

Otras investigaciones sobre el volcán Popocatépetl

El origen se remonta al Pleistoceno

El origen del Xalliquehuac (arena que vuela), Popocatzin (humito o venerado humo), "Cerro que humea" o "Gregorio el chino", como se ha conocido a lo largo de la historia al Popocatépetl, se remonta al periodo Pleistoceno (hace 50 mil años). Numerosas erupciones destruyeron y construyeron lo que hoy es la quinta altitud del continente americano. Destaca una erupción que se produjo probablemente hace 50 mil años, que destruyó los bosques y definió un periodo caracterizado por su gran explosividad en el cual quedó depositado un material volcánico llamado "xaltete" o "cacahuatilo" a distancias de hasta 80 kilómetros del cráter.

Una etapa muy activa en cuanto a erupciones volcánicas se produjo también hace 4,300 años y otra quizá hace unos 800 años. Durante esta última, un volcán arrasó con aldeas de agricultores y con bosques. Se sabe de otra erupción en 1357 a partir de lo cual, según reportan las crónicas, su nombre fue modificado, es decir, de llamarse "Xalliquehuac" pasó a llamarse "Popocatépetl".

La actividad del Popocatépetl parte de un proceso eruptivo de tipo efusivo sin riesgo. La actividad del cuerpo de lava que presenta este volcán nos confirma la idea anterior, por lo que no existe un riesgo mayor para la sociedad toda vez que dicha actividad se mantenga dentro del parámetro ya señalado.

La lava que ha emitido el volcán desde los últimos días de Marzo de 1997 forma parte de un proceso evolutivo de varios siglos y hasta el momento está limitada al interior del cráter, es decir, no representa peligro, excepto para aquellos que se acerquen demasiado al cráter.

Los volcanes pueden tener muchos tipos de erupciones, pero éstas se pueden resumir en "efusivas" o "explosivas".

La diferencia entre ambas consiste en el material que se expulsa y la rapidez con la que esto ocurre. En las erupciones de tipo efusivo la lava sale en pequeñas cantidades y con lentitud, por lo que su impacto no toma por sorpresa a la población. Por el contrario, en las erupciones de tipo explosivo los materiales son arrojados en abundancia y en un tiempo relativamente corto.

Las observaciones efectuadas hasta el momento en el Popocatépetl indican que éste se encuentra en una fase efusiva; sin embargo, no se debe olvidar que de esta etapa es posible evolucionar a la explosiva, además que se trata de fenómenos impredecibles.

Los estudios que se realizan en esa zona están orientados a conocer la probabilidad de que la fase explosiva pudiera ocurrir, a fin de que la población y las autoridades tomen las medidas preventivas necesarias.

Hay que recordar que el Popocatépetl es un volcán activo desde hace muchos siglos y que seguramente continuará así por mucho tiempo. Además, el tipo de su lava y de su actividad parecen tener las mismas características que en 1920. Por esta razón, el proceso actual del Popocatépetl se puede describir como cíclico, a saber, con etapas tranquilas y otras de mayor actividad. Desde Diciembre de 1994 vivimos un periodo de actividad que, según los datos recabados hasta el momento por el Comité Científico, no representa peligro grave. Lo anterior se entiende así: "El riesgo es aceptable en tanto que el peligro que representa la actividad del volcán no exceda las medidas de protección a la población".

Actividad del Popocatépetl en la década de 1920.

Existe una similitud entre la actividad que presentó el Popocatépetl a partir de Febrero de 1919 hasta 1927 y la que ha presentado desde el 21 de Diciembre de 1994 hasta nuestros días.

La actividad de Febrero de 1919 se registró como una serie de explosiones en el interior del cráter, el cual en

1906 estaba ocupado por un lago. No fue sino hasta mediados de la segunda década de este siglo cuando se realizaron expediciones o excursiones a la cima del volcán para hacer observaciones y dibujos de lo que ahí estaba ocurriendo. Estos trabajos muestran la emisión de lava en el interior del volcán y las explosiones violentas de 1927 que supuestamente dieron lugar a la formación de un cráter interno con un diámetro de aproximadamente 700m. y una profundidad de 80 a 100m. -Uno de los dibujos del Doctor Atl muestra las rocas del cráter externo, en cuya parte inferior existía un domo (especie de tapón con bordes pronunciados). Además, se observa que las emisiones de cenizas y vapores ocurrían esencialmente en la periferia de dicho domo fuertemente fracturado.

En la actualidad se puede apreciar que la lava emitida en el sureste del cráter ha llegado a la altura en donde se encuentran los orificios mencionados por el Doctor Atl en los estudios que realizó en torno al volcán en la década de los años veinte; sin embargo, de acuerdo con la cantidad de lava expulsada por el Popocatepetl, se considera que tardaría más de un año para rebasar el cráter externo (de más de 300 metros de alto) del volcán. También se espera que sea un periodo activo muy similar al de principios de siglo y que no tenga una erupción explosiva.

