

Silencios sísmicos en la señal de tremor volcánico, como precursores inmediatos de explosiones durante octubre de 2014 en el volcán Copahue, Chile.

Sergio Morales*, Luis Franco, Alberto Valderrama, Cristian Cartes.
SERNAGEOMIN, Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS), RNVV, Chile

*email: sergio.morales@sernageomin.cl

Resumen. El volcán Copahue (COPV) (37.856°S, 71.183°W), debido a su emplazamiento sobre un extenso sistema hidrotermal [1], el cual ha modulado su actividad reciente desde 2012 a la fecha, presenta diversas formas de actividad sísmica y eruptiva, desde pequeñas emisiones freáticas y freato-magmáticas, a débiles episodios aislados de actividad estromboliana y formación de lagunas ácidas en su cráter principal (El Agrio). En este trabajo en particular revisaremos episodios llamados “silencios sísmicos”, los cuales se presentaron previos a actividad explosiva ocurrida en octubre de 2014, donde fue posible observar en los registros sísmicos, caídas abruptas en la energía del tremor volcánico continuo del volcán, minutos antes de la ocurrencia de eventos explosivos superficiales aislados, así como también fue posible visualizar estas explosiones en cámaras de vigilancias instaladas en la zona. El despliegue de equipos de monitoreo en tiempo real es realizado por el OVDAS, organismo que, desde el año 2012, posee una red de monitoreo en tiempo real para el COPV, compuesta por sensores sismológicos, cámaras web, equipos de infrasonido, sensores GPS, entre otros (Figura 1). La actividad reciente del volcán Copahue es un buen ejemplo de la compleja evolución temporal de la interacción entre sistemas magmáticos e hidrotermales, así como los silencios sísmicos pueden ser utilizados como premonitores de actividad explosiva de mayor energía asociada al sistema volcánico superficial.

Palabras claves: Copahue, silencios sísmicos, explosiones, tremor volcánico.

1. Introducción

El COPV se ubica en la frontera Chilena-Argentina, en la región del Biobío, a 500 km al sur de la ciudad de Santiago, Chile. Corresponde a un estratovolcán principalmente andesítico que posee una decena de cráteres, concentrándose la actividad reciente en el cráter El Agrio, que presenta actividad fumarólica permanente y un lago ácido en su interior [2]. El periodo de actividad de 2014 se enmarcó dentro de las últimas alzas importantes de los niveles de actividad sísmica y superficial del volcán. Luego de la erupción principal ocurrida en diciembre de 2012, el macizo experimentó diversas etapas eruptivas,

evidenciando múltiples expresiones sísmicas (eventos volcanotectónicos, de largo periodo, tremor volcánico, entre otros) y superficiales (explosiones con material particulado asociado, emisión de vapor de agua, “spatters” de material incandescente, entre otros). En la etapa a considerar de este trabajo, se observa que luego de un periodo de 5 meses de actividad inflacionaria registrada por sensores de GPS (Figura 2), acompañada por un periodo de aumento relativo de la amplitud promedio de la señal sísmica (evidenciada por el RSAM y el Desplazamiento reducido DR) (Figura 3), se comenzaron a registrar estos episodios de “silencios sísmicos” en la señal de tremor, los cuales se caracterizaron por mostrar descensos abruptos, registrados justo minutos hasta el momento de la ocurrencia de explosiones superficiales aisladas (Figura 4).

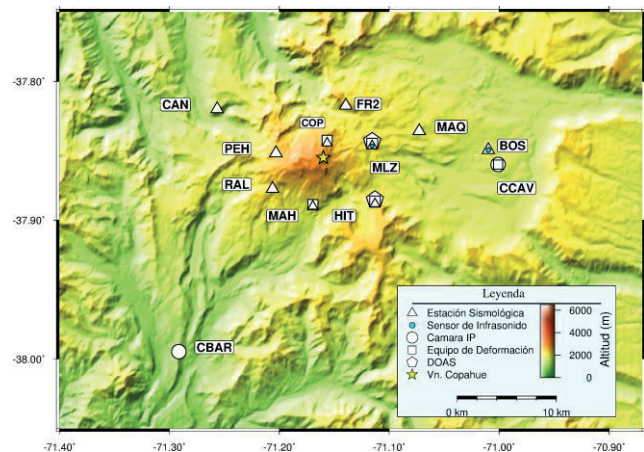


Figura 1 - Red de monitoreo OVDAS, Volcán Copahue.

