



Volcán Cotopaxi

Guía para docentes

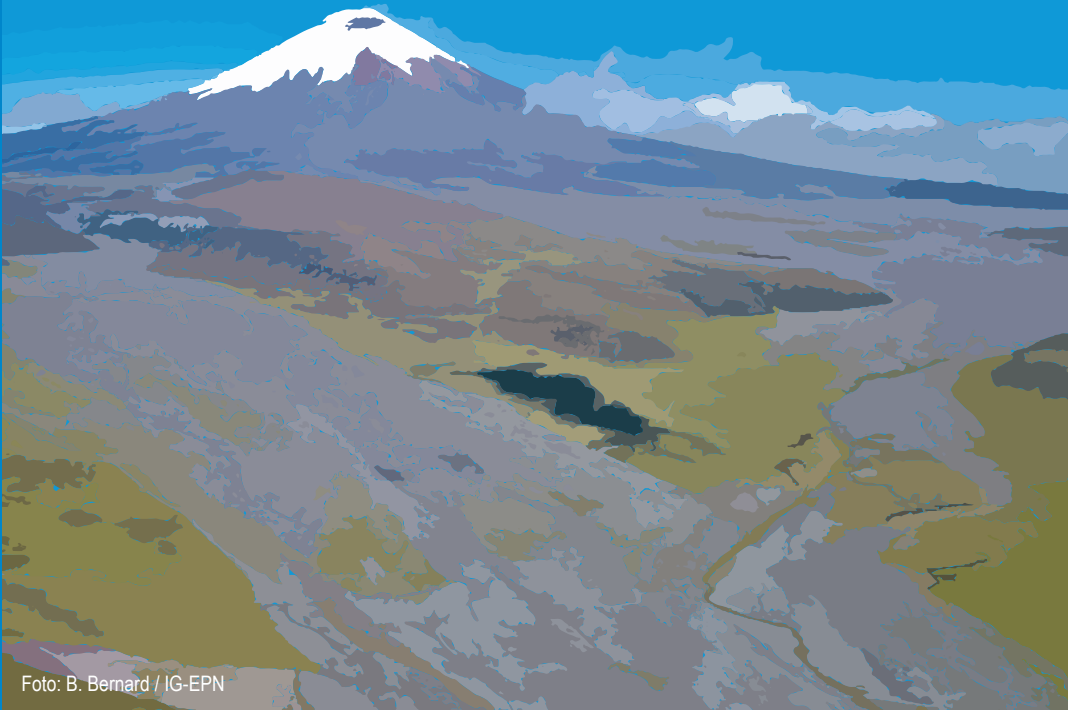


Foto: B. Bernard / IG-EPN

Realizado por: D. Sierra , S. Vaca y E. Telenchana /IG-EPN.
Quito - 2024

Elaborado por: D. Sierra, S. Vaca y E. Telenchana
Instituto Geofísico
Escuela Politécnica Nacional

Quito-Ecuador
2024



Introducción

La enseñanza, por sí misma es un enorme reto para los maestros en cualquier nivel educativo, de este ámbito, algunas personas tienen una mayor habilidad para captar la atención de los estudiantes y transmitir de manera fácil los conocimientos, sin embargo, en otros casos no es así.

En la actualidad, los estudiantes tienen a su disposición medios electrónicos con los que pueden acceder en segundos a todo tipo de información a través de internet. En las redes, la atención o interés por cualquier tema (especialmente no educativos) es captada casi de forma inmediata, haciendo que la enseñanza se vuelva un reto aún mayor.

Bajo estas perspectivas, los docentes, en su labor de gestionar la enseñanza en el aula o en cualquier ámbito dispuesto para ello, se enfrentan al gran desafío de poseer un *background* de aprendizaje previo que les permita transmitir sus conocimientos. Es así como los maestros están invocados a proveerse de una variedad de herramientas que varían desde las más clásicas, como la disertación en el aula, pasando por experiencias prácticas y experimentales hasta los medios más innovativos como los materiales audiovisuales, todo esto con el fin de incentivar el pensamiento crítico.

La enseñanza de los peligros ligados a los fenómenos naturales (sismos, erupciones, sequías, inundaciones, etc.) tienen una complejidad adicional y no están exentos de interpretaciones erróneas. En este sentido los maestros de educación primaria tienen el reto de plantar parte de los cimientos del conocimiento en estas temáticas. Ello son los llamados a aportar de manera decisiva estos conceptos, para mejorar la comprensión de estos fenómenos y de las amenazas que se derivan de los mismos.

Considerando lo expuesto previamente, el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN), y la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) gracias al auspicio de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), han desarrollado el Proyecto Piloto “CotoEduca”. Este proyecto está dirigido a profesores y estudiantes de instituciones educativas que se encuentran en zonas potencialmente amenazadas por el Volcán Cotopaxi dentro del cantón Latacunga. Esta iniciativa tiene por finalidad, educar a la población empezando por los más jóvenes para edificar una sociedad resiliente.



El alcance que tienen los órganos científicos y de gestión de riesgos en la enseñanza de los fenómenos naturales pudiera ser limitado. Es por esto que se ha hipotetizado, que una buena estrategia sería contar con la colaboración de maestros de centros educativos a fin de masificar la educación de manera estratégica con alumnos de primaria. Si se asume que, en un aula de clase se tiene una media de 30 estudiantes; por cada profesor que participe dentro de este programa, el número de beneficiarios directos se multiplicaría por 30. A través de los niños capacitados por sus profesores, se llegará también a los hogares de los mismos y de una manera indirecta se incrementa el número de receptores.

Por supuesto no todos los maestros cuentan con información suficiente sobre estas temáticas, por lo que la parte medular de este proyecto es dotar a los maestros de herramientas didácticas, pedagógicas y metodológicas para la enseñanza de esta temática, con el objetivo de que ellos las puedan aplicar y poder llegar de manera fácil a los estudiantes. Justamente para proveer de herramientas didácticas a los profesores que participen de la capacitación, hemos generado un kit denominado “**Caja Volcán**” con materiales didácticos, que incluye por un lado material impreso y por otro una serie de experimentos prácticos que explican de manera simple, visual y sencilla, varios de los fenómenos volcánicos (no todos) que se podrían presentar en una eventual erupción del volcán Cotopaxi.



CONTENIDO DE LA GUÍA METODOLÓGICA

- Nuestro Planeta Tierra.
- ¿Qué es un volcán?
- Tipos de erupciones.
- Los fenómenos volcánicos.
- El Arco Volcánico Ecuatoriano.
- Información básica del Cotopaxi.
- Historia de la erupción de 1877.
- La erupción de 2015.
- La erupción de 2022-23.
- Cómo leer el Mapa de Amenazas Zona Sur
 - (Descripción de los Peligros Volcánicos) Preguntas más frecuentes de la erupción del Cotopaxi.
- Qué hacer frente a una erupción. Pasos detallados
- Elaboración de un Plan Familiar de Emergencia
 - La Mochila de Emergencias
- Cómo realizar los experimentos para ejemplificar los fenómenos.
 - Experimento 1.- Explosión de un Volcán
 - Experimento 2.- Dispersión de la ceniza volcánica
 - Experimento 3.- Alcance de los piroclastos respecto de la fuente de emisión
 - Experimento 4.- Columna de ceniza versus flujo piroclástico
 - Experimento 5: Generación de lahares secundarios
- Preguntas más frecuentes de la erupción del Cotopaxi.
- Presentación de las Instituciones.



Nuestro planeta tierra

No existe una forma simple de hablar de volcanes, si previamente no le damos una mirada al interior de nuestro planeta.

La Tierra es un planeta caliente, se formó junto con el resto del sistema solar hace unos 4500 millones de años y desde entonces ha estado en constante enfriamiento.

Aunque la superficie de la Tierra parece estar fría y sólida, su interior es muy diferente. Se estima que la temperatura del núcleo de la Tierra es de unos 5500°C (la misma temperatura de la superficie del sol).



Figura 1.-Una mirada al interior de la Tierra, se aprecia la corteza el manto y el núcleo.

A la capa más externa y fría de la tierra le llamamos corteza, esa es la parte de la Tierra que es visible y donde hemos desarrollado nuestras vidas. Si comparamos a nuestro planeta con un objeto cotidiano como una naranja, la corteza sería tan fina como la cáscara que cubre dicha fruta.

El resto de la Tierra lo componen el manto y el núcleo, a altas temperaturas, compuestos mayormente por roca y metales en estado sólido, además de material parcialmente fundido.

Así mismo tendemos a pensar en la corteza terrestre como algo estático, pero no es así. La corteza está dividida en “piezas” de gran tamaño asemejando un rompecabezas. A estas grandes “piezas”, las llamamos placas tectónicas. Estas



placas se mueven unas respecto a otras de manera que colisionan o se separan.



Figura 2.- La corteza está dividida en fragmentos, las placas tectónicas son como piezas de un rompecabezas (Tomado de: ¿Qué es un Volcán? Aprendiendo con ejemplos simples, D. Sierra 2022).

En las costas de nuestro país se da el choque de dos de estas placas. La Placa oceánica de Nazca ingresa bajo la Placa Continental Sudamericana en un proceso que se conoce como subducción.

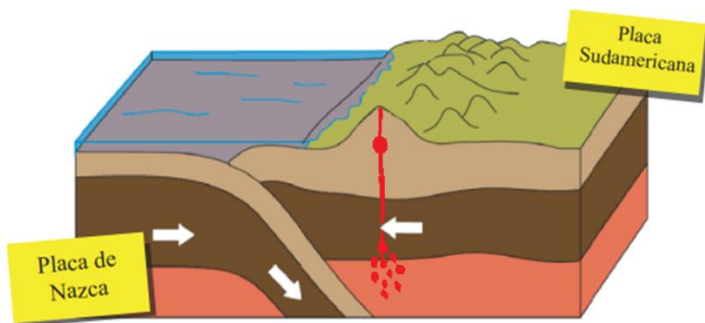


Figura 3.- La corteza está dividida en fragmentos, las placas tectónicas son como piezas de un rompecabezas (Tomado de: ¿Por qué tiembla la tierra? Sismos, D. Sierra 2022).

Como ya se había mencionado antes, aunque la Tierra está fría en su parte más externa, alberga roca caliente en su interior. Existen zonas específicas de



nuestro planeta, donde se producen las condiciones necesarias para que el volcanismo ocurra.

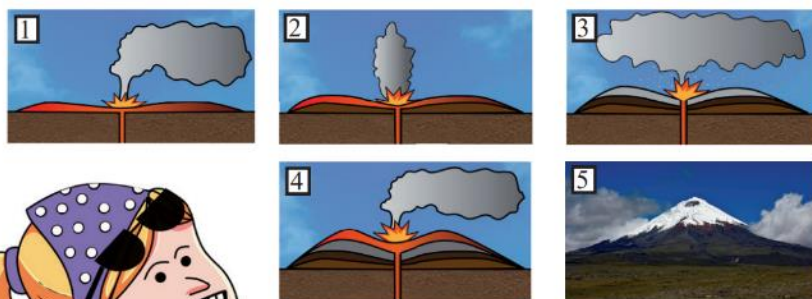
En el caso de nuestro país, la subducción permite las condiciones necesarias para la generación de volcanes. Este es el caso del Ecuador, donde a 100 km de profundidad, la temperatura del interior de la Tierra puede llegar a casi ~1000 grados centígrados (suficiente para fundir oro o cobre).

El magma (roca fundida) asciende por la corteza terrestre a través de fracturas dando lugar a la formación de los volcanes.

¿Qué es un volcán?

Un volcán es una formación geológica, producto de la abertura de la corteza terrestre conectada a un reservorio magmático por un conducto o chimenea. Estos conductos permiten la salida a superficie de diferentes productos tales como son: la ceniza, lava y gases a través de una abertura llamada cráter.

Los diferentes productos volcánicos se van depositando alrededor de la apertura, acumulándose en capas y con el paso del tiempo da lugar a la formación de un cono volcánico.



¡Los volcanes están hechos en capas... casi como mi sándwich!

Figura 4.-La formación de un volcán (Tomado de: ¿Qué es un Volcán? Aprendiendo con ejemplos simples, D. Sierra 2022).

Los volcanes como el Cotopaxi se forman a lo largo de cientos de miles de años por la acumulación de los productos provenientes de numerosas erupciones.



Magma y lava. - Cuando la roca fundida está en el interior de la tierra la llamamos magma, pero si ya ha salido a la superficie, la llamamos lava.

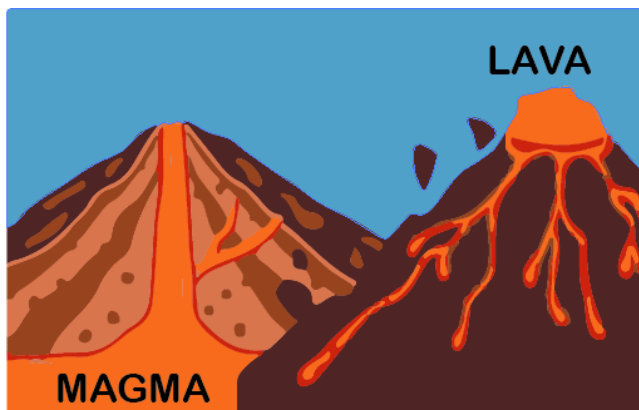


Figura 5.-Diferencia entre las definiciones de Magma y Lava

El volcán expulsa magma, pero también emite diferentes gases volcánicos que se liberan ya sea: antes, durante y después de una erupción.

Generalmente no son peligrosos, porque se disuelven rápidamente en la atmósfera. Sin embargo, si estamos muy cerca a la fuente de emisión y si respiramos directamente los gases si pudieran ser tóxicos o asfixiantes.

Tipos de Erupciones

No todas las erupciones volcánicas son iguales, algunas pueden ser más violentas que otras. Es la composición química del magma y su contenido de gases lo que define cómo será la dinámica de una erupción. De este modo, podemos distinguir dos tipos de erupciones: explosivas y efusivas.



EXPLOSIVA



EFUSIVA



Figura 6.- Tipos de erupción asemejándose a objetos cotidianos, Explosiva vs Efusiva (Tomado de: ¿Qué es un Volcán? Aprendiendo con ejemplos simples, D. Sierra 2022).

Explosivas. - En estas erupciones, el magma contiene muchos gases, por lo cual se produce algo similar a lo que ocurre cuando destapamos una botella de refresco de cola (gaseosa) que ha sido sacudida. Este tipo de erupciones son más comunes en ambientes como el Ecuador continental, un buen ejemplo son las erupciones del Tungurahua (1999-2016) o las más recientes del Cotopaxi.

Efusivas. - En estas erupciones el magma tiene poco gas. El magma no explota violentamente al salir del volcán, sino que se derrama lentamente por los flancos del volcán, formando flujos de lava. Al ser roca fundida, la lava es un material muy espeso y viscoso, más o menos como la miel. Si bien la emisión de flujos de lava si puede ocurrir en el Ecuador continental, no se espera que la lava sea rápida ni que tenga largo alcance.

Las erupciones con lava son más propias de volcanes de islas, como por ejemplo las erupciones de los volcanes de Galápagos.

Los fenómenos volcánicos

La lava en la cultura popular

Las películas y series de televisión nos han acostumbrado a asociar las erupciones volcánicas con un solo término, "lava". Aunque los flujos de lava si ocurren durante una erupción volcánica, no son necesariamente el fenómeno



volcánico más común ni tampoco el más peligroso, al menos para volcanes del continente como es el caso del Cotopaxi.

Nota: El docente puede usar el siguiente video para aprender del mismo o para compartirlo con sus estudiantes, el video nos muestra las representaciones de las erupciones volcánicas en el cine y las diferencias que tiene con la vida real.

