

## NUEVAS EDADES ISOTÓPICAS DE LA CUBIERTA VOLCÁNICA CENOZOICA DE LA PARTE MERIDIONAL DE LA MESA CENTRAL, MÉXICO

Ángel Francisco Nieto-Samaniego<sup>1</sup>,  
Consuelo Macías-Romo<sup>2</sup> y  
Susana Alicia Alaniz-Álvarez<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

Se ha realizado un gran esfuerzo con el fin de establecer la estratigrafía de la cubierta volcánica cenozoica que aflora en la parte meridional de la Mesa Central (J.M. Pérez-Ibargüengoitia, 1967; R. Pérez-Ibargüengoitia, 1968; Echegoyén-Sánchez *et al.*, 1970; Tristán-González, 1977; Labarthe-Hernández y Tristán-González, 1980a, 1980b; Labarthe-Hernández *et al.*, 1982; Aguillón-Robles, 1983; Labarthe-Hernández *et al.*, 1983; Labarthe-Hernández y Aguillón-Robles, 1985, 1986, 1987; Tristán-González, 1987; Aranda-Gómez, 1989; Aranda-Gómez *et al.*, 1989; Labarthe-Hernández *et al.*, 1989; Nieto-Samaniego, 1990; Labarthe-Hernández y Jiménez-López, 1991, 1992; Nieto-Samaniego y Aranda-Gómez, 1991; Pasquarè *et al.*, 1991; Ramos-Salinas y Flores-Castro, 1991; Martínez-Reyes, 1992; Quintero-Legorreta, 1992; Aguillón-Robles *et al.*, 1994; Nieto-Samaniego y Alaniz-Álvarez, 1994). En la mayoría de estos trabajos, sólo se conoce la edad relativa de las unidades litoestratigráficas y, en muchos casos, su edad fue inferida por correlación litológica con unidades conocidas en regiones cercanas. Para establecer con precisión la estratigrafía de la cubierta volcánica cenozoica, fueron fechadas varias unidades cuya posición estratigráfica relativa se tiene bien establecida. Además, se hizo la cartografía geológica de las hojas San Miguel de Allende y Dolores Hidalgo, y parcialmente la de las hojas Salamanca y Celaya (Cartas topográficas de INEGI escala 1:50,000, *in* Nieto-Samaniego, datos no publicados).

Los nuevos fechamientos isotópicos de sanidino por K-Ar consignados en este artículo son comparados con fechamientos previamente publicados por diversos autores, lo que permite hacer ajustes a las columnas estratigráficas publicadas; también se ofrece una breve reinterpretación de la correlación entre las unidades volcánicas cenozoicas de la Mesa Central y de su posible relación con los grupos volcánicos descritos en el noroccidente de México.

### NUEVOS FECHAMIENTOS Y MODIFICACIONES A LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

A continuación, se presenta una descripción de las columnas estratigráficas conocidas en la parte meridional de la

Mesa Central, así como las modificaciones hechas, basadas en los nuevos fechamientos que se muestra en la Tabla 1. Las columnas estratigráficas simplificadas están indicadas con las nuevas edades en la Figura 1.

### COMANJA DE CORONA, ESTADO DE GUANAJUATO

La columna estratigráfica de este lugar fue descrita por Quintero-Legorreta (1992) (Figura 1, a). Este autor asignó una edad miocénica a la Ignimbrita Cuatralba, basado en correlación litológica con rocas semejantes que afloran en el límite sudoccidental de la Sierra Madre Occidental. La Ignimbrita Cuatralba ocupa la parte alta de las sierras ubicadas entre Guanajuato, León y San Felipe. Se la observa descansando sobre la Andesita Bernalejo y la Grava Los Lozano. Consta de dos miembros, entre los que está intercalado el Basalto Dos Aguas. De un fechamiento isotópico realizado en una muestra tomada en la parte más alta de la secuencia ignimbrítica (AMC-01), sobre la carretera León-San Felipe, se obtuvo una edad de  $28.2 \pm 0.7$  Ma, la cual permite ubicarla en el Oligoceno tardío.

