

# CAPITULO III

## RIESGOS Y MAPEO



ZONIFICACION DE PELIGROS VOLCANICOS DEL  
POPOCATEPETL

INTEGRACION DE INFORMACION CARTOGRAFICA  
SOBRE RIESGO VOLCANICO POR MEDIO DE  
SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

POBLACION EXPUESTA A DESASTRE EN LAS  
PROXIMIDADES DEL VOLCAN POPOCATEPETL

POSIBLE FLUJO DE LODO EN EL COSTADO ORIENTE DEL  
VOLCAN POPOCATEPETL

# ZONIFICACION DE PELIGROS VOLCANICOS DEL POPOCATEPETL

J. L. Macías<sup>1</sup>, G. Carrasco<sup>2</sup> y C. Siebe<sup>1</sup>

## RESUMEN

El Popocatepetl es un volcán de alto riesgo. A raíz de su reactivación el 21 de Diciembre de 1994, se ha requerido la elaboración inmediata de un mapa de peligros actualizado. Con base en los estudios que hasta ahora se han realizado en los depósitos derivados del Volcán Popocatepetl, se han identificado los siguientes peligros potenciales para las poblaciones aledañas al volcán: Flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas (surges) y explosiones dirigidas (blast); flujos de lodo (lahares) y sus transformaciones; derrumbes gigantes (avalancha de escombros) del edificio volcánico; caída de material piroclástico y proyectiles balísticos; y emisión de derrames de lava y posibles domos asociados. El riesgo que representa cada uno de estos peligros es analizado en función de su naturaleza, así como de la magnitud y frecuencia con la que han ocurrido en el pasado; de esta forma se considera que los flujos piroclásticos y los flujos de lodo pueden ser los eventos más peligrosos que amenazan a las poblaciones aledañas al volcán. Los principales peligros asociados al Popocatepetl fueron agrupados en tres áreas diferentes para eventos de flujos y caídas de material volcánico, los cuales representan distintos niveles de peligro en el mapa de zonificación presentado por Macías et al. (1995). Es importante considerar que la identificación y zonificación de los peligros volcánicos en el Popocatepetl es aún de carácter *preliminar*. Por esta razón es necesario llevar a cabo estudios geológicos detallados de la historia eruptiva del volcán que habrán de servir para elaborar una futura versión final o mejorada.

## 1. INTRODUCCION

El Volcan Popocatepetl, con sus 5,452 m de altura sobre el nivel del mar, es la segunda cima más alta del país. Se ubica en la porción central del Cinturón Volcánico Mexicano, a 55 Km al sureste de la Cd. de México y a 45 Km de la Cd. de Puebla (Figura 1). A pesar de su majestuosa belleza y su cercanía a importantes asentamientos humanos, entre ellos la urbe más poblada del mundo, el Popocatepetl ha sido poco estudiado desde el punto de vista geológico.

Los únicos estudios geológico-vulcanológicos efectuados en el volcán son los realizados por Carrasco-Núñez (1985), Robin (1984), Robin y Boudal (1987), incluyendo también el primer mapa preliminar de peligros volcánicos del Popocatepetl realizado por Boudal y Robin (1989). Recientemente se han iniciado estudios vulcanológicos encaminados a conocer con mayor exactitud la historia eruptiva del Popocatepetl de los últimos 23,000 años (Siebe and Abrams, 1993; Siebe et al. 1995a; Siebe et al. 1995b; Macías et al. 1995); varios de estos trabajos fueron incentivados por el notorio incremento de la actividad fumarólica en el cráter del volcán desde finales de 1993.

El conocimiento del comportamiento pasado de un volcán (estudios geológicos y registros históricos) es fundamental para entender su funcionamiento actual y es la base para elaborar mapas de peligros volcánicos. Esta información aunada a un adecuado sistema de monitoreo permite hacer inferencias sobre su actividad futura y disminuir los efectos dañinos de una erupción.

---

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán 04510, México D.F.

<sup>2</sup> Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán 04510, México D.F.

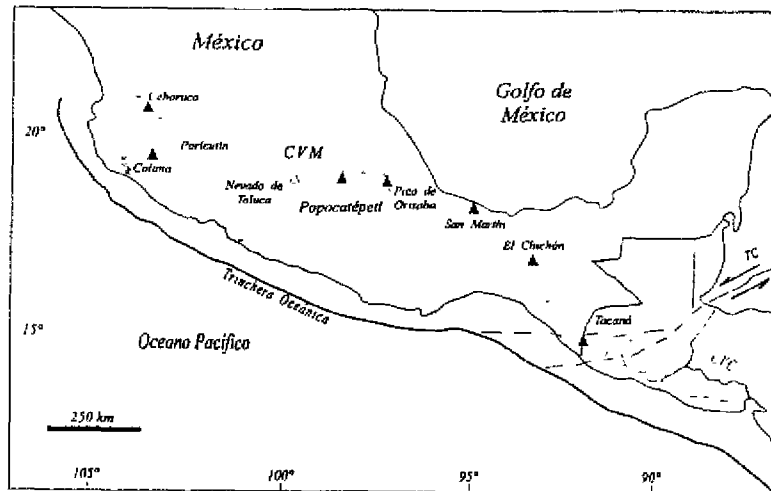


Figura 1. Localización de los principales volcanes de México. El Volcán Popocatepetl se sitúa en la porción central del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM). CVC = Cinturón Volcánico de Centro-América, TC = Trinchera de Cayman.