<http://tinyurl.com/FenomenosVolcanicos>



Los fenómenos volcánicos:

Los flujos de lava se componen de roca fundida o parcialmente fundida que sale a temperaturas muy altas de 800°C a 1200°C.

Para volcanes como el Cotopaxi esperamos velocidades relativamente bajas, en muchos casos inferiores a 5 km/hora. Al ser las lavas tan lentas, por lo general nos dan tiempo para alejarnos y salir de su área de afectación.

En los volcanes de la Sierra, los flujos de lava suelen alcanzar una distancia aproximada de 5 km, aunque en el caso del Cotopaxi se estima que podrían alcanzar hasta 10 km, sin sobrepasar los límites del Parque Nacional Cotopaxi (PNC).

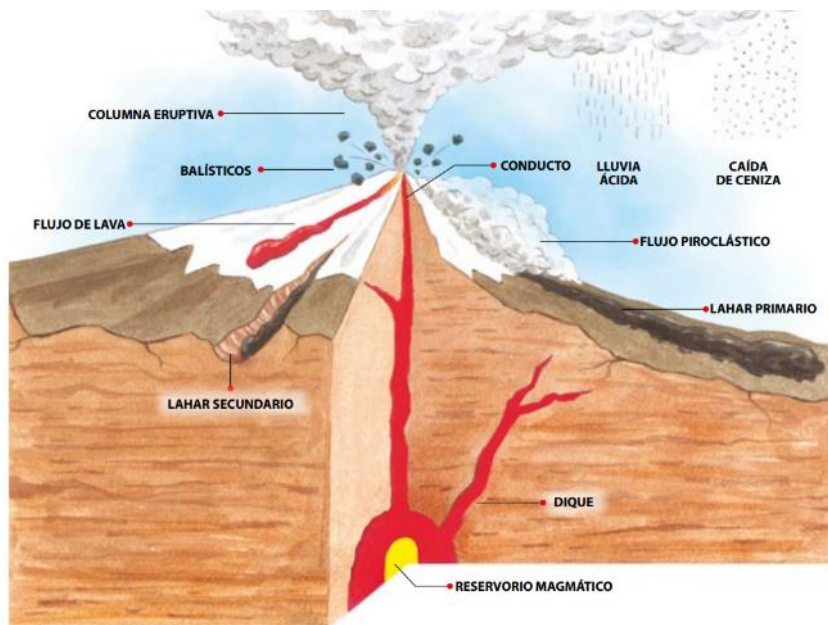


Figura 7.- Fenómenos volcánicos (Tomado de la Guía Anticipate para el Cotopaxi, PNUD, IG-EPN, SGR-2024).

La Ceniza es roca pulverizada (en fragmentos con diámetro $<2\text{mm}$) que sale del cráter de un volcán durante una erupción formando “nubes de ceniza”. Es el fenómeno volcánico de mayor afectación, ya que su dispersión está controlada por la dirección y velocidad de los vientos y puede cubrir grandes áreas. El Cascajo son fragmentos porosos o vesiculados más grandes que la ceniza (con diámetros de 2-64 mm).

Los balísticos son rocas expulsadas a gran velocidad desde el cráter como balas de cañón durante una erupción. Pueden ser variables en tamaño, pudiendo ir desde algunos centímetros (como el tamaño de un puño), hasta tamaños métricos (como el de un auto). Dependiendo de su peso, pueden viajar desde varias decenas de metros hasta unos pocos kilómetros.

Los Lahares (flujos de lodo y escombros) son una mezcla de material volcánico (rocas, piedra pómez, cascajo y ceniza) con agua proveniente de fuertes lluvias o fusión parcial del casquete glaciar. Estos flujos se mueven ladera abajo a



velocidades de entre 20-70 km/h siguiendo los drenajes naturales. Los lahares pueden ser primarios y secundarios.

Lahares primarios.- Relacionados a erupciones explosivas de magnitud importante y se producen por el derretimiento parcial de grandes volúmenes de nieve y hielo de los glaciares en un tiempo muy corto (pocos minutos). El flujo alcanza grandes distancias.

Lahares secundarios.- Se generan por lluvias intensas y/o continuas sobre los flancos del volcán saturando y acarreando el material piroclástico. Son de menor magnitud, pero más frecuentes que los lahares primarios.

El Arco Volcánico Ecuatoriano

El Ecuador continental tiene alrededor de 80 volcanes y complejos volcánicos jóvenes (menores a 5 millones de años). Dos de ellos están en erupción (El Reventador y Sangay), seis se consideran activos y trece se consideran potencialmente activos.

La actividad de los volcanes en Ecuador

En nuestro país, los volcanes se clasifican en base a los registros que se tiene de cuando ocurrió su última erupción:

1. En erupción: para volcanes que se encuentran erupcionando al momento, o han tenido una erupción en un período muy reciente (pocos meses a años dependiendo del caso).
2. Activos: Esto incluye volcanes que erupcionaron durante el tiempo histórico (desde 1532, tiempo de la llegada de los españoles).
3. Potencialmente Activos: para volcanes que erupcionaron por última vez durante el Holoceno (últimos ~10 mil años).
4. Inactivos: si su última erupción ocurrió durante el Pleistoceno (antes de ~10 mil años).

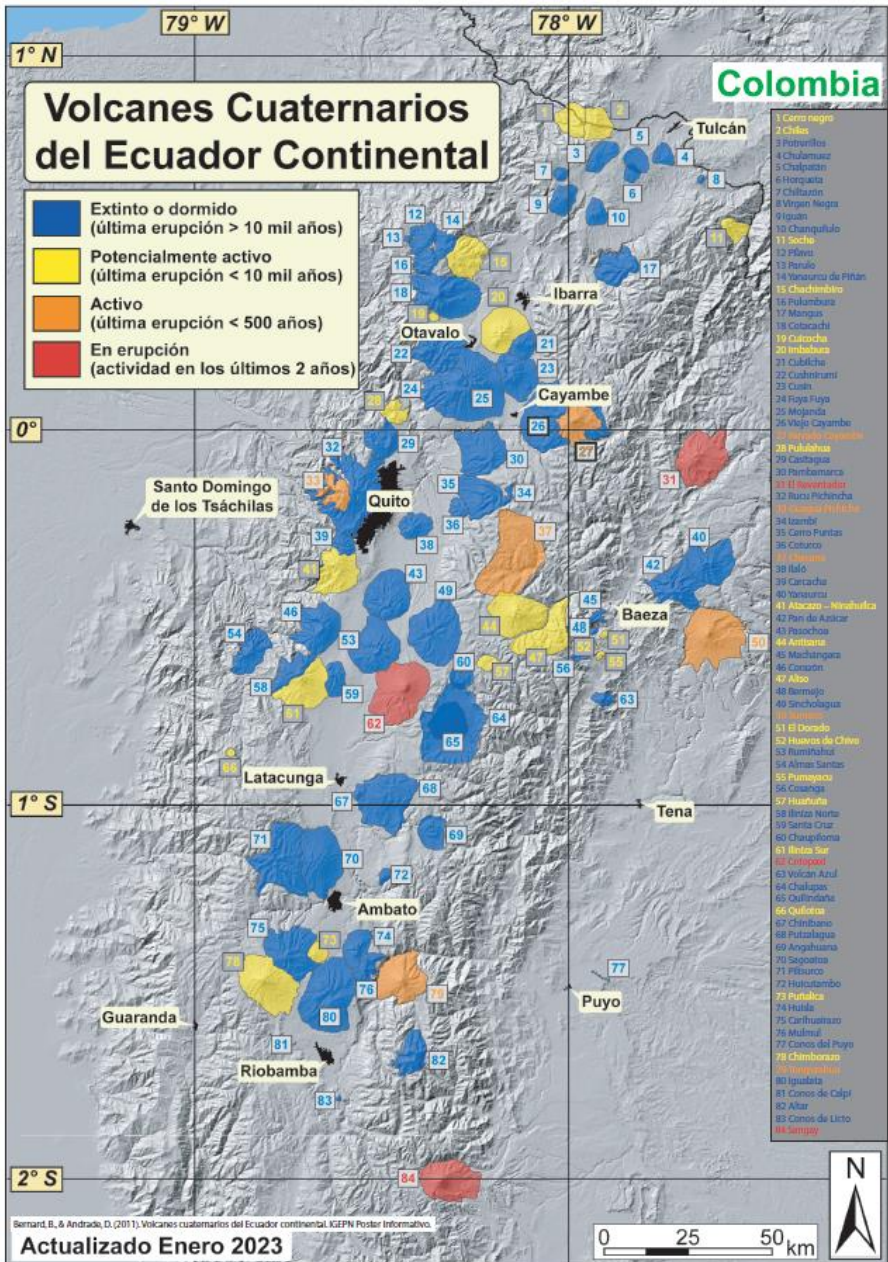


Figura 8.- Mapa del Volcanismo Cuaternario (Bernard y Andrade, 2011/ IG-EPN, IRD)



El conocimiento que tenemos sobre los volcanes es algo dinámico y en constante cambio, para 1892 el Mapa del Ecuador presentaba un número aproximado de 30 volcanes. Sin embargo, para el año de 1977, se tenía un nuevo mapa con 35 volcanes. Más tarde en 1988, en una publicación se mostraba un nuevo mapa con 54 volcanes para el Ecuador continental. En 1999, el IG-EPN y el IRD, lanzaron un poster del arco ecuatoriano con un total de 68 volcanes. Una de las ediciones más reciente es el mapa de Bernard y Andrade de 2011 que se presenta en la Figura 8.

Información básica del Cotopaxi

El Cotopaxi es un volcán con una altura de 5897 metros sobre el nivel del mar (msnm), se encuentra sobre la Cordillera Oriental (Real) en las provincias de Pichincha y Cotopaxi. El volcán es un cono bastante simétrico con un diámetro basal de unos 20 km. Su cráter tiene un diámetro de entre 600 y 800 m. Alrededor del Cotopaxi se observan otros volcanes como el Sincholagua, Quilindaña y Rumiñahui. El Cotopaxi es considerado uno de los volcanes más peligrosos del mundo debido a la frecuencia de sus erupciones. Desde aproximadamente los 5000m snm, el volcán está cubierto por un importante casquete glaciar cuya área es ~11 km cuadrados.



Figura 9.- Volcán Cotopaxi con emisión de gases y ceniza, fotografía tomada durante un sobrevuelo el 23/12/2022 (S. Hidalgo /IG-EPN).



A partir de la llegada de los españoles, el Cotopaxi ha presentado cinco grandes periodos eruptivos: 1532-1534, 1742-1744, 1766-1768, 1853-1854 y 1877-1880, en todos estos casos los fenómenos volcánicos asociados causaron grandes desastres y crisis económicas para la población de aquella época. La peligrosidad del Cotopaxi radica principalmente en que sus erupciones dieron lugar a la formación de enormes lahares (flujos de lodo y escombros). Actualmente, se estima que más de 300.000 personas viven en zonas potencialmente amenazadas por lahares. Adicionalmente, las caídas de ceniza podrían afectar una parte muy significativa de la Sierra y la Costa ecuatoriana.

El Cotopaxi es el volcán mejor vigilado del país. Hoy en día cuenta con más de 60 estaciones de vigilancia entre sísmicas, medición de gas, deformación, detección de lahares y cámaras de infrarrojo (térmica) y rango visual.

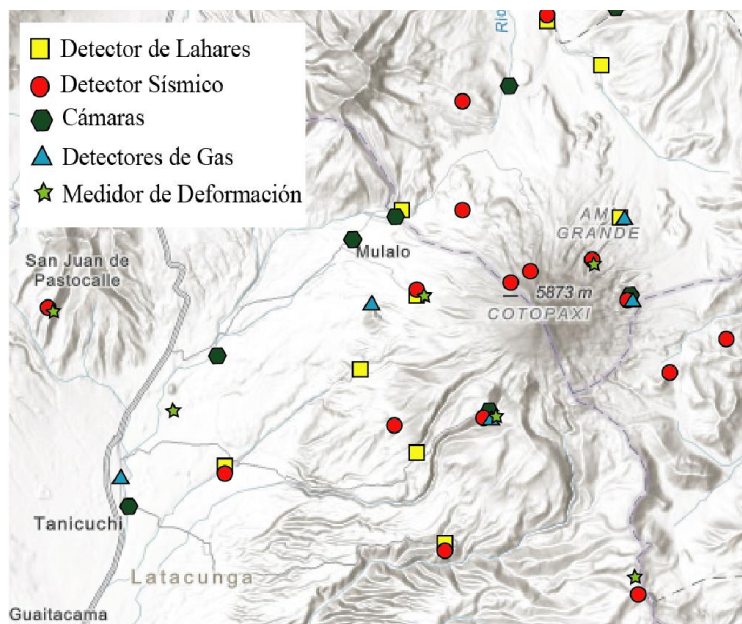


Figura 10.- Red de monitoreo instrumental desplegada en el Volcán Cotopaxi (Tomado: Cotopaxi un Volcán en Erupción, D Sierra. 2023).

Desde inicios del año 2015 el volcán Cotopaxi mostró un comportamiento anómalo, con aumento en la deformación, sismicidad y tasa de emisión de



gases, que condujo a un proceso eruptivo que inició el 14 de agosto y se extendió hasta fines de noviembre del mismo año. Si bien la erupción fue de baja magnitud, las caídas de ceniza, principalmente dirigidas al occidente, afectaron fuertemente las actividades agrícolas y turísticas de la provincia de Cotopaxi.

Posteriormente, desde mediados de octubre de 2022 el Cotopaxi empezó un nuevo período eruptivo de baja magnitud (mucho más pequeñas que en 2015), caracterizado por emisiones de gases y ceniza. La erupción, que se extendió hasta julio de 2023, puso en alerta a los entes científicos y de respuesta, quienes se han concentrado en reforzar el monitoreo, además de actualizar los planes de emergencia y evacuación en caso de que ocurra una erupción de mayor tamaño.

La erupción del 26 de junio de 1877

Las crónicas escritas por el padre Luis Sodiro en 1877 y el naturalista Teodoro Wolf en 1878, sumados a los trabajos científicos realizados en el volcán nos permiten tener una idea bastante cercana de cómo ocurrió este suceso. Lo que nos permite a su vez tener una idea de cómo podría desarrollarse una erupción futura.

Sabemos que antes de la erupción “grande”, el volcán ya emitía material incandescente, nubes de gases y ceniza de manera esporádica. Las señales premonitoras se acentuaron a partir de enero de 1877 con “bramidos y ruidos subterráneos” que se hicieron paulatinamente más frecuentes. Incluso, el día previo a la erupción, material incandescente salió del volcán y fue acompañado de una nube de ceniza de gran altura que llegó hasta Quito, convirtiendo el día en noche en Machachi.

A pesar de ello, no fue hasta el 26 de junio de ese año que la erupción grande ocurrió. Desde aproximadamente las 06h00, una enorme columna de gases y ceniza ascendió desde el cráter, dispersándose en la atmósfera. Pronto la ceniza llegó a Quito, Latacunga y Papallacta, donde el cielo se oscureció por completo. Para zonas más distales como Guayllabamba y Ambato los efectos fueron mucho menores, sintiéndose el ambiente bastante polvoroso por la presencia de ceniza.



Los “cañonazos” y “detonaciones” provenientes del volcán se escucharon en Quito y Latacunga, pero también en zonas tan distantes como Guayaquil. En pocas horas, la erupción fue ganando vigor, evidenciándose en la formación de flujos piroclásticos que descendieron por prácticamente todos los flancos del volcán, como “la espuma de una olla de arroz que al fuego repentinamente comienza a hervir y derramarse”, según Wolf. Estas nubes ardientes de gas y ceniza se desplazaron rápidamente sobre el glaciar, derritiendo importantes porciones de éste y generando enormes **flujos de lodo o lahares**.

