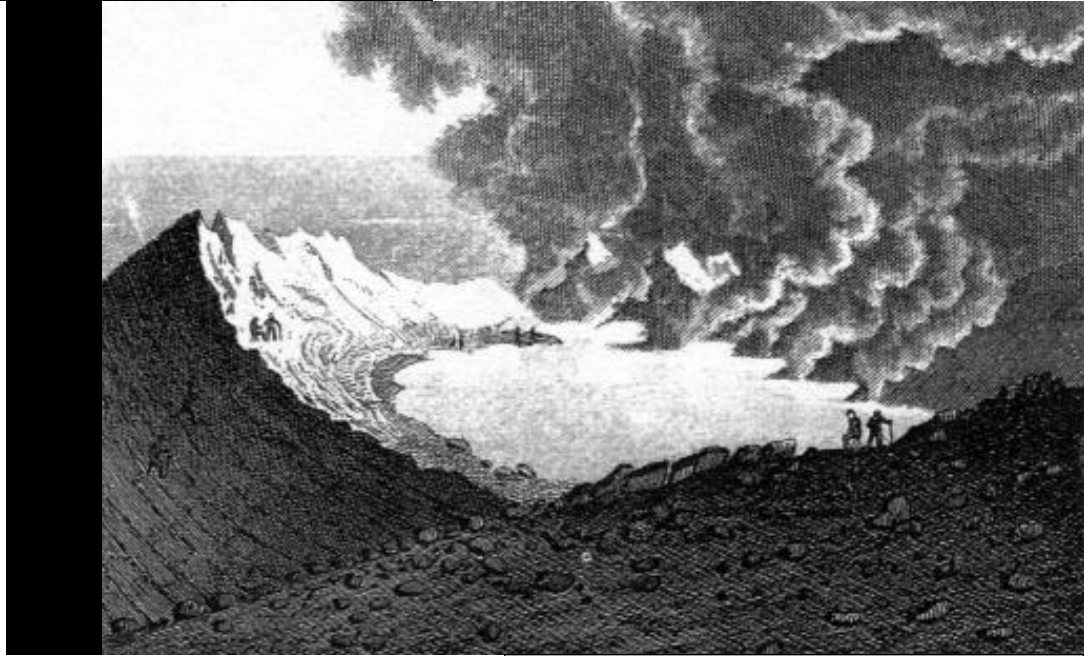


Géiseres y manantiales termales de México



JERJES PANTOJA ALOR • ARTURO GÓMEZ CABALLERO

De los fenómenos naturales más espectaculares y misteriosos que brotan de las entrañas de la tierra, los que más llaman la atención son los manantiales calientes con temperaturas muy cercanas a la del punto de ebullición del agua. Sin embargo, todavía más espectacular es un géiser, que consiste en una fuente emergente dotada de un sistema especial de calentamiento y desfogue que da lugar a una columna de agua y vapor que es expulsada con gran fuerza y que logra alcanzar una altura de hasta sesenta metros. Antes y después de que el chorro cese, sobreviene un ruido estruendoso provocado por la expulsión rápida y violenta de una columna de vapor, seguida por un período de calma al termi-

nar la erupción. Este comportamiento confiere al géiser un carácter intermitente y sincrónico de su actividad burbujeante.

