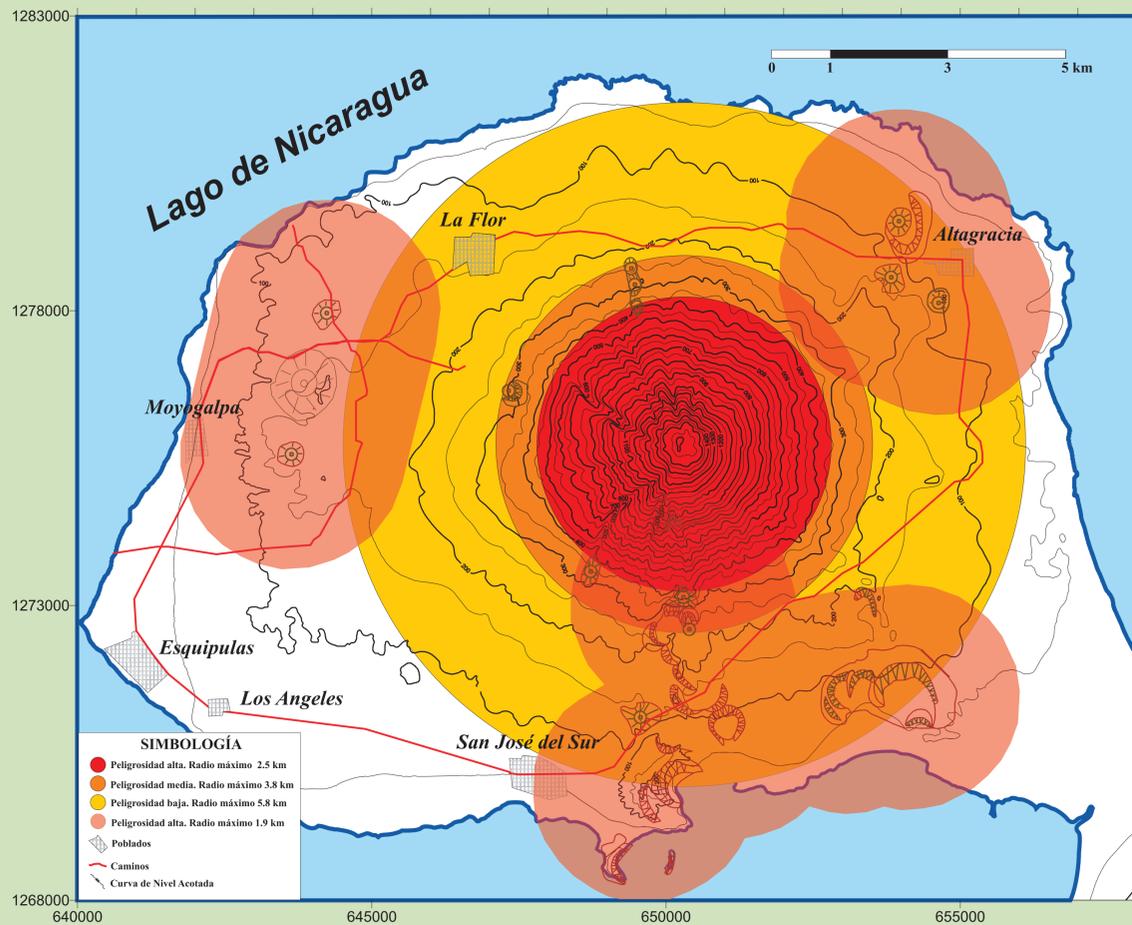


Volcán Concepción

Mapa de Amenaza Volcánica I

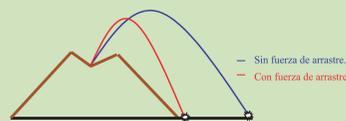


PROYECTILES BALÍSTICOS

Las erupciones explosivas. Los magmas ascienden atravesando el manto superior y la corteza hasta llegar a la superficie, y salen de manera efusiva—es decir, como flujos de lava— o explosiva—la cual provoca nubes de material fragmentado, denominado de manera genérica como tefras o piroclastos.

