

En esta erupción del Cotopaxi se produjo también una importante lluvia de ceniza que ocurrió principalmente en las zonas que se encuentran al W y NW del volcán, debido a la dirección predominante de los vientos. Una de las poblaciones más afectadas fue Machachi, en donde se acumuló casi 2 cm de espesor; en Quito llegó a los 6 mm de espesor, siendo menor en Latacunga y ausente en Ambato. Provincias como Esmeraldas, Manabí y Guayas también fueron afectadas. La erupción del 26 de junio de 1877 puede ser considerada como la "erupción típica" del Cotopaxi en cuanto tiene que ver con los fenómenos volcánicos ocurridos.

Luego de esta erupción, el Cotopaxi continuó con actividad moderada a leve por varios años. El último reporte de actividad en el volcán corresponde a una posible explosión de pequeño tamaño ocurrida en febrero de 1942, pero no ha podido ser confirmada.

PELIGROS POTENCIALES ASOCIADOS

Flujos piroclásticos. Son mezclas muy calientes (mayor a 500 °C) de gases, ceniza y fragmentos de roca que descienden por los flancos del volcán desde el cráter, desplazándose a grandes velocidades (50-100 km/h) en erupciones explosivas importantes. Sin duda la mayor consecuencia es el producir la fusión casi instantánea de grandes sectores del glaciar del Cotopaxi y generar volúmenes de agua suficiente para formar lahares como lo sucedido el 26 de junio de 1877.

Flujos de lodo, lahares. Los lahares son mezclas de materiales volcánicos (rocas, piedra pómez, cascajo, arena) con agua proveniente de fuertes lluvias o fusión del casquete glaciar. Estos flujos se mueven ladera abajo por la fuerza de la gravedad a grandes velocidades (20-70 km/h) y siguiendo los drenajes naturales. Son los fenómenos más peligrosos de suceder en una erupción del Cotopaxi y debido a su alta velocidad y densidad pueden mover y aun arrastrar objetos de gran tamaño y peso, tales como puentes, vehículos, árboles, etc. La manera de mantenernos seguros o a salvo de este fenómeno es estar lejos de los drenajes que se originan en el volcán.

Caidas de ceniza y cascajo. Durante las explosiones volcánicas, los gases y el material volcánico son expulsados desde el cráter. Es un fenómeno siempre presente en las erupciones del Cotopaxi y ha provocado grandes pérdidas en la agricultura y ganadería, así como el colapso de algunas edificaciones antiguas. Debido a la dirección predominante de los vientos las zonas occidentales del volcán tienen las más afectadas.

Flujos de Lava. Son derrames de roca fundida muy caliente, originados en el cráter o en fracturas de los flancos del volcán y estos descienden por los flancos y los valles del cono y viajan a bajas velocidades (pocos km/h). Las coladas de lavas han sido sin duda, fenómenos bastante comunes en la evolución geológica del Cotopaxi, en las épocas históricas y sobre todo en las pre-históricas. El último flujo de lava ocurrido en el Cotopaxi corresponde a una fase eruptiva de 1853.

Avalanchas de Escombros. Son grandes deslizamientos de rocas, arena y ceniza, los cuales pueden suceder en un volcán como resultado de la inestabilidad y colapso de sus flancos. Son muy rápidas, móviles y arrasan con todo lo que se encuentre a su paso. El volcán Cotopaxi lo experimentó hace aproximadamente 4500 años A.P. Estos eventos son poco frecuentes.

Gases Volcánicos. El contacto directo con altas concentraciones de gases volcánicos puede provocar irritación en los ojos, boca y nariz de hombres y animales; también puede provocar la destrucción de la vegetación. Especialmente, ciertos gases volcánicos pueden reaccionar con el agua de la atmósfera para formar compuestos ácidos, los cuales dan lugar a la ocurrencia de lluvias ácidas altamente corrosivas.

Sismos Volcánicos. La gran mayoría de volcanes presentan actividad sísmica, aun cuando se encuentren "dormidos" o en periodos de calma. En las erupciones pasadas del Cotopaxi ha sido común que las personas que habitan en las cercanías sientan algunos de estos sismos, especialmente poco antes o durante los periodos de erupción. Sin embargo no han causado daños.

