

## **CAMBIOS EN LOS DINAMISMOS ERUPTIVOS DURANTE LAS ERUPCIONES DE LARGA DURACIÓN: EL CASO DE LAS ERUPCIONES DEL 2006 DEL VOLCÁN TUNGURAHUA (ECUADOR)**

Pablo Samaniego<sup>(1,2,3)</sup>, Hugo Yepes<sup>(2)</sup>, Patricio Ramón<sup>(2)</sup>, Minard L. Hall<sup>(2)</sup>, Patricia Mothes<sup>(2)</sup>, Jean-Luc Le Pennec<sup>(1,2)</sup>, Pablo Palacios<sup>(2)</sup>, Liliana Troncoso<sup>(2)</sup> & IG-EPN Staff

<sup>(1)</sup> *Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, CNRS, IRD, F-63038 Clermont-Ferrand, Francia*

<sup>(2)</sup> *Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN), Ap. 17-01-2759, Quito, Ecuador*

<sup>(3)</sup> *INGEMMET, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima 41, Perú*

### **INTRODUCCIÓN**

El seguimiento de los potenciales cambios en los dinamismos eruptivos que ocurren durante las erupciones de larga duración representa un gran reto para la vulcanología actual y constituye una etapa crucial del monitoreo volcánico y de la evaluación de la amenaza. En muchos volcanes, los períodos eruptivos son largos (del orden de varios años), tiempo durante el cual los volcanes presentan una actividad intermitente, sin llegar a experimentar erupciones explosivas importantes, como por ejemplo en el volcán Ubinas (Perú) que se reactivó en el 2006 y cuya actividad se extendió hasta el 2008 (Rivera et al., 2010). En otros casos, el tiempo entre el inicio de la erupción y el paroxismo eruptivo puede ser relativamente largo, del orden de meses o años. Este fue el caso del volcán Tungurahua (Ecuador) que se reactivó en 1999, y cuyo paroxismo se produjo 7 años después de iniciada la actividad eruptiva.

La población que vive bajo la amenaza volcánica en el caso de erupciones de larga duración tiende a acostumbrarse a las nuevas condiciones impuestas por el volcán, lo cual puede comprometer seriamente su capacidad de reacción ante los cambios en el tipo de actividad eruptiva. Por tal motivo, es primordial tener un mejor entendimiento de las causas por las cuales ciertos volcanes se mantienen con niveles de actividad bajo a moderadamente explosivos, mientras que otros sufren una evolución hacia una actividad altamente explosiva. Los estudios integrales (geofísica, petrología, cronología eruptiva) realizados en el volcán Tungurahua, permiten aportar ciertos elementos de respuesta a ésta interrogante.

### **ACTIVIDAD ERUPTIVA DEL TUNGURAHUA**

El Tungurahua (5023 msnm), uno de los volcanes más activos de los Andes Ecuatorianos, se encuentra ubicado en la Cordillera Oriental o Real, a pocos kilómetros de la ciudad de Baños. Durante el período histórico, este volcán ha presentado erupciones explosivas importantes ( $VEI \geq 3$ ), específicamente en los años 1533-1534, 1640-1641, 1773, 1886 y 1916-18; con una recurrencia eruptiva de al menos un evento explosivo importante por siglo (Hall et al., 1999; Le Pennec et al., 2008). Estas erupciones estuvieron caracterizadas por caídas regionales de tefra, la generación de flujos piroclásticos y flujos de lodo asociados, y eventualmente por la emisión de flujos de lava al final de cada período eruptivo.

En octubre de 1999, luego de 75 años de reposo, el Tungurahua inició un nuevo período eruptivo, el cual continúa hasta la actualidad (Septiembre 2010). Entre 1999 y 2005, la actividad volcánica se caracterizó por una explosividad baja a moderada, presentándose períodos de intensa actividad volcánica (Noviembre-Diciembre 1999, Agosto 2001, Septiembre 2002, Septiembre-Noviembre 2003, Mayo-Julio 2004), intercalados con períodos de calma (Fig. 1). Estas fases eruptivas estuvieron caracterizadas por una actividad de tipo estromboliana, frecuentes explosiones vulcanianas, y por la emisión de ceniza a escala local.

