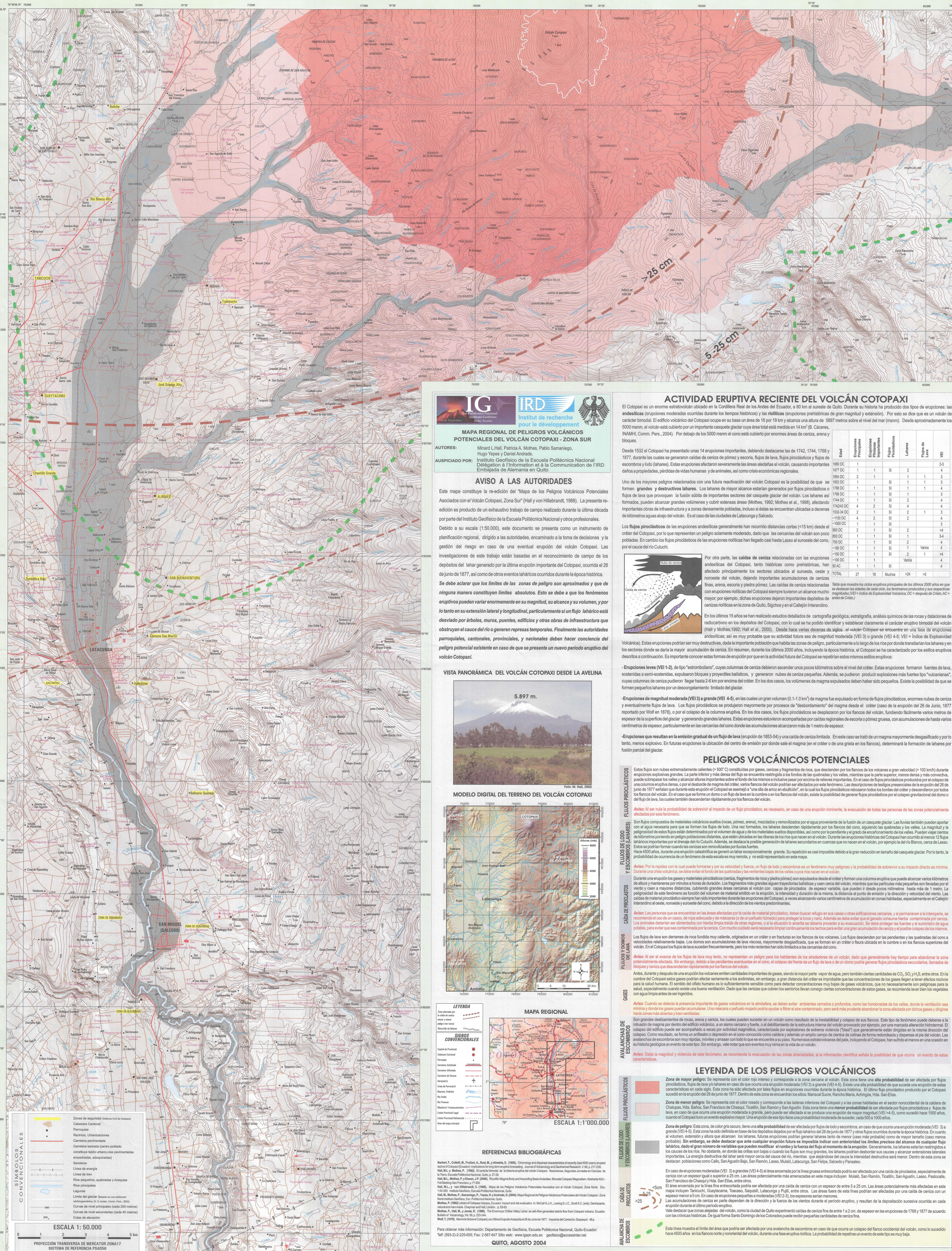


MAPA REGIONAL DE PELIGROS VOLCÁNICOS POTENCIALES DEL VOLCÁN COTOPAXI - ZONA SUR



MAPA REGIONAL DE PELIGROS VOLCÁNICOS POTENCIALES DEL VOLCÁN COTOPAXI - ZONA SUR
AUTORES: Minard L. Hall, Patricia A. Moltes, Pablo Samaniego, Hugo Yáñez y Daniel Andrade.
AUSPICIADO POR: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Delegación e Información e la Communication de IIRD, Embajada de Alemania en Quito

