

Volcán Concepción

Mapa de Amenaza Volcánica II

LLUVIA DE TEFRAS

Columnas y nubes de piroclastos. Durante las erupciones volcánicas explosivas, las partículas (fragmentos de roca denominados tefra o piroclastos) son transportadas hacia arriba por medio de columnas eruptivas, las cuales consisten de una zona inferior de empuje por gases, y una zona superior convectiva. Una columna eruptiva continuará ascendiendo por convección hasta que su densidad sea igual a la de la atmósfera circundante. Luego sufrirá una expansión lateral, pero también continuará ascendiendo debido a la inercia, y formará una amplia nube en forma de paraguas, que juega un papel importante en el transporte de tefras o piroclastos. En esta región, los vientos actúan sobre las cenizas más finas y las transportan en la dirección en que soplan con una velocidad de acuerdo con su intensidad. Así se forma una nube de cenizas que puede viajar por varios kilómetros e incluso por miles de kilómetros.

Una vez que una nube de cenizas se extiende a favor del viento, la zona de influencia por la precipitación de piroclastos se extiende, aunque las tefras más gruesas se precipitan cercanamente al volcán, mientras que las cenizas finas se precipitan a mayores distancias. Las cenizas más finas, con tamaños de decenas a centenas de micrómetros (10 mm = 0.01 mm) son las que viajan a distancias más grandes.

Consecuencias de la caída o lluvia de tefras. Los depósitos de caída de tefra típicamente cubren la superficie preexistente del terreno con una capa de espesor casi uniforme en una zona dada de relieve bajo a moderado. En un terreno escarpado, la remoción de las tefras durante e inmediatamente después de la deposición puede conducir a cambios pronunciados en el espesor. Cambios en la energía de la columna eruptiva, la composición del material emitido, y la dirección y velocidad del viento producen variaciones en las capas sucesivas.

La caída de tefras es una amenaza para la vida y las propiedades por:

- enterramiento
- formación de una suspensión de partículas de grano fino en el agua y aire
- el transporte de gases nocivos, ácidos, sales y en las cercanías el calor.

La lluvia de tefra constituye el peligro directo de mayor alcance derivado de erupciones volcánicas.

El enterramiento por tefra puede provocar el colapso de los techos de edificios, destruir líneas de transmisión de energía y comunicaciones, y dañar o acabar con la vegetación. La tefra seca y no compactada tiene densidades que varían entre 0.4-0.7 g/cm³, mientras que la tefra húmeda y compactada alcanza valores de densidad de hasta 1 g/cm³. De esta manera, la carga impartida por una capa de caída de tefra de 10 cm de espesor puede variar de entre 40-70 kg/m² para tefras secas y hasta 100-125 kg/m² para tefras húmedas. La humedad también incrementa la cohesión de la tefra.

Los efectos del enterramiento sobre la vegetación son muy variables, capas delgadas de tefra pueden causar daños dependiendo de las especies vegetales, la época del año y de la etapa de crecimiento de la planta.

La caída de tefra puede causar incendios, tanto por rayos generados en las nubes eruptivas, como por fragmentos incandescentes. En ciertos casos, incluso a varios kilómetros del cráter, los depósitos de caída de tefra pueden ser tan calientes que los fragmentos pueden quedar soldados entre sí.

Cuando la tefra se dispersa sobre una cuenca hidrográfica, ésta puede inducir cambios importantes en las relaciones precipitación/escorrentía. Depósitos de cenizas finas con una baja permeabilidad llevan a un aumento en la escorrentía, a una erosión acelerada y a un ajuste en los canales de los ríos. Por el contrario, depósitos potentes de tefra de grano grueso pueden incrementar la capacidad de infiltración y prácticamente eliminar la escorrentía.