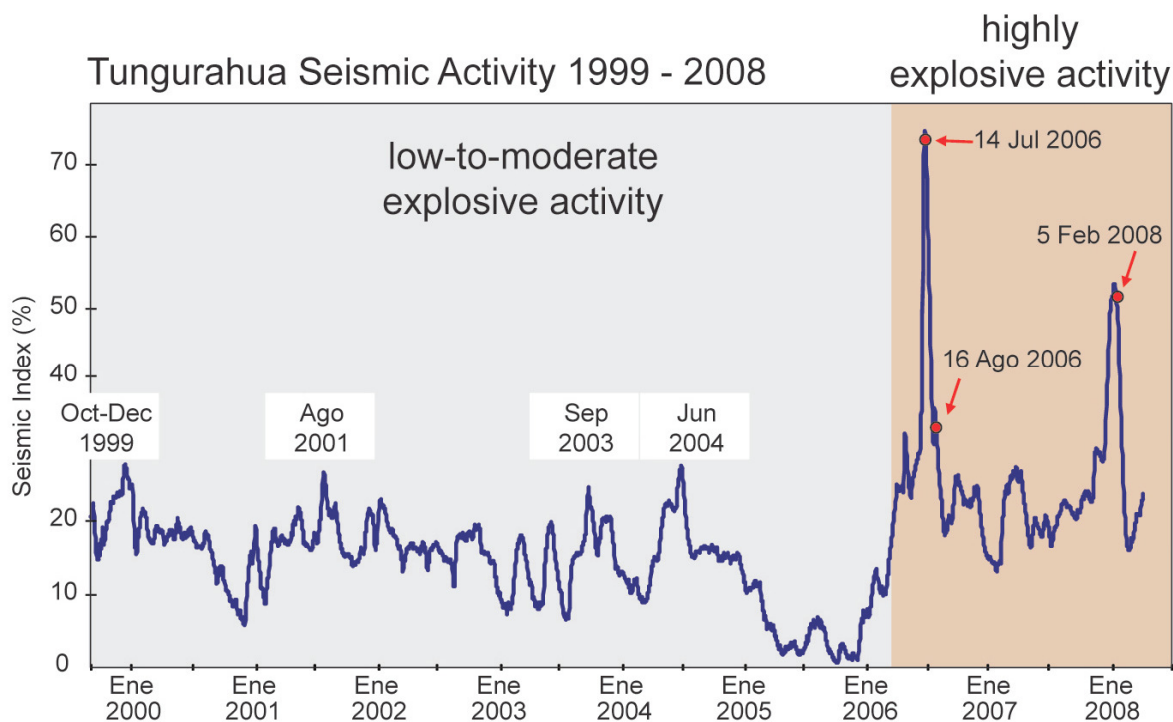


Fig. 1. Índice de la actividad sísmica del Tungurahua en el período 1999 – 2008. Nótese los diferentes picos de actividad que ocurrieron en los primeros años así como el incremento notable ocurrido en el 2006, y posteriormente en el año 2008.

A inicios de 2006, el volcán retomó su actividad luego de casi un año de muy poca actividad eruptiva. A partir de Abril 2006, la actividad mostró un incremento nunca antes visto desde el inicio de la erupción, culminando en dos erupciones altamente explosivas ocurridas el 14 Julio (VEI 2) y el 16 Agosto (VEI 3). Por primera vez desde el inicio del presente período eruptivo, el Tungurahua produjo erupciones explosivas suficientemente importantes que genero columnas de emisión de 14-20 km de altura, una distribución regional de ceniza en el Valle Interandino (al occidente del volcán), y por primera vez desde el inicio del presente periodo eruptivo, ocurrieron flujos piroclásticos que devastaron la mitad occidental del volcán (Fig. 2). Esta fase eruptiva terminó con la emisión de un flujo de lava que descendió por el flanco NW del cono, inmediatamente después de terminada la fase explosiva del 16 Agosto.

