



Supervolcán es sinónimo de *caldera de colapso*. Se trata de una estructura volcánica de grandes dimensiones que arroja enormes volúmenes de material durante erupciones colosales y muy catastróficas, cuyos *índices volcánicos de explosividad* (VEI, por sus siglas en Inglés) son mayores de 6 (el máximo es 8). Los supervolcanes no tienen el aspecto típico de un volcán, como el Popocatepetl; más bien son depresiones en el terreno que generalmente son de forma circular, aunque también las hay elípticas o rectangulares. La mayoría tiene entre 5 y 30 km de diámetro, pero pueden alcanzar dimensiones de hasta 100 km. Por lo tanto, son las estructuras volcánicas más grandes que se conocen en el planeta. Por su gran tamaño, su morfología volcánica es difícil de reconocer a nivel del terreno, y normalmente son identificadas más fácilmente desde grandes alturas mediante imágenes de satélite o fotografías aéreas de vuelo alto. Ejemplos

famosos son Yellowstone (USA), Cerro Galán (Argentina), Campi Flegrei (Italia), Toba y Krakatoa (Indonesia), Aira (Japón), y Santorini (Grecia), entre muchas más. México no se queda atrás ya que cuenta con muchos supervolcanes, incluyendo: Los Hornos (Puebla), Huichapan (Hidalgo), Amazcala y Amealco (Querétaro), Los Azufres (Michoacán), La Primavera (Jalisco), Ceberuco (Nayarit), La Reforma (Baja California), y otra docena más. Además de éstos, en México se han reportado supervolcanes de casi 100 km en la Sierra Madre Occidental, que son modelo de un tipo especial asociado a fallas geológicas. También se han identificado supervolcanes en Venus, Marte, y en Ío, la luna de Júpiter. Una base de datos de supervolcanes en la Tierra se puede consultar en la página web de la Comisión de Calderas de Colapso de la IAVCEI (Asociación Internacional de Vulcanólogos) en la liga: <http://www.gvb-csic.es/CCC.htm>.

Un supervolcán se forma cuando una *cámara magmática* (reservorio de magma en el subsuelo) sube a niveles cercanos a la superficie, normalmente con su techo entre 4 a 6 km de profundidad, afectando la corteza directamente encima de la cámara, fracturándola y ejerciendo presión sobre ésta. El magma es rico en gases; ambos emergen a la superficie en forma de erupciones explosivas de ceniza y pómez. Conforme la cámara magmática se vacía, su techo pierde sustentación mecánica hasta que no puede soportar el peso de la columna rocosa por encima de ella; entonces, techo y corteza se colapsan dentro de la cámara, ya sea como un solo bloque o como varios pedazos. Al hundirse en la cámara, este material actúa como un pistón y empuja hacia la superficie grandes cantidades de magma, ocasionando una gigantesca erupción de ceniza, pómez y pedazos de corteza. Esta fase se conoce como colapso de la caldera, y de ahí el nombre de estas estructuras.

La erupción de un supervolcán tiene efectos catastróficos en el planeta. Normalmente emiten volúmenes enormes (de decenas a miles de km^3) de material, sobre todo ceniza y gases en un periodo relativamente corto, que puede durar varios días. Las erupciones producen *flujos denominados piroclásticos* que viajan a más de 100 km por hora, ocasionando una gran devastación en decenas de kilómetros alrededor del supervolcán. Además, se expulsan a la atmósfera grandes cantidades de ceniza y gases que pueden ser transportados por el viento a distancias continentales e incluso darle la vuelta a la Tierra. Las partículas más finas y los aerosoles ricos en sulfatos pueden permanecer suspendidos en la atmósfera por varios años, disminuyendo la radiación solar y provocando lo que se conoce como *invierno volcánico*, afectando el clima globalmente. Por ejemplo, el cambio climático de la erupción de Toba de hace 74 mil años, con un VEI=8 y un volumen emitido de $2,800 \text{ km}^3$, casi extinguió a los ancestros del hombre. Para darse una idea del volumen mencionado, esa erupción equivale a $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$, o a llenar 1,400,000 veces el estadio Azteca, o cubrir el Distrito Federal con un paquete denso de ceniza de 2 km de espesor. Otras supererupciones con efectos directos en la biosfera han sido la de Santorini (VEI=7), hace unos 3600 años, que acabó con la civilización Minoica, y la del Krakatoa (VEI=6), en 1883, que causó un gran tsunami y más de 36 mil muertes. En el registro geológico, la mayor erupción de un supervolcán tuvo lugar hace 28 millones de años. Ocurrió en lo que ahora es Colorado, Estados Unidos, y fue la megaerupción de la caldera La Garita, que arrojó $5,000 \text{ km}^3$ de magma, cubriendo de ceniza más de la mitad de los Estados Unidos. Afortunadamente este tipo de erupciones son poco comunes. En promedio, se estima que una supererupción sucede cada 100,000 años. La última con un VEI de 8 fue la de Toba, mencionada arriba. Es decir, nadie ha sido testigo de una supererupción VEI=8 desde que comenzó el registro histórico humano, hace 10,000 años.

