



XVIII Congreso Peruano de Geología

RESULTADOS PRELIMINARES SOBRE LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEO-HIDROLÓGICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

Manuel Vilchez¹, Sandra Villacorta¹, Norma Sosa¹, Marco Rivera¹ y Griselda Luque¹

¹ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá N° 1470-San Borja, Lima, Perú (mvilchez@ingemmet.gob.pe)

1. Introducción

Desde hace décadas la ciudad de Arequipa es considerada muy vulnerable ante la ocurrencia de peligros geo-hidrológicos, (flujos, avenidas, inundaciones); sismos y amenaza de erupción por el volcán Misti. Los primeros, debido a su ubicación en la cuenca hidrográfica del río Chili, la cual presenta alto escurrimiento superficial y gran densidad de drenaje parámetros que se reflejan en épocas de intensas precipitaciones (Oliver-Smith, 1994; Cruz, 2007).

Para comprender mejor la ocurrencia de los movimientos en masa y procesos geo-hidrológicos que han dañado infraestructura y afectado a la población arequipeña en los últimos años, es necesario evaluar cómo y donde ocurren, sus efectos y la proyección que sobre su evolución futura. En ese sentido, INGEMMET en el 2015, se propuso identificarlos al detalle trabajo que incluye el cartografiado, inventario y modelación numérica a escala 1:5000; evaluación que permitirá proponer un real ordenamiento territorial para la ciudad de Arequipa.

2. Contexto geológico y geomorfológico del área

El área de estudio es la ciudad de Arequipa, donde afloran rocas con edades del Precambriano hasta el reciente (Mariño et al., 2016). Las más antiguas son las del Complejo Basal de la Costa que incluyen gneis, anfibolita y pequeños stocks de granito potásico, sobre el cual descansa en discordancia angular una secuencia volcánico-sedimentaria del Liásico (Volcánico Chocolate). Se tiene lavas andesíticas del Pleistoceno-Holoceno en las laderas del volcán Misti y depósitos volcánicos que corresponden a flujos y caídas piroclásticas, que a veces están intercalados con los depósitos aluviales y también con lahares.

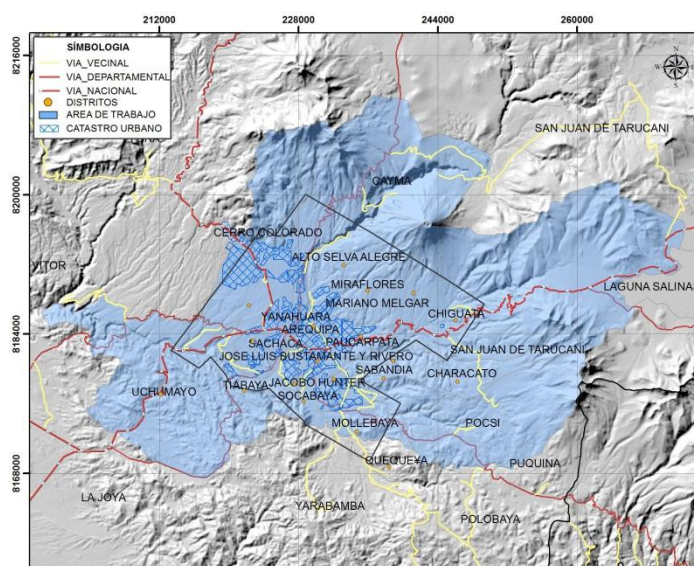


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de trabajo.

Los depósitos cuaternarios encontrados en los alrededores de la ciudad de Arequipa corresponden a abanicos aluviales producidos por antiguos flujos de barro en un contexto de clima semi-árido.

Las altitudes en el área evaluada varían entre 1800 y 2600 msnm, en medio de una cuenca cuya pendiente tiene 5 %, inclinada hacia el Suroeste. En su extremo oriental la cuenca está limitada por los volcanes Misti y Pichu Pichu, y en su extremo suroriental está limitada por los cerros del Batolito de la Costa (Mariño et al., 2016).