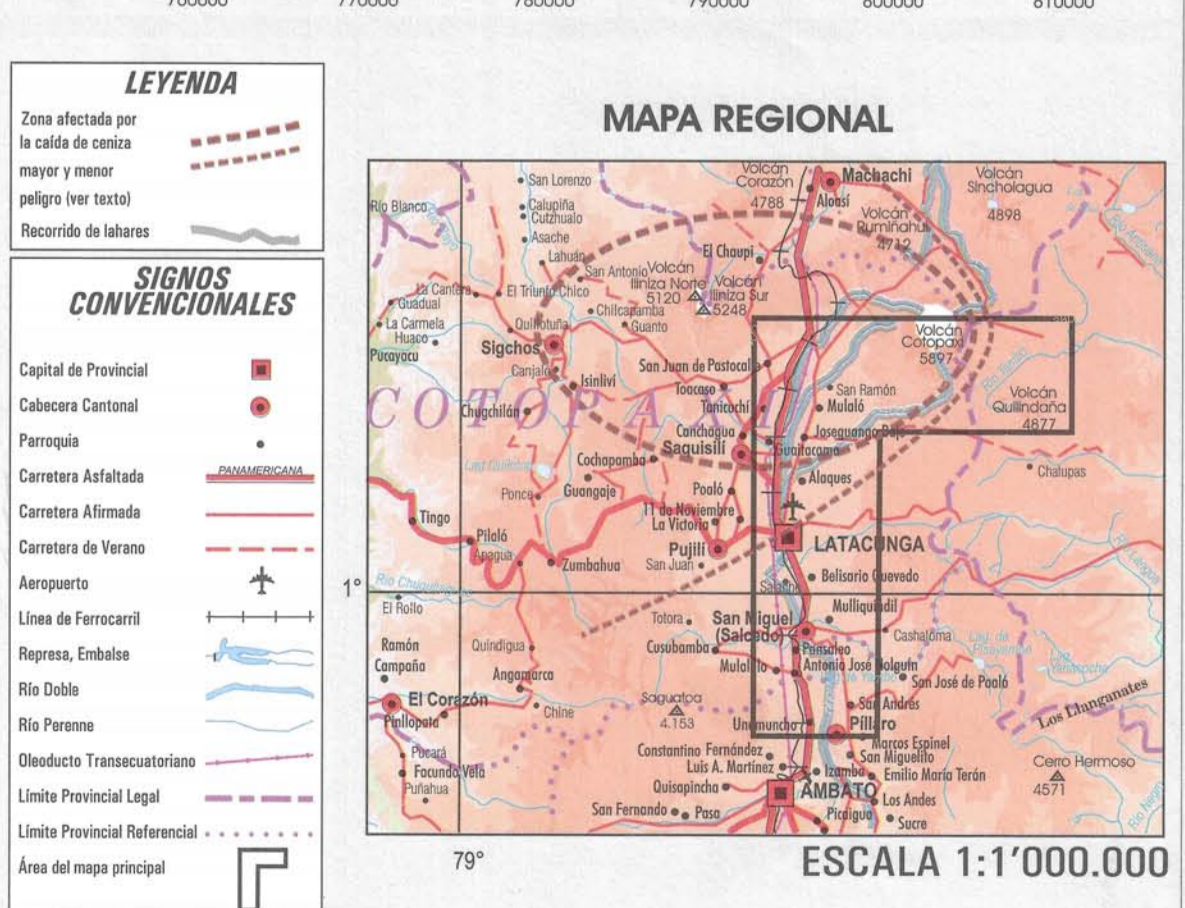
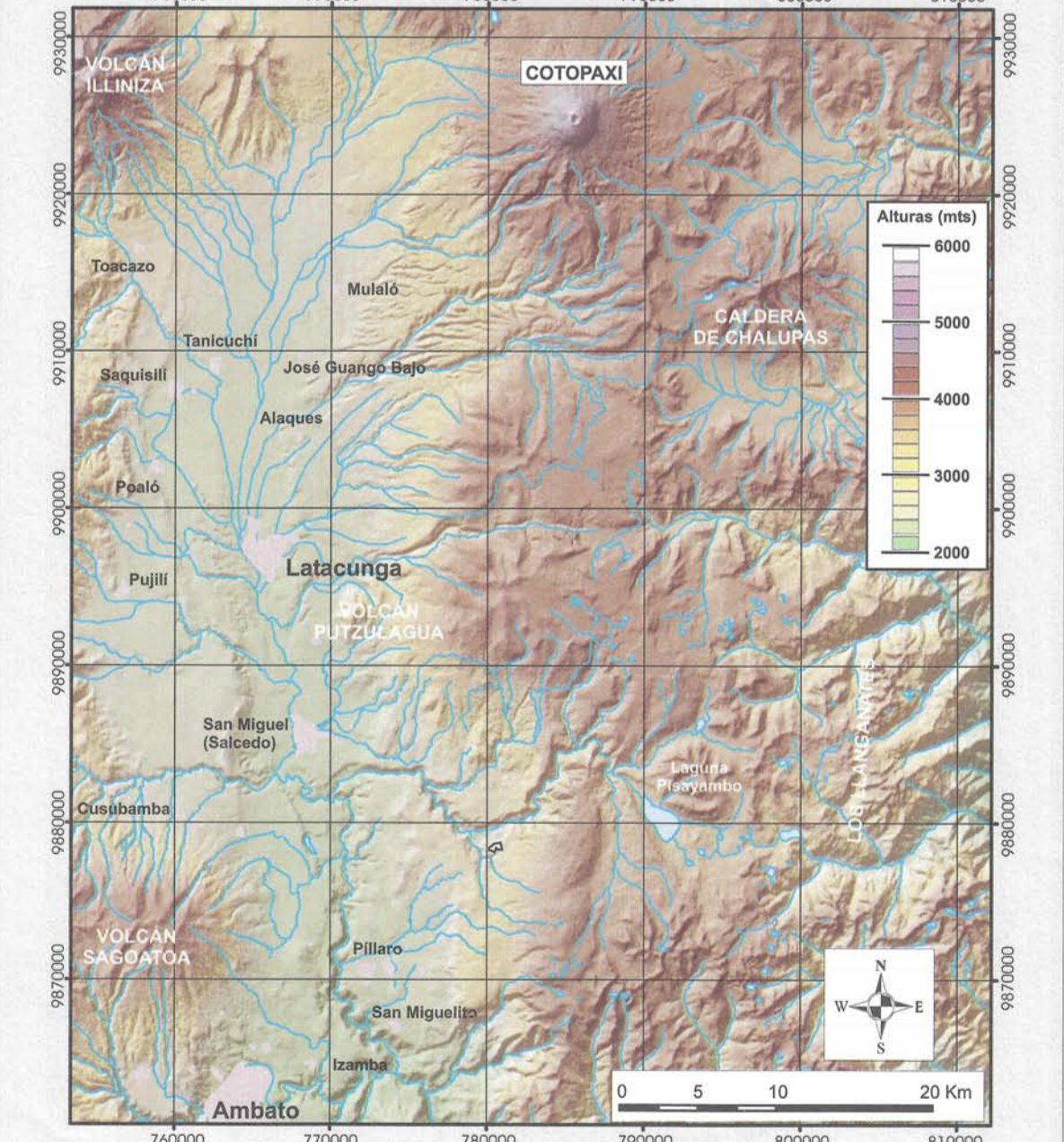
AVISO A LAS AUTORIDADES

