

Peligros por huaicos en la ciudad de Arequipa

Marco Rivera¹, Manuel Vilchez¹, Jessica Vela¹

¹ Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET – mrivera@ingemmet.gob.pe

Palabras clave: Arequipa, Misti, flujo, lahar

Introducción

La ciudad de Arequipa, en el sur del Perú, presenta un clima árido a semiárido. En esta ciudad, con cierta periodicidad ocurren precipitaciones pluviales intensas, principalmente en los meses de diciembre a marzo, las que actuando combinadamente con la elevada pendiente del terreno, suelo poco cohesivo, material suelto disponible, etc., generan avenidas de agua y flujos de detritos (huaicos). Estos ocurren principalmente en las quebradas o torrenteras que descienden por los distritos ubicados al pie del volcán Misti (Alto Selva Alegre, Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata, Chiguata; Fig. 1), y a su vez producen inundaciones en las partes bajas de la ciudad, entre ellos el cercado de Arequipa y el distrito de Bustamante Rivero, ocasionando víctimas y afectando viviendas, calles, avenidas, puentes, obras de servicios, etc., con cuantiosas pérdidas. Así mismo ocasiona la frecuente

interrupción de servicios públicos como los de saneamiento, energía eléctrica, comunicaciones, transporte, canales de irrigación, entre otros.

A la ocurrencia de estos fenómenos, se suma la ocupación de espacios vulnerables en las laderas del volcán Misti y cauces de las torrenteras y en precarias condiciones, con un crecimiento poblacional desordenado, produciendo subocupación de suelo y un desmesurado crecimiento horizontal. Estas poblaciones, no han considerado criterios de prevención en la ocupación de los suelos, y han seguido un proceso de autoconstrucción de sus viviendas sin ningún apoyo técnico. Lo que aumenta el grado de vulnerabilidad ante la ocurrencia de lluvias intensas, sismos e incluso erupciones volcánicas.

