



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DEL DESLIZAMIENTO DE TIERRA DE JUNIO 2020 EN EL VALLE DEL RÍO COLCA (ACHOMA, PERÚ)

Cristobal Condori¹, Edú Taípe², Orlando Macedo¹, Yawar Hussain³, Rosa Ancasi² y George S. França⁴

⁽¹⁾Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Av. Canadá 1470, San Borja – Lima 41

RESUMEN

En este estudio, se analizó las energías sísmicas generadas por las vibraciones del deslizamiento de tierra ocurrido en el valle del río Colca. Cuatro estaciones sísmicas de banda ancha de la Red Sísmica del Observatorio Vulcanológico de INGEMMET (OVI), ubicadas en las cercanías a la zona deslizada, registraron claramente las señales sísmicas. La caracterización de la amplitud absoluta media, así como los contenidos espectrales de las vibraciones se obtuvieron, respectivamente, mediante la envolvente y mediante los espectrogramas usando la transformada S. Los resultados de este estudio proporcionan información importante para futuras investigaciones, así como para la eventual implementación de sistemas para prevenir y disminuir los riesgos asociados.

Palabras clave: Deslizamiento, OVI, transformada S, vibraciones

ABSTRACT

In this study, the seismic energies generated by the vibrations of the landslide occurred in the Colca river valley were analyzed. Four broadband seismic stations of the Seismic Network of the Observatorio Vulcanológico de INGEMMET (OVI), located in the vicinity of the landslide zone, clearly registered the seismic signals. The characterization of the mean absolute amplitude, as well as the spectral contents of the vibrations were obtained, respectively, through the envelope and through the spectrograms using the S transform. The results of this study provide

important information for future research, as well as for the eventual implementation of systems to prevent and reduce associated risks.

Keywords: Landslide, OVI, S-transform, vibrations

INTRODUCCIÓN

La zona del valle del Colca (Figura 1) se caracteriza por tener un fuerte relieve topográfico y por estar rodeada de un amplio sistema de fallas y lineamientos activos donde destacan fallamientos normales tales como la zona de Falla Huambo-Cabanaconde, la falla de Ichupampa, la zona de falla de Pampa Sepina y la falla de Huanca al suroeste (Macharé *et al.*, 1986, 2003; Huamán-Rodrigo *et al.*, 1993). La mayor parte de la notable sismicidad que se observa en la zona esta asociada a dicho contexto tectónico regional denominado complejo volcánico Ampato-Sabancaya (CVAS), pero se acrecienta durante épocas de actividad eruptiva del volcán Sabancaya, vecino de la zona (Jay *et al.*, 2015), lo cual favorece la ocurrencia de deslizamientos de tierra en las márgenes del río Colca.

El 18 de junio 2020 a las 06:42 UTC (01:42 am hora local) ocurrió un deslizamiento de tierras en la margen izquierda del valle del río Colca, Achoma. Aunque el evento no ocasionó daños personales, sí llegó a bloquear el río Colca, provocando el represamiento de alrededor de 3 millones de metros cúbicos de agua en el lapso de un día, provocando daños en diversos lugares turísticos y áreas agrícolas cercanos (Huanca Cárdenas *et al.*, 2021).

