

base a los datos de campo del último evento lahárico encontrado en esta zona (color gris oscuro, figura 13); mientras que el color gris claro corresponde a un evento de mucho mayor volumen (pero muy poco probable) ocurrido hace varias decenas de miles de años.

Adicionalmente, se ha utilizado una nueva metodología (Figura 23) para definir las zonas de peligro por flujos de escombros. Esta metodología consiste en delimitar las zonas de inundación en base de un procedimiento numérico (es decir usando un programa informático denominado LAHARZ, Iverson *et al.*, 1998 y Schilling, 1998). Con este método, se han determinado las zonas que potencialmente pueden ser afectadas por flujos de escombros para el drenaje Oriental (ríos Salado y Quijos) así como para los drenajes de la parte Occidental (ríos La Chimba, Blanco y Guachalá). En lo que se refiere a los flujos de escombros que se dirijan al Oriente, se ha podido estimar que para que un flujo de escombros alcance la parte baja del río Quijos y afecte la infraestructura existente en esta zona (carretera y oleoductos), se necesitan volúmenes importantes (del orden de más de 20 millones de metros cúbicos). Por otro lado, en lo que se refiere a los drenajes de la parte Occidental, se han definido las zonas de inundación por lahares considerando, como para la parte Oriental, tres escenarios con volúmenes crecientes pero probabilidad de ocurrencia decrecientes (20, 40 y 80 millones de metros cúbicos). La escala de colores utilizada considera el color más intenso para el volumen menor y el color menos intenso para el volumen mayor. Los valles con una mayor probabilidad de tener flujos de lodo (río Salado al Oriente y el río Blanco al Occidente), se han designado en variaciones del color rojo; mientras que los ríos con una menor probabilidad de tener lahares (ríos La Chimba y Guachalá de la parte Occidental), se han presentado con diferentes colores de naranja.

■ AVALANCHAS DE ESCOMBROS

Las avalanchas de escombros son grandes deslizamientos que pueden ocurrir en un sector de un volcán, producidos

por la inestabilidad de los flancos del mismo. Este tipo de fenómenos 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. Este tipo de inestabilidad se ve favorecida cuando el cono volcánico alcanza una altura de 3000 m o más sobre su base. El colapso del edificio, puede estar acompañado y/o seguido por actividad magmática, dado que este gran deslizamiento puede destapar súbitamente el conducto volcánico y generar explosiones de extrema violencia (que los vulcanólogos llaman "blast"), que generalmente están dirigidas en la misma dirección del colapso y que producen flujos piroclásticos de gran magnitud y alto poder destructivo.

El resultado de una avalancha de escombros es la formación de una depresión, comunmente en forma de herradura y de tamaño variable (caldera de avalancha como la de los volcanes Guagua Pichincha, Pasocha, El Altar o El Reventador). Los depósitos de las avalanchas de escombros son muy móviles, cubren áreas de considerable extensión (10-1000 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.

Dado que el volcán Cayambe presenta fuertes pendientes en todos sus flancos, y el gran desnivel existente entre la cumbre y las zonas circundantes (especialmente con respecto a la planicie de Cayambe, 3000 m de desnivel), la ocurrencia de un colapso sectorial es una posibilidad, que aunque remota, debe ser tomada en cuenta. En efecto, fenómenos de este tipo han ocurrido al menos dos veces durante la historia geológica del Cayambe, afectando los flancos Norte y Occidental del mismo. De especial importancia es el evento que desestabilizó la parte Occidental del edificio volcánico y cuyos depósitos se extendieron en la planicie de Cayambe y que están actualmente expuestos en la confluencia de los ríos Granobles y Guachalá, en la parte SW de la planicie de Ca-

yambe. En el Mapa de peligros volcánicos del Cayambe (Figura 12), se ha considerado dos hipotéticas avalanchas de escombros que afecten una el flanco Norte y la otra el flanco Occidental del volcán. Para delimitar el área potencialmente afectada por estos fenómenos, se consideró una relación H/L (desnivel/alcance del evento) del orden de 0.11 típica de este tipo de eventos.

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.

■ 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, casi siempre existen también cantidades variables de otros gases peligrosos para las personas y los animales como SO₂ (dióxido de azufre), CO₂ (dióxido de carbono), o el 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 acumular y alcanzar concentraciones letales. Durante y después de la erupción del 3 de noviembre de 2002 del volcán El Reventador, se produjeron importantes emisiones de gases volcánicos, los cuales fueron transportados por el viento varias decenas de kilómetros hasta el Valle Interandino, donde fueron fácilmente percibidos por la población. Este fenómeno no representa un mayor peligro para la vida vegetal o animal. 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 el caso del volcán Cayambe, los montañistas han reportado en diversas ocasiones un olor a gases sulfurosos en el camino de ascenso a la cumbre del volcán (flanco Sur-Occidental). Sin embargo desde el año 2 000, estos reportes señalan claramente un aumento en el nivel de estas emisiones, las cuales, por la presencia del casquete glaciar, no pueden ser fácilmente identificables en forma de fumarolas porque los gases son emitidos por las grietas del glaciar (Anexo 4). Se debe recalcar que hasta la fecha (Mayo 2004), estas emisiones de gases no representan un peligro para los montañistas.