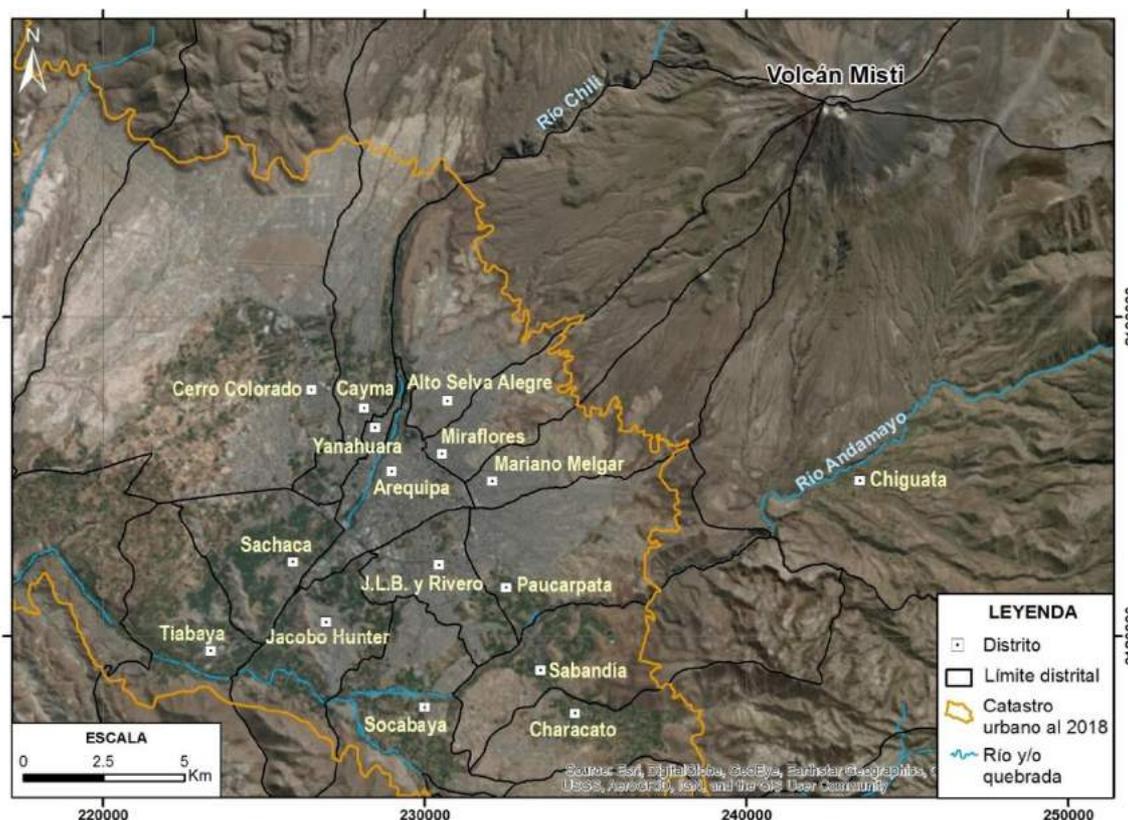


Fig. 1 - Mapa de localización de los distritos de la ciudad de Arequipa.

Contexto geológico y geomorfológico del área

En el área de Arequipa afloran rocas intrusivas y volcánicas con edades del Cretáceo Superior hasta el reciente (Guevara, 1969; Vargas, 1970). Al pie del flanco SO, S y SE del volcán Misti se observan lavas andesíticas y secuencias de ignimbritas del Mioceno-Pleistoceno, sobre el cual descansan secuencias volcanoclásticas del Misti constituidos por flujos de barro (lahares), flujos piroclásticos y caídas de tefras del volcán Misti (Thouret et al., 2001).

La ciudad de Arequipa está ubicada entre 1800 y 2600 msnm., al interior de la cuenca de Arequipa, cuyo pendiente promedio es de 5 %, inclinada hacia el S y SO. En su extremo oriental, la cuenca está limitada por los volcanes Misti y Pichu Pichu, y en su extremo suroccidental está limitada por los cerros del Batolito de la Costa.

El clima semi-árido que predomina en la región no ha sido propicio para la formación de suelos, sin embargo, los suelos predominantes en el área urbana de Arequipa están asociados a las unidades geológicas identificadas.

Registros de inundaciones y flujos de detritos (huaicos)

En zonas semi-áridas como Arequipa, es común que las inundaciones o huaicos, a pesar de su poca frecuencia, causen destrucción (Ettinger et al., 2015; Martínez Ibarra, 2012). Acerca de la ocurrencia de inundaciones, varios autores coinciden en que es muy variable, y se asocian a lluvias intensas y localizadas (Ettinger et al., 2015).

Los primeros registros de los eventos hidrometeorológicos datan de fines del siglo XVIII que señalan, se debieron a graves trastornos climáticos al parecer producidos por el fenómeno EL NIÑO, y desataron intensas lluvias e inundaciones siendo afectadas las ciudades de Cusco y Arequipa (Cruz, 2007). Entre 1779 y 1780, también se han registrado inundaciones en la ciudad de Arequipa (Cruz, 2007). Entre enero y febrero de 1961 se registraron desastres por lluvias, con la pérdida de dos vidas humanas, durante el cual el río Chili alcanzó un caudal de 27.38 l/s (Fernandez, 2001). El 2 de febrero de 1967 las aguas de lluvias que ingresaron por las torrenteras inundaron la parte baja de la ciudad con 1 m de altura de agua, afectando la central hidroeléctrica y grandes áreas de cultivo (Fernandez, 2001). En 1972, se desbordaron las torrenteras que atraviesan la ciudad, entre ellas la Qda. San Lázaro (Fernandez, 2001).

