

# Las lavas de El Pedregal

POR SALVADOR ENCISO DE LA VEGA

*El área basáltica de Ciudad Universitaria ha sido objeto de diversos estudios desde 1884. A continuación presentamos un breve recuento de ellos*



Salvador Enciso de la Vega

## Geomorfología

Fisiográficamente, el área basáltica de Ciudad Universitaria forma parte del Valle de México y pertenece a la zona basáltica conocida como Pedregal de San Angel. Geomorfológicamente corresponde a un malpais. La zona del Pedregal cubre una extensión irregular de unos 80 kilómetros cuadrados, la cual abarca desde las faldas del Ajusco hasta los alrededores de Huipulco. El desarrollo urbano de la ciudad de México en esta parte ha disminuido el área aflorante de basalto. En el área de Ciudad Universitaria de la UNAM, la superficie del Pedregal está intensamente quebrada, es irregular y corresponde al tipo de solidificación pahoehoe o dermolítico principalmente. Este tipo de solidificación de lava presenta una serie de formas superficiales caprichosas, tales como costeras acordonadas, fragmentos torcidos de lava y surcos acordonados (figura 3), y vesicularidades y oquedades (figura 4). En el área de Ciudad Universitaria también se presentan derrames compactos, masivos y vesiculares en la parte superior (figura 5). Pequeñas chimeneas y tubos de explosión son comunes. En el área adyacente a la Sala Nezahualcóyotl están expuestas algunas formas dómicas, conocidas

como *tumulus* (figura 6). En general, las partes más superficiales de estas lavas presentan pequeñas cavidades irregulares de orientación preferentemente horizontal, u otras más grandes con incipientes desarrollos de lava-estalactitas y lava-estalagmitas (figura 2). Las fracturas en esta zona son principalmente de compresión y su apertura superficial es hasta de unos 2 m, disminuyendo a profundidad (figura 7). Este sistema de fracturas tiene longitudes hasta de 40 m y está asociado principalmente a crestas de presión (figura 9). Durante el presente estudio se reconocieron otras estructuras como lavas *plateaux*, las cuales son superficies casi planas de lava de estructura acordonada (figuras 3-8), depresiones de colapso, que son hondonadas cerradas, irregulares localmente, de forma semicircular, con bordes asociados a crestas de presión y cavernas *lava caves* (figura 10); estas depresiones llegan a alcanzar unos 3 m de profundidad.

## Geología

En el área de estudio, la base de la corriente de basalto del Pedregal no aflora pero puede observarse en otras localidades de Ciudad Universitaria, como en las inmediaciones de las oficinas de personal de la UNAM, al sur del Estadio de C.U., y también en la

zona de canteras, al suroeste de la Sala Nezahualcóyotl.

Por lo general, las lavas basálticas del Pedregal sobreyacen a suelos y depósitos post-Becerra. En algunas partes donde la base de los basaltos está expuesta, pueden observarse evidencias de metamorfismo de contacto, producidas por las lavas al escurrir sobre rocas y suelos más antiguos (figura 5).

Muy a menudo, el espesor de las lavas basálticas del Pedregal varía entre unos 50 cm y un poco más de 10 m. Las secciones mejor expuestas son aquellas en donde se han realizado cortes. Badilla<sup>3</sup> reconoció hasta tres derrames sobrepuestos.

Este autor ha colectado de la parte inferior restos de plantas y pasto. Con frecuencia las corrientes lávicas del Pedregal sobreyacen a depósitos lacustres y suelos de las unidades Becerra y Nochebuena.<sup>4</sup> Aparentemente, la dirección general de flujo de las lavas del Pedregal es N60°E. Se pueden observar flujos locales de diferente orientación. Con seguridad dichas direcciones estuvieron condicionadas por la inclinación preexistente del terreno, en particular por los cauces de antiguos arroyos. En cuanto al origen de las lavas del Pedregal, se considera que fueron extravasadas por el Xitle, pero parece poco probable que un cono volcánico de unos 250 m de diámetro eyecte el enorme volumen

