en Centroamérica (Rose *et al.*, 1976, Davies *et al.*, 1978) (fig. 5).

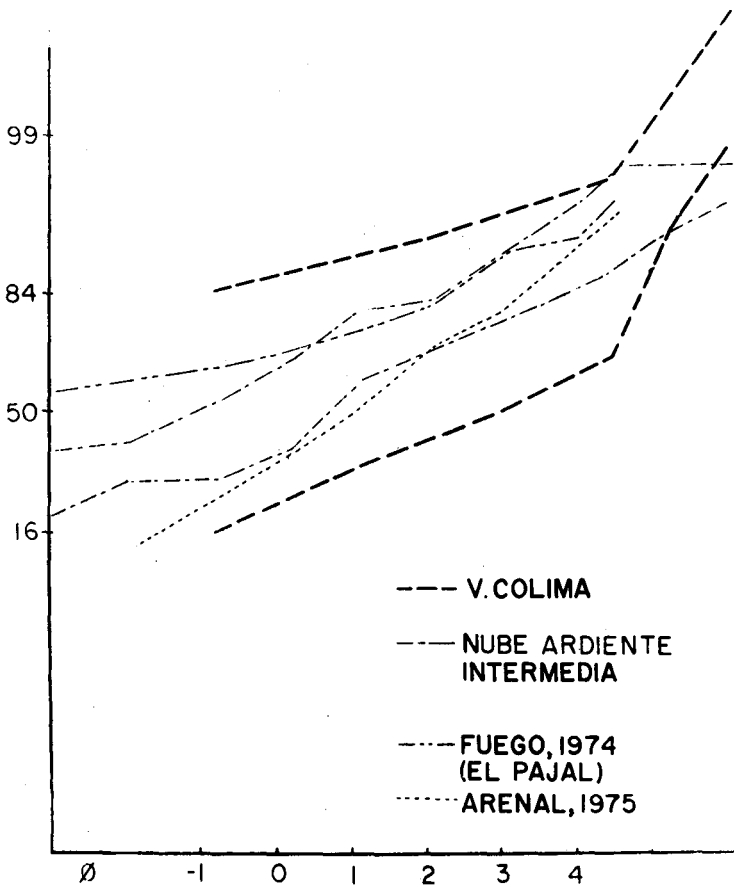


Fig. 5. Comparación de los análisis granulométricos de diversos flujos piroclásticos.

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Los bloques de los flujos piroclásticos son líticos andesíticos principalmente y aunque en ocasiones difieren de un flujo a otro, existe poca variación dentro de cada flujo. Los bloques están formados por fenocristales de plagioclasas (labradorita - andesina) algunas con extinción zonal y/o fenocristales de hornblenda y/o clinopiroxenos (augita) y ortopiroxenos. La cantidad de hornblenda y piroxenos varía y en algunos bloques predominan los piroxenos. Es típico observar que los fenocristales de plagioclasas, piroxenos y/o hornblenda presentan bordes corroídos y reemplazados. La matriz, poco vesicular, es microlítica a criptocristalina y vítrea, en la que la plagio-

clasa dominante es la oligoclasa. En general, se observan de 2 a 3 generaciones de plagioclasas. Se presentan pequeños cristales de piroxenos, magnetita diseminada y escasa apatita.

Dentro del flujo de Laguna Verde (fig. 6) existe una secuencia que contiene bloques de líticos densos con fenocristales de flogopita y clinopiroxenos que presentan bordes corroídos. Los fenocristales se encuentran enclavados en una matriz criptocrystalina y hialopilitica, hematizada y formada por microlitos de plagioclasas sódicas y pequeños cristales de piroxenos hematizados. Como minerales accesorios se presentan pequeños cristales de apatita y magnetita diseminada.