El 8 de febrero de 1989, aproximadamente a las 17:20 h se desató una tormenta que generó flujo de agua que en pocos minutos inundó áreas urbanas de

Arequipa. En aquella oportunidad, el río Chili se desbordó e inundó la Av. La Marina; otras zonas afectadas fueron Alto Selva Alegre y Miraflores, Urb. María Isabel, Parque Industrial, Miraflores, Av. Mariscal Castilla, Calle Goyeneche, Av. Independencia, Av. Venezuela, Lambramani, Dolores, etc. Según el Diario el Pueblo, causó grandes pérdidas y paralizó el tránsito, comercio y varias actividades (Cruz, 2007; Fernández, 2001).

En 1997, marzo de 1999 y marzo de 2001 la ciudad volvió ser afectada por inundaciones asociadas al evento EL NIÑO. La intensidad de las lluvias en los tres casos fue de: 45,43 mm (1997); 29,97 mm en 1999 y 34,10 mm en el 2001 (Cruz, 2007).

El 11 de marzo de 2012, desde las 15:00 hrs se produjo una fuerte lluvia acompañada con granizo sobre los distritos de Paucarpata, Mariano Melgar, Selva Alegre, Tiabaya, Socabaya, Hunter, Characato y Cerro Colorado. Este fenómeno duró hasta las 17:30 h aproximadamente. Se produjo el desborde de la 3ª torrentera por la avenida Los Incas con un caudal de 30 m³/s, y en Pablo VI. Los efectos fueron la devastación de terrenos de cultivo e inundación de calles y viviendas (Cacya et al, 2013). Además, se registraron vehículos varados en la Panamericana Sur, y desbordes del río Chili (Diario La República).

El 8 de febrero 2013, en horas de la tarde ocurrió una lluvia inusual, de 124.5 mm, generando la activación de las torrenteras San Lázaro, Av. Venezuela y Los Incas (Fig. 2), con generación de flujos de aguas y de detritos que se desbordaron y causaron inundaciones, que afectaron 50 km de vías, el sistema de agua potable y desagüe, destruyó 280 viviendas, afectó otras 10 mil, además, afectó centros comerciales, causó la muerte de 6 personas y graves daños en la ciudad (Ettinger et al., 2015). La estación La Pampilla registró como una lluvia excepcional no registrada al menos los últimos 24 años.



Fig. 2- Vistas del estrangulamiento del cauce de la torrentera Venezuela (mercado El Palomar) cuando se produjeron las inundaciones en el 2013 (Foto: G. Luque).

Breve evaluación de peligros por ocurrencia de flujos de detritos e inundaciones

Los estudios efectuados por Rojas (1978), Valdivia (1978), Cornejo (1990;), INGEMMET (2002, 2003) y otros efectuados por INDECI (1995-2010) y Cruz (2007) indican que las quebradas con mayor actividad en los últimos 100 años son Polanco, San Lázaro (Fig. 3), Venezuela, Huarangal (Los Incas).

En 1868, fue necesaria la renovación urbana de la ciudad de Arequipa a raíz del sismo registrado ese año que destruyó parcialmente la ciudad, construyendo infraestructura de influencia europea en áreas urbanas vulnerables, como, construcción de urbanizaciones en el área de influencia del río Chili sin considerar los peligros naturales que amenazan esta zona.



Fig. 3- Vista desde el volcán Misti hacia la ciudad de Arequipa. Esta quebrada nace en el cráter del volcán, y abre su abanico aluvial donde se ubican las viviendas de más de 100,000 pobladores.

Las torrenteras en su totalidad se encuentran estrechadas en sus cauces por la construcción de viviendas o por el arrojado de desmonte y basura. Además, en algunos tramos las secciones transversales de las quebradas fueron reducidas por la construcción de puentes, que favorece el entrapamiento de material transportado asociadas a precipitaciones extraordinarias (Fig. 4). En las partes altas de la ciudad de Arequipa han cubierto totalmente los trazos de torrenteras por trabajos para habilitación urbana. Del análisis geológico y geomorfológico, se ha podido notar que en Arequipa es frecuente la ocurrencia de flujos de detritos (huaicos) e inundaciones.