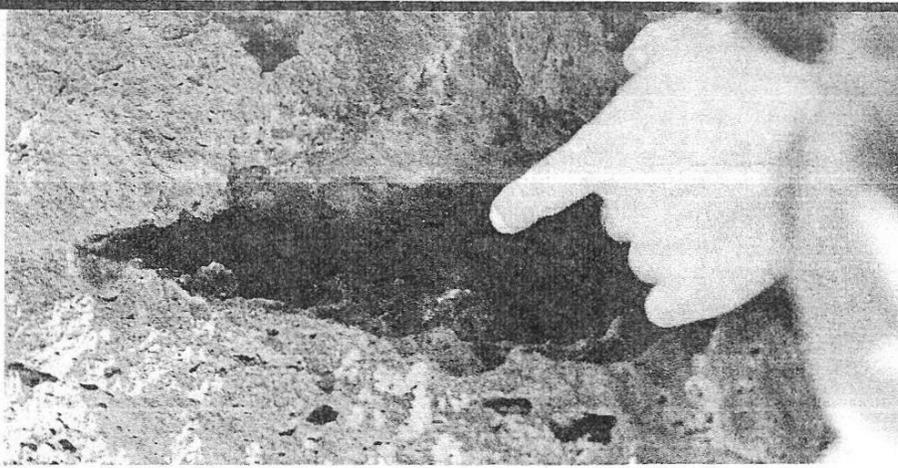


Figura 2. Estructura vesicular en un fragmento de *Ball Lava*. La lineación de las vesículas es paralela a la forma elíptica. Las oquedades más grandes presentan en su interior desarrollos de lava-estalactitas y lava-estalacmitas.

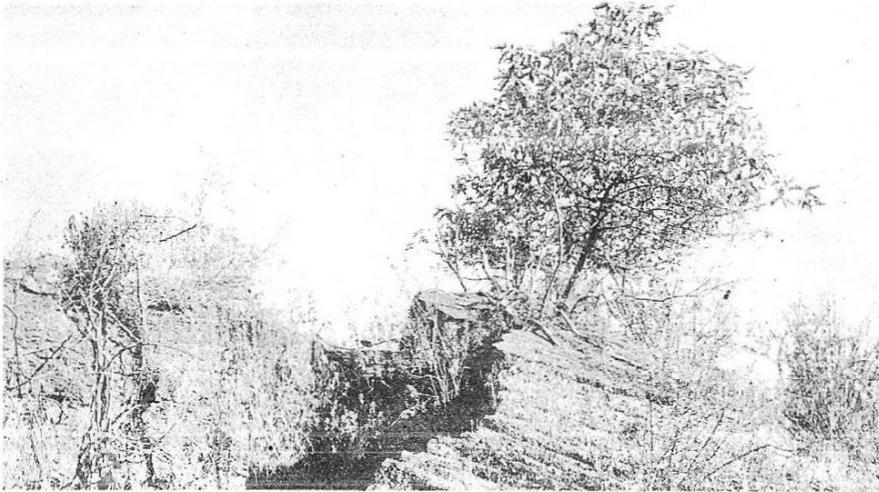


Figura 3. Estructura de la lava acordeonada. En el ángulo inferior izquierdo, se observa la típica estructura vesicular o amigdaloides característica de las partes superiores de los flujos de lava. La dirección del flujo es hacia el plano del observador. Estos detalles estructurales son del tipo de lavas pahoehoe.

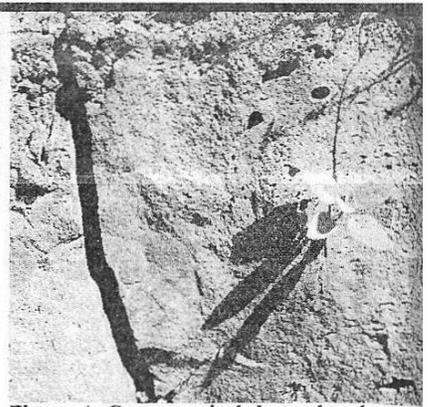


Figura 4. Corte vertical de un basalto vesicular; el 80% de los espacios vacíos no se encuentran interconectados. Las vesículas son irregulares en cuanto a forma y tamaño. La parte superior no muestra desarrollo de estructura acordeonada.

