

La erupción del volcán Xitle y las lavas del Pedregal hace 1670 +/-35 años AP y sus implicaciones

Claus Siebe

Departamento de Vulcanología, Instituto de Geofísica
 Universidad Nacional Autónoma de México
csiebe@geofisica.unam.mx

Edad del Xitle

Las lavas del Pedregal emitidas por el volcán Xitle, un cono de escorias (tezontle) y cenizas arenosas localizado en las laderas del extinto volcán Ajusco (Fig. 1), cubren un área de aproximadamente 70 km². La erupción inició de manera “estromboliana” cuando magma basáltico rico en gases llegó desde profundidades mayores a 50 km (manto superior) a la superficie (Cervantes y Wallace, 2003a; b). La despresurización del magma y consecuente expansión rápida de los gases produjo un estilo eruptivo moderadamente explosivo que fragmentó al magma y dio lugar al emplazamiento de capas de cenizas volcánicas a partir de una columna eruptiva cuya altura fluctuaba intermitentemente. Los fragmentos de lava más grandes (escoria) caían cercanos al conducto, mientras que las partículas más finas (ceniza) eran arrastradas por el viento a grandes distancias. De esta manera, se formó primero el cono del Xitle hasta que, conforme transcurría la erupción, el contenido de gases disminuyó y el estilo eruptivo se tornó menos explosivo y más efusivo dando lugar al emplazamiento consecutivo de flujos de lava que se interdigitaban y sobreponían paulatinamente. Las lavas descendieron por una distancia de 12 km por las laderas del Ajusco (Fig. 2) hasta llegar a las planicies del Valle de México donde cubrieron vastas áreas, hoy ocupadas por colonias urbanas pertenecientes a las delegaciones de Tlalpan, Coyoacán y Alvaro Obregón. Debido a la baja viscosidad y alta temperatura de las lavas (>1000 °C), éstas se emplazaron en túneles que aun se preservan (de ahí el antiguo nombre de Tlalpan, poblado que en el siglo XIX aun se conocía como San Agustín de las Cuevas).

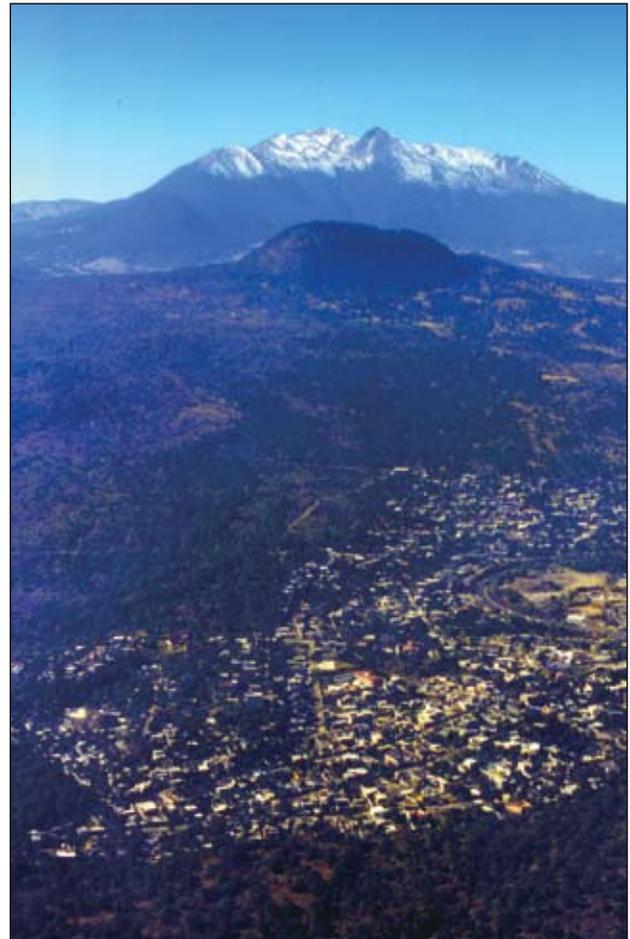


Fig. 1: Fotografía aérea del volcán Xitle (3,150 m snm) ubicado en la ladera del extinto volcán Ajusco (3,950 m snm) tomada desde un helicóptero el 29 de Diciembre de 1994.