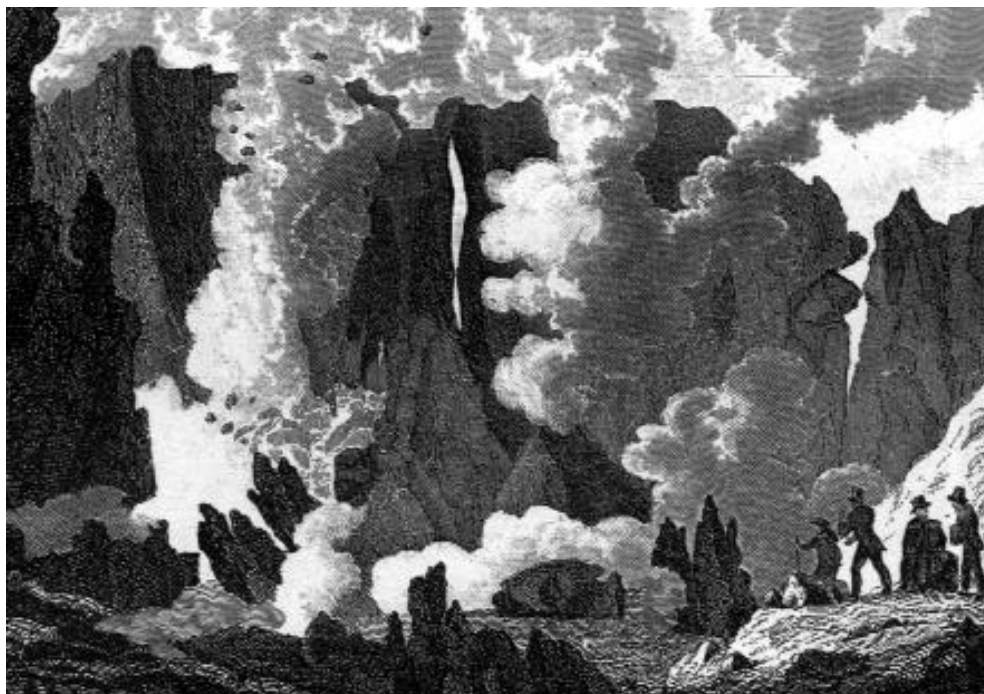
El término *géiser* proviene del francés *geïsa*, que significa brotar, y de él se deriva la palabra islandesa *geisir*, que es el nombre de un géiser que por extensión se usa para nombrar a los manantiales que brotan intermitentemente. Cuando en un manantial se tiene un gasto constante y no intermitente de mezcla de agua, vapor y gases, se le da el nombre de *fumaro-la*, pero cuando esta última precipita abundante cantidad de azufre en la periferia y tiene un alto contenido de ácido sulfídrico (H_2S) se le nombra *solfataras*, y si tiene un alto contenido de boro se le llama *solfión*. En casi todas las aguas de los

géiseres y de los manantiales calientes puede notarse el inconfundible hedor a huevos podridos característico del H_2S , resultado de la reacción de las aguas con los vapores emanados del magma o con los sulfuros de hierro (pirita y pirrotita) o de hierro y cobre (calcopirita) que encuentran en su ascenso.

Zonas geotérmicas

Los estudios de geotermia en México se han enfocado esencialmente hacia la generación de electricidad, aunque los manantiales y géiseres para usos turísticos y terapéuticos han adquirido en últimas fechas un inusitado auge, como lo demuestran los numerosos balnearios termales en dife-

rentes partes del Eje Neovolcánico Transmexicano. El número de zonas geotérmicas o focos termales de México, hasta ahora, alcanzan más de quinientas cuarenta y cinco regiones. De éstas, la Comisión Federal de Electricidad ha realizado estudios en más de cuarenta y una, y, de ellas, veintiuna tienen posibilidades de extracción de vapor para generación de electricidad. El país cuenta actualmente con cuatro campos geotérmicos en desarrollo: Cerro Prieto, en Baja California; Los Azufres en Michoacán; Los Humeros, en Puebla, y La Primavera, en Jalisco. Las reservas probables de energía geotérmica ascienden a cuatro mil seiscientos megawatts. Otras zonas, más de veinte, son de bajo poder ca-



lorífico y no adecuadas para la generación de electricidad, pero constituyen magníficos polos de desarrollo turístico. Como comentario cabe aclarar que en México solamente existe un géiser intermitente, localizado en la margen septentrional del Lago de Chapala, precisamente en un balneario de Cosalá, Jalisco. También es importante indicar que dentro de la ciudad de Puebla se localiza el único géiser fósil, mejor conocido como El Volcancito. Los balnearios como fuentes de esparcimiento y curación son muy abundantes en el Eje Neovolcánico, y algunos de ellos son conocidos desde la época prehispánica, como Huaxtepec y Agua Hedionda.

Origen de un géiser

A través de los años los fenómenos hidrotermales, en especial los géiseres, han mantenido la atención de los geólogos y de los científicos en general; para su entendimiento debemos comprender los conceptos de la moderna teoría de la tectónica de placas, la cual establece que casi toda actividad volcánica queda confinada a la zona de influencia (en superficie y profundidad) de las márgenes convergentes, divergentes y transformes de las placas litosféricas. El ascenso de las lavas que produce el proceso convergente puede crear un arco insular, como el actual de las Filipinas, o continental, como el sistema montañoso de la

Sierra Madre Occidental y los Andes. La convergencia, asociada también con fenómenos distensivos, son los mecanismo que generan los manantiales termales (calientes) y géiseres que emergen en la Faja Neovolcánica Transmexicana.

El vulcanismo que no se encuentra asociado con márgenes o bordes de placas constituye solamente una pequeña proporción que en términos globales no alcanza 2% y en gran parte sus expresiones superficiales se encuentran íntimamente relacionadas a puntos calientes (*hot points*). El ejemplo más conocido de un punto caliente o estacionario es la cadena montañosa submarina Emperador, cuya última y más reciente expre-

sión es el archipiélago de Hawái. Respecto de los géiseres no relacionados con bordes de placas destaca el Parque Nacional de Yellowstone, ubicado sobre un punto caliente en la placa continental.