Los cambios de emisiones del volcán pueden ser patrones que indiquen modificaciones en el tipo eruptivo o en la magnitud de 105 eventos del Popocatepetl, por lo que las mediciones frecuentes del incremento o decremento de los gases es imprescindible para conocer la intensidad del proceso.

Instrumentación

Los tipos de vigilancia que actualmente se practican en el Popocatepetl son mediante la observación directa con ayuda de helicópteros, ascensos al volcán, monitoreo sísmico, así como monitoreo de tiempo real, por lo que existen equipos instalados cerca del volcán que transmiten la información por telemetría al Cenapred y a la UNAM, entre otros métodos. Además, como parte del

monitoreo, se cuenta con una cámara enfocada hacia el volcán que transmite vía microondas una imagen de video en tiempo real al Cenapred. De esta manera, se monitorea visualmente y con ayuda de computadoras se analizan los resultados obtenidos para depositarlos en una base de datos y poder correlacionarlos. La sala de detección, localizada en el Cenapred, cuenta con registradores de temblor, con imágenes en vivo y con computadoras, una de las cuales está conectada a un alarma para que en caso de que se incremente la actividad sísmica del volcán o varíe la liberación de la energía, se reporten en forma automática los datos al grupo científico.

Deformación

Para medir la inflamación o deformación del volcán, causada por los efectos anómalos en su interior, se usan métodos convencionales en los que participan estudiantes de Topografía de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. La metodología consiste en instalar varios vértices reflectores en la pared del volcán y otros en lugares alejados de ésta. Así se conoce con gran precisión la distancia y los ángulos entre los distintos vértices. Después, mediante un distanciómetro que genera varias series de pulsos de láser, se mide cuánto tarda este rayo en retractarse en los reflectores y llegar a su origen. Por último, los ángulos se miden mediante métodos matemáticos convencionales. La interpretación de la información se establece de la siguiente manera: si las medidas son mayores, el volcán está en un proceso de deflación y, por el contrario, si la distancia entre los vértices o los ángulos de los mismos disminuyen, entonces estaremos ante un proceso de inflación. En la actualidad, existe una red de vértices instalada en el norte del volcán (cerca del monumento al Paso de Cortés y de Talmacas), que ha proporcionado resultados mediante el proceso descrito, los cuales demuestran que éste sufrió una inflación y recientemente una deflación.

La deformación del volcán Popocatepetl registrada hasta el momento varía de 1.5 a 3 centímetros y su deflación es

en promedio de 1.5 centímetros. Se instalará próximamente una red de este tipo al Este y al Sur del volcán.

Gases y Cenizas

Los cambios de emisiones del volcán pueden ser patrones que indiquen modificaciones en el tipo eruptivo o en la magnitud de los eventos del Popocatepetl, por lo que las mediciones frecuentes del incremento o decremento de los gases es imprescindible para establecer la gravedad del proceso.

Las cantidades de dióxido de azufre que transpira el volcán son cuantificadas mediante un espectrómetro de correlación, propiedad de la Universidad de Colima, el cual mide la absorción de energía solar por las moléculas de dióxido de azufre. El método consiste en colocar la pluma eruptiva entre el instrumento y la fuente de luz. Esta medición puede ser terrestre o aérea, por lo cual se cuenta con apoyo de la Fuerza Aérea y de la Armada de México.

El bióxido de carbono, bióxido de azufre y vapor de agua en forma de fumarola viajan según la dirección del viento y llegan a concentrarse en zonas bajas o planicies. -El bióxido de azufre es un gas irritante para las vías respiratorias. Se detecta principalmente por el olor a huevo podrido y sólo en altas concentraciones puede resultar dañino.

De acuerdo con los estudios químicos, las cenizas arrojadas por el volcán desde Diciembre de 1994 hasta Diciembre de 1997 son de bajo nivel tóxico, es decir, son compuestos similares a los que se encuentran en los suelos de las áreas de cultivo. Los registros de cenizas se efectúan periódicamente, una o dos veces por semana. Los estudios que se hacen para detallar las características de las cenizas y sus variaciones son: medidas de espesor, cálculos de volumen, microscopías y análisis químicos.

Los datos obtenidos hasta el momento indican que la distribución y el volumen de la caída de la ceniza ha variado desde Diciembre de 1994. En un principio se esparcieron hacia Puebla y en la parte central del volcán se registraron

de uno a dos centímetros de espesor. La distribución en el año de 1997 no es uniforme en dirección de Puebla, sin embargo ha comenzado a dirigirse hacia el sur.

Las cenizas volcánicas son partículas de materiales que fueron carbonizados en el interior del volcán, son expulsadas a través del cráter y el viento las dispersa según la dirección que tenga en ese momento.

