

LA TOBA AMEALCO Y SU CORRELACIÓN CON LA FORMACIÓN LAS AMÉRICAS A TRAVÉS DEL GRABEN DE ACAMBAY, ESTADOS DE MÉXICO, MICHOACÁN Y QUERÉTARO, MÉXICO

Gerardo J. Aguirre-Díaz*

RESUMEN

La Formación Las Américas, definida por Fries y colaboradores en 1965, es una secuencia de cuatro unidades ignimbríticas que denominaron, de la más antigua a la más joven, Primero, Segundo, Tercero, y Cuarto derrames. Estos depósitos piroclásticos están localizados cerca de Tlalpujahua, Estado de Michoacán, al sur del graben de Acambay. Existen depósitos similares al norte del graben, los que Aguirre-Díaz en 1990 denomina Toba Amealco, emitida por la caldera de Amealco hace aproximadamente 4.6 Ma. La Toba Amealco es una secuencia compleja que incluye tres ignimbritas mayores piroconsolidadas de amplia distribución, intercaladas con depósitos de nubes rasantes, lapilli de caída, epiclásticos, lacustres e ignimbritas menores no piroconsolidadas. Las tres unidades de ignimbritas mayores de la Toba Amealco se denominan, de la más antigua a la más joven, Amealco I, Amealco II y Amealco III.

La Formación Las Américas corresponde a los depósitos de la facies distal del sur de la Toba Amealco. Esto se afirma con base en la correlación entre las tres ignimbritas Amealco I, Amealco II y Amealco III con el Primero, Tercero y Cuarto derrames, respectivamente. Esta correlación está basada en que las características físicas y mineralógicas de las tres ignimbritas en ambas secuencias son similares, y en que las edades K-Ar que fueron elaboradas en ambas secuencias para la ignimbrita Amealco I son iguales. El Segundo derrame es física y mineralógicamente diferente de las otras ignimbritas, y fue emitido por otro centro volcánico contemporáneo a la caldera de Amealco, posiblemente al sur de Tlalpujahua.

Palabras clave: Vulcanismo, ignimbritas, Amealco, México, Michoacán, Querétaro.

ABSTRACT

The Las Américas Formation was first defined by Fries and coworkers in 1965, and consists of four ignimbrites that they named, from the oldest to the youngest, Primero, Segundo, Tercero, and Cuarto flows. These pyroclastic deposits are in the vicinity of Tlalpujahua, State of Michoacán, to the south of the Acambay graben. Similar deposits occur to the north of this graben and were named by Aguirre-Díaz in 1990 as Amealco Tuff, erupted from the Amealco caldera about 4.6 Ma ago. The Amealco Tuff is a complex succession that includes three major welded ignimbrites with a wide distribution, interbedded with surge, lapilli-fall, mud-flow, and lake deposits, and minor unconsolidated ignimbrites. The three major ignimbrites were named, from the oldest to the youngest, Amealco I, Amealco II, and Amealco III.

The Las Américas Formation corresponds to the southern distal facies of the Amealco Tuff. This statement is based on the correlation between the three ignimbrites Amealco I, Amealco II, and Amealco III with the Primero, Tercero, and Cuarto flows, respectively. This correlation is based on physical and mineralogical similarities of the sequences of three ignimbrites, and on the similarity of K-Ar ages obtained for the Amealco I ignimbrite.

The Segundo flow is physically and mineralogically distinct from the other ignimbrites. It was erupted from another volcanic center contemporaneous with the Amealco caldera, possibly to the south of Tlalpujahua.

Key words: Volcanism, ignimbrites, Amealco, Mexico, Michoacán, Querétaro.

