



# El Popocatepetl: un volcán rigurosamente vigilado

El “cerro que humea”, aquel que los aztecas convirtieron en dios por su majestuosidad, no va a tomarnos por sorpresa. Decenas de hombres y mujeres de ciencia, armados con la tecnología más moderna, no le quitan la vista de encima.

**Laura Romero Mireles**



Foto: Luis Fierro

**DE LOS AZTECAS** a los chilangos, los habitantes del Valle de México hemos sido testigos de las no siempre inofensivas travesuras de “Don Gregorio”. Fumarolas, rocas incandescentes y cenizas han atemorizado más de una vez a quienes viven en sus cercanías.

Desde 1927, el Popocatepetl había permanecido tranquilo. Sin embargo, en 1993 dos estaciones sismológicas cercanas operadas por los institutos de Ingeniería y Geofísica de la UNAM registraron un incremento en la actividad del volcán. El coloso había despertado, aunque la situación no se consideraba de emergencia. No obstante, de ahí en adelante sería indispensable monitorearlo y vigilarlo, de manera rigurosa, a fin de prevenir cualquier sorpresa.

Por esa razón, al año siguiente un grupo de especialistas del Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred)

información oportuna para enfrentar la situación. Sin embargo, la repetición de ese tipo de eventos en 1995 y 1996 hizo necesario intensificar el monitoreo, que se volvió cada vez más complejo.

Para comenzar, las estaciones de medición debieron colocarse en lugares de muy difícil acceso y consideradas de alto riesgo. Algunas de ellas se sitúan a 4,500 metros de altura, mil metros por debajo del cráter.

Los investigadores “no somos alpinistas y no estamos habituados a trabajar a esas alturas y menos aún cuando se lleva equipo pesado, como antenas, baterías, radios y sensores”, explica Quaas Weppen, coordinador de Instrumentación Sísmica y Monitoreo Volcánico del Cenapred.

Además, la complejidad de la vigilancia del volcán obliga a que intervengan especialistas en sismología, vulcanología,



Así pintó el Dr Atl al Popocatepetl en 1920.

de la Secretaría de Gobernación, junto con los institutos mencionados, se dio a la tarea de diseñar, instrumentar y operar un sistema integral de monitoreo del Popocatepetl. Este grupo es encabezado por Roberto Quaas Weppen, quien es investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

A fines de 1994 ya operaban cuatro estaciones sismológicas en el volcán, dos de ellas de manera provisional. Así, cuando en diciembre de ese año sobrevino un evento eruptivo caracterizado por la emisión de cenizas volcánicas, se tuvo

geología, geoquímica, electrónica, comunicaciones y otras disciplinas. Sólo con la reunión de los distintos conocimientos que poseen y apoyados con la tecnología más moderna, es posible determinar el comportamiento que podría seguir el Popo y alertar a tiempo a las autoridades y a la población en caso de peligro.

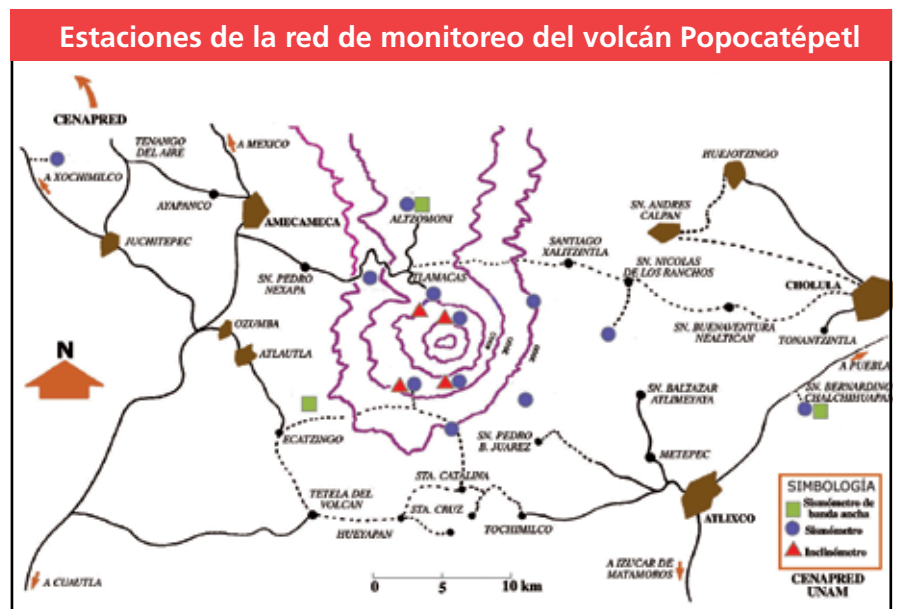
Un problema más es que los instrumentos instalados soportan condiciones climáticas severas: bajas temperaturas, fuertes vientos, tormentas y nieve. Afortunadamente, las estaciones funcionan de manera autónoma, gracias a que reciben

energía a través de paneles solares y baterías.