Este mapa constituye la re-edición del "Mapa de los Peligros Volcánicos Potenciales Asociados con el Volcán Cotopaxi, Zona Sur" (Hall y von Hillebrandt, 1988). La presente re-edición es producto de un exhaustivo trabajo de campo realizado durante la última década por parte del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y otros profesionales. Debido a su escala (1:50.000), este documento se presenta como un instrumento de planificación regional, dirigido a las autoridades, encaminado a la toma de decisiones y la gestión del riesgo en caso de una eventual erupción del volcán Cotopaxi. Las investigaciones de este trabajo están basadas en el reconocimiento de campo de los depósitos del lahár generado por la última erupción importante del Cotopaxi, ocurrida el 26 de junio de 1877, así como de otros eventos laháricos ocurridos durante la época histórica. **Se debe aclarar que los límites de las zonas de peligro son aproximados y que de ninguna manera constituyen límites absolutos. Esto se debe a que los fenómenos eruptivos pueden variar enormemente en su magnitud, su alcance y su volumen, y por lo tanto en su extensión lateral y longitudinal, particularmente en un flujo lahárico que desviado por árboles, muros, puentes, edificios y otras obras de infraestructura que obstruyan el cauce del río o generen represas temporales. Finalmente las autoridades parroquiales, cantonales, provinciales, y nacionales deben hacer conciencia del peligro potencial existente en caso de que se presente un nuevo periodo eruptivo del volcán Cotopaxi.**

