

Informe Técnico N° A6781

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ÁREA DE CAHUAYA - ANIMAS

Distrito Matalaque,
Región Moquegua



POR:

JESSICA VELA
GRISELDA LUQUE
JUAN JOSÉ CUNO

NOVIEMBRE
2017

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	2
1.1	ANTECEDENTES	2
1.2	OBJETIVOS	2
1.3	UBICACIÓN	2
II.	GEOMORFOLOGÍA	3
2.1	Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional	3
2.2	Geformas de carácter deposicional y agradacional	4
III.	GEOLOGÍA	6
IV.	PELIGROS GEOLÓGICOS	8
4.1	PELIGROS VOLCÁNICOS	8
4.2	PELIGROS POR MOVIMIENTO EN MASA	10
	RECOMENDACIONES	22
	BIBLIOGRAFÍA.....	22

I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) es el servicio geológico en nuestro país. Según el ROF del INGEMMET (Decreto Supremo Nro. 035-2007-EM, ver Anexo), en el Artículo 3, dentro sus Ámbitos de Competencia y Funciones, señala “Identificar, estudiar y monitorear los peligros asociados a movimientos en masa, actividad volcánica, aluviones, tsunamis y otros”. Asimismo, en el Artículo 21, numeral 2, se establece que la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico “es el órgano de línea del INGEMMET que realiza investigaciones, programas y proyectos Geoambientales, Geotécnicos y de Evaluación y Monitoreo de Peligros Geológicos del territorio nacional”. Por ello, el INGEMMET a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, viene brindando asistencia técnica a gobiernos locales y regionales en materia de peligros geológicos, con el objetivo de reducir el riesgo de desastres en nuestro país.

El presente informe presenta los resultados de la evaluación en la zona de Cahuaya–Animas, que ha sido propuesta como un sitio de refugio ante el incremento del caudal del Río Tambo y/o ingreso de lahares del volcán Ubinas.

1.1 ANTECEDENTES

El Prof. Jaime Alberto Rodríguez Villanueva, Gobernador Regional de Moquegua, envió el Oficio N° 737-2017-G/GRM, de fecha 27 de abril de 2017, dirigida al presidente del Consejo Directivo del INGEMMET, solicitando se realice un estudio de peligrosidad de la zona de Cahuaya-Animas. El Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico designó al Ing. Jessica Vela y al Bach. Juan Jose Cuno, para realizar la inspección geológica del lugar en mención.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal es el estudio de peligrosidad en la zona de Cahuaya-Animas, para implementar el albergue temporal ante el incremento del caudal del río Tambo y/o ingreso de lahares del volcán Ubinas.

1.3 UBICACIÓN

Cahuaya-Animas se localiza en el distrito Matalaque, provincia Sánchez Cerro, región Moquegua. Esta zona se encuentra a 16 km al sureste del volcán Ubinas y a 2 km al noreste del Pueblo de Matalaque, en la margen izquierda del río Tambo (figura 1).

Coordenadas geográficas de la zona de estudio:

Longitud: -70.812983°

Latitud: -16.466271°