Como ya se mencionó, las películas y la cultura popular en general asocian a las erupciones volcánicas casi exclusivamente con flujos de lava. Aunque este fenómeno pudiera presentarse en el caso del Cotopaxi, se estima que serían relativamente lentos y se quedarían restringidos a las proximidades del cráter, dentro del Parque Nacional Cotopaxi. De igual manera las “rocas voladoras” o más propiamente llamadas proyectiles balísticos, estarían restringidos a la zona más cercana al cráter, sin afectar poblaciones como Latacunga o el Valle de los Chillos.

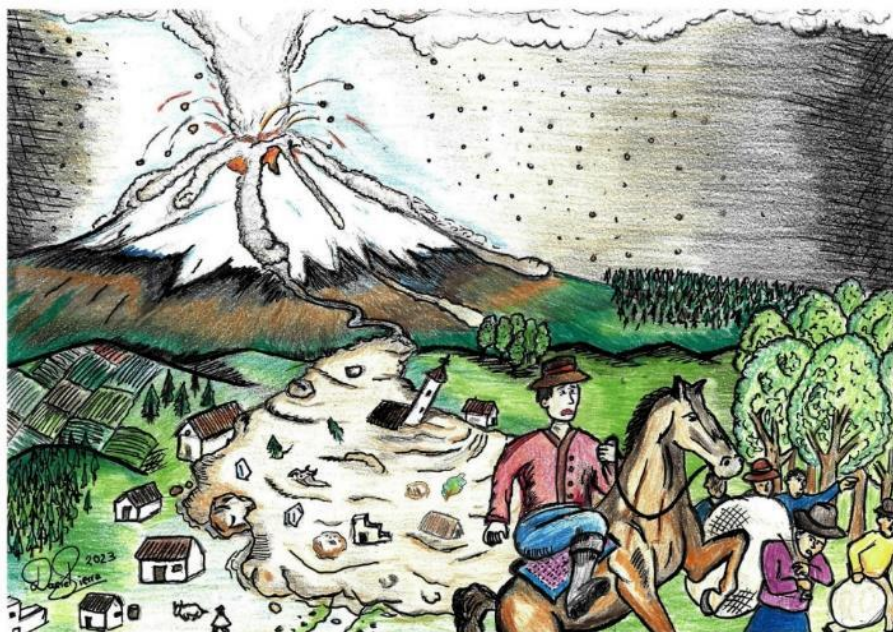


Figura 11.- Representación artística de la erupción del Cotopaxi de 1877 (D. Sierra/IG-EPN, 2023).



El verdadero peligro, se evidenció en la generación de gigantescos lahares por el rápido derretimiento del hielo. Los lahares descendieron cargando abundantes bloques de roca y trozos de hielo, inundando las principales quebradas del volcán y encaminándose por los tres drenajes principales: Norte, Sur y Oriente. Los lahares no son flujos de alta temperatura que calcinan todo a su paso, al contrario, son de temperaturas relativamente bajas. Lo que los hace peligrosos es su enorme volumen, su consistencia similar al concreto fresco y su rapidez, pudiendo alcanzar los centros poblados con velocidades de hasta 40-50 km/h, ocasionando la destrucción de viviendas o dejándolas completamente enterradas.

Sabemos por las investigaciones que los lahares de 1877 pudieron tener volúmenes de entre 60 a 80 millones de metros cúbicos de material en cada uno de sus drenajes principales. ¿Cómo podemos entender este número? ¿Recuerdan los flujos de lodo que descendieron en el sector de La Gasca- Quito en 2022? Aquellos flujos tumbaron las paredes de algunas casas y se llevaron consigo árboles, vehículos y produjeron casi 30 víctimas fatales. Pues, los flujos provocados por una erupción del Cotopaxi pueden ser hasta 800 veces más voluminosos que el aluvión de La Gasca, eso, para cada uno de los drenajes.

Las crónicas escritas detallan cómo el lahar de 1877 arrasó con los puentes localizados en los ríos Culchi y Cutuchi, en Pillaro, Patate, Baños y Agoyán; así mismo, destruyó los molinos y haciendas que estaban a su paso. Gran parte de los caseríos localizados entre el volcán y Latacunga fueron enterrados por el lodo. No se tiene estimaciones claras de cuántas víctimas causó, pero se cree que solo en el distrito de Latacunga, hubo al menos 300 fallecidos. En los días posteriores continuó la emisión de gases y ceniza; paulatinamente, el volcán fue retomando la calma y la población empezó la larga tarea de la reconstrucción.

La erupción del 2015

Desde mediados de abril 2015 se observó un incremento de la actividad sísmica del volcán Cotopaxi. A partir de mayo esa actividad estuvo acompañada de un incremento en las emisiones de gas del volcán detectadas a través de la red de estaciones de medición permanente y los satélites.

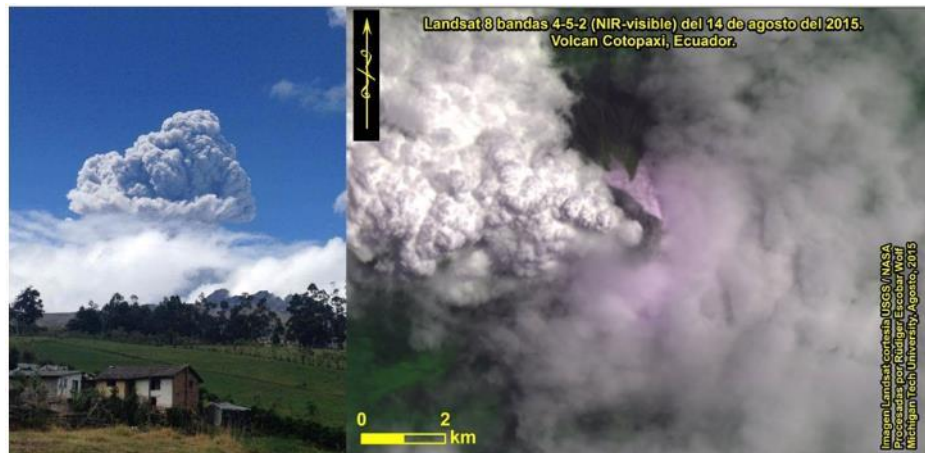


Figura 12.- A la izquierda, explosión registrada a las 10h25, el 14 de agosto de 2015 con una columna de emisión de entre 6-8 km snc con dirección al NW y SW. Recuperada de redes sociales, tomada desde Aloag al NW del volcán. A la derecha imagen satelital de la explosión.

Adicionalmente, gracias al reporte de varios andinistas y personal del Parque Nacional Cotopaxi, se reconoció también un incremento en el olor a “azufre” sobre los 5700 m de altura sobre el nivel del mar. Todos estos cambios mostraron una anomalía persistente en el volcán.

Para junio de 2015, el personal del IG-EPN señaló un incremento de la actividad sísmica que eventualmente podría conducir a EXPLOSIONES FREÁTICAS en el cráter. Gracias a fotografías y videos recuperados de redes sociales del cráter del volcán Cotopaxi, se pudo observar la aparición de una laguna color verdosa en su fondo.

El 14 de agosto del 2015, después de 4 meses de señales premonitoras, el IG-EPN reportó la ocurrencia de dos explosiones pequeñas en la madrugada, estas fueron escuchadas por andinistas que ascendían al volcán.

Debido a esta actividad se produjo una caída moderada a pequeña de ceniza en los sectores de Jambelí, Machachi, Pedregal, Boliche, Aloag, Tambillo y Amaguaña. Más tarde, a las 10h25 otra emisión de ceniza (entre 6 y 8 km snc), visible desde distintos sitios (Figura 12), dieron lugar a caídas de ceniza hacia el NW y SW del Cotopaxi. Otros eventos explosivos, de menor magnitud a los



anteriores ocurrieron después. El estudio de la distribución de la caída de ceniza del 14 de agosto permitió calificar la erupción como “pequeña”.



Figura 13. Emisiones continuas de ceniza con dirección predominante hacia el occidente (Cotopaxi visto desde el Sur). Espín Bedón P. IG-EPN, 29/08/2015.

Tras las explosiones del 14 de agosto la actividad del volcán Cotopaxi se caracterizó por la emisión semi-continua a continua de ceniza. Esta afectó en gran medida a las poblaciones ubicadas sobre todo al occidente del volcán (dirección predominante de los vientos). En ocasiones puntuales, incluso se reportó la caída de ceniza en sectores tan distantes como: Santo Domingo de los Colorados, El Carmen, Quevedo, Portoviejo y Bahía de Caráquez.



Figura 14. Caídas de ceniza y su afectación en la agricultura, 28/08/2015 (P. Mothes/ IG-EPN).



Las caídas de ceniza causaron fuertes repercusiones en las actividades agrícolas y turísticas especialmente en la provincia de Cotopaxi. El ascenso turístico a la cumbre del volcán estuvo restringido hasta octubre de 2017.

La erupción continuó con emisiones de ceniza de menor intensidad hasta el final de noviembre 2015. Adicionalmente, se generaron lahares (flujos de escombros) secundarios que afectaron principalmente el flanco occidental del volcán y en particular dificultaron el tráfico vehicular en la carretera del PNC en la quebrada Agualongo. Después de casi 4 meses de actividad el volcán retornó a un estado de calma.

La erupción del 2022-2023

La noche del 21 de octubre de 2022 se registró una señal sísmica que acompañó a una emisión de gases y ceniza que produjo una ligera caída de material volcánico (ceniza) en el flanco norte del volcán Cotopaxi, incluyendo el Refugio José Rivas, mismo que fue evacuado para precautelar la seguridad de los andinistas.



Figura 15. Emisiones continuas de ceniza con dirección predominante hacia el occidente (Cotopaxi visto desde el Norte). Cámaras de vigilancia del IG-EPN, 08/012/2022.



Desde entonces, las emisiones de vapor y gases se volvieron bastante continuas y visibles claramente, con columnas que alcanzaban hasta 3 km de altura sobre el nivel del cráter.

Durante este periodo se contabilizaron cerca de 138 emisiones de ceniza en el volcán Cotopaxi. El pico de actividad fue alcanzado entre diciembre 2022 y febrero 2023, donde se tenía en ocasiones más de una emisión de ceniza por día y se registraron caídas de ceniza en varios sectores de los cantones Latacunga, Mejía, Rumiñahui y Quito. Después de eso, la actividad del volcán fue disminuyendo paulatinamente.

Las emisiones de ceniza se mantuvieron a lo largo de aproximadamente 7 meses, en julio se presentaron las últimas emisiones de ceniza, tras lo cual los vulcanólogos consideraron que el período eruptivo había llegado a su fin.

La cantidad de ceniza que cayó en la erupción del 2015 se estima en 500 mil toneladas de ceniza, lo cual es suficiente para llenar 42 mil volquetas o llenar por completo más de 150 piscinas olímpicas. Por otra parte, la cantidad de ceniza que cayó en la erupción del 2022-23 fue de apenas la mitad de lo que cayó en 2015, aun cuando la erupción se extendió por más tiempo.

Mapa de Amenazas: Cómo leerlo

(Descripción de los Peligros Volcánicos)

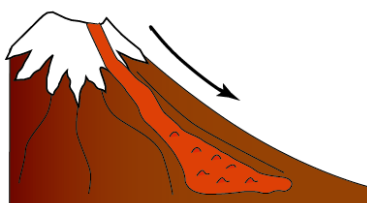
Los mapas de amenazas representan la afectación de los diferentes fenómenos volcánicos, a través de polígonos (áreas) de colores.

Afectación por Multi-Amenazas.- Las zonas proximales de los volcanes son susceptibles a ser afectadas por diversos fenómenos volcánicos de corto alcance. La zona de “Multi-Amenazas” del Cotopaxi está marcada con colores Rojo y Rosa, rodeando al cráter de manera radial. Estas zonas incluyen:

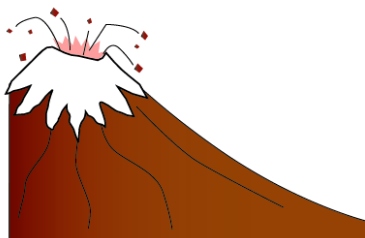
- Los flujos piroclásticos.- Mezclas calientes (300-800°C) de gases, ceniza y roca, que descienden por los flancos del volcán, desplazándose a grandes velocidades (75-150 km/h).



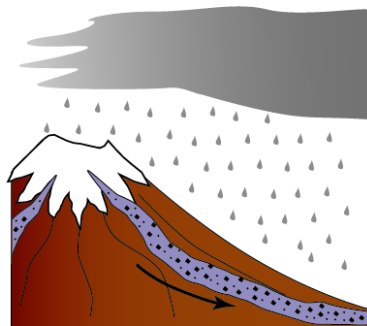
- Flujos de lava.- Roca fundida que alcanza la superficie a altas temperaturas (mayor a 800 °C) y se desplaza por los flancos del volcán a bajas velocidades.
- Lahares.- También llamados flujos de lodo y escombros, se mueven ladera abajo por la fuerza de la gravedad a grandes velocidades. Los lahares secundarios, son causados por lluvias que re-mobilizan el material previamente depositado, tienen alcances cortos que se restringen las proximidades del volcán.
- Los Bloques balísticos. - Fragmentos de roca expulsados durante una erupción volcánica que pueden ser hasta de tamaños métricos y siguen una trayectoria similar a la de una bala de cañón.



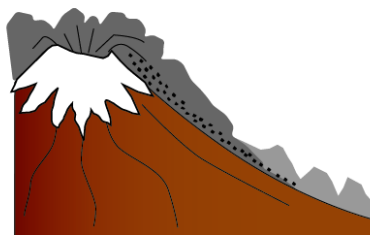
Flujos de Lava



Bloques balísticos



Lahares Secundarios



Flujos Piroclásticos

Figura 16.- Fenómenos volcánicos de corto alcance presentes en la zona Multi-amenazas.

Hay que mencionar que la mayoría de los fenómenos antes descritos se restringen necesariamente a las proximidades de los cráteres, su alcance se limita a las inmediaciones del Parque Nacional Cotopaxi, por lo que la



posibilidad de afectación por un bloque balístico o un flujo de lava, por fuera de las zonas de colores rojo y rosa es muy baja o prácticamente nula.

Fenómenos de largo alcance:

Zonas de Afectación por Lahares

Los lahares son flujos de lodo y escombros que se forman cuando material suelto de origen volcánico se mezcla con agua y desciende pendiente abajo por efectos de la gravedad. Generalmente se distinguen dos tipos de lahares: primarios y secundarios. Los **Lahares Primarios** son aquellos que se forman simultáneamente con la erupción por el derretimiento de los glaciares o la presencia de grandes cuerpos de agua, que son afectados directamente por la erupción, éstos pueden ser muy voluminosos y alcanzar decenas de kilómetros desde la fuente, siendo canalizados a través de quebradas o ríos.

En el Mapa del Cotopaxi, los polígonos de afectación por lahares han sido representados con color gris. Se ha evitado siempre el uso del color rojo para que el usuario no los confunda con flujos de lava. También se han evitado los colores de la gama del azul para evitar su confusión con el “caudal normal” de los ríos y quebradas que utilizan para movilizarse.

Zonas de Afectación por Caída de Ceniza

La ceniza es material rocoso fino, con diámetro menor a 2 milímetros, que es expulsado por los volcanes durante erupciones explosivas. Por su pequeño tamaño es susceptible a ser transportada por el viento y afectar extensas zonas (hasta cientos de km de distancia del volcán), en función de la altura de las columnas de ceniza junto con la velocidad y dirección del viento.

