



El tremor volcánico como indicador de actividad volcánica en los volcanes Ubinas y Sabancaya

Rosa Ancasi¹, Mayra Ortega¹, Roger Machacca¹, Ivonne Lazarte¹, Pablo Masias¹, Beto Ccallata¹

¹ Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, OVI – <http://ovi.ingemmet.gob.pe/> (autonomodgar06@ingemmet.gob.pe)

RESUMEN

La actividad Tremorica ha estado presente antes y durante los procesos eruptivos en el volcán Ubinas (2013-2017) y volcán Sabancaya (2016-actualidad). Se ha observado que la variación en el contenido espectral de los Tremores espasmódicos tendría una relación inversa con el nivel de actividad en dichos volcanes. Esto podría sugerir cambios en la presión interna y propiedades de fluidos a nivel superficial, e incluso la relación con sistemas abiertos y cerrados.

PALABRAS CLAVE: actividad volcánica, sismicidad, emisiones, tremor volcánico.

1. INTRODUCCIÓN

El volcán Ubinas está localizado en el departamento de Moquegua, a ~70 km al Este de la ciudad de Arequipa (Figura 1). Después de 4 años de calma, a fines del 2013 el volcán Ubinas empezó un nuevo proceso eruptivo, el cual duro hasta inicios del 2017, siendo el 2014 el año de mayor actividad. El volcán Sabancaya, se encuentra localizado en el sur del Perú, región de Arequipa y provincia de Caylloma (Figura 1). Ha tenido por lo menos 3 erupciones durante la época histórica, en los años 1750, 1784 d.C. y la última entre 1987 y 1998, clasificándose a esta erupción como tipo Vulcaniana (Thouret et al., 1994). En noviembre del 2016 se inicia un nuevo proceso eruptivo, el cual continúa hasta la actualidad.



Figura 1. Mapa de ubicación de los volcanes Ubinas y Sabancaya dentro de la Zona Volcánica Central (CVZ) de los Andes.

2. RED SÍSMICA

El Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), realiza un monitoreo interdisciplinario continuo (sísmico, geodésico, geoquímico y visual) del volcán Ubinas, Sabancaya, Misti y Ticsani. Durante el 2013 y 2017, la red sísmica del volcán Ubinas estuvo conformada por 11 estaciones sísmicas (UBN01 UBN02, UBN03, UBN04, UBN05, UBN06, UBN07, UBN08, UBN09, UBN10 y UBN11). Entre el 2016 y 2018, el volcán Sabancaya estuvo conformada por 08 estaciones sísmicas (SAB07, SAB10, SAB11, SAB12, SAB13, SAB14, SAB15 y SAB16). Todas las estaciones antes mencionadas contaron con sismómetros de banda ancha Guralp-6TD.

3. ACTIVIDAD TREMORICA EN EL VOLCÁN UBINAS Y SABANCAYA

El Tremor volcánico, es caracterizado por la llegada de formas de onda de manera persistente o sostenida en el tiempo. Estos sismos consisten en

vibraciones duraderas y asociadas con el efecto resonante en cavidades (Chouet, 1988; Konstantinou and Schlindwein, 2002), flujo de fluidos (Rust et al., 2008), o desgasificación (Lesage et al., 2006). La figura 2, muestra ejemplos de sismos TRE para el volcán Ubinas y Sabancaya.

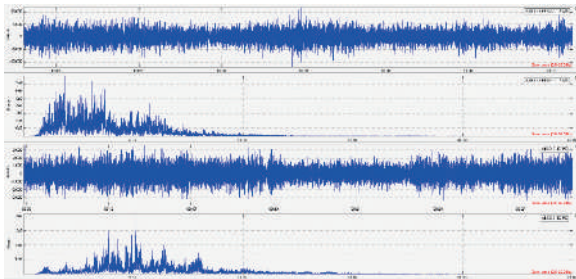


Figura 2. Forma de onda y espectro de frecuencias de Tremor espasmódico (TRE) en el volcán Ubinas (superior) y Sabancaya (inferior).

3.1. VOLCÁN UBINAS

Episodios de Tremor espasmódico (TRE) se han observado en el volcán Ubinas antes y durante el último proceso eruptivo (2013-2017). A continuación, se muestra algunos periodos dentro de los cuales las frecuencias dominantes (F_c) cambiaron y coincidieron con el nivel de actividad del volcán:

El **1er periodo** comprende entre febrero y septiembre del 2014, aquí se presentan las F_c de TRE más bajas de todo el proceso eruptivo entre

0.1-3 Hz (rojo), algunas entre 3.1-5 Hz (naranja) las cuales tuvieron considerables amplitudes (> 100000 cuentas), se presentaron múltiples y energéticas explosiones, así como emisiones considerables de ceniza. Siendo este periodo considerado el de más alta actividad volcánica (Figura 3). Cabe mencionar que las F_c altas de TRE registradas entre octubre del 2014 y enero del 2015, no fueron consideradas para el análisis del presente trabajo debido a que, durante tal periodo se utilizó la estación UBN10, la cual se encontraba en una zona con ruido sísmico.