La suspensión de partículas de grano fino en el aire afecta la visibilidad y la salud (especialmente a personas con problemas respiratorios) y puede estropear maquinaria desprotegida (especialmente motores de combustión interna). El transporte aéreo, ferroviario y en carreteras es especialmente vulnerable. Depósitos delgados de pueden causar graves daños a servicios comunitarios críticos como centrales de generación eléctrica, plantas de bombeo, sistemas de drenaje y plantas de tratamiento de aguas. La ceniza fina puede producir cortocircuitos en las líneas de transmisión. Adicionalmente, las comunicaciones se pueden ver afectadas por daños en las líneas telefónicas y estaciones transmisoras de radio y televisión, y por descargas de tipo eléctrico causado por rayos. La oscuridad producida durante el día por las caídas de tefra puede persistir hasta varios días, puede causar pánico y complicar otros problemas. Finalmente, la aeronavegación puede ser afectada seriamente debido al peligro de paro de turbinas al incursionar una nave en medio de una nube de cenizas, las cuales son indelectables por medio de radar, por su similitud a la distancia con nubes meteorológicas y a la capacidad de viajar por miles de kilómetros.

Amenaza por caída de tefras procedentes del volcán Concepción. La estratigrafía parece estar influenciada por los patrones de viento. Depósitos de tefra dominan el sector occidental, mientras que las lavas se observan con más frecuencia en el sector oriental del cono.

Eventos explosivos ocurridos en el volcán Concepción.

Fecha	Evento	Tipo	Materiales	Dirección	Alcance (km)	Observaciones
02/01/1983	erupción	estromboliana	cenizas y bloques	250	18	Las cenizas se depositaron en Moyogalpa
11/10/1983	erupción	estromboliana	bloques y cenizas	250	4	Las cenizas se depositaron en Moyogalpa
01/21/1988	erupción	estromboliana	cenizas y bloques	250	4	Las cenizas se depositaron en Moyogalpa
08/07/1988	erupción	estromboliana	cenizas	250	4	Las cenizas se depositaron en Moyogalpa
12/27/1987	erupción	estromboliana	cenizas y bloques	250	7	Las cenizas se depositaron en toda la isla, se sintieron temblores
07/01/1983	erupción	estromboliana	cenizas	250	7	Las cenizas se depositaron en Moyogalpa
15/04/1982	erupción	estromboliana	cenizas	250	7	La columna de cenizas se observó desde Coahuila
26/01/1928	erupción	estromboliana	cenizas y bloques	250	25	Las cenizas se depositaron en Belén y Potosí
29/12/1944	erupción	estromboliana	cenizas	270	4	Las cenizas se depositaron hacia Los Angeles
11/01/1940	erupción	estromboliana	cenizas	180	5	Cenizas, bombas y bloques se depositaron en la zona del volcán
28/08/1961	erupción	estromboliana	cenizas	250	3	Prepararse explosiones de cenizas, se sintieron temblores
18/12/1982	erupción	estromboliana	cenizas	250	2	Prepararse explosiones de cenizas que se sintieron el cráter
25/04/1995	erupción	estromboliana	cenizas y bloques	270	20	Las cenizas alcanzaron Potosí y Belén
30/03/1987	erupción	subpliniana	cenizas y bloques	270	30	Las cenizas cubrieron el territorio de Potosí, desde Belén se sintieron temblores
08/01/1991	desgasificación	gasosa y cenizas	gasosa y cenizas	270	2	Se observaron grandes dosis de gases y pequeñas explosiones de cenizas
13/02/1974	erupción	gasosa y cenizas	gasosa y cenizas	270	2	Las explosiones de cenizas fueron muy repetitivas y violentas.
25/04/1977	erupción	estromboliana	cenizas	270	3	Prepararse salida de gases, se sintieron temblores
15/03/1978	erupción	desgasificación y cenizas	gasosa y cenizas	270	4	Prepararse explosiones de cenizas
07/03/1982	erupción	desgasificación y cenizas	gasosa y cenizas	270	4	Poca salida de cenizas
10/11/1982	desgasificación	gasosa	gasosa	270	4	
08/04/1982	erupción	estromboliana	cenizas	250	5	Se sintieron temblores

FLUJOS PIROCLÁSTICOS

Origen de los flujos piroclásticos. Los flujos piroclásticos son mezclas secas y calientes (300°C a 800°C) de escombros piroclásticos y gases que se movilizan a ras de la superficie a velocidades que varían en un rango de 10 a varios cientos de metros por segundo. Un flujo se compone de dos partes: a) un flujo basal, denso y cerrado al piso, y b) una oleada en forma de nube turbulenta de ceniza que precede o cabalga sobre el mismo. Nubes convectivas de ceniza también pueden estar asociadas a flujos piroclásticos y forman un depósito de caída de tefra.