VISTA PANORÁMICA DEL VOLCÁN COTOPAXI DESDE LA AVELINA



MODELO DIGITAL DEL TERRENO DEL VOLCÁN COTOPAXI



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barber, F., Colwell, M., Furlan, A., Rosi, M., y Almeida, E. (1996). Chronology and depositional characteristics of recent (last 1000 years) tephra from Cotacachi (Ecuador) implications for long-term eruption forecasting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 16, 69-77.
Hall, M., y Moltes, P. (1988). El Estado de Peligros volcánicos del volcán Cotopaxi. *Resumen, Segunda Jornada de Ciencias de la Tierra, Escuela Politécnica Nacional, Quito*, p. 27-30.
Hall, M., Moltes, P., y Flores, J. P. (2000). Peligros Volcánicos y Riesgos Asociados. *Boletín del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito*, p. 1-10.
Hall, M., Moltes, P., y Flores, J. P. (2000). Mapa Regional de Peligros Volcánicos Potenciales del Volcán Cotopaxi - Zona Sur. *Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito*.
Moltes, P., Hall, M., y Yáñez, H. (1998). El Estado de Peligros volcánicos del volcán Cotopaxi. *Resumen, Segunda Jornada de Ciencias de la Tierra, Escuela Politécnica Nacional, Quito*, p. 27-30.
Moltes, P., Hall, M., y Yáñez, H. (1998). The Eruptive Cycle of Cotopaxi: A 260-year record from the Cotacachi volcano, Ecuador. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 89, 1-14.
Walt, T. (1878). Memoria sobre el Cotopaxi y su última Erupción. *Boletín del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito*, p. 1-10.

Para obtener más información: Departamento de Geofísica, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. Tel: (593-2)-225-855; Fax: 2-267-847. Sitio web: www.igepn.edu.ec geofisico@acesnair.net

QUITO, AGOSTO 2004

ACTIVIDAD ERUPTIVA RECIENTE DEL VOLCÁN COTOPAXI

El Cotopaxi es un enorme estratovolcán ubicado en la Cordillera Real de los Andes del Ecuador, a 60 km al suroeste de Quito. Durante su historia ha producido dos tipos de erupciones: las andesíticas (erupciones moderadas durante los tiempos históricos) y las ríolíticas (erupciones prehistóricas de gran magnitud y extensión). Por esto se dice que es un volcán de carácter bimodal. El edificio volcánico del Cotopaxi ocupa en su base un área de 16 por 19 km y alcanza una altura de 5987 metros sobre el nivel del mar (msnm). Desde aproximadamente los 5000 msnm, el volcán está cubierto por un importante casquete glaciar cuya área total está medida en 14 km² (B. Cáceres, INAMHI, Comm. Pers., 2004). Por debajo de los 5000 msnm el cono está cubierto por enormes áreas de ceniza, arena y bloques.

Desde 1532 el Cotopaxi ha presentado unas 14 erupciones importantes, debiendo destacarse las de 1742, 1744, 1769 y 1877, durante las cuales se generaron caídas de ceniza de pómez y escoria, flujos de lava, flujos piroclásticos y flujos de escoria y todo (lahares). Estas erupciones afectaron severamente las áreas aledañas al cono, causando importantes daños a propiedades, pérdidas de vidas humanas y de animales, así como crisis económicas regionales.

