

Alerta temprana de lahares mediante señales sísmicas en el volcán Misti: caso del lahar del 13 de marzo de 2017

J. Torres¹, J. Del Carpio¹, O. Macedo¹, N. Puma¹, R. Chijcheapaza¹

1Instituto Geofísico del Perú – sede Arequipa, Urb. La Marina B-19 Cayma. ovs@igp.gob.pe

Palabras clave: Misti, lahar, alerta, sismos, riesgos.

Resumen: El volcán Misti, ubicado a 19 km al norte de la ciudad de Arequipa ha presentado históricamente la ocurrencia de eventos de tipo lahar. Este trabajo detalla los dos lahares desarrollados el 13 de marzo de 2017, ambos eventos fueron detectados por la red sísmica del volcán Misti operada por el IGP y por estaciones sísmicas temporales instaladas en los márgenes de dos importantes quebradas o torrenteras, con la finalidad de registrar vibraciones sísmicas asociadas al paso de estos flujos. La verificación instrumental y de campo, constató el descenso de dos lahares (A y B), el primero en dirección del río Chili y el segundo en dirección del río Andamayo. Durante esa ocasión se logró correlacionar la sismicidad con el descenso de estos flujos superficiales.

La señal sísmica relacionada al flujo corresponde a un sismo de tipo Tremor, aunque con un amplio rango de frecuencias. La velocidad calculada del lahar B fue de 8 km/h cuando alcanzó la estación CHI ubicada a 12 km al SE del centro volcánico. Los mayores daños ocasionados por este fenómeno fue la afectación de canales de conducción de agua ubicados en el flanco oeste del Misti por donde descendió el lahar A, dejando a la población de Arequipa sin el servicio de agua potable por varios días.

Introducción

El Misti es un estratovolcán de tipo andesítico ubicado en la provincia de Arequipa en el sur del Perú. Al sur del volcán se ubica la ciudad de Arequipa, segunda urbe más importante del Perú, en la cual habitan alrededor de un millón de personas. El centro de esta ciudad se sitúa a tan solo 19 km del cráter (Fig. 1). Asimismo, la forma cónica, casi perfecta que distingue al Misti, tiene un desnivel de 3500 metros en relación con la cima del volcán, esto aunado con las grandes cantidades de materiales volcánicos acumulados en la superficie del cono son agregados importantes para la generación de lahares, principalmente durante la época de lluvias (diciembre – marzo).

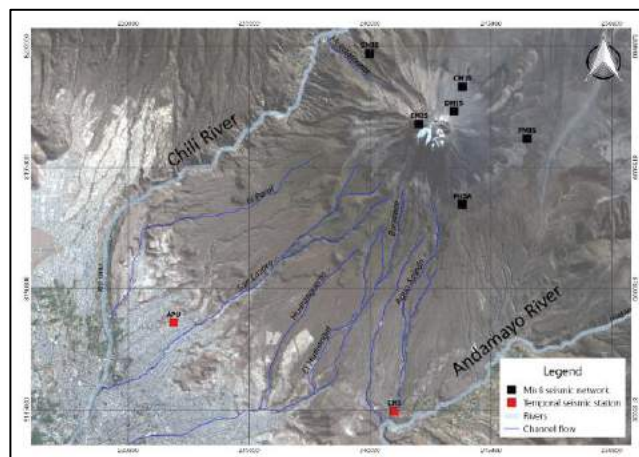


Fig. 1- Mapa de ubicación del volcán Misti, ciudad de Arequipa al suroeste, ríos principales y quebradas. También en la figura se muestra la ubicación de la red sísmica telemétrica del volcán Misti (cuadrados negros) y red sísmica temporal (cuadrados rojos).

Antecedentes

Según estudios geológicos se ha constatado la presencia de depósitos de lahar intercalados con flujos de escoria, depósitos de ceniza y flujos de pómez. Los registros datan desde el Pleistoceno-Holoceno (Guevara 1969; Thouret et al., 2001). La erupción de tipo subpliniana ocurrida hace 2050 años también produjo depósitos de lahares intercalados con depósitos de pómez, flujos piroclásticos y ceniza (Thouret et al., 2001). La misma erupción habría producido el emplazamiento de alrededor de 0.04 km³ de lahar (Harpel et al., 2011). Los depósitos de lahar han sido identificados, principalmente en los ríos Chili y Andamayo, así como en las quebradas que descienden del volcán. Delaite et al. (2005) ha reconocido cuatro depósitos emplazados entre el holoceno y en época histórica. Estos depósitos han sido datados en: 1035 ± 45 años B.P., 520 ± 25 años B.P., 340 ± 40 años B.P. y 330 ± 60 años B.P. Los afloramientos presentan entre 6 y 10 km de largo y potencias entre 2 y 3 metros de espesor.

Lahares: riesgos y peligros sobre Arequipa

Lahar es un término indonesio que describe la mezcla de agua, cenizas volcánicas y fragmentos rocosos que descienden por las pendientes próximas a los volcanes, por lo general siguiendo el lecho de las quebradas y ríos, a velocidades que varían constantemente según las características del terreno, la cantidad de agua involucrada y volumen de material disponible a ser erosionado. La figura 2 muestra a la ciudad de Arequipa en crecimiento urbano hacia los volcanes Misti y Chachani.