Los flujos piroclásticos se forman de varias maneras:

- por colapso gravitacional de columnas eruptivas de gran altura
 - a partir de columnas eruptivas de poca altura que se derraman sobre el filo del cráter y que pueden preceder el desarrollo de una columna eruptiva de gran altura.
 - por la destrucción gravitacional o explosiva de domos lávicos y flujos de lava calientes.
- Una vez que el flujo se inicia, varios procesos lo sustentan, uno de ellos es el de la fluidización parcial del flujo por medio del escape de gases. Los gases contenidos en el flujo provienen de:
- la desgasificación de los piroclastos en el flujo
 - aire y gases magmáticos atrapados durante la formación del flujo
 - aire recogido durante el avance del frente del flujo
 - vaporización del agua de superficie

Los flujos piroclásticos presentan una amplia gama en composición y temperatura, volumen y tasa eruptiva, lo cual se manifiesta en el amplio rango de extensiones que pueden alcanzar.

Dependiendo de su composición, varía su movilidad, flujos piroclásticos de bloques y cenizas son de baja movilidad y generalmente están restringidos a pocas decenas de kilómetros de los centros de emisión. Por el contrario, flujos piroclásticos pumiticos compuestos principalmente por lapilli y ceniza pueden extenderse hasta 200 kilómetros de distancia de su centro de emisión y cubrir miles a decenas de miles de kilómetros cuadrados.

La inercia impartida a los flujos piroclásticos pumiticos de gran volumen, por su masa y velocidad, pueden sobrepasar barreras topográficas de cientos de metros de altura por lo que tienen la capacidad de afectar áreas que yacen fuera de las cuencas hidrográficas cuyas cabeceras apuntan hacia al volcán que los origina.

Debido a su masa, alta temperatura, alta velocidad y gran energía potencial presentan una amenaza de muerte por asfixia, enterramiento, incineración e impacto. Además de estos efectos directos, los flujos piroclásticos se pueden

