CARACTERIZACIÓN GEODINÁMICA DE LA CIUDAD DE ABANCAY PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES

Carlos A. Luza Huillca[1], Sandra Villacorta Chambi[1], Fluquer Peña1, Fredy Jaimes[1]
[1] Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- INGEMMET, Lima-Perú. carlosluzah@gmail.com

RESUMEN: Actualmente, la ciudad de Abancay presenta un desarrollo continuo reflejado tanto en su crecimiento poblacional como en la infraestructura construida. Producto de este crecimiento se tiene la ocupación de nuevas áreas para vivienda y cultivo sin considerar las características geodinámicas y climáticas de la zona. Las constantes lluvias (sobre todo; entre diciembre y marzo) generan la ocurrencia de fenómenos como los movimientos en masa que afectan a la ciudad y poblados aledaños. En tal sentido el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet eligió a la microcuenca del río Mariño en Abancay (Apurímac) para desarrollar estudios geológicos, hidrogeológicos, geofísicos y geodinámicos a escala de detalle, a fin de conocer en detalle el comportamiento de los procesos geológicos que comprometerían la seguridad de sus habitantes y la infraestructura construida, configurando futuros escenarios de riesgo de desastres en su ámbito. Esto permitirá proponer medidas de intervención y una adecuada gestión del riesgo de desastres en la ciudad de Abancay y la microcuenca del río Mariño.

PALABRAS-CLAVE: Movimientos en masa, Peligro geológico, Riesgos, Susceptibilidad.

1. GENERALIDADES

El área de estudio corresponde a la microcuenca del río Mariño ubicada en el área central y oriental del territorio peruano, en la provincia de Abancay de la región Apurímac (figura 1). Políticamente comprende parte de los distritos de Tamburco y Abancay. Cuenta con un área aproximada de 200 km2 y se ubica entre las coordenadas UTM: Norte: 8502000- 8484000, Este: 721000 – 745000

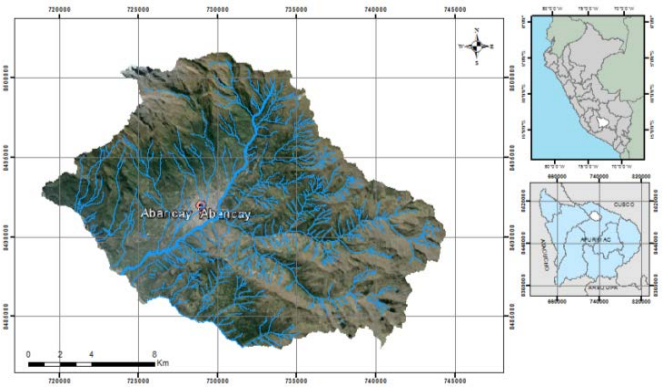

Figura 1. Localización de la cuenca del rio Mariño en Abancay – Apurímac.

La microcuenca del río Mariño presenta una fisiografía abrupta con un arco de montañas que separan las aguas hacia los ríos Apurímac y Pachachaca, donde destaca el ex nevado Ampay con una altura de 5190 msnm, hoy considerado como Santuario Nacional por el Servicio Natural de Áreas Naturales Protegidas. Al pie del nevado se encuentra la ciudad de Abancay. Los elevados relieves son erosionados por numerosos ríos y quebradas entre los cuales destacan el río Mariño y sus tributarios, las quebradas Sahuanay, Ampay, Puruchaja, entre otros.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Foto 1 Deslizamiento - flujo que arrasó los poblados de Ccocha y Pumaranra (fuente: Dávila y Zavala, 1997).

En el área de estudio destacan los relieves abruptos con una fuerte influencia de geoformas glaciares, gravitacionales y aluviales. Dentro de las geoformas glaciares se destacan el nevado Ampay que actualmente ha perdido extensión debido a su progresivo deshielo. Otros rasgos glaciares son las morrenas que funcionan como diques naturales de las lagunas Angascocha y Uspaycocha (Villacorta & Valderrama, 2012). Los

valles glaciares se encuentran en la cabecera de la quebrada Sahuanay en el pie del nevado Ampay y en el cerro Runtucocha. La zona montañosa presenta fuertes pendientes con afloramientos rocosos cuyas laderas muchas veces se encuentran cubiertas por vegetación (Baca et al., 2007). En este contexto se desarrollan variedad de formas gravitacionales, destacando los grandes deslizamientos y avalanchas como la de Ccocha y Pumaranra que arrasó dichos poblados en 1997 (foto 1). Hacia la zona baja de la quebrada Sahuanay (valle del Olivo) se tiene terrazas fluvio-aluviales adyacentes al cauce principal, sobre las cuales se desarrollan áreas de cultivo y se ubican las viviendas del distrito de Tamburco (Villacorta et al, 2013).

