



# Actividad sísmica precursora de las fases eruptivas de junio y julio de 2020 del volcán Copahue

Marcia HANTUSCH<sup>1,2</sup>, Ivan MELCHOR<sup>1,2</sup>, Alberto CASELLI<sup>1,2</sup>, Sara Maria PEREIRA DA SILVA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Río Negro. Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología, Río Negro.

<sup>2</sup> CONICET, Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología. Río Negro.

Emails: mhantusch@unrn.edu.ar, ifmelchor@unrn.edu.ar, atcaselli@unrn.edu.ar, smpereira@unrn.edu.ar

Editor: María Paula Iglesia Llanos

Recibido: 18 de agosto de 2020

Aceptado: 25 de noviembre de 2020

## RESUMEN

Este trabajo muestra cómo el seguimiento de las variaciones del nivel de energía del ruido sísmico entre 0.5-10Hz permite detectar un aumento del nivel de energía del ruido sísmico en torno a 10 dB, ~25 y ~24 horas antes de las fases eruptivas de junio y julio de 2020 respectivamente.

**Palabras clave:** Volcán Copahue, ruido sísmico, tremor..

## ABSTRACT

*Precursory seismic activity to the Copahue volcano eruptions of June and July 2020.*

This work shows how tracking variations of seismic noise energy level between 0.5-10Hz allows to detect an increase in the seismic noise energy level of 10 dB, ~25 y ~24 hours prior to the eruptive phases of June and July 2020, respectively.

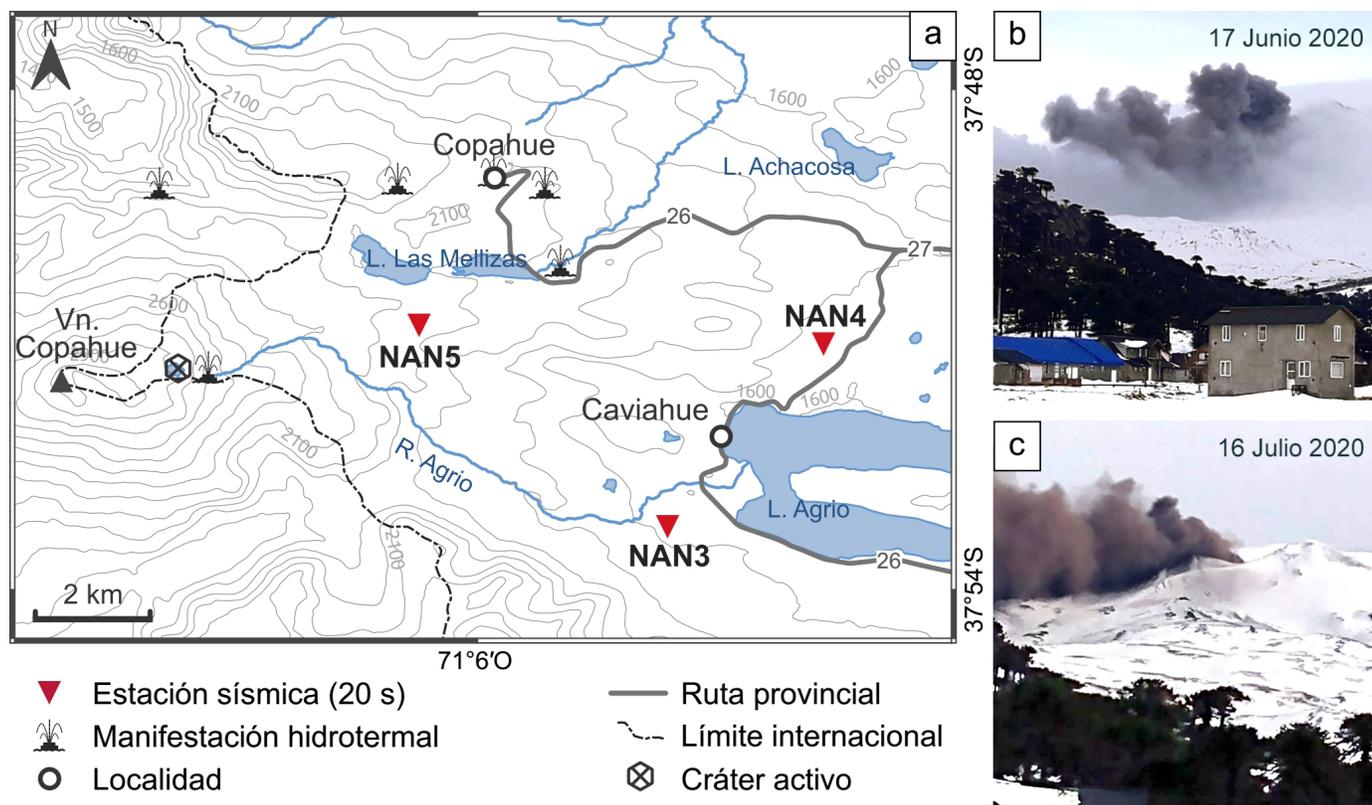
**Keywords:** Copahue Volcano, seismic noise, tremor.