El **2do periodo** corresponde entre abril y noviembre del 2015, el cual muestra TRE con F_c que varían principalmente entre 3.1-5 Hz y amplitudes < 100000 cuentas, en este periodo se observa una menor cantidad y energías de las explosiones, aun se continúa emitiendo ceniza, los cuales muestran menores alturas. Este periodo se considera como moderado respecto al periodo anterior (Figura 3).

El **3er periodo** comprende septiembre del 2016 y febrero del 2017. Durante este periodo los TRE registrados se encuentran principalmente entre 5.1 y 10 Hz (amarillo) y amplitudes < 100000 cuentas, tanto la cantidad y energías de las explosiones son bajas. En cuanto a las emisiones, se observa menores emisiones de ceniza y mayores emisiones de gases y vapor de agua. Este periodo indicaría ser el más bajo del proceso eruptivo (Figura 3).

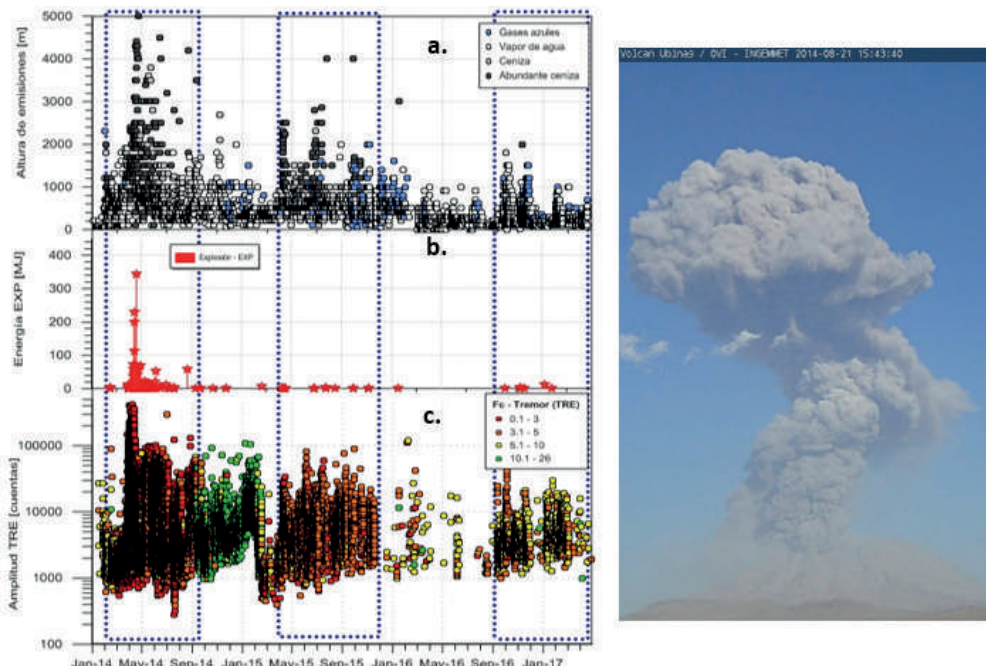


Figura 3. Izquierda: a. emisiones, b. energía de explosiones, c. Frecuencia dominante y amplitud TRE. Derecha: Explosión registrada el 21/08/2014 en el volcán Ubinas.

3.2. VOLCÁN SABANCAYA

El volcán Sabancaya ha presentado actividad tipo TRE desde antes del inicio del proceso eruptivo (noviembre del 2016). Según el análisis en el cambio de las frecuencias dominantes de los sismos tipo Tremor, se ha observado los siguientes periodos:

El **1er periodo**, comprende entre junio y octubre del 2016, se observan Fc altas entre 5.2 - 19Hz (color verde), ausencia de explosiones y emisiones de gases volcánicos. (Figura 4).

El **2do periodo**, corresponde noviembre del 2016 y junio 2017, este periodo representa fundamentalmente el inicio del proceso eruptivo. La Fc de los TRE es bajas entre 0.3-1.6 Hz (color rojo) y amplitudes son < 10000 en su mayoría. Las explosiones muestran cantidades y energías considerables (hasta 80 EXP/día). Las emisiones indican abundante ceniza volcánica. Este periodo corres-

pondería a uno de los más altos del proceso eruptivo (Figura 4).