Secciones Laguna Verde

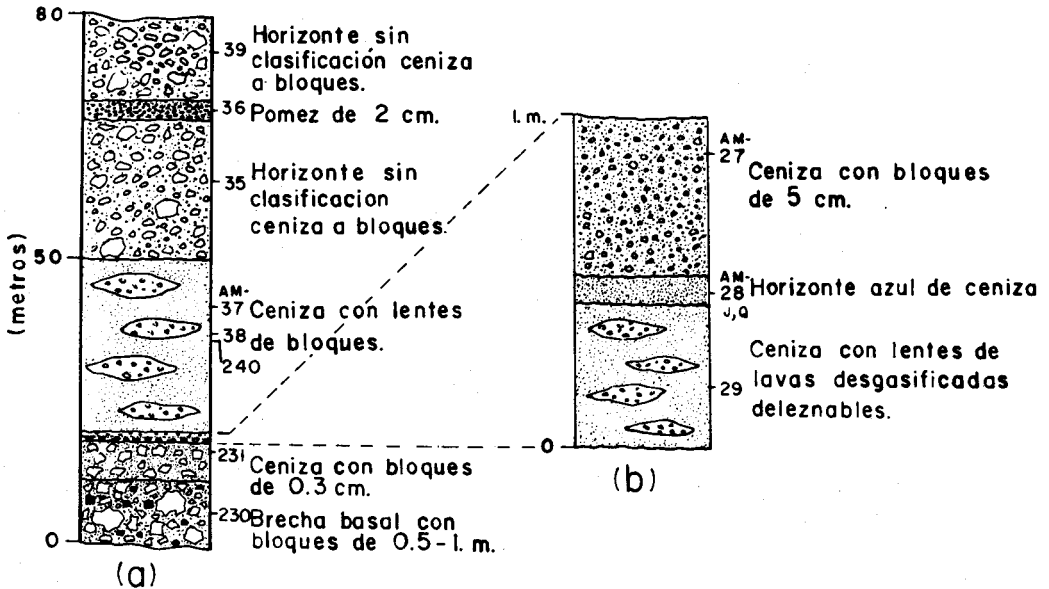


Fig. 6a. Sección compuesta de Laguna Verde. Número de muestra a la derecha. b. Horizontes alcalinos de la secuencia de Laguna Verde. Número de muestras a la derecha.

ANÁLISIS QUÍMICO

Básicamente existen dos tipos de rocas con marcada diferencia petrográfica y reflejan distintas tendencias petrológicas, una calci-alkalina y otra alcalina (fig. 7). Se analizaron los elementos mayores por vía húmeda en la Facultad de Ciencias Quími-

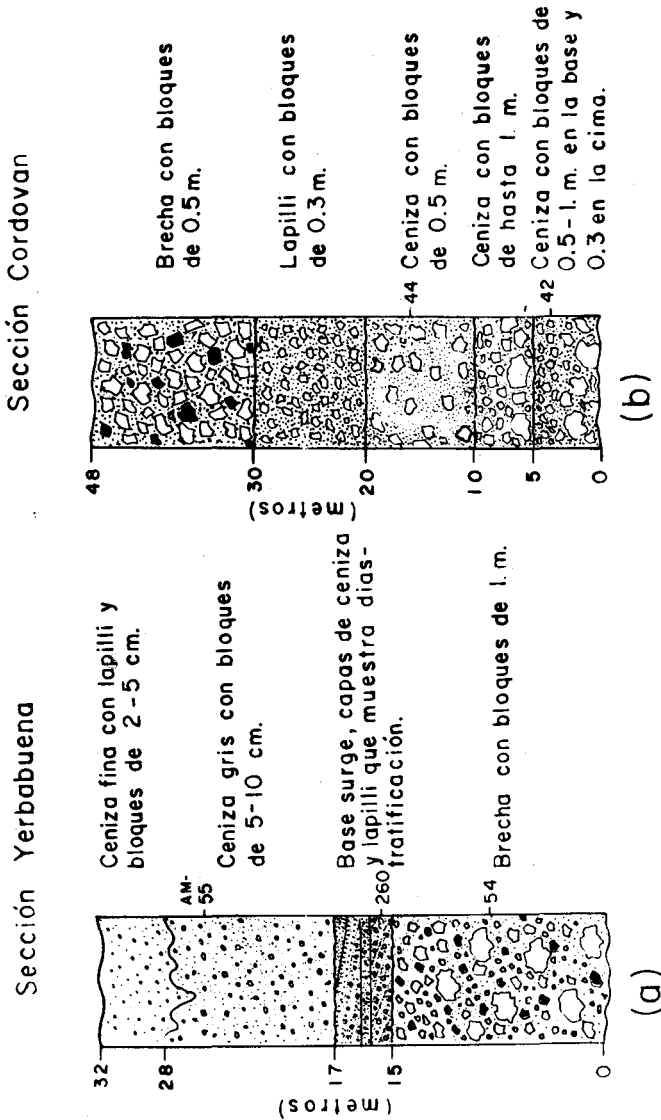


Fig. 7. Análisis químicos K_2O/SiO_2 y álcalis/ SiO_2 . (Kuno, 1959, Peccerillo y Taylor, 1976).

cas de la UNAM y una muestra por fluorescencia de rayos X en la Universidad de California en Berkeley. En las muestras calci-alcálicas existe un 56-60% de SiO_2 y 6% de álcalis, mientras que en las muestras alcalinas se observó <50% de SiO_2 y 8% de álcalis (Tabla 1). El porcentaje de Fe_2O_3 total, MgO y P_2O_5 es mayor en las muestras alcalinas. Las muestras calcialcálicas se asemejan a las lavas históricas analizadas por Luhr y Carmichael (1980).