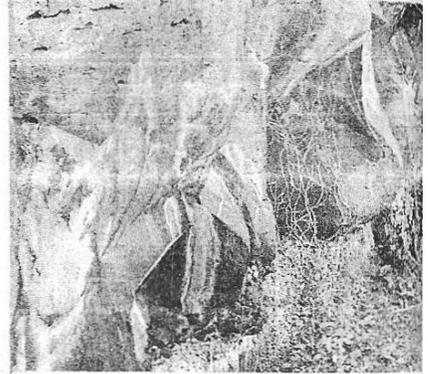


Figura 5. Sección completa de un corte de basalto de la Ciudad Universitaria. La parte inferior es rojo claro y corresponde a la aureola de metamorfismo desarrollada en la Formación Becerra. En la porción masiva de este corte, destacan algunas fracturas mal desarrolladas y semiverticales. La parte superior contiene vesículas y oquedades casi horizontales. Fotografía tomada en las inmediaciones del edificio de Personal, en Ciudad Universitaria.

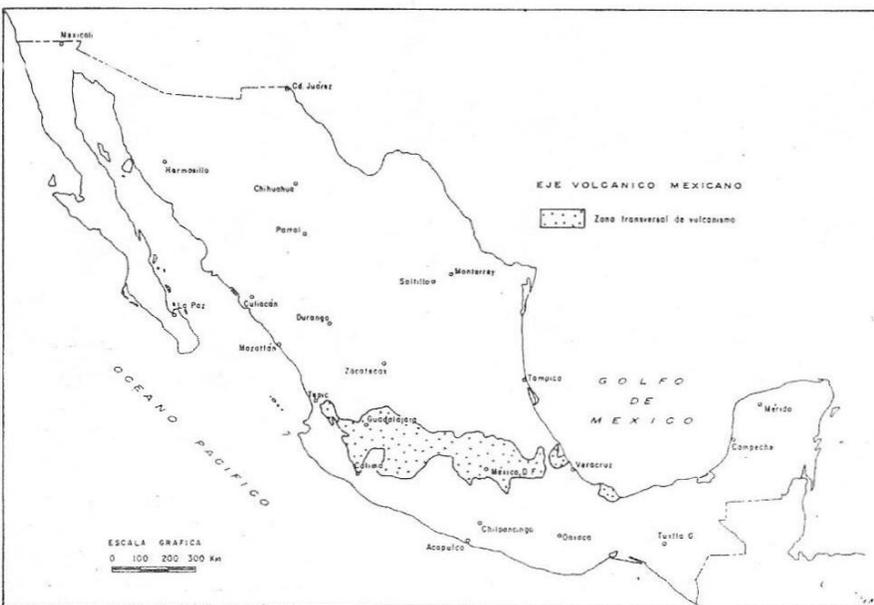


Figura 1. Mapa tomado de la Carta Geológica condensada de la República Mexicana del Instituto de Geología de la UNAM (1976) y modificada por el autor.

de lava que actualmente forma el Pedregal. Conviene mencionar a este respecto que, por ejemplo, el Parícutín, cuyo diámetro es aproximadamente 3 veces mayor que el del Xitle o Cictli, cubrió de lava una superficie de 24.8 kilómetros cuadrados a lo largo de 9 años de erupciones.<sup>21</sup> Además, el Xitle no presenta evidencias de algún canal de escurrimiento abierto en dirección noreste, la cual corresponde a la orientación general de los flujos de lava del Pedregal.