Respecto a las unidades geológicas, la cuenca del río Mariño, está conformada por rocas desde las antiguas (Paleozoico) a las más recientes (Cuaternario; Marocco, 1975). En la sección de la carretera Abancay – Huanipaca, la sucesión inicia por una secuencia de lutitas negras en estratos gruesos de más de 100 m de espesor, las que se intercalan con delgados niveles de calizas bituminosas muy compactas de hasta 30 cm y areniscas de grano fino con slumps, correspondientes al Grupo Tarma (Pensilvaniano). Estas secuencias pasan progresivamente a otra de calizas masivas intensamente fracturadas, intercalados con delgados niveles de lutitas negras con nódulos calcáreos de hasta 30 cm de diámetro y areniscas feldespáticas de grano medio a fino, correspondientes al Grupo Copacabana (Carbonífero). Sobre la secuencia descrita se tiene areniscas masivas feldespáticas intercaladas con flujos piroclásticos de origen volcánico pertenecientes al Grupo Mitu (Permo-Triásico). Cubriendo a toda la secuencia se encuentran los depósitos aluviales, fluviales, eluviales y glaciares (morrenas) de edad cuaternaria.

La columna descrita esta plegada por anticlinales y sinclinales de dirección NE-SO, los cuales se encuentran paralelos a la quebrada Mariño, y en menor medida por pliegues transversales de dirección NO-SE. Asimismo es notoria la influencia del sistema de fallas normales de dirección NE-SO denominado Patacancha-Tamburco (Carlotto et al, 2006).

3. PELIGROS GEOLÓGICOS

Para realizar un análisis de eventos históricos se ha contado con los datos del INDECI y la del inventario nacional de peligros geológicos del Ingemmet. Así en el 2013 INDECI registró en la región Apurímac 258 emergencias por fenómenos naturales (tabla 1), 67 de ellos en la provincia de Abancay. Considerando la base de datos del Ingemmet para la cuenca del río Mariño se han registrado 141 peligros geológicos, de los cuales se puede desglosar una mayor ocurrencia de deslizamientos, caída de rocas y flujo de detritos (huaycos, gráfico 1). Entre los procesos más relevantes por sus impactos, registrados entre 1951 y 2014, se encuentran los señalados en la tabla 2.

Gráfico 1. Registro porcentual de los peligros geológicos registrados en Abancay (Fuente: INGEMMET, 2014).

Tabla 1. Cuadro estadístico de emergencias clasificadas por grupos de fenómenos en la región de Apurímac (extracto tomado de: INDECI, 2013).

Grupo de fenómeno	Emergencia
Geodinámica interna	1
Geodinámica externa	8
Meteorológicos	192
Tecnológicos	57
Total	258

Tabla 2. Resumen de eventos más resaltantes por daños ocasionados en la provincia de Abancay.

Paraje/lugar	Evento	Peligro	Vulnerabildad	Fecha
Limapata, Puchuorcco	Deslizamiento	Alto	Alto	2010
Qda. Puyo-Huayco	Flujo	Alto	Alto	2010
Espinoza Alto	Deslizamiento	Alto	Alto	2011
Cerro Chuyllurpata	Movimiento Complejo	Alto	Muy alto	1951, 2012
Ccocha Pumaranra	Movimiento Complejo	Muy Alto	Muy alto	1997
Asillo	Deslizamiento	Alto	Alto	Abril 2012

4. INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS

A fin de determinar los principales factores condicionantes a los movimientos en masa, se evaluaron la hidrogeología, la susceptibilidad por movimientos en masa y la geomecánica del macizo rocoso.

4.1. Caracterización hidrogeológica

Las aguas subterráneas tienen una función condicional para la generación de movimientos en masa debido a que las características hidrogeológicas de los materiales (permeabilidad, transmisividad) contribuyen a su activación. Esto se evidencia claramente en la parte alta de la margen derecha de la quebrada Sahuanay donde se encuentra el ex nevado Ampay. En dicho sector la presencia de calizas altamente fracturadas del Grupo Copacabana inferior, el cual constituye un acuífero fisurado-kárstico, sumada a la elevada precipitación pluvial genera infiltración en el subsuelo volviendo inestable los terrenos. El ingreso de las aguas de lluvia en las calizas que tiene puntos de surgencia en la parte baja en numeroso manantiales (56 inventariados). En contacto con las lutitas y areniscas del Grupo Copacabana superior y con las areniscas y lutitas rojas del Grupo Mitu, estas dos unidades tienen características impermeables y se clasifican como acuitardos.

