



El estudio del vulcanismo en el Observatorio Sismológico y Vulcanológico del Centro de Ciencias de la Tierra

K. Sieron - F. Córdoba Montiel - J. Cervantes Pérez

RESUMEN: Aunado al monitoreo sísmico de los volcanes poligenéticos activos del Estado de Veracruz, en el Observatorio Sismológico y Vulcanológico (OSV) del Centro de Ciencias de la Tierra (CCT) se desarrollan otras actividades de monitoreo e investigación, entre las que se incluye el estudio sistemático de los volcanes que se localizan dentro del territorio veracruzano, especialmente de aquellos que potencialmente pueden presentar actividad eruptiva en el futuro. En esta entidad existen más de 400 volcanes monogenéticos, los cuales por definición solo han tenido una fase de actividad, son de tamaño reducido y se agrupan en los denominados campos volcánicos, además de al menos dos grandes volcanes poligenéticos que se consideran activos (Citlaltépetl ó Pico de Orizaba y San Martín Tuxtla). También se estudian algunos volcanes de otras zonas del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), ya que es necesaria la comprensión del sistema volcánico completo. El estudio de los volcanes y sus productos consiste en la realización

de jornadas de trabajo de campo, durante las que se analizan los materiales arrojados en procesos eruptivos históricos para colocarlos en su contexto y muestrearlos para análisis posteriores. Una vez obtenidos los resultados, se elaboran bases de datos con la información disponible, agregándoles la que se recaba de manera complementaria. Estos estudios que llevan a la comprensión del vulcanismo, son el primer paso encaminado hacia la protección de la población ante una eventualidad de esta naturaleza, lo que es seguido por la elaboración de mapas de susceptibilidad y peligro ante cada fenómeno que acompaña a las erupciones volcánicas. El proceso es tardado y además requiere financiamiento, por lo cual en el OSV y el CCT en general se trabaja constantemente para conseguir fondos para estos estudios tan importantes.

Los productos de estos estudios se divulgan entre la sociedad científica a través de la asistencia en congresos, publicaciones en revistas indexadas y arbitradas y al público en general

a través de la página Web del OSV y diversos medios de distribución (como periódicos, entrevistas, artículos en revistas y libros de divulgación).

ABSTRACT: Besides the seismic monitoring of the active polygenetic volcanoes of Veracruz, there are several other activities carried out at the Seismological and Volcanological Observatory of the Earth Science Center of the Veracruzana University, including the systematic study of the Veracruz volcanoes, first and foremost the ones potentially presenting future activity. In the Veracruz State there are over 400 monogenetic volcanoes, which are by definition small sized volcanoes with only one eruptive phase, grouped within so called volcanic fields, additional to the two large long-lived active polygenetic volcanoes Pico de Orizaba and San Martín Tuxtla. Furthermore, we also study other volcanic centers along the Trans-Mexican Volcanic Belt, which is very helpful in order to better understand the volcanic system as a whole. Studying volcanoes consists first and foremost in fieldwork, during which the material expelled by volcanoes during past eruptions are put into context and sampled for further analyses. Data bases are developed, which include already available information as well as constantly added new data being obtained. These studies aiming at understanding volcanism are necessarily the first step towards the protection of the population, followed by the elaboration of susceptibility and hazard maps according to any of the phenomena accompanying volcanic eruptions. This process takes time and also requires substantial financial support, because of which the Observatory and the Earth Science Center in general is working in order to obtain financing for these important studies.

The final products are divulged amongst the scientific society by attending conferences and publishing indexed papers and the public in general by the Observatory web page and diverse media (as there are newspapers, interviews, and papers and books).

1. Introducción

Las tareas que se propuso el Observatorio incluyen, contribuir a la Protección Civil en el estado de Veracruz mediante el estudio del vulcanismo activo de esta entidad a través de monitoreo, pero también estimando el peligro potencial asociado al vulcanismo, además de realizar investigación básica y aplicada, implementar metodologías y generar productos académicos de valor científico, así como apoyar en procesos orientados a la comprensión de estos fenómenos geofísicos.

En México existe una franja, que se extiende en la dirección de Oeste a Este, donde se concentran una gran cantidad de volcanes y sus productos, denominada Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (p. ej. Mooser, 1972; Demant, 1978). El origen del vulcanismo en esta región del país se debe a que las placas Rivera y de Cocos (ver Figura 1) se subducen (sumergen) por debajo de la placa Norteamericana a lo largo de una línea (denominada "trinchera" en Figura 1) frente a la costa Sur de México. La parte al extremo oriente del Cinturón Volcánico Mexicano se encuentra en territorio veracruzano, pero no es la única región con vulcanismo activo, ya que más al sur de esta entidad existe el Campo Volcánico Los Tuxtlas (CVLT).