La ceniza afecta las vías respiratorias (faringitis, laringitis); afectan a los ojos (conjuntivitis u ojos irritados); dañan las tuberías y drenajes (la ceniza al mezclarse con agua forma un sólido que puede tapanlas o romperlas); afecta al agua contaminándola (deja de ser potable); obstruye el paso de la luz; daña la resistencia de los edificios (representa un peso extra); afecta a los motores y maquinarias expuestos a succionar aire porque los obstruye (turbinas, transformadores, generadores, etc.).

Además, después de la aparición de la lava, entre el 5 y el 10 de Abril de 1997, se han localizado partículas de cristales en una matriz de vidrio que probablemente sea material del domo.

Explosiones dirigidas

Columna de material volcánico caliente (rocas, gases y vapores) que pueden alcanzar una altura de 25 a 30 km.; se presentan en forma de hongo; los sólidos que arrojan tienen un tamaño de 3 a 5 cm de diámetro.

Tefra

Salida de gases, vapor de agua y ocasionalmente fragmentos de roca (cuando son mayores de 64 mm. se les llama "bombas" o "bloque"); caen en las cercanías del cráter y se comportan como proyectiles.

Flujos de lava

Roca fundida que corre lentamente por las pendientes del volcán. Existen dos tipos de lava: la fluida (de alta

temperatura) y la sólida. Esta última es de baja temperatura y es la que se encuentra en el Popocatepetl.

Flujos de lodo

Combinación de cenizas volcánicas, tierra, hielo y nieve derretidos que se mueven principalmente en las barrancas del volcán.

Nubes ardientes

Flujo de cenizas calientes que viajan a gran velocidad por un costado del volcán, pueden tener una temperatura de hasta 300° C.

Sismicidad

Las recientes señales sísmicas del Popocatepetl están relacionadas con la salida de lava del domo, ocurridas entre el 28 y 29 de Marzo de 1997. Posteriormente, hubo deformaciones o procesos de fluidos y gases que generaron vibraciones, provocando que el movimiento descendiera del volcán.

Con ayuda de equipo de cómputo se ha logrado un corte del volcán y se han localizado los hipocentros. Estos datos muestran que este tipo de eventos (desde Diciembre de 1994 hasta la fecha) se localizan principalmente en la zona central del volcán a una profundidad de 0 a 10 Km. bajo el nivel de la cima; sin embargo, son señales frecuentes, débiles y acumuladas en el conducto de salida.

Las gráficas de los eventos debajo del volcán muestran fenómenos que pueden ser los causantes de la lava y de las cenizas y que permiten entender las diferentes fases del comportamiento del volcán.

Sismología de volcanes

A lo largo del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico se encuentran distribuidos numerosos volcanes que

son resultado de la interacción de diversas placas tectónicas.

Otra consecuencia de este proceso dinámico la constituye la generación de una gran cantidad de sismos, que muchas veces pueden alcanzar magnitudes catastróficas.

Un claro ejemplo de este proceso lo encontramos en el Japón, donde 46 volcanes activos tienen registros de erupción en tiempos históricos. De la misma manera, las Islas Japonesas y sus regiones adyacentes han sufrido frecuentemente una serie de terremotos destructores de origen tectónico.

Para nuestro país tenemos una situación similar y, en consecuencia, debemos promover el desarrollo de la Sismología y la Volcanología con el fin de proteger a las personas de las catástrofes provocadas por terremotos violentos y erupciones volcánicas.

Para poder distinguir los sismos de origen volcánico es necesario descubrir si existen o no diferencias entre éstos y aquéllos de origen tectónico. De acuerdo con resultados de observaciones sísmicas realizadas sobre diferentes puntos de la corteza terrestre, se ha podido observar que los sismos volcánicos no sólo están limitados en su magnitud cuando se comparan a los de naturaleza tectónica, sino que también se originan en profundidades menores. Asimismo, se ha esclarecido que los sismos de origen volcánico poseen un mecanismo diferente en la generación de ondas y que estos se desarrollan de una manera diferente a los tectónicos. Por otro lado, recientemente ha quedado demostrado que la relación magnitud-frecuencia sísmica (ciclos por segundo) también es diferente para ambos tipos de evento.

Descripción general de sismos volcánicos

De manera inicial, es conveniente clasificar los sismos de origen volcánico de acuerdo con la localización de su hipocentro (lugar donde se inicia la ruptura), su relación

con los diferentes tipos de erupción y la naturaleza del movimiento sísmico.

De acuerdo con la localización hipocentral y al tipo de movimiento sísmico, los temblores de origen volcánico se clasifican en cuatro tipos:

1. Sismos tipo A
2. Sismos tipo B
3. Sismos de explosión o sismos seguidos de erupciones explosivas
4. Tremores volcánicos o pulsaciones volcánicas.