Tabla 1

Análisis de elementos mayores

	AM28J	AM28Q	AM27	AM37	AM55	Rango de error
SiO_2	49.8	49.71	49.95	59.80	56.52	± 1.0
TiO_2	1.40	1.24	1.30	0.60	0.66	± 0.13
Al_2O_3	13.89	14.66	14.04	17.61	17.24	± 1.0
Fe_2O_3 total	7.19	8.36	8.76	6.16	6.71	± 0.01
MnO	0.12	0.02	0.08	0.01	0.02	± 0.002
MgO	6.22	7.12	6.41	3.75	4.20	± 2.0
CaO	9.42	7.99	7.76	5.89	7.48	± 2.0
Na_2O	4.47	4.19	4.30	4.41	4.80	± 0.3
K_2O	3.65	4.00	4.12	1.15	1.15	± 0.4
P_2O_5	1.34	0.90	0.78	0.15	0.17	± 0.4
H_2O^+	--	0.94	1.05	0.19	--	
H_2O^-	--	0.49	0.93	0.25	--	
Tot	97.6	99.62	99.48	99.97	98.95	

Muestras analizadas por H. Bolaños, Fac. Ciencias Químicas, UNAM

AM28J analizada por J. Allen, Universidad de Calif., Berkeley.

LOS FLUJOS PIROCLASTICOS

La formación Atenquique es una secuencia volcano-sedimentaria de edad pleistocénica (Mooser, 1961) y posiblemente está relacionada con la destrucción del relieve volcánico (Demant, 1981). Esta unidad subyace a los productos del Volcán de Colima. La secuencia Atenquique se caracteriza por una estratificación mal desarrollada y poco consolidada, constituida por depósitos vulcano-sedimentarios y por unidades netamente volcánicas. Los horizontes sedimentarios están formados por arcillas arenosas de color café grisáceo que muestran una estratificación fina y que transicionalmente cambian a grandes horizontes aglomeráticos, compuestos por fragmentos de rocas volcánicas subredondeadas a subangulares, en las cuales predominan las andesi-

tas porfídicas. Existen horizontes laháricos caracterizados por una mala clasificación. Se observan unidades volcánicas compuestas por cenizas y lapilli grueso de composición andesítica de caída libre, así como flujos piroclásticos. Esta secuencia no fue estudiada con detalle, ya que subyace a los productos del Volcán de Colima.

Los flujos mapeados pertenecientes al Volcán de Colima (fig. 2) representan una acumulación de flujos piroclásticos y lahares que han sido retrabajados en algunos puntos por las crecidas durante la temporada de lluvias.

Los flujos piroclásticos del área de la Yerbabuena se asemejan a los productos que se encuentran en los cerros aislados al suroeste del volcán y podrían representar el mismo evento antiguo (fig. 2). En la base de la secuencia se observa una brecha lítica con abundantes bloques grandes y una matriz de ceniza y lapilli (fig. 8). La brecha está cubierta por un depósito más fino con diastratificación, lo que refleja su turbulencia. Esto a su vez subyace a dos horizontes de ceniza con lapilli y bloques pequeños.

La distribución de los flujos de Yerbabuena es hacia el sur. En la región suroccidental separamos esta unidad, pero en la región suroriental la reportamos conjuntamente con las lavas del volcán de Colima antiguo (fig. 2); las lavas subyacen a estos flujos en algunos sitios y en otros la distribución parece indicar que se derivan de ellas. El borde abierto del Volcán de Colima antiguo (somma) podría estar relacionado con esta unidad, siendo la brecha lítica o avalancha producto del colapso estructural, aunque consideramos que la parte superior de la sección puede representar un flujo histórico.

Muchos de los flujos piroclásticos posteriores bajaron por el borde occidental de la caldera (fig. 2) y otros fluyeron al sur rellenando los cañones a distancias hasta de 8 km. El espesor de cada flujo es de 30-50 m.