Los mapas nos muestran áreas de forma elíptica, cuyo borde está definido por líneas entrecortadas. Cada una de estas líneas corresponde a una *isópaca* (línea de igual espesor). La cual nos sugiere el espesor de la capa de ceniza (normalmente en milímetros) que puede caer dentro de cada una de estas elipses.



Las elipses que representan la zona de caída de ceniza, empiezan cerca del cono volcánico y se abren en dirección del viento. En el caso del Ecuador, estas elipses están mayormente orientadas hacia el oeste, debido a que los vientos en el territorio continental ecuatoriano soplan hacia el oeste (desde el Oriente hacia la Costa) un 70-80 % del tiempo. Sin embargo, en algunas ocasiones, en especial entre noviembre y marzo, la dirección del viento es bastante variable, pudiendo provocar caídas también en otras zonas.

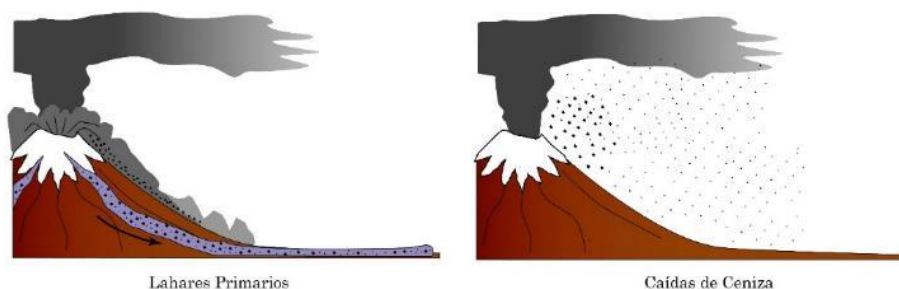


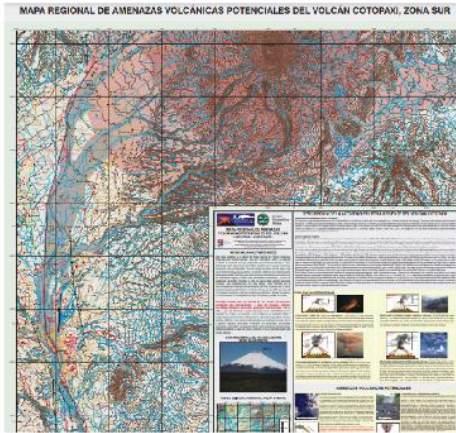
Figura 17.- Fenómenos volcánicos de largo alcance.

¿Dónde revisar el Mapa de Amenazas?

El Instituto Geofísico de la EPN, ha puesto a disposición de la Comunidad una Biblioteca de Mapas donde se puede acceder no solo a las versiones más actuales sino a los mapas históricos. Todos los mapas están disponibles en alta resolución en formato PDF, para que puedan ser visualizados en las computadoras o impresos de ser necesario.

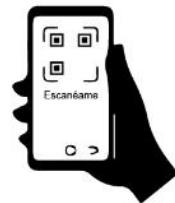
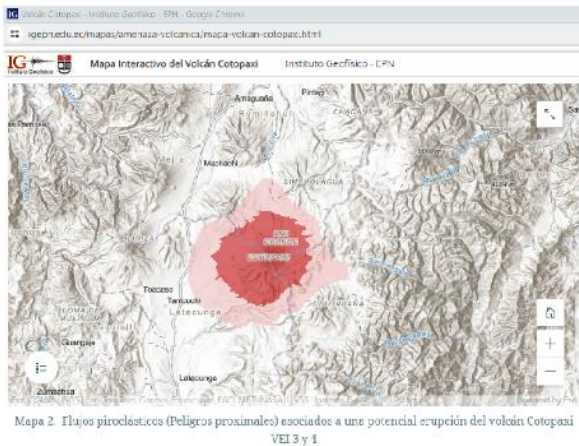
Para encontrarlos, solamente se debe acceder al portal web del IG-EPN, acceder a la pestaña “Comunidad” y luego “Mapas Históricos”, o directamente mediante el siguiente link:

<https://www.igepn.edu.ec/mapas-historicos/cotopaxi-2>



El IG-EPN también ha puesto a disposición de la comunidad el mapa interactivo del Volcán Cotopaxi. Se puede acceder al mismo en el siguiente enlace.

<https://www.igepn.edu.ec/mapas/amenaza-volcanica/mapa-volcan-cotopaxi.html>



A continuación, te mostramos la versión simplificada del mapa de amenazas del Cotopaxi para el drenaje sur.



Mapa Amenaza Volcanica Cotopaxi Sur

4ª Edición, Quito 2016

P. Mörthes, P. Eppin Bedón, M. Hall, F. J. Vasconez, D. Sierra, M. Cordovay S. Santamaría

CotoEduca es un proyecto conjunto del Instituto Geográfico del Ecuador, el Observatorio Volcánico y Sísmico del Ecuador y el Programa de Apoyo y Fortalecimiento de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).

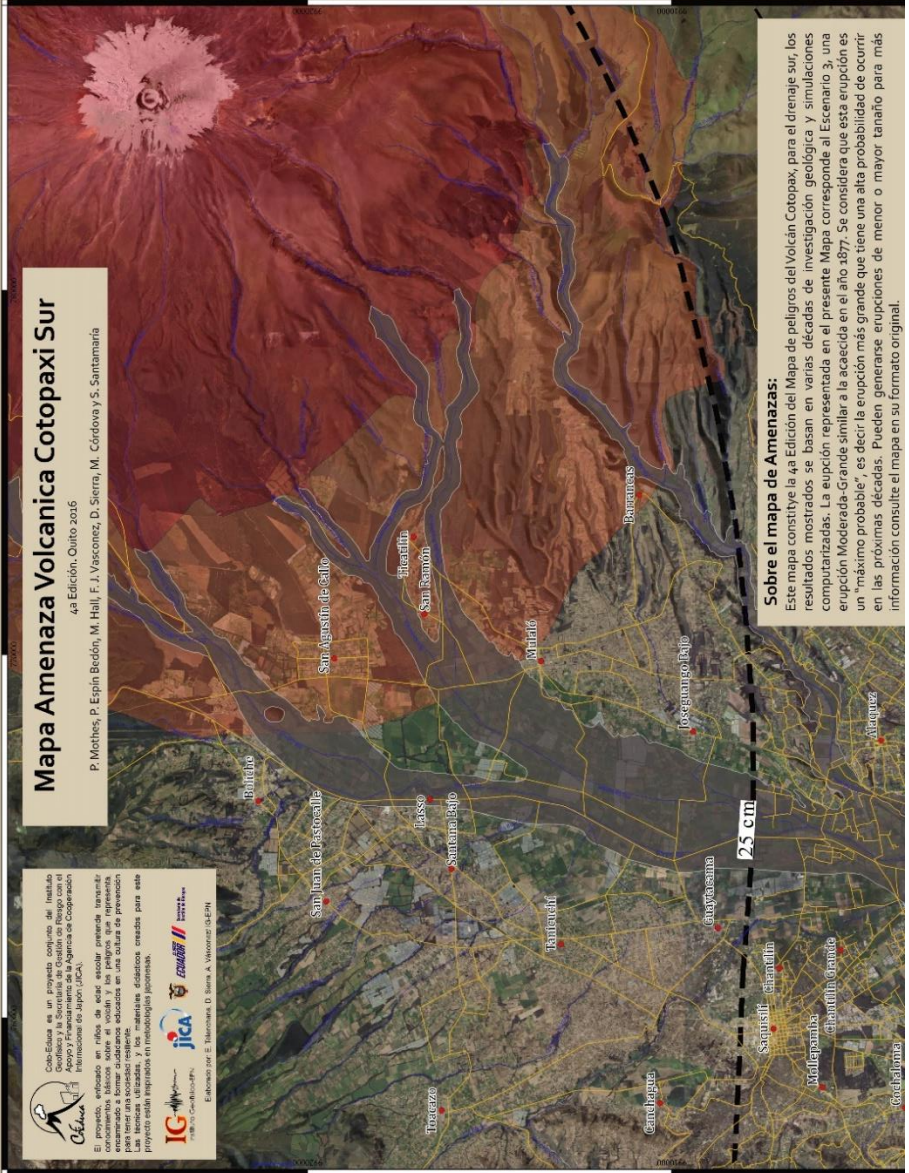
El proyecto, financiado en parte por el programa de cooperación técnica de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), tiene como objetivo principal el desarrollo de un sistema de información geográfica para tener una sociedad resiliente.

Este mapa es el resultado de un estudio de prevención y mitigación de riesgos que se realizó en un curso de capacitación para técnicos y profesionales en el área de gestión de riesgos.

Proyecto está respaldado en metodología japonesa.



Elaborado por: E. HERNÁNDEZ, D. SIERRA, A. VILCANA (I-GEF)



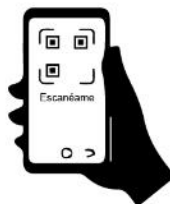
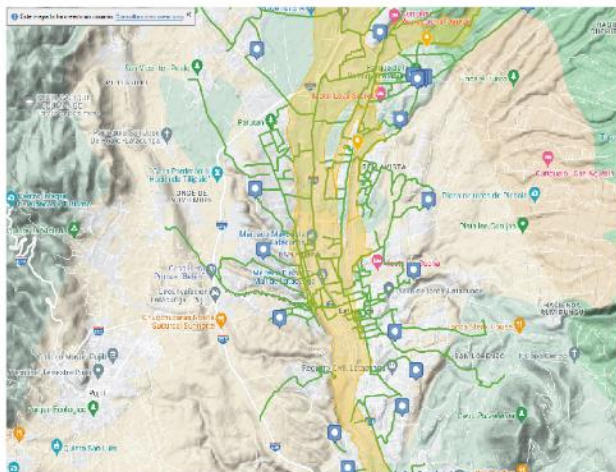
Sobre el mapa de Amenazas:

Este mapa constituye la 4ª Edición del Mapa de peligros del Volcán Cotopaxi para el drenaje sur, los resultados mostrados se basan en varias décadas de investigación geológica y simulaciones comparativas. La erupción representada en el presente Mapa corresponde al Escenario 3, una erupción Moderada-Grande similar a la acaecida en el año 1877. Se considera que esta erupción es un "máximo probable", es decir la erupción más grande que tiene una alta probabilidad de ocurrir en las próximas décadas. Pueden generarse erupciones de menor o mayor tamaño para más información consulte el mapa en su formato original.



La Secretaría de Gestión de Riesgos ha puesto a disposición del público un mapa interactivo que muestra también los peligros volcánicos, pero adicionalmente nos muestra las rutas de evacuación y los sitios seguros. Se puede acceder mediante el siguiente link:

<https://alertasecuador.gob.ec/>



Sitios de Interés para aprender sobre el Cotopaxi

Existen muchos sitios alrededor del Cotopaxi que podemos visitar para aprender más sobre su historia. Recorrerlos todos, nos puede ayudar a comprender más sobre el Cotopaxi y sus lahares.



Figura 18.- Cinco sitios interesantes para visitar y aprender más sobre la actividad del Cotopaxi.

A continuación, se presentan 5 sitios interesantes que pueden ser visitados. ¿Conoce usted alguno de estos lugares? ¿Conocen sus alumnos, uno o más de estos sitios? ¿Pueden señalar los siguientes sitios de interés en el mapa?

1. La Piedra Chilintosa

La Chilintosa, es una roca de gran tamaño, ubicada en la zona de Mulaló, tiene más de 6 metros de altura y un diámetro de aproximadamente 20 metros. Está ubicada unos 17 km al suroeste del cráter del Cotopaxi.



Figura 19.- La piedra Chilintosa (A. Moncayo, 2015)

EL MITO: Las creencias populares aseguran que esta roca salió volando desde el cráter del Cotopaxi en una de sus grandes erupciones (más puntualmente en 1877). Algunos aseguran que incluso esta roca era parte del tapón que se encontraba en el cráter antes de la gran erupción y que al abrirse el conducto salió volando hasta su posición actual.

LA VERDAD: Si bien rocas de gran tamaño (varios metros) si pueden salir expulsadas desde el cráter y reciben el nombre de bloques balísticos como ya se ha explicado anteriormente, dado el colosal tamaño de esta roca y su distancia al cráter, es virtualmente imposible que se trate de un balístico. Lo más probable es que esta roca haya sido acarreada por los flujos de lodo (lahares primarios) hasta su posición actual.

La Chilintosa es actualmente un atractivo turístico, es considerada como el sitio sagrado de la Protectora del Volcán o la Virgen de La Merced en Cotopaxi. Los feligreses cada año, por septiembre peregrinan 32 kilómetros desde el centro de Latacunga hasta el sector donde está la Piedra en Mulaló.

2. Las canteras del sur



La zona occidental y suroccidental del Cotopaxi está lleno de material rocoso proveniente de las erupciones del volcán. Esta zona ha sido aprovechada por los mineros para obtener materiales pétreos para la construcción.



Figura 20.- Canteras de Material rocoso al suroccidente del Cotopaxi Maltería Plaza, julio 2005 (D. Andrade /IG-EPN).

Las canteras nos permiten ver en un corte los grandes depósitos de material que han dejado las erupciones más recientes del volcán Cotopaxi.

3. Quebrada de Agualongo

La Quebrada de Agualongo constituye uno de los drenajes del Cotopaxi en la zona occidental del volcán. La carretera de ingreso al Cotopaxi atraviesa esta quebrada mediante un puente a una distancia de unos 10 km del cráter.



Figura 21.- La quebrada de Agualongo (ECU-911, 2016)

Tras la erupción de 2015, mucho material como ceniza y cascajo quedó depositado en los flancos del volcán. Dicho material al ser re-movilizado por aguas provenientes de las lluvias y el deshielo generó varios lahares secundarios.

El descenso de los lahares secundarios que fluyeron a través de la quebrada llenó los canales de barro y escombros, obstruyendo el camino durante varios días.

La fotografía de la Figura 21, corresponde a un lahar secundario de enero de 2016. Si bien al verla puede parecer que se trata de un flujo de tamaño muy grande e impresionante, en realidad se trata de flujos bastante pequeños. Sobre todo, si los comparamos con aquellos provocados por la erupción de 1877 o representados en los mapas.

La Figura 22, nos muestra nuevamente la ocurrencia de lahares primarios en la quebrada de Agualongo, pero esta vez en abril de 2019. Podemos ver que en esta ocasión los flujos de lodo obstruyeron los tubos de desfogue y sepultaron parte del camino, teniendo un volumen de casi 40 mil metros cúbicos



En caso de presentarse lahares una erupción del Cotopaxi que genere lahares primarios, estos podrían ser unas 1500 veces más voluminosos que el lahar de Agualongo de abril del 2019.



Figura 23.- Lahares en la quebrada de Agualongo (F.J. Vasconez/ IG-EPN, abril 2019)

4. Mirador del camino de la acequia

Pasando el desvío hacia el refugio podemos tomar el así llamado “camino de la acequia” que nos permite acceder a la zona más oriental del volcán Cotopaxi. Desde varios puntos se pueden ver maravillosos paisajes del volcán y sus alrededores, pero lo más importante podemos ver una visión superior de los depósitos eruptivos del volcán.

Desde el camino de la acequia podemos ver impresionantes depósitos de varios lahares del período histórico que fluyeron hacia el norte cargando consigo bloques de tamaños métricos. Así mismo podemos ver bloques de piedras negras porosas que fueron dejadas por flujos piroclásticos que corrieron sobre los lahares.



Figura 24.- Depósitos de lahares históricos en los drenajes del flanco Norte (B. Bernard/IG-EPN)

Las tomas con dron nos permiten ver una perspectiva aún más impresionante de cómo estos colosales flujos bajaron desde el volcán en dirección norte por la cuenca del Río Pita.