### GUANAJUATO-LA SAUCEDA-SAN MIGUEL DE ALLENDE, ESTADO DE GUANAJUATO.

Una columna estratigráfica de esta región puede ser integrada con los estudios publicados por Echegoyén-Sánchez y colaboradores (1970), Nieto-Samaniego (1990) y la cartografía realizada en este estudio (Figura 1, b). Fueron fechadas tres unidades de esa región:

- 1— Riolita Chichíndaro. Esta unidad fue fechada en  $32 \pm 1.0$  Ma (K-Ar) por Gross (1975) en el Distrito Minero de Guanajuato. En el estudio presente se fechó dos muestras, una de ellas tomada en el camino viejo que va de Santa Rosa, Guanajuato, a Dolores Hidalgo, Guanajuato, en los primeros afloramientos de riolita que aparecen aproximadamente a 5 km contados a partir del poblado de Santa Rosa (AMC-06). De esa muestra se obtuvo una edad de  $30.1 \pm 0.8$  Ma. Otra muestra (AMC-05) fue tomada a 3 km al oriente del poblado La Sauceda, Guanajuato, sobre la carretera Guanajuato-Juventino Rosas, y de esa muestra se obtuvo una edad de  $30.8 \pm 0.8$  Ma. Estas edades ubican a la riolita Chichíndaro en el límite Oligoceno temprano-Oligoceno tardío.
- 2— Se obtuvo un fechamiento de una ignimbrita, que será denominada ignimbrita Cañada La Virgen (Nieto-Samaniego, datos no publicados). Esta unidad cubre la parte

<sup>1</sup>Estación Regional del Centro, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 376, 36000 Guanajuato, Guanajuato, México.

<sup>2</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 D.F., México.