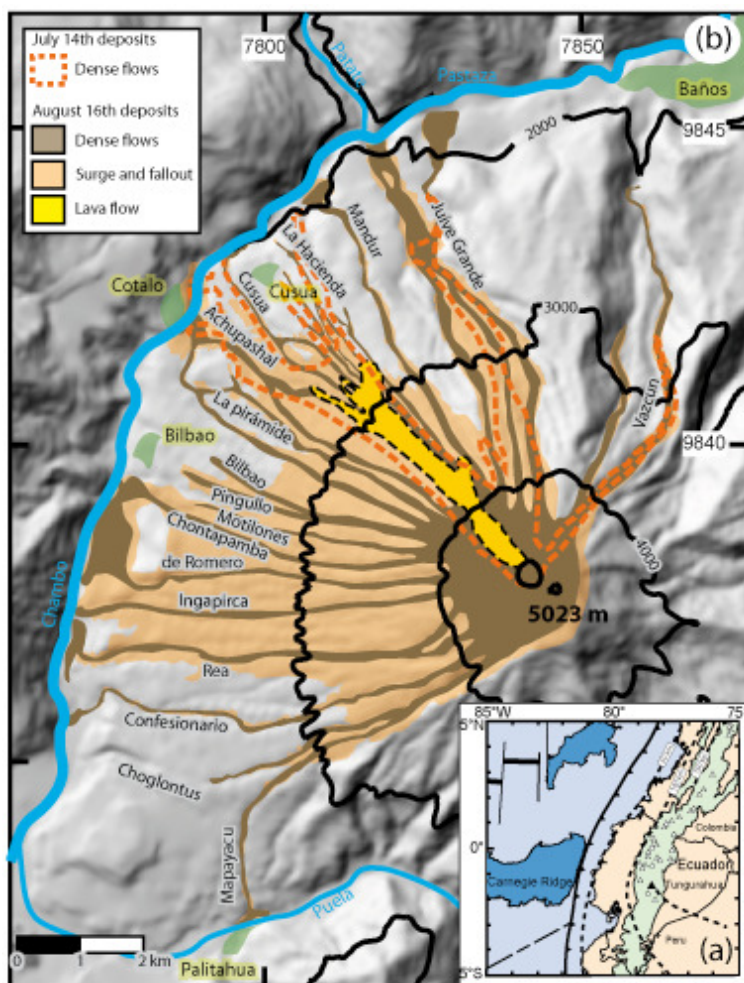


Fig. 2. (a) Marco geodinámico de los Andes ecuatorianos. (b) Modelo digital de elevación que muestra la distribución de los depósitos de las erupciones del 14 Julio y 16 Agosto 2006 (Modificado de Kelfoun et al., 2009).

## POSIBLES CAUSAS DEL CAMBIO DE DINAMISMO ERUPTIVO

La caracterización petrológica de los productos eruptivos, así como los datos geofísicos y las observaciones recopiladas durante las erupciones, permiten proponer un modelo para el sistema magmático de alimentación del Tungurahua. La homogeneidad geoquímica de los productos eruptivos del Tungurahua desde el inicio del presente período de actividad sugiere la existencia de un reservorio andesítico homogéneo. La actividad eruptiva intermitente presentada por el volcán en el período comprendido entre 1999 y 2005 refleja una situación "estacionaria" entre la alimentación profunda y el ascenso entre el reservorio y la superficie. El incremento notable en la magnitud, volumen y explosividad de las erupciones del Tungurahua en el periodo 1999-2005 con relación a las erupciones del 2006, implican un incremento en la tasa de ascensión del magma. Durante el período 1999-2005, la tasa de ascensión fue baja permitiendo un proceso de degasificación eficiente (Arellano et al., 2008) y por lo tanto una explosividad baja a moderada. Por el contrario, durante las erupciones del 2006, la tasa de ascenso fue notablemente superior, permitiendo

que el magma llegue a la parte superior del conducto volcánico cargado en gases y por lo tanto produciendo erupciones altamente explosivas entre Julio y Agosto de 2006.

