

Diez mil años de convivencia entre comunidades y volcanes en la sierra del Ecuador

■ Por Dr. Jean-Luc LE PENNEC

Representante del Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD) oficina Ecuador, vulcanólogo codirector del Laboratorio Conjunto Internacional IRD – IGEPN “Sismos y volcanes en los Andes del Norte”
jeanluc.lepennec@ird.fr

Introducción

Ecuador es un país digno de relieves por sus numerosos volcanes que se encuentran tanto en sus cordilleras como en el callejón interandino, y hasta en la cuenca amazónica. Esos volcanes son una fuente de admiración estética, de recursos hídricos por sus glaciares y páramos húmedos (ej. Cayambe, Antisana, Cotopaxi, Chimborazo), por sus bosques y la biodiversidad asociada (Pichincha, Paschoa, Sumaco, El Reventador etc.), y también por las actividades económicas asociadas (por ejemplo, agricultura, ganadería y turismo en Pululahua, Tungurahua etc.). En este sentido, los volcanes constituyen un aporte de gran valor para el país. Asimismo, los volcanes representan también una fuente de riesgos, los cuales requieren una atención específica por parte de los científicos y de las autoridades (entendimiento de los procesos volcánicos, monitoreo a corto, medio y largo plazo, protecciones de la población, de los bienes y de las infraestructuras en zonas urbanas como rurales). El objetivo de esta nota es recordar los principales procesos que explican la presencia de tantos volcanes en el Ecuador, y mencionar los grandes eventos eruptivos que impactaron a las comunidades del país desde su pasado antiguo hasta reciente.

¿Por qué tantos volcanes en el Ecuador?

La presencia de volcanes en el Ecuador se debe a un contexto geológico y geodinámico muy específico, que se encuentra en todo el “cinturón de fuego” que rodea el océano Pacífico. Las placas tectónicas que forman el fondo del océano Pacífico sur tienden a separarse, con una velocidad del orden de siete a quince centímetros por año, desde una zona de extensión ubicada en el sureste del Pacífico. Las placas del Pacífico suroriental son geológicamente jóvenes y se mueven con una velocidad de cinco a seis centímetros por año hacia la placa más antigua del continente suramericano, el cual constituye un bloque estable, resistente y más liviano que la placa oceánica del Pacífico. Esos movimientos relativos de convergencia implican una fuerte com-

La pesada placa tectónica del fondo del Pacífico tiende a hundirse por debajo de la placa más liviana del continente suramericano: este proceso se llama subducción.

presión en la zona de contacto entre ambas placas. Un resultado es la formación de la cadena montañosa de los Andes, que bordea el lado occidental del continente suramericano desde el istmo de Panamá al norte hasta Patagonia en el sur. Además, por su peso más alto que el de la placa continental, la placa del fondo del Pacífico tiende a hundirse por debajo de la placa continental (este proceso se llama “subducción”), siguiendo su desplazamiento inclinado en el manto terrestre. Este último corresponde a una capa interna de nuestro planeta, conformada con rocas calientes y dúctiles con una composición química específica. Durante su bajada a decenas, y luego centenas de kilómetros de profundidad, la placa oceánica tiende a recalentarse en el ambiente más cálido del manto, y libera sus fluidos (principalmente agua), los cuales se mueven hacia arriba por su baja densidad. Sin embargo, a una profundidad del orden de 100-130 km, al encontrar rocas calientes del manto, esos fluidos logran provocar localmente una fusión parcial de las rocas del mismo. Los líquidos que resultan de este proceso son también más livianos que las rocas de su entorno, y con el tiempo (miles a decenas de miles de años) migran hacia arriba en el manto, y luego en la placa continental sobreyacente. Esos líquidos de alta temperatura (tipo 1000 °C) corresponden a mezclas de líquidos silicatos con fluidos disueltos (agua, CO₂, etc.),

que pueden reunirse para formar verdaderos reservorios de magma, de tamaño variable.