Es necesario mencionar que los terrenos inundables fueron ocupados en los últimos años, sin un adecuado control ante inundaciones u ocurrencias de huaicos. En caso de la ocurrencia de lluvias intensas pueden

generarse huaicos, ya que el volumen de depósitos sueltos en los flancos del volcán Misti y quebradas que drenan de dicho volcán son muy voluminosos y dichos materiales podrían bajar preferentemente por las quebradas Polanco, San Lázaro (Fig. 4), Miraflores, Mariano Melgar, El Chilcal, Huarangal, Paucarpata, Zamácola, Agua Salada y Honda-Grande. Sin embargo, el río Chili sería el más peligroso, ya que la mayoría de las quebradas antes citadas desembocan allí. Las quebradas Agua Salada y Honda-Grande son tributarias del Río Andamayo. De acuerdo a Vargas-Franco et al., (2010), flujos de barro a lo largo del río Andamayo (como los registrados en 1997) podrían afectar las áreas cultivadas alrededor de Chiguata (zona urbana a 20 km al Este de Arequipa). Según Cruz (2007) en la torrencera Huarangal, los puentes Mariscal Castilla y Av. Jesús son totalmente vulnerables a eventos de inundaciones que se presentan cada diez años, debido a que tienen secciones reducidas de menos de 15 m de ancho.

Los eventos hidrometeorológicos, algunos de los cuales tienen recurrencia anual en Arequipa, son muy destructivos y capaces de producir innumerables pérdidas humanas y de infraestructura. Es esencial trabajar en el diseño adecuado de sistemas de alerta y preparación. Es necesario mencionar que estos tipos de eventos suelen ser poco frecuentes, en tal sentido, la motivación para invertir tiempo y recursos en este tipo de actividades puede ser inferior a los peligros más frecuentes (Ettinger et al., 2015).

Conclusiones

La fuente de huaicos en la ciudad de Arequipa, generalmente está asociada a la ocurrencia de lluvias intensas que discurren por las quebradas o torrenteras que nacen en el volcán Misti y muchos de ellos atraviesan la ciudad para desembocar en el río Chili. Las quebradas tienen una pendiente relativamente elevada y existe poca capacidad de retención natural de agua. Las riberas de quebradas y ríos están desprotegidas sin contar con protección natural o artificial, y en muchos sectores algunas de ellas están ocupadas por viviendas. Incluso huaicos ocurren en el río Chili afectando infraestructura pública y privada como las hidroeléctricas (EGASA), y los conductos principales de agua (SEDAPAR). El cambio en el uso del suelo ha contribuido a la ocurrencia de inundaciones en la ciudad de Arequipa a través de su historia. El incremento en la densidad de caminos y la ocupación urbana de terrazas y llanuras aluviales, han acelerado el escurrimiento superficial provocando caudales más elevados.