Foto 2. Caudal de surgencia (0.51 m3/s) en la base del deslizamiento Sahuanay, factor detonante para la ocurrencia de movimientos en masa. (fotografía: Fluquer Peña, 2014)

En el área de la quebrada Sahuanay, se tiene hasta 4 surgencias. Una de ellas se encuentra relacionada a la avalancha de detritos de marzo del 2012 (foto 2). Dicha surgencia en época de lluvia alcanza un caudal de 0.51 m^3/s (aforado en marzo del 2015). La quebrada Sahuanay actualmente se viene canalizando con estructuras hidráulicas inadecuadamente diseñadas. La estructura consiste de muros que encajan al cauce con un ancho de 4 m demasiado estrecho pues no se ha considerado la dimensión del volumen que podría movilizarse con una nueva avalancha de detritos. (fotos 3 y 4).

Fotos 3 y 4. Canalzación de la quebrada Sahuanay construida en el 2014. Obsérvese como el agua viene erosionando la margen derecha (foto 3), ademas esta canalización resulta muy estrecha porque no se ha considerado una modelización de las avalanchas ocurridas en la zona (fotografía: Fluquer Peña, 2015).

4.2. Análisis de susceptibilidad

Esta evaluación se ha basado en un modelo heurístico multivariado (Villacorta, et al, 2007; Santacana et al, 2003). Dicho análisis se realizó por medio del software ArcGis de ESRI, en su versión 10.1. Las variables analizadas fueron:

1) Características geológico-estructurales, a escala 1:10,000 del INGEMMET;

2) Características geomorfológicas recopiladas en campo;

3) Características hidrogeológicas basadas en las lito-permeabilidades de las unidades geológicas;

4) Pendiente de los terrenos, a partir de un modelo de elevación de la base topográfica del IGN a escala 1:25.000;

5) Cobertura vegetal y uso de suelo, a partir de los datos de INRENA (1999) y

6)Datos de campo.

Cada capa de información ha sido evaluada teniendo en cuenta su relación con la ocurrencia de movimientos en masa. En el caso de la vegetación, si bien puede contribuir a la conservación del material suelto en las laderas, también lo que retiene es agua de escorrentía principalmente en las zonas medias del valle. Esto puede incrementar los condicionantes (humedad, presión en los poros, etc.) para la ocurrencia de movimientos en masa. Del modelo resultante (Figura 2) se puede observar que la ciudad de Abancay y sus alrededores presentan susceptibilidad de media a muy alta a la generación de deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos.

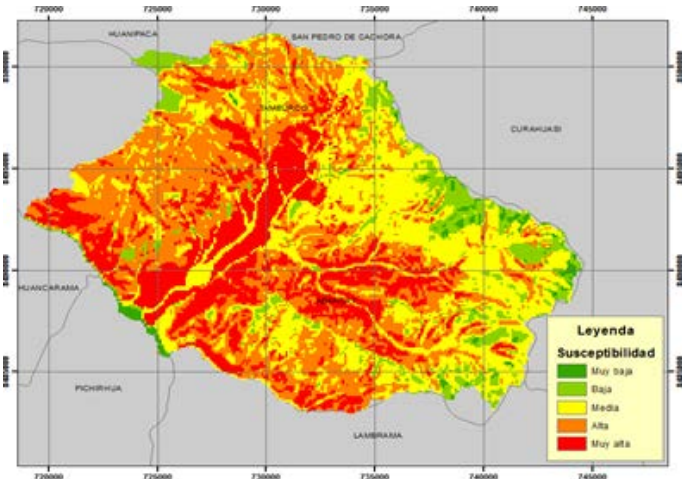

Figura 2. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de la cuenca del río Mariño.

4.3.Caracterización geomecánica del macizo rocoso

La caracterización del macizo rocoso fue realizada de acuerdo a la clasificación RMR (Rock Mass Rating) de Bieniawski (1984), la cual permite estimar la calidad del macizo rocoso en base a ciertos parámetros, como la resistencia a la compresión simple, el RQD (Rock Quality Designation), condiciones de la discontinuidad, espaciamiento de la discontinuidad, y la presencia de agua subterránea. En la Tabla 3 son mostrados los resultados de la clasificación geomecánica de los macizos rocosos analizados, cuyas estaciones geomecánicas se muestran en la Figura 3.