Al migrar verticalmente en la placa del continente suramericano, esos líquidos de silicatos encuentran un ambiente con presiones y temperaturas más bajas, y por ello empiezan a cristalizar, lo que genera cambios en la composición química y las propiedades físicas del magma ascendente. Luego, al llegar a profundidades someras (unos pocos kilómetros debajo de la superficie), los volátiles se separan del magma para formar burbujas con fuerte presión de gases, las cuales se agrupan en cascada hasta poder romper las rocas sobre-yacentes. Finalmente, los gases escapan a la superficie de la placa continental hacia la atmósfera, expulsando el magma fragmentado (bloques, lapilli, ceniza), o en flujos o domos de lava. Este evento corresponde a una erupción volcánica, que puede durar de horas a décadas. La repetición de erupciones en el mismo sitio da lugar a la acumulación de lavas y materiales fragmentados, y resulta después de decenas o centenas de miles de años en la construcción de edificios volcánicos de centenas de metros a dos o tres mil metros de relieve.

En Ecuador, existen aproximadamente ochenta centros volcánicos con una gran variedad de estructuras: conos pequeños aislados como en Puyo o Calpi, estrato-volcanes grandes con pendientes suaves (Mojanda) o fuertes (Cotopaxi); complejos de domos sin cráteres (cumbre de Cayambe), o cráteres amplios (Cuicocha, Quilotoa), grandes cuencas caldéricas (Chalupas, Chalpatán) etc. Los fenómenos eruptivos que acompañan las erupciones de los volcanes ecuatorianos son igualmente muy diversos: emisiones de gases (potencialmente tóxicos), proyección de grandes bloques balísticos, lluvias



El volcán Cotopaxi (agosto del 2016) constituye una amenaza significativa para sectores rurales y urbanos del valle interandino, especialmente para la ciudad de Latacunga, como se puede visualizar en esta foto.

de pómez y escoria (lapilli y ceniza), nubes ardientes, flujos y domos de lava, deslizamientos de flancos enteros de volcanes, flujos de lodo, etc. El tamaño de esos fenómenos hace que en general haya impactos importantes en la cercanía del volcán, y a veces a distancias importantes del centro eruptivo (kilómetros, decenas de kilómetros, hasta centenas de kilómetros en las erupciones más poderosas). Inevitablemente, si existen asentamientos humanos en las zonas de emplazamiento, sedimentación o remoción de los productos volcánicos, la situación puede volverse problemática o catastrófica para las comunidades impactadas. A continuación, se trata de algunos casos acaecidos en los últimos miles de años en la sierra ecuatoriana.

Una convivencia complicada entre comunidades y volcanes

Es probable que hace más de diez mil años, la colonización progresiva de la sierra ecuatoriana haya sido favorecida por la calidad de los suelos fértiles que se desarrollaron en el contexto volcánico y climático de la zona andina del país. Sin embargo, la convivencia de las comunidades humanas con los volcanes no fue tan simple, puesto que las repentinas

erupciones podían afectar muy significativamente el ambiente a corto o mediano plazo. Por ejemplo, se puede suponer que habitantes de la sierra ecuatoriana fueron testigos de la gran erupción del volcán Soche (actual provincia de Carchi), así como de las últimas erupciones del volcán Imbabura, en la actual provincia epónima del país. Probablemente observaron también, más al sur, las últimas manifestaciones eruptivas del Atacazo o del Chimborazo, y los eventos recurrentes del Pichincha, del Cotopaxi, o del Tungurahua. Hasta la fecha no se han encontrado evidencias de poblados impactados por esos eventos, algunos de los cuales si fueron poderosos. Por ejemplo, la presencia de artefactos asociados a las capas de caídas de pómez más recientes de los volcanes Cuicocha y Pululahua (tres y dos mil años) son elementos que sugieren la presencia de cazadores en esas regiones. Debido a la magnitud de esos eventos, se puede inferir que los asentamientos fueron destruidos y abandonados por la desolación provocada por las erupciones. No se sabe si hubo víctimas directas o indirectas (hambre, destrucción de hábitats, etc.), en relación con esos eventos eruptivos mayores. Estudios científicos recientes indican

que otro evento mayor ocurrió hace aproximadamente 1100 años antes de Cristo en el volcán Tungurahua. Una intrusión de magma al interior del volcán provocó el deslizamiento de todo el flanco oeste del edificio, liberando una nube volcánica dirigida, muy rápida y caliente, la cual destruyó todo alrededor del volcán. La presencia de fragmentos de vasija en los depósitos volcánicos y la características de esas cerámicas indican que existían varios asentamientos formativos en el sector (incluso en el sitio del actual Baños), y que el valle del Pastaza era ya una vía privilegiada de intercambio entre Sierra y Amazonia. Hasta la fecha, este es el desastre volcánico explosivo más antiguo identificado no solo en los Andes (“Pompeya Andina”), sino en todas las Américas.