INTRODUCCIÓN

La Formación Las Américas es el nombre asignado por Fries y colaboradores (1965) a una secuencia de cuatro ignimbritas—tobas de derrame cinerítico—localizadas en la cercanía del poblado de Tlalpujahua, Estado de Michoacán. La descripción que Fries y colaboradores (*op. cit.*) hacen de esta secuencia es una de las más completas y detalladas que se tiene de este tipo de depósitos piroclásticos en la Faja Volcánica Mexicana. De hecho, estos autores utilizaron el ejemplo de la Formación Las Américas para introducir el término de "toba de derrame cinerítico" en México, propuesto originalmente por

Ross y Smith (1961) para definir los depósitos originados por derrames piroclásticos voluminosos principalmente compuestos de fragmentos de pómez y espículas de vidrio.

El propósito de este estudio es dar a conocer la relación que existe entre la Formación Las Américas y la Toba Amealco, separadas por la depresión tectónica conocida como *graben* de Acambay (Suter *et al.*, 1991). Se demostrará que la Formación Las Américas corresponde a las facies distales del sur de la Toba Amealco, la cual fue emitida por la caldera de Amealco, Estado de Querétaro. En el presente artículo no se discutirá si el término ignimbrita es más adecuado que el de toba de derrame cinerítico; sin embargo, se utilizará la nomenclatura *ignimbrita*, que es la recomendada por Cas y Wright (1987) para este tipo de depósitos, siguiendo la definición de Sparks y colaboradores (1977).

*Estación Regional del Centro, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 376, 36000 Guanajuato, Gto., México.

FORMACIÓN LAS AMÉRICAS

En su introducción, Fries y colaboradores (1965) mencionan que cierta fachada de un edificio en el centro de la Ciudad de México llamó su atención por la peculiaridad de la naturaleza de la roca que se utilizó en su construcción, conocida en México como "piedra cantera". Esta fachada está formada por bloques de ignimbrita que muestran fragmentos de pómez de diferentes colores. Carl Fries ubicó el origen de esa ignimbrita en el lugar conocido en ese entonces como Las Américas, cercano a Tlalpujahua y, con Clarence Ross y Alberto Obregón, decidió cartografiar y describir la naturaleza física y química de estos depósitos piroclásticos. Finalmente,

estos autores denominaron a la secuencia cartografiada como Formación Las Américas (Fries *et al.*, 1965).

La Formación Las Américas consiste en cuatro unidades de ignimbritas, que Fries y colaboradores (*op. cit.*) llamaron, de la más antigua a la más joven, Primero, Segundo, Tercero y Cuarto derrames. Estas cuatro unidades tienen un espesor total de 31 m, y cada una lo tiene menor que los 10 m. Excepto el Segundo derrame, las ignimbritas disminuyen en espesor hacia el sur, hasta los 2.5 m en los depósitos más lejanos, cerca de la presa de Chincua (Figura 1).

Todas las unidades, excepto la que constituye el Segundo derrame, son de color gris, en ocasiones rojizas en su cima, con *fiamme* y pómez negro, con una mineralogía máfica, que