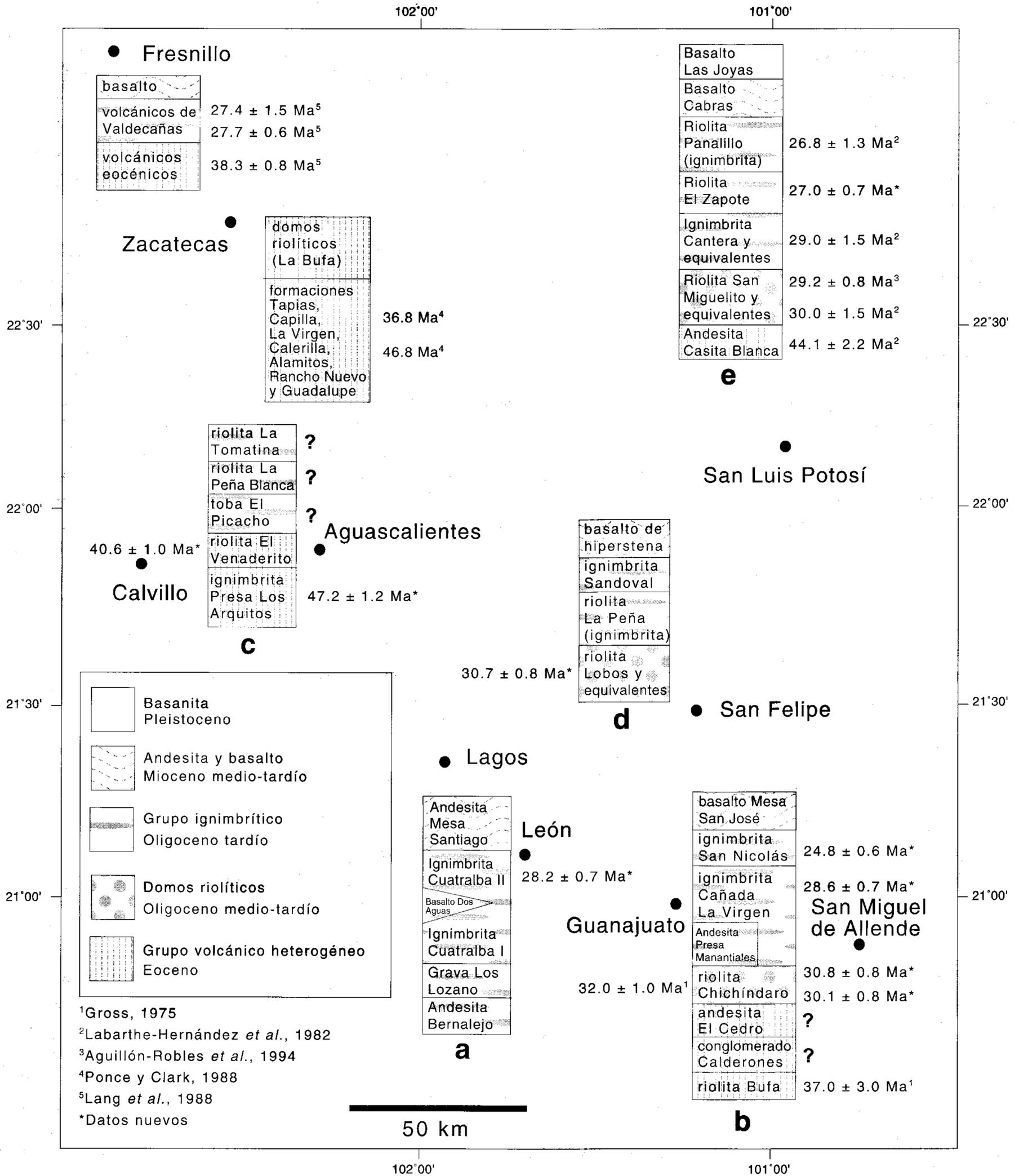


Figura 1. Esquema que muestra las columnas estratigráficas simplificadas de la cubierta volcánica cenozoica en la parte meridional de la Mesa Central. Se omitió la mayor parte de las unidades sedimentarias. El signo de interrogación indica duda sobre el grupo al cual pertenecen esas unidades.

sudoriental de la Sierra de Codornices, ubicada al su-  
doeste de San Miguel de Allende. Yace sobre derrames  
riolíticos, presumiblemente equivalentes a la riolita Chi-  
chíndaro, y se encuentra debajo de sedimentos aluviales  
o de la ignimbrita San Nicolás. La muestra fue tomada  
cerca de la presa Ignacio Allende, sobre el camino que  
va a la cañada La Virgen (AMC-07). Se obtuvo una edad  
de  $28.6 \pm 0.7$  Ma, que la ubica en la base del Oligoceno  
tardío.

- 3— Se obtuvo un fechamiento de la ignimbrita San Nicolás,  
cuya edad había sido inferida del Plioceno por su posi-  
ción estratigráfica (Nieto-Samaniego, 1990). El nuevo  
fechamiento se hizo a una muestra recolectada en la  
cantera que se ubica 3 km al norte del poblado La  
Sauceda, Guanajuato (AMC-03), sobre la carretera Gua-  
najuato-San Miguel de Allende, donde se observa a la  
ignimbrita San Nicolás yaciendo sobre la riolita Chichín-  
daro. Se obtuvo una edad de  $24.8 \pm 0.6$  Ma, lo que la  
ubica a finales del Oligoceno.