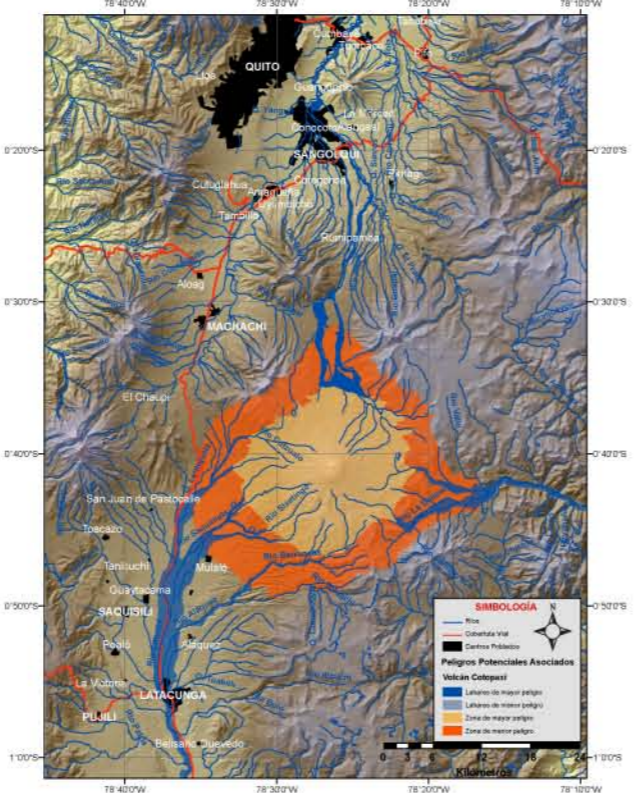


Figura 16: Mapa de Peligros Potenciales asociados al Volcán Cotopaxi (Modificado de Hall et al., 2004)

SISTEMA DE MONITOREO EN EL VOLCÁN COTOPAXI

Dado el peligro que presenta una erupción del Cotopaxi, es fundamental contar con un sistema permanente de vigilancia como el del monitoreo instrumental y visual operado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Sísmico: Detecta vibraciones del suelo provocadas por la actividad volcánica. Son un reflejo directo de la actividad del volcán.



Figura 6: Sismógrafos en el Instituto Geofísico-EPN (Quito).

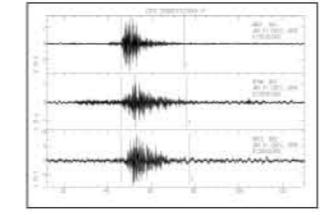


Figura 7: Señal sísmica de Banda Ancha de un LP del volcán Cotopaxi

Deformación: Detecta cambios en la forma del volcán provocados por el ascenso de un cuerpo de magma. La deformación que somos capaces de detectar es desde pocos milímetros a centímetros.



Figura 8: Medidas de EDM en los uno de los flancos del volcán Cotopaxi.

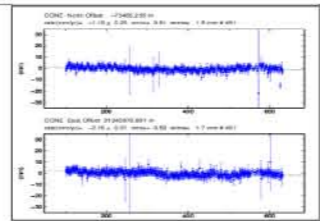


Figura 9: Registro de deformación de la estación GPS-CONE ubicada a 4400 msnm en el volcán Cotopaxi

Geoquímica: Detecta los cambios químicos en fumarolas y aguas termales provocados por la actividad volcánica. Son indicadores de una presencia probable de magma cerca de la superficie.



Figura 10: Muestreo de aguas termales

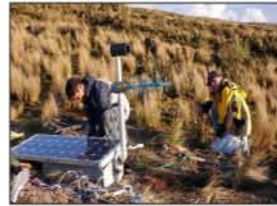


Figura 11: Estación NOVAC instalada a 3800 msnm y registro de medida de concentración de SO2 en una de las estaciones NOVAC (Foto: S.Hidalgo, IG-EPN).



Satelital: Imágenes regionales tomadas por satélites desde el espacio. Son de mucha ayuda para vigilar las grandes nubes de ceniza. **Térmico:** Imágenes que permiten detectar cambios de temperatura en la superficie del volcán, cubren áreas amplias y generalmente inaccesibles.