Evento	Erupciones Principales	Erupciones Secundarias	Flujos Piroclásticos	Lahares	Flujos de Lava	VEI
1880 DC	1	1	SI	2	4	2,3
1877 DC	1	1	SI	2	4	3
1864 DC	2	1	SI	1	1	3
1863 DC	1	1	SI	1	1	4
1769 DC	1	1	SI	1	1	4
1744 DC	1	1	SI	2	4	3
1742 DC	4	2	SI	4	4	4
1532-54 DC	2	1	SI	2	1	3
1532 DC	4	2	SI	2	4	4
1100 DC	1	1	SI	3	3	3
800 DC	2	1	SI	2	4	4
300 DC	1	1	SI	1	3	4
700 DC	1	1	SI	2	4	4
100 DC	1	1	SI	2	4	4
100 DC	1	1	SI	2	4	4
100 DC	1	1	SI	2	4	4
100 DC	1	1	SI	2	4	4
TOTAL	27	18	Muchos	>24	>5	

Uno de los mayores peligros relacionados con una futura reactivación del volcán Cotopaxi es la posibilidad de que se formen grandes y destructivos lahares. Los lahares de mayor alcance estarían generados por flujos piroclásticos o flujos de lava que provoque la fusión súbita de importantes sectores del casquete glaciar del volcán. Los lahares así formados, pueden alcanzar grandes volúmenes y cubrir extensas áreas (Moltes, 1992; Moltes et al., 1998), afectando importantes obras de infraestructura y a zonas densamente pobladas, incluso si éstas se encuentran ubicadas a decenas de kilómetros aguas abajo del volcán. Es el caso de las ciudades de Latacunga y Salcedo.

Los flujos piroclásticos de las erupciones andesíticas generalmente han recorrido distancias cortas (<15 km) desde el cono del Cotopaxi, por lo que representan un peligro solamente moderado, dado que las cercanías del volcán son poco pobladas. En cambio los flujos piroclásticos de las erupciones ríolíticas han llegado casi hasta Lasso al suroeste del cono, por el cauce del río Cutachi.

Por otra parte, las caídas de ceniza relacionadas con las erupciones andesíticas del Cotopaxi, tanto históricas como prehistóricas, han afectado principalmente los sectores ubicados al suroeste, oeste y noroeste del volcán, dejando importantes acumulaciones de cenizas finas, arena, escoria y piedra pómez. Las caídas de ceniza relacionadas con erupciones ríolíticas del Cotopaxi siempre tuvieron un alcance moderado, particularmente en la zona de Latacunga y Salcedo, por ejemplo, dichas erupciones dejaron importantes depósitos de cenizas ríolíticas en la zona de Quito, Sigchos y en el Callejón Interandino.

En los últimos 15 años se han realizado estudios detallados de cartografía geológica, estratigráfica, análisis químicos de las rocas y dataciones por radiocarbono en los depósitos del Cotopaxi, con lo cual se ha podido identificar y establecer claramente el carácter eruptivo bimodal del volcán (Hall y Moltes, 1992; Hall et al., 2000). Desde hace varias décadas los siglos, el volcán Cotopaxi se encuentra en una fase de erupciones andesíticas; así es muy probable que se produzca una gran erupción de magnitud moderada (VEI 3) o grande (VEI 4-5; VEI = Índice de Explosividad Volcánica). Estas erupciones podrían ser muy destructivas, dada la importante población que habita las zonas de peligro, particularmente en los flujos de lava que podrían avanzar en los sectores donde se daría la mayor acumulación de ceniza. En resumen, durante los últimos 2000 años, incluyendo la época histórica, el Cotopaxi se ha caracterizado por los estilos eruptivos desérticos a continuación. Es importante conocer estas formas de erupción por que en la actividad futura del Cotopaxi se repetirán estos mismos estilos eruptivos:

- Erupciones leves (VEI 1-2), de tipo "estromboliano", cuyas columnas de ceniza debieron ascender unos pocos kilómetros sobre el nivel del cráter. Estas erupciones formaron fuentes de lava, sostenidas a semi-sostenidas, explosión bloques y proyectiles balísticos, y generaron nubes de ceniza pequeñas. Además, se produjeron importantes volúmenes de cenizas, cuyos volúmenes de ceniza producidos llegar hasta 2-6 km por encima del cráter. En los dos casos, los volúmenes de magma expulsados debieron haber sido pequeños. Existe la posibilidad de que se formen pequeños lahares por un descongelamiento limitado del glaciar.
- Erupciones de magnitud moderada (VEI 3) a grande (VEI 4-5), en las cuales un gran volumen (0.1-1.0 km³) de magma fue expulsado en forma de flujos piroclásticos, enormes nubes de ceniza y eventualmente flujos de lava. Los flujos piroclásticos se produjeron mayormente por procesos de "desbordamiento" del magma desde el cráter (caso de la erupción del 26 de Junio, 1877 reportado por Wolf en 1878), o por el colapso de la columna eruptiva. En los dos casos, los flujos piroclásticos se desplazaron por los flancos del volcán, fundiendo fuertemente varios metros de espesor de la superficie del glaciar y generando grandes lahares. Estas erupciones estuvieron acompañadas por caídas regionales de cenizas de pómez gruesa, con acumulaciones de hasta varios centímetros de espesor, particularmente en las cercanías del cono donde las acumulaciones alcanzaron más de 1 metro de espesor.
- Erupciones que resultan en la emisión gradual de un flujo de lava (erupción de 1853-54) y una caída de ceniza limitada. En este caso se trató de un magma mayormente desgasificado y por lo tanto, menos explosivo. En futuras erupciones la ubicación del centro de emisión por donde sale el magma (en el cráter o de una grieta en los flancos), determinará la formación de lahares por fusión parcial del glaciar.