El clima semi-árido que predomina en la región no ha sido propicio para la formación de suelos, sin embargo los que predominan en el área urbana de Arequipa son materiales heterogéneos asociados a las unidades geológicas presentes en el área (Núñez del Prado et al., 2001) especialmente fértiles por influencia volcánica.

3. Amenaza por movimientos en masa y procesos geohidrológicos

Los primeros estudios efectuados por Rojas (1978), Valdivia (1978), Cornejo (1990), INGEMMET (2002, 2003) y otros efectuados por INDECI (1995-2010) indican que las quebradas con mayor actividad en peligros geológicos y geo-hidrológicos, en los últimos 100 años, han sido Polanco, San Lázaro, Venezuela, Los Incas, Mariano Melgar e Ichuza. Otros estudios, presentan evidencias de erosión fluvial en el área urbana, como por ejemplo Cruz (2007) que hace aportes en la evaluación de riesgo de desastre ante inundaciones y deslizamientos asociados a fuertes precipitaciones pluviales en el ámbito de la torrentera El Huarangal (Quebrada Los Incas).

De acuerdo al análisis del inventario de peligros geológicos y geo-hidrológicos del Perú efectuado por INGEMMET a escala regional (1:100 000) (1970-2013) se tiene registrados 67 eventos, de los cuales más del 19 % corresponde a flujos e inundaciones (figura 2).

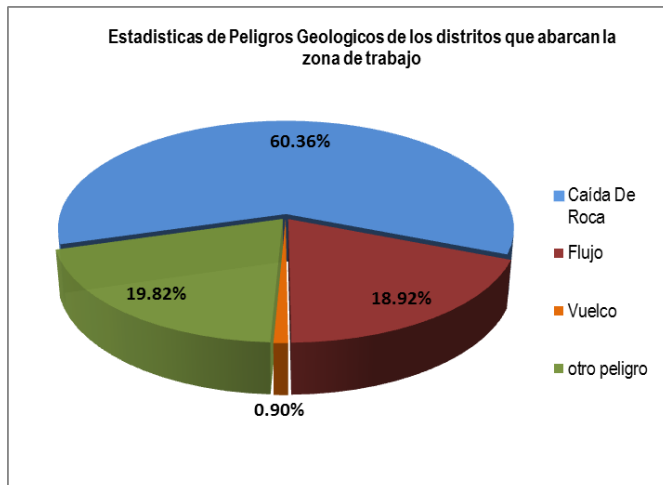


Figura 2: Estadística de ocurrencia de peligros.

4. Inundación y flujos de detritos

En zonas semiáridas como Arequipa, es común que las inundaciones, a pesar de su poca frecuencia, causen destrucción y cambien rápidamente la configuración geomorfológica del terreno (Ettinger et al, 2015; Martínez Ibarra, 2012). Acerca de la ocurrencia de inundaciones, varios autores coinciden que esta es muy variable, y se asocian a lluvias intensas y localizadas (Ettinger et al, 2015). El fenómeno ocurre del siguiente modo: intensas precipitaciones producen riadas y/o avenidas las cuales a su vez generan erosión, desborde e inundación.

Los primeros registros de los eventos geo-hidrológicos datan de fines del siglo XVIII que señalan, se debieron a graves trastornos climáticos (se le atribuye al evento EL NIÑO) que originaron intensas lluvias e inundaciones siendo afectadas las ciudades de Cusco y Arequipa (Cruz, 2007).

En 1868, fue necesaria la renovación urbana de la ciudad de Arequipa posterior al sismo registrado ese año, que destruyó parcialmente la ciudad. En aquel tiempo se reconstruyó la infraestructura sin considerar la geografía, la topografía y los peligros naturales que amenazan esta zona. Esto produjo áreas urbanas vulnerables, por

ejemplo las urbanizaciones ubicadas en las terrazas aluviales del río Chili.

Posteriormente, en 1997, marzo de 1999 y marzo de 2001 la ciudad volvió a verse 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 (1999) y 34,10 mm en el 2001 (Cruz, 2007). El 11 de Marzo de 2012, se produjo el desborde de la tercera torrentera de Paucarpata 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 viviendas. Además se registraron vehículos varados en la carretera Panamericana Sur, y desbordes aguas abajo del río Chili (Cacya et al, 2013).