■ SISMOS VOLCÁNICOS

En las semanas, meses o inclusive años que preceden a una erupción y durante su desarrollo, se pueden detectar muchos microsismos en las cercanías o en el cono mismo del volcán. Este fenómeno, lejos de afectar a los pobladores que habitan en las cercanías del mismo, 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.

Desde el año 2000, los equipos del IG han detectado un incremento en el número de eventos sísmicos provenientes del volcán (Figura 24). La gran mayoría de estos sismos son demasiado pequeños como para ser sentidos por la población, sin embargo en dos ocasiones se han producido eventos con una magnitud mayor a 4 en la escala de Richter, los cuales si fueron sentidos en el sector Refugio y en las comunidades de la parte alta del flanco Sur-Occidental del Cayambe. Se estima que es muy poco probable que ocurran eventos de magnitud suficientemente mayor a estos, como para que provoquen daños a las edificaciones.

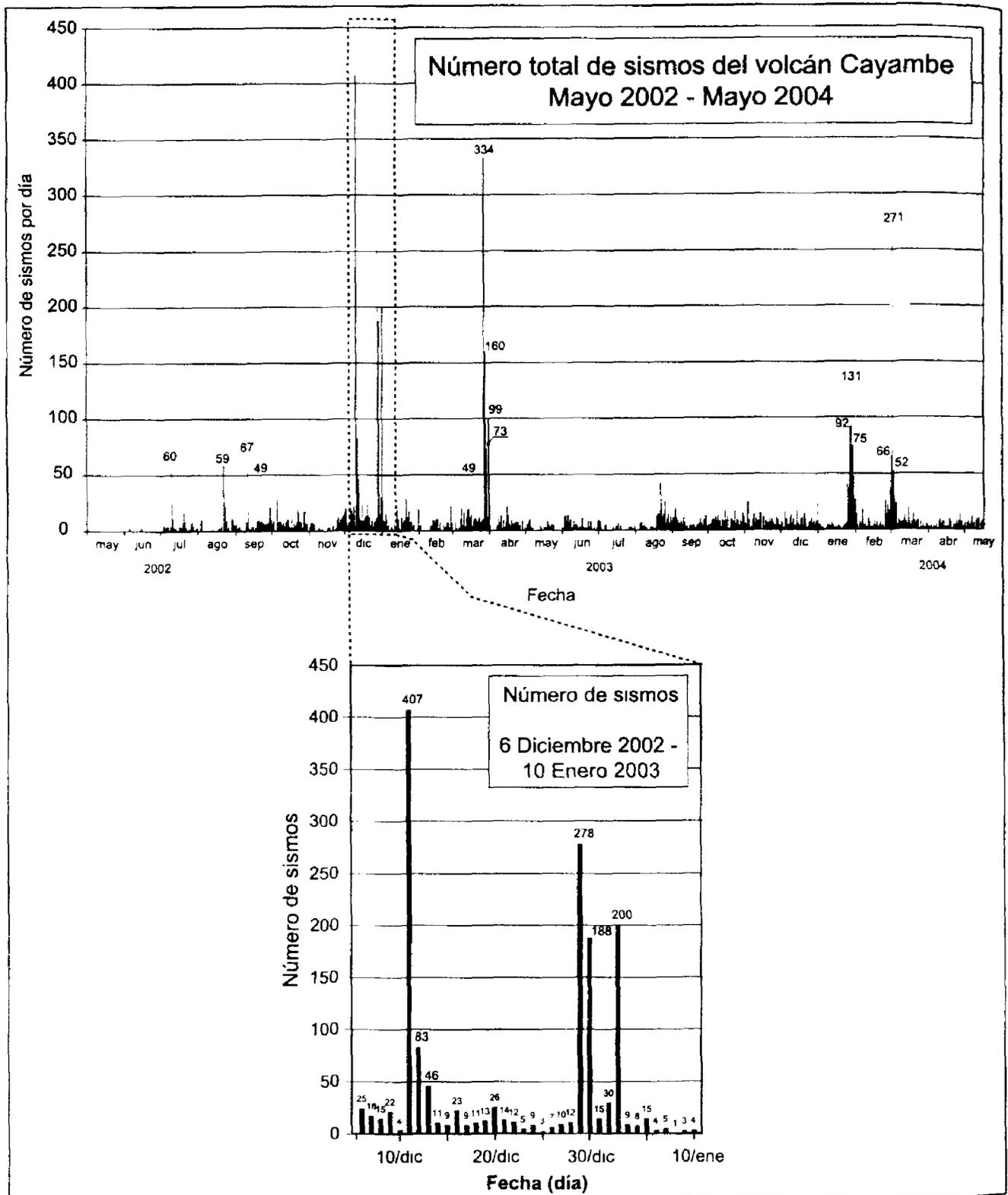


Figura 24. Número de sismos por día registrados en el volcán Cayambe desde Mayo de 2002 hasta la fecha (Fuente: IG, Mayo 2004).