## ACTIVIDAD SÍSMICA PRECURSORA

El volcán Copahue (37°51'19.95"S - 71° 9'35.07"O) es un volcán basáltico-andesítico activo, que alberga una laguna intracrática ácida y un sistema hidrotermal hiperácido a 1500 m de profundidad por debajo del cráter (Agusto et al. 2017). El 22 de diciembre de 2012 el volcán Copahue entró en erupción marcando el inicio de un nuevo ciclo eruptivo que desde entonces ha desencadenado numerosas crisis volcánicas (Caselli y Barion 2016, Caselli et al. 2016). Actualmente es el volcán más activo de Argentina por lo que encabeza el ranking de riesgo volcánico para el país. En marzo de 2020 el Laboratorio de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos

(LESVA) de la Universidad Nacional de Río Negro instaló una red sísmica compuesta por tres estaciones de banda ancha (20 s), registrando a 100 Hz, con el objetivo de investigar la dinámica interna del sistema volcánico (Fig. 1a). Desde entonces, se ha obtenido un registro sísmico en continuo que permitió observar la sismicidad asociada a las recientes fases eruptivas de junio y julio de 2020,

El análisis del ruido sísmico, entendido como toda la energía medida por un sensor, entre 0.5 - 10 Hz contiene señales de larga duración asociados a la actividad volcánica (Konstantinou y Schlindwein 2003). Se ha observado que en esta banda de frecuencias el volcán Copahue presenta señales de más de 6 horas de duración relacionadas a procesos volcánicos desde 2012 (Melchor et al. 2020). En consecuencia,



**Figura 1.** a) Mapa de la red sísmica Copahue; b) Fotografía de la fase eruptiva del 17 de junio; c) Fotografía de la fase eruptiva del 16 de julio. Fotos cortesía de la comunidad de Cavihue.