En Arequipa se ha determinado que 26 965 habitantes viven en zonas vulnerables ante el peligro de lahares, al haber construido sus viviendas en los cauces de quebradas y lechos antiguos. Asimismo, importante infraestructura se ubica muy próxima al volcán y por supuesto a las quebradas que canalizan a los lahares.

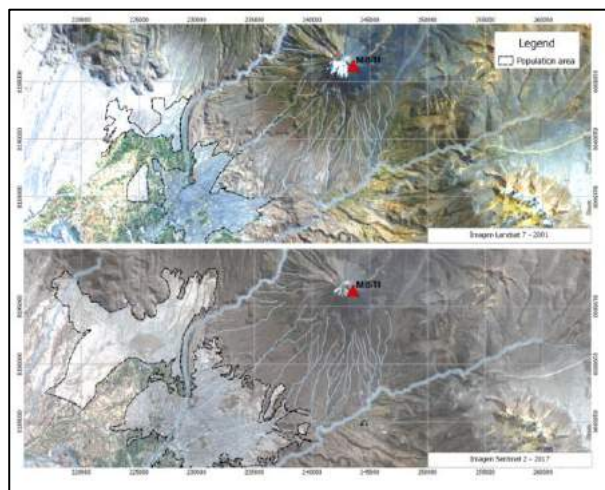


Fig. 2- Imágenes satélites capturadas en 2001 (arriba) y 2017 (abajo), muestran el crecimiento urbano (líneas punteadas) desarrollado en los últimos 17 años en dirección de los volcanes Misti y Chachani.

Metodología: registros sísmicos de lahares

Actualmente, el Instituto Geofísico del Perú opera una red de monitoreo permanente que consta de seis estaciones sísmicas que envían información en tiempo real sobre la actividad registrada en el volcán Misti. La sensibilidad de estos equipos ha permitido detectar señales asociadas a lahares. Además de estos sismómetros, se instalaron dos equipos temporales adicionales, ubicados en los márgenes de dos principales quebradas o torrenteras (Fig. 1, estaciones CHI y APU).

La ocurrencia de un lahar va a resultar en vibraciones sísmicas superficiales que son registrados como tremores, cuya forma de onda es un registro que puede durar varios minutos. La señal sísmica presenta, en general, frecuencias mayores a

5 Hz, exactamente cuando la energía de la señal se incrementa (Fig. 3). Su ocurrencia está restringida principalmente a la temporada de lluvias (diciembre-marzo).

Resultados

El 13 de marzo, ocurrieron dos lahares de moderada magnitud, el primero, Lahar A, descendió por el flanco NW del Misti en dirección al río Chili, y el segundo, Lahar B, encausado por la quebrada Agua Salada en dirección al río Andamayo (Chiguata).

El Lahar A, se inició a las 18:28 UTC (13:28 HL), presumiblemente a altitudes próxima a los 4200 msnm ya que una señal de tipo Tremor fue detectada primero por la estación GMIS situada en el flanco NW a 3794 msnm. La misma señal Tremor (Fig. 4) fue también detectada, y prácticamente al mismo tiempo, por EMIS (5710 msnm), DMIS (5400 msnm) y CMIS (4785 msnm).

El Lahar B, por su parte, se habría iniciado a las 18:31 UTC en la parte alta de la Qda. Agua Salada, en el flanco SE, pues la estación MISA (4168 msnm) situada muy próxima a dicha quebrada, detectó un incremento sustancial de la energía sísmica (golpe muy fuerte). Esta señal de mayor amplitud se registró en casi todas las estaciones a las 18:50 UTC. El Lahar B, luego de nueve kilómetros de recorrido y en descenso fue detectado por la estación temporal CHI (ubicada en la parte inferior de la misma Qda. Agua Salada) a las 19:42 UTC (14:42 HL), es decir 1 hora con 11 minutos después de ser registrado por la red telemétrica; esto quiere decir que el flujo se desplazó a una velocidad aproximada de 8 km/h entre las estaciones MISA y CHI. Se confirmó visualmente el paso del Lahar B frente a la estación sísmica CHI a las 19:46 UTC (14:46 HL).

La figura 4, muestra el registro de los dos lahares, detectados por 7 de los 8 instrumentos sísmicos operando (APU no lo detectó), el evento se presenta en orden cronológico, siendo el orden GMIS, EMIS, DMIS, MISA; mientras que en la estación CMIS por encontrarse en el medio del inicio de los dos flujos, la señal no llega muy clara y finalmente se detecta en FMIS. La última estación en detectar el paso del flujo es la estación CHI cercana al paso del lahar B por la quebrada Agua Salada.

Conclusiones

- Existen evidencias geológicas de ocurrencia de lahares generados por el volcán Misti de hace más de 40 mil años. Actualmente este fenómeno representa un serio peligro a una población

directa de casi 27 mil personas e indirectamente a toda la población de Arequipa.