Sismos Tipo A

Este tipo de sismos se producen en y debajo de los volcanes a profundidades mayores, generalmente en el rango de 1 a 20 km. Este tipo de sismos incluyen algunas réplicas de movimiento, aunque raramente exceden de 6° en magnitud en la escala Rittchert. El patrón de desarrollo de la actividad sísmica o la frecuencia sísmica se clasifica como de tipo "enjambre" al igual que el tipo B y los sismos de explosión. Es necesario aclarar que las ondas sísmicas del tipo A son similares a aquéllas generadas por eventos tectónicos de naturaleza superficial.

Sismos tipo B

Los sismos del tipo B se originan usualmente en las zonas adyacentes a cráteres activos a profundidades extremadamente superficiales, por ejemplo, el cráter del Monte Asama en Japón, el Popocatepetl en México y el cráter Halemaumau del Kilauea en Hawai. Las magnitudes de los sismos de tipo B son generalmente muy pequeñas. La onda S de los sismogramas no se distingue fácilmente y los movimientos del sismo consisten fundamentalmente de vibraciones con periodos en el rango de 0.2 seg a 1.0 seg. Dado que la frecuencia sísmica de un sismo de tipo B generalmente se incrementa antes de una erupción explosiva, la observación continua de este tipo de eventos es muy útil como indicador de la actividad interna de los volcanes, esto con el fin de prede-

cir erupciones como ha sido posible en el Monte Asama en el Japón.

Sismos de Explosión

Como se ha observado en el Monte Asama, un caso de erupción explosiva, gran número de bloques de lava y bombas volcánicas con cenizas y gases fueron expulsados con fuertes detonaciones. Una sola erupción explosiva del tipo Volcánico, como las que ocurren en ese volcán, dura tan sólo unos minutos y se ha notado que la expulsión de grandes bloques de lava dura entre 30 o 60 seg.

Generalmente se registra un sismo en la traza correspondiente a una erupción explosiva, que tiene las siguientes características: La máxima amplitud o la magnitud del sismo de explosión tiene una cercana relación con la intensidad de la erupción explosiva y es aproximadamente proporcional a la energía cinética de la erupción. En consecuencia, la magnitud de erupciones explosivas está dada por una fórmula empírica basada en la máxima amplitud del respectivo sismo de explosión.

Para el Monte Asama se ha observado que este tipo de eventos contiene longitudes de onda mayores comparadas con aquellas de los sismos de tipo A y tectónicos. Tales movimientos sísmicos nunca se han sentido más allá del cráter, esto sin considerar el hecho de que la amplitud del movimiento rebasa los 1000 micrómetros a una distancia de 4 a 5 Km. del epicentro. Sin embargo, las detonaciones o vibraciones de aire de las erupciones explosivas son marcadamente fuertes, causando que las casas vibren violentamente. En algunos casos los vidrios de las ventanas de casas o edificaciones situadas al pie del volcán han sido dañados seriamente. En los sismogramas de los sismos de explosión podemos encontrar señales causadas por las ondas de choque del aire.

Tremores Volcánicos

Si se producen sismos de manera incesante o permanente con un corto intervalo de tiempo, entonces los movi-

mientos sísmicos se registran de manera continua. Por ejemplo, los sismos de explosión presentes en erupciones del tipo Hawaiano y Estromboliano se presentan en intervalos de aproximadamente 10 segundos. En otros casos, los sismos del tipo B se presentan de manera casi continua. Como consecuencia, los dos tipos de eventos sísmicos mencionados se observan en la forma de temblores volcánicos.

Aunado a este tipo de temblor que se origina a profundidades superficiales cerca de cráteres activos, se han observado también temblores de origen profundo (20 a 30 Km. en Kilauea Hawai).

Si realizamos un análisis espectral de este tipo de señales encontraremos diferentes tipos de ondas sísmicas, tales como ondas superficiales del tipo Rayleigh y Love.

Un volcán es una de las fuerzas más poderosas que hay en la tierra, sin embargo es el fenómeno de la naturaleza que menos muertes causa.

La distancia que separa a la Ciudad de Puebla del volcán Popocatepetl es de 45 km. en línea recta, por esto algunos fenómenos sólo afectarían a poblaciones cuya cercanía sea de 30 km. o menos.

Recomendaciones generales

1. Tapar tinacos, cisternas y depósitos de agua.
2. Evitar el ejercicio al aire libre.
3. Si existe irritación de ojos,
lavarlos con agua de manzanilla.
4. Manejar con precaución.
5. Cerrar perfectamente puertas y ventanas.
6. No ingerir alimentos en la vía pública.
7. Si existen problemas de la piel,
lavarse con suficiente agua y jabón.
8. Barrer la cenizas 

*Mtro. en C. Rogelio Ramos Aguilar
Investigador del Instituto Tecnológico de Oaxaca*