Estación	RMR	Calidad de la roca
01	72	Buena
02	70	Buena
03	66	Buena
04	72	Buena
05	43	Regular
06	44	Regular
07	75	Buena
08	72	Buena

Tabla 3. Calidad del macizo rocoso mediante el RMR.

Los resultados del análisis permiten indicar que los macizos rocosos en Abancay presentan una calidad de regular a buena, disminuyendo esta hacia el oeste de la cuenca del río Mariño.

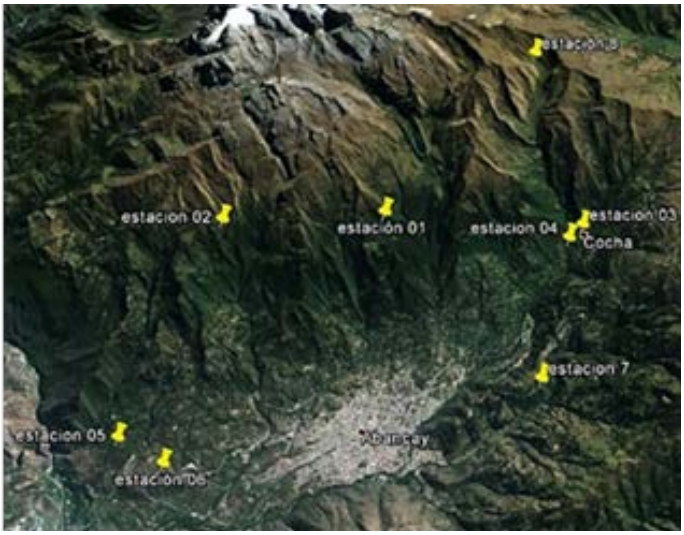

Figura 3. Estaciones geomecánicas correspondientes a cada uno de los macizos rocosos registrados en campo.

4.4. Análisis de estabilidad

La ocurrencia de los diferentes tipos de ruptura que podrían darse en los diferentes macizos fueron analizados mediante el programa Dips 5.0 de la compañía Rocscience (https://www.rocscience.com/). Cuyos resultados son resumidos en la tabla 4, mostrando que solo la estación 01 se encuentra

estable, mientras que las demás estaciones presentan la posibilidad de al menos un tipo de ruptura. De los resultados obtenidos se puede señalar que los macizos rocosos que afloran en la región son más estables en la dirección Oeste – Este y de Sur a Norte. De acuerdo con los resultados de esta caracterización geomecánica se ha elaborado una zonificación geomecánica preliminar de la cuenca Mariño (figura 4).

Tabla 4. Análisis de estabilidad de los macizos rocosso en la cuenca del río Mariño

Estación	Angulo de fricción (°)	Tipo de ruptura para taludes de roca		
		Plana	Cuña	Tumbamiento
01	40	No	No	No
02	30	Si	Si	No
03	45	Si	Si	No
05	35	No	No	Si
06	35	Si	Si	Si
07	35	Si	Si	Si
08	35	Si	No	No

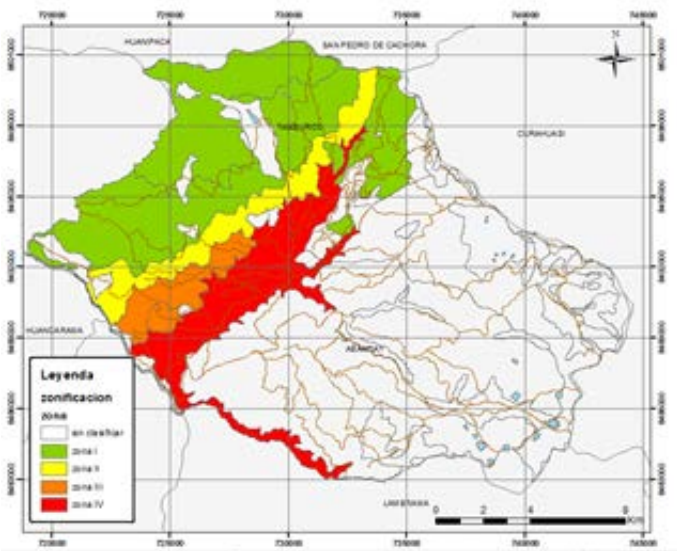

Figura 4. Zonificación geomecánica preliminar de la cuenca Mariño

Se debe considerar que los macizos rocosos evaluados muestran un agrietamiento particularmente denso. El espaciamiento observado contribuye a un incremento de la meteorización, así como en la disminución de la estabilidad de los mismos, ya que el agua de lluvias al ingresar en las discontinuidades meteoriza las paredes de la roca formando arena o arcilla. Así mismo la arcilla puede viajar en el interior de la junta suspendida en el agua, pudiendo rellenar las discontinuidades disminuyendo su estabilidad.