La alta temperatura de las lavas debió producir numerosos incendios forestales que destruyeron la vegetación en un área mayor que el ocupado por los productos volcánicos propiamente. La velocidad y dirección del avance de la lava que fluía por gravedad estuvieron controladas por la topografía (drenaje fluvial e inclinación de la pendiente). Por ello las lavas fueron emplazadas hacia el N y el NE, bajando por los valles que drenaban el Ajusco hasta llegar a las planicies de la cuenca lacustre donde invadieron zonas pantanosas cuyas riberas eran habitadas por humanos (Fig. 2). La velocidad de avance de la lava no era muy alta por lo que la mayoría de las personas y fauna mayor pudieron escapar de la calcinación. No así la vegetación e insectos, razón por la cual al final de la erupción, un amplia área quedó recubierta por una roca dura y estéril (llamada comúnmente *malpaís* por los campesinos). Durante décadas, este malpaís estuvo desprovisto de vegetación debido a la dureza de las rocas, la inexistencia de compuestos de nitrógeno en el substrato y la ausencia de suelo (arcillas y limo) que fuese capaz de retener la precipitación pluvial en niveles cercanos a la superficie. Con el tiempo, el viento depositó materiales finos (arcilla y limo) que se fueron acumulando en las hondonadas de la superficie del Pedregal. Con ello las primeras especies de plantas pioneras comenzaron a repoblar la zona fijando compuestos de nitrógeno en el suelo y así permitiendo también el ingreso y crecimiento de otras especies. Aun así, el área cubierta por las lavas jamás logró ser de utilidad para la agricultura, cuando esta actividad humana se extendió por toda la cuenca de México. Inclusive, el crecimiento de los asentamientos humanos obvió ocupar esta área hasta que, con el advenimiento de la ingeniería moderna y la presión ejercida por el desmesurado crecimiento poblacional, fue finalmente factible económicamente urbanizar también esta zona que representaba uno de los últimos reductos naturales de gran extensión en la cuenca de México. La cimentación de las edificaciones, el tendido de vialidades y redes de abastecimiento de agua y drenaje en un substrato rocoso requirió de grandes inversiones (Ciudad Universitaria, Estadio Azteca, fraccionamientos lujosos), cuyo financiamiento sólo pudo ser sufragado por entidades gubernamentales o compañías privadas que tuviesen suficiente capital. Alternativamente, otras partes del Pedregal fueron pobladas de manera irregular a pesar de las precariedades que implicaba el caso (vivir sin servi-



Fig. 2: Mapa esquemático que muestra la extensión de los flujos de lava que emanaron del Volcán Xitle y conforman El Pedregal.

cios básicos). Paradójicamente, el día de hoy, el Pedregal de San Ángel es probablemente el flujo de lava joven más poblado del orbe. La Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria representa en este contexto un laboratorio para estudiar la colonización vegetal y animal de un paisaje casi lunático. Este proceso de colonización natural fue interrumpido abruptamente en la mayor parte del Pedregal por la urbanización explosiva que cubrió con asfalto y cemento vastas áreas, pero también introdujo nuevas especies vegetales y animales en jardines y parques.

El volcán Xitle (*xictli* = *ombliguito* en Náhuatl) produjo las oscuras lavas basálticas del Pedregal, que tienen una apariencia fresca, sin mayor cobertura de suelo y poca vegetación. Estas características apuntan hacia una corta edad, en términos geológicos. Lo anterior se ve confirmado por los numerosos vestigios arqueológicos que a lo largo del tiempo se han encontrado debajo de las lavas y entre los que destaca la pirámide de Cuicuilco (Fig. 3). Desde las primeras excavaciones auspiciadas por la National Geographic Society y dirigidas por el



Fig. 3: Fotografía tomada desde un helicóptero el 4 de Abril de 1997 que muestra la pirámide de Cuicuilco rodeada de flujos de lava del Xitle. La estructura circular tiene un diámetro de ca. 130 m y fue explorada por primera vez por B. Cummings entre 1922 y 1925.