PELIGROS VOLCÁNICOS POTENCIALES

Estos flujos son nubes extremadamente calientes (> 500 °C) constituidas por gases, cenizas y fragmentos de roca, que descienden por los flancos de los volcanes a gran velocidad (> 100 km/h) durante erupciones explosivas grandes. La parte anterior y más densa del flujo se encuentra restringida a los flancos de las quebradas y los valles, mientras que la parte superior, menos densa y más conectiva, puede sobrepasar los valles y alcanzar alturas importantes sobre el fondo de los mismos e inclusive pasar por encima de montañas importantes. En el caso de flujos piroclásticos producidos por el colapso de una columna eruptiva densa, o por el desborde de magma del cráter, varios flancos del volcán podrán ser afectados por este fenómeno. Las deposiciones de bestias pesadas de la erupción del 26 de Junio de 1877 señalan que durante esta erupción el "una gran columna de ceniza y escoria" en la zona de Latacunga y Salcedo, y "una gran columna de ceniza y escoria" en la zona de Latacunga y Salcedo, por lo tanto, los flujos piroclásticos resultaron ser muy destructivos. En el caso que se forme un flujo de lava en la cumbre o en los flancos del volcán, existe la posibilidad de generar flujos piroclásticos por el colapso gravitacional del 20% del flujo de lava, los cuales también descerían rápidamente por los flancos del volcán.

FLUJOS PIRACLÁSTICOS
Aviso: Al ser más la probabilidad de sobrevivir al impacto de un flujo piroclástico, es necesario, en caso de una erupción inminente, la evacuación de todas las personas de las zonas potencialmente afectadas por este fenómeno.

FLUJOS DE LAVA
Son flujos compuestos de materiales volcánicos sueltos (rocas, pómez, arena), mezclados y removilizados por el agua proveniente de la fusión de un casquete glaciar. Las lavas también pueden aportar con el agua necesaria para formar los flujos de lava. Una vez formados los lahares descienden rápidamente por los flancos del cono, siguiendo las quebradas y los valles. La magnitud y la peligrosidad de estos flujos están determinados por el volumen de agua y de los materiales sueltos disponibles, así como por la pendiente y el grado de enfriamiento de los valles. Pueden viajar cientos de kilómetros poniendo en peligro poblaciones distantes, que están ubicadas en las orillas de las rocas que raean en el volcán. Durante las erupciones del Cotopaxi han ocurrido más de 12 flujos laháricos importantes por el cono del volcán. Además, se debe considerar la posible generación de lahares secundarios en caso que no raean en el volcán, por ejemplo, el río Blanco, cerca de Lasso. Estos se podrían formar cuando las cenizas son removilizadas por lluvias fuertes.

FLUJOS DE LAVA
Aviso: 4500 años, durante una erupción catastrófica se generó un lahár excepcionalmente grande. Su repetición es casi imposible debido a la gran reducción en el casquete glaciar. Por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de esta escala es muy remota, y no está representado en este mapa.

FLUJOS DE LAVA
Aviso: Por la rapidez con la cual puede formarse y por su velocidad y fuerza, un flujo de lava y escoria es un fenómeno muy peligroso y la probabilidad de sobrevivir a su impacto directo es mínima. Durante una crisis volcánica, se debe evitar el fondo de las quebradas y los valles bajos de las lavas, y evitar ir a las quebradas y los valles altos. Se debe evitar que el ganado consuma hierba contaminada por cenizas. Los animales deberían ser alimentados con hierba limpia traída de otras regiones, o a la ubicación lo permita se debería procesar a su evacuación. Se debe proteger las fuentes y el suministro de agua potable, para evitar que sea contaminada por cenizas. Con mucho cuidado se debe limpiar continuamente los techos para evitar una gran acumulación de cenizas y el posible colapso de los techos.