Aparentemente, la efusión de estas lavas tuvo lugar a lo largo de una zona de fractura profunda, paralela a los conos volcánicos Xitle-Cuatztontle-Oloica y el cerro La Magdalena, que se encuentran alineados en esta zona N60°O. Esta alineación tiene un desarrollo de más de siete kilómetros. Durante el trabajo de campo en el que se basa el presente estudio se re-

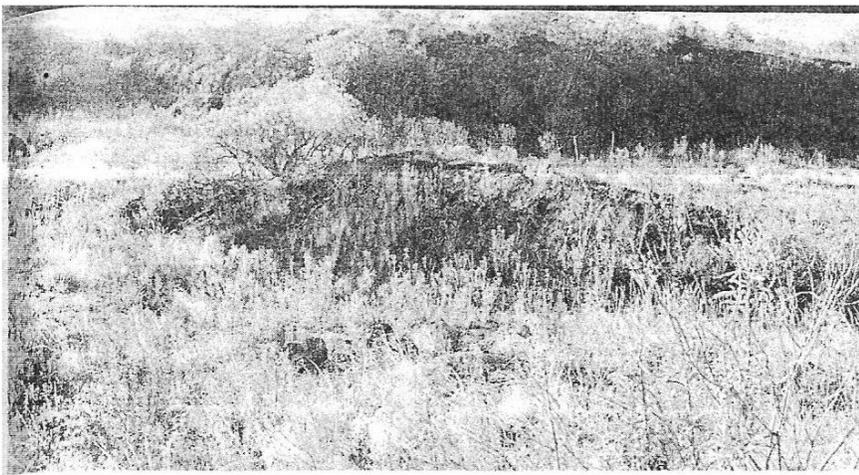


Figura 6. En primer plano un tumulus (forma dómica) de cerca de 10 m. En segundo, una cresta de presión. Entre el tumulus y la cresta un plateau.



Figura 7.

Figura 7. Tumulus: mediano, con desarrollo de fracturamiento pseudo-rectangular; árboles pequeños han crecido preferentemente dentro de estas fracturas.

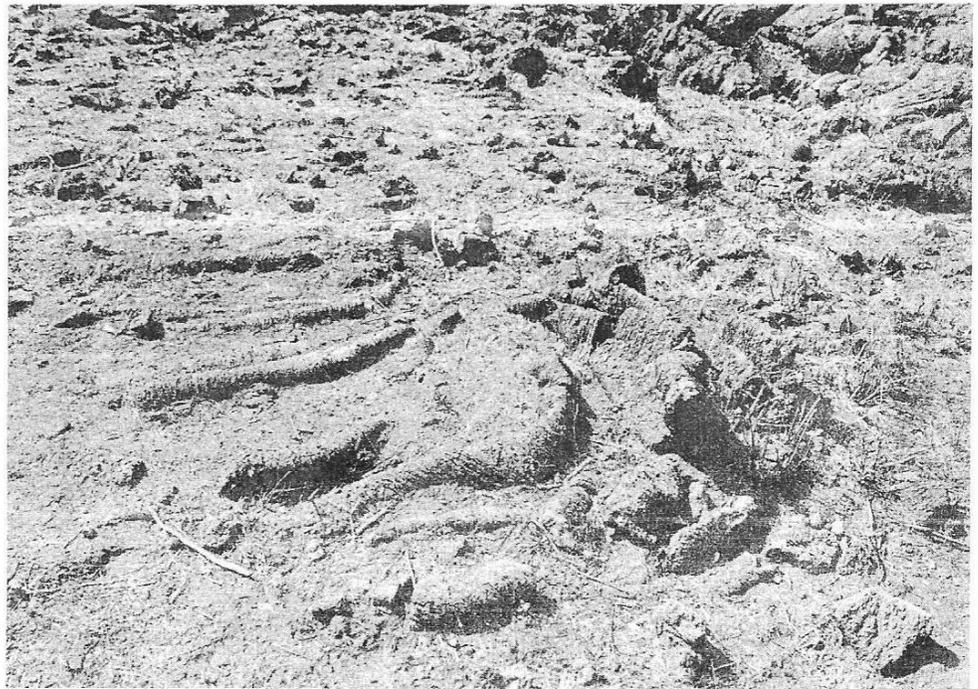


Figura 8a. La superficie plana de la fotografía corresponde a una lava pahoehoe, así como a lavas tipo pahoehoe más oscuras con estructura cordada o acordonada.

conocieron, además de los tipos de lava pahoehoe, otros de lava aa (figura 11) que se encuentran bien desarrollados y asociados en sus bordes a crestas de presión y depresiones de colapso, principalmente.