Figura 25.- Depósitos de lahares históricos en los drenajes del flanco Norte, vistos desde un sobrevuelo con dron 20/07/2017 (B. Bernard/IG-EPN,).



1. La fábrica enterrada

Una antigua fábrica textil yace en la entrada norte de la ciudad de Latacunga a los bordes del río Cutuchi, mismo que cruza toda la ciudad.



Figura 26.- Fábrica textil enterrada por lahares en la entrada de Latacunga, junto al centro comercial Maltería Plaza, 17/01/2023 (D. Sierra/IG-EPN)

La cúpula superior de esta antigua fábrica sobresale del ras del suelo. Los lahares de la erupción de 1877 dejaron sepultada la mayor parte de esta fábrica y son una evidencia de lo grande que pueden haber sido estos flujos, mismos que alcanzaron varios metros de altura.

Lamentablemente nuestra memoria es frágil y a pesar de las visibles evidencias que sugieren que esta zona pudiera volver a ser afectada por lahares primarios del Cotopaxi, grandes obras de infraestructura como Centros Comerciales y Hospitales se han edificado a las orillas del Cutuchi.

Qué hacer frente a una erupción. Pasos detallados

Una emergencia por erupción volcánica puede resultar muy diferente del caso de un terremoto por una razón fundamental: una erupción es un proceso



progresivo y puede ser anticipada si el volcán está correctamente vigilado y monitoreado.

Manejada adecuadamente, la información proveniente del monitoreo puede ayudarnos de forma muy significativa a minimizar los impactos de una erupción. Así, las reacciones y actitudes que debemos adoptar frente a una erupción volcánica se dividen en tres períodos de tiempo diferentes: ANTES, DURANTE y DESPUÉS.

ANTES:

El periodo previo a la reactivación de un volcán puede ser relativamente largo. Si el diagnóstico de los vulcanólogos indica que el volcán se encuentra en estado de tranquilidad, es posible que todavía queden meses o años antes de que ocurra la próxima erupción. Es muy importante aprovechar este valioso tiempo para realizar las siguientes tareas:



Figura 27.- Vecinos organizando su plan comunitario de emergencia
Imagen creada con AI (DALL-E 3, 2024) D. Sierra, IG-EPN.



-Infórmate si tu vivienda, lugar de trabajo o la escuela de tus niños puede ser potencialmente afectada en caso de erupción. Para ello se debe conocer los mapas de amenaza y las rutas de evacuación.

-Discute con tu familia, tus amigos y tus vecinos sobre lo que podrían hacer frente a los diferentes peligros volcánicos. Esto se llama preparar un plan de contingencia, se puede hacer dentro de la familia o incluso con los vecinos para tener un plan comunitario.

-Participa en los simulacros y capacitaciones programados por las autoridades.

-Preparar y mantener una mochila o un kit de emergencia.

DURANTE:

Si el diagnóstico de los entes científicos sugiere un incremento en la actividad del volcán y que es posible que una erupción se acerque, entonces debes:

- Revisar el plan de contingencia que hayas preparado junto con tu familia y vecinos para ponerlo en práctica.
- Estar atento a la información que será entregada por las autoridades y seguir sus recomendaciones.
- No te fíes de rumores o de información proporcionada por entes no autorizados, porque esto podría provocarte serias confusiones y ponerte en mayor peligro.
- En caso de ser afectado por caídas de ceniza debes usar los elementos de autoprotección y de preferencia evitar la exposición.
- Proteger las cosechas y plantas. Limpia la ceniza de las hojas para evitar que las plantas mueran.
- Cuida a los animales de granja y las mascotas. Ellos tampoco deben exponerse a respirar ceniza y para el caso del ganado no deben ingerirla.
- En caso de que tu domicilio esté en zona de potencial afectación por lahares, permanece atento a las alertas de evacuación. Recuerda que:
 - La evacuación debe hacerse con calma y de manera ordenada. Siguiendo las rutas sugeridas para llegar a los “Sitios Seguros”.



- **Las evacuaciones se realizan a pie.** El uso de vehículos puede causar accidentes y congestión vehicular debido al pánico.
- Debes viajar ligero, llevando por supuesto tu mochila de emergencias.
- La evacuación no consiste necesariamente en abandonar la ciudad, generalmente se trata de desplazarse lateralmente para salir de los cauces bajos de los ríos en busca de lugares más altos.



*Figura 28.- Evacuación hacia zonas más altas durante caída de ceniza.
Imagen creada con AI (DALL-E 3, 2024) D. Sierra, IG-EPN.*

DESPUÉS:

Para el Cotopaxi no se descarta que tengamos que vivir procesos eruptivos de varios meses, con caídas de ceniza reiteradas como sucedió por ejemplo en 2015. Sin embargo, la gran erupción para la que nos estamos preparando (tipo 1877) será un evento más corto y puntual, que puede durar algunas horas o incluso días. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que habrá eventos de menor intensidad antes y después de la erupción mayor, que también podrían



tener un importante grado de afectación, especialmente en las zonas más cercanas.

Ante afectación por caídas de ceniza:

- Después de una caída de ceniza, empiezan las tareas de limpieza (principalmente de techos, calles y carros). Utiliza los implementos de auto-protección como gafas y mascarilla.
- Barre la ceniza con escoba o pala, nunca uses la manguera. Recoge la ceniza en bolsas gruesas o costales.
- Permanece atento a los cronogramas de recolección de ceniza que ofrezca tu gobierno local.



*Figura 29.- Personal civil realizando limpieza de la ceniza en su barrio, tras erupción-
Imagen creada con AI (DALL-E 3, 2024) D. Sierra, IG-EPN.*

Ante afectación por lahares:

- Alejarse de los drenajes afectados por lahares, mientras los ríos intentan restablecer sus cauces, especialmente en las zonas planas.
- No tratar de cruzar los depósitos de los lahares, cuando están frescos son demasiado blandos y puedes quedar atrapado.



- Muchas veces la limpieza de los lahares requiere maquinaria pesada. Debemos dejar que las autoridades atiendan las zonas afectadas y solo ayudar en las tareas de limpieza si se nos solicita.
- Reportar los daños y pérdidas a las autoridades para recibir ayuda de ser necesario.



*Figura 30.- Personal militar realiza tareas de limpieza de lodo, tras la ocurrencia de lahares
Imagen creada con AI (DALL-E 3, 2024) D. Sierra, IG-EPN.*

Elaboración de un Plan Familiar de Emergencia

El “Plan Familiar de Emergencia” es una herramienta en la cual se describe una secuencia de tareas, recursos y pasos, que se define conjuntamente con la familia. El mismo que tiene como propósito tomar las mejores decisiones para salvaguardar la integridad de los miembros de nuestro hogar, en el caso que se presente una emergencia.

El plan familiar es de gran importancia para identificar los riesgos que pueden afectar a nuestra familia y realizar acciones concretas para reducirlos. Con una



planificación adecuada, al momento que se presente una emergencia cada miembro familiar sabrá cómo actuar y qué hacer.

Pasos para el establecimiento del plan de emergencia familiar.

PASO 1. Identificar las amenazas que nos pueden afectar el interior, el exterior de nuestra la vivienda. ¿Estamos en zona de caída de ceniza? ¿Estamos en zona de potencial afectación por lahares? Esto es importante pues en caso de erupción será la directriz principal para saber si debemos evacuar o simplemente permanecer en casa y guardar la calma.

Si bien en este caso estamos enfocando el plan, en función de la actividad del Cotopaxi, nuestro plan puede incluir otras amenazas como sismos, inundaciones, incendios, etc.

PASO 2. Identificar las vulnerabilidades y falencias de la vivienda. Por ejemplo, debemos revisar la calidad de nuestros techos para asegurarnos de que sean capaces de resistir el peso provocado por una caída fuerte de ceniza (La ceniza mojada es aún más pesada). Tenemos suministros de reserva (agua y comida) por si las autoridades ordenan quedarnos en casa, recordemos que las erupciones grandes pueden provocar cortes temporales en el suministro de agua, luz, teléfono e internet.

PASO 3. Mapa de la vivienda y el barrio. Un ejercicio es realizar un croquis de nuestro domicilio y del barrio. Aquí se debe marcar los lugares más seguros, vías de evacuación adecuadas y puntos de encuentro para la familia.



PASO 4. Números de emergencia, tanto de los organismos que prestan estos servicios (Ejemplo centros de salud cercanos, médico del barrio), además de familiares (o amigos de confianza) que puedan brindarnos ayuda. Recordar que en el Ecuador el 911 es la línea única para emergencias.

PASO 5. Preparación de la “Mochila de Emergencia”, con los artículos recomendados en la siguiente sección.

PASO 6. Generar una tabla en la cual se identifique a los miembros de la familia incluyendo, la información particular de cada uno de ellos. En esta tabla se asignan responsabilidades a los diferentes miembros de la familia, las acciones que esperamos que cada uno de ellos realice en caso de emergencia.

Es necesario también definir puntos de encuentro, si la erupción nos sorprende fuera de casa y quedamos incomunicados, ¿a dónde debe ir cada uno? Definir un punto de encuentro seguro para todos (el cual no necesariamente debe ser la vivienda familiar).

Los Planes Familiares son un ejemplo, pero este tipo de planificación puede realizarse también en nuestro barrio, nuestra comunidad, nuestro lugar de trabajo o nuestra escuela.

Cómo armar la mochila de emergencia

La mochila de emergencia es una herramienta útil para afrontar una emergencia que puede deberse no solo a la actividad volcánica sino para una variedad de desastres naturales. La mochila debe contener elementos de supervivencia que nos permita valernos por nosotros mismos en las primeras horas del desastre, mientras los entes de respuesta llegan con la ayuda y suministros.

Una mochila de emergencia debe contener una radio a pilas, alimentos no perecibles (enlatados), agua pura para beber, una linterna, medicinas para enfermos crónicos (en caso de haberlos), una cobija, una muda de ropa, dinero en efectivo y una copia de nuestros documentos personales. Se puede encontrar información más a detalle en la siguiente infografía.



Una mochila de emergencias debe incluir los siguientes objetos para que sea útil:

Material de autoprotección

Las caídas de ceniza pueden ser perjudiciales para la salud. Pueden irritar los ojos, la piel y causar afecciones respiratorias.



- Gorra para proteger el cuero cabelludo.
- Mascarilla para proteger las vías respiratorias.
- Gafas protectoras para cuidar los ojos (se recomienda gafas de piscina por su cierre hermético).



Se recomienda también llevar una chaqueta o poncho de aguas, no solo protege de la ceniza, sino también de la lluvia.

Alimentos no perecibles



Es necesario tener una reserva de alimentos no perecibles, se recomienda los empaquetados porque no requieren cocción y pueden consumirse directamente.

RECUERDA: debes revisar las fechas de vencimiento y cambiar los alimentos de la mochila con otros más frescos cada cierto tiempo.



Y no te olvides de tus amiguitos de cuatro patas ellos también necesitarán comida y protección para la ceniza.

Agua



Es necesario que la mochila contenga agua para beber. El agua es muy importante. ¿Sabías qué? una persona puede sobrevivir hasta 3 semanas sin comer pero solo 3 días sin beber líquidos.

RECUERDA: una persona adulta necesita al rededor de dos litros de agua por día.



Ropa y Mantas



Las noches de la Sierra ecuatoriana pueden ser muy frías, por eso es buena idea llevar mantas y ropa abrigada para no pasar frío.



Se puede incluir además mudadas extra para poder cambiarse de ropa de ser necesario.

Botiquín y medicinas



Un botiquín de primeros auxilios básico en caso de que ocurran accidentes.

Además los pacientes de enfermedades crónicas deben asegurarse de llevar consigo la medicación que necesitan.

Es importante también que se incluyan artículos de higiene personal.



Artículos de supervivencia



Siempre es buena idea contar con una navaja multifusos; usualmente estas tienen abrelatas y destapatador.



De igual manera, siempre es bueno llevar un encendedor, el fuego puede ayudar a calentarnos o a cocinar. El encendedor provee una ventaja sobre los fósforos que a veces se arruinan al mojarse.



Un silbato puede ser de utilidad para encontrar a quien se ha perdido o hacer ruido para pedir ayuda.

Radio y linterna a Pilas



En caso de una erupción es muy probable que las redes de celular colapsen, al igual que los teléfonos fijos, ya sea por la ceniza, la saturación de los canales o por los cortes en el suministro eléctrico.

Para recibir información en casos de emergencia lo mejor es utilizar un radio AM/FM de baterías.

De igual manera es buena idea tener una linterna de mano para alumbrarnos en la oscuridad si hay cortes de luz. O por si tienes que movilizarte en la noche.



Documentos y dinero en efectivo



Se aconseja tener copias de nuestros documentos. Estos te ayudarán a que tu identidad pueda ser verificada.



Así mismo, se aconseja que la mochila contenga una cantidad de dinero en efectivo.

De ser necesario puedes llevar un respaldo de otros documentos importantes para ti.



Guía Práctica para Realizar los Experimentos

(INCLUIDOS EN LA “CAJA VOLCAN”)

La caja incluye los elementos (excepto elementos perecibles) básicos, para la realización de 5 experimentos que se describen a continuación:

Paso 0.- Previo a los experimentos.

Realización de maqueta (simple) de un volcán

Material

- Modelo esquemático de un cono volcánico. Se debe realizar en un material resistente al calor (Ejemplo: arcilla, cemento)
- Pistola de calor u otra fuente (controlada y segura) de generación de calor
- Lámina de acetato A4 o de tamaño acorde al molde del volcán
- Pintura

Elementos usados para la generación de la maqueta

Modelo sin pintar



Modelo pintado



Generación de la maqueta

1. Fabricar un modelo 3D con la forma de un volcán usando arcilla o cemento arena y agua. Dejar que seque bien.



2. Calentar una lámina de acetato hasta que se encuentre suficientemente blanda para ser moldeada.
3. Sobreponer el acetato caliente al modelo 3D y darle la forma deseada. Se puede calentar el acetato varias veces hasta conseguir la forma adecuada.
4. Dejar enfriar y pintar la maqueta.

Experimento 1: Explosión volcánica

- 1 Maqueta simplificada de un volcán (ver Paso 0)
- 1 Frasco plástico (250 ml, ~14 cm de altura) con tapa hermética.
- 2 Pedazos de mangueras de 5 mm (las secciones deben medir unos 20 cm y 5 cm).
- 100 ml agua de la llave.
- 1/2 cucharada pequeña de bicarbonato de sodio.
- 20 ml de vinagre.
- 1/2 Cucharada pequeña de detergente en polvo.
- 1 Jeringa de 20 ml.
- 1 Corcho.
- Silicona en barra.

Ensamblaje y preparación del experimento

1. En la tapa del frasco plástico se hace una perforación circular de ~5 mm de diámetro.



2. En el corcho se hace una perforación (longitudinal) de ~ 5 mm de diámetro y se atraviesa el pedazo de manguera de 5 cm, dejando que sobresalga una porción (~ 5 mm) de la base ancha. La parte que sobresale se la pasa por el orificio de la tapa plástica, a la vez que se pega el corcho a la parte interna de la misma y se sella con silicona derretida.



3. En un costado de la base del frasco se hace una perforación circular de ~ 5 mm de diámetro y se introduce la manguera de 20 cm, dejando en el interior del frasco ~ 2 cm de manguera. Se pega la manguera al frasco con silicona caliente asegurándose que el contacto (pared del frasco-manguera) esté sellado.



4. Se coloca la maqueta del volcán haciendo que la manguera sobresalga de la punta de la maqueta.



5. En el interior del frasco introducir el agua, el detergente y el bicarbonato de sodio. Mezclar bien el contenido evitando derramarlo. Sellar la botella con la tapa hermética.