arqueólogo norteamericano Byron Cummings (1923a, b, c, 1926, 1933) durante la década de 1920, se ha deseado conocer la edad de esta singular zona arqueológica destruida por la erupción del Xitle y preservada para la posteridad bajo espesos flujos de lava que forman tan peculiar paisaje. La dureza de la lava requirió del uso de explosivos y los bloques de roca resquebrajada fueron transportados sobre rieles férreos en pequeños vagones mineros, que Cummings mandó instalar para tal propósito. Aún así no se pudo determinar la edad de la erupción del Xitle que fue causa del abandono forzado de Cuicuilco. La ausencia de documentos escritos que hicieran referencia a este cataclismo natural, no impidieron a Cummings especular sobre la fecha de tal evento. Sin mayor empacho, Cummings concluyó que Cuicuilco probablemente habría sido abandonado hace unos 8000 años y que seguramente se trataba de la zona arqueológica más antigua de las Américas. De esta manera Cuicuilco cobró notoriedad entre los arqueólogos que se disputaban el descubrimiento de las ruinas más antiguas del orbe e investigaban el poblamiento temprano del Continente Americano.

No fue hasta 1950, cuando W.F. Libby (1955) desarrollaba el método de fechamiento por radiocarbono, que las primeras muestras de material orgánico extraídas del paleosuelo que subyace a las lavas del Xitle fueron recolectadas por Helmuth de Terra (1951) y analizadas en Chicago en el laboratorio de Libby (en 1960 Libby recibiría el premio Nobel en química por el desarrollo de este importante método de fechamiento). El primer fechamiento (Arnold y Libby, 1951) arrojó una edad de $2,422 \pm 250$ años antes del presente (AP) y con ello terminaron de manera súbita las especulaciones sin base científica. Desde entonces, se han obtenido más de 30 fechamientos por radiocarbono de muestras recolectadas en su mayoría del paleosuelo que subyace directamente a las cenizas y las lavas. Estas muestras han arrojado edades que en su mayoría fluctúan alrededor de los 2000 años (AP) (Siebe, 2000). Como esta edad coincide con el surgimiento de Teotihuacan, se postuló la hipótesis que los fundadores de esta gran urbe podrían haber sido los antiguos pobladores de Cuicuilco que tuvieron que abandonar el sur del Valle de México para instalarse en

un lugar más seguro hacia el norte (Blanton *et al.*, 1981; Muller, 1990). Sin embargo, muestras de carbón obtenidas directamente de las cenizas del Xitle (es decir carbón producido por los incendios forestales provocados por la erupción misma) han arrojado edades más jóvenes de 1670 +/- 35 años AP (equivalente al año 280 +/- 35 de nuestra era). En consecuencia, los damnificados del Xitle no pudieron ser los fundadores de Teotihuacan, sino a lo sumo haber encontrado refugio en una ciudad que para aquel entonces ya existía (para una discusión más amplia ver Siebe, 2000). El ejemplo de Cuicuilco representa un caso documentable de un desastre volcánico en el Valle de México, cuyos efectos tuvieron consecuencias fatídicas. Aparentemente, pobladores posteriores del Valle de México tuvieron algún conocimiento de estos hechos que guardaron en su memoria por generaciones, pues en épocas toltecas y aztecas se llevaban a cabo peregrinaciones a la pirámide de Cuicuilco, único

vestigio que no fue totalmente cubierto por las lavas (Piña-Chan, 1967). Desafortunadamente, la mayoría de los actuales pobladores del sur de la ciudad de México, desconoce estos acontecimientos que se suscitaron en la antigüedad, lo cual los hará más vulnerables en caso de una nueva erupción en esta región en el futuro.