#### CERRO EL CABRITO-LA TOMATINA, ESTADO DE AGUASCALIENTES

La columna estratigráfica de esta zona fue descrita por  
Aranda-Gómez (1989) quien, por correlación litológica con las  
unidades conocidas en el campo volcánico de San Luis Potosí,

les asignó una edad oligocénica (Figura 1, c). Fueron fechadas  
dos unidades:

- 1— Riolita Venaderito. Consiste en derrames y domos de  
riolita. Descansa discordantemente sobre el complejo  
basal mesozoico. Se tomó una muestra de esta unidad en  
la falda oriental del Cerro El Picacho, cerca de su con-  
tacto con las rocas del complejo basal, sobre la carretera  
Aguascalientes-Calvillo. La muestra consiste de una rio-  
lita con estructura fluidal semivertical, rica en fenocrista-  
les de sanidino (TOM-2). Se obtuvo una edad de  $40.6$   
 $\pm 1.0$  Ma, lo que la ubica en el Eoceno tardío.
- 2— Riolita La Tomatina (ignimbrita Presa Los Arquitos de  
este artículo). Consiste en una ignimbrita formada por  
cinco miembros; se recolectó una muestra (CTO-01) de  
la ignimbrita rica en fenocristales descrita por Aranda-  
Gómez (1989) (miembro T-1), que corresponde a la parte  
baja de la ignimbrita Presa Los Arquitos (ver posición  
en Figura 1). La muestra fue tomada en la cantera ubica-  
da al norte del poblado La Tomatina y se obtuvo una edad  
de  $47.2 \pm 1.2$  Ma (Tabla 1), lo que la ubica en el Eoceno  
medio.

El afloramiento de la riolita La Tomatina de donde se  
tomó la muestra mencionada está en contacto con el complejo  
basal mesozoico. En ese contacto, Aranda-Gómez (1989) infi-  
rió una falla normal; sin embargo, en los reconocimientos de  
campo realizados por los autores, se observa una discordancia.

Tabla 1. Datos isotópicos de K-Ar de la cubierta volcánica cenozoica de la parte meridional de la Mesa Central, México.

Muestra	Tipo de roca	Unidad	Long. (W)	Latitud (N)	Material	K (%)	<sup>40</sup> Ar* (ppm)	<sup>40</sup> Ar <sub>atm</sub> (%)	Edad (Ma)	±σ (Ma)
CTO-01	Ignimbrita	ignimbrita Presa Los Arquitos	102.4147	21.9017	Sanidino	5.310	0.01758	62.7	47.2	1.2
						5.214	0.01728	77.2		
TOM-02	Riolita	riolita Venaderito	102.4147	21.8851	Sanidino	9.969	0.02820	84.7	40.6	1.0
						9.831	0.02814	84.4		
AMC-05	Riolita	riolita Chichíndaro	101.1666	20.8958	Sanidino	8.191	0.01816	77.3	30.8	0.8
						8.482	0.01774	85.6		
AMC-08	Riolita	riolita Lobos	101.2788	21.4492	Sanidino	5.248	0.01134	80.1	30.7	0.8
						8.590	0.01133	77.9		
AMC-06	Riolita	riolita Chichíndaro	101.0254	21.0851	Sanidino	8.426	0.01832	78.4	30.1	0.8
						8.590	0.01744	92.1		
							0.01800	71.6		
AMC-07	Ignimbrita	ignimbrita Cañada La Virgen	100.875	20.875	Sanidino	8.401	0.01637	49.3	28.6	0.7
						8.296	0.01697	79.1		
AMC-01	Ignimbrita	ignimbrita Cuatralba	101.5346	21.333	Sanidino	5.385	0.01071	66.0	28.2	0.7
						5.452	0.01067	54.5		
AMC-09	Riolita	riolita El Zapote	101.1263	22.0158	Sanidino	9.490	0.01801	69.2	27.0	0.7
						9.535	0.01786	74.6		
AMC-03	Ignimbrita	ignimbrita San Nicolás	101.1667	20.8958	Sanidino	4.930	0.008641	44.1	24.8	0.6
						5.055	0.008647	50.3		

Análisis realizados por Geochron Laboratories en un concentrado de sanidino, dos fracciones de cada uno.