La mayoría de los flujos piroclásticos están mal clasificados. Las unidades de flujo individuales varían de 2 a 10 m y están formadas por una matriz de ceniza y lapilli con porcentajes variables de bloques de 4 cm a 1 m (figs. 6 y 8).

Existen horizontes laháricos mal clasificados, a menudo graduados y no presentan características de fluidización.

En la sección compuesta del Cordován (figs. 2 y 8) parece haber dos flujos de ce-

niza y bloques, con abundancia de bloques más grandes en la base (fig. 8). Estos subyacen a otros tres horizontes que podríamos considerar como uno o dos flujos, uno formado por los horizontes de ceniza y bloques y lapilli y bloques y el otro por la brecha o flujo aglomerático, o como un solo flujo con 3 unidades de flujo.

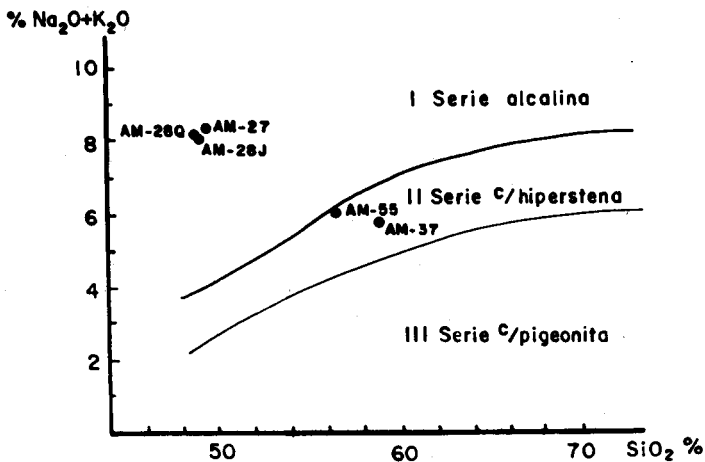
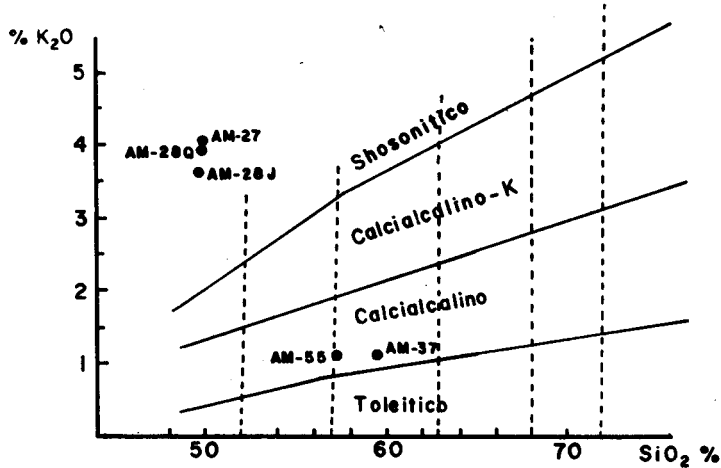


Fig. 8a. Sección compuesta de la Yerbabuena. Número de muestra a la derecha. b. Sección compuesta del Cordovan. Número de muestra a la derecha.

Las brechas líticas se producen por segregación en flujos piroclásticos muy fluidos (Drutt y Sparks, 1982) y la turbulencia en los "surges" también produce una segregación por tamaños (Self *et al.*, 1979; Sparks, 1976).

En la sección compuesta de Laguna Verde (figs. 2 y 6) existe una brecha basal cubierta por una unidad de ceniza y bloques. Consideramos que está cubierta por otro flujo que en su base presenta tres unidades de flujo de composición alcalina (figs. 6 y 7). La parte inferior muestra abundantes fragmentos de 1 a 2 cm que presentan cristales de flogopita en una matriz fina. Está cubierta por un horizonte azul de material fino que presenta glomerofenocristales de flogopita. El horizonte superior es muy similar al inferior pero está menos consolidado y contiene menos fragmentos. En todo el depósito se observa bandeamiento en el material fino, así como la alineación de fragmentos. Este fue el único flujo en el que observamos flogopita y al analizar el material encontramos que su porcentaje de sílice también difería de los otros flujos (Tabla 1 y fig. 3).