Las tefras son fragmentos de roca y lava expulsados hacia la atmósfera como producto de una erupción explosiva y que caen posteriormente sobre la superficie terrestre. Su tamaño puede variar desde ceniza (menos de 2 mm) y lapilli (de 2 a 64 mm) hasta bloques y bombas (más de 64 mm) que pueden alcanzar diámetros de varios metros. La densidad de la tefra varía de baja en el caso de la pómez y escoria vesiculares, hasta cristales y fragmentos líticos muy densos. El material puede ser de tipo juvenil (formado a partir de magma involucrado en la erupción) o de tipo accidental (formado de rocas preexistentes).

Durante las erupciones explosivas, las partículas son transportadas hacia arriba por medio de columnas eruptivas. Sin embargo, las tefras más grandes y densas son expulsadas siguiendo trayectorias balísticas, muy cercanas a las trayectorias de tiro parabólico debido a la fuerza de gravedad, pero modificadas debido a la fuerza de arrastre del aire, la cual disminuye el alcance de las partículas y provoca que el impacto sea más vertical. Para calcular el efecto de esta fuerza hay que considerar la densidad del aire, la forma de la partícula, la altura del cono, la forma del cráter, entre otros. Los proyectiles balísticos abandonan el cráter a velocidades que varían de decenas a centenares de metros por segundo, y sus trayectorias no son afectadas por la dinámica de la columna eruptiva.



Alcance y efectos de los productos balísticos. El alcance de los proyectiles balísticos depende de la magnitud de la explosión que les dio origen, aunque difícilmente tienen un alcance superior a 10 km. Sin embargo, éstos representan un peligro para la vida y las propiedades por la fuerza de impacto con la que caen y por sus elevadas temperaturas. El peligro de impacto por grandes fragmentos es máximo cerca del cráter y decrece al incrementarse la distancia desde el mismo.

Las velocidades típicas de impacto van desde 300 hasta 500 km/hr. Esto implica que las personas puedan sobrevivir la caída de proyectiles pequeños (menores que 3 cm) en refugios especiales, pero no de balísticos grandes ya que pueden afectar incluso construcciones sólidas (por ejemplo un balístico de 30 cm de diámetro que cae a una velocidad de 500 km/hr tiene una energía de impacto igual a la del choque de un automóvil de una tonelada moviéndose a 100 km/hr).

Los balísticos al momento del impacto representan un peligro también debido a que su temperatura puede ser superior al punto de ignición de la vegetación, lo cual puede provocar incendios en regiones cercanas al volcán.

Además de los peligros mencionados, se encuentra la amenaza para la aeronavegación pues las altas velocidades de los proyectiles hace que alcancen grandes alturas en muy pocos segundos y su impacto con aeronaves puede ser de consecuencias fatales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón y el Gobierno de México hacia el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. El trabajo doctoral del Dr. Benjamín Wyck van de Vries sirvió de base para el análisis de los diferentes escenarios de peligro volcánico. El Dr. Michael F. Sheridan de la Universidad Estatal de Nueva York en Buffalo aportó el programa Flow3D para llevar a cabo las simulaciones de flujos de lava. Las simulaciones por computadora fueron realizadas utilizando los recursos de cómputo de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México. El Dr. Wilfried Strauchta Dra. Graciela Devóli y el Ing. Richard Wilmer Blanco Laiva del INETER proporcionaron los modelos digitales de elevación. Pedro Pérez auxilió de manera fundamental con su guía y conocimiento de los sitios de afloramientos geológicos importantes. Finalmente, sin el entusiasmo y apoyo decidido del Ing. Claudio Gutiérrez Huete no hubiera sido posible este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Alatorre Ibarguengoitia, M. A., H. Delgado Granados e I. A. Farraz Montes, 2001, Mapa de peligros por caída de productos balísticos del volcán Popocatepetl, Publicado por el Instituto de Geofísica, U.N.A.M. y el CENAPRED.

Blong, R.J., 1984, Volcanic Hazards: A source book on the Effects of Eruptions, Academic Press, Orlando, Florida, 424 p.

Borgia, A., van Wyk de Vries, B., and Baxter, P., 1993, Detailed description of crater, Concepción, Global Volcanism Newsletter, Smithsonian Institute.

Bower, S.M. y Woods, A.W., 1996. On the dispersal of clasts from volcanic craters during small explosive eruptions. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 73 pp.19-32.

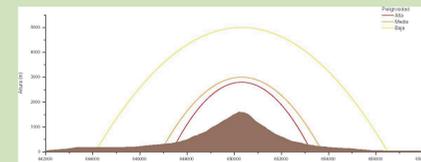
Mapa de Peligros por caída de productos balísticos del volcán Concepción. El peligro volcánico se define como la probabilidad de que un área determinada sea afectada por procesos o productos volcánicos potencialmente destructivos en un intervalo dado de tiempo. El mapa presenta las áreas máximas aproximadas que pueden ser alcanzadas por los proyectiles balísticos lanzados por el volcán Concepción de acuerdo a diferentes escenarios explosivos que están basados en parámetros de energía observados en erupciones de otros volcanes. Para cada escenario se consideró el ángulo de máximo alcance, el diámetro con el cual los balísticos tienen un mayor alcance y un viento favorable de 20 m/s para todas las direcciones, además de la topografía del volcán. Para el caso de erupciones en conos secundarios se consideró el escenario de peligrosidad alta y las condiciones de máximo alcance. El mayor alcance obtenido considerando un viento favorable de 20 m/s es de 1.9 km y sin viento es de 1.6 km.

En el análisis de amenaza por proyectiles balísticos que se muestra en el mapa, se incluye el perfil de los alcances verticales máximos para los mismos tres escenarios de energía explosiva, considerando para cada uno de ellos diferentes ángulos de salida de los proyectiles balísticos.

Escenarios explosivos considerados para el mapa de peligros por caída de productos balísticos del Volcán Concepción.

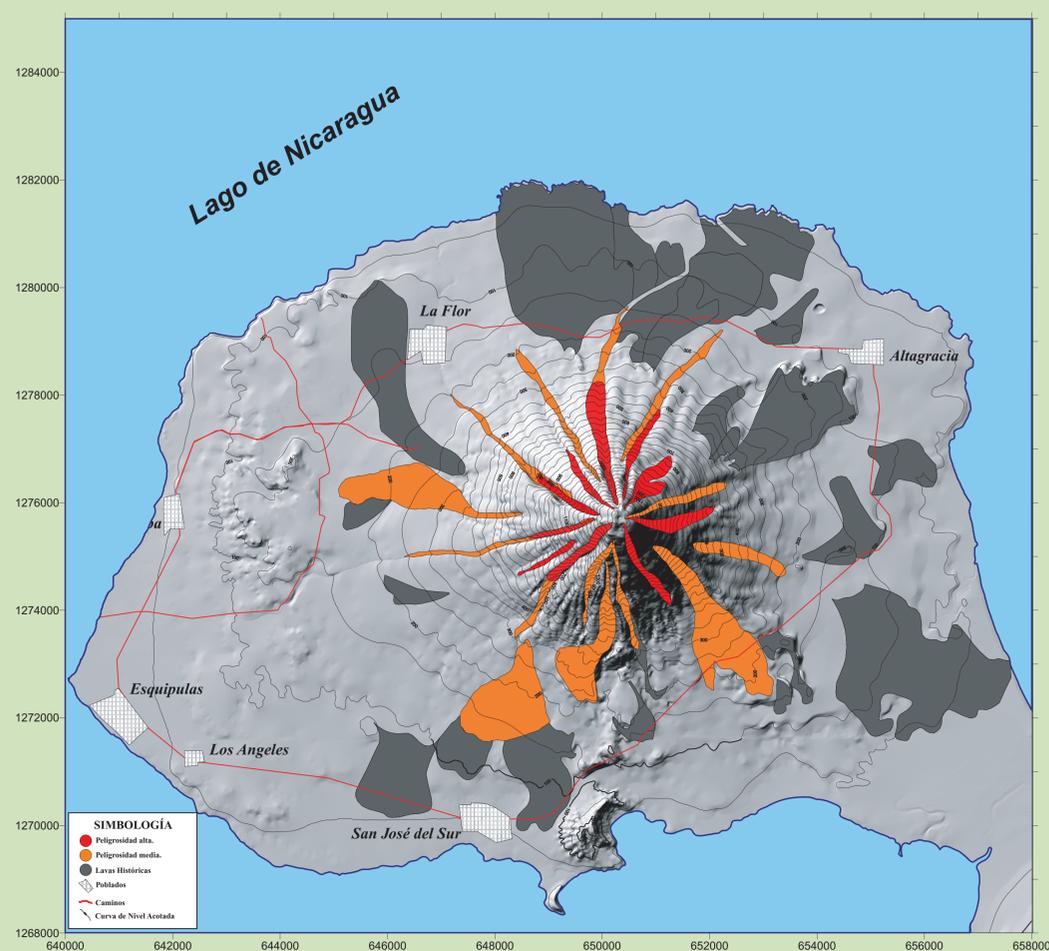
Peligrosidad	Referencia	Energía (kJ)	Alcance máximo (km)	Altura máxima (km)
Alta (rojo)	Paricutin	770	2.6	2.8
Media (naranja)	Popocatepetl, 1998	2700	3.2	3.0
Baja (amarillo)	Arenal, 1968	120000	5.8	5.0

De esta manera, los tres escenarios plasmados en el mapa permiten tener una percepción espacial del área que puede ser afectada por la caída probable de balísticos. En el caso más probable y por tanto de mayor peligro, el área de afectación se señala en color rojo. En el caso menos probable y por tanto de menor peligro, correspondiente a los eventos explosivos esperados con mayor magnitud, el alcance es mayor y el área de afectación se muestra en color amarillo. En este caso, se incluyen diversas poblaciones dentro de esta área. La zona de peligrosidad intermedia se muestra en color naranja.



Esta figura muestra los alcances verticales por proyectiles balísticos, de acuerdo con los tres escenarios considerados.

El mapa permite, mediante esta distinción de áreas de posible alcance, identificar las áreas de afectación según los diferentes escenarios, lo cual es útil en la planeación de las acciones a llevar a cabo en caso de contingencia.



FLUJOS DE LAVA

Origen de los magmas y flujos de lava Los productos de los volcanes se originan a diferentes profundidades en el interior del planeta. La Tierra está compuesta de varias capas generadas por las diferencias en el estado físico de sus materiales (sólido, líquido o transicionales), a las diversidades químicas de éstos, o bien, a las variaciones combinadas del estado físico y la composición química. Así, se conoce de la existencia de los núcleos interno y externo, del manto y de la corteza, con diferencias físicas importantes entre ellas. En la parte externa del manto superior existe una zona donde los materiales se comportan de manera plástica, es decir, cuando se le aplican esfuerzos se deforman, ésta es la *astenosfera*. En cambio, en la región que está encima de ella, la *litosfera*, las rocas se rompen.

La litosfera suele ser muy gruesa debajo de los continentes y muy delgada debajo de los océanos. Debido a las diferencias físicas entre la litosfera rígida y la astenosfera deformable, la primera se rompe en grandes trozos, los cuales conocemos con el nombre de *placas tectónicas*. La superficie del planeta está dividida en placas, y en las zonas donde éstas interactúan, por ejemplo chocando, se da *subducción*, proceso en que la placa más densa se hunde debajo de la menos densa. Es así que se originan los volcanes.

El vulcanismo sólo ocurre cuando se presentan las condiciones de presión y temperatura necesarias para generar la deshidratación de las rocas *subducidas*, cuyos fluidos, posteriormente, serán los que generen la fusión parcial de las rocas circundantes y, de este modo, surgirán los magmas.

La placa de Cocos choca con la placa del Caribe en la zona de la Trinchera Mesoamericana, y esta origina la Cadena Volcánica de Nicaragua, donde se encuentran los volcanes como el Concepción, las calderas como la de Masaya y los pequeños volcanes monogénicos como los del lineamiento Nejapa - Miraflores.

Los magmas en su zona de origen son cuerpos conformados por un material que contrasta en densidad con las rocas que los rodean. Por ello, ascienden atravesando el manto superior y la corteza hasta llegar a la superficie.

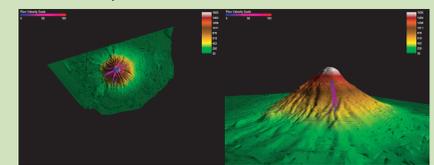
La lava es el producto más familiar de la actividad volcánica y consiste en corrientes de roca fundida producidas cuando el magma alcanza la superficie de la corteza a través de los conductos de los volcanes o bien por medio de fisuras. La salida del magma se inicia con su adición a una cámara, produciendo que la presión del fluido total de la cámara magmática exceda el esfuerzo mínimo principal de la roca encajonante llevando al rompimiento del techo de la cámara magmática y a la salida del magma.

El mayor riesgo relacionado a flujos de lava es el daño parcial o destrucción total por enterramiento, trituración o incendio, de todo lo que éstas encuentran a su paso. Sin embargo, flujos relativamente grandes probablemente pueden cubrir áreas de algunos cientos de kilómetros cuadrados. La mayoría de los flujos se mueven lentamente permitiendo que la gente pueda moverse fácilmente y colocarse fuera de su alcance.

Amenaza por flujos de lava en el volcán Concepción. El mayor número de eventos eruptivos que ha ocurrido durante tiempos históricos en el volcán Concepción es el de flujos de lava de composición basáltica o andesítica.

Con base en los trabajos de campo realizados y tomando en cuenta los mapas geológicos generados, se pueden identificar las zonas más probables de origen de un flujo de lava, tal como se muestra en el mapa de amenazas. A partir del cráter se pueden presentar las emisiones de lava centrales, las cuales serían emitidas de manera preferencial hacia el oeste debido a que el cráter se encuentra inclinado en esa dirección. No obstante, las lavas pueden en su momento, ser emitidas en forma radial al cono, proceso que ha hecho crecer al volcán desde sus inicios.

Por otra parte, las lavas podrían ser emitidas también, a partir de fisuras con tendencia predominante norte-sur y prácticamente a partir de cualquier nivel del volcán. Adicionalmente, podría ser emitidas a partir de otras fisuras con disposición *quasi* radial, aunque las zonas con menor probabilidad para que esto se dé, son las zonas oriental y occidental.



Las simulaciones por computadora se realizaron en forma radial y tomando en cuenta la posibilidad de que algunos flujos de lava pudieran surgir a partir de fisuras o fracturas en las partes medias e inferiores del edificio volcánico.

Los alcances de las lavas son variables, pero con mayor frecuencia se detienen alrededor de la altitud 200-300 m, aunque los flujos de lava más voluminosos llegan hasta el lago (Tabla 1).

Tabla 1. Características de algunos flujos de lava observados en el volcán Concepción.

Fecha	Dirección	Alcance (km)	Desnivel (m)	Pendiente (°)	Observaciones
Febrero de 1883	Norte	0.01	1600	45	El flujo viajó hacia San José del Norte
12 de Diciembre de 1921	Norte	4	1600	45	El flujo de lava se dirigió finalmente al noreste
13 de Diciembre de 1921	Sur	5	1605	45	El flujo se dirigió hacia San José del Sur
11 de Enero de 1945	Nor-noreste	2	1600	45	
10 de Agosto de 1945	Oeste	2	1600	45	Los flujos se dirigieron a San Marcos causando destrucción. Se obstaculizó el paso a Atlagracia.
25 de Abril de 1955	Oeste	2	700	45	Los flujos de lava se dirigieron finalmente al norte del volcán
20 de Abril de 1957	Este	4	1600	45	Los flujos de la lava viajaron también hacia el norte y oeste del volcán

El mapa fue construido utilizando las trayectorias y alcances obtenidos en las simulaciones por computadora y calibrando los resultados con las observaciones de campo. El color rojo indica los alcances más probables, mientras que el naranja muestra los alcances de flujos de lava en un escenario de mayor tasa de efusión. Se nota que las lavas fluyen por los cauces, aunque algunas simulaciones fueron hechas a partir de fracturas existentes en el edificio volcánico. Los máximos alcances están indicados por los flujos de lava que resaltan en el modelo digital de elevación y en el contorno de las lavas históricas compiladas.

Miller, C.D., 1989, Potential volcanic hazards from future volcanic eruptions in California, Bull. U.S.G.S., 1847, 17 p.

Tilling, R., y Punongbayan, S., 1993, Los peligros volcánicos, WOVVO, 125 p.

Walt, R.B., Mastin, L.G. & Miller, T.P., 1995, Ballistic Showers During Crater Peak Eruptions of Mount Spurr Volcano, Summer 1992. U.S.G.S. Bulletin, pp. 89-106.

Wilson, L., 1972, Explosive Volcanic Eruptions II. The Atmospheric Trajectories of Pyroclasts. Geophys. Jour. Roy. Astr., 30, pp. 381-392.

Wyk van de Vries, B., 1993, Tectonics and magma evolution of Nicaragua volcanic systems. Unpublished Ph.D. thesis, Department of Earth Sciences, The Open University, U.K., 328 pp.

Elaborado por: H. Delgado Granados, M. Navarro Collado, I. Abimelec Farraz y M. A. Alatorre Ibarguengoitia