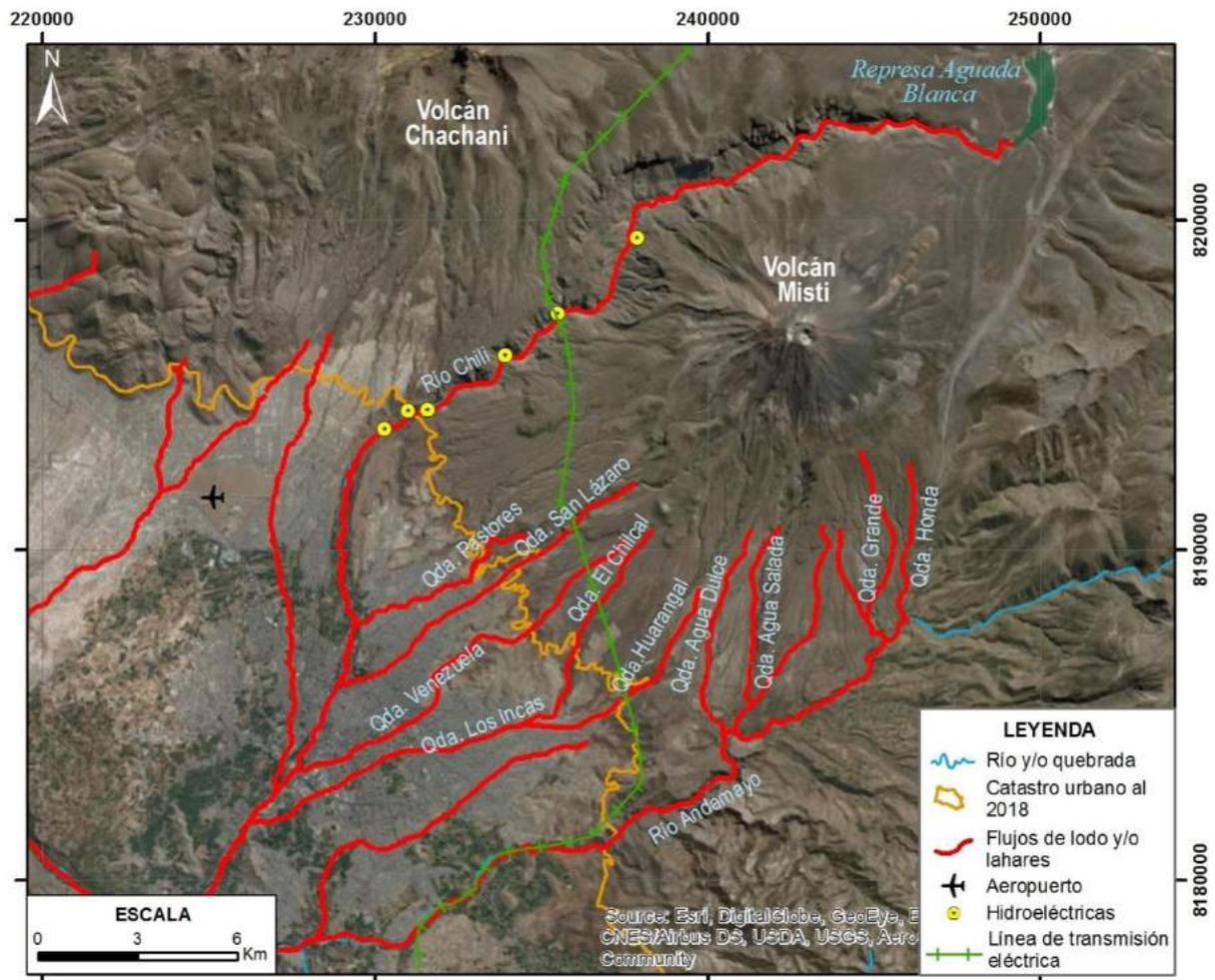


Fig. 4 - Mapa que muestra las principales quebradas por donde descienden los flujos de lodos.

Recomendaciones

Para una real planificación urbana de la ciudad de Arequipa, es necesario realizar investigaciones geológicas incluyendo modelos probabilísticos sobre la generación de las inundaciones asociadas a precipitaciones pluviales extraordinarias en las micro-cuencas de los ríos Seco, Chili y Socabaya con el objetivo de calcular los volúmenes probables de avenidas que se presentarán en la época de lluvias para diferentes periodos de retorno.

Es necesario realizar periódicamente la limpieza de los cursos naturales (quebradas/torrenteras), mantenimiento y/o construcción de sistemas de drenaje pluvial y alcantarillado, y evitar ocupar los cauces de las torrenteras.

Es necesario desarrollar un sistema de alerta temprana (SAT) ante la ocurrencia de huaicos e inundaciones, sustentado técnica y científicamente por INGEMMET. Este sistema en tiempo real, proveería información que, con una ventana de tiempo de cerca de una hora de anticipación, para alertar la ocurrencia de un huaico en las torrenteras de

Arequipa. Con la ejecución de este SAT, se podrá tomar decisiones anticipadas y oportunas de preparación y respuesta para mitigar los impactos.