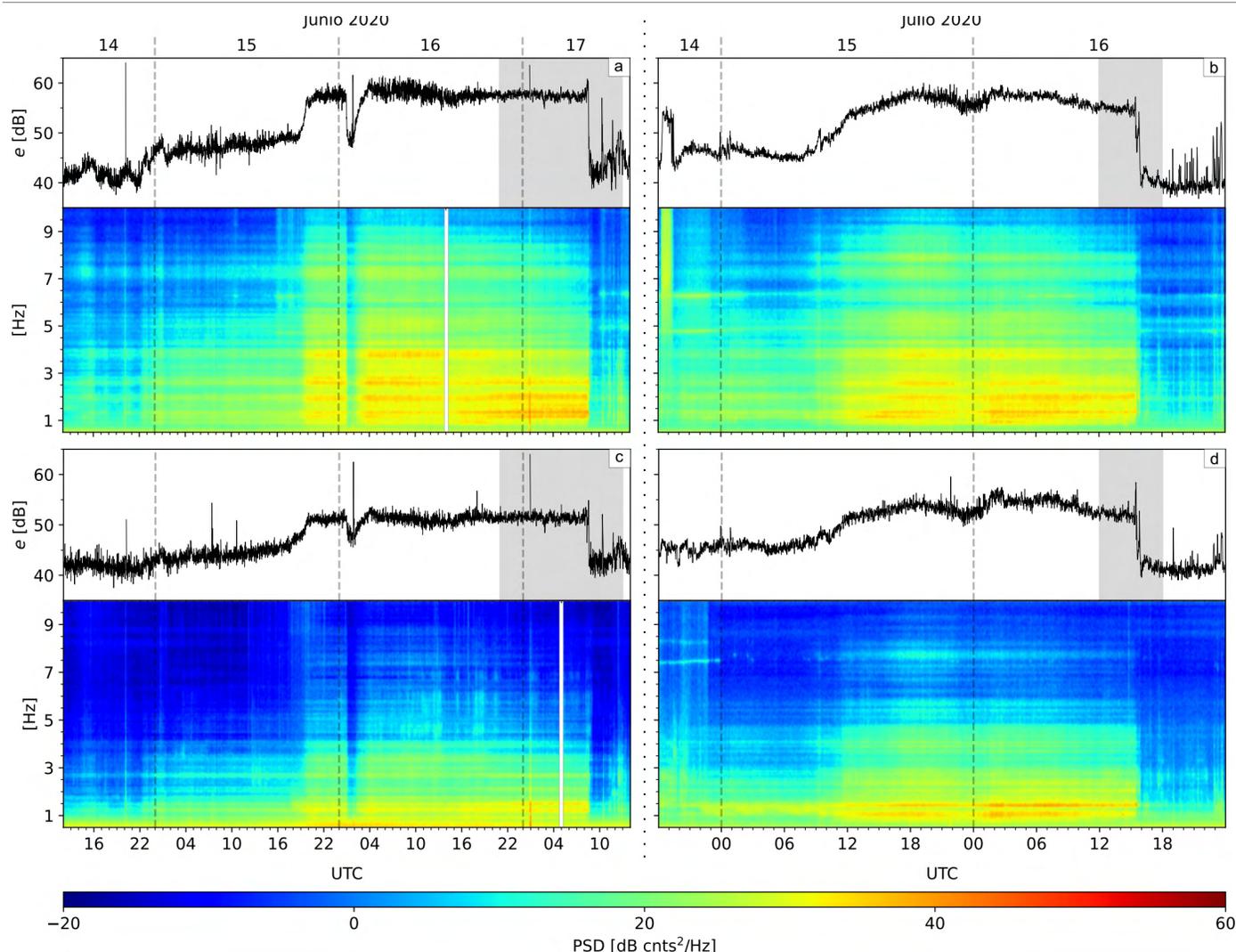
aplicamos esta metodología con el objetivo de identificar este tipo de señales precursoras a las fases eruptivas recientes ocurridas el 16 de junio y el 16 de julio.

De acuerdo con los reportes del Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur del Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, el día 13 de junio se registró un aumento del flujo de  $\text{SO}_2$  que duplicó el valor medio del mes (RAV Bio-Bio v.6). Por la noche del 16 de junio (hora local) se reportó la emisión de material particulado acompañado de incandescencias y el día 17 se elevó el nivel de alerta a amarillo (REAV Bio-Bio 17 de junio, Global Volcanism Program 2020, 17 June-23 June 2020), cambiado a verde el 7 de julio (RAV Bio-Bio v.6, Global Volcanism Program 2020, 1 July-7 July 2020) (Fig. 1b). El jueves 16 de julio entre las 12 y las 18 UTC una pluma de cenizas fue advertida nuevamente sobre el cráter del volcán por los habitantes de Cavihue (Fig. 1c). No obstante, el nivel de alerta fue elevado a amarillo el 23 de julio (Global Volcanism Program, 22 July-28 July 2020).