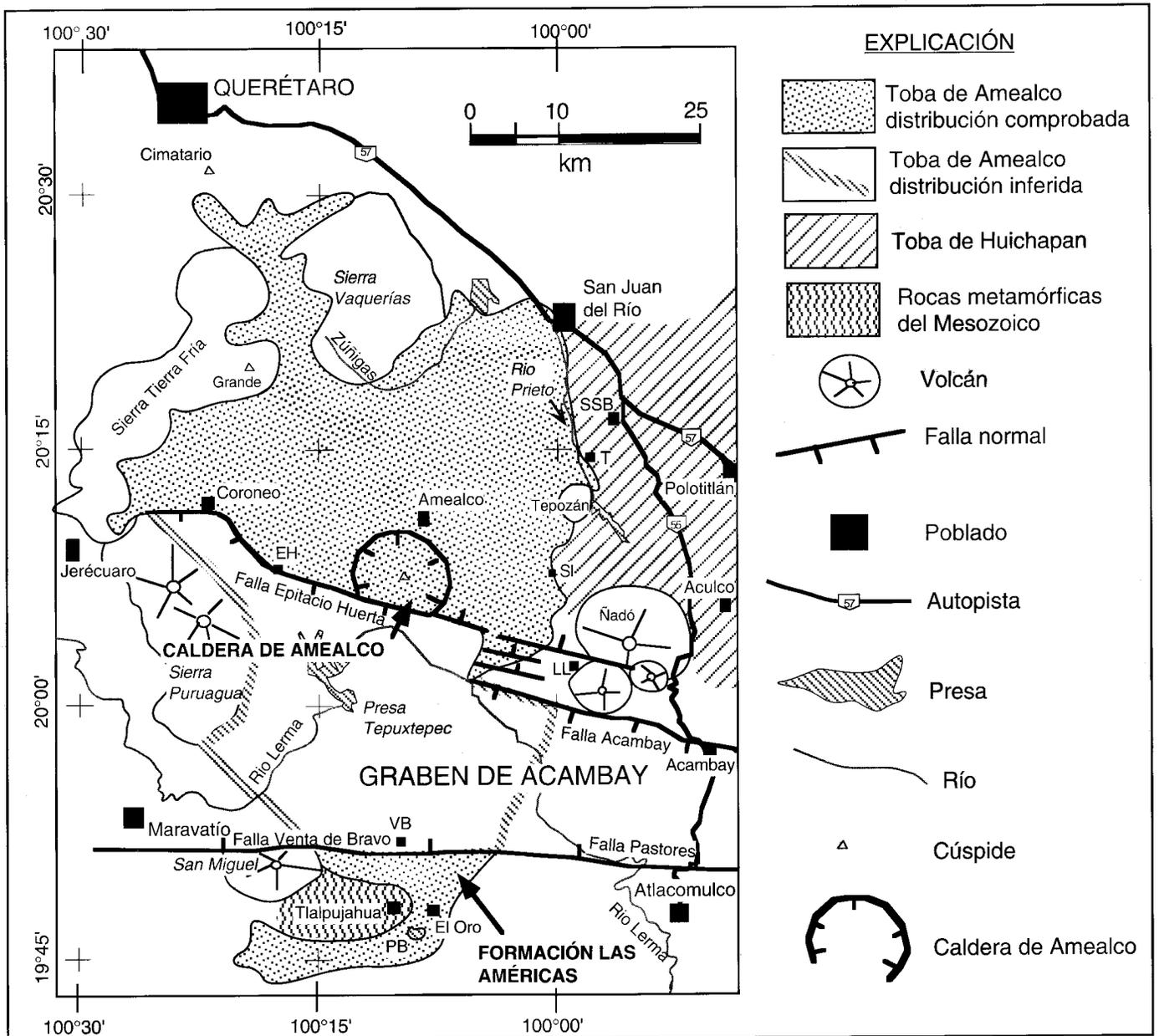


Figura 1.- Mapa de distribución de la Toba Amealco y de localización de sitios mencionados en el texto. La porción de la Toba Amealco situada al sur del graben de Acambay, cerca de Tlalpujahua, corresponde a la Formación Las Américas, definida por Fries y colaboradores (1965). EH, Epitacio Huerta; LL, La Loma; SI, San Ildefonso; PB: Presa Brockman; T: Taxhie; SSB: San Sebastián de las Barrancas; VB: Venta de Bravo.