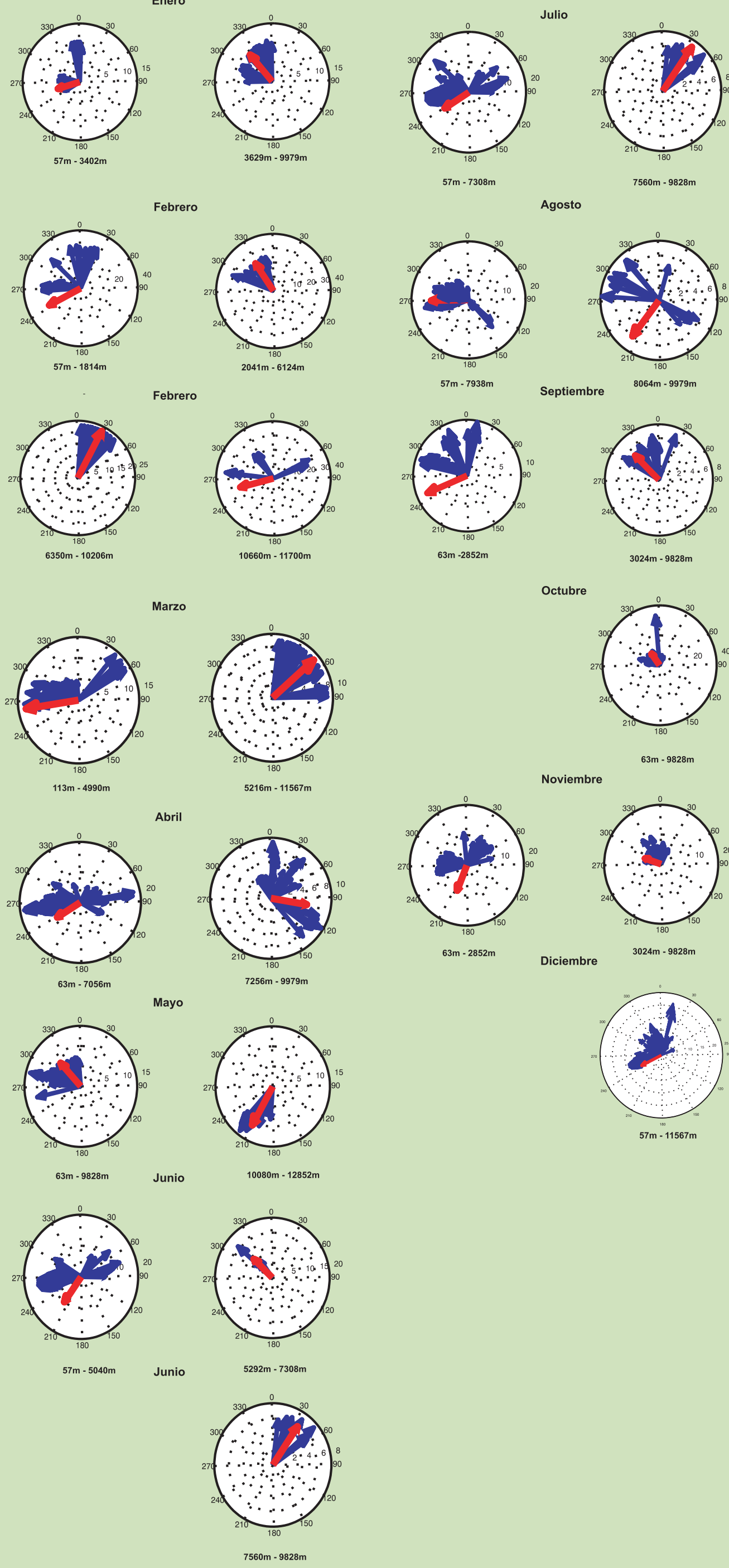


De acuerdo con comentarios provenientes de habitantes de la región de Rivas, localizada al otro lado del lago y a favor del viento, las cenizas han llegado a precipitarse en la zona y tal vez unas decenas de kilómetros más al oeste-suroeste para un total de cerca de 100 km de área de influencia.



SIMBOLOGÍA

- Área de mayor probabilidad de caída de cenizas
- Área de probabilidad media de caída de cenizas
- Peligrosidad alta (flujos piroclásticos)
- Peligrosidad media (flujos piroclásticos)
- Poblad
- Caminos
- Curva de Nivel Acotada