6. Llenar la jeringa (sin la aguja) con el vinagre. Conectar la punta de la jeringa a la cara interior del pedazo de manguera que sobresale de la base del frasco. Asegurarse que la jeringa esté bien acoplada con la manguera.



Puesta en marcha del experimento

Inyectar rápidamente (aplastando el émbolo) el vinagre de la jeringa al interior del frasco. Cuando el vinagre entra en contacto con el bicarbonato de la mezcla líquida produce una rápida reacción que libera dióxido de carbono (CO_2), haciendo que aumente la presión al interior del frasco, expulsando rápidamente la mezcla líquida.





Interpretación del experimento

Al igual que la presión que se genera al interior del recipiente plástico, en los volcanes los gases que se separan (exsolven) del magma generan un fuerte incremento de la presión al interior de los mismos. El aumento de presión genera explosiones y emisiones de material (pirocástico) que se emite a la atmósfera. El líquido que sale disparado simula el material emitido durante una explosión o emisión volcánica con contenido de ceniza, lapilli y bloques o balísticos.

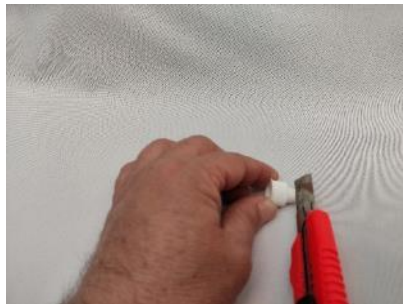
C. Experimento 2: Dispersión de la ceniza volcánica

Materiales

- 2 Pedazos de mangueras para gas (azul) de 12 mm de diámetro (longitudes de ~30 cm y ~15 cm)
- T de PVC 12 mm
- Gotero de 30 ml
- Harina (~20 g)
- 2 globos (forma esférica) para fiestas
- Silicona en barra
- Maqueta de volcán
- Cinta adhesiva

Ensamblaje y preparación del experimento

1. En un extremo de la T de PVC se introduce la manguera para gas de 30 cm y se sella la junta con cinta adhesiva, según se muestra en la figura.

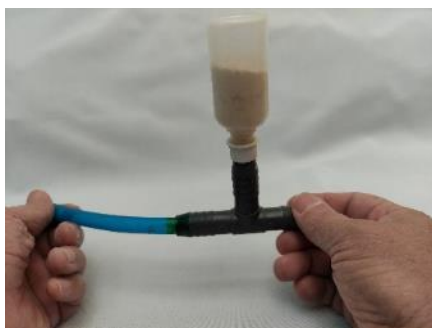




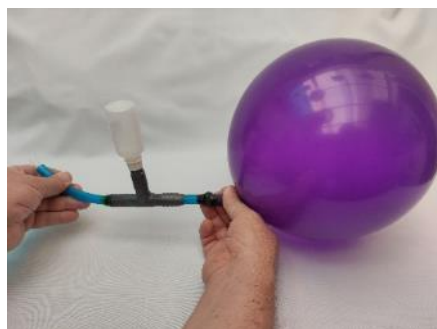
2. Cortar transversalmente la parte superior (punta) de la tapa del gotero (la que tiene rosca) y se une con el extremo de la T (base) de PVC y se sella con silicona caliente (ver figura).

3. Llenar el gotero con la maicena/harina (material particulado que representa ceniza volcánica) y enroscar con la parte de la tapa que se unió a la T. Procurar que la boca del gotero quede hacia arriba, para no derramar el contenido.

4. Introducir la punta de la manguera para gas (~1.5 cm) en la boca de un globo. Sellar la unión con cinta adhesiva. Inflar el globo hasta que tenga unos 30-40 cm de diámetro y asegurar la punta del globo para que el aire no escape (se puede usar un pedazo de cuerda o cordón).



5. Introducir la punta de la manguera, que está unida al globo, al extremo libre de la T de PVC. Esta debería entrar de forma apretada. Cuidar de no bloquear el orificio que está unido al gotero.





Puesta en marcha del experimento

Nota: Se recomienda trabajar en un espacio abierto.

Se coloca todo el ensamble de la T, de tal manera que el gotero quede ubicado hacia arriba. Unir el extremo libre de la manguera a la boca de la maqueta de volcán.

Inflar el segundo globo hasta que tenga unos 30-40 cm de diámetro y asegurar la punta del globo para que el aire no escape.

Liberar suavemente el aire del globo unido a la T y a la vez liberar el aire del globo libre apuntando a la boca de la maqueta de volcán. Se debe observar material particulado que se eleva formando una columna a la vez que el aire del globo libre (simula al viento) desvía y arrastra el material particulado que posteriormente cae al piso. Observar que la acumulación de la harina se distribuye mayormente en la dirección en la que se dirige el chorro de aire del globo libre.





Interpretación del experimento

En la naturaleza los volcanes que están en procesos eruptivos generan columnas de ceniza que según la energía de las explosiones o emisiones pueden alcanzar mayores alturas y emitir grandes o pequeñas cantidades de ceniza. La dirección y velocidad de los vientos también juega un papel importante en la distribución de la ceniza, así, en caso de ausencia de vientos la ceniza va a caer principalmente en las inmediaciones del volcán, sin embargo la ceniza puede cubrir amplias áreas y alcanzar zonas distales con la presencia de viento con altas velocidades (junto a mayores cantidades y alturas de las columnas). En algunos casos estas distancias pueden ser de centenas e incluso miles de kilómetros. La ceniza causa un fuerte impacto sobre los cultivos, los animales, en la salud de las personas (especialmente con afecciones respiratorias), tráfico aéreo e incluso puede influir en el clima.

D. Experimento 3: Alcance de los piroclastos respecto de la fuente de emisión

Materiales

- Manguera 20 mm de diámetro (~15 y 30 cm)
- Codo liso (a 90°) de plástico (20 mm de diámetro)
- Harina (~20 g)
- Maíces con diámetros menores a 10 mm (~10 unidades)
- Granos de lenteja (~20 unidades)
- 1 globo (forma esférica) para fiesta
- Silicona en barra
- Maqueta de volcán (boca ancha) opcional

Ensamblaje y preparación del experimento

1. Se unen las mangueras a los extremos del codo plástico y se sella con silicona caliente.
2. Se mezcla el maíz, lentejas y harina y se introduce este material en el interior del tubo de 15 cm. Mantenerlo en posición vertical para que no se riegue el contenido.



3. Colocar la maqueta de volcán (opcional), de tal manera que la boca de la manguera de 15 cm se acople a la boca del volcán y que esta permanezca con un ligero ángulo respecto de la vertical. Observar que el ensamble permanezca estable.



Puesta en marcha del experimento

Nota: Se recomienda trabajar en un espacio abierto.

Inflar el globo hasta que alcance un diámetro de ~30-40 cm y sellar momentáneamente la boca del globo para que no escape el aire, dejando una buena porción de la punta del globo libre. Acoplar la punta del globo a la boca libre del tubo (30 cm) que debe tener una posición aproximadamente horizontal. Liberar suavemente el aire, se podrá ver que en un inicio la harina es expulsada, y si se libera mayor caudal de aire entonces saldrán expulsados conjuntamente la harina, las lentejas y el maíz. Cuando el experimento es completamente exitoso, los maíces caerán cerca de la fuente (boca del tubo), las lentejas serán esparcidas en una mayor distancia y la harina si no hay una fuente de viento caerá muy cerca de la fuente.



Interpretación del experimento

Esto es similar a lo que pasa en los volcanes, los materiales sueltos que son expulsados desde un cráter tienen diferentes tamaños, así los balísticos como se llaman a los bloques más voluminosos, pueden ser tan grandes como un auto, hasta el tamaño de una pelota de tenis (~64 mm de diámetro), el material de tamaño intermedio, que comprende diámetros entre 64 mm (pelota de tenis) y 2 mm (tamaño de granos de azúcar), se lo conoce como lapilli y finalmente, las partículas más finas (menor a 2 mm) corresponden a la ceniza volcánica.

Las distancias a las que caen los balísticos, previamente descritos, son inversamente proporcional al tamaño de los mismos, es decir que los bloques más grandes recorrerán distancias relativamente cortas, cayendo muy cerca de la fuente de emisión (pocos cientos de metros a pocos kilómetros del cráter). El lapilli puede caer a distancias de varios kilómetros, especialmente si es llevado por el viento; por último, está la ceniza que puede ser depositada muy cerca o recorrer largas distancias, en caso de presencia o no de viento respectivamente. En erupciones muy grandes la ceniza y gases suelen quedar suspendida en la atmósfera, en algunos casos incluso cubrir el planeta de manera prolongada, esto generaría cambios globales en las condiciones climáticas, tales como descensos generalizados de la temperatura. Este es el caso de la erupción de 1815 del volcán Tambora (Indonesia), que generó una



disminución de la temperatura de 1° a 2.5° C, en Nueva Inglaterra y Europa Occidental.

E. Experimento 4: Columna de ceniza versus flujo piroclástico

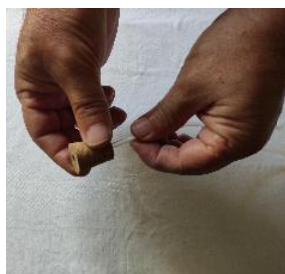
- 2 placas de acrílico de 40 x 30 cm
- 1 manguera flexible de 8 mm de diámetro, de 1 m de longitud
- 1 manguera de 5 mm de diámetro (las que se usan para aplicar sueros), 1 m de longitud. Conservar la llave tipo rueda, que trae originalmente la manguera.
- 8 aplasta papeles de 51 mm
- 1 vaso plástico
- 1 corcho
- Silicona en barra
- Agua (~2 l)
- Detergente en polvo (media cucharada pequeña)
- 10 ml de alcohol antiséptico
- 40 ml de leche entera
- 2 placas triangulares (b=7 cm, h=7 cm) de poliestireno (Ejemplo bandejas de comida desechable)

Ensamblaje y preparación del experimento

1. A la mitad de la manguera de 8 mm, hacer un orificio de 4 mm de diámetro. El orificio debe traspasar de lado a lado la manguera. Se recomienda un sacabocados para perforar la manguera.

2. Cortar diagonalmente (Ejemplo 45°) la punta de la manguera de 5 mm de diámetro y pasarla a presión por el orificio hecho en la manguera de 8 mm, dejando que sobrepase ~7 cm.

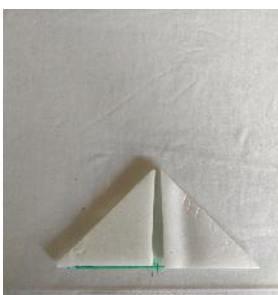
3. Realizar un orificio (~5 mm de diámetro) que cruce los centros de las bases redondas del corcho e introducir el extremo libre de la manguera de 5 mm, de tal manera que la punta apenas sobresalga de la base mayor.



4. Hacer un hueco (~5 mm) al centro de la base del vaso plástico. Con el uso de silicona caliente pegar la base del vaso con la base mayor del corcho, tomando en cuenta que el orificio de la manguera quede conectado con el interior del vaso y no esté obstruido. Verificar que esté bien sellado para que no haya fugas.

5. Sobre una de las caras de la placa de acrílico, pegar los triángulos de poliestireno a ~1 cm de la base, dejando 5 mm de separación entre los triángulos, según se indica en el siguiente esquema.

6. Colocar la manguera de 8 mm cerca de los bordes de la placa de acrílico que tiene pegado los triángulos, haciendo pasar la porción de la manguera delgada por el espacio entre los triángulos de poliestireno. Cerciorarse que toda la manguera quede al interior de los bordes de la placa.

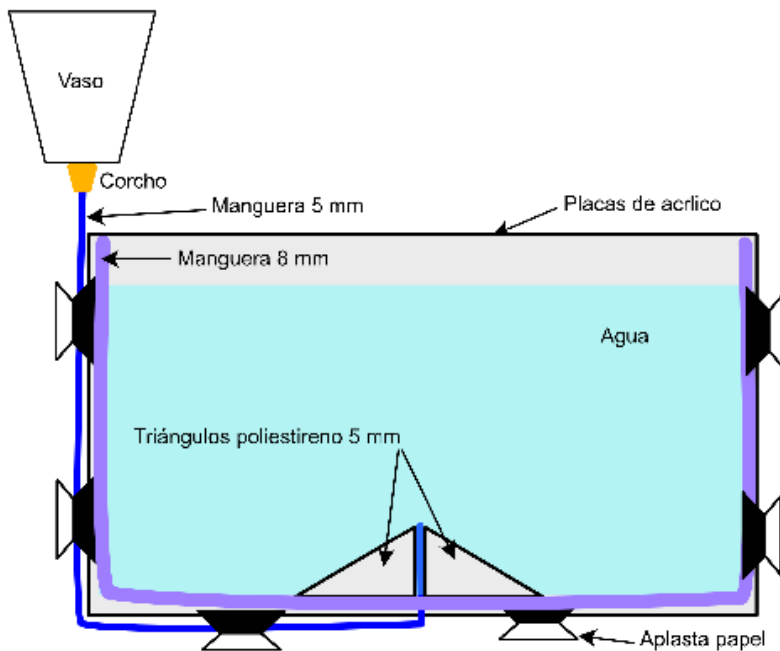
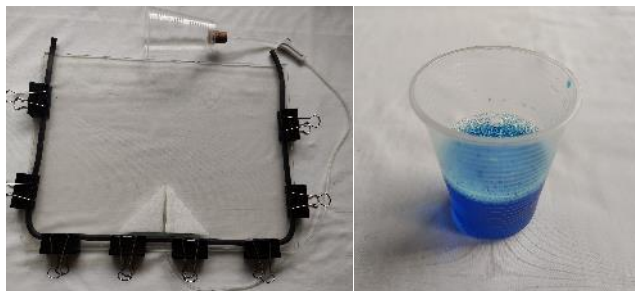


7. Poner la segunda placa sobre el arreglo que se tiene sobre la superficie de la primera y apretar los bordes usando los aplasta papeles (se usa entre 6-8 unidades), de manera que se selle la unión. Se llena el interior, que queda entre las placas, con agua hasta ~25 cm respecto de la base. Se debe constatar que no haya fugas.



8. En un recipiente separado preparar una mezcla con 30 ml de agua + 10 ml de alcohol y un $\frac{1}{4}$ de cucharada (pequeña) de detergente en polvo. Agregar una o dos gotas de colorante vegetal.

9. En otro recipiente colocar los 40 ml de leche o se la puede colocar directamente al vaso al momento de realizar la experiencia.





Puesta en marcha del experimento

Parte 1: Recreación de una columna de emisión

Cerrar el paso de la manguera de 5 mm con la llave tipo rueda. Mantener el vaso sobre el nivel del agua que se encuentra entre las placas y colocar los 40 ml de la mezcla de agua, alcohol y detergente en el vaso. Abrir la llave para que pase la mezcla desde el vaso. Si el líquido no pasa, descender un poco el vaso, para que a la manguera pase algo de agua (desde el interior de las placas) y luego levantar el vaso nuevamente, de tal manera que fluya el contenido del vaso. Cuando la mezcla llega al borde de la manguera de 5 mm, se ve que se forma una columna que se eleva hasta la superficie del agua generando unos movimientos convectivos cerca de la superficie, a la vez que se expande hacia los costados.



Interpretación del experimento

De manera similar cuando se tiene explosiones o emisiones de ceniza volcánica esta es expulsada a la atmósfera y suele formar una especie de “hongos”. Posteriormente el material se va extendiendo hacia los alrededores, especialmente hacia la dirección en que sopla el viento. Posteriormente, habrá caída de ceniza.