En la parte superior de este flujo se encuentra otra unidad de ceniza con lentes de bloques (fig. 6). A su vez estos dos flujos están cubiertos por dos horizontes caóticos, posiblemente flujos individuales; no muestran estratificación ni clasificación y abundan los fragmentos líticos. Esto resulta de la suspensión de los fragmentos grandes dentro de una matriz altamente fluida, sus intercalaciones, el movimiento ascendente del fluido y sus propiedades de flotación que inhiben la separación por tamaño durante el flujo (Self *et al.*, 1979; Meddleton y Hampton, 1976).

Dentro de cada flujo existen pequeños fragmentos de carbón y troncos carbonizados (actualmente se están datando estas muestras), lo que muestra la alta temperatura de emplazamiento de los flujos. Se observan lentes de fragmentos alargados, fragmentos desgasificados y tubos de vesículas que sugieren la alta movilidad de los flujos.

Los flujos piroclásticos del Monte Pelée se formaron en diferentes épocas, de 4 maneras distintas: 1) Colapso de una columna eruptiva vertical, 2) explosión dirigida, 3) caída directa del cráter y 4) derrumbe del domo (Fisher y Heiken, 1982); los flujos piroclásticos de tipo Peleano generalmente se refieren a los formados por colapso del domo. Estos flujos presentan una clasificación y estratificación muy pobres, presentan bloques angulares con ceniza y lapilli y se confinan a depresiones topográficas. Es común encontrar horizontes de lapilli y ceniza (surge) intercalados entre los fragmentos gruesos (avalancha). Esto puede deberse a una separación de los clastos finos al fluir. Estas características son observables en los flujos piroclásticos del Vol-

cán de Colima. También se observan depósitos de ceniza y lapilli que interpretamos como depósitos tipo "surge" y los flujos de bloque y ceniza que representan la avalancha (figs. 6 y 8).

La abundancia de fragmentos líticos dentro de los flujos, así como la granulometría, nos hace descartar el tipo de flujos formados por erupciones tipo San Vincent, ya que éstas son producto del colapso gravitacional de una columna eruptiva vertical (Williams y McBirney, 1979), en donde las bombas y bloques forman menos del 5% del volumen total del flujo piroclástico y más del 90% lo constituye material fino, cosa que no ocurre en los depósitos del Volcán de Colima.

Los flujos merapianos no son el resultado de procesos explosivos durante la erupción (Williams y McBirney, 1979). Se forman al derrumbarse por gravedad las paredes frontales o laterales de gruesos flujos de lava o domos, lo cual produce pequeños flujos al desgasificarse estos fragmentos.

Según Thorpe y otros (1977) las avalanchas de tipo Merapiano han sido importantes en la formación del Volcán de Colima, pero los volúmenes son pequeños y su distribución está restringida a los frentes de los derrames gruesos que salen del domo, por lo tanto, diferimos en relación con la importancia de este tipo de flujo.

CONCLUSIONES

Los flujos presentan gran cantidad de fragmentos líticos en una matriz fina y pueden separarse en "surges" y avalanchas, además de flujos caóticos.

Consideramos que los flujos piroclásticos se originaron al fragmentarse el domo, pero no excluimos la presencia de material juvenil explosivo en una columna eruptiva. Waitz (1914) menciona que hubo una pequeña abertura en el domo después del comienzo de la erupción de 1913, aunque posteriormente el domo fue expulsado totalmente.

Los flujos de tipo merapiano presenciados durante la erupción de 1982 son de pequeñas magnitudes y distribución y diferimos de la opinión de Thorpe *et al.* (1977) que consideran que este tipo de flujos han sido importantes componentes del Volcán de Colima.

El análisis granulométrico mostró semejanza con el flujo piroclástico intermedio

de Murai (1971). Esta explosividad intermedia coincide con los registros históricos y la distribución de los depósitos en el campo.

La presencia de carbón constata la alta temperatura de emplazamiento de los flujos piroclásticos y los tubos de vesículas, los lentes de fragmentos alargados y la presencia de fragmentos desgasificados nos indican el alto grado de fluidez.

La presencia de material alcalino máfico intercalado entre los flujos andesíticos podría explicarse por la entrada de un magma más caliente y con más agua (presencia de flogopita) que a su vez pudo provocar una mayor explosividad. Suponemos que la variación petrográfica en los fragmentos andesíticos se debe a diferencias en el tiempo en que fueron emplazados y por lo tanto pueden reflejar variaciones de composición pequeñas en el magma.