### Para ganarle al volcán

El Cenapred cuenta ya con 28 estaciones de medición operando en el volcán y zonas aledañas. Entre ellas, 15 son sísmicas y cuatro detectan lluvia y flujos, como se aprecia en el mapa. Los flujos son una mezcla de agua, ceniza, lodo y piedras que pueden arrasar con lo que encuentran a su paso; de presentarse, los flujos alcanzarían rápidamente a los poblados cercanos al Popocatepetl. Pueden producirse por el deshielo de una parte del glaciar, que mide 0.4 kilómetros cuadrados y su espesor alcanza en algunos puntos hasta 25 metros.

El sistema de monitoreo también dispone de una alarma automática que alerta al personal encargado cuando la actividad del volcán aumenta. Las estaciones emiten en forma continua señales de radio que se reciben en el Cenapred. Ahí son registradas, procesadas y analizadas para crear bancos de datos que consultan los especialistas, tanto para avanzar en sus investigaciones como para elaborar el pronóstico del comportamiento del volcán



en el corto y mediano plazos. Las señales provienen, sobre todo, de cuatro tipos de monitoreo: visual, sísmico, geoquímico y geodésico.

El monitoreo visual es la detección a simple vista o mediante instrumentos ópticos de las manifestaciones externas del volcán, como fumarolas o explosiones. Para realizarlo se usan helicópteros, aviones, imágenes de satélite e incluso una cámara de video situada en las faldas del volcán Iztaccíhuatl, que transmite en forma continua

lo registrado, vía microondas, al Cenapred.

Para conocer lo que ocurre en el interior del edificio volcánico, las estación de monitoreo sísmico miden las pequeñas vibraciones producidas dentro del Popo. La fuente de algunas de estas vibraciones es, posiblemente, una cámara magmática ubicada varios kilómetros bajo el nivel del mar, en la cual se puede acumular gas y magma.

Además, con el monitoreo sísmico se identifican los sitios de concentración de esfuerzo, las fracturas o migración de sismicidad cuando el material intenta salir por conductos laterales del volcán. La mayoría de las estaciones tienen sismógrafos que miden las vibraciones verticalmente, de norte a sur y de este a oeste.

El monitoreo geodésico ofrece información sobre la deformación del volcán que provoca la presión ejercida por el material de la cámara magmática al intentar salir; es “como un globo que se infla o



se desinfla”, explica Quaas. Por medio de aparatos llamados inclinómetros, que registran cambios en las laderas del Popo, con precisión de milésimas de grado, puede establecerse la proximidad de una erupción mayor.

El estudio de los materiales provenientes del interior volcánico corresponde al monitoreo geoquímico, con el que se detectan y analizan gases —particularmente bióxidos de azufre y de carbono—, cenizas, rocas y cambios en el pH (grado de acidez) y el nivel de los manantiales. Uno de los aparatos empleados en este tipo de monitoreo es el espectrógrafo de correlación.

Adicionalmente se obtienen, por medio de una cámara de video programada por computadora, imágenes térmicas del Popocatepetl. En ellas se distinguen las zonas más calientes y se determinan las temperaturas de las fumarolas y de la lava al interior del cráter. También se miden las ondas de presión, generadas al presentarse una erupción explosiva.