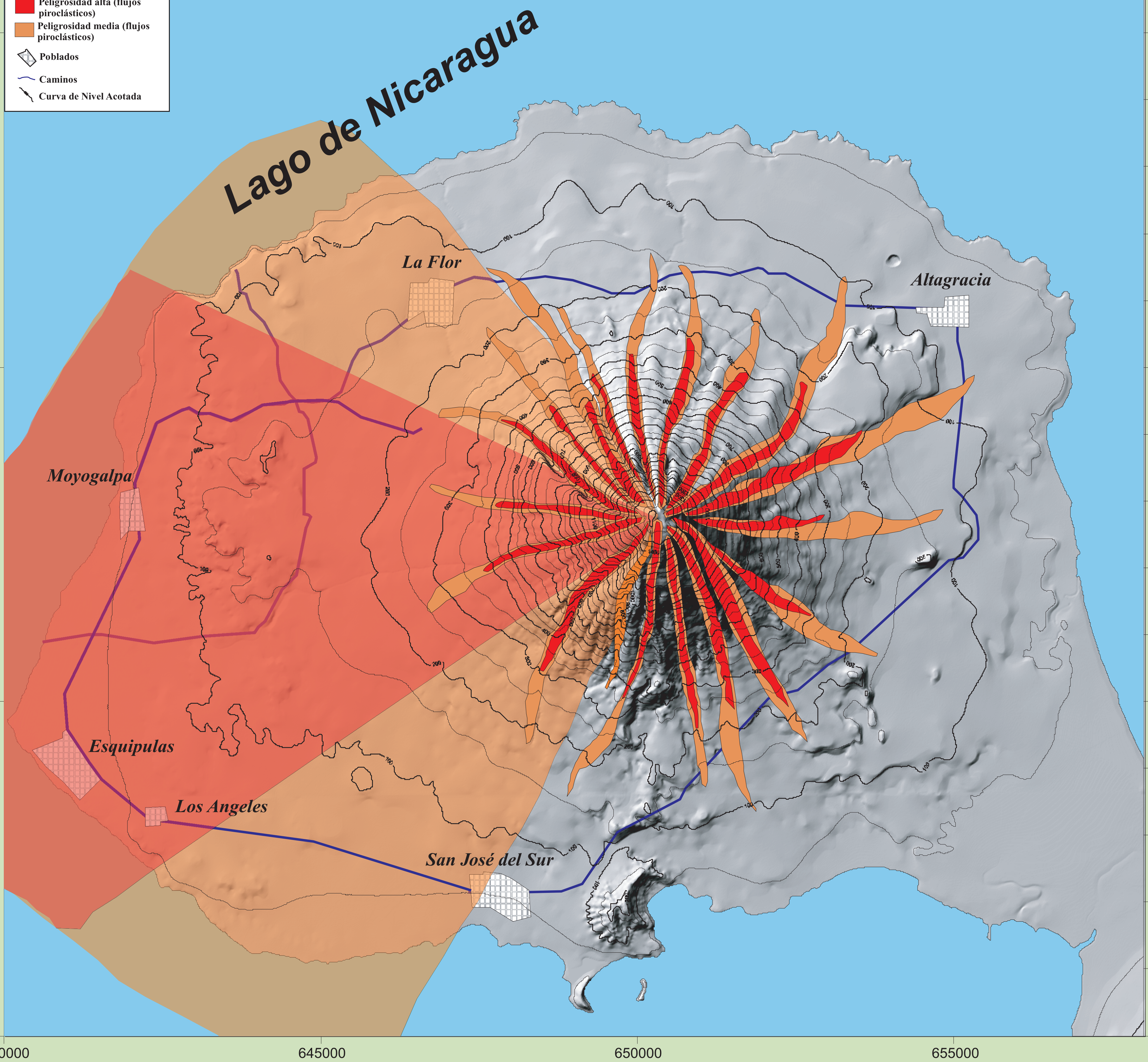


1283000

1278000

1273000

1268000

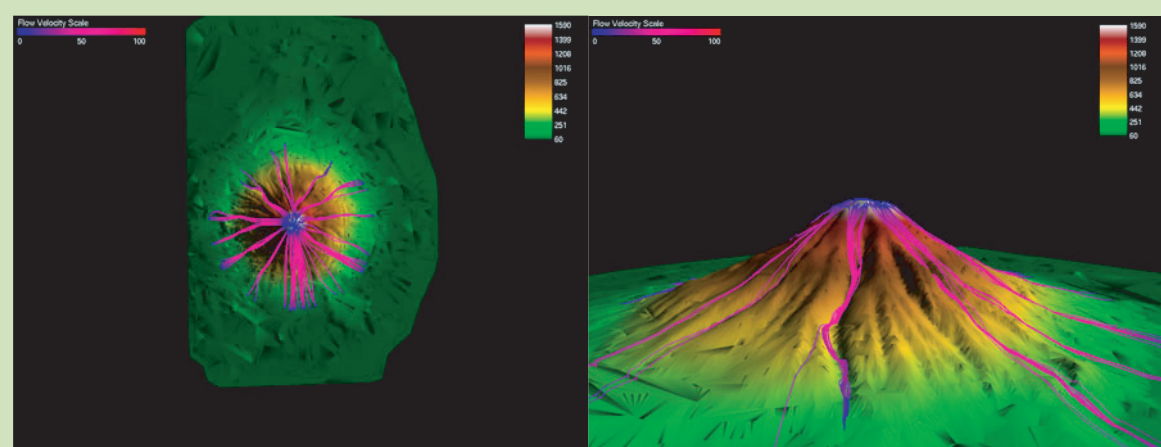


0 1 3 5 km

mezclar con agua superficial para formar lahares y torrentes, que pueden causar graves daños valle abajo. Los flujos piroclásticos también son capaces de generar incendios, los cuales pueden extenderse mucho más allá de los límites del flujo mismo.

Amenaza por flujos piroclásticos en el volcán Concepción. De acuerdo con la información disponible y tomando en cuenta las observaciones de campo, la producción de flujos piroclásticos es uno de los escenarios más improbables debido a que no existen depósitos relacionados o bien, se han observado en contadas ocasiones en el pasado. El 20 de marzo de 1957 los flujos piroclásticos viajaron a 15 km/hr y alcanzaron 3 km desde la cima, los pobladores de Moyogalpa y San José del sur abandonaron la isla.