incluye plagioclasa, hiperstena, augita, ilmenita, titanomagnetita y apatita como accesorio. El Segundo derrame es de color rosa pálido, con abundante pómez blanca y con sólo hasta un 5%, en volumen, de contenido cristalino que incluye cuarzo, plagioclasa y piroxeno oxidado, o sea, una ignimbrita félsica y muy vítrea. Fries y colaboradores (1965) reconocen las diferencias entre el Segundo derrame y las otras tres ignimbritas, y sugieren que aquél tuvo su origen de una fuente diferente a la de las otras ignimbritas. Otra diferencia fundamental, también reconocida por ellos, es la mezcla de vidrios peculiar presente en todas las ignimbritas, excepto en el Segundo derrame. De hecho, esta notoria característica de mezcla de vidrios en las ignimbritas fue el tema principal del estudio de Fries y colaboradores (*op. cit.*), que realizaron análisis químicos pertinentes, tanto de roca total en fragmentos de pómez, como puntuales en las espículas de vidrio, para demostrar la presencia de diferentes poblaciones de vidrios con diferentes composiciones químicas. Su investigación es una de las más detalladas que se ha consignado sobre ignimbritas en México, a pesar de que dichos autores realizaron los estudios al final de la década de los 50 y principios de los 60, cuando no existían las técnicas analíticas avanzadas con que se cuenta en la actualidad. Aunque su trabajo fue terminado en 1965, no se publicó sino hasta 1977.

TOBA AMEALCO

La Toba Amealco consiste en una secuencia piroclástica emitida por la caldera de Amealco, hace aproximadamente 4.6 Ma (Aguirre-Díaz, 1990, 1993). La secuencia piroclástica incluye tres unidades de ignimbritas piroconsolidadas muy vastas—ignimbritas mayores—intercaladas con otro tipo de material piroclástico y epiclástico que incluye depósitos de nubes rasantes, lapilli de caída, ignimbritas no piroconsolidadas—menores—compuestas principalmente de ceniza (*ash flows*) o de lapilli pumítico (*pumice flows*), flujos de lodo (*lahares*) y depósitos lacustres. La secuencia llega a medir casi 100 m de espesor en sus facies intermedias (cañón de Río Prieto; Figura 1) a 25 km de la fuente—caldera de Amealco—y sólo 2.5 m en su frente, a 45 km de la fuente. El espesor más común varía entre 35 y 50 m. La distribución de la Toba Amealco es muy amplia, cubriendo aproximadamente 2,880 km², lo que incluye 848 km² de área inferida dentro del *graben* de Acambay (Figura 1), donde no aflora la toba. Utilizando esta distribución, se estima un volumen de 77 km³—equivalencia en roca densa. Estos valores son catalogados como mínimos, pues no consideran la parte de la Toba Amealco que está sepultada por depósitos más jóvenes en su porción oriental, ni toman en cuenta los depósitos de caída distales más allá del frente de las ignimbritas mayores—>33-45 km de la fuente—ni los depósitos de caída asociados a los derrames piroclásticos que dieron lugar a las ignimbritas mayores—*ash-cloud deposits*—ni los depósitos intracaldera, ya que éstos no afloran.