El 08 de marzo del 2013, la precipitación en la ciudad de Arequipa alcanzó los 124,5 mm, lo que originó flujos de detritos en las quebradas San Lázaro, Venezuela y Los Incas (fig. 3), que se desbordaron y causaron inundaciones que afectaron 50 km de vías, el sistema de agua potable y desagüe, destruyeron 79 viviendas y afectaron otras 10 mil, además de los centros comerciales (Cacya et al., 2013).

Durante el trabajo de campo para este estudio se pudo observar que las torrenteras en Arequipa en su totalidad se encuentran antropizadas, es decir, se estrechan los cauces por la construcción de viviendas, puentes o por el arrojo de desmote y basura que reducen la sección transversal de las mismas favoreciendo el entrapamiento y obstrucción del material transportado de forma natural (figuras 3 y 4); o desaparece totalmente el trazo de torrenteras por trabajos de explanación del terreno para habilitación urbana en las partes altas de la ciudad de Arequipa.



Figura 3. Vista del cauce estrechado de la torrentera Venezuela, cuando se produjeron las inundaciones en el 2013. El depósito de material alcanzó hasta 1 m de altura (Foto: Luque, 2013).



Figura 4: Vista de cuenca alta de la torrentera Venezuela; es posible observar la proximidad de las viviendas al cauce de la torrentera.

sobre los efectos del cambio climático en el sur del Perú. Se obtendrá como producto un mapa geomorfológico, de procesos activos y de zonas de inundación, que servirá para realizar trabajos de re-ordenamiento territorial de la ciudad.

6. Conclusiones

El cambio en el uso del suelo ha contribuido a la ocurrencia de inundación y anegamiento en la ciudad de Arequipa a través de su historia poblacional.

Para una adecuada planificación urbana de la ciudad de Arequipa es necesario ultimar las investigaciones geológicas incluyendo modelos probabilísticos sobre la generación de las inundaciones en los ríos Seco, Chili y Socabaya con el objetivo de calcular los volúmenes probables de avenidas extraordinarias para diferentes escenarios.

Es necesario concluir la cartografía de depósitos cuaternarios al detalle para aclarar algunos considerados erróneamente como fluviales sin serlo. Caso de algunos depósitos de Ignimbritas observados en ambas márgenes del río Chili erosionados por acción fluvial y empleados actualmente como terrenos de cultivo.

En muchos de los lugares visitados, el diseño del desfogue de los cauces de ríos y quebradas no ha considerado avenidas extremas o estas han sido sub-valoradas, por ejemplo las quebradas ubicadas en el sector Vallecito donde los cauces se han encerrado con muros o incluso constituyen vías de acceso.

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. 2015. Building vulnerability to hydro-geomorphic hazards: Estimating damage probability from qualitative vulnerability assessment using logistic regression. *Journal of Hydrology*, Elsevier. 19 p.
- Fuse, J. y 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.
- 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.
- Núñez del Prado, H.; Farfán, E.; Díaz, H. 2001. Kosaka, R. (ed). Geología y estratigrafía del cuaternario y zonificación geotécnica-sísmica del área urbana de Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín (UNSA). Informe técnico CONVENIO UNSA – CEREN.
- Oliver-Smith, A. 1994. Perú, 31 de mayo, 1970: quinientos años de desastres. *Revista Desastres y Sociedad. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Santa Fe de Bogotá.* 2, 2: 2-13. Organización de las Naciones Unidas para la ciencia y la cultura (UNESCO).
- Mariño, J.; Rivera, M.; Thouret J.-C. & Macedo, L (2016). Geología y mapa de peligros del volcán Misti, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 60, 170 p., 2 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.
- Valdivia, A. 1978. Estudio geodinámico y geotécnico de la primera torrencera, Arequipa. Tesis en Ingeniería Geológica Universidad Nacional San Agustín, Arequipa.