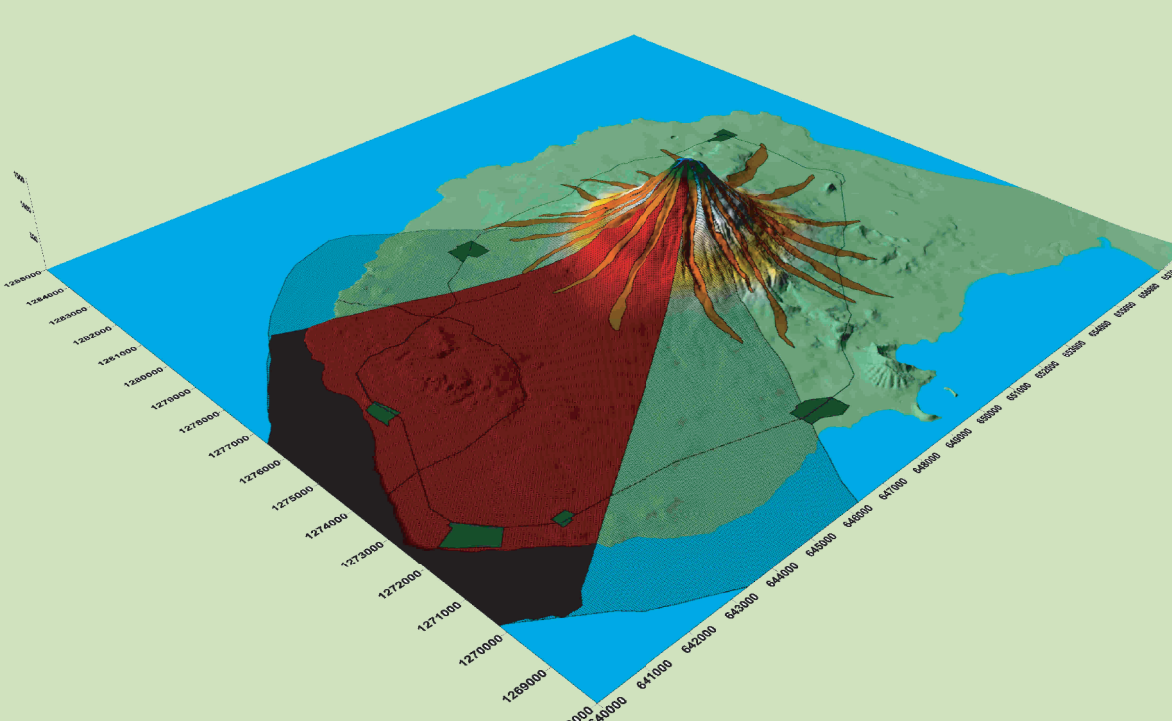
No obstante, se presentan una serie de simulaciones que permiten tener una idea de los posibles alcances de flujos piroclásticos de bloques y cenizas, que serían los más probables de ocurrir, pero también se consideran el escenario del eventual colapso de una columna pliniana-subpliniana.



Las simulaciones por computadora se realizaron en forma radial y tomando en cuenta tres escenarios de peligrosidad.

En el mapa de peligros, los colores indican los diferentes escenarios, de acuerdo a lo siguiente: el color rojo indica el alcance probable de flujos piroclásticos generados en un esquema de la más alta probabilidad, es decir, durante la ocurrencia de flujos piroclásticos generados por explosiones volcánicas de baja

magnitud (poco volumen de material piroclástico) o colapsos de frentes de lava emitidos desde el cráter. En color naranja se muestran los alcances probables de flujos piroclásticos en un escenario de magnitud mayor. No se ilustran los correspondientes a un evento pliniano (de mayor magnitud) debido a que no existen evidencias de campo que permitan calibrar tal escenario.



Vista tridimensional del mapa de peligro o amenazas por flujos piroclásticos y caída de tefras. Los límites de los escenarios de caída de tefras fueron concebidos por Martha Navarro y Benjamín Wyck van de Vries.

Oleadas piroclásticas. Son dispersiones gas-sólido, turbulentas, bajas en concentraciones de partículas, que fluyen sobre la superficie del terreno a altas velocidades. Las oleadas piroclásticas se dividen en dos categorías: oleadas calientes y oleadas frías. Las oleadas piroclásticas calientes son generadas por muchos de los mismos procesos que dan lugar a los flujos piroclásticos; las oleadas piroclásticas frías son generadas por explosiones hidromagmáticas o hidrovulcánicas.