Generalmente existen dos grandes grupos de volcanes, los volcanes de grandes dimensiones que tienen erupciones cada cierto lapso del tiempo (volcanes poligenéticos) y los volcanes de pequeñas dimensiones que sólo tienen una fase eruptiva, antes de extinguirse (volcanes monogenéticos). Mientras que en los grandes volcanes activos, tales como el Citlaltepetl (o Pico de Orizaba) y el San Martín en el Estado de Veracruz, la actividad se concentra en el edificio volcánico principal, los volcanes pequeños se dispersan en los denominados Campos Volcánicos y una nueva actividad se puede producir en diferentes lugares dentro del mismo. Esto tiene consecuencias para las estrategias de monitoreo que se tratarán en algún momento posterior.

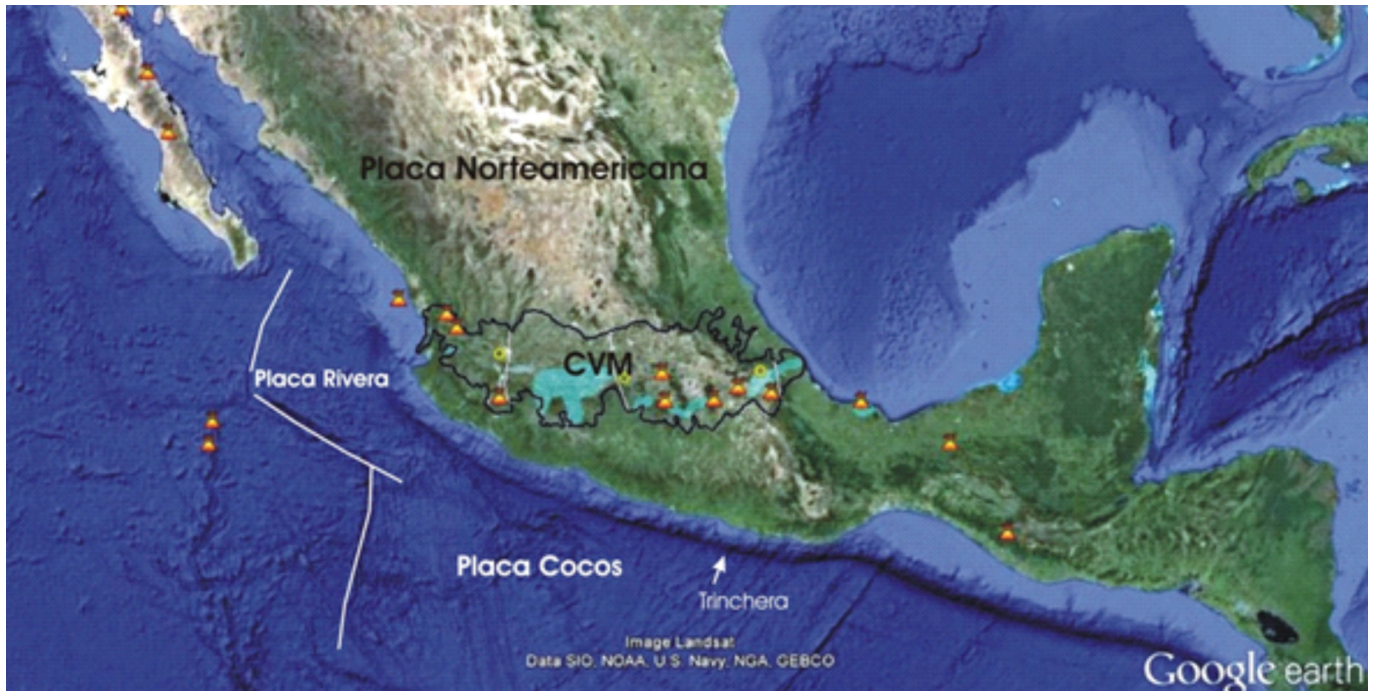


Figura 1. Situación tectónica en México que genera el vulcanismo dentro del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM).

Para efectivamente coadyuvar a la protección civil por los fenómenos que se relacionan con la actividad volcánica, es indispensable estudiarla de todos los aspectos, porque solo comprendiendo el vulcanismo pasado, se puede obtener una idea de cómo podría ser proyectada durante una eventualidad en el futuro.

