

clástico para el flanco norte del volcán (valle del río Vazcún), mostrando el tiempo aproximado que le tomaría a un flujo de este tipo en llegar al río Pastaza. La gente afectada por estos flujos tiene muy pocas posibilidades de sobrevivir y, en el mejor de los casos, puede ser seriamente herida. En las partes aledañas de un flujo de este tipo, la gente puede sufrir serias quemaduras, e inclusive morir por la inhalación de ceniza y/o gases calientes. Los objetos y estructuras que se hallen en su camino pueden ser destruidos o arrastrados por el impacto de escombros calientes y/o vientos huracanados asociados. La madera y otros materiales combustibles comúnmente se queman cuando entran en contacto con los bloques, bombas, ceniza y/o gases calientes que conforman los flujos piroclásticos. Debido a su capacidad devastadora, los flujos piroclásticos son considerados como el fenómeno volcánico más letal. Por estas razones y por la incapacidad de determinar exactamente el momento de su generación, su extensión y su tamaño, su manejo en términos de evacua-

Figura 21. Flujo de lava de la erupción de 1773 en el sector de Juive Chico (Foto. P. Samaniego, IG-EPN).

ción poblacional es extremadamente difícil, pero necesariamente debe considerar la salida temporal, con horas o días de anticipación, de las personas y animales que se encuentren en las zonas potencialmente afectadas, como una medida precautelatoria ante la peligrosidad del fenómeno, pero también ante las grandes incertidumbres científicas existentes para su predicción.

■ FLUJOS DE LAVA

Descripción: Los flujos de lava son derrames de roca fundida, originados en un *cráter* o en fracturas de los flancos del volcán, que descienden por las quebradas que allí se originan. Este fenómeno volcánico ocurre cuando el magma es poco *viscoso* (o, lo que es lo mismo, muy fluido), y por lo tanto la *lava* puede fluir por las pendientes del volcán. Las erupciones volcánicas de este tipo son poco explosivas, debido a que el contenido de gases del *magma* es bajo. Los flujos de lava pueden viajar ladera abajo desde unos pocos hasta varias decenas de kilómetros, desplazándose generalmente a bajas velocidades, del orden de decenas y raramente de centenas de metros por hora.

Historia: Los flujos de lava han sido un fenómeno frecuente en la historia reciente del Tungurahua. Generalmente se han presentado como el fenómeno final de un proceso eruptivo, como en las erupciones de 1773 (fig. 21) y 1886 (Martínez, 1932). Se generaron grandes flujos de lava durante la primera etapa de construcción del cono actual del Tungurahua (Tungurahua III), los cuales se observan especialmente al pie norte del volcán en el sector de Las Juntas, Juive Grande y la planicie de Baños, ciudad que se encuentra construida sobre una serie de flujos de lava que descendieron de oeste a este por el río Pastaza. Durante dichas erupciones la composición de estos flujos ha sido andesítica, que corresponde a lavas con una viscosidad moderada. A. Martínez (N. Martínez, 1932) describe como testigo presencial de la erupción del 25 de febrero de 1886, el flujo de lava que culminó con el proceso eruptivo: “El volcán entró en un estado de actividad mucho mayor que

al principio. La emisión de lava ya no era intermitente, sino que se había establecido una corriente continua, visible de día, por el reguero de vapores, y de noche por su iluminación. Un río de fuego bajaba incesantemente desde el borde del cráter, y, tomando la vía de Cusúa, se localizó el derrame solo a este punto...”.

Peligros: Dada la morfología actual del cráter (con su parte noroccidental 200 m más baja que los otros bordes), se espera que los futuros flujos de lava se dirijan preferencialmente hacia el flanco noroccidental del volcán (fig. 15), que comprende las áreas entre Juive Grande y Cusúa. A pesar de destruir completamente todo lo que se encuentra a su paso, los flujos de lava raramente representan una amenaza para la vida humana debido a la lentitud de su desplazamiento y a la posibilidad de predecir con bastante aproximación la dirección de su movimiento. Sin embargo, los flujos de lava pueden causar la destrucción total de los edificios, carreteras y otras obras de infraestructura que se encuentren a su paso. La única protección efectiva es la evacuación de las personas y animales, horas o días antes de la llegada del flujo. Hay que anotar, además, que en volcanes con pendientes muy importantes como el Tungurahua, el frente de un flujo de lava puede volverse inestable y colapsar, generando pequeños flujos piroclásticos de bloques y ceniza que descenderían por los flancos pendiente abajo del frente del flujo de lava.