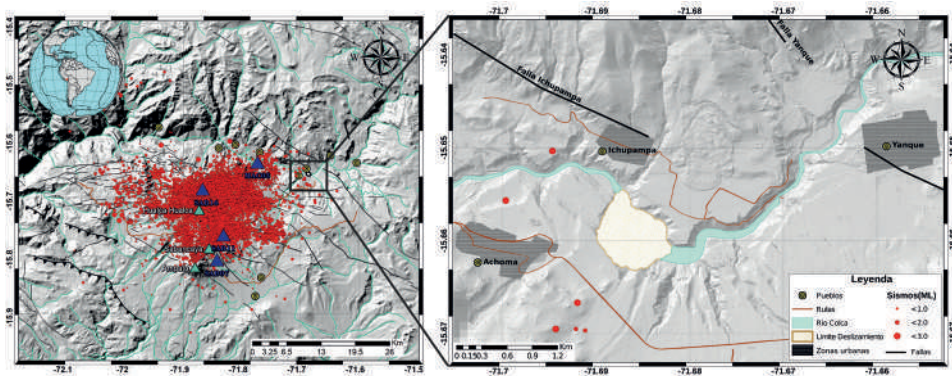


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio. El mapa muestra el complejo volcánico Ampato-Sabancaya y la sismicidad (círculos rojos) asociada al régimen tectónico. Los triángulos azules indican las estaciones sísmicas usadas en el análisis.

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar el deslizamiento y su proceso geodinámico por medio del registro de la sismicidad local y el análisis de las energías sísmicas generadas por las vibraciones del deslizamiento.

DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron formas de onda de cuatro estaciones sísmicas de banda ancha (MAC03, SAB16, SAB11 y SAB07) de la Red Sísmica del Observatorio Vulcanológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (OVI-INGEMMET), ubicadas entre 9 y 24 km lejos de la zona deslizada (Figura 1). Dichas estaciones registraron de manera clara las

señales generadas por el deslizamiento (Figura 2), observándose una buena razón señal/ruido en cada una de ellas.

En el análisis efectuado, se calculó la envolvente del deslizamiento de tierra usando el software *Seismic Analysis Code - SAC* (Helfrich, Wookey y Bastow, 2013) utilizando los procedimientos adoptados por Agurto-Detzel et al. (2016). Los valores de la envolvente calculada indican la amplitud absoluta promedio de las vibraciones del deslizamiento (Figura 3). Los espectrogramas (Figura 4) para los registros se calcularon utilizando la transformada S (Stockwell et al. 1996; Stockwell, 2007).