5. CONCLUSIONES

- A partir de los estudios realizados se muestra que la región Abancay presenta alta susceptibilidad a los movimientos en masa. Teniendo como principales factores la elevada meteorización, vegetación, pendiente, hidrología, geomorfología, topografía, que influencian en la formación de suelos residuales, así como en la estabilidad de los macizos rocosos.

- Los macizos muestran un agrietamiento particularmente denso cuyo espaciamiento contribuye a un incremento de la meteorización. Su calidad regular a buena de acuerdo con el RMR siendo sus discontinuidades las que condicionan su estabilidad.

- La mayoría de los problemas se presentan en la capa de los suelos por la circulación de flujos subsuperficiales (incremento de la presión de poros) los cuales se ven incrementados en los periodos de lluvias.

- El factor vegetación puede ser favorable en el caso de ser bien manejado, pero el exceso de vegetación también permite la retención de agua pudiendo incrementar las condicionantes de movimientos del terreno.

- La quebrada Sahuanay requiere de medidas urgentes que puedan reducir la vulnerabilidad de la población ante el elevado peligro por movimientos en masa existente en toda la su cuenca. Actualmente se viene canalizando con estructuras hidráulicas inadecuadamente diseñadas.

- La información presentada debe ser empleada en la elaboración de soluciones técnicas con fin de mitigar el peligro geológico y disminuir la vulnerabilidad de la población Abanquina.

6. AGRADECIMENTOS

Se agradece Al GORE Apurímac (en especial a la Subgerencia de Defensa Civil), SERNANP, Municipalidad de Abancay, y todas aquellas instituciones que nos brindaron su apoyo y colaboración durante las diferentes etapas del proyecto.

REFERENCIAS

BACA, C.; BENAVENTE, R.; LOAYZA, C.; ACURIO, H. Mapa de peligros de la ciudad de Abancay. PROYECTO INDECI: PNUD PER/02/051 00014426 - Ciudades Sostenibles. Apurímac, 2007. 300p.

BIENIAWSKI (1984), Clasificación Geomecanica. In: Goodman, R. E. Introduction to rock mechanics. 2° ed. Canada 1989. P. 43-46.

CARLOTTO, V., TINTAYA, D., CÁRDENAS, J., CARLIER, G., RODRÍGUEZ, R. (2006). Fallas transformantes permo-triásicas: la falla Patacancha-Tamburco (Sur del Perú). Resúmenes XIII Congreso Peruano de Geología

INDECI. Compendio estadístico del INDECI 2013, en la preparación, respuesta y rehabilitación ante emergencias y desastres. 2013.

MAROCCO, R. Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas. Instituto de Geología y Minería. Lima – Perú. 1975. 58 p.

INGEMMET. Especificaciones técnicas: Leyenda y Simbología de Peligros Geológicos. Instituto geológico minero y metalúrgico. 2014. 3p.

SANTACANA, N.; BAEZA, B.; COROMINAS, J.; PAZ, A.D. MARTURIÁ, J. (2003). A GIS-based multivariate statistical analysis for shallow landslide susceptibility mapping in La Pobla de Lillet Area (Eastern Pyrenees, Spain). Natural Hazards, Vol. 30, 281–295

VILLACORTA, S. 2007. Análisis de la Susceptibilidad por Movimientos de Ladera en la Cuenca del Río Llaminchan, (Cajamarca-Perú). Tesis. Master Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales. RED: ALFA-DESIR

VILLACORTA, S. & VALDERRAMA, P (2012). Evaluación del flujo de detritos de Tamburco, provincia de Abancay región de Apurímac. Informe técnico DGAR-INGEMMET. 29 p. 1 mapa.

VILLACORTA, S., VASQUEZ, E., VALDERRAMA, P., MADUEÑO, M. (2013). Segundo reporte de Zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac. Informe técnico DGAR-INGEMMET. 46 p. 3 mapas.