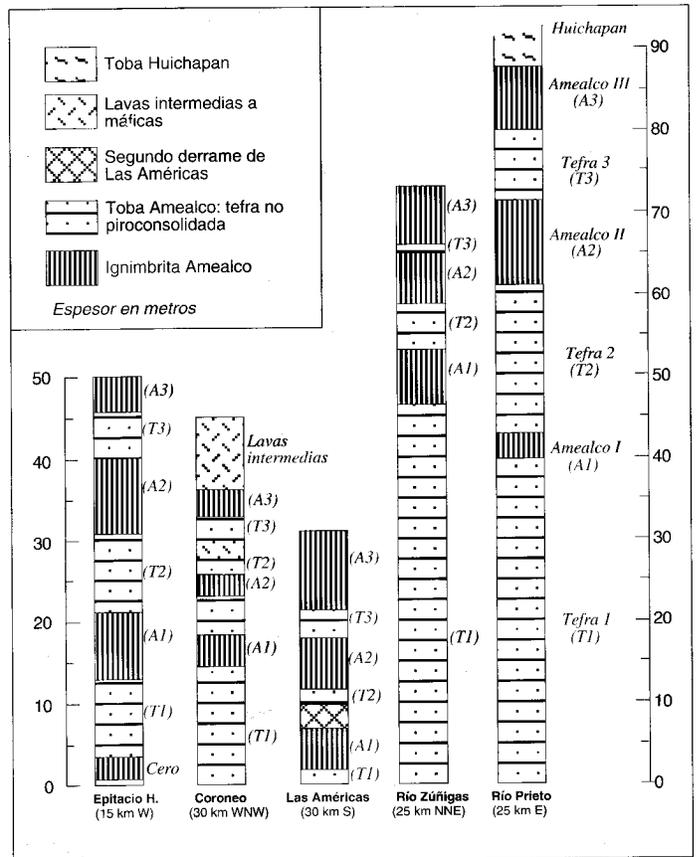


Figura 2.- Secciones estratigráficas esquemáticas representativas de la Toba Amealco, medidas en diferentes localidades alrededor de la caldera de Amealco. Todas las secciones muestran las unidades de ignimbritas Amealco I, Amealco II y Amealco III (A1, A2 y A3), así como los depósitos de tefra intercalados con éstas (T1, T2 y T3). La sección de Epitacio Huerta contiene en su base la ignimbrita denominada como Amealco Cero, que se presenta sólo en este sitio. La sección de Coroneo muestra lavas andesíticas intercaladas con la secuencia emitida por la caldera de Amealco. La sección de Las Américas muestra al Segundo derrame yaciendo sobre la ignimbrita Amealco I. La sección de Río Prieto muestra en su cima a la Toba Huichapan cubriendo a la Toba Amealco. La Toba Huichapan probablemente fue emitida por la caldera de Huichapan (Aguirre-Díaz, 1993).

Las unidades ignimbriticas mayores de la Toba Amealco fueron designadas, enumerándolas cronológicamente de la más antigua a la más joven, como Amealco I, Amealco II y Amealco III (Figura 2). Los depósitos más lejanos, situados al norte, se ubican a 45 km de la caldera de Amealco—usando el centro de la caldera de Amealco como referencia—hacia el poniente a 33 km, al sur a 45 km, y hacia el oriente a 25 km, donde las ignimbritas de Amealco están cubiertas por depósitos más jóvenes provenientes, aparentemente, de la caldera de Huichapan (Figura 1).

Las tres unidades de ignimbritas principales tienen espesores menores a los 10 m, por lo que son depósitos tabulares con razones de aspecto ([distancia de la fuente] / [espesor promedio de la ignimbrita]) del orden de 0.0002. Las tres unidades están piroconsolidadas; son de color gris a gris obscuro y, en ocasiones, rojizo por oxidación, con abundante *fiamme* y pómez negra. La mineralogía presente en las tres

ignimbritas es plagioclasa, hiperstena, augita, ilmenita, titanomagnetita y apatita como accesorio. En raras ocasiones se observa olivino.

Una característica fundamental y diagnóstica en las tres ignimbritas—Amealco I, Amealco II y Amealco III—es la mezcla de vidrios; en muchas ocasiones, ésta es evidente a simple vista, observándose fragmentos de pómez de colores blanco, amarillo y negro. La pómez negra es mucho más abundante que la blanca, en proporciones de 5-45% en volumen y de 0-20% en volumen, negra y blanca, respectivamente. Aunque predominan los fragmentos discretos, ya sea de uno u otro color, también se observa fragmentos de pómez bandeada. La pómez negra tiene en general de 3 a 10 cm de diámetro, llegando a constituir bloques de 45 cm; mientras que la pómez blanca o amarilla tiene generalmente menos de 5 cm de diámetro, y en raras ocasiones hasta 10 cm como, por ejemplo, en Coroneo (Figura 1). Observando los depósitos bajo el microscopio, es más clara la presencia de varios tipos de vidrio, presentándose de colores pardo y amarillo, o incoloro. Un análisis microscópico detallado de muestras recolectadas en varias secciones estratigráficas demuestra que no hay clasificación de los diferentes vidrios que componen a las ignimbritas; es decir, no se trata de ignimbritas zonadas, con los vidrios máficos—oscuros— hacia la cima, y los félsicos—incolores—hacia la base, como sucede en otras ignimbritas mayores (Smith, 1979).