■ DOMOS DE LAVA

Descripción: Los domos son acumulaciones de lava, originados en un cráter ubicado en la cumbre o en los flancos superiores del volcán. Se forman cuando el magma es muy viscoso y, por lo tanto, tiene dificultad para fluir.

Historia: Según los reportes históricos, no se han formado domos de lava durante las últimas erupciones del Tungurahua; sin embargo, no se puede descartar que en una futura erupción se genere este tipo de fenómeno al interior del cráter, en cuyo caso el peligro a

la población estaría relacionado con el tamaño que alcance el domo y la probabilidad que colapse pendiente abajo, generando un flujo piroclástico.

Peligros: En volcanes con pendientes muy importantes como el Tungurahua, un domo de lava puede volverse inestable y colapsar generando flujos piroclásticos de bloques y ceniza que descenderían por los flancos del volcán.

■ AVALANCHAS DE ESCOMBROS

Definición: Las avalanchas de escombros son grandes colapsos que pueden ocurrir en un sector de un volcán, producidos por la inestabilidad de los flancos del mismo. Este tipo de fenómeno puede deberse al ascenso de gran cantidad de magma en el edificio volcánico, a un sismo de gran magnitud en las cercanías del volcán, o al debilitamiento de la estructura del volcán inducida, por ejemplo, por la alteración *hidrotermal*. La inestabilidad de un volcán se ve favorecida cuando la altura del edificio volcánico llega a más de 3 000 m sobre su basamento. El colapso del edificio puede estar acompañado y seguido por actividad magmática, dado que este gran deslizamiento puede destapar súbitamente el *conducto volcánico* y generar explosiones de extrema violencia (*blast*) que producen flujos piroclásticos de gran magnitud y alto poder destructivo.

El resultado de una *avalancha de escombros* es la formación de un anfiteatro de tamaño variable (caldera de avalancha como la del volcán Guagua Pichincha o de El Reventador). Los depósitos de las avalanchas de escombros son muy móviles, cubren áreas de considerable extensión (10-1 000 km²), con un manto de escombros, y arrasan con todo lo que se encuentre a su paso. La mayoría de estratovolcanes han sufrido, al menos una vez durante su historia geológica, un evento de este tipo; sin embargo, se debe recalcar que son eventos muy infrecuentes en el tiempo (aproximadamente un evento cada varios miles de años o más).

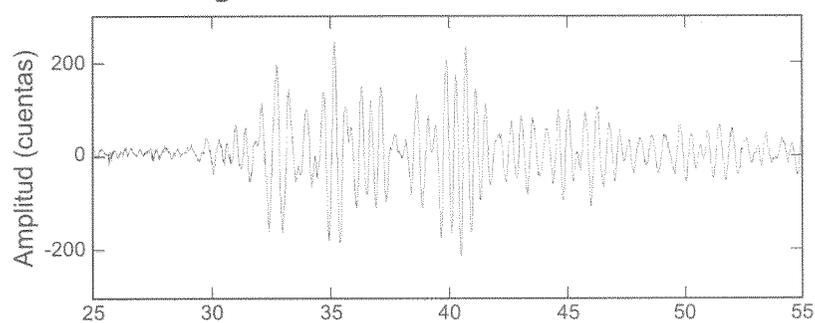
Historia: Este tipo de fenómeno ha ocurrido al menos en dos ocasiones en el Tungurahua. La última vez, hace 3 000 años AP, un cono anterior al edificio volcánico actual fue en gran parte destruido por un evento de este tipo. Los depósitos de esta avalancha tienen un volumen estimado en 8 km³ y rellenaron los valles de los ríos Chambo y Patate, alcanzando distancias de hasta 15 a 20 km desde la cumbre del volcán y alturas de hasta 400 metros sobre el nivel actual de los ríos (sector de Cotaló).

Peligros: Dada la magnitud y violencia de las avalanchas de escombros, todo lo que se encuentre en su camino va a ser destruido y, por lo tanto, las personas no tienen posibilidades de sobrevivir. Por esta razón, se recomienda la evacuación de las zonas potencialmente afectadas, si la información científica señala la posibilidad de ocurrencia de un evento de estas características en el futuro cercano. Se debe recalcar, sin embargo, que se trata de un evento muy poco frecuente. En el Mapa de peligros volcánicos del Tungurahua (fig. 14, zona 1 y de color en el *mapa de peligros*, ver láminas de color) el área de color verde intenso comprende la posible extensión de una avalancha pequeña que afecte exclusivamente el flanco occidental del volcán; mientras que el área de color verde pálido comprende la extensión de una avalancha de mayor tamaño que afecte los flancos norte y occidental.