El Xitle y la Sierra Chichinautzin

El Xitle no es un volcán aislado, sino forma parte de un conjunto de más de 200 pequeños volcanes que conforman el Campo Volcánico de la Sierra Chichinautzin (Fig. 4). Esta sierra separa al Valle de México de los valles de Cuernavaca y Cuautla y las rocas volcánicas que la conforman son casi en su totalidad de edad cuaternaria, es decir geológicamente muy jóvenes. Tal abundancia de pequeños conos jóvenes indica que esta región, que forma parte del Cinturón Volcánico Mexicano, debe con-

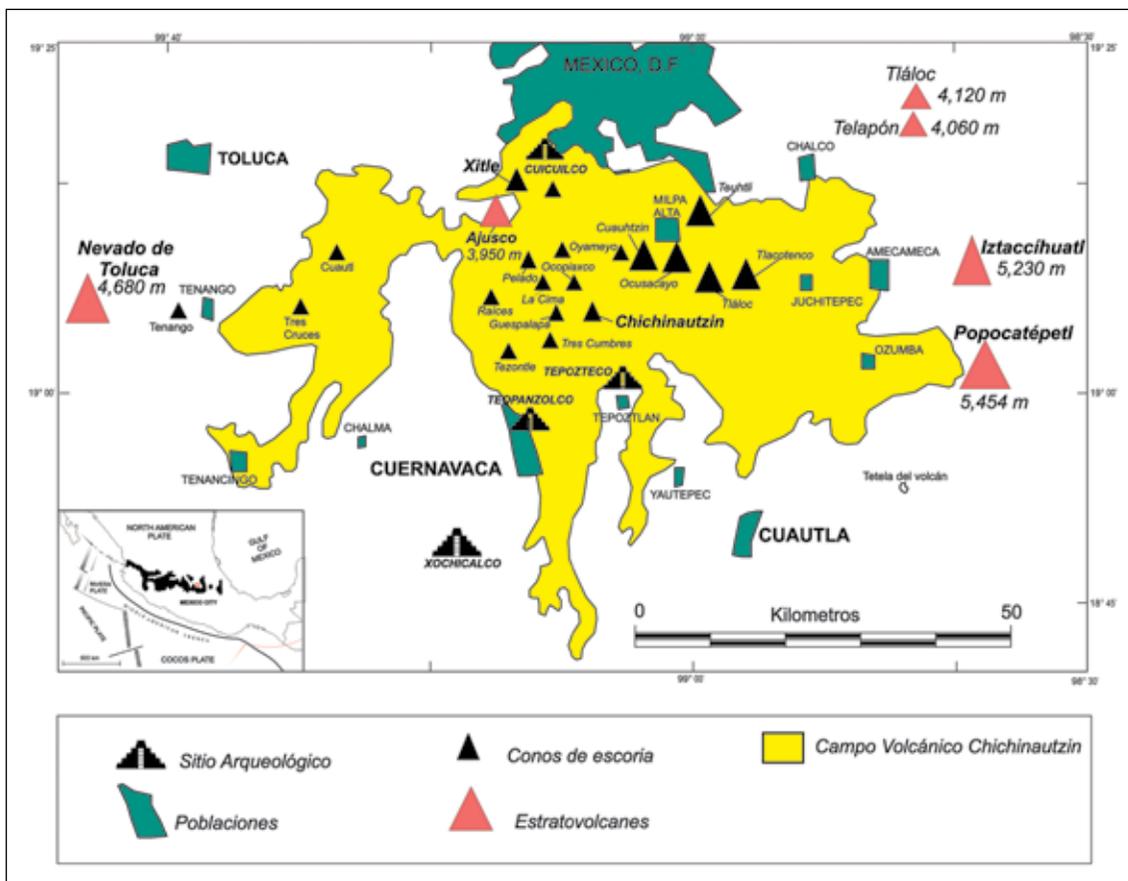


Fig. 4: Mapa esquemático que muestra la ubicación del volcán Xitle en la Sierra Chichinautzin al Sur de la Ciudad de México, así como otros conos monogénicos jóvenes y los volcanes poligenéticos Popocatepetl, Iztaccihuatl y Nevado de Toluca. En el pequeño recuadro se indican el Cinturón Volcánico Mexicano así como otros rasgos tectónicos de México.