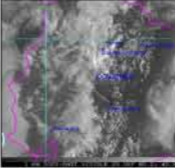
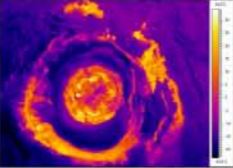


Figura 12: Nube de ceniza registrada por el satélite en el volcán Tungurahua (http://www.ssd.noaa.gov)



Figura 13: Imagen oblicua (Foto: J. Bustillos, IG-EPN) y termal (Foto: P. Ramón, IG-EPN) del cráter del volcán Cotopaxi.



Observación Visual Directa: Observaciones que se realizan directamente desde los alrededores del volcán, mediante sobrevuelos y por medio de una net cam con vista directa al volcán. Es de gran importancia las observaciones y reportes de los pobladores del sector.



Figura 14: Vista aérea del volcán Cotopaxi mediante sobrevuelos alrededor del cono (Foto: P.Ramón, IG-EPN)



Figura 15: NetCam instalada en el borde interno del cráter (Foto: D. Barba, Petroproducción). Imagen capturada por la NetCam y transmitida en tiempo real al Instituto Geofísico.



ANDRADE, D., HALL, M., MOTES, P., TRONCOSO, L., EISSEN, J-P., SAMANIEGO, P., EGRED, J., RAMÓN, P., RIVERO, D., YEPES, H., 2005. Los Peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi. Serie Los Peligros volcánicos en el Ecuador N°3. Corporación Editora Nacional, IG-EPN, IRD.

CÁCERES, B., RAMÍREZ, J., FRANCOU, B., EISSEN, J-F., TAUPIN, J-D., JORDAN, E., UNGERRECHTS, L., MAISINCHO, L., BARBA, D., CADIER, E., BUCHER, R., PEÑAFIEL, A., SAMANIEGO, P., MOTES, P., 2004. Determinación del volumen del casquete de hielo del volcán Cotopaxi, Quito, Inamhi-IRD-IG/EPN-Ingeominas-IGM-HHJ, p. 54.

HALL, M., MOTES, P., SAMANIEGO, P., YEPES, H., ANDRADE, D., 2004. Mapa Regional del Peligros Volcánicos Potenciales del Volcán Cotopaxi-Zona Norte y Sur.

HALL, M., MOTES, P., 2007. The rhyolitic-andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador. Bull. Volcanol, V 70, num 6.

MOTES, P., M., HALL, R., JANDA, 1998. The enormous Chillón valley lahar: an ash-flow generated debris flow from Cotopaxi volcano, Ecuador. Bull. Volcanol 59:233-244.

SODIRO, L., 1877. Relación sobre la erupción del Cotopaxi acaecida del día 26 de junio, 1877. Imprenta Nacional Quito, pp.40.

WOLF, T., 1878. Memoria sobre el Cotopaxi y su última erupción acaecida el 26 de junio de 1877. Imprenta, El Comercio, Guayaquil, pp.48.

IG
Instituto Geofísico EPN
Manteniendo la actividad científica y tecnológica

**INSTITUTO GEOFÍSICO
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**
Telf: (593-2) 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631
Fax: (593-2) 22567-847
www.igepn.edu.ec
2010

Gracias a la colaboración del Área de Vulcanología del Instituto Geofísico y del Institut de Recherche pour le Développement (IRD-Francia)