Por otro lado, las calderas o supervolcanes proporcionan muchos beneficios económicos; por ejemplo, los más recientes, se asocian a zonas con intensa actividad hidrotermal, la cual puede aprovecharse como energía geotérmica para producir electricidad, como sucede en Los Humeros y Los Azufres, mientras que los más antiguos, como los de la Sierra Madre Occidental, se vinculan con la formación de yacimientos minerales metálicos y no metálicos, como oro, plata, cobre y flúor, entre muchos otros elementos útiles. Además, los materiales que expulsan los supervolcanes también son aprovechados; por ejemplo, los depósitos de los flujos piroclásticos, que forman *ignimbritas* o “piedra cantera”, la cual es usada como piedra ornamental en edificios, iglesias y plazas, y los bancos de materiales de pómez y ceniza, que son usados para la construcción, o para la elaboración de vidrio, vitro-pisos y cerámica industrial.

En el Centro de Geociencias de la UNAM, trabajamos en los supervolcanes mexicanos ubicados en la Sierra Madre Occidental (SMO) y el Cinturón Volcánico Mexicano (CVM). La SMO tiene la mayor acumulación de *ignimbritas* en el mundo, con un volumen de entre 460,000 y 590,000 km^3 . Ese volumen equivale a cubrir Italia y Francia con un paquete de 500 m de espesor de ceniza. Esta acumulación se dio durante varias supererupciones entre los 38 y 20 millones de años antes de ahora. En el CVM se han identificado 20 supervolcanes, de los cua-



Imágen de satélite Landsat mostrando el supervolcán extinto de Amealco, una estructura circular con un diámetro de 10 km.

les, los más conocidos son Los Humeros, Los Azufres y La Primavera. Sin embargo, la zona con mayor densidad de supervolcanes es la parte central del CVM, que incluye a Michoacán, Guanajuato, Hidalgo, y Querétaro. El más próximo a la Ciudad de Querétaro es el de Amazcala, una estructura de 15 km de diámetro, a sólo 30 km hacia el NE de la capital. Cuando este supervolcán hizo erupción, hace 7.3 millones de años, el área que ahora es la ciudad de Querétaro quedó cubierta con 5 m de ceniza y pómez. Ahora el supervolcán de Amazcala no representa ningún peligro, sino al contrario, sus productos son aprovechados de muchas maneras, principalmente como materiales para construcción. Otro supervolcán en el estado de Querétaro es el de Amealco, con 10 km de diámetro, el cual tuvo 3 supererupciones hace 4.7 millones de años. Los flujos de ceniza de Amealco devastaron al menos 30 km alrededor del supervolcán. Ambos volcanes ya no representan ningún peligro volcánico, y sus productos son aprovechados económicamente, en especial la piedra cantera gris oscuro y el sillar de varios colores, que son muy apreciados en la construcción.

En el CGEO también se realiza investigación en supervolcanes de otros países. Por ejemplo, en España se están desarrollando proyectos en Tenerife y en Los Pirineos; en Los Andes se tienen proyectos en La Puna y La Patagonia; en Costa Rica se trabaja en los supervolcanes aún activos de Cañas Dulces y Miravalles, asociados a geotermia; y en la Antártida, para estudiar el supervolcán activo de la isla Decepción.



Energía eléctrica generada por el Campo Geotérmico Los Azufres, reconocido como un supervolcán.