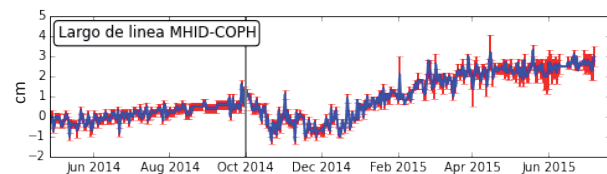


Figura 2 - Régimen inflacionario (tendencia al aumento del largo de línea) registrado en la línea de GPS MAH-COP, con una tasa de deformación de 2,56 cm/año, previo a los episodios

de silencios sísmicos en octubre 2014, nótese el cambio en el acortamiento de la línea GPS desde esta fecha línea gris)

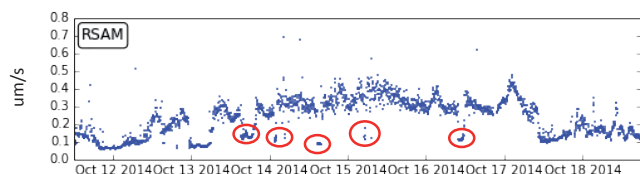


Figura 3 - RSAM de estación COP, los óvalos rojos representan los episodios de silencios sísmicos, que se ven reflejados como descensos abruptos en los parámetros de RSAM y DR.

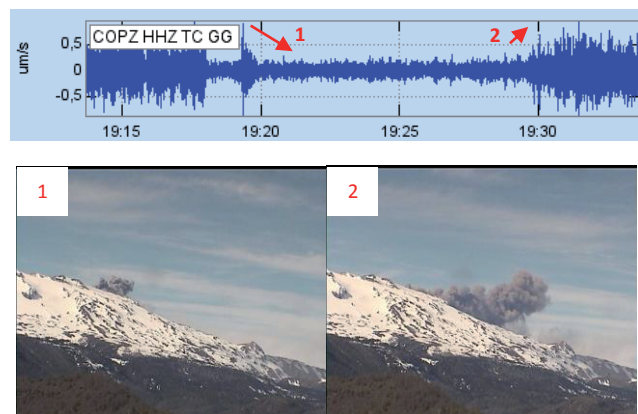


Figura 4 – Arriba: Ejemplo de silencio sísmico de 10 minutos en la estación COPZ, reflejando un descenso notorio (1) de la amplitud de la señal sísmica previo a actividad explosiva desde el cráter (2). Abajo: Actividad antes (1) y después (2) del silencio sísmico registrado.

2. Antecedentes y observaciones

El registro de “silencios sísmicos” previo a explosiones superficiales en volcanes activos puede deberse por ejemplo: **a)** Un descenso marcado de la cantidad de eventos discretos, como desaparición temporal de eventos volcano-tectónicos (VT) [2], así como también **b)** Descenso en la amplitud de la señal de tremor continuo (pudiendo asociarse también a cambios frecuenciales intespestivos) [3]. Este fenómeno se asocia principalmente a aumentos de presión en el conducto volcánico debido a bloqueos temporales que no logran consolidarse y son superados rápidamente por la presión del material magmático, ya sean cenizas, aerosoles, gases o magma fluido; liberándose en forma de explosiones localizadas temporalmente y principalmente ocurridas en los cráteres principales de volcanes. En el caso del COPV, aunque se registran explosiones y emisiones discretas desde el cráter El Agrio desde el 2012 inclusive, estos particulares “silencios sísmicos” se registraron sólo en la parte de descenso en la actividad del volcán, pudiendo reflejar una etapa de menor energía interna del mismo, lo que pudiera inferir bloqueos temporales del cráter. El hecho de que coincida la discontinuidad en el proceso inflacionario de la

zona del volcán reflejado en el alargamiento y posterior quiebre de esta tendencia en la línea GPS (figura 2), también llama la atención, y esto pudiera sugerir cambios en los procesos internos que ocurrían en el volcán, que permitirían pasar de un proceso inflacionario constante, a una etapa de deflación asociada a relajación del sistema.