- Las señales sísmicas de tipo tremor asociadas a lahares, registran frecuencias principales mayores a 5 Hz durante el tránsito de mayor energía del lahar. Además, estas señales son de variada duración y, dependiendo de la fuente de generación, puede ser detectada con deriva de algunos segundos en el registro de cada estación sísmica que pertenece a la red telemétrica del Misti.
- Se ha determinado que la señal sísmica registrada el 13 de marzo, corresponde a 2 lahares generados casi simultáneamente que descendieron por dos flancos del volcán; el primero, Lahar A, producido a las 18:28 UTC (13:28 Hora Local), en el flanco NW con dirección al río Chili; el segundo, lahar B, se produjo a las 18:31 UTC (13:31 Hora Local) y descendió por el flanco Sur, encausado por la quebrada Agua Salada con dirección al río Andamayo. La velocidad del lahar B se estimó en 8 km/h.
- Se ha validado que la red telemétrica en tiempo real del Misti, puede servir como instrumento de alerta temprana para lahares y huaicos, que puedan producirse en los flancos del volcán y descender por sus quebradas afectando seriamente a la ciudad de Arequipa.

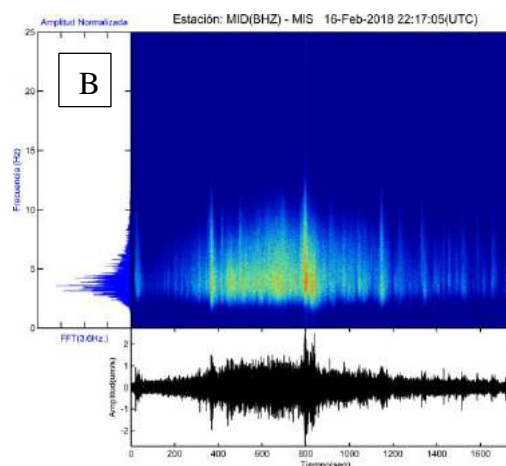
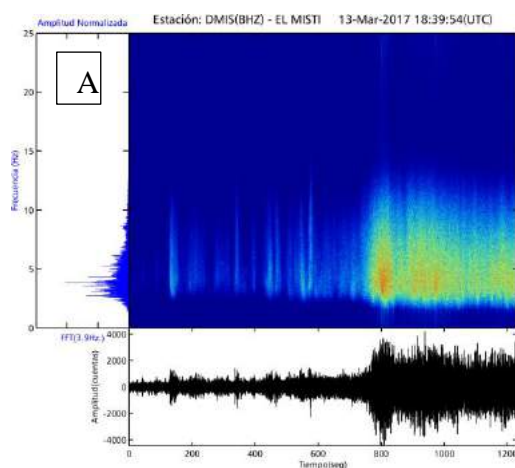


Fig. 3- Eventos Lahar: registrado el 13 de marzo de 2017 (A); y el registrado el 16 de febrero de 2018 (B). Ambos detectados por la red telemétrica del volcán Misti integrada por seis estaciones sísmicas.

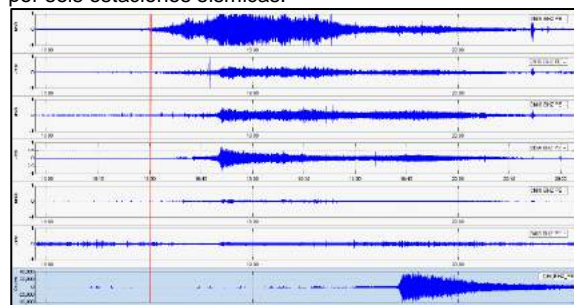


Figura 4.- Se observa el lahar asociado a tremor del 13 de marzo de 2017, con diferencia en el tiempo de llegada a todas las estaciones.

Referencias

- Delaite G., Thouret J.C., Sheridan M.F., Labazury P., Stinton A. (2005). Assessment of volcanic hazard of El Misti and in the city of Arequipa, Peru, based on GIS and simulations, with emphasis on lahars. *Zeitschrift fur Geomorphology N.F., supplement*, 140: 209-231.
- Del Carpio J., Macedo O., Chijcheapaza R., Puma N., Torres J. (2016). Observaciones asociadas a los lahares ocurridos el 06 de febrero y 11-13 de abril de 2015 en el valle de Ubinas. Poster: XVIII Congreso Peruano de Geología.
- Guevara C. (1969). Geología del Cuadrángulo de Characato (hoja 33t). Servicio de Geología y Minería, Boletín 23, 53p.
- Harpel C.J., De Silva S.L., Salas G. (2011). The 2 ka eruption of Misti volcano, southern Peru – the most recent plinian eruption of Arequipa’s iconic volcano. Boulder, CO: Geological Society of America, 72p. Special Paper, 484.
- Macedo O., Taipe E., Ramos D. (2007). Observaciones asociadas al Lahar ocurrido el 17 de enero 2007 en el Valle de Ubinas. Informe Interno OVS-IGP, 14 p.
- Thouret J.C., Finizola A., Fornari M., Legeley-Padovani A., Suni J., Frechen M. (2001). Geology of El Misti volcano near the city of Arequipa, Peru. *Geological society of America Bulletin*, 113(12): 1593-1610.