Parte 2: Recreación de un flujo piroclástico



Cerrar el paso de la manguera de 5 mm con la llave tipo rueda. Mantener el vaso sobre el nivel del agua que se tiene entre las placas y colocar los 40 ml de leche en el vaso. Abrir la llave para que fluya la leche por la manguera (5 mm). Si el líquido no pasa, descender un poco el vaso, para que a la manguera pase agua y luego levantar el vaso nuevamente. Se debe observar que el líquido (blanco) comienza a fluir al interior de las placas formando una pequeña columna, que posteriormente (casi inmediatamente) colapsa sobre los costados de los triángulos expandiéndose por el fondo del recipiente.



Interpretación del experimento

En el experimento se observa que se forma una columna, tal como ocurre en los volcanes. En un momento dado esta columna colapsa debido a que es más densa que el medio alrededor (agua en el caso del experimento). De manera similar en la naturaleza en algunos casos las columnas de ceniza colapsan ya que son más densas que el aire a su alrededor y forman los denominados “flujos piroclásticos”. Los flujos piroclásticos en los volcanes están constituidos por una mezcla de rocas, ceniza y gases a altas temperaturas que descienden por los flancos de los mismos, alcanzando velocidades superiores a 80 km/h (similar a la velocidad de un auto en autopistas). Estos productos volcánicos, por lo general no suelen alcanzar grandes distancias (pocos kilómetros) desde su punto de emisión, sin embargo, son extremadamente peligrosos cuando existe actividad humana que se desarrolla en los sitios donde estos fenómenos se desarrollan.



F. Experimento 5: Generación de lahares secundarios

- 2 bandejas de poliestireno (Plastiutil PC-12)
- Base redonda de poliestireno (12")
- Paño de papel
- Harina (~50 g). Mejor si la harina es de color, por ejemplo, harina de cebada o negra
- Atomizador
- Silicona líquida (fría)

Ensamblaje y preparación del experimento

1. Se toma una de las bandejas y se la corta, según se indica en el Anexo. La bandeja cortada se pega sobre la segunda bandeja. De la base redonda de poliestireno se corta dos placas trapezoidales y se pegan según se indica en el Anexo.
2. Se coloca el paño de papel sobre las dos superficies que están inclinadas, tratando de cubrirlas en su totalidad.
3. Con el atomizador se humedece ligeramente toda la superficie del paño de papel.



4. Se esparce uniformemente la harina sobre el paño (~3 mm de espesor). Se puede usar un cernidero, un pedazo de tela con poros o un frasco de boca ancha con orificios pequeños en la tapa.



Puesta en marcha del experimento

Se esparce reiteradamente agua sobre la capa de harina, con la ayuda del atomizador. Cuando la harina se satura de agua, esta forma una pasta fluida que empieza a descender por la pendiente. El material que descende se encausa por el canal de la base y si la cantidad es abundante se desborda de este canal.

Interpretación del experimento



El experimento recrea la formación de lahares secundarios, los mismos que se generan por la mezcla del material suelto (ceniza, lapilli, bloques) que proviene de los volcanes y el agua de las lluvias, que además en su descenso va adicionando rocas, palos, arena, tierra y todo material que se encuentra al interior de los drenajes por donde desciende el material lodoso. El lahar, en su descenso por los drenajes, puede alcanzar velocidades de algunas decenas de km/h. Estos lahares, tal como en el experimento, pueden desbordar los cauces y en su paso destruir cultivos, casas, puentes y vías que se encuentren en su curso.

Cuando los volcanes poseen un glaciar (como es el caso del Cotopaxi) y a causa del proceso eruptivo se derriten rápidamente ç porciones importantes del glaciar, se genera lo que se denomina "lahar primario" y que son mucho más grandes y destructivos que los lahares que hemos representado con el experimento. En el Cotopaxi un evento de este tipo ocurrió en 1877, en cuyo caso hubo una devastación en la ciudad de Latacunga y poblados de los Chillos. También en Colombia, en 1985 una erupción del volcán Nevado del Ruiz generó un lahar primario que descendió y cubrió gran parte de la ciudad de Armero. El total de víctimas por este evento sobrepasaron las 25000.

PREGUNTAS FRECUENTES

1. ¿Se puede evitar que un volcán haga erupción?
2. ¿Las erupciones se pueden predecir?
3. ¿Los volcanes están conectados? ¿Es verdad que la erupción de uno despierta otros volcanes?
4. ¿Qué pasa con el volcán Chalupas? ¿El Cotopaxi puede reactivar el Chalupas?
5. ¿El volcán Cotopaxi erupciona agua?
6. ¿Qué son los lahares?
7. ¿Es cierto que el volcán Cotopaxi ya está en erupción?
8. ¿Las erupciones son disparadas o controladas por el clima?
9. ¿Cuándo empezó la erupción más reciente del Cotopaxi?
10. ¿Se puede ver lava en el cráter del Volcán Cotopaxi?
11. ¿Es seguro que el Cotopaxi va a tener una erupción grande?
12. ¿Cuándo va a erupcionar el Cotopaxi?
13. ¿Qué tipo de erupción representa el mapa de peligros?



14. ¿Qué tan grande fue la última erupción del Cotopaxi (2022-2023) frente a la de 2015 y a la de 1877?
15. ¿Qué zonas serían afectadas por una erupción grande del volcán Cotopaxi?
16. ¿Qué es la ceniza volcánica? ¿Es como la ceniza que sale de la madera?
17. ¿En qué consisten los planes de evacuación?
18. ¿Cuánto tiempo tendremos de aviso cuando se avecine una erupción grande?
19. ¿Qué pasa con las alertas de colores?
20. ¿Pueden llegar flujos de lava o rocas voladoras a Latacunga o Quito?
21. ¿Era la Chilintosa el tapón del volcán Cotopaxi y salió volando hasta donde está ahora en su última erupción?
22. ¿Es verdad que se pueden hacer obras de mitigación para salvaguardar la seguridad de los ciudadanos y su propiedad frente a una erupción del Cotopaxi?
23. ¿Cuándo ocurra una erupción va a provocar un sismo grande y destructivo?
24. ¿Cuáles son las medidas de protección en caso de erupción?
25. ¿Qué pasará con la gente durante una erupción del Cotopaxi?
26. ¿Qué pasará con la gente después de la erupción?
27. ¿Se puede ascender de forma segura a la cumbre del Cotopaxi?

Respuestas:

1. ¿Se puede evitar que un volcán haga erupción?

Lamentablemente **NO**. La tecnología con la que contamos al momento nos permite vigilar e intentar pronosticar la actividad volcánica, pero es imposible evitar que un volcán haga erupción

2. ¿Las erupciones se pueden predecir?

Las erupciones **NO** se pueden predecir, jamás tendremos una certeza exacta de cuándo van a ocurrir. Sin embargo, se pueden pronosticar, de manera similar como se hace con el clima. La idea es observar distintos parámetros que nos muestra el volcán y en base a ellos tratar de anticipar cuando se aproxima una erupción. Por supuesto existe un buen nivel de incertidumbre, los pronósticos pueden no ser del todo exactos.

3. ¿Los volcanes están conectados? ¿Es verdad que la erupción de uno despierta otros volcanes?



No, el despertar de un volcán no despierta a otros volcanes, ya que cada uno de los volcanes tiene un sistema de alimentación (reservorio magmático) independiente. Pero, dado que la Sierra ecuatoriana está llena de volcanes, ha sido bastante común durante su historia que más de uno de estos volcanes estén en erupción de manera simultánea, es simple coincidencia.

4. ¿Qué pasa con el volcán Chalupas? ¿El Cotopaxi puede reactivar el Chalupas?

La caldera de Chalupas corresponde a un volcán que tuvo una erupción muy grande hace unos 216 mil años. Esta erupción cubrió de material volcánico buena parte de la Sierra Central. Sin embargo, hoy en día es un volcán clasificado como dormido y no se espera que pueda volver a activarse (en el corto o mediano plazo).

Hoy en día la probabilidad de que erupciones de este tipo ocurran es inferior al 1%. Adicionalmente NO, el Cotopaxi no tiene injerencia directa sobre la actividad del Chalupas, pues funcionan de manera independiente.

5. ¿El volcán Cotopaxi erupciona agua?

NO, el volcán en sí mismo no erupciona agua. Sin embargo, históricamente se sabe que el Cotopaxi ha provocado grandes flujos de lodo o lahares en sus últimas erupciones. Como sabemos, estas mezclas de agua y material volcánico se producen por el derretimiento súbito de importantes secciones del casquete glaciar debido a un cuerpo caliente como flujos de lava o flujos piroclásticos.

6. ¿Qué son los lahares?

Los lahares son mezclas de agua con sedimentos y rocas volcánicas, los cuales se desplazan pendiente abajo en los volcanes o laderas. También se los conoce con los nombres de “aluviones” o “flujos de escombros”.

Se distinguen dos tipos de lahares: 1) Los lahares “secundarios”, que son de pequeño tamaño y se producen principalmente cuando las lluvias re-mobilizan el material suelto que está en la pendiente de un volcán y 2) Los lahares “primarios”, que son flujos muy voluminosos que se forman por el



derretimiento súbito de importantes secciones del casquete glaciar en caso de una erupción volcánica. Grandes lahares primarios se formaron, por ejemplo, en la última erupción grande del volcán Cotopaxi en el año 1877.

7. ¿Es cierto que el volcán Cotopaxi ya está en erupción?

El volcán entró en erupción entre octubre de 2022 y julio 2023, tiempo en el cual emitió columnas de ceniza y gases volcánicos, con afectación bastante limitada. Se puede decir que un volcán está en erupción cuando tenemos salida a la superficie de materiales derivados del magma, como lo es por ejemplo la ceniza. La fase antes mencionada ha llegado por ahora a su fin, sin embargo, no se descarta que el volcán vuelva a reactivarse a mediano plazo.

8. ¿Las erupciones son disparadas o controladas por el clima?

NO, no existe evidencia alguna de que los fenómenos climáticos contribuyan de alguna manera al despertar de un volcán.

9. ¿Cuándo empezó la erupción más reciente del Cotopaxi?

La fase eruptiva más reciente 2022-23, empezó el 22 de octubre de 2023 con una emisión de ceniza muy pequeña que afectó al Refugio José Rivas, forzando su evacuación. Dicha erupción caracterizada por pequeñas emisiones de gases y ceniza se extendió hasta julio del 2023, tras lo cual la actividad del volcán ha ido retornando gradualmente a la calma.

10. ¿Se puede ver lava en el cráter del Volcán Cotopaxi?

Siendo un volcán activo que ha experimentado fases recientes, es probable que en algún momento se pueda ver “lava” o material rocoso a altas temperaturas en su cráter. Sin embargo, cabe destacar que en los procesos eruptivos de 2015 y 2022-23 este fenómeno no se registró. Aun así, en 2023 en las redes sociales circularon fotografías del Volcán Villarica en Chile con lava en el cráter diciendo que se trataba del Cotopaxi, este tipo de publicaciones solo buscan desinformar y confundir a la población, por lo cual se aconseja informarse solo por fuentes oficiales.



11. ¿Es seguro que el Cotopaxi va a tener una erupción grande?

Sabemos que para el período histórico ha habido 5 erupciones grandes. Por lo que se ha calculado que el periodo de recurrencia de este volcán es de más o menos 100 años. El Cotopaxi ha erupcionado muchas veces ya, y seguramente lo seguirá haciendo. Es altamente probable que en las próximas dos décadas veamos una erupción grande, similar a la que se ha plasmado en el mapa de amenazas.

12. ¿Cuándo va a erupcionar el Cotopaxi?

No se sabe a ciencia cierta cuándo ni cómo, sin embargo, es altamente probable que en las próximas dos décadas veamos una erupción grande, similar a la que se ha plasmado en el mapa de amenazas, tipo 1877. Por eso debemos estar informados y preparados

13. ¿Qué tipo de erupción representa el mapa de peligros?

El mapa de peligros nos muestra un “máximo probable” es decir la erupción más grande que creemos que tiene una alta probabilidad de ocurrir y para la cual tiene sentido realizar planificación. El escenario representado en los mapas es una erupción con índice de explosividad 3-4, equivalente a la ocurrida en 1877.

Este escenario incluye el derretimiento parcial del glaciar, provocando gigantescos flujos de lodo (lahares primarios) que afectarían áreas como el Valle de los Chillos al norte, Latacunga y Salcedo al sur, y la ribera del Napo-Jatunyaku al oriente.

De manera muy excepcional el Cotopaxi ha tenido erupciones más grandes (como el evento de hace 5000 años). Así mismo, pero de manera más recurrente, ha experimentado erupciones más pequeñas, como las de 2015 y 2022-23.

14. ¿Qué tan grande fue la última erupción del Cotopaxi (2022-2023) frente a la de 2015 y a la de 1877?

Las erupciones se miden con el índice de explosividad volcánica (VEI) por sus siglas en inglés. Podemos decir de manera grotesca que es una medida de



cuánto se dispersa la ceniza. La erupción del 2022-23 fue muy pequeña si sumamos toda la ceniza emitida durante este periodo obtendremos un VEI inferior a 1, de igual manera todas las emisiones del 2015 sumadas alcanzan un VEI de entre 1 y 2. Cabe destacar que durante 2015 se emitió casi el doble de ceniza que en 2022-23.

Por otra parte, la erupción del 26 de junio de 1877 tuvo un índice de explosividad de 3-4. No solo emitió una mayor cantidad de ceniza, sino que provocó la formación de gigantescos lahares.

15. ¿Qué zonas serían afectadas por una erupción grande del volcán Cotopaxi?

Nos preparamos para el peor escenario que tiene una alta probabilidad de ocurrir, es decir una erupción similar a la que ocurrió en 1877, misma que ha sido representada en los Mapas de Amenaza vigentes de 2016.

En caso de una erupción de este tipo, los lahares pudieran bajar por los ríos Cutuchi, Saquimala, Alaquez, afectando la zona oeste del Parque Nacional Cotopaxi, los bosques de Aglomerados Cotopaxi, Rumipamba, Laigua de Vargas, Lasso, las afueras de Mulaló, el Aeropuerto de Latacunga, las zonas bajas de Latacunga cercanas al río Cutuchi, buena parte de la Ciudad de Salcedo y la ribera baja del río Patate.

Las zonas proximales al volcán sobre todo dentro del Parque Nacional Cotopaxi, Santa Rita y San Agustín de Callo entre otras pueden ser afectadas por múltiples amenazas como son los bloques de roca, flujos de lava y flujos piroclásticos.

En el caso de caídas de ceniza, estas pueden tener una afectación en toda la provincia de Cotopaxi, pero también sectores de Pichincha y Tungurahua. Adicionalmente, dada la dirección predominante del viento en Ecuador se pueden producir caídas de ceniza principalmente en las provincias costeras de los Ríos, Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas.

16. ¿Qué es la ceniza volcánica? ¿Es como la ceniza que sale de la madera?

La mayoría de gente cree que quizá debido a su nombre la ceniza volcánica es como la ceniza que proviene de quemar madera, carbón u otros elementos



orgánicos. La verdad es que no es así. Aunque su nombre suele confundirnos, la ceniza volcánica es el producto del magma que sale a superficie, estalla y se rompe en fragmentos muy pequeños. La ceniza es roca molida en finos fragmentos.

17. ¿En qué consisten los planes de evacuación?

La afectación más grande ante una erupción del Cotopaxi corresponde a lahares primarios, flujos de lodo de gran volumen viajando por las quebradas y los cauces de los ríos. La evacuación consiste en escuchar la voz de alerta (o sirenas) proveniente de las autoridades y salir de casa de manera ordenada hacia el Sitio Seguro más cercano. Debemos desplazarnos lateralmente saliendo de la zona de tránsito de los lahares lo antes posible, y dirigirnos al sitio seguro.