Quizá, las lavas del Pedregal correspondan al tipo de volcanismo islandico, que se caracteriza por la efusión lenta de lava fluida a lo largo de una fractura de más de siete kilómetros, según lo sugiere la alineación Xitle-Oloica. En general, la cima de las lavas basálticas en el área de Ciudad Universitaria es una superficie de erosión, en la que se ha desarrollado una muy escasa cubierta de suelo vegetal (de 5 cm de espesor en algunos lugares). La mayor parte de la superficie lávica está desprovista de suelo, por lo que la vegetación tiende a desarrollarse en zonas de fracturas (figuras 6, 7 y 9).

## Horizontes culturales

Conviene mencionar la significación cronológica de los basaltos del Pedregal en la historia y estratigrafía del Valle de México. Ordóñez<sup>15</sup> y Waitz y Wittich<sup>19</sup> reportaron la existencia de restos de cerámica que indicaban la presencia de culturas indígenas en el Valle de México, antes de la erupción de las lavas del Pedregal. En 1917, Gamio<sup>8</sup> llevó a cabo algunas excavaciones en la cantera de Copilco, que colinda con la Colonia del Carmen, en San Angel, para comprobar la existencia de cerámica fragmentada y otros vestigios culturales conocidos en esa localidad, y concluyó que los objetos encontrados en el Pedregal pertenecieron a la cultura arcaica, quizá la más antigua en el Valle de

México, y propuso el nombre de cultura subpedregalense para denominar dichos vestigios culturales. Las edades de radiocarbono que reportaron Fergusson y Libby<sup>18</sup> sugieren una edad de  $1\ 536 \pm 65$  años para la erupción del volcán Xitle, cuya lava se supone rodeó Cuicuilco. Otras muestras procedentes de esta misma zona proporcionaron otras edades:  $2\ 422 \pm 250$  años,  $2\ 040 \pm 200$  y  $1\ 430 \pm 200$  años. Estas corresponden, por lo general, al Preclásico Temprano, fase Tlalpan.

## Petrografía y análisis químicos de las lavas del Pedregal

En términos generales, las lavas del Pedregal se han analizado desde el punto de vista químico. Hasta ahora

TABLA I  
ANÁLISIS QUÍMICOS COMPLETOS DE  
BASALTOS DEL PEDREGAL

	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	51.02	50.65	49.60
TiO <sub>2</sub>	1.77	1.30	1.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.69	16.45	22.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.00	0.75	0.63
FeO	0.00	8.00	7.90
MnO	0.14	0.23	0.09
MgO	8.49	9.26	3.25
CaO	7.68	7.56	8.52
Na <sub>2</sub> O	3.63	3.90	4.03
K <sub>2</sub> O	1.17	1.35	0.83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.25	0.76
H <sub>2</sub> O	0.00	0.26	—
H <sub>2</sub> O—	—	0.10	—
Total:	99.69	100.06	98.61

1. Análisis químico del basalto de Ciudad Universitaria.<sup>9</sup>
2. Análisis químico del basalto de Ciudad Universitaria.<sup>13</sup>
3. Análisis químico de un basalto de Ciudad Universitaria.<sup>16</sup>

se han realizado pocos estudios acerca del origen, generación y paragénesis de los minerales que constituyen dichas lavas y de su petroquímica.

Entre los principales autores que han reportado análisis químicos completos de las lavas del Pedregal, figuran Félix y Lenk, 1890. Arellano<sup>1</sup> reportó un valor de Na<sub>2</sub>O aparentemente alto; el valor que Schmitter<sup>16</sup> le da, similar al anterior, es de 5.99% de (NO<sub>2</sub>) en una muestra del Pedregal de Tlalpan. Recientemente, otros investigadores como Gunn<sup>9</sup> y Negen-dank<sup>13</sup> realizaron análisis químicos completos de estas lavas, de los cuales presentamos dos de éstos (tabla I).