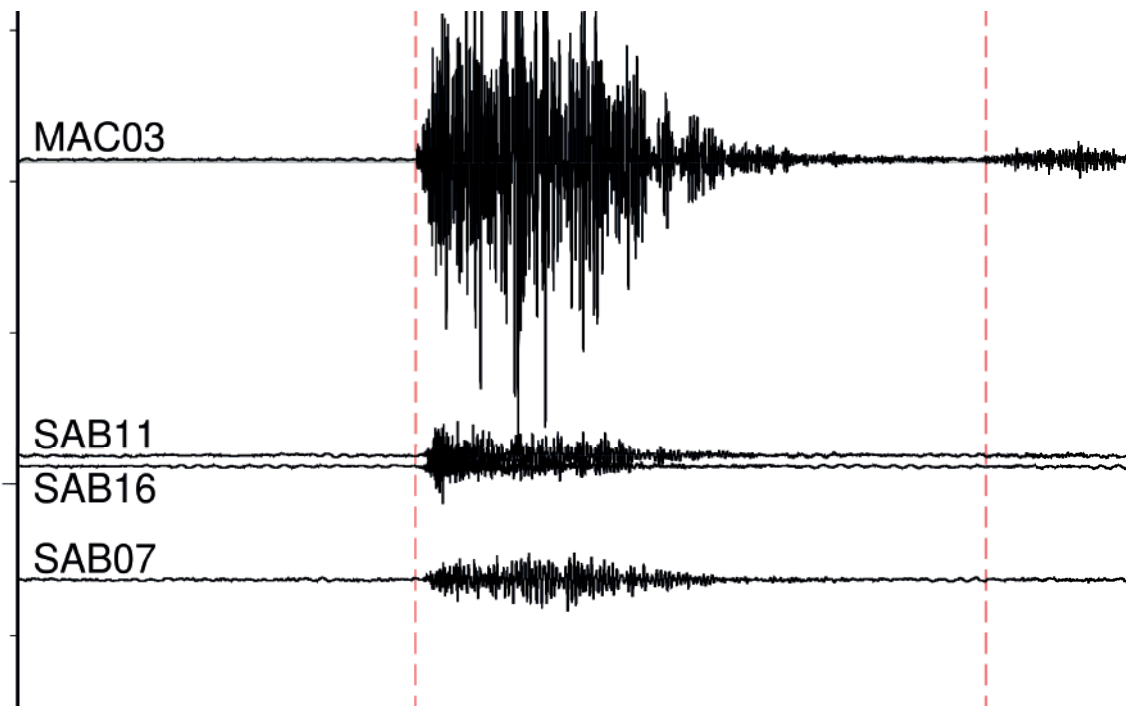


Figura 2: Registros sísmicos del deslizamiento de tierra. Los triángulos rojos (E1 y E2) indican el tiempo de inicio de las vibraciones.

RESULTADOS

Las señales sísmicas generadas por el deslizamiento de tierra fueron analizadas por la envolvente de la señal sísmica y el espectrograma de tiempo-frecuencia. Las vibraciones se determinaron de manera clara en todas las estaciones cercanas cercanos al deslizamiento.

La envolvente de la señal calculada en la estación más cercana MAC03 (Figura 3) ha permitido determinar que las señales de vibración generadas por el deslizamiento duraron aproximadamente 2 minutos. Se observa también que la amplitud de las señales decrece a medida que la velocidad del deslizamiento va disminuyendo, y que las señales sísmicas se van atenuando. Dado que la amplitud sísmica calculada tiene una relación directa con las vibraciones del deslizamiento de tierra (Huang *et al.*, 2008; Anthony *et al.*, 2018; Goodling, Lekic y Prestegard, 2018; Hussain *et al.*, 2020), los diversos picos que se observan estarían probablemente relacionados a efectos asociados a la geomorfología local o por sismos de pequeña magnitud que provienen de la vecina

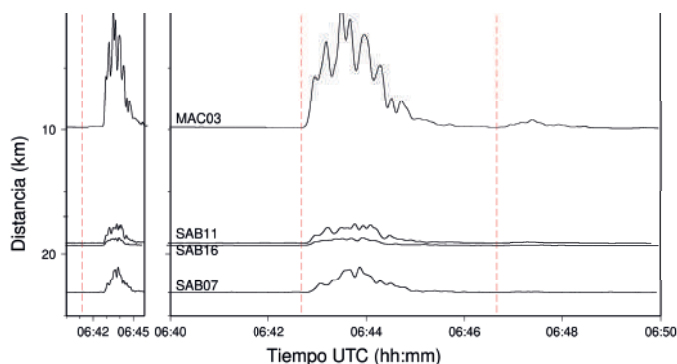


Figura 3: Envolvente sísmica de la señal producida por el deslizamiento de tierra. Los triángulos rojos (E1 y E2) indican el tiempo de inicio de las vibraciones. El gráfico del lado izquierdo indica el evento ampliado ocurrido a las 06:42h.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares muestran una clara variación del contenido de energía generado por el deslizamiento en todas las estaciones sísmicas, tanto en las envolventes como en los espectrogramas. Las principales energías se encuentran concentradas en una banda de frecuencia de 1 a 10 Hz. La transformada S permitió mejorar la relación señal/ruido y caracterizar de manera clara las diferentes tipologías de las señales.

zona del CVAS.

En la Figura 4 se presenta los espectrogramas de potencia de amplitud de las tres componentes en la estación sísmica MAC03, la más cercana al deslizamiento. Los valores de la amplitud en el dominio de la frecuencia varían de 1 a 10 Hz (Figura 4). La energía de la señal es prominente en las tres componentes.

Adicionalmente, se estimó la polarización en tiempo-frecuencia en la señal del deslizamiento registrada en la estación más cercana (MAC03) a fin de inferir la dirección de propagación y las posibles influencias de la sismicidad originada en el CVAS y otras fuentes sismogénicas. Los resultados sindicaron una probable influencia de las energías sísmicas; sin embargo, este estudio requiere de mayor análisis.