2. Metodologías empleadas en el estudio del vulcanismo activo

2.1 Estudio de la historia eruptiva

En estos últimos años, se ha facilitado el acceso a imágenaría de alta calidad (como por ejemplo: la tecnología LIDAR), lo que permite visualizar a los volcanes en tres dimensiones sin cobertura vegetal (Figura 2), de manera adicional a la información topográfica disponible en INEGI. Así, parece que cada vez es más fácil y accesible identificar a los edificios volcánicos, describirlos morfológicamente y clasificarlos.

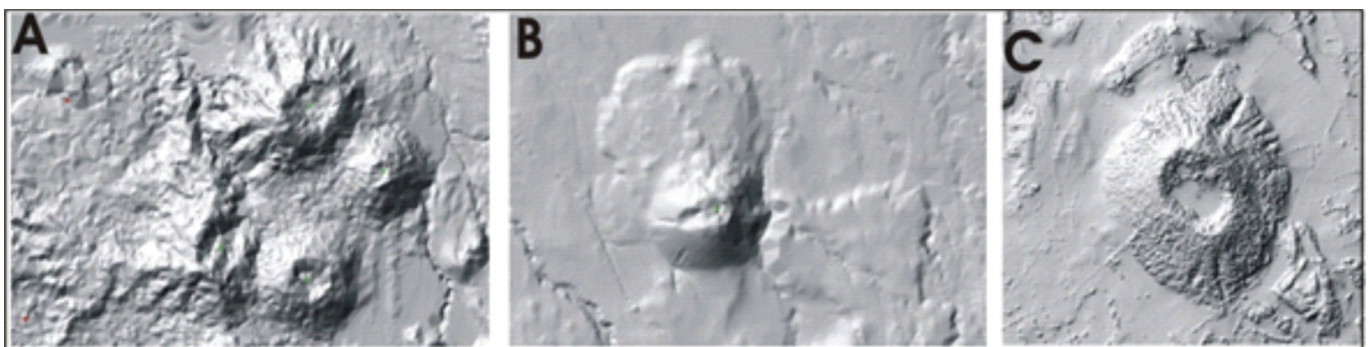


Figura 2. Ejemplos de imágenes Lidar de terreno de volcanes monogenéticos en el Campo Volcánico Los Tuxtlas (A y B) y de una imagen Lidar de superficie de un volcán del Campo Volcánico Xalapa (C).

Sin embargo, la misma facilidad conlleva una probabilidad alta de dudas y/o equivocaciones en la interpretación de estas estructuras, que solo se puede corregir mediante trabajo en campo. Únicamente los depósitos de erupciones pasadas pueden dar información precisa sobre el tipo de roca y de actividad volcánica. Los depósitos alrededor de los volcanes describen su historia desde su inicio, capa por capa, una sobre otra (Figura 3).



Figura 3. Estratos (o capas) de depósitos volcánicos.

En el trabajo de campo, se elaboran “secciones estratigráficas” que son perfiles que contienen el registro de cada uno de los depósitos de los afloramientos encontrados en campo. Pero, mediante estas secciones estratigráficas solo se puede descifrar que tipo de actividad ha tenido el volcán bajo estudio y en qué secuencia (lo más antiguo correspondiendo al estrato inferior). Se puede obtener información adicional a partir de la toma y el análisis de muestras en laboratorio.

2.2 Muestreo de depósitos volcánicos

Para tener una imagen más completa de la historia de un volcán, se pueden tomar diferentes tipos de muestras, tales como aquellas enfocadas a un análisis químico e isotópico ó

para fechamiento y granulometría. Los fechamientos indican qué edad tiene cada una de las capas volcánicas que son producto de un evento específico ocurrido en el pasado. Sólo conociendo las edades de las diferentes erupciones, es posible analizar su recurrencia en un determinado volcán y por ende, tener una idea probable de ocurrencia en el futuro. Existen diferentes métodos de fechamiento de roca y otros materiales, que varían según material disponible y la edad aproximada del depósito que se someterá a este método. En este caso, ya que el vulcanismo dentro del Cinturón Volcánico Mexicano es geológicamente “joven”, el método del carbono-14 es en la mayoría de veces el más adecuado. Para ello, se busca material orgánico dentro de los depósitos volcánicos, como carbón (producto de materia orgánica “quemada” durante la erupción volcánica), para posteriormente determinar el tiempo que ha transcurrido desde que sufrió esta alteración (Figura 4), mediante el análisis de relaciones de los diferentes isótopos del elemento “carbono” empleando un espectrómetro de masas.