CORRELACIÓN ENTRE LA TOBA AMEALCO Y LA FORMACIÓN LAS AMÉRICAS

La Formación Las Américas se correlaciona con la Toba Amealco a través del *graben* de Acambay, con base en la siguiente evidencia:

1. Ambas secuencias contienen tres ignimbritas mayores—Amealco I, Amealco II y Amealco III—con las mismas características físicas y mineralógicas. Las características físicas incluyen: aspecto de las ignimbritas, color, tipo de *flamme* y pómez, espesor, grado de piroconsolidación y presencia de mezcla de vidrios blancos y negros sin clasificar. Las ignimbritas en ambas secuencias poseen la misma mineralogía; es decir, plagioclasa, hiperstena, augita, ilmenita, titanomagnetita y apatita. De hecho, las características texturales de los minerales son similares en ambas secuencias. Por ejemplo, la plagioclasa no presenta zoneamiento ni corrosión, sino grandes inclusiones de vidrio atrapado. La augita está ocasionalmente maclada, y la hiperstena es rica en inclusiones de óxidos de hierro y titanio.
2. La ignimbrita Amealco I contiene un vitrófido basal negro en ambas secuencias. Las ignimbritas Amealco II y III no tienen vitrófido basal.
3. Las edades K-Ar obtenidas en ambos depósitos (Aguirre-Díaz, 1993) son iguales. El vidrio recolectado del Primer derrame en Las Américas, que corresponde a la ignimbrita Amealco I en la Toba Amealco, dio una edad de 4.7 ± 0.2

Ma; y el vidrio recolectado en la ignimbrita Amealco I, en una localidad próxima a la caldera de Amealco, al norte del *graben* de Acambay, también resultó de 4.7 ± 0.2 Ma.

Con base en estas evidencias, es posible afirmar que las ignimbritas Amealco I, Amealco II y Amealco III corresponden al Primero, Tercero y Cuarto derrames de la Formación Las Américas. Por lo tanto, con excepción del Segundo derrame, la Formación Las Américas corresponde a la facies distal del sur de la Toba Amealco.

En cuanto al Segundo derrame, como ya lo reconocen Fries y colaboradores (1965), se trata de una ignimbrita muy distinta a las otras tres. Estos autores sugieren que la misma fuente emitiera las cuatro ignimbritas, e infieren la fuente en el sitio ocupado actualmente por la presa Brockman, a 5 km al SE de Tlalpujahua (Figura 1). Sin embargo, se equivocaron, pues las tres ignimbritas similares—Primero, Tercero y Cuarto derrames—fueron emitidas por la caldera de Amealco pues, como ya se mencionó, corresponden a las ignimbritas Amealco I, Amealco II y Amealco III.

Dadas las grandes diferencias que el Segundo derrame muestra, seguramente su fuente fue otra, distinta de la caldera de Amealco. Esta fuente se encuentra al sur del *graben* de Acambay, y tal vez se trate de la depresión que ocupa actualmente la presa Brockman, como Fries y colaboradores (1965) sugieren. La evidencia para afirmar que el Segundo derrame provenga de una fuente distinta a la de la caldera de Amealco se enumera a continuación:

1. La ignimbrita del Segundo derrame es félsica y no intermedia-máfica como la de la Toba Amealco.
2. Texturalmente, es una roca muy distinta a las otras tres, pues ésta es una ignimbrita vítrea, compuesta principalmente por espículas de vidrio y fragmentos de pómez, con poco contenido cristalino, que incluye cuarzo, plagioclasa, piroxenos alterados y productos de desvitrificación, como tridimita y feldespato potásico. Las ignimbritas de la Toba Amealco contienen relativamente abundante plagioclasa, ortopiroxeno, clinopiroxeno y óxidos de hierro y titanio.
3. El espesor del Segundo derrame aumenta hacia el sur—de 2 a 5 m—mientras que las otras ignimbritas aumentan su espesor hacia el norte—de 2.5 a 10 m—o sea, hacia la caldera de Amealco.
4. El Segundo derrame está intercalado en la sucesión de ignimbritas de Las Américas. En forma similar, los derrames de andesita, no emitidos por la caldera de Amealco, se intercalan con las tres ignimbritas de Amealco en las facies distales del poniente.