Finalmente, esperamos que tales caracterizaciones contribuyan no solo a la comprensión del fenómeno, sino a la eventual implementación de sistemas para prevenir y disminuir los riesgos asociados.

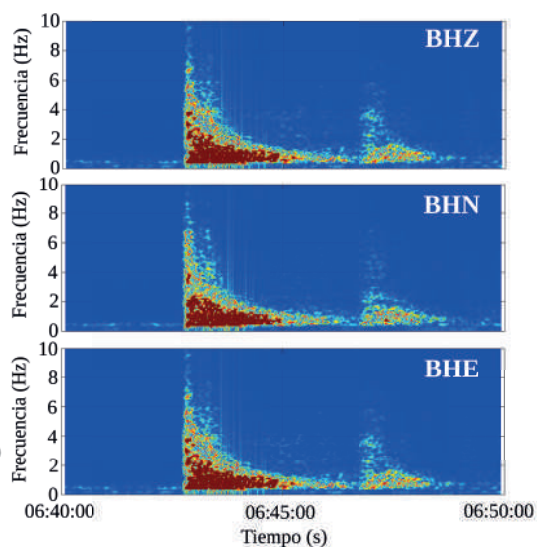


Figura 4: Espectrogramas de la estación MAC03 generados durante el deslizamiento de tierra.

CONTRIBUCIONES TÉCNICAS Y CIENTÍFICAS

La detección y caracterización de las señales sísmicas generadas por deslizamientos de tierra son determinantes para comprender la dinámica del fenómeno y para la posible implementación de sistemas de alerta temprana ante tales deslizamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agurto-Detzel, H. *et al.* (2016) “The tailings dam failure of 5 November 2015 in SE Brazil and its preceding seismic sequence”, *Geophysical Research Letters*, 43(10), pp. 4929–4936. doi: 10.1002/2016GL069257.
- Anthony, R. E. *et al.* (2018) “Measuring Mountain River Discharge Using Seismographs Emplaced Within the Hyporheic Zone”, *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 123(2), pp. 210–228. doi: 10.1002/2017JF004295.
- Goodling, P. J., Lekic, V. y Prestegard, K. (2018) “Seismic signature of turbulence during the 2017 Oroville Dam spillway erosion crisis”, *Earth Surface Dynamics*, 6(2), pp. 351–367. doi: 10.5194/esurf-6-351-2018.
- Helfrich, G., Wookey, J. y Bastow, I. (2013) *The Seismic Analysis Code: A Primer and User's Guide*. Cambridge University Press.
- Huamán-Rodrigo, D. *et al.* (1993) “Cadre structural et risques géologiques étudiés à l'aide de l'imagerie spatiale: La région du Colca (Andes du sud Pérou).”, *Bulletin de la Société Géologique de France*, 164 (6), pp. 807–818.
- Huanca Cárdenas, J. *et al.* (2021) *Monitoreo del deslizamiento de Achoma. Distrito de Achoma, provincia de Caylloma, región Arequipa*. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3088>.
- Huang, C.-J. *et al.* (2008) “Ground vibrations and airborne sounds generated by motion of rock in a river bed”, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8(5), pp. 1139–1147. doi: 10.5194/nhess-8-1139-2008.
- Hussain, Y. *et al.* (2020) “Seismic signature of mudflow tremor resulted from Brumadinho (Brazil) tailings dam failure”, *REM - International Engineering Journal*, 73(3), pp. 421–424. doi: 10.1590/0370-44672019730040.
- Jay, J. A. *et al.* (2015) “Deformation and seismicity near Sabancaya volcano, southern Peru, from 2002 to 2015”, *Geophysical Research Letters*, 42(8), pp. 2780–2788. doi: 10.1002/2015GL063589.
- Macharé, J. *et al.* (1986) “Tectónica cenozoica de la margen continental peruana”, *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú Geológica del Perú*, 76, pp. 45–77.