También se pueden estudiar los tipos de roca y las condiciones del sistema magmático a través de secciones delgadas (Figura 5), análisis químicos e isotópicos.



Figura 4. Tronco de un árbol quemado (al centro de la foto) por la actividad volcánica (en este caso, el paso de un flujo piroclástico) que se usó para determinar la edad de la erupción.

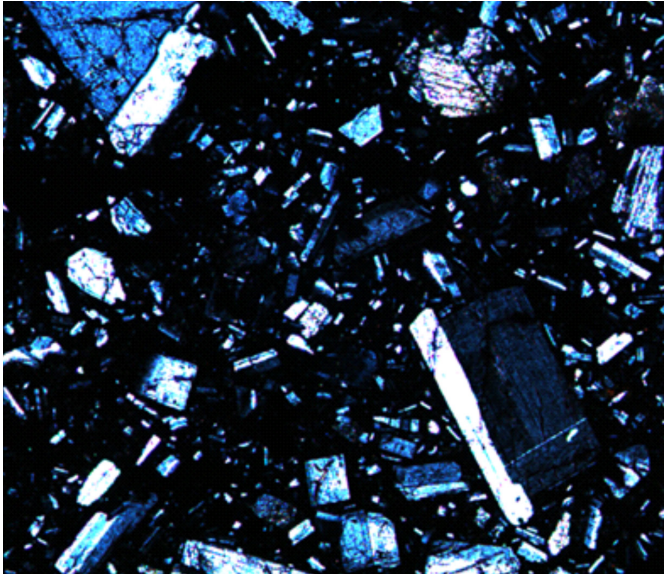


Figura 5. Fotografía de una sección delgada de una lava andesítica donde se aprecian distintos cristales que conforman la roca.

2.3 Interpretación de los datos

Cada uno de los análisis que se realizan, ya sea en campo, gabinete o a partir de diversas muestras, aporta información sobre el volcán estudiado. Si se conoce la historia eruptiva de un volcán por medio de fechamientos desde sus primeras expresiones, es posible determinar cada qué tanto este volcán ha manifestado cierto tipo de actividad y se podrán establecer las probabilidades de ocurrencia de fenómenos similares observados en el pasado. Adicionalmente, con el monitoreo del volcán activo, se pueden detectar cambios en diferentes parámetros, que alertarían sobre una eventual reactivación del mismo. Los datos químicos e isotópicos proveen valiosa información sobre el magma que está involucrado, su proveniencia y cambio durante su trayectoria al desplazarse a través de la corteza terrestre.

En el estudio del vulcanismo monogenético hay que tomar en cuenta otros aspectos. Un volcán monogenético no tiene una historia eruptiva como tal, ya que se durante una sola fase de actividad, pero conociendo las ubicaciones de todos los integrantes de un campo volcánico monogenético, el tipo de actividad que manifestaron y su edad, es factible estimar con

un cierto grado de incertidumbre dónde ocurrirá el siguiente “nacimiento” de un volcán de este tipo y la actividad que puede presentar. También las actividades de monitoreo se complican, ya que hay que “vigilar” una zona más amplia a diferencia de un área muy bien localizada de un volcán poligenético.

2.4 Elaboración de mapas de susceptibilidad y peligro

Una vez conociendo con precisión la historia eruptiva de un volcán, o campo volcánico mediante las metodologías descritas anteriormente y otras adicionales, se puede continuar en la elaboración de mapas que indiquen cuáles zonas pueden ser afectadas por determinado tipo de fenómeno relacionado a la actividad volcánica.

Los fenómenos que se relacionan con actividad volcánica incluyen caída de ceniza, flujos de lava, flujos piroclásticos y oleadas, bombas balísticas, lahares y gases tóxicos. La presentación y combinación de estos fenómenos es diferente dependiendo del tipo de volcán y magma involucrado, entre muchos otros factores más. Por ello, es necesario estudiar cada uno de los volcanes, ya que cada uno es distinto.

Las zonas en un mapa de peligro muchas veces tienen un código de colores, que indica la probabilidad de que ocurra un cierto fenómeno en cierta zona en los alrededores de un volcán.