### 1.1 Necesidad de la Construcción del Mapa de Peligros del Popocatepetl

La reactivación del Volcán Popocatepetl iniciada el 21 de Diciembre de 1994, aceleró la necesidad de contar con una versión actualizada del mapa de peligros volcánicos. En el momento de la crisis volcánica, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) contaba con un mapa de peligros volcánicos, basado fundamentalmente en los trabajos geológicos de Boudal y Robin (1989). Para actualizar la versión existente, se constituyó un subcomité formado por investigadores de los Institutos de Geofísica y Geología de la UNAM y un grupo de asesores extranjeros con amplia experiencia en este tipo de situaciones. La principal preocupación del Comité Científico consistió en producir el mapa en el menor tiempo posible. La premura se debió a varios factores: 1) la constante actividad sísmica y fumarólica observada en el Popocatepetl, 2) la incertidumbre existente en cuanto al tipo, intensidad y el momento en que podría presentarse un evento eruptivo de mayor magnitud, y 3) el grado de alarma ocasionado en los poblados aledaños al volcán y entre las autoridades civiles.

Los objetivos principales de este trabajo son. 1) identificar los principales peligros volcánicos que amenazan a las poblaciones de los alrededores del Popocatepetl y su posible ocurrencia en el futuro; y 2) dar a conocer el mapa preliminar de peligros volcánicos del Popocatepetl elaborado durante la reciente crisis volcánica.

## 2. METODOLOGIA

La evaluación del riesgo volcánico está basada en el conocimiento de la historia eruptiva del volcán en estudio. De esta forma, además de los estudios compilados de la literatura, se consideró también toda la información inédita que hasta el momento se ha obtenido del Volcán Popocatepetl, con el fin de tener una mejor idea sobre la magnitud y frecuencia de las erupciones que el volcán ha tenido en el pasado reciente

Un análisis general de toda la información recabada permitió a Macías et al. (1995) determinar las 3 áreas de peligro que aquí se presentan para eventos derivados por procesos de flujo, cuyos límites fueron trazados en función del alcance máximo observado para algunos de los depósitos más característicos del Volcán Popocatepetl. De manera

complementaria, se aplicaron algunos modelos de cómputo para determinar los alcances máximos para flujos de materiales volcánicos (flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas y lahares). Los límites finales se trazaron considerando algunos kilómetros adicionales como margen de seguridad.

Debido a su amplia distribución, las áreas de peligro asociadas a la caída de material volcánico y a grandes derrumbes y flujos de lodo de gran extensión se muestran en figuras separadas. Para el primer caso, se consideró la distribución de algunos depósitos representativos de erupciones de gran explosividad que ocurrieron en el pasado, algunos de los cuales fueron usados como los peores escenarios para la evaluación de futuras erupciones. Asimismo, se consideró también la información preliminar sobre la distribución general que tienen los vientos con el fin de estimar su dispersión a futuro. Información más completa a este respecto puede encontrarse en Carrasco y Cortés (este volumen).

Las áreas de peligro de grandes derrumbes (avalanchas de escombros) y flujos de lodo de gran alcance se determinaron en función de la distribución máxima observada en depósitos similares.

### **3. PELIGROS VOLCANICOS DEL POPOCATEPETL**

El Popocatepetl es un estratovolcán con una historia eruptiva compleja de la cual se conoce con cierto detenimiento los últimos 23,000 años (ver Siebe et al. ,1995). Hasta el momento se sabe que su actividad volcánica ha variado desde erupciones efusivas, con la emisión de derrames de lava, hasta erupciones de tipo explosivo que han provocado el derrumbe parcial del edificio, con la generación de diversos materiales volcánicos. Los principales peligros volcánicos asociados al Popocatepetl pueden ser agrupados en las siguientes categorías:

1. Peligros por eventos que involucran el flujo de materiales volcánicos
  - A. Lavas
    - a. Derrames de lavas
    - b. Domos de lava
  - B. Corrientes piroclásticas de densidad
    - a. Flujos piroclásticos
    - b. Oleadas piroclásticas "surges"
    - c. Explosiones dirigidas "blast"
  - C. Flujos de lodo y sus transformaciones (lahars)
  - D. Derrumbes gigantes (avalanchas de escombros)
2. Peligros por eventos de caída libre
  - A. Caída de material piroclástico
  - B. proyectiles balísticos

#### **1.A Lavas**

Los derrames de lava son flujos de material fundido e incandescente que siguen la morfología del terreno, éstos avanzan a velocidades bajas y rara vez representan un peligro para la vida humana. Sin embargo, éstos sepultan, destruyen y queman todo a su paso. El volcán Popocatepetl ha emitido derrames centrales de lava (a partir del cráter), así como derrames fisurales como los observados en la porción Este del volcán, cerca de los poblados de Santiago Xalitzintla y San Nicolás de los Ranchos.