Las oleadas piroclásticas en las frías, u oleadas basales, se originan en explosiones hidrovulcánicas en las cuales el agua subterránea somera o agua superficial interactúa con el magma. Estas oleadas generalmente contienen agua y/o vapor y se encuentran a temperaturas inferiores al punto de ebullición del agua. Es típico que las oleadas basales se encuentren restringidas a un radio de 10 km de sus centros de emisión.

Se forman a partir de dispersiones sólido-gas de baja concentración y por lo tanto son menos controladas por la topografía que los flujos piroclásticos. Si bien los flujos piroclásticos están gobernados por la topografía, las oleadas derivadas de los mismos tienen una movilidad más alta y por lo tanto pueden afectar áreas bastante alejadas de los límites del flujo piroclástico. Oleadas piroclásticas calientes pueden afectar áreas localizadas a varias decenas de kilómetros de los centros de emisión.

Las oleadas piroclásticas representan una serie de peligros, los cuales incluyen destrucción por nubes de ceniza que se mueven a gran velocidad, el impacto de los fragmentos de roca y el enterramiento por depósitos dejados por la oleada. Las oleadas piroclásticas calientes presentan algunos peligros adicionales, como

Patrones de viento. Con el fin de conocer mejor las áreas de influencia de las nubes de cenizas del volcán Concepción se realizó un análisis de los patrones de viento utilizando los datos meteorológicos disponibles, por mes y por año, para diferentes altitudes. Las figuras que se presentan en este trabajo muestran la distribución de los datos de tiempo por altitud, la dirección de las flechas indica aquélla en la que sopla el viento. Las flechas rojas representan la dirección promedio. El largo de las flechas indica la intensidad del viento. Adicionalmente se nota lo siguiente:

- Febrero y julio son los meses con mayores variaciones en dirección del viento con respecto a la altitud.
- Los vientos bajos (menos de 6,000 msnm), en general soplan hacia el sector occidental. Así, este sector es el más influenciado por la caída de tefras durante las explosiones estrombolianas y vulcanianas del volcán, como lo muestra el mapa.
- Esta situación se preserva en altitudes mayores a 7,000 msnm, pero en marzo, abril, junio y julio los vientos soplan hacia el sector oriental. Esto significa que, durante explosiones plinianas, los vientos podrían llevarse las cenizas hacia ese sector.

Eventos explosivos en las márgenes del edificio volcánico. Los fenómenos explosivos en fracturas asociadas a un edificio volcánico pueden derivar en la acumulación de tefras que lleguen a construir un edificio volcánico parásito o cono cinerítico adventicio.

Los peligros asociados con la construcción de conos adventicios son los mismos que para un volcán mayor, sólo que el alcance de los productos suele ser menor, en el caso de explosiones estrombolianas.

La aparición de un cono nuevo implicaría el sepultamiento de la zona donde éste tenga su nacimiento y las zonas aledañas sufrirían los efectos del sepultamiento por cenizas en zonas que podrían ser de 25 km² o más.

Amenaza por construcción de edificios parásitos en el volcán Concepción. Volcanes como el Concepción llevan a cabo su actividad eruptiva explosiva, no solamente a partir del conducto central, sino además, a partir de conductos o fisuras laterales.

Los trabajos de campo y la cartografía geológica muestran que se pueden desarrollar nuevos conos cineríticos en zonas cercanas a lineamientos norte-sur en los sectores norte y sur del volcán Concepción.

son la incineración, los gases tóxicos y la asfixia. Catástrofes volcánicas notables han sido producidas por el impacto de oleadas piroclásticas calientes: Vesubio, Italia en el año 79 D.C.; Mt. Lamington, Papua Nueva Guinea en 1951 y El Chichón, México en 1982.

Debido a sus elevadas velocidades (algunas decenas de m/s) y a su gran movilidad, cualquier escape es imposible una vez que la oleada ha sido generada. El único método efectivo de mitigación es la evacuación de las de las áreas amenazadas desde el inicio de la erupción.