En los siglos siguientes, otros eventos impactaron severamente las comunidades presentes en el Ecuador. Uno de estos fue la erupción del Sangay que parece haber desestabilizado las culturas que vivían en el valle del Upano (en la actual región de Macas) en los primeros siglos de nuestra era. Otro famoso evento fue la erupción del volcán Quilotoa acaecida en el siglo XII después de Cristo. La erupción fue tan violenta que dejó huellas químicas en los hielos polares. Además, cubrió una gran parte del actual territorio ecuatoriano con una capa de lapilli y ceniza, de treinta-cincuenta centímetros de espesor en la cercanía del volcán, pero también de dos a diez centímetros en localidades más alejadas como en las actuales Guayllabamba, Baeza, y Riobamba. Aunque las evidencias son escasas, es muy probable que esta erupción, por destruir la vegetación, los cultivos, los asentamientos etc., provocó migraciones notables, que posiblemente desembocaron en diversas reorganizaciones culturales y

sociales en la parte centro-occidental del actual territorio ecuatoriano. Más al Norte, en la sierra oriental, varios tuestos de cerámica preincaica han sido descubiertos en la planicie de Cayambe; allí, todo indica que fueron sepultados por flujos de lodo que bajaron del volcán epónimo.

Se sabe más de los eventos volcánicos que ocurrieron en la sierra a partir de la conquista española, dado que existen archivos históricos, de desigual precisión, pero siempre de gran valor para las investigaciones históricas y vulcanológicas. Por ejemplo, existen relatos escritos de caídas de ceniza y flujos de lodo cuando los conquistadores se acercaron a la zona interandina, y los estudios demuestran que el volcán Cotopaxi era la fuente de estos fenómenos. Otras erupciones causaron graves daños y, muy probablemente, temor, miedo, y tal vez pánico en los habitantes de ese entonces. Vale mencionar la erupción del Pichincha en 1660, cuya capa de pómez está todavía bien preservada en los flancos del volcán, las grandes erupciones del Cotopaxi en los años 1744, 1768, y 1877, así como las explosiones del Tungurahua en los años 1640, 1773, 1886, y 1918.

Convivencia moderna

Después de un periodo de calma relativa en el siglo XX, los volcanes recordaron su presencia y amenaza al país con las reactivaciones de los macizos Pichincha y Tungurahua en 1999, con la gran erupción del volcán El Reventador en el 2002, y luego con la reactivación del Cotopaxi en el 2015. Esos eventos volcánicos causaron problemas significativos en zonas rurales, con muerte de personas por nubes ardientes y flujos de lodo en el Tungurahua (2006, 2008), problemas de salud relacionados a inhalación o contacto prolongado

con ceniza volcánica (dificultades respiratorias, conjuntivitis, etc., principalmente en Tungurahua y Cotopaxi). La ceniza volcánica también afectó notablemente a las ciudades principales del país, Quito, Guayaquil y Riobamba. Las caídas de ceniza provocaron algunos colapsos de techos (El Reventador, 2002) cierre de aeropuertos y de escuelas (Quito, 1999, 2002; Guayaquil, 2006, 2014, etc.), destrucción parcial o completa de cultivos, contaminación de aguas y pastos, etc. A la final, esos eventos han constituido un freno temporal a muchas actividades económicas.