Son seis (6) los episodios principales de silencios sísmicos que identificados durante el mes de octubre (Tabla 1 y Figura 5), y en los más destacados, se logró registrar este “silencio” en múltiples estaciones sismológicas de monitoreo. Se puede observar que no existe una clara relación entre la duración del silencio sísmico y la altura de columna alcanzada por la explosión generada en el cráter principal, lo que pudiera significar que estos silencios sísmicos son parte de un proceso macro, y no son necesariamente significantes en cuanto su duración o amplitud para la energía que logran alcanzar las explosiones.

3. Discusión

Este ciclo de aumento de sobrepresión y liberación superficial de material desde el cráter principal del COPV, sólo se logró apreciar en la etapa final del largo proceso que ha significado más de tres años del proceso eruptivo. Por un lado, es posible que el sistema hidrotermal ya haya sido abatido en este sector, y esto influyera en la forma que la actividad sísmica y superficial se comporta; por otro lado, puede que el magma ya no presentara la suficiente volatilidad para sostener actividad de desgasificación constante, y debido a esto el material depositado en la parte superficial del edificio volcánico ya puede generar bloqueos temporales del conducto de salida, produciendo estos silencios temporales y equilibrios de presión que permiten estos minutos de calma previos a las explosiones, las cuales permitirían utilizarlos como herramientas premonitorias, claro que con muy poco tiempo de acción, a actividad superficial mayor. La razón de amplitudes pre-sin-post explosión en cada estación, junto con el estudio de los cambios frecuenciales que pudieran ocurrir en la señal de tremor volcánico, también nos darán indicios de cambios en el tipo de actividad que pudiera estar ocurriendo en el volcán. Por último, trabajos futuros involucrarían otras herramientas sismológicas de análisis de series temporales de cambios, como lo son el radio espectral, también pueden aportar a conocer cambios en la fuente de la actividad sísmica previa a explosiones.

Agradecimientos

Especiales agradecimientos al grupo de sismología del Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur OVDAS, encabezados por don Fernando Gil-Cruz, Carlos Cardona y Daniel Basualto, por su soporte y cooperación en tareas de

identificar los puntos críticos por donde enfocar este trabajo de caracterización.

Por otro lado, a mis colegas sismólogos, y en especial al grupo de analistas del OVDAS, ya que sin su trabajo permanente, las labores de monitoreo e investigación, para nosotros serían muy difícil de sobrellevar.

Referencias

[1] Agosto, M., Caselli, A., Tassi, F., Dos Santos Afonso, M., & Vaselli, O. (2012). Seguimiento geoquímico de las aguas ácidas del sistema volcán Copahue-Río Agrio: Posible aplicación para la identificación de precursores eruptivos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 69(4), 481-495.

Ficha del volcán Copahue, *Servicio Nacional de Geología y Minería*, <http://www.sernageomin.cl/archivos/Volcanes/20121223021235490FichaVnCopahue.docx>- Consultado el 25 de junio de 2015.

[3] Rodgers, M., Roman, D. C., Geirsson, H., La Femina, P. C., Muñoz, A., & Tenorio, V. (2013, December). Short-term seismic quiescence immediately preceding explosions during the 2011 eruption of Telica Volcano, Nicaragua. *In AGU Fall Meeting Abstracts (Vol. 1, p. 2720)*.

[4] Hotovec, A. J., Prejean, S. G., Vidale, J. E., & Gomberg, J. (2013). Strongly gliding harmonic tremor during the 2009 eruption of Redoubt Volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 259, 89-99.

Tabla 1 - Silencios sísmicos estudiados (datos de la estación COP)

N	Fecha	Duración del silencio	Amplitud pre – sin – post silencio			Altura columna explosión
1	2014/10/14 01:24:00	44 min	2.2 um/s	0.7 um/s	2.5 um/s	430 m
2	2014/10/14 14:40:00	68 min	3.4 um/s	0.5 um/s	3.7 um/s	170 m
3	2014/10/15 07:04:00	8 min	5.3 um/s	0.8 um/s	4.4 um/s	150 m
4	2014/10/16 09:50:00	117 min	3.5 um/s	1.0 um/s	3.8 um/s	370 m
5	2014/10/15 05:00:00	25 min	3.3 um/s	0.8 um/s	3.7 um/s	390 m
6	2014/10/12 19:18:00	10 min	1.7 um/s	0.5 um/s	1.7 um/s	260 m