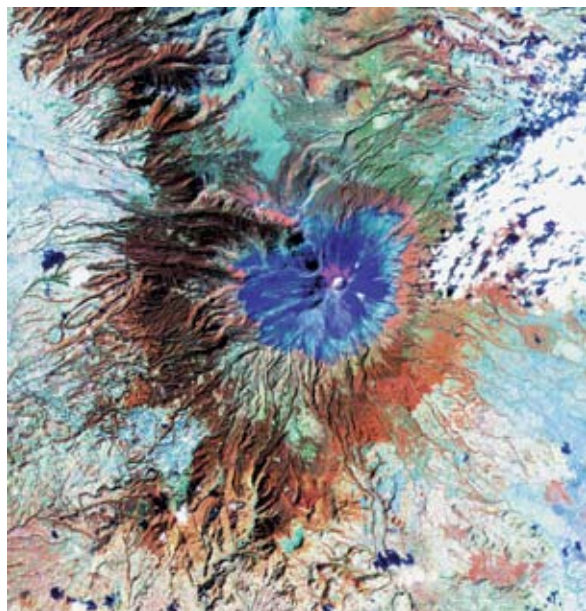


Foto del Popocatepetl, tomada con el satélite Landsat.

Debido a que las cenizas volcánicas pueden afectar severamente el vuelo de las aeronaves, el Cenapred tiene una responsabilidad más: indicar a las autoridades de aviación de la presencia de columnas de ceniza, a fin de evitar accidentes. Para ello se emplea un radar meteorológico que detecta día y noche

emisiones densas de ceniza y materiales sólidos expulsados.

### Más vale prevenir...

El Popocatepetl, desde el cual un conquistador español, Diego de Ordaz, viera por primera vez “la gran ciudad de México y toda la laguna y todos los pueblos que están en ella poblados”, según refiere Bernal Díaz del Castillo, es uno de los volcanes mejor monitoreados del mundo. Gran parte del equipo empleado en esta tarea ha sido diseñado por investigadores de la UNAM y adaptado a las condiciones del volcán.

El sistema completo de monitoreo y vigilancia se ha establecido gracias al trabajo multidisciplinario e interinstitucional; incluso han participado organizaciones de otros países, como la U.S. Geological Survey, con ayuda técnica e instrumentos. Existe además un comité científico formado por destacados investigadores de la UNAM y el Cenapred, cuya labor consiste, con base en el diagnóstico, en informar y hacer las recomendaciones pertinentes a las autoridades de Protección Civil para que éstas apliquen medidas preventivas y se mitiguen así los efectos que “Don Gregorio” pudiera tener sobre la población.

También se toma en cuenta la historia geológica del volcán para elaborar mapas de riesgo y programas de emergencia y evacuación.

De este modo, sísmólogos, geólogos, ingenieros y vulcanólogos vigilan momento a momento al Popocatepetl, tan admirado por los be-

neficios que aporta —la fertilización de tierras, las lluvias que atrae, la belleza de sus paisajes— como temido por los daños que puede ocasionar. 🗨️

Laura Romero Mireles es reportera de la Dirección General de Información de la UNAM y colabora en la revista *Ciencia y Desarrollo*.

### Así se vigila a “Don Gregorio”

- **Monitoreo visual.** Consiste en la detección a simple vista, y por medio de instrumentos ópticos de las manifestaciones externas del volcán, por ejemplo fumarolas y explosiones. Para ello se emplean helicópteros, aviones, satélites y cámaras de video.
- **Monitoreo sísmico.** Es la medición con sismógrafos de las vibraciones producidas en el interior del volcán.
- **Monitoreo geodésico.** Consiste en el registro de las deformaciones del volcán debidas a la presión que ejerce el material magmático al intentar salir de su interior. El aparato que utiliza es el inclinómetro.
- **Monitoreo geoquímico.** Se trata del estudio de los materiales arrojados desde el interior del volcán, como gases, cenizas y rocas. Uno de los instrumentos empleados es el espectrómetro.

### Cronología eruptiva del “cerro que humea”

23,000 a: Ocurre una gran erupción que destruye el edificio volcánico previo.

14,000 a: Ocurre una gran erupción que produce lluvias de ceniza y pómez.

14,000-5,000 a: Ocurren cuatro grandes erupciones.

3000 a.C.-800 d.C.: Ocurren tres grandes erupciones.

800-1998 d.C.: Actividad moderada (erupciones menores, fumarolas, emisiones de ceniza y pómez).

\*(a) Años atrás. (a.C.) Antes de Cristo. (d.C.) Después de Cristo.

### Ficha técnica del volcán

**Nombre:** Popocatepetl (en náhuatl “cerro que humea”)

**Alias:** Don Gregorio

**Diámetro mayor del cráter:** 900 m

**Área del edificio volcánico:** 500 km<sup>2</sup>

**Localización:** 19.02° N., 98.62° W.

**Altura:** 5,442 m

**Profundidad del cráter:** 150 m

**Estados:** Puebla, México y Morelos