Para estimar las probabilidades de ocurrencia, es necesario conocer cada cuando un volcán ha presentado cierto tipo de actividad (historia eruptiva) y para determinar las zonas probablemente afectadas por los distintos fenómenos, se tiene que haber estudiado el alcance de los fenómenos volcánicos en el pasado.

Con los distintos métodos descritos anteriormente, se obtienen parámetros que describen los fenómenos y los cuales se podrán usar como entrada para diversos programas de simulación. Dichos programas permiten crear escenarios que reproducen la trayectoria y alcance de los fenómenos que pueden ocurrir en el futuro con la información precisa del pasado.

El resultado final será un mapa de peligro generalizado, indicando las áreas afectadas por futuras erupciones, el cual podrá usarse por las autoridades correspondientes para fines de mitigación.

2.2 Estatus del vulcanismo en Veracruz

La situación en Veracruz muestra que aún falta mucho por hacer, en términos de estudios geológicos y de peligros asociados al vulcanismo. El Pico de Orizaba o Citlaltépetl y el San Martín Tuxtla cuentan con un monitoreo básico, pero únicamente el primero cuenta con un mapa de peligros generalizado (Figura 6), aunque ya desactualizado (>10 años) (Sheridan et al., 2002). El San Martín Tuxtla solo cuenta con mapas de peligro para un solo escenario (Sieron et al., 2013); sin embargo, debe estudiarse con más detalle para poder elaborar en el futuro un mapa generalizado que contemple todos los peligros asociados en varios escenarios, que a su vez incluyen estimaciones de magnitud y probabilidades de ocurrencia de los diferentes fenómenos.

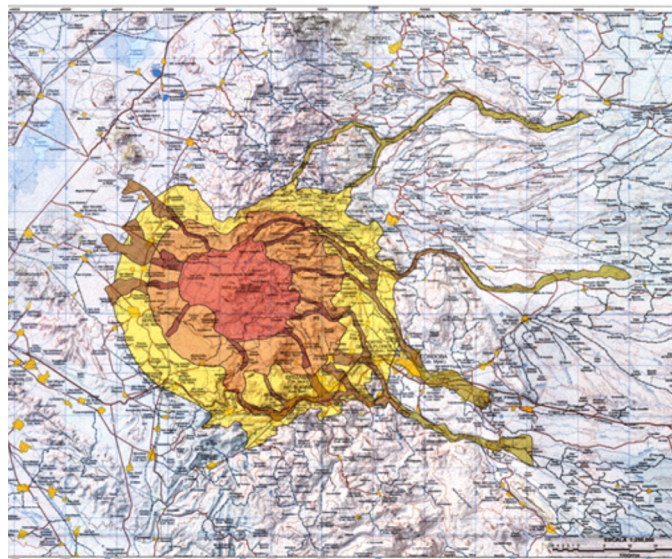


Figura 6. Parte del mapa de peligros generalizado (Sheridan et al., 2002) mostrando zonas afectadas por diversos fenómenos volcánicos (como flujos piroclásticos, lahares y balísticos).

Los campos volcánicos de Veracruz, como Los

Tuxtlas con un número > 350 volcanes y Xalapa con más de 40 volcanes, en la actualidad no cuentan con monitoreo o mapas de peligro. Por ello, son una prioridad en este momento en el OSV desde el punto de vista volcánico y se presentarán resultados en próximos volúmenes.

En consecuencia, actualmente se están obteniendo datos sobre ubicaciones de volcanes monogenéticos, fechamientos de depósitos, química de depósitos, morfología de volcanes, perfiles estratigráficos y estudios de la geología general; todo ello para impulsar la comprensión de este tipo de vulcanismo en el Estado y la preparación para un futuro monitoreo y otras medidas para la protección de la población que habita el área.

Referencias

- Sheridan, M.F., Carrasco-Nuñez, G., Hubbard, B.E., Siebe, C., Rodríguez Elizarrarás, S., 2002, Mapa de peligros del Volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba), escala 1:25 000: Universidad Nacional Autónoma de México, I.G: 1 mapa.
- Sieron, K., Capra, L., Rodríguez, S. 2013. Hazard assessment at San Martin Volcano based on geological record, modeling and spatial analysis. *Natural Hazards* doi: 10.1007/s11069-013-0807-7.
- Demant, A. (1978). Características del eje neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. Universidad Nacional Autónoma de México. *Rev.Ins.Geo*.pp 172-187.
- Mooser, F. (1972). The Mexican Volcanic Belt-structure and tectonics.pp 55-70.