Referencias

- Cacya, L., Meza, P., Carlotto, V., Mamani, L. 2013. Aluvión del 8 de febrero del 2013 en la ciudad de Arequipa. Resumen extendido Foro Internacional de Riesgos Geológicos. INGEMMET. Pp. 195-200.
- Cornejo, J., 1990. Probabilidad de ocurrencia y peligrosidad de fuertes precipitaciones en la ciudad de Arequipa. Tesis en Ingeniería Geológica. Universidad Nacional San Agustín, Arequipa.
- Cruz, R. 2007. Gestión del riesgo por inundación en asentamientos populares, distrito de Mariano Melgar, Arequipa. Tesis para optar el grado de Magíster. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de San Agustín.
- Ettinger S., Mounaud L., Magill C., Yao-Lafourcade A-F, Thouret J.-C., Manville V., Negulescu C., Zuccaro G., De Gregorio D., Nardone S., Uchuchoque J.A.L., Arguedas A., Macedo L., Llerena N.M. 2016. Boulding vulnerability to hydro-geomorphic hazard: Estimating damage probability from qualitative vulnerability

- assessment using logistic regression. *Journal of Hydrology* V. 541, p. 563-581.
- Fernandez, J., Benites, A. 2001. Estudio: Inundaciones en la localidad de Arequipa ocasionadas por el ingreso de las torrenceras. INDECI. 53 p
- Fuse, J., Benítez, A. 1999. Inundaciones en la localidad de Arequipa ocasionadas por el ingreso de torrenceras. Arequipa: Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) / Universidad Nacional de San Agustín (UNSA). Informe técnico.
- Guevara, C., 1969. Geología del cuadrángulo de Characato. Boletín del Servicio Geológico de Minería N° 23, Lima.
- INGEMMET, 2002. Estudio de riesgos geológicos del Perú: Franja N° 2. Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica [Boletín C 27]. 368 p., 26 mapas.
- INGEMMET, 2003. Estudio de riesgos geológicos del Perú: Franja N° 3. Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica. [Boletín C 28]. 373 p., 17 mapas
- Martínez Ibarra, E., 2012. A geographical approach to post-flood analysis: the extreme flood event of 12 October 2007 in Calpe (Spain). *Appl. Geogr.* 32, 490–500.
- Rojas, R. 1978. Estudio geodinámico y geotécnico de la torrencera de Santo Domingo (distrito de Mariano Melgar provincia de Arequipa, departamento de Arequipa). Tesis en Ingeniería Geológica Universidad Nacional San Agustín, Arequipa.
- Thouret, J.-C., Finizola, A., Fornari, M., Suni, J., Legeley-Padovani, A., Frechen, M. 2001. Geology of El Misti volcano nearby the city of Arequipa, Peru. *Geological Society of America Bulletin* 113 (12), 1593-1610.
- Valdivia, A. 1978. Estudio geodinámico y geotécnico de la primera torrencera, Arequipa. Tesis en Ingeniería Geológica Universidad Nacional San Agustín, Arequipa.
- Vargas Franco R.D., Thouret, J.C., Delaite, G., van Westen, C.J., Sheridan, M.F., Siebe, C., Souriot, T., Stinton, 2010. A. Mapping and assessing volcanic and flood hazards and risks, with emphasis on lahars, in Arequipa, Peru. In G. Gropelli, & L. Viereck-Goette (Eds.), *Stratigraphy and geology of volcanic areas* (pp. 267-282). (Geological Society of America Special Paper; No. 464). Boulder: Geological Society of America.
- Vargas, L., 1970. Geología del cuadrángulo de Arequipa. Boletín del Servicio Geológico de Minería N° 24, Lima.