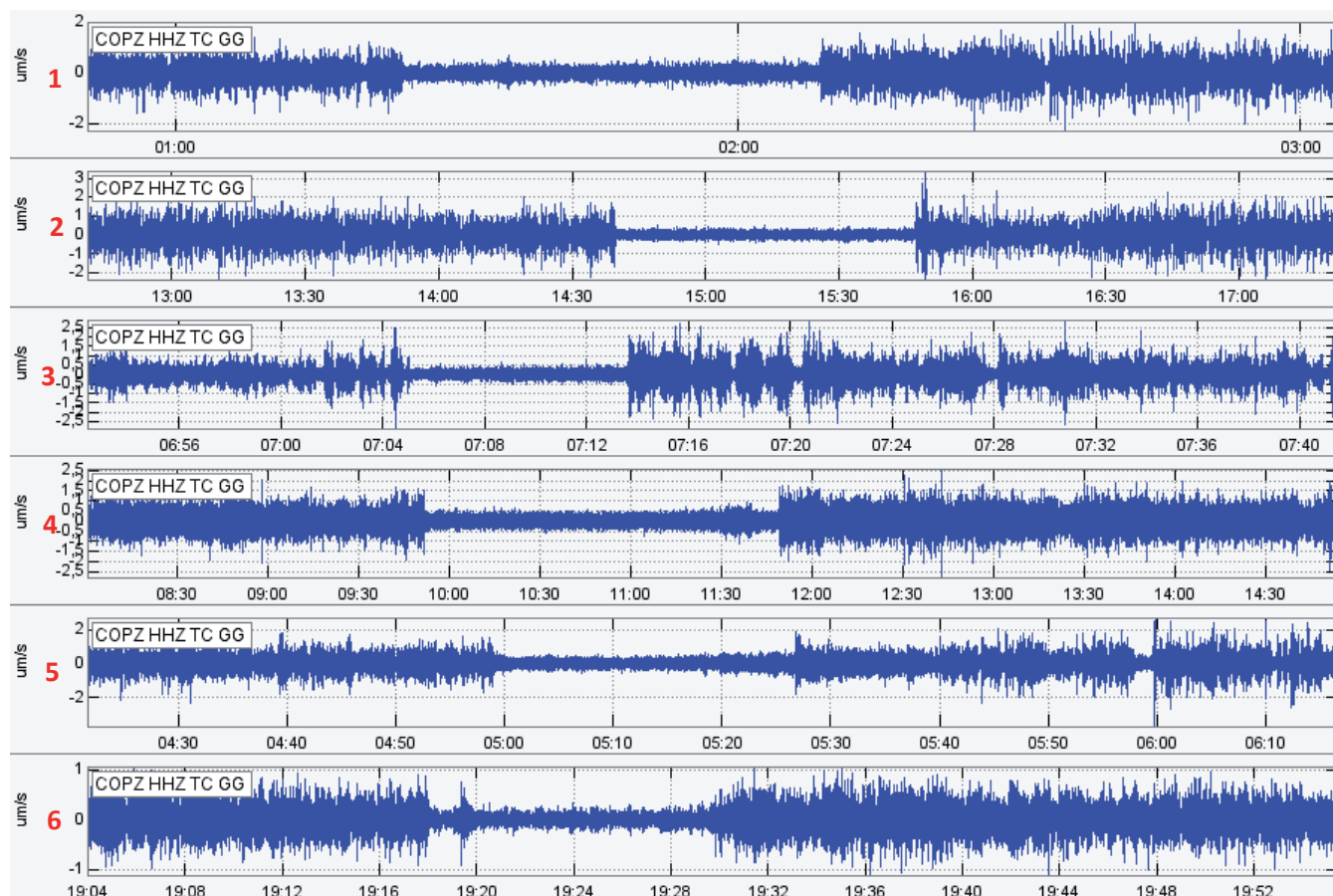


Figura 5 - Formas de onda en la estación COP de los silencios sísmicos