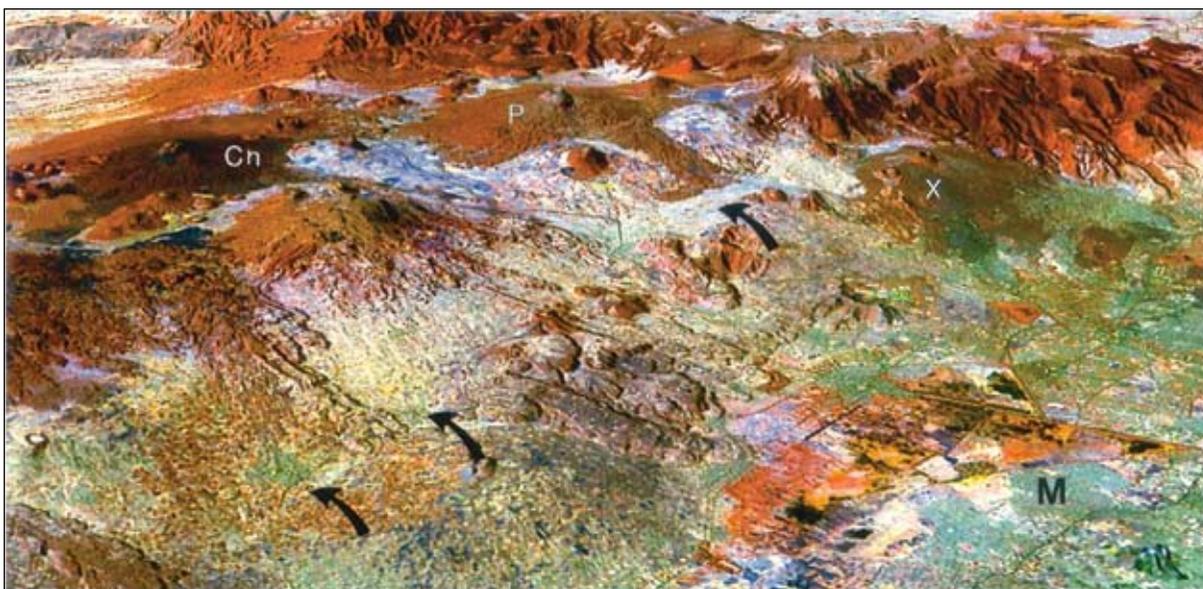


Fig. 5: Imagen de satélite LANDSAT con perspectiva hacia el SW que muestra el volcán Xitle (X) y la extensión de El Pedregal así como parte de la Sierra Chichinautzin. M=Ciudad de México, Ch=Volcán Chichinautzin, P=Volcán Pelado. Las flechas indican la traza de una gran falla normal con dirección E-W.

siderarse potencialmente activa y por ende se puede afirmar con toda certeza que algún día volverá a ocurrir una erupción que formará un nuevo pequeño cono en esta zona. El nombre de esta sierra, “*Chichinautzin*” deriva del pequeño volcán del mismo nombre y significa en náhuatl “Señor que quema”. El volcán Chichinautzin, fechado en 1835 +/- 55 años AP (Siebe *et al.*, 2004a) es después del Xitle el segundo más joven de este campo volcánico y está situado en su parte central (Fig. 5). Sus lavas desprovistas de suelos maduros y cubiertas con escasa vegetación se pueden observar con facilidad en la curva “La Pera” de la autopista México-Cuernavaca. Durante los últimos años se ha logrado fechar por radiocarbono a varios de los volcanes más jóvenes que conforman a la Sierra Chichinautzin, como lo son el Guespalapa, Pelado, Tláloc, Tlacotenco, etc. (Siebe *et al.*, 2004a, b; 2005; Siebe y Macías, 2006). En conclusión, se puede decir con base en los fechamientos realizados, que en promedio surge un nuevo cono volcánico cada 1000 años en la Sierra Chichinautzin. Sin embargo, esto no ocurre con precisión astronómica, sino al contrario, parece que ha habido épocas donde varias erupciones ocurren de manera seguida en pequeños intervalos, interrumpidos por periodos largos de 2000 a 3000 años de aparente quietud.