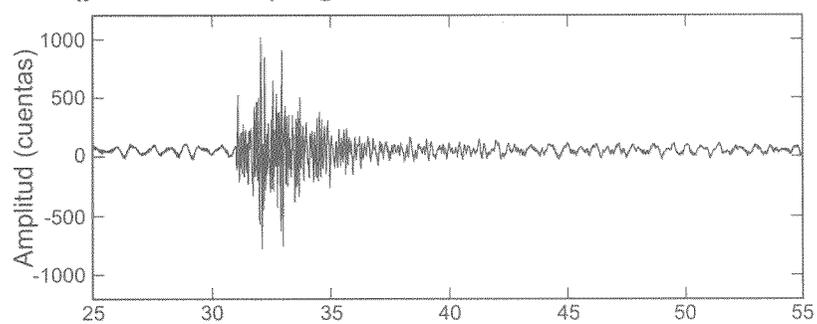
■ GASES VOLCÁNICOS

Antes, durante y después de una erupción volcánica, es común detectar un notable aumento en la cantidad y tipo de gases emitidos por el volcán. Tales gases consisten principalmente de vapor de agua; sin embargo, existen también cantidades variables de otros gases peligrosos para las personas y los animales como SO₂ (dióxido de azufre), H₂S (anhidrido sulfuroso) CO₂ (dióxido de carbono), o CO (monóxido de carbono). En las zonas donde soplan continuamente vientos fuertes, estos gases se dispersan rápidamente; no obstante, en depresiones y partes bajas estos gases se pueden

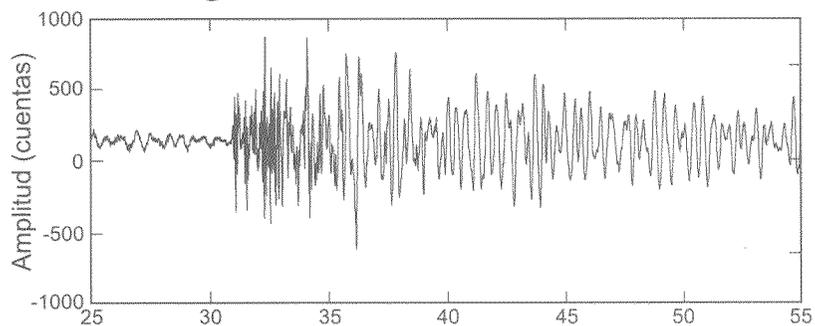
**Sismo LP del 5 feb 1999 11H47 Gmt (prof. 3.8 km)
registrado en la estación MSON**



**Sismo VT (volcano-tectónico) del 6 may 1999 22H57 Gmt
(prof. 3.48 km) registrado en la estación MSON**



**Sismo híbrido del 9 ago 1999 12H28 Gmt (prof. 5.79 km)
registrado en la estación MSON**



acumular y alcanzar concentraciones letales. Por otro lado, existen gases tóxicos como el flúor y el azufre, que se adhieren a la ceniza y producen la contaminación del suelo y las aguas. Adicionalmente, los gases de una *columna eruptiva* pueden mezclarse con el agua atmosférica, provocando *lluvias ácidas* que podrían afectar a las plantas y animales, así como los techos de zinc y otros materiales metálicos (que pueden sufrir una fuerte corrosión). En algunas ocasiones durante el presente período eruptivo (1999 hasta la fecha –mayo del 2003–) se ha reportado olor a azufre en las partes bajas del volcán (especialmente en los sectores de Juive Grande y en el flanco occidental); sin embargo, las concentraciones de gas han sido siempre muy bajas, por lo cual se puede excluir un efecto negativo sobre los seres vivos.

■ SISMOS VOLCÁNICOS

En las semanas o meses que preceden a una erupción, y durante su desarrollo, se pueden detectar muchos microsismos en las cercanías o en el cono mismo del volcán (fig. 22). Este fenómeno, lejos de afectar a los pobladores que habitan en las cercanías, resulta beneficioso para la comunidad, pues permite a los científicos comprender mejor los procesos magmáticos que ocurren al interior del volcán y adelantarse a su ocurrencia. En general, la reactivación de un volcán no produce sismos de mayor magnitud, capaces de afectar las edificaciones en los alrededores del volcán.

En las erupciones pasadas del Tungurahua, ha sido común que las personas de los alrededores sientan estos sismos, especialmente antes o durante los períodos de más intensa actividad volcánica; sin embargo, en ninguna ocasión estos eventos provocaron daños a las edificaciones.