Proponemos que estudios más detallados de los flujos piroclásticos serán de gran utilidad en la reconstrucción de la historia eruptiva del Volcán de Colima.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Quím. H. Bolaños y al Ing. A. Obregón, de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAM, y al Dr. J. Allen, por los análisis químicos, así como al señor R. Sandoval, por su valiosa ayuda en el campo.

BIBLIOGRAFIA

- DAVIES, D. K., M. W. QUEARRY y S. B. BONIS, 1978. Glowing avalanches from the 1974 eruption of the volcano Fuego, Guatemala. *Geol. Soc. Bull.* 89, 369-384.
- DEMANT, A., 1979. Vulcanología y Petrografía del Sector Occidental del Eje Volcánico. *Inst. Geol. Revista*, III, 1, 39-57.
- DEMANT, A., 1981. L'Axe Néovolcanique Transmexicain - Etude Volcanologique et Péetrographique, signification Géodynamique, Tesis doctoral. Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, France.
- DRUITT, F. y R. SPARKS, 1982. A proximal ignimbrite breccia facies on Santorini, Greece. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 13, 147-171.
- FISHER, R. V. y G. HEIKEN, 1982. Mt. Pelée, Martinique: May 8 and 20, 1902, Pyroclastic Flows and Surges. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 13, 339-371.
- KLITGORD, K. D. y J. MAMMERICKX, 1982. Northern East Pacific Rise: Magnetic Anomaly and Bathymetric Framework. *J. Geophys. Res.*, 87, 6725-6750.

- KUNO, H., 1959. Origin of Cenozoic petrographic provinces of Japan and surrounding areas. *Bull. Volcanol.* 20, 37-76.
- LUHR, J. F. e I. S. E. CARMICHAEL, 1980. The Colima Volcanic complex, Mexico: Part I. Post-caldera andesites from Volcán Colima. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 71, 343-372.
- LUHR, J. F. e I. S. E. CARMICHAEL, 1981. The Colima Volcanic Complex, Mexico: Part II. Late-Quaternary Cinder Cones. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 76, 127-147.
- MEDDLETON, G. V. y M. A. HAMPTON, 1976. Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. *Marine Sediment transport and Environmental Management*. Wiley and Sons, New York, 197-218.
- MOOSER, F., 1961. Los Volcanes de Colima. *Inst. Geol., UNAM, Bol.* 61, 49-71.
- MURAI, I., 1971. Pyroclastic flow deposits on various volcanoes in Japan, *J. Geophys. Res.*, 76, 23.
- PECCERILLO, A. y S. R. TAYLOR, 1976. Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from Kastamonu area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58, 63-81.
- ROSE, W. I., I. PEARON, Jr. y S. BONIS, 1976-1977. Nuée Ardente Eruption from the Foot of a Dacite Lava Flow, Santiaguito Volcano, Guatemala. *Bull. Volcanol.* 40-1, 23-38.
- SELF, S., L. WILSON and I. NAIRN, 1979. Vulcanism Explosion Mechanisms. *Nature*, 277, 440-443.
- SPARKS, R. S. J., 1976. Grain size variations in ignimbrites and implications for transport of pyroclastic flows. *Sedimentology*, 23, 147-188.
- THORPE, R. S., I. L. GIBSON y J. S. VIZCAINO, 1977. Andesitic pyroclastic flows from Volcán Colima. *Nature*, 265, 724-725.
- WILLIAMS, H. and A. McBIRNEY, 1979. *Vulcanology*. Freeman, Cooper and Co. Sn. Francisco, 397.
- WAITZ, P., 1914. Der gegenwärtige Zustand der Mexikanischen Vulkane und die letzte Eruption des Vulkans von Colima (1913). *Zeitschr. Vulk. Bd. I*. Berlin, 247-274.
- WAITZ, P., 1920. Nubes ardientes observadas en las erupciones del Jorullo (1769), El Ceboruco (1870) y el Volcán de Colima (1913). *Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate*, 37.
- WAITZ, P., 1936. Datos históricos y bibliográficos acerca del Volcán de Colima. *Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate*, 53.

(Recibido: 18 de junio de 1985)

(Aceptado: 17 de abril de 1986)

It is recommended that reference to this paper be made as follows:

A. L. Martín del Pozzo (1987) Los flujos piroclásticos del Volcán de Colima, México. *Geoffs. Int.*, Special Volume on Mexican Volcanic Belt - Part 3B (Ed. S. P. Verma), 26, pp. 291-307