El **3er periodo** abarca julio y diciembre del 2017, en este periodo se observa la transición de Fc entre 1.7-5.2 Hz (color amarillo) sobre Fc entre 0.3-1.6 Hz (color rojo), las amplitudes de los TRE se mantienen similares a las del periodo anterior. Se registran una mayor cantidad, pero menor energía diaria de explosiones. Aun se continúan registrando gran cantidad de ceniza, registrándose un poco más de 5km (Figura 4).

El **4to periodo** muestra en su mayoría que los Fc de TRE aumentan, se registran mayormente entre 1.7 – 5.2 Hz (amarillo) y pocos de 0.3 y 1.6 Hz (rojo), se observa una disminución considerable de la cantidad y energía de las explosiones. Las emisiones de ceniza volcánica disminuyen en ocurrencia y altura, por el contrario, se registra un aumento de gases volcánicos (ejemplo, vapor de agua (Figura 4).

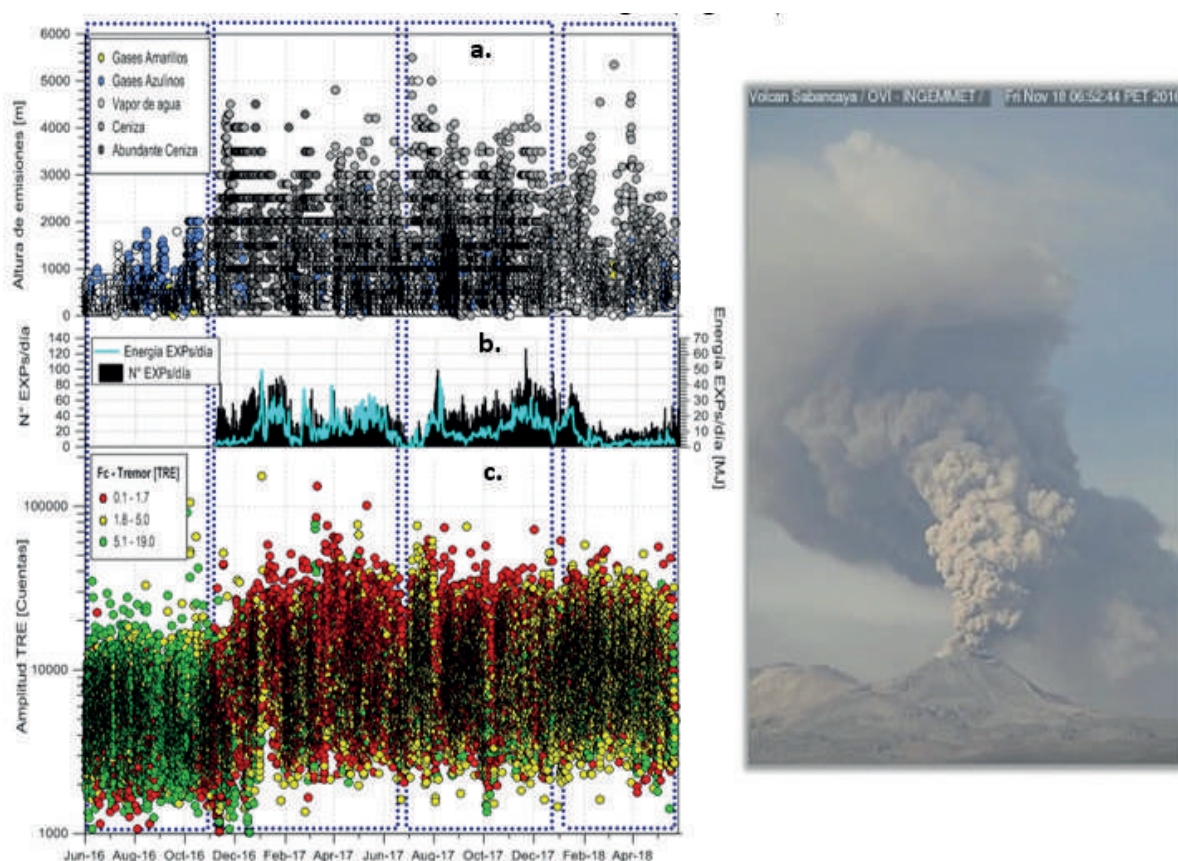


Figura 4. Izquierda: a. emisiones, b. energía de explosiones, c. Frecuencia dominante y amplitud TRE. amplitud TRE. Derecha: Explosión registrada el 18/11/2016 en el volcán Sabancaya.