FLUJOS DE LAVA
Los flujos de lava son derrames de roca fundida muy caliente, originados en un cráter o en fracturas en los flancos de los volcanes. Los flujos descienden por las pendientes y las quebradas del cono a velocidades relativamente bajas. Los conos son acumulaciones de lava viscosa, mayormente desgasificada, que se forman en un cráter. Los flujos se ubican en la cumbre o en los flancos superiores del volcán. En el Cotopaxi los flujos de lava suceden frecuentemente, pero los más recientes han sido limitados a las cercanías del cono.

FLUJOS DE LAVA
Aviso: Al ser el avance de los flujos de lava muy lento, no representan un peligro para los habitantes de las alrededores de un volcán, dado que generalmente hay tiempo para abandonar la zona potencialmente afectada. Sin embargo, debido a las pendientes acuosadas en el cono, el colapso del frente de un flujo de lava de un cono podría generar flujos piroclásticos secundarios, llamados de bloques y cenizas que descerían rápidamente por los flancos del volcán.

FLUJOS DE LAVA
Antes, durante y después de una erupción volcánica importante de gases, siendo la mayor parte vapor de agua, pero también cenizas, partículas de CO₂, SO₂, H₂S, entre otros. En la cumbre del Cotopaxi estos gases podrían afectar seriamente a los andinistas, sin embargo, a gran distancia del cráter es improbable que las concentraciones de los gases lleguen a tener efectos nocivos para la salud humana. El sentido del olfato humano es lo suficientemente sensible como para detectar concentraciones muy bajas de gases volcánicos, que no necesariamente son peligrosas para la salud, especialmente cuando existe una buena ventilación. Dado que las cenizas que cubren los techos levantan cenizas con concentraciones de estos gases, se recomienda lavar bien los techos con agua limpia antes de ser ingeridos.

FLUJOS DE LAVA
Aviso: Cuando se detecta la presencia oportuna de gases volcánicos en la atmósfera, se deben evitar ambientes cerrados o profundos, como las hornadas de los valles, donde la ventilación sea mínima y donde los gases pueden acumularse. Una máscara o pañuelo mojado podría ayudar a filtrar el aire contaminado, pero será más prudente abandonar la zona afectada por dichos gases y dirigirse hacia zonas más altas y bien ventiladas.

FLUJOS DE LAVA
Son grandes depósitos de rocas, arena y cenizas, los cuales pueden suceder en un volcán como resultado de la inestabilidad y colapso de sus flancos. Este tipo de fenómeno puede deberse a la rotación de magma por dentro del edificio volcánico, a un sismo cercano y fuerte, o al debilitamiento de la estructura interna del volcán provocado por ejemplo, por una marcada alteración hidrotérmica. El colapso del edificio puede ser acompañado a veces por actividad magnética, caracterizada por explosiones de extrema violencia ("blasts") que generalmente están dirigidas en la misma dirección del colapso. Como resultado, se forma un arribo o depresión en el cono conocida como caldera y además un amplio campo de cenizas de conos de forma redondeada y dispersa al pie del volcán. Las avalanchas de escoria son muy raras, móviles y arrasan con todo lo que se encuentre a su paso. Numerosos sismos tectónicos del país, incluyendo el Cotopaxi, han sufrido al menos en una ocasión en su historia geológica un evento de este tipo. Sin embargo, vale la pena que estos eventos muy raros en la vida de un volcán.

FLUJOS DE LAVA
Aviso: Dada la magnitud y violencia de este fenómeno, se recomienda la evacuación de las zonas amenazadas, así como la información científica señala la posibilidad de que ocurra un evento de estas características.

LEYENDA DE LOS PELIGROS VOLCÁNICOS

Zona de mayor peligro: Se representa con el color rojo intenso y corresponde a la zona cercana al volcán. Esta zona tiene una alta probabilidad de ser afectada por flujos piroclásticos, flujos de lava y lahares en caso de que ocurra una erupción moderada (VEI 3) o grande (VEI 4-5). Existe una alta probabilidad de que suceda una erupción de estas características en caso de que ocurra una erupción moderada a grande. Esta zona ha sido afectada por lahares en erupciones ocurridas durante la época histórica. El último flujo piroclástico producido por el Cotopaxi sucedió en la erupción del 26 de junio de 1877. Dentro de esta zona se encuentran los sitios: Mariscal Sucre, Rancho María, Achigüña, Hda. San Elias.

