

en cuyo caso la ciudad de Cayambe podría verse seriamente afectada. Esta posibilidad existe, sin embargo se debe enfatizar que esta situación no ha ocurrido en los últimos miles de años, por lo que la probabilidad de que este fenómeno ocurra en el futuro es baja.

Los flujos piroclásticos son extremadamente peligrosos debido a su gran movilidad, que les permite viajar distancias que se miden hasta en decenas de kilómetros, a sus altas velocidades (desde 50 hasta más de 250 km/h) y a las altas temperaturas (desde 200° hasta más de 600°C) en el momento de su emplazamiento. La gente afectada por estos flujos tiene muy pocas posibilidades de sobrevivir. 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 imposibilidad de determinar exactamente el momento de su generación, su extensión y su tamaño, su manejo en términos de evacuación poblacional es extremadamente difícil, pero necesariamente debe considerarse 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 LODO Y ESCOMBROS (LAHARES)

Los flujos de escombros constituyen el fenómeno volcánico más peligroso para las personas que viven en las proximidades de los ríos que descienden de un volcán. Los lahares se forman cuando masas de materiales volcánicos no conso-

lidadados, tales como ceniza depositada en los flancos de las montañas, depósitos glaciares, escombros de flujos piroclásticos y de avalanchas de roca, se mezclan con el agua y comienzan a moverse. En el caso de los volcanes ecuatorianos, el agua puede provenir de la fusión del casquete glaciar, de la ruptura de un lago ubicado en un cráter o de fuertes lluvias que acompañen o que sigan a una erupción. Estos flujos se mueven ladera abajo por la fuerza de la gravedad, a grandes velocidades (hasta varias decenas de km/h), siguiendo los drenajes existentes. El tamaño del material movilizado por estos flujos es muy variable pudiendo ser desde arcilla o arena hasta bloques de varios metros de diámetro. Así por ejemplo, los grandes bloques de 1 a 2 metros de diámetro que se observan en los alrededores de Cayambe fueron depositados por los lahares que formaron la planicie en donde está asentada la ciudad.

En el caso de una erupción del volcán Cayambe, el agua para la formación de los lahares puede provenir de la fusión de la nieve o hielo del casquete glaciar, siendo en este caso un fenómeno que acompaña a la erupción; o también por fuertes lluvias que acompañen o que sean posteriores a la erupción. En este último caso, los flujos de lodo pueden prolongarse por semanas o meses después de que la actividad del volcán haya cesado.

Dado el enorme casquete glaciar que cubre al Cayambe, los lahares han sido fenómenos comunes que han acompañado numerosas erupciones de este volcán. La distribución de dichos lahares estará controlada por la ubicación del sitio por donde se produzca la erupción, sin embargo se estima que los drenajes más afectados por este tipo de fenómeno serían aquellos de los flancos Norte y Oriental, afluentes del río Azuela y del río Huataringo, los cuales se dirigen hacia el Oriente para formar los ríos Salado, Quijos y finalmente Coca. En lo que se refiere a los drenajes de la mitad occidental del complejo, se debe considerar como potencialmente peligrosos a aquellos drenajes que nacen directamente del casquete glaciar, pues una erupción en la cumbre podría generar lahares que se dirigirían hacia estos sectores. En particular, se debe considerar el río Blanco que desciende direc-

tamente de la cumbre del volcán y que atraviesa la ciudad de Cayambe; y en menor medida los ríos Monjas y Guachalá en la parte Sur-Occidental y La Chimba en la parte Nor-Occidental del complejo.

La peligrosidad de estos fenómenos está determinada por el volumen de agua y de los materiales sueltos disponibles, así como por las pendientes y por el encañonamiento de los valles. Las personas alcanzadas por un flujo de escombros tienen muy pocas posibilidades de sobrevivir, por lo cual, durante una crisis volcánica (o cuando se produzcan lluvias fuertes durante o después de una erupción) se recomienda a la población que evite el fondo de los valles y quebradas que bajan del volcán. Debido a su alta velocidad y densidad, los lahares pueden mover y aún arrastrar objetos de gran tamaño y peso, tales como puentes, vehículos, grandes árboles, etc. Las edificaciones y la vegetación que se encuentren a su paso serán destruidas o seriamente afectadas. En el caso del volcán Cayambe, las zonas más próximas al volcán (diferentes tonalidades de rojo del mapa de peligros, figura 13) y en especial el fondo de los valles de esta zona, podrían ser afectados por flujos de lodo y escombros en caso de una erupción del volcán o simplemente en caso de fuertes lluvias posteriores a un evento eruptivo. A más de estas zonas, la llanura al occidente del volcán, donde se encuentra asentada la ciudad de Cayambe, puede también ser afectada por flujos de lodo y escombros que podrían descender desde el volcán por el valle del río Blanco, que desciende directamente desde la cumbre del volcán. El peligro potencial de los flujos de escombros que afecten la ciudad de Cayambe es moderado en caso de una erupción en el flanco Oriental, pero, si la erupción ocurre en la cumbre o en el flanco occidental, el peligro es mayor.

En numerosos sitios de la llanura de Cayambe, se puede encontrar a poca profundidad en el suelo, fragmentos de cerámica pre-incáica. Estos fragmentos se encuentran contenidos en un depósito de un flujo de lodo que cubrió parte de la actual llanura de Cayambe (figura 22). En efecto, Patricia Mothes (IG) encontró en un afloramiento cerca al río Blanco en la ciudad de Cayambe un fragmento de cerámica, el cual



**Figura 22.** Fragmento de cerámica pre-hispánica encontrado en la planicie de Cayambe en un depósito de un flujo de lodo asociado con una erupción del volcán Cayambe (Fotografía: Jean-Philippe Eissen, IRD).

---

contenía restos orgánicos (presumiblemente maíz), los cuales fueron datados por Carbono-14 (ver Anexo 5), obteniendo una edad de  $260 \pm 120$  años DC (1690 a BP). Dicha edad es compatible con el final del segundo período de actividad reciente del Cayambe (figura 10).

La delimitación de las zonas potencialmente afectadas por flujos de lodo en la planicie de Cayambe se la ha realizado en

---

**Figura 23.** Zonas potencialmente afectadas por flujos de lodo y escombros (lahares) para el volcán Cayambe, realizado con la ayuda del Programa LAHARZ (Schilling et al., 1998). Las áreas afectadas por los lahares se ubican en los fondos de los valles. Las zonas marcadas con color rojo corresponden a las áreas potencialmente afectadas por flujos de lodo en el río Blanco, siendo el color rojo más intenso un evento de menor tamaño (pero mayor probabilidad de ocurrencia). Las zonas potencialmente afectadas por flujos de lodo que transiten por los ríos La Chimba y Guachalá se presentan con varias tonalidades de amarillo. Modelo digital de la topografía (DEM) en base a la información proporcionada por Marc Souris, IRD. Esta figura aparece también en color en las láminas.