Existe la creencia equivocada de que en caso de evacuación tenemos que abandonar la ciudad, pero no necesariamente es así, la idea es más bien desplazarnos lateralmente en busca de una zona más alta de manera que salgamos de la zona de tránsito de los lahares. Para luego, dirigirnos a nuestro sitio seguro.

Recuerden:

- No todas las zonas de Latacunga, Salcedo y el Valle de los Chillos requieren evacuación, solo aquellas que están señalizadas en los mapas de amenaza.
- La evacuación debe hacerse a pie de manera ordenada, el uso de vehículos sumado al pánico genera congestión vial y accidentes.
- Al momento de evacuar debemos salir de manera rápida y con equipaje ligero. Se desaconseja cargar electrodomésticos o equipaje pesado. Al contrario, se recomienda llevar únicamente la mochila de emergencias.

18. ¿Cuánto tiempo tendremos de aviso cuando se avvicine una erupción grande?

Si consideramos el ejemplo de la erupción de 1877, antes de la erupción hubo algunas semanas de cañonazos, emisión de material incandescente, sismos y



otros precursores que denotaban el aumento en la actividad del Cotopaxi. Se espera que, en caso de repetirse un proceso eruptivo similar, tengamos de igual manera un tiempo prudencial de aviso (un par de semanas).

En el peor de los casos, la erupción puede desarrollarse rápidamente y con poco aviso, pero se prevé que el volcán necesite un tiempo para mover los grandes volúmenes de magma que van a ser expulsados. En tal caso, el periodo de tiempo puede variar desde un par de días hasta unas 6-8 horas, en el cual se deberán generar las acciones de respuesta y evacuación.

19. ¿Qué pasa con las alertas de colores?

Las alertas de colores son asignadas por la Secretaría de Gestión de Riesgo en base a la actividad del volcán y representan acciones concretas de prevención a ser realizadas por parte del gobierno y la ciudadanía:

- **Blanco:** volcán en calma.
- **Amarillo:** el volcán presenta signos de reactivación. Es un tiempo de preparación y realización de planificación o tareas de prevención.
- **Naranja:** Aumento significativo de la actividad del volcán. Se puede iniciar evacuación preventiva de los grupos de riesgo.
- **Rojo:** Erupción inminente o en curso. Se toman acciones de protección a la población incluyendo evacuación.

20. ¿Pueden llegar flujos de lava o rocas voladoras a Latacunga o Quito?

NO, esto es imposible. Existe la creencia generalizada de que las rocas voladoras pueden alcanzar muy grandes distancias, sin embargo, no es así.

Rocas voladoras de gran tamaño si son emitidas durante los procesos eruptivos. Se les conoce como “proyectiles balísticos” porque se mueven de manera semejante a las balas de cañón. Aunque pueden tener tamaños muy grandes, pasando desde el tamaño de un balón de fútbol hasta el tamaño de un vehículo, estos no pueden viajar largas distancias justamente por su propio peso.



Mientras más grandes sean estas rocas, más cerca se quedarán del cráter, generalmente en las inmediaciones del Parque Nacional Cotopaxi.

21. ¿Era la Chilintosa el tapón del volcán Cotopaxi y salió volando hasta donde está ahora en su última erupción?

Si bien rocas de gran tamaño, si pueden salir expulsadas desde el cráter, dado el colosal tamaño de esta roca y su distancia al cráter, es imposible que se trate de un bloque balístico. Lo más probable es que esta roca haya sido acarreada por los flujos de lodo (lahares primarios) hasta su posición actual.

22. ¿Es verdad que se pueden hacer obras de mitigación para salvaguardar la seguridad de los ciudadanos y su propiedad frente a una erupción del Cotopaxi?

Por definición la palabra mitigación significa atenuar o reducir el impacto de una amenaza. Para el caso de los lahares (flujos de lodo), las obras de mitigación son cualquier estructura cuyo objetivo sea frenar, disminuir la energía, la velocidad o la cantidad de rocas que carga el flujo lodoso y por ende reducir el impacto que puedan tener al alcanzar zonas pobladas.

Obras de este tipo se han realizado en otros países del mundo como Japón y constituyen complicados sistemas de presas y tamicos de tamaños gigantescos colocados a lo largo de las quebradas. Si bien estas obras existen, no se han hecho jamás pensando en contener flujos tan grandes como los que esperamos en una erupción grande del Cotopaxi. Se requieren profundos estudios de factibilidad para saber si estas obras se pueden implementar.

En 2023 el IG-EPN, la Secretaría de Gestión de Riesgo (SGR) y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) iniciaron un proyecto cuyo objetivo es traer especialistas japoneses para evaluar de manera técnica la factibilidad de la construcción de este tipo de obras. Tras las visitas técnicas de expertos japoneses, se tendrá un informe que nos oriente sobre qué tan factible es la realización de estas colosales obras de ingeniería

23. ¿Cuándo ocurra una erupción va a provocar un sismo grande y destructivo?



Es poco probable que una erupción del Cotopaxi genere sismos suficientemente grandes para causar daños. Si bien la sismicidad se presenta de manera recurrente durante las erupciones, la mayoría de sismos ni siquiera son sentidos por la población y al contrario constituyen una herramienta muy útil para que los científicos realicen el diagnóstico de la actividad volcánica.

Sin embargo, es probable que durante la erupción se escuchen explosiones, bramidos y ruidos provenientes del suelo.

24. ¿Cuáles son las medidas de protección en caso de erupción?

Lo más importante es conocer los peligros potenciales en base a nuestra ubicación, para ello es esencial revisar el Mapa de Amenazas:

- Si estamos en zona de caída de ceniza es necesario contar con material de autoprotección: gafas, gorra y mascarilla. Además, tomar en cuenta las recomendaciones para proteger nuestros cultivos o animales.
- Si estamos en zona de potencial afectación por lahar es importante tener lista la mochila de emergencias y conocer las rutas de evacuación y los sitios seguros en caso de erupción.

25. ¿Qué pasará con la gente durante una erupción del Cotopaxi?

La población debe permanecer atenta al proceso eruptivo. Cuando las autoridades lo indiquen, personas en zonas de afectación por lahares deben abandonar sus domicilios y dirigirse de manera ordenada hasta su **Sitio Seguro** más cercano. La ayuda y suministros pueden tardar un poco en llegar, es por esto que todos deben tener siempre a la mano su mochila de emergencias.

Quienes no estén en zonas de evacuación deben conservar la calma y hacer caso a las autoridades. Es posible que se restrinja la movilidad y se le pida a la población civil permanecer en casa. Esto facilita la labor de los equipos de respuesta y rescate.

Pueden presentarse intermitencias con los suministros de agua, luz eléctrica o internet, además de colapsos en las vías que afecten el suministro de productos. Lastimosamente en los años pasados hemos tenido que vivir eventos adversos como la pandemia de COVID 19, sin embargo, nos han



dejado lecciones útiles de cómo nuestra sociedad puede seguir en marcha durante una emergencia. Medidas temporales como el teletrabajo, clases virtuales y calendarización de compra de víveres pueden ser algunas de las medidas que el gobierno tome de manera transitoria durante la emergencia.

26. ¿Qué pasará con la gente después de la erupción?

Al término de la erupción le siguen las tareas de limpieza y reconstrucción.

Quienes hayan sido afectados por caídas de ceniza probablemente tendrán que trabajar de la mano con las municipalidades en las tareas de limpieza, tipo mingas, a fin de despejar las calles de las ciudades. Los gobiernos locales pondrán a disposición de las personas bolsas y sacos para la recolección de las cenizas, y se establecerán cronogramas de recolección. Esto ya se ha visto en casos de erupciones anteriores como en Guagua Pichincha, El Reventador y Tungurahua.

Para las zonas de afectación por lahares el panorama puede ser menos alentador. Es necesario decir que las casas que hayan sido sepultadas o arrasadas por los lahares pudieran no volver a ser habitables nunca más. Donde la afectación sea mínima se prevé acciones de limpieza, pero los habitantes de las zonas fuertemente afectadas tendrán que ser reubicados. El Gobierno seguramente deberá implementar planes de vivienda y reubicación para los damnificados.

27. ¿Se puede ascender de forma segura a la cumbre del Cotopaxi?

La cumbre del volcán Cotopaxi fue cerrada para ascensos a partir de la erupción de octubre de 2022, por ahora el acceso está restringido para precautelar la seguridad de los turistas.

Habiendo culminado la erupción se han iniciado conversaciones para una reapertura organizada y para la instauración de protocolos y medidas de seguridad en pos de precautelar la integridad de los andinistas.

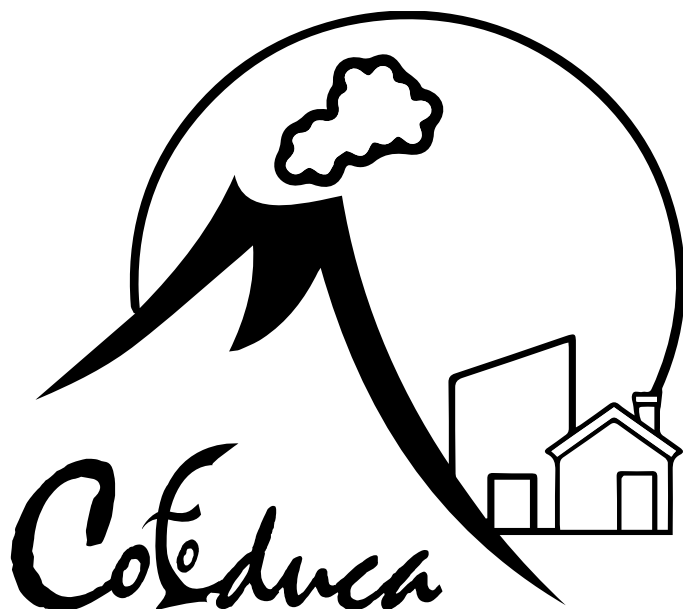
Sin embargo, hay que estar conscientes de una realidad, las zonas proximales a los cráteres de volcanes activos y potencialmente activos son inherentemente riesgosos. Siempre existe (en mayor o menor grado) una



posibilidad latente de que ocurran pequeñas explosiones, así como abruptas emisiones de gases que no se pueden predecir y pudieran poner en riesgo la vida de quienes las visitan. Por ello es necesario escuchar las recomendaciones de las autoridades y respetar la señalética.



El Programa CotoEduca



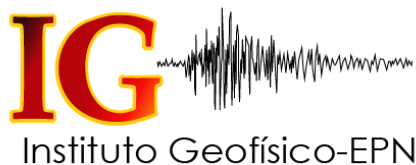
Coto-Educa es un proyecto conjunto del Instituto Geofísico y la Secretaría de Gestión de Riesgo con el apoyo y financiamiento de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).

El proyecto, enfocado en niños de edad escolar pretende transmitir conocimientos básicos sobre el volcán y los peligros que representa, encaminado a formar ciudadanos educados en una cultura de prevención para tener una sociedad resiliente.

Las técnicas utilizadas, y los materiales didácticos creados para este proyecto están inspirados en metodologías japonesas.



Presentación de las Instituciones Participantes



Secretaría de
Gestión de Riesgos

El Instituto Geofísico (IG-EPN)

Desde 1983, el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) constituye el principal centro de investigación ecuatoriano en lo que respecta al diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos. A partir del 13 de enero de 2003, mediante el Decreto Presidencial No. 3593, el Instituto Geofísico recibió del Estado Ecuatoriano el encargo oficial de llevar a cabo el diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos en todo el territorio nacional.

Sobre el Geofísico recae la importante tarea de vigilar no solo el Volcán Cotopaxi, sino los más de 80 volcanes que conforman el arco volcánico Plio-cuaternario continental y los más de 20 volcanes ubicados en el Archipiélago de Galápagos. Para esto, el Geofísico ha desplegado redes de monitoreo y vigilancia en varios de dichos volcanes. El Geofísico opera además la red sismológica nacional y la red nacional de geodesia que permite la adecuada vigilancia de los fenómenos geodinámicas que ocurren en el territorio ecuatoriano.

Con casi 40 años de experiencia, el IG-EPN ha manejado crisis en varios volcanes ecuatorianos como han sido: Tungurahua (1998-2016), Sangay (2019-presente), El Reventador (2002-Presente), Guagua Pichincha (1999-2001), Cotopaxi (2015, 2022-2023). Desde su fundación, el IG-EPN ha desplegado una red de monitoreo en el volcán Cotopaxi que incluye detectores de lahares, sismógrafos, medidores de gas, medidores de deformación, convirtiendo al Cotopaxi en el volcán mejor vigilado de país y uno de los mejor vigilados del mundo. El



Geofísico, realiza evaluaciones constantes del estado del volcán y trabaja de manera articulada con otros entes gubernamentales como la Secretaría de Gestión de Riesgo para asegurar que en caso de erupción los tomadores de decisión y el público en general reciban la información necesaria.

La Secretaría de Gestión del Riesgo (SGR)

Desde el 2008, la Secretaría de Gestión de Riesgo lidera el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos para garantizar la protección de personas y colectividades de los efectos negativos de desastres de origen natural o antrópico, mediante la generación de políticas, estrategias y normas que promuevan capacidades orientadas a identificar, analizar, prevenir y mitigar riesgos para enfrentar y manejar eventos de desastre; así como para recuperar y reconstruir las condiciones sociales, económicas y ambientales afectadas por eventuales emergencias o desastres.

Entre sus competencias de la Secretaría está coordinar y realizar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades para prevenir, mitigar, atender y recuperar efectos negativos derivados de emergencias y/o desastres en todo el territorio nacional. Además, fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones para reducirlos (Mandato Constitucional). La Secretaría trabaja de manera articulada con los entes científicos, con los entes de respuesta y con las autoridades locales en acciones de prevención y respuesta frente a eventos adversos.

La Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

La Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) es un organismo que coordina la asistencia pública oficial internacional de Japón con países en vías de desarrollo. JICA ofrece programas de cooperación técnica y económica basados en los requerimientos de los países receptores. Promueve el desarrollo de actividades con una orientación hacia el trabajo de campo, haciendo foco en la seguridad humana y adoptando un abordaje de mayor eficacia, eficiencia y celeridad.

JICA se creó en 1974 y tiene presencia en Ecuador desde 1977. Esta institución tiene como núcleo de sus operaciones la “Reducción de la Pobreza y Rectificación de la Desigualdad” con vistas a crear una sociedad equitativa y continúa contribuyendo para fomentar el desarrollo independiente y sostenible con



buen equilibrio en Ecuador. Esto por supuesto supone también brindar asistencia y apoyo encaminado a la reducción o mitigación de desastres, que pudieran generar efectos adversos sobre la sociedad y sobre la economía local.

La colaboración de JICA con el IG-EPN tiene una amplia trayectoria, proviendo de equipos, soporte tecnológico, capacitaciones e intercambios científicos a fin de que la vigilancia sísmica y volcánica en Ecuador se lleve a cabo con los estándares más altos y tecnología de punta. Entre los múltiples aciertos de la colaboración de JICA en Ecuador se puede nombrar por ejemplo la asistencia y financiamiento recibido para la instauración de un Sistema de Alertas Tempranas para Tsunamis y un proyecto encaminado a la creación de ciudades más resilientes.

NOTAS:





Coto-Educa es un proyecto conjunto del Instituto Geofísico y la Secretaría de Gestión de Riesgo con el apoyo y financiamiento de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).

El proyecto, enfocado en niños de edad escolar pretende transmitir conocimientos básicos sobre el volcán y los peligros que representa, encaminado a formar ciudadanos educados en una cultura de prevención para tener una sociedad resiliente.

Las técnicas utilizadas, y los materiales didácticos creados para este proyecto están inspirados en metodologías japonesas.



EL NUEVO
ECUADOR

Secretaría de
Gestión de Riesgos