**VOLCÁN
COTOPAXI**



Foto: P. Ramón, IG-EPN

**GEOLOGÍA Y ACTIVIDAD HISTORICA.
PELIGROS POTENCIALES ASOCIADOS
Y
SISTEMA DE MONITOREO**

Latacunga
... Bienestar y Desarrollo

Auspiciado por el Gobierno de la Ilustre Municipalidad del Cantón Latacunga

Arq. Rodrigo Espin V.
ALCALDE

EL VOLCÁN COTOPAXI

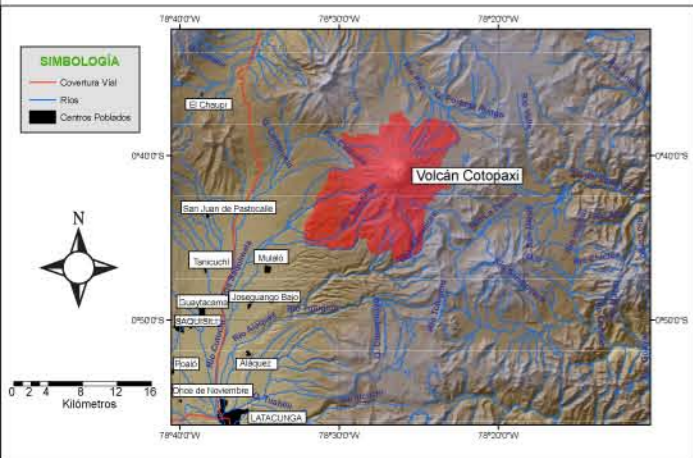


Figura 1: Ubicación regional del Volcán Cotopaxi.

El volcán Cotopaxi (0°38' S; 78°26' W; 5897 msnm) es un gran estratovolcán activo ubicado a 60 km al SE de Quito y a 45 km al N de Latacunga. Los deshielos del Cotopaxi son drenados por numerosas quebradas, los cuales alimentan tres sistemas fluviales principales: 1) el río Cutuchi al W y S; 2) el río Tambo afluente del río Napo, al E; y, 3) el río Pita que corre hacia el N (Figura 1).

El Cotopaxi tiene una base de 16x19 km y un relieve que puede alcanzar entre 2000 a 3000 m desde la base hasta la cima, mientras que las pendientes de sus flancos tienen hasta 30° de inclinación (Figura 2). Está cubierto por un importante casquete glaciar, cuya área actual está calculada en 14 km² y su volumen estimado en 0.7 km³ (Cáceres et al., 2004). El cráter tiene una forma casi circular, con un diámetro de 800 m aproximadamente y una profundidad superior a los 100 m. En el interior del cráter, así como en los bordes, se observa la presencia de continuas emanaciones fumarólicas.

Este importante volcán, sus planicies y páramos aledaños constituyen el Parque Nacional Cotopaxi, una zona turística de recreación y de reserva forestal y animal.



Figura 2: Volcán Cotopaxi, vista desde el Norte donde se observa claramente algunos depósitos de flujos de lodo (lahares) antiguos (Foto: P. Mothes, IG-EPN)

HISTORIA GEOLÓGICA DEL VOLCÁN COTOPAXI

El Cotopaxi ha llamado la atención de científicos y expertos desde hace varios siglos, tales como La Condamine, Humboldt, Reiss, Sodiro, Wolf, Whymper, Stübel y Martínez; y los más recientes como: Hradecka, Hall, Miller, Mothes, Hillebrandt, Barberi, Ettinger, los más importantes.

La historia geológica que se presenta aquí es un resumen del trabajo reciente publicado por Hall & Mothes (2007). Este trabajo presenta más de 20 años de recopilación de datos de campo y laboratorio.

Los vestigios más antiguos: la fase riolítica del "Cotopaxi I"

Los depósitos más antiguos tienen más de 500 mil años de edad. En nuestros días, esos depósitos aparecen solamente en el flanco S y SW del cono actual, en las profundas quebradas de los ríos Barrancas, Burrohuaco, Saquimala y San Lorenzo. En ese tiempo el Cotopaxi tenía un aspecto bastante diferente al actual, ya que no estaba formado por un alto edificio cónico, sino por un grupo de domos. Se piensa que en conjunto, el Cotopaxi I estaba formado por una caldera similar al volcán Quilotoa, pero de dimensiones más importantes (Figura 3). Cuando las erupciones fueron muy explosivas, se formaron numerosos flujos de ceniza los cuales llegaron a las cercanías de Latacunga.

La fase andesítica del "Cotopaxi I"

En esta fase las erupciones fueron poco explosivas, caracterizadas por grandes flujos de lava y pequeñas caídas de escoria y ceniza. Estos eventos construyeron poco a poco un edificio cónico, probablemente similar al actual, cuyos vestigios están representados actualmente por el cerro Morurcu (4850 m), al S del volcán (Figura 3). Evidencias importantes de este periodo también se observan a lo largo del cañón del río Pita al N del Cotopaxi. Luego de este periodo el volcán entró a una larga pausa de actividad que se extendió por cerca de 350 mil años, durante el cual el volcán vecino Chalupas erupcionó el flujo de pómez que encontramos en Latacunga.