Según Schmitter,<sup>16</sup> petrográficamente las lavas del Pedregal de Ciudad Universitaria corresponden a un basalto de olivino con augita y apatita

como minerales predominantes. La plagioclasa corresponde a labradorita, cuya composición aproximada es de albita 45/anortita 56. Los cristales tabulares de plagioclasa, por lo general, son más sódicos. Aparentemente el olivino tiene una relación de Mg: Fe = 76: 24; el mismo autor señala que los constituyentes secundarios fueron magnetita titanífera, hematita, e iddingsita. Dicho autor no discute si la iddingsita corresponde a alteraciones de olivino. Recientemente, Badilla,<sup>3</sup> con base en estudios petrográficos, también clasificó a las lavas del Pedregal como basalto de olivino y piroxena. Este mismo autor, reconoció en algunos ejemplares las texturas intersertal, porfídica y pilotaxítica. Paradójicamente, Negen-dank<sup>13</sup> clasificó una muestra de basalto de Ciudad Universitaria como andesita de olivino,

sin tomar en consideración el índice de color (30.7). Mooser *et al.*<sup>12</sup> realizaron algunas determinaciones paleomagnéticas en las lavas del Pedregal.

### Reconocimientos

El presente trabajo se realizó por sugerencia del licenciado Joaquín Sánchez McGregor, de la Coordinación de Humanidades de la UNAM.

El doctor Zoltan de Csorna Gombos revisó el manuscrito final. Agradezco también las sugerencias y facilidades que me proporcionó el ingeniero Diego A. Córdoba M., Director del Instituto de Geología de la UNAM.

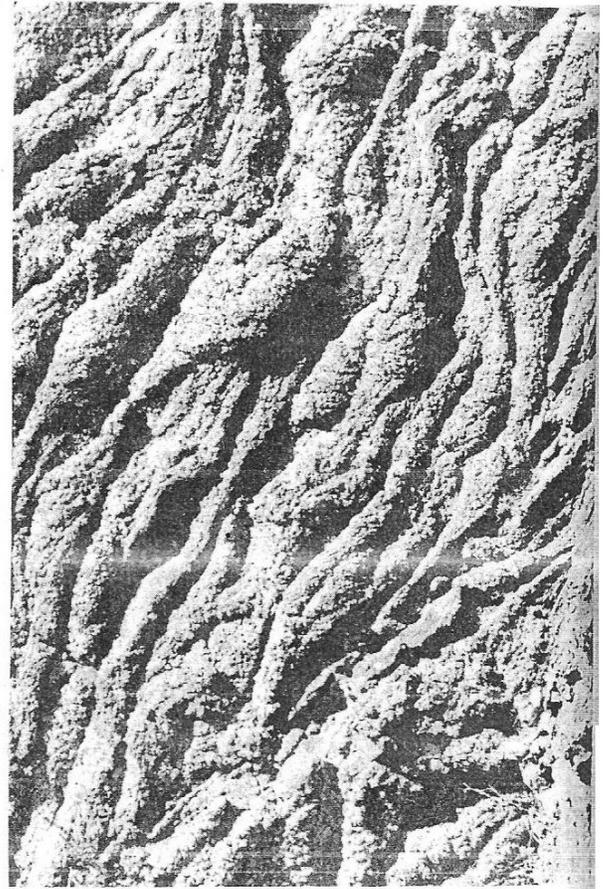


Figura 8b. Esta fotografía corresponde al flanco de una cresta de presión. La dirección del flujo de la lava acordonada es de izquierda a derecha. En la superficie del plateau las plantas crecen a lo largo de fracturas pequeñas.