La separación mineralógica se llevó a cabo en el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>40</sup>Ar\*: argón radiogénico

<sup>40</sup>Ar<sub>atm</sub>: argón atmosférico

$\lambda_{\beta} = 4.962 \times 10^{-10}/\text{año}$

$(\lambda_{\alpha} + \lambda'_{\alpha}) = 0.581 \times 10^{-10}/\text{año}$

Además, los afloramientos donde la riolita La Tomatina descansa sobre la riolita Peña Blanca no tienen continuidad lateral con el afloramiento de La Tomatina, por lo que se cree sean en realidad dos unidades distintas. Se denominará la unidad fechada como ignimbrita Presa Los Arquitos. De acuerdo con la interpretación de los autores, y usando las edades eocénicas obtenidas, se modificó la columna estratigráfica tal como se muestra en la Figura 1, c.

#### SIERRA DE SANTA BÁRBARA, SAN FELIPE, ESTADO DE GUANAJUATO

Esta columna estratigráfica fue descrita por J.M. Pérez-Ibargüengoitia (1967) y R. Pérez-Ibargüengoitia (1968). En sus respectivos estudios, describieron las unidades riolita Lobos, riolita Estaño, riolita Las Rosas, toba Saucillo, riolita La Mesa, riolita La Cruz y riolita Cuchilla, formadas por derrames y domos riolíticos, ubicándolas hacia la base de la cubierta volcánica cenozoica y asignándoles una edad miocénica, con base en sus relaciones estratigráficas (Figura 1, d).

Los reconocimientos de campo muestran que estas unidades no están en contacto entre ellas y no fue posible determinar sus edades relativas; sin embargo, debido a su similitud litológica y a la cercanía de sus afloramientos, se cree que representen un mismo evento volcánico. Se fechó una muestra de la riolita Lobos (AMC-08), recolectada en el poblado denominado Peña de San José, que se ubica al sudponiente de San Felipe (Tabla 1; Figura 1, d). La muestra fue tomada en las "peñas" de donde se deriva el nombre de esa población. Se obtuvo una edad de  $30.7 \pm 0.8$  Ma, lo que la ubica en el límite Oligoceno temprano-Oligoceno tardío.

#### SAN LUIS POTOSÍ

Esta columna estratigráfica fue descrita por Labarthe-Hernández y colaboradores (1982) y Aguillón-Robles y colaboradores (1994) (Figura 1, e). Se fechó la Riolita el Zapote (AMC-09), formada por un domo riolítico, que se ubica en lo alto de la Sierra de San Miguelito, al sudoriente de San Luis Potosí. Se obtuvo una edad de  $27.0 \pm 0.7$  Ma, lo que la ubica en el Oligoceno tardío. El nuevo fechamiento es consistente con la estratigrafía y los fechamientos de esa columna estratigráfica.

#### CRONOCORRELACIÓN

En la Figura 1 se muestra de manera sinóptica las columnas estratigráficas simplificadas de la parte meridional de la Mesa Central, corregidas con las nuevas edades. Se señala, también, las columnas estratigráficas de Zacatecas, Zac. (Ponce y Clark, 1988) y Fresnillo, Zac. (Lang *et al.*, 1988), con fines comparativos. Las unidades litoestratigráficas fueron agrupadas de la manera siguiente:

- 1—Volcanismo heterogéneo. Consiste en rocas volcánicas de composición que varía de andesita a riolita. En este grupo se observa derrames de lava, toba, ignimbrita y epiclásticos. Las edades conocidas para estas rocas varían de  $47.2 \pm 1.2$  Ma (K-Ar, sanidino, ignimbrita Presa Los Arquitos, este artículo) a  $37 \pm 3.0$  Ma (K-Ar, formación La Bufa; Gross, 1975). Se correlacionó este grupo de rocas con el volcanismo eocénico reconocido en el noroccidente de México (Aguirre-Díaz y McDowell, 1991).
- 2—Domos riolíticas. Consiste principalmente en domos y derrames de composición riolítica y riolítica, contiene algunas tobas e ignimbritas intercaladas. Las edades de estas rocas se ubican entre  $32.0 \pm 1.0$  Ma (K-Ar, riolita Chichíndaro; Gross, 1975) y  $29.2 \pm 0.8$  Ma (K-Ar, biotita, Riolita San Miguelito; Aguillón-Robles *et al.*, 1994).
- 3—Cubierta ignimbrítica. Consiste en ignimbrita, con algunas intercalaciones de toba y lava riolíticas. Ocasionalmente se observa derrames de basalto intercalados. Las edades varían entre  $29.0 \pm 1.5$  Ma (K-Ar, roca total, Ignimbrita Cantera; Labarthe-Hernández *et al.*, 1982) y  $24.8 \pm 0.6$  Ma (K-Ar, sanidino, ignimbrita San Nicolás, este estudio).
- 4—Andesitas y basaltos. Consiste en derrames muy extensos de lavas de composición principalmente andesítica, con variaciones a composición basáltica. En el límite entre la Mesa Central y la Faja Volcánica Transmexicana aparecen aparatos centrales. Su edad es del Mioceno tardío ( $8.1 \pm 0.8$  Ma, K-Ar, roca total; Pasquarè *et al.*, 1991).
- 5—Basanitas. Este grupo está constituido de numerosos maares y conos cineríticos de edad cuaternaria (Aranda-Gómez *et al.*, 1993).

#### CONCLUSIONES

- a—El volcanismo heterogéneo es de edad eocénica, aflora aparentemente en zonas aisladas y constituye la extensión hasta Aguascalientes y Guanajuato, del volcanismo eocénico del noroccidente de México.
- b—El volcanismo de composición riolítica inicia con el emplazamiento de domos y lavas, culminando con la emisión de ignimbritas que cubren toda la parte meridional de la Mesa Central, su emplazamiento tuvo lugar durante el Oligoceno tardío. Este volcanismo se correlaciona con el grupo volcánico oligocénico que cubre la Sierra Madre Occidental (*e. g.*, Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992).
- c—Durante el Mioceno medio y Mioceno tardío tuvo lugar el volcanismo de composición básica, formado por el grupo de andesitas y basaltos que se observa en forma de mesas en toda la parte meridional de la Mesa Central.
- d—Hay un hiato en el volcanismo que abarca todo el Mioceno