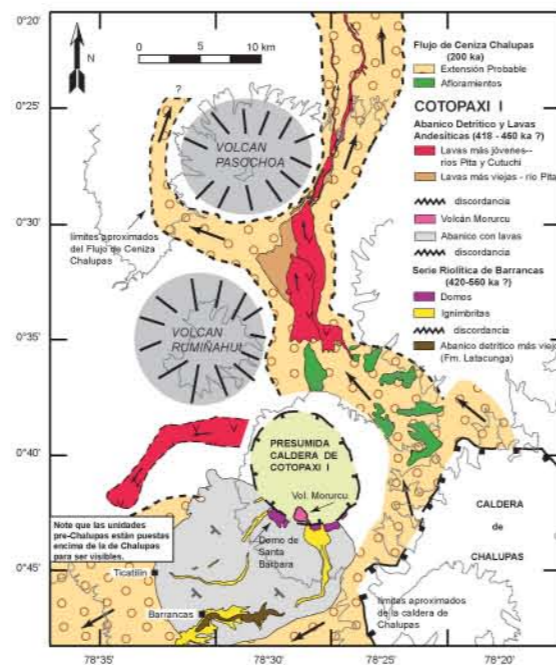


Figura 3: Mapa Geológico donde se ilustra la historia temprana del Cotopaxi-I (Hall & Mothes, 2007)

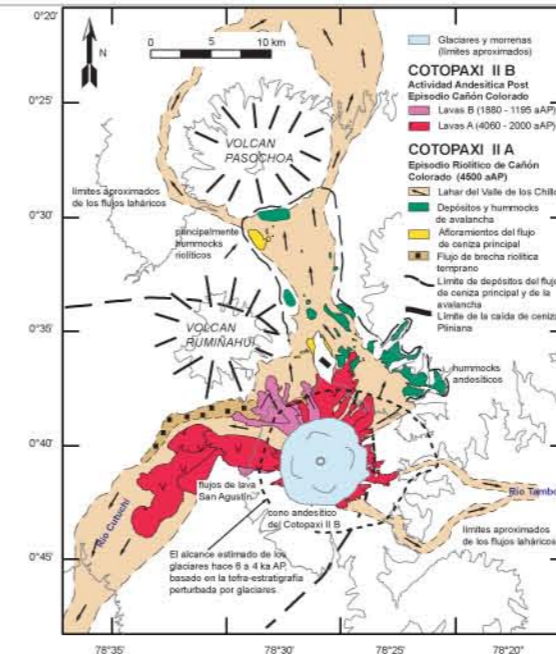


Figura 4: Mapa geológico de la actividad riolítica del Cañon Colorado del Cotopaxi II-A y los subsiguientes flujos de lava del Cotopaxi II-B (Hall & Mothes, 2007)

Vigorosa reactivación: el "Cotopaxi II-A"

Hace 14 mil años empezó una nueva etapa de gran actividad, cuya característica fue la ocurrencia de una serie de erupciones riolíticas y al menos 5 de estas ocurrieron entre 13200 y 4500 años antes del presente (A.P.). La erupción riolítica ocurrida hace 4500 años A.P. fue de carácter catastrófico, pues un gran sector del flanco NE del edificio se derrumbó formando una avalancha de escombros (2,1 km³), esta avalancha fue precedida y seguida por grandes flujos piroclásticos (PFs) (Figura 4). Sumados a la gran proporción del glaciar que se fundió casi instantáneamente, se formó un lahar de tamaño gigantesco de 3,8 km³ en volumen (Mothes et al., 1998), el cual fluyó por los cauces de los ríos Pita, San Pedro y Guayllabamba hasta llegar al Océano Pacífico a través del río Esmeraldas, y hacia el S por el río Cutuchi y al E por el Tambo. Al final de esta erupción, casi la cuarta parte del edificio Cotopaxi II-A había quedado destruida, dejando montículos de escombros en el valle del río Pita.

Actividad andesítica actual: el "Cotopaxi II-B"

Desde el final catastrófico del Cotopaxi II-A, la actividad del volcán ha continuado persistente hasta la actualidad. Las erupciones en este periodo han sido de carácter andesítico. En la historia del Cotopaxi II-B, se puede reconocer al menos 18 ciclos eruptivos, los cuales comprenden más de 43 erupciones de magnitud moderada caracterizadas por presentar un patrón similar de fenómenos eruptivos, los que incluyen caídas de pómez, cascajo y ceniza; PFs, coladas y flujos de lava, y extensos flujos de escombros (lahares) (Figura 4).