También, cabe resaltar que la convivencia de las comunidades rurales como urbanas con los volcanes activos ha cambiado bastante en las dos últimas décadas. Primero, existe una red operacional de monitoreo permanente de los volcanes, cuya calidad ha ido creciendo rápidamente. Segundo, el conocimiento del comportamiento de los volcanes del país ha mejorado mucho, gracias a los estudios llevados a cabo en programas de investigación con notable cooperación internacional. Por ejemplo, la cooperación que asocia desde 1994 el Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia con el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, entre otras contrapartes (la Escuela Politécnica del Litoral de Guayaquil, la Universidad Central de Quito etc.), que incluye desde el 2012 el Laboratorio Conjunto Internacional “*sismos y volcanes en los Andes del Norte*”, ha resultado en grandes avances en el conocimiento del volcanismo ecuatoriano. Se ha podido identificar nuevos edificios potencialmente peligrosos (Atacazo, Cayambe, Chachimiro, Chimborazo, Imbabura), y documentar las etapas cronológicas de inicio y crecimiento de muchos volcanes cuaternarios. También se ha logrado



El volcán Tungurahua es uno de los más activos del Ecuador. Su último período eruptivo duró de 1999 a 2016 (izquierda: actividad de noviembre del 2015). Más allá de la investigación y del monitoreo, programas de capacitación ayudaron a que las comunidades (aquí el grupo del Chonglontus) pudieran convivir más fácilmente con el coloso.

precisar las recurrencias de las erupciones en varios volcanes peligrosos (Tungurahua, Cotopaxi, Cayambe), que son datos muy necesarios para evaluar el riesgo volcánico. Por otro lado, se tiene un entendimiento mucho más detallado del origen y de la evolución de los magmas, cuya composición al momento de la erupción determina en gran parte el carácter más o menos peligroso de los eventos eruptivos. Estudios adicionales han permitido investigar la física de varios procesos volcánicos que pueden impactar severamente la sociedad ecuatoriana, como las nubes ardientes o las caídas de tefras (lapilli, ceniza etc.). Esos análisis involucran modelizaciones analógicas y numéricas en el laboratorio, e incluyen determinaciones de las magnitudes de las erupciones pasadas, que son otros datos fundamentales para estimar la amenaza volcánica. A eso se suman los trabajos específicamente desarrollados en periodos de crisis volcánicas, para fortalecer el monitoreo de los edificios activos y amenazantes. Por ende, varios proyectos de cooperación en ciencias humanas y sociales se han agregado durante

los últimos años, algunos con las autoridades del país, sobre la prevención y preparación de las comunidades ante fenómenos volcánicos, para mejorar la reacción y la resiliencia de las poblaciones durante y después de un evento eruptivo. Eso incluye, por ejemplo, el análisis psicológico de la percepción de los diferentes riesgos, la evaluación de los impactos económicos de las erupciones volcánicas, el estudio de las medidas preventivas de coordinación comunitaria en volcanes peligrosos, etc.

Con estos trabajos de investigaciones conjuntas se puede anticipar que poco a poco la amenaza volcánica, para la vida y la salud de las personas, debería disminuir con el tiempo, y eso es una excelente noticia. Asimismo, el incremento poblacional, la extensión de zonas habitadas y urbanas en zonas vulnerables, así como el desarrollo de infraestructuras importantes en sitios de amenazas volcánicas plantean nuevos desafíos para la adaptación de la comunidad ecuatoriana. En este contexto, los esfuerzos de investigación de los fenómenos volcánicos deben seguir siendo una tarea prioritaria de

los organismos encargados de la mitigación de los desastres naturales en el país, hasta que los volcanes sean vistos por la población solo como una fuente positiva de recursos naturales y estéticos.

Bibliografía consultada

- Guillaume-Gentil N. 2013. *Cinco mil años de historia al pie de los volcanes: implantación, población y cronología en Ecuador*. Ediciones Yabya Yala y Flasco, Quito, pp. 544.
- Johnson, J.B., Samaniego P., Hall M.L., Le Pennec J.-L., y Eissen J.-P. (Editores) 2008. Recent and active volcanism in the Ecuadorian Andes. *Journal of volcanology and Geothermal Research, special issue*, pp. 176-190.
- Le Pennec J.L., de Saulieu G., Samaniego P., Jaya D., Gailler L. 2013. A devastating Plinian eruption at Tungurahua volcano reveals Formative occupation at -1100 cal BC in Central Ecuador. *Radiocarbon* 55 (3-4), 1199-1214.
- Mothes P. (Editora) 1998. *Actividad Volcánica y Pueblos Precolombinos en el Ecuador*. Ediciones Yabya Yala, Quito, pp. 205.