temprano; esta ausencia de actividad volcánica coincide con un cambio en composición, ya que las rocas pasan de ser predominantemente riolita, a andesita y basalto. Este hiato en el sur de la Mesa Central es sincrónico con el volcanismo ignimbrítico en la parte meridional de la Sierra Madre Occidental, al occidente de la zona estudiada (Ferrari *et al.*, en prensa).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Peter Schaaf, Guillermo Labarthe-Hernández, Odranoel Quintero-Legorreta y Luca Ferrari sus comentarios y sugerencias; a Crescencio Garduño-Paz y Juan Tomás Vázquez-Ramírez su asistencia técnica en campo y laboratorio. Parte de este estudio corresponde a las actividades desarrolladas por Á.F. Nieto-Samaniego en el Posgrado en Geofísica de la Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. Se agradece el financiamiento otorgado por PADEP; UNAM, proyecto 030347; y CONACYT, proyecto 3155T.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Díaz, G.J., y McDowell, F.W., 1991, The volcanic section at Nazas, Durango, Mexico, and the possibility of widespread Eocene volcanism within the Sierra Madre Occidental: *Journal of Geophysical Research*, v. 96, p. 13373-13388.
- Aguillón-Robles, Alfredo, 1983, Cartografía geológica de las hojas Espíritu Santo, Pinos, El Obraje y Ojuelos, estados de San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato y Zacatecas: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 93, 76 p., escala 1:50,000.
- Aguillón-Robles, Alfredo; Aranda-Gómez, J.J.; y Solorio-Munguía, J.G., 1994, Geología y tectónica de un conjunto de domos riolíticos del Oligoceno medio en el sur del Estado de San Luis Potosí, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 11, p. 29-42.
- Aranda-Gómez, J.J., 1989, Geología preliminar del *Graben* de Aguascalientes: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 8, p. 22-32.
- Aranda-Gómez, J.J.; Aranda-Gómez, J.M.; y Nieto-Samaniego, Á.F., 1989, Consideraciones acerca de la evolución tectónica durante el Cenozoico de la Sierra de Guanajuato y la parte meridional de la Mesa Central: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 8, p. 33-46.
- Aranda-Gómez, J.J.; Luhr, J.F.; y Pier, J.G., 1993, Geología de los volcanes cuaternarios portadores de xenolitos del manto y de la base de la corteza en el Estado de San Luis Potosí, *in* Xenolitos del manto y de la base de la corteza en el Estado de San Luis Potosí, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Boletín* 106, parte 1, p. 1-22, 15 figuras, 4 tablas.
- Echegoyén-Sánchez, José; Romero-Martínez, Saúl; y Velázquez-Silva, Sergio, 1970, Geología y yacimientos minerales de la parte central del distrito minero de Guanajuato: Consejo de Recursos Naturales no Renovables (México), *Boletín* 75, 36 p., 3 láms. en sobre.
- Ferrari, Luca; Pasquarè, Giorgio; Venegas-Salgado, Saúl; y Romero-Ríos, Francisco, en prensa, Geology of western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco Block, *in* Delgado-Granados, H.; Stock, J.; y Aguirre-Díaz, G.J., eds., Cenozoic tectonics and volcanism of Mexico: Geological Society of America, Special Paper.
- Gross, W.H., 1975, New ore discovery and source of silver-gold veins, Guanajuato, Mexico: *Economic Geology*, v. 70, p. 1175-1189.
- Labarthe-Hernández, Guillermo, y Aguillón-Robles, Alfredo, 1985, Cartografía geológica 1:50,000, Hoja Presa San Bartolo, Gto.: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 104, 51 p.
- 1986, Cartografía geológica 1:50,000, Hojas Salinas y Villa de Ramos, Edos. de San Luis Potosí y Zacatecas: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto técnico 106, 52 p.
- 1987, Cartografía geológica 1:50,000, Hoja El Toro, San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto técnico 110, 35 p.
- Labarthe-Hernández, Guillermo, y Jiménez-López, L.S., 1991, Cartografía geológica 1:50,000 de las hojas Cerritos de Bernal, Santo Domingo, El Estribo y La Herradura, Estado de San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto técnico 113, 52 p.
- 1992, Características físicas y estructura de lavas e ignimbritas riolíticas en la Sierra de San Miguelito, S.L.P.: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto técnico 114, 31 p.
- Labarthe-Hernández, Guillermo, y Tristán-González, Margarito, 1980a, Cartografía geológica Hoja Santa María del Río, San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 67, 32 p.
- 1980b, Cartografía geológica Hoja San Francisco, San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 69, 28 p.
- Labarthe-Hernández, Guillermo; Tristán-González, Margarito; Aguillón-Robles, Alfredo; Jiménez-López, L.S.; y Romero, Adolfo, 1989, Cartografía geológica 1:50,000 de las Hojas El Refugio y Mineral El Realito, estados de San Luis Potosí y Guanajuato: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto técnico 112, 76 p.
- Labarthe-Hernández, Guillermo; Tristán-González, Margarito; y Aranda-Gómez, J.J., 1982, Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del Estado de San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 85, 208 p.
- Labarthe-Hernández, Guillermo; Tristán-González, Margarito; y Martínez-Ruiz, V.J., 1983, Estudio geohidrológico de la Hoja Melchor, estados de San Luis Potosí y Guanajuato: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 92, 110 p.
- Lang, Barbu; Steinitz, Gideon; Sawkins, F.J.; y Simmons, S.F., 1988, K-Ar age studies in the Fresnillo silver district, Zacatecas, Mexico: *Economic Geology*, v. 83, p. 1642-1646.
- Martínez-Reyes, Juventino, 1992, Mapa geológico de la Sierra de Guanajuato, con Resumen de la geología de la Sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Cartas Geológicas y Mineras* 8, mapa de escala 1:100,000 con texto explicativo en el reverso.
- Nieto-Samaniego, Á.F., 1990 (1992), Fallamiento y estratigrafía cenozoicos en la parte sudoriental de la Sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 9, p. 146-155.
- Nieto-Samaniego, Á.F., y Aranda-Gómez, J.J., 1991, Significado geológico de los sedimentos continentales del Cenozoico superior del centro de México y su representación en la quinta edición de la Carta Geológica de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; Universidad Autónoma de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra; Sociedad Mexicana de Mineralogía, A.C.; Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica, Convención sobre la Evolución Geológica de México y Congreso Mexicano de Mineralogía, 1, Pachuca, Hgo., México, Memoria, p. 136-137 (resumen).
- Nieto-Samaniego, Á.F., y Alaniz-Álvarez, S.A., 1994, La Falla de San Miguel de Allende—características y evidencias de su actividad cenozoica: *Reunión Nacional de Geomorfología*, 3, p. 139-142 (resumen).
- Ortega-Gutiérrez, Fernando; Mitre-Salazar, L.M.; Roldán-Quintana, Jaime; Aranda-Gómez, J.J.; Morán-Zenteno, D.J.; Alaniz-Álvarez, S.A.; y Nieto-Samaniego, Á.F., 1992, Carta geológica de la República Mexicana, 5ª edición: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; y Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Consejo de