EL PERÍODO HISTÓRICO

Se sabe que durante los últimos 500 años, el Cotopaxi ha tenido ciclos eruptivos con un promedio de una vez por siglo, los mismos que ocurrieron en: 1532-1534, 1742-1744, 1766-1768, 1854-1855 y 1877-1880. Sorprendentemente, el siglo XX no fue testigo de ninguna erupción importante y ya se han cumplido 133 años desde la última gran erupción, ocurrida el 26 de junio de 1877.

Siglo XVIII

Luego de las erupciones de 1532-1534, el Cotopaxi entró en un periodo de tranquilidad que duró más de 200 años. Sin embargo, entre junio y diciembre de 1742 nuevamente ocurrieron erupciones explosivas que produjeron lluvias de ceniza y grandes lahares que destruyeron puentes, casas, obras, haciendas, y arrebataron personas y ganados en un número muy crecido (Sodiro, 1877). En noviembre de 1744 nuevamente ocurrió un episodio eruptivo mayor con formación de PFs que derritieron partes del glaciar del volcán y provocaron lahares aun mayores que los de 1742 en los valles de Latacunga y Los Chillos.

En febrero de 1766 y en abril de 1768, sucedieron nuevas grandes erupciones. En ambos casos se volvieron a producir lahares por derretimiento del glaciar del volcán, pero además las lluvias de ceniza fueron tan extensas que llegaron incluso hasta Pasto (Colombia).

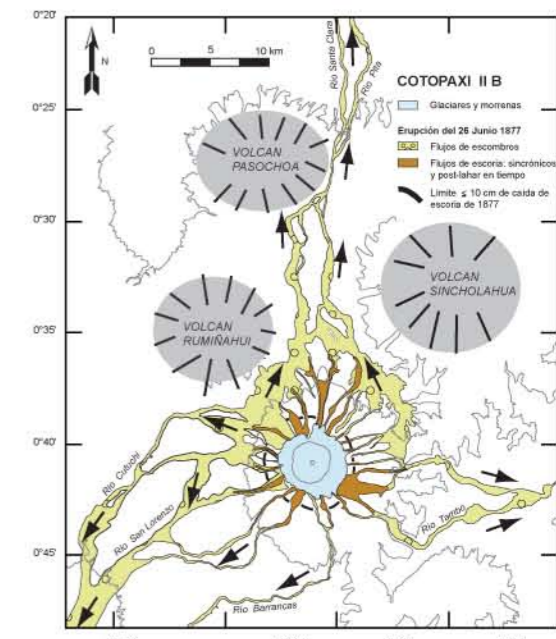


Figura 5: Mapa geológico de los productos de la erupción del 26 de junio de 1877 (Hall & Mothes, 2007)

Siglo XIX

Luego de 1768 nuevamente se produjo un periodo de baja actividad volcánica de 86 años de duración. Sin embargo en septiembre de 1853 hubo un importante incremento en la actividad que produjo caídas de ceniza y lahares destructivos en el río Cutuchi.

La última gran erupción: 26 de junio de 1877

Desde principios de 1877, nuevamente el Cotopaxi había empezado a presentar emisiones de ceniza y explosiones de tamaño pequeño a moderado. Para junio del mismo año, la actividad se había incrementado notablemente, tanto así que el día 26 se produjo una fase eruptiva de magnitud suficiente para formar PFs. Según Wolf (1878), estos flujos piroclásticos provocaron el súbito y extenso derretimiento del glaciar y generaron grandes flujos de lodo (lahares). Estos fueron tan caudalosos que rebosaron fácilmente los cauces naturales de los ríos. Los lahares tuvieron velocidades que tardaron no más de 30 minutos en llegar a Latacunga, poco menos de 1 hora en llegar al valle de Los Chillos, cerca de 3 horas en llegar a la zona de Baños (Tungurahua) y cerca de 18 horas en llegar a la desembocadura del río Esmeraldas en el Océano Pacífico (Figura 5).