Otro mecanismo, el divergente, causante de zonas calientes productoras de sistemas manantiales termales, aunque no necesariamente de géiseres, es el magmatismo generado en zonas fracturadas y hundidas (*rifts*: hundimiento de la corteza continental u oceánica y ascenso del magma del manto): esta clase de manantiales se presenta a lo largo de grandes fallas, como es el caso de las aguas termales relacionado con la fosa tectónica o *graben* del valle del río Bravo, en Chihuahua.

El tercer tipo de contacto de placas tectónicas es el que se refiere a fallas transformes (de movimiento lateral). Como ejemplo, en México se tiene el campo geotérmico de Cerro Prieto, en Baja California, emplazado muy cerca de la falla transforme de San Andrés.

Funcionamiento

El accionar de un géiser se explica por la presencia de una fuente de poder calorífico debida al ascenso del magma a

través de la corteza terrestre. El magma, al quedar emplazado en la parte superior de la corteza, retiene el calor por mucho tiempo y calienta el agua del subsuelo, la cual brota a la superficie como un manantial termal o como un géiser. El principio fundamental de la acción intermitente se basa en la relación que hay entre la presión y la temperatura del punto de ebullición del agua; supongamos que una fractura de la roca o de la corteza terrestre esté representada por un conducto o tubo, el cual sería llenado con agua subterránea de algún acuífero (manto de agua contenido entre rocas), entonces, si la posición de este tubo es casi vertical, la presión del agua (presión hidrostática) aumenta progresivamente hacia abajo y, a medida que ésta aumenta, la temperatura del punto de ebullición se eleva. La fuente calorífica produce vapor y gases que suben dentro del conducto, calentando primero la parte inferior; con el proceso de convección (ascenso de mo-

léculas calientes y descenso de moléculas frías) el fenómeno tendería a igualar la temperatura de toda el agua, tal como sucede en un recipiente de agua hirviendo.

Con la salida de burbujas de vapor se expulsa algo del agua hacia el exterior, como se observa en los chorros preliminares que anteceden a una acción más completa del géiser. La pérdida de agua en la columna del tubo o conducto reduce ligeramente la presión por abajo del punto crítico y entonces, a través de una gran parte del tubo, el agua se convierte súbitamente en vapor, provocando la violenta erupción que hemos comentado. Sin embargo, para que haya una acción continuada del géiser se han identificado las siguientes condiciones: 1) un recipiente magmático somero (cámara magmática hipabisal), conectado a un cuerpo de agua subterráneo, el cual debe comunicarse a la superficie mediante una chimenea, un sistema de fracturas o un orificio;



2) un suministro de calor por encima de la ebullición del agua; 3) una capa impermeable arriba del acuífero que establezca un proceso de convección dentro del mismo y a la vez no permita la difusión del calor o de los fluidos de una manera uniforme, sino que canalice el agua por un conducto de diámetro pequeño, y 4) un reabastecimiento intermitente de agua con temperatura inferior al punto de ebullición, que fluya hacia el área generadora de calor y hacia el conducto de escape a la superficie.

La naturaleza y el origen del agua y los vapores de los géiseres son de considerable

interés e importancia, ya que pudieron haberse originado en la atmósfera (aguas meteóricas) o en un antiguo océano al quedar atrapadas en los sedimentos (aguas cognatas) o provenir directamente tanto del magma como del proceso volcánico (aguas magmáticas o juveniles).

Algunos gases volcánicos se pueden derivar de la fusión de las rocas de las profundidades de la tierra o haber sido parte de una placa oceánica subducida (magmáticos) o también haberse reciclado de gases atmosféricos atrapados en los sedimentos. ➤

Jerjes Pantoja Alor • Arturo Gómez Caballero
Instituto de Geología, Universidad Nacional
Autónoma de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Herrera, F. J. y H. D. Castillo. 1988. "Recursos geotérmicos del estado de Jalisco", en *Geotermia. Revista Mexicana de Geoenergía*.

Lugo-Hubp, José. 1989. *Diccionario geomorfológico*. UNAM, Instituto de Geografía, México.

Prol-Ledezma, R. M. 1987. *El calor de la Tierra*. SEP/FCI/Conacyt, México.

Tello, E. H. 1986. "Geoquímica del agua de manantiales termales de la zona geotérmica de San Antonio el Bravo", en *Geotermia. Revista Mexicana de Geoenergía*, vol. 2, núm. 2, pp. 111-113.

IMÁGENES

Grabados de Henry Winkles, ca. 1851.