4. DISCUSIÓN

Más de 75 años después de que el Tremor volcánico fue mencionado por primera vez, el origen y la aplicación de estas señales todavía están abiertas para la discusión. Sin embargo, se indica que las vibraciones inducidas por el flujo de un fluido juegan un papel importante en la sismicidad de un volcán, a medida que las características de la señal muestran patrones y regularidades interesantes, el Tremor volcánico ofrece poderosas posibilidades en la comprensión de los procesos dinámicos asociados con erupciones volcánicas y procesos relacionados (Schick, R. 1988). Muchos autores han sugerido y atacado un análisis en línea del tremor como método para el monitoreo rápido del volcán (Wada et al., 1970; Hurst, 1985; Endo y Murray, 1987).

Lo observado anteriormente en el volcán Ubinas y volcán Sabancaya, nos indica una relación inversa de la variación en el contenido espectral de los Tremores espasmódicos con el nivel de actividad en dichos volcanes. El cambio de las frecuencias en los TRE puede sugerir cambios en la presión interna y propiedades de fluidos a nivel superficial (Martinelli B, 1989). Otros autores indican una relación de sistemas abiertos y cerrados y la relación con las frecuencias observadas en los TRE. (Ortiz, et al, 2003).

5. CONCLUSIONES

- Los volcanes Ubinas y Sabancaya, han registrado episodios de Tremor espasmódico antes y durante sus últimos procesos eruptivos.
- Se ha observado una relación inversa del pico de frecuencias de TRE respecto al nivel de actividad en los volcanes Ubinas y Sabancaya. A menores frecuencias altos niveles de actividad, por el contrario, a mayores frecuencias bajos o moderados niveles de actividad
- El seguimiento de los TRE sugieren un método para un monitoreo rápido de volcanes en procesos eruptivos, como el del volcán Ubinas (2013-2017) y volcán Sabancaya (2016 – actualidad).

6. REFERENCIAS

Chouet, B.A., 1988. Resonance of a fluid-driven crack: radiation properties and implications for the source of long-period events and harmonic tremor. *J. Geophys. Res.* 93, 4375-4400.

Endo, T. E. and Murray, T.: 1987, Real time seismic amplitude measurements, RSAM: a volcanic monitoring tool, *EOS, Trans. Am. Geophys. Union* 68, 1550.

Hurst, A. W.: 1985, A volcanic tremor monitoring system, *J. Volc. Geoth. Res.* 26, 181-187.

Konstantinou, K.I., 2002. Deterministic nonlinear source processes of volcanic tremor signals accompanying the 1996 Vatnajökull eruption, central Iceland. *Geophys. J. Int.* 148, 664-667.

Lesage, P., Mora, M.M., Alvarado, G.E., Pacheco, J., Métaixian, J., 2006. Complex behavior and source model of the tremor at Arenal volcano, Costa Rica. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 157, 49-59.

Martinelli, B. 1989. Analysis of seismic patterns observed at Nevado del Ruiz volcano, Colombia during August-September 1985. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 41 (1990) 297-314.

Ortiz, R., Moreno, H., García, A., Fuentealba, G., Astiz, M., Peña, P., Sánchez, N., Tárraga, M. 2003. Villarrica volcano (Chile): characteristics of the volcanic tremor and forecasting of small explosions by means of a material failure method. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 128 (2003) 247-259

Rust, A., N. Balmforth, and S. Mandre (2008), The feasibility of generating low-frequency volcano seismicity by flow through a deformable channel, in *Fluid Motions in Volcanic Conduits: A Source of Seismic and Acoustic Signals*, edited by S. J. Lane and J. S. Gilbert, *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 307, 45-56, doi:10.1144/SP307.4.

Schick, R. 1988. Volcanic Tremor-Source Mechanisms and Correlation with Eruptive Activity. *Natural Hazard* 1 (1988) 125-144.

Wada, T., Kamo, K., and Sudo, Y.: 1970, Measurements of kinetic energy of volcanic microtremors, *Special Contr. Geophys. Inst. Kyoto Univ.* 10, 149-158.

Thouret, J.-C., Guillaude, R., Huamán, D., Gourgaud, A., Salas, G. & Chorowicz, J. 1994. L'activité actuelle du Nevado Sabancaya (Sud Pérou): reconnaissance géologique et satellitaire, évaluation et cartographie des menaces volcaniques. *Bulletin Société Géologique de France*, 165(1): 49-63.