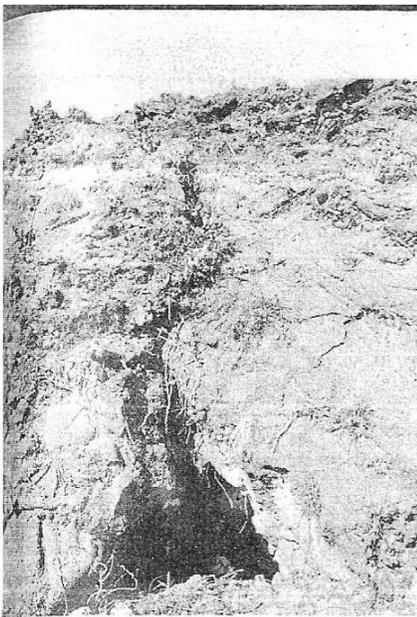


Figura 9. Cima de un *tumulus* (forma dómica) marcada por una fractura longitudinal bien desarrollada (centro) y otras transversales (parte inferior) asociados con pequeños bloques caídos. La vegetación (líquenes) se desarrolla en partes más porosas otras especies de plantas crecen en el fondo de las fracturas. El suelo no existe en las partes superficiales de los tumulus.

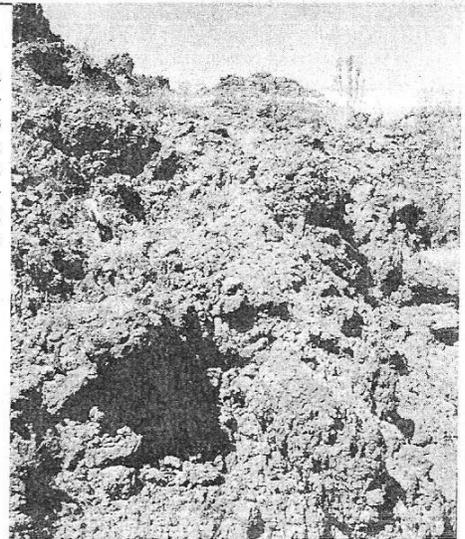


Figura 11. Corte de un flujo de lava aa; contiene fragmentos retorcidos de lava en desorden, así como fragmentos de lava movidos en estado de semisolidificación. Este tipo de lavas es común en la porción occidental de la Sala Nezahualcóyotl.