De esta manera, se puede concluir que el Segundo derrame no provino de la caldera de Amealco, sino de otra fuente, seguramente hacia el sur del *graben* de Acambay, ya que en esa dirección se incrementa el espesor de dicha ignimbrita. La presencia del Segundo derrame intercalado con las ignimbritas de Amealco indica que hubo actividad explosiva contemporánea a la de la caldera de Amealco, posiblemente asociada a otra caldera.

No se propone aquí redefinir la Formación Las Américas; el Segundo derrame es, en sí, una secuencia distinta a la sección más representativa de la Toba Amealco, ubicada en la localidad Epitacio Huerta (Aguirre-Díaz, 1993, figs. 1, 2). De hecho, es difícil asignar una sección tipo para la Toba Amealco, pues las secciones estratigráficas medidas varían de lugar a lugar, y cada una muestra características particulares. Lo que aquí se propone es designar a la secuencia piroclástica de la Formación Las Américas como una sección auxiliar, como otras 18 secciones estratigráficas que fueron medidas para definir a la Toba Amealco (Aguirre-Díaz, 1993). No se asignó el nombre de Formación Las Américas al resto de la Toba Amealco, porque la secuencia de Las Américas no es la que mejor representa a dicha toba.

AGRADECIMIENTOS

El autor externa sus sinceras gracias a los doctores William I. Rose y Claus Siebe, árbitros del presente artículo, por sus comentarios y sugerencias para mejorar el manuscrito. Éste se benefició del apoyo logístico y administrativo por parte del Dr. Fernando Ortega-Gutiérrez, exdirector del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, y fue financiado en parte por la Fundación del Departamento de Geología de la Universidad de Texas en Austin, y por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Díaz, G.J., 1990, The Amealco Tuff; a major explosive event in the Mexican Volcanic Belt: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 22, p. 350.
- 1993, The Amealco caldera, Querétaro, Mexico; geology, geochronology, geochemistry, and comparison with other silicic centers of the Mexican Volcanic Belt: Austin, Texas, University of Texas at Austin, disertación doctoral, 401 p. (inédita).
- Cas, R.A.F., y Wright, J.V., 1987, Volcanic successions—modern and ancient: Londres, Allen & Unwin, 528 p.
- Fries, Carl, Jr.; Ross, C.S.; y Obregón-Pérez, Alberto, 1965 (1977), Mezcla de vidrios en los derrames cineríticos Las Américas de la región de El Oro-Tlalpujahua, estados de México y Michoacán, parte centro-meridional de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 70, 84 p.
- Ross, C.S., y Smith, R.L., 1961, Ash-flow tuffs; their origin, geologic relations, and identification: U.S. Geological Survey Professional Paper 366, 81 p.
- Smith, R.L., 1979, Ash-flow magmatism: Geological Society of America Special Paper 180, p. 5-27.
- Sparks, R.S.J.; Self, S.; y Walker, G.P.L., 1973, Products of ignimbrite eruptions: Geology, v. 1, p.115-118.
- Suter, Max; Aguirre, G.J.; Siebe, Claus; Quintero-Legorreta, Odranoel; y Komorowski, J.C., 1991, Volcanism and active faulting in the central part of the Trans-Mexican volcanic belt: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Field Trip Guidebook, p. 224-243.

Manuscrito presentado: 21 de junio de 1994.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 6 de marzo de 1995.

Manuscrito aceptado: 23 de marzo de 1995.