- Recursos Minerales, Carta geológica, escala 1:2'000,000, con texto explicativo de 74 p.
- Pasquarè, Giorgio; Ferrari, Luca; Garduño, V.H.; Tibaldi, Alessandro; y Vezzoli, Luigina, 1991, Geologic map of the central sector of the Mexican Volcanic Belt, states of Guanajuato and Michoacán, Mexico: The Geological Society of America, Map and chart series MCH072, con texto explicativo, 20 p.
- Pérez-Ibargüengoitia, J.M., 1967, Estudio geológico del área de San Felipe en el Estado de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 71 p. (inérita).
- Pérez-Ibargüengoitia, Rafael, 1968, Estudio geológico de la región occidental del distrito de San Felipe, Estado de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 91 p. (inérita).
- Ponce, B.F., y Clark, K.F., 1988, The Zacatecas Mining District—a Tertiary caldera complex associated with precious and base metal mineralization: *Economic Geology*, v. 83, p. 1668-1682.
- Quintero-Legorreta, Odranoel, 1992, Geología de la región de Comanja, estados de Guanajuato y Jalisco: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 10, p. 6-25.
- Ramos-Salinas, Alberto, y Flores-Castro, Sergio, 1991, La caldera excéntrica La Ordeña, Salamanca, Estado de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; Universidad Autónoma de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra; Sociedad Mexicana de Mineralogía, A.C.; Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica, Convención sobre la Evolución Geológica de México y Congreso Mexicano de Mineralogía, 1, Pachuca, Hgo., México, Memoria, p. 167-171 (resumen).
- Tristán-González, Margarito, 1977, Cartografía geológica Hoja Buenavista, San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 54, 19 p.
- 1987, Cartografía geológica Hoja Tierra Nueva, San Luis Potosí, escala 1:50,000: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 109, 103 p.

Manuscrito recibido: 8 de diciembre de 1995.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 12 de febrero de 1996.

Manuscrito aceptado: 23 de febrero de 1996.