Sin embargo, ¿cuál es la causa para este cambio en la tasa de ascensión del magma?. La sismicidad "profunda" (10-20 km bajo la cumbre) detectada en el Tungurahua a inicios de abril de 2006, que precedió al cambio en los patrones de deformación y de degasificación del volcán; así como la presencia de bordes de reacción y pequeños sobrecrecimientos (20-80  $\mu\text{m}$ , Fig. 3) de composición máfica en diferentes minerales (plagioclasa y clinopiroxeno), sugieren que un magma primitivo llegó al reservorio poco tiempo antes de las erupciones. La llegada de este nuevo magma algunos semanas o meses antes de las erupciones debió alterar el equilibrio existente en el reservorio, provocando un proceso de convección en el mismo, con la consecuente homogenización del reservorio, y un incremento en la sobrepresión, que culminó con las erupciones paroxismales del 14 Julio y 16 Agosto de 2006.

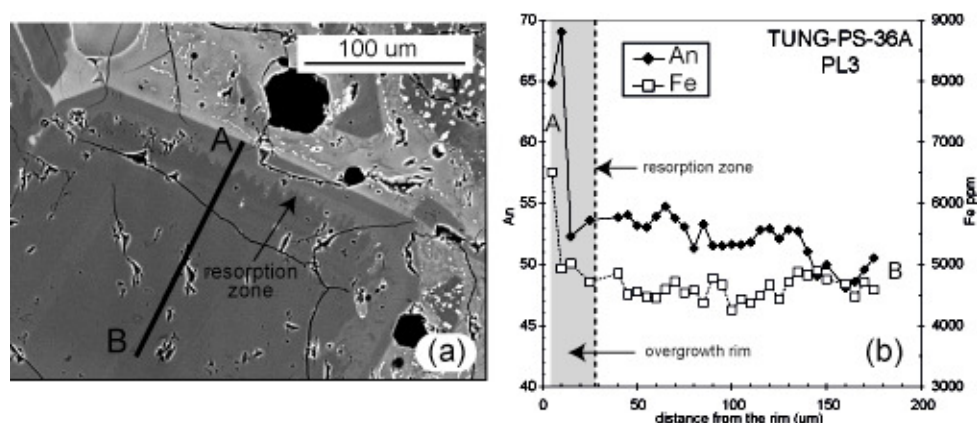


Fig. 3. (a) Imagen BSE (Back-scattered electrons) de un fenocristal de plagioclasa mostrando una zona de reabsorción y un sobrecrecimiento. (b) Diagrama An vs. Distancia desde el borde para el fenocristal precedente.

El caso de las erupciones explosivas del Tungurahua durante el año 2006 refleja la importancia de conocer la cronología eruptiva en forma detallada, así como de monitorear de forma permanente los volcanes activos y en erupción, con el fin de identificar los posibles cambios en sus dinámicos eruptivos.

## REFERENCIAS

- Arellano, S., Hall, M.L., Samaniego, P., Le Pennec, J.L., Ruiz, G., Molina, I., Yepes, H., 2008. Degassing patterns of Tungurahua volcano, Ecuador, during the 1999-2006 eruptive period deduced from spectroscopic remote measurements of  $\text{SO}_2$  emissions. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 176, 151-162.
- Hall, M.L., Robin, C., Beate, B., Mothes, P., Monzier, M., 1999. Tungurahua Volcano, Ecuador: structure, eruptive history and hazards. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 91, 1-21.

*Kelfoun, K., Samaniego, P., Palacios, P., Barba, D., 2009. Testing the suitability of frictional behaviour for pyroclastic flow simulation by comparison with a well-constrained eruption at Tungurahua volcano (Ecuador). Bull. Volcanol. 71, 1057-1075. doi 10.1007/s00445-009-0286-6.*

*Le Pennec, J.L., Jaya, D., Samaniego, P., Ramón, P., Moreno Yáñez, S., Egred, J., van der Plicht, J., 2008. The AD 1300–1700 eruptive periods at Tungurahua volcano, Ecuador, revealed by historical narratives, stratigraphy and radiocarbon dating. J. Volcanol. Geotherm. Res. 176, 70-81.*

*Rivera, M., Thouret, J.C., Mariño, J., Berolatti, R., Fuentes, J., 2010. Characteristics and management of the 2006-2008 volcanic crisis at the Ubinas volcano (Peru). J. Volcanol. Geotherm. Res. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2010.07.020*