Por lo antes mencionado, se considera que la emisión de derrames de lava es un evento que además de ser poco esperado representa un riesgo relativamente pequeño ya que la composición de las últimas lavas emitidas es de tipo dacítica, lo cual sugiere que su viscosidad sería relativamente alta. Este tipo de eventos está restringido al área roja del mapa de peligros de flujos volcánicos, que es la de mayor peligro por ser la más frecuentemente afectada por

diversas erupciones independientemente de su magnitud (Figura 2).

Cuando la lava no es lo suficientemente fluida para ser emitida de manera lateral, generalmente forma un tapón o domo volcánico formado por material fragmentado y viscoso que rellena el cráter del edificio volcánico. Con el aporte de nuevo material lávico, las paredes del domo se tornan inestables dando origen a pequeñas avalanchas que bajan a altas velocidades por los flancos del volcán aunque por cortas distancias. Este fenómeno ha sido frecuentemente observado en las recientes erupciones del Volcán de Colima en 1991 y 1994. Aunque existen depósitos asociados a la destrucción de un antiguo domo central en el registro geológico del Popocatepetl, hasta el momento no existe evidencia de la formación de un nuevo domo ni se han observado modificaciones sustanciales del piso del cráter durante las últimas décadas.

### **1.B Corrientes Piroclásticas de Densidad.**

Se refiere a flujos de materiales volcánicos generados por erupciones de tipo explosivo los cuales están compuestos por gases tóxicos y fragmentos de roca, pómez y escoria de dimensiones variables que van desde bloques y bombas ( $> 64$  mm), gravas (2-64 mm) hasta arena-limo-arcilla ( $< 2$  mm). Estos flujos viajan a altas velocidades por las laderas del volcán, destruyendo y quemando todo a su paso debido a sus altas temperaturas de emplazamiento.

Si la concentración de fragmentos (roca, pómez, escorias, etc.) respecto al gas dentro del flujo es alta, éstos forman flujos piroclásticos, los cuales tienden a canalizarse en las barrancas que circundan al volcán (Figura 3). Si por el contrario la cantidad de fragmentos es menor con respecto al gas que contienen, éstos flujos son capaces de sobrepasar grandes obstáculos a altas velocidades. A este tipo de flujos se les conoce como oleadas piroclásticas o "surges" (en inglés) Figuras 3 y 4. Otro tipo de eventos similares a los anteriores son los generados a partir de explosiones dirigidas. Estos son producidos por la rápida descompresión del aparato volcánico debido a un derrumbe gigante del cono. La erupción en este caso produce un flujo de materiales volcánicos conocido como "blast" (en inglés) el cual es también capaz de sobrepasar grandes obstáculos topográficos tal como lo hacen las oleadas piroclásticas.

El registro geológico del Popocatepetl muestra que un gran número de flujos piroclásticos y oleadas piroclásticas asociadas han sido generados en el pasado. Al menos dos eventos cuya distribución se restringe al área roja han ocurrido cada 1,000 años (Figura 2). El área anaranjada comprende eventos más explosivos o violentos pero menos frecuentes que han ocurrido al menos 10 veces durante los últimos 15,000 años, por ejemplo depósitos café claro en los alrededores del San Pedro Nexapa. Algunos flujos de coloración café clara compuestos esencialmente de arena y limo que representan erupciones de gran magnitud se encuentran ocupando la zona amarilla del mapa de peligros (Ozumba, Amecameca, Tochimilco, Atlixco, etc.). Solo se conocen alrededor de 10 erupciones de este tipo en los últimos 40,000 años.

### **1.C Flujos de Lodo (Lahares)**

Un lahar es una mezcla de agua y una alta concentración de partículas (fragmentos de roca de varias dimensiones) que produce un flujo capaz de acarrear materiales de gran tamaño por grandes distancias. Este tipo de flujos pueden originarse durante o después de una erupción volcánica, debido a la re-movilización de material volcánico suelto ocasionado por lluvias torrenciales, permitiendo que el material desplazado se acumule en las barrancas que circundan el volcán. Debido a su alto contenido de arcillas y limos, los flujos de lodo o lahares son bastante viscosos y densos, lo que les da la apariencia de una colada de concreto y les permite transportar grandes bloques, árboles y construcciones civiles por varios kilómetros.

Los lahares tienden a canalizarse según la topografía preexistente por lo que las áreas de afectación siguen preferentemente las áreas de bajo relieve topográficos pero llegan a extenderse más allá de las zonas afectadas por otro tipo de productos piroclásticos (Figura 2).