El Xitle, un volcán monogenético como otros volcanes mexicanos

El Xitle es un volcán monogenético, es decir, se produjo durante una sola erupción, a diferencia de los volcanes poligenéticos que se forman a lo largo de miles de años como producto de múltiples erupciones interrumpidas por periodos de reposo de duración variable. El Popocatepetl y el Volcán de Colima son ejemplos típicos de volcanes poligenéticos activos, mientras que el Pico de Orizaba, El Ceboruco y La Malinche también son poligenéticos, pero actualmente en estado de reposo. Existen en México alrededor de 20 volcanes poligenéticos, en su mayoría concentrados a lo largo del Cinturón Volcánico Mexicano que atraviesa la parte central del país de este a oeste a lo largo del paralelo 19° de latitud norte. Adicionalmente, existen más de 3000 conos monogenéticos. Estos pequeños conos no se encuentran distribuidos de manera homogénea sino que se concentran en campos volcánicos como el de la Sierra Chichinautzin o en el Estado de Michoacán, donde se ubica la mayor cantidad de ellos. En Michoacán también ocurrieron las dos erupciones monogenéticas más recientes sobre territorio mexicano, ambas documentadas históricamente: la erupción del Jorullo inició en 1759 y terminó en 1774

(Gadow, 1930), mientras que la del Parícutin inició en 1943 y terminó en 1952 (Luhr y Simkin, 1993). El Parícutin nació durante la 2ª Guerra Mundial y en aquel entonces se había instalado una oficina del United States Geological Survey en la Ciudad de México, cuyos geólogos tenían la encomienda de explorar el territorio nacional en búsqueda de minerales estratégicos para la industria bélica. Varios de ellos (e.g. R. E. Wilcox, C. Fries, K. Segerstrom, etc.) recibieron la asignación de estudiar la erupción del Parícutin y se sumaron a los esfuerzos de geólogos mexicanos y norteamericanos (e.g. G. González-Reyna, E. Ordóñez, W. F. Foshag, etc.) afiliados a otras instituciones. Artistas como Gerardo Murillo el "Dr. Atl" (1950) y fotógrafos como Hugo Brehme también visitaron el Parícutin y plasmaron sus impresiones en obras de gran calidad. Gracias a estas circunstancias, la erupción del Parícutin es una de las erupciones monogenéticas mejor documentadas en el mundo (Ordóñez, 1947; Luhr y Simkin, 1993). Varios poblados fueron destruidos por las lavas o seriamente afectados por las cenizas (Rees, 1979). Los desplazados tuvieron que rehacer sus vidas y muchos campesinos purépechas de esta región fueron reclu-

tados por el "Bracero Program", que buscaba suplir de manera ordenada la enorme demanda de trabajadores agrícolas en los EEUU (Nolan, 1979).

Aunque los volcanes Jorullo y Parícutin no volverán a entrar en erupción, es muy probable que en esta región, así como en la Sierra Chichinautzin, surjan nuevos volcanes monogenéticos en el futuro. Mientras tanto estos volcanes, al igual que el Xitle, pueden servir como laboratorios naturales para investigar los procesos magmáticos que les dieron origen, así como el impacto de sus erupciones en la sociedad y flora y fauna silvestres. El repoblamiento y la recuperación de estos territorios devastados es de igual interés y debiera seguirse estudiando. La mayor divulgación de los resultados de estos estudios en museos de sitio y otros medios sería sin duda de gran ayuda para informar a la población sobre el riesgo que implica vivir en un territorio eminentemente volcánico. Una población y funcionarios públicos informados sin duda podrán enfrentar de mejor manera los retos que de esta situación se derivan.

Agradecimientos

Las investigaciones realizadas por el autor y sus colaboradores, entre los que destacan varios estudiantes del Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM, han sido financiadas en gran medida por el CONACYT y la DGAPA-UNAM, instituciones que merecen nuestro más amplio reconocimiento.