En este trabajo se analizó el ruido sísmico de la red de estaciones NAN5 (Fig. 1a) entre el 14 y el 17 de junio, y el 14 y el 16 de julio para seguir la evolución temporal del nivel de energía y el contenido espectral. Para ello se utilizó la componente

vertical del sismograma, cortada en segmentos de 1 minuto, no superpuestos, y se calculó la densidad de potencia espectral entre 0.5 y 10 Hz de acuerdo con Melchor et al. (2020). La energía  $e$  se estimó a partir del teorema de Parseval, y el espectrograma es la representación gráfica de la densidad de potencia espectral en el tiempo. En la figura 2 se muestra la evolución temporal de la energía y el contenido espectral entre las 12 UTC del 14/06 hasta las 14 UTC del 17/06 (Fig. 2a y b) y entre las 18 UTC del 14/07 hasta el 17/07 (Fig. 2c y d).

El 14 de junio entre las 22 y las 20 UTC del día 15, el registro sísmico muestra un ligero aumento de la energía a 47 dB seguido por un incremento a 57 dB que se mantiene hasta la 01 UTC del día 16 (Fig. 2a). A las 05 UTC, se observa un nuevo aumento de la energía a 57 dB el cual se mantiene hasta las 09 UTC del 17 de junio (Fig. 2a). El contenido espectral de este episodio presenta 6 picos centrados a 1.3, 1.9, 2.6, 2.8, 3.7 y 3.9 Hz, en el que es posible diferenciar dos estados. El primero, entre las 22 UTC del 15 y las 20 UTC del 16, muestra que la energía espectral relativa entre picos es homogénea. El segundo estado comienza después de las 20 UTC del 16 y presenta un aumento de la energía en los picos de baja frecuencia (1.3, 2 y 2.6 Hz).



**Figura 2.** Energía y espectrograma del ruido sísmico entre 0.5-10 Hz de la componente vertical del sismograma de las estaciones NAN5 (a, b), NAN4 (c) y NAN3 (d), ubicadas a 5, 11 y 9 km del volcán respectivamente, para las fases eruptivas de junio (a, c) y julio (b, d) 2020. En sombreado se señalan los periodos de tiempo en que la comunidad de Caviahue observó la emisión de cenizas provenientes del cráter.

El registro sísmico también muestra que el 15 julio a las 09 UTC la energía aumenta paulatinamente de 46 a 56 dB (Fig. 2b) y se mantiene hasta las 15:30 UTC del día 16. El contenido espectral de este segundo episodio está caracterizado por cuatro picos a 1.3, 2, 2.5 y 3.7 Hz (Fig. 2d).

Un incremento de la energía del ruido sísmico en torno a los 10 dB fue observado tanto a 5 km (Fig. 2a y b), como a ~10 km de distancia del volcán (Fig. 2c y d). Desde la puesta en marcha de esta red no ha sido registrado comportamiento similar; sólo se ha detectado vinculado a la actividad superficial. Es por ello que ha sido ligado a procesos volcánicos relacionados con las fases eruptivas descritas (ver sombreado gris en figura 2). Tanto el incremento de energía como su contenido espectral evidencian un proceso sísmico asociado a una fuente oscilante de larga duración, más conocido como

tremor volcánico, una señal típicamente relacionada con la dinámica de fluidos dentro del edificio volcánico (Konstantinou y Schlindwein 2003). En Copahue, esta dinámica podría ser explicada mediante la interacción de fluidos magmáticos con el sistema hidrotermal profundo.