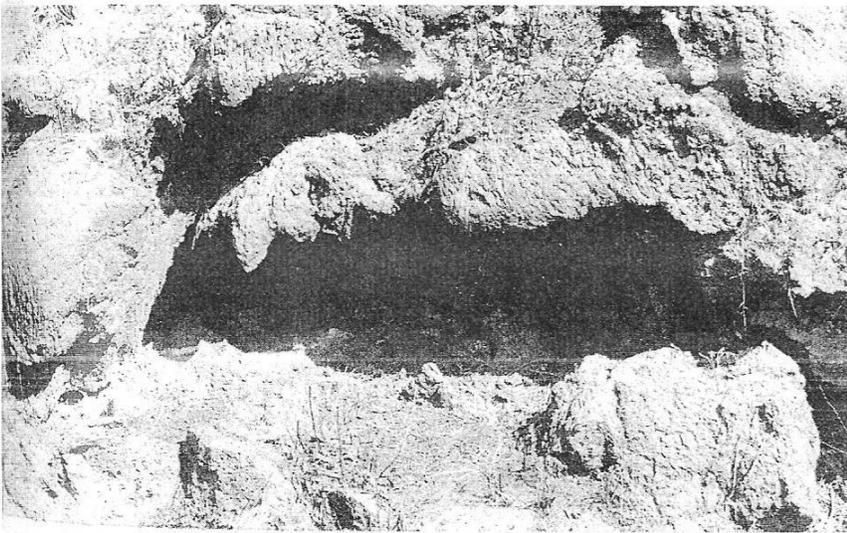


Figura 10. Caverna de lava (*Lava Cave*). Estas estructuras se originan después de que solidifica la parte superior del flujo de lava, y en la parte inferior cesa del flujo de lava.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Arellano, A. R. V., "La composición de las rocas volcánicas en la parte sur de la cuenca de México". *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, t. XIII, 1948, p. 81.
2. Arellano, A. R. V., "Estratigrafía de la cuenca de México". *Mem. Cong. Cient. Mexicana*, t. 3, 1953, p. 172.
3. Badilla-Cruz, Ramón, "Estudio petrológico de la lava de la parte noreste del Pedregal de San Angel". *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, t. XXXVIII, núm. 1, 1977, p. 40.
4. Bryan, E., "Los suelos complejos y fósiles de la altiplanicie de México en relación a los cambios climáticos". *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, t. XIII, 1948, pp. 1-20.
5. Fries, C., Jr., *Bosquejo geológico de la región centro México, D. F. y Taxco, Guerrero*. XX Cong. Geol. Internacional, México, Libro guía, Ejes. A-4 y C-2, 1956, 32 pp.
6. Fries, C., Jr., *Bosquejo geológico de la región centro México, D. F. y Acapulco, Guerrero*. XX Cong. Geol. Internacional, México, Ejes. A-9 y C-12, 1956, 53 pp.
7. Fries, C., Jr., *Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero*. Región central meridional de México. UNAM, Instituto de Geología, vol. 60, 1960, 236 pp.
8. Gamio, Manuel, "Las excavaciones del Pedregal de San Angel y la cultura areaica". *American Anthropologist*, núm. 22, p. 127, 1920.
9. Gunn, B. M. y Mooser, F., "Geochemistry of Volcanics of Central Mexico". *Bull. Volc. Assoc. Inter. Volc. Chim. Int. Terre*, t. 34, fasc. 2, 1971, pp. 577-616.
10. Mooser, F., "Los ciclos de vulcanismo que formaron la cuenca de México". *Vulcanología del Cenozoico*. XX Cong. Geol. Internacional, México, vol. II, 1957, pp. 337-438.
11. Mooser, F., *Bosquejo geológico del extremo sur de la Cuenca de México*. XX Cong. Geol. Internacional, México, Libro-Guía, Exc. C-9, 1962.
12. Mooser, F., Nairn, A. E. M., Negen-dank, J. F. W., "Paleomagnetic Investigations of the Tertiary and Quaternary Igneous Rocks: A Paleomagnetic and Petrologic Study of Volcanics of the Valley of México". *Geologische Rundschau*, vol. 63, núm. 2, 1974, pp. 451-483.
13. Negen-dank, J. F. G., "Volcanics of The Valley of Mexico". *V-jb. Miner. Abh.*, núm. 1163, 1972, pp. 308-320.
14. Ordóñez, E., "El Pedregal de San An-gel. Apuntes para petrografía del Valle de México". *Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate*. México, vol. IV, 1890, p. 15.
15. Ordóñez, E., "Las rocas eruptivas del suroeste de la cuenca de México". *Inst. Geol. México, Bol.* 2, 1895, 46 pp.
16. Schmitter, E., "Investigación petrológica en las lavas del Pedregal de San Angel". *Mem. Congr. Cient. Mexicano*, t. III, 1953, pp. 218-237.
17. Schlaefler, C., *Resumen de la geología de la hoja México, Distrito Federal y Estados de México y Morelos*. Serie Carta Geológica de México, F:100,000, Inst. Geol., UNAM, México, 1968.
18. Valencia, Josefina y Fries, Jr., "Compendio de edades de radiocarbono de muestras mexicanas de 1962 a 1964". Parte 3, *Inst. Geol., Bol.* 73, UNAM, 1965, p. 135.
19. Waitz, P. y Wittich, E., "Tubos de explosión en el Pedregal de San Angel". *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, t. VII, 1911, p. 169.
20. Wentworth, K. C. y MacDonald, A. G., "Structures and Forms of Basaltic Rocks in Hawaii". *Geol. Survey Bull.*, núm. 994, 1953, 90 pp.
21. Wilcox, R. E., "Petrology of Paricutin Volcano, Mexico". *U. S. Biological Survey Bull.*, núm. 965-C, 1954, pp. 281-354.