Literatura citada

- ARNOLD, J. R., Y LIBBY, W. F., 1951. Radiocarbon dates. *Science* **113**: 111-120.
- BLANTON, R. E., KOWALEWSKI, S. A., FEINMAN, G. Y APPEL, J., 1981. Ancient Mesoamerica. Cambridge University Press. 300 p.
- CERVANTES, P., Y WALLACE, P., 2003a. Magma degassing and basaltic eruption styles: a case study of ~2000 year BP Xitle volcano in central Mexico. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* **120**:249-270.
- CERVANTES, P., Y WALLACE, P., 2003b. Role of H₂O in subduction zone magmatism: New insights from melt inclusions in high-Mg basalts from central México. *Geology* **31**: 235-238.
- CUMMINGS, B., 1923a. Cuicuilco. *Ethnos*, Vol. II, No. 1: 90-94.
- CUMMINGS, B., 1923b. Cuicuilco, the oldest temple discovery in North America. *Art and Archaeology*, **16**: 51-58.
- CUMMINGS, B., 1923c. Ruins of Cuicuilco may revolutionize our history of Ancient America: lofty mound sealed and preserved by great lava flow for perhaps seventy centuries is now being excavated in Mexico. *National Geographic Magazine* **40**: 203-220.
- CUMMINGS, B., 1926. Cuicuilco and the Archaic culture of Mexico. *Scientific Monthly*, **23**: 289-304.
- CUMMINGS, B., 1933. Cuicuilco and the Archaic culture of Mexico. *University of Arizona Bulletin*, **4**: 56 p.
- DE TERRA, H., 1951. Comments on radiocarbon dates from Mexico. *Memoirs of the Society for American Archaeology* No. **8**: 33-36.

- DR. ATL, 1950. Como nace y crece un volcán. El Parícutin. Editorial Stylo, México, D.F., 152 p.
- GADOW, H., 1930. Jorullo. The history of the volcano of Jorullo and the reclamation of the devastated district by animals and plants. Cambridge University Press, 100 p.
- LIBBY, W. F., 1955. Radiocarbon dating. University of Chicago Press, 2nd Edition.
- LUHR, J. F., AND SIMKIN, T., 1993. Parícutín, the volcano born in a cornfield, Geosciences Press, Phoenix, AZ, 427 pp.
- MULLER, F., 1990. La cerámica de Cuicuilco B. Un rescate arqueológico. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Científica, Serie Arqueología No. 186, 285 p.
- NOLAN, M. L., 1979. Impact of Parícutin on five communities. P.p. 293-338. En: Sheets, P.D., and Grayson, K.D. (Eds.): Volcanic Activity and Human Ecology. Academic Press.
- ORDÓÑEZ, E., 1947. El Volcán de Parícutin. Editorial Fantasía, México, D.F., 181 p.
- PIÑA-CHAN, R., 1967. Un complejo Coyotlatelco en Coyoacán, México, D.F. *Anales de Antropología* **4**:141-160.
- REES, J. D., 1979. Effects of the eruption of Parícutin volcano on landforms, vegetation, and human occupancy. P.p. 249-292. En: Sheets, P.D., and Grayson, K.D. (Eds.): Volcanic Activity and Human Ecology. Academic Press.
- SIEBE, C., 2000. Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern basin of Mexico-City: *J. Volcanol. Geotherm. Res.* **104**: 45-64.
- SIEBE, C., RODRÍGUEZ-LARA, V., SCHAAF, P. Y ABRAMS, M., 2004a. Radiocarbon ages of Holocene Pelado, Guespalapa, and Chichinautzin scoria cones, south of Mexico-City: implications for archaeology and future hazards. *Bull. Volcanol.* **66**: 203-225.
- SIEBE, C., RODRÍGUEZ-LARA, V., SCHAAF, P. Y ABRAMS, M., 2004b. Geochemistry, Sr-Nd isotope composition, and tectonic setting of Holocene Pelado, Guespalapa, and Chichinautzin scoria cones, south of Mexico-City. *J. Volcanol. Geoth. Res.*, V. **130**: 197-226.
- SIEBE, C., ARANA-SALINAS, L. Y ABRAMS, M., 2005. Geology and radiocarbon ages of Tláloc, Tlaco-tenco, Cuauhtzin, Hijo del Cuauhtzin, Teuhtli, and Ocusacayo monogenetic volcanoes in the central part of the Sierra Chichinautzin, México. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* **141**: 225-243.
- SIEBE, C. Y MACÍAS, J. L., 2006. Volcanic hazards in the Mexico City metropolitan area from eruptions at Popocatepetl, Nevado de Toluca, and Jocotitlán stratovolcanoes and monogenetic scoria cones in the Sierra Chichinautzin Volcanic Field. P.p. 253-329. En: Siebe, C., Macías, J. L., and Aguirre, G. (Eds.): Neogene-Quaternary continental margin volcanism: a perspective from Mexico. Geological Society of America Special Paper No. 402 Boulder, Colorado.