El análisis de las variaciones de larga duración en la energía del ruido sísmico del volcán entre 0.5 - 10 Hz ha probado ser una herramienta útil para el seguimiento volcánico porque contiene información sobre los procesos locales (Konstantinou y Schlindwein 2003, Melchor et al. 2020). Los resultados obtenidos muestran que este análisis permite detectar cambios en el estado del sistema volcánico ya que es posible interpretar las variaciones descritas como precursores sísmicos de la actividad eruptiva de junio y julio. De este modo, se podría haber modificado el nivel de alerta el día 15 de junio

a las 20 UTC y el día 15 de julio a las 12 UTC, es decir, ~25 y ~24 horas de antes del inicio de las fases eruptivas, respectivamente, cuando fue detectado un aumento en torno a los 10 dB en el nivel de energía.

En conclusión, el seguimiento de la energía del ruido sísmico entre 0.5 y 10 Hz ha demostrado ser una buena herramienta para cuantificar variaciones en el estado del sistema volcánico, y podría ser incorporada al conjunto de técnicas de monitoreo utilizadas por los Observatorios Volcánicos a cargo del volcán Copahue.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Universidad Nacional de Río Negro (PI UNRN 2019 40-A-795). Se agradece la colaboración del Instituto Andaluz de Geofísica de la Universidad de Granada (España) y del Laboratorio de Geofísica Experimental de la Universidad de Florencia (Italia). Los autores agradecen a la Municipalidad de Caviahue, Higinio De Monte, Juan Hantusch, Mónica Malabe, Dominique Derauw, Gustavo Rossi, Claudio Smaniotto, Guiomar Fernández y al personal de las pistas de ski por el apoyo brindado.

## REFERENCIAS

- Agusto, M. R., Caselli, A., Daga, R., Varekamp, J., Trinelli, A., Afonso, M. D. S., Velez, M. L., Pablo Euillades, P. y Guevara, S. R. 2017. The crater lake of Copahue volcano (Argentina): geochemical and thermal changes between 1995 and 2015. *Geological Society, Special Publications* 437(1): 107-130, London.
- Caselli, A.T. y Barion, G. 2016. Formación de cono cinerítico en el cráter del volcán Copahue, Argentina. 11º Encuentro del International Center for Earth Sciences, Actas: 24, Mendoza.
- Caselli, A. T., Daga, R., Albite, J. M., Baez, A., Barion, G., Vélez, M. L., Agosto, M., Arce, M. y Sommer, C. 2016. Ciclo eruptivo 2012-2016 del volcán Copahue, Argentina. 11º Encuentro del International Center for Earth Sciences. Acta: 25, Mendoza.
- Smithsonian Institution and US Geological Survey, Global Volcanism Program (2020). Report on Copahue (Chile-Argentina). Weekly Volcanic Activity Report, 17 June-23 June 2020. <https://volcano.si.edu/showreport.cfm?doi=GVP.WVAR20200617-357090>
- Smithsonian Institution and US Geological Survey, Global Volcanism Program (2020). Report on Copahue (Chile-Argentina). Weekly Volcanic Activity Report, 1 July-7 July 2020: <https://volcano.si.edu/showreport.cfm?doi=GVP.WVAR20200701-357090>
- Global Volcanism Program 2020. Report on Copahue (Chile-Argentina). In: Sennert, S K (ed.), Weekly Volcanic Activity Report, 22 July-28

- July 2020. Smithsonian Institution and US Geological Survey: <https://volcano.si.edu/showreport.cfm?doi=GVP.WVAR20200722-357090>
- Konstantinou, K.I. y Schindwein, V. 2003. Nature, wavefield properties and source mechanism of volcanic tremor: a review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 119(1-4): 161-187.
- Melchor, I., Almendros, J., Carniel R., Konstantinou, K., Hantusch, M. y Caselli, A. 2020. On data reduction methods for volcanic tremor characterization: The 2012 eruption of Copahue volcano, Southern Andes. *Earth, Planets and Space* 72(1): 1-10.