Zona de menor peligro: Se representa con el color naranja y corresponde a las áreas habitadas en el sector noroccidental de la caldera de Chalupas, Hda. San Elias, San Francisco de Cotacachi, Tactiani, San Ramón y San Agustín. Esta zona tiene una menor probabilidad de ser afectada por flujos piroclásticos y flujos de lava, en caso de que ocurra una erupción moderada a grande, pero puede ser afectada si se produce una erupción de mayor magnitud (VEI 4-5), como sucedió hace 1000 años, cuando el Cotopaxi tuvo un evento explosivo mayor. Una erupción de este tipo tiene una probabilidad moderada de suceder, cada 500 a 1000 años.

Zona de peligro: Esta zona, de color verde oscuro, tiene una alta probabilidad de ser afectada por flujos de lava y escoria, en caso de que ocurra una erupción moderada (VEI 3) o grande (VEI 4-5). Esta zona ha sido definida en base de los depósitos dejados por el flujo de lava del 26 de junio de 1877 otros flujos ocurridos durante la época histórica. En cuanto al volumen, extensión y altura que alcanzarán los lahares, futuras erupciones podrían generar lahares tanto de menor (caso más probable) como de mayor tamaño (caso menos probable). Sin embargo, se debe destacar que ante cualquier erupción futura es imposible indicar con anterioridad los límites precisos del alcance de cualquier flujo lahárico, dado el gran número de variables que pueden modificar el rumbo y la fuerza del flujo al momento de la erupción. Generalmente, los lahares están restringidos a los cauces de los ríos. No obstante, en donde las orillas son bajas o cuando los ríos son muy grandes, los lahares podrían desbordar sus cauces y alcanzar extensiones laterales importantes. La energía destructiva del lahár será mayor cerca del cono del río, mientras que la energía destructiva será menor a medida que se alejan del cono. Dentro de esta zona se destacan poblaciones como Callo, San Agustín Bajo, San Ramón, Lasso, Latacunga, San Ramón, Lasso y Pansajco.

En caso de erupciones moderadas (VEI 3) a grandes (VEI 4-5) una erupción por la línea gruesa entrecortada podría ser afectada por una caída de cenizas, especialmente de cenizas con un espesor igual o superior a 25 cm. Las áreas potencialmente más amenazadas en este mapa incluyen: Mulaf, San Ramón, Tactiani, San Agustín, Lasso, Pansajco, San Francisco de Cotacachi, Hda. San Elias, entre otros.

El área encerrada por la línea fin entrecortada podría ser afectada por una caída de ceniza con un espesor de 5 a 25 cm. Las áreas potencialmente más afectadas en este mapa incluyen Tactiani, Guayacama, Toacaso, Saquisilí, Latacunga y Pujili, entre otros. Las áreas fuera de esta línea podrían ser afectadas por una caída de ceniza con un espesor menor a 5 cm. En caso de erupciones pequeñas a moderadas (VEI 2-3), los espesores serían menores.

Las acumulaciones de cenizas en partes moderada a grande, pero puede ser afectada si se produce una erupción de mayor magnitud (VEI 4-5), como sucedió hace 1000 años, cuando el Cotopaxi tuvo un evento explosivo mayor. Una erupción de este tipo tiene una probabilidad moderada de suceder, cada 500 a 1000 años.

Vale destacar que zonas aisladas del volcán, como la ciudad de Quito experimentó caídas de ceniza fina de entre 1 a 2 cm, de espesor en las erupciones de 1769 y 1877 de acuerdo con las crónicas históricas. De igual forma Santo Domingo de los Colorados pudo recibir pequeñas cantidades de cenizas finas.

Esta línea muestra el límite del área que podría ser afectada por una avalancha de escoria en caso de que ocurra un colapso del volcán occidental del volcán, como lo sucedió hace 4500 años en los flancos norte y noroccidental del volcán, durante una fase eruptiva ríolítica. La probabilidad de repetirse un evento de este tipo es muy baja.