Las explosiones laterales pueden definirse como "expulsiones de tefra de relativamente corta duración, donde la componente lateral del momento es elevado debido a las grandes sobrepresiones que se desarrollan en la boca de emisión", otra definición menciona que "las grandes explosiones dirigidas lateralmente son fenómenos complejos que comparten características de flujos piroclásticos y oleadas, pero que se tratan separadamente debido a que tienen una componente inicial de ángulo bajo y pueden afectar amplios sectores de un volcán de hasta 180 grados y alcanzar distancias de decenas de kilómetros", es importante agregar que estas explosiones se mueven a velocidades excepcionalmente altas (mayores a 100 m/s) y tienen una movilidad muy alta, por lo que casi no les afectan los rasgos topográficos.

Resultan de la despresurización repentina del sistema magmático y/o hidrotérmal dentro del volcán, dicha despresurización puede originarse por deslizamientos. Dichos deslizamientos se pueden producir por actividad magmática, responsable del rompimiento de un área de significativa deformación (como en el caso de la erupción del monte Santa Elena en 1980). También la sismicidad es un factor que contribuye al deslizamiento, la actividad freática y la debilidad estructural de un sector del edificio volcánico contribuyen a la generación de explosiones dirigidas.

Las fuentes de amenaza son: el calor (de hasta algunos cientos de grados centígrados), la propagación de ondas de choque, la alta velocidad (mayor a 100 m/s), la mezcla de gases y partículas volcánicas es nociva, la alta movilidad (que provoca que los flujos sobrepasen la topografía preexistente), la dirección de la explosión y una gran zona de afectación (que llega a ser de 50 km de radio en torno a la fuente).

El impacto se manifiesta en amplias zonas de afectación (gran alcance), en forma de incendios, daño parcial o total (derribo, abrasión, enterramiento e impacto de escombros) y asfixia.

Amenaza por oleadas piroclásticas en el volcán Concepción. Las observaciones de campo muestran que este tipo de eventos son muy posibles de ocurrir, a pesar de que en tiempos históricos no se hayan presentado eventos de este tipo. La existencia de estructuras tipo maar como El Mogote, permiten reconocer la posibilidad de que en el futuro se lleven a cabo eventos explosivos en los bordes norte y sur de la isla con el Lago de Nicaragua, donde se llevarían a cabo este tipo de eventos.

AGRADECIMIENTOS

El presente análisis fue realizado gracias al apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón y del Gobierno de México hacia el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. El trabajo doctoral del Dr. Benjamín Wyck van de Vries sirvió de base para la realización del análisis de los diferentes escenarios de peligro volcánico. Las simulaciones por computadora fueron realizadas utilizando los recursos de cómputo de la Dirección General de Servicios de Computo Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México. El Dr. Michael F. Sheridan de la Universidad Estatal de Nueva York en Buffalo aportó el programa Flow3D para llevar a cabo estas simulaciones. El Dr. Wilfried Strauch y el Ing. Richard Wilmer Blanco Leiva del INETER proporcionaron los modelos digitales de elevación. El Ing. Claudio Gutiérrez dio apoyo logístico importante para llevar a cabo el reconocimiento de campo y las facilidades para llevar a cabo este trabajo. Pedro Pérez arcediano de manera fundamental con su guía y conocimientos de los sitios de afloramiento importantes para reconocer los depósitos del volcán.

BIBLIOGRAFÍA

Alatorre Ibarquengoitia, 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.

Carey, S., y Sparks, R.S.J., 1986. Quantitative models of the fallout and dispersal of tephra from volcanic eruption columns. Bull. Volcanol., 48, p. 109-125.

Eichelberger, J.C. and Hayes, D.B., 1982. Magmatic model for the Mount St. Helens blast of May 18, J. Geophys. Res., 87, p. 7727-7738.

Keffer, S.W., 1981. Fluid dynamics of the May 18 blast at Mount St. Helens. In The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington, edited by F.W. Lipman and D.R. Mullineux. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 1250, p. 379-400.

Sparks, R.S.J., 1986. The dimensions and dynamics of volcanic eruption columns. Bull. Volcanol. 48, p. 3-15.

Sparks, R.S.J. y Wilson, L., 1976. A model for the formation of ignimbrite by gravitational column collapse. J. Geol. Soc. London, 132, p. 441-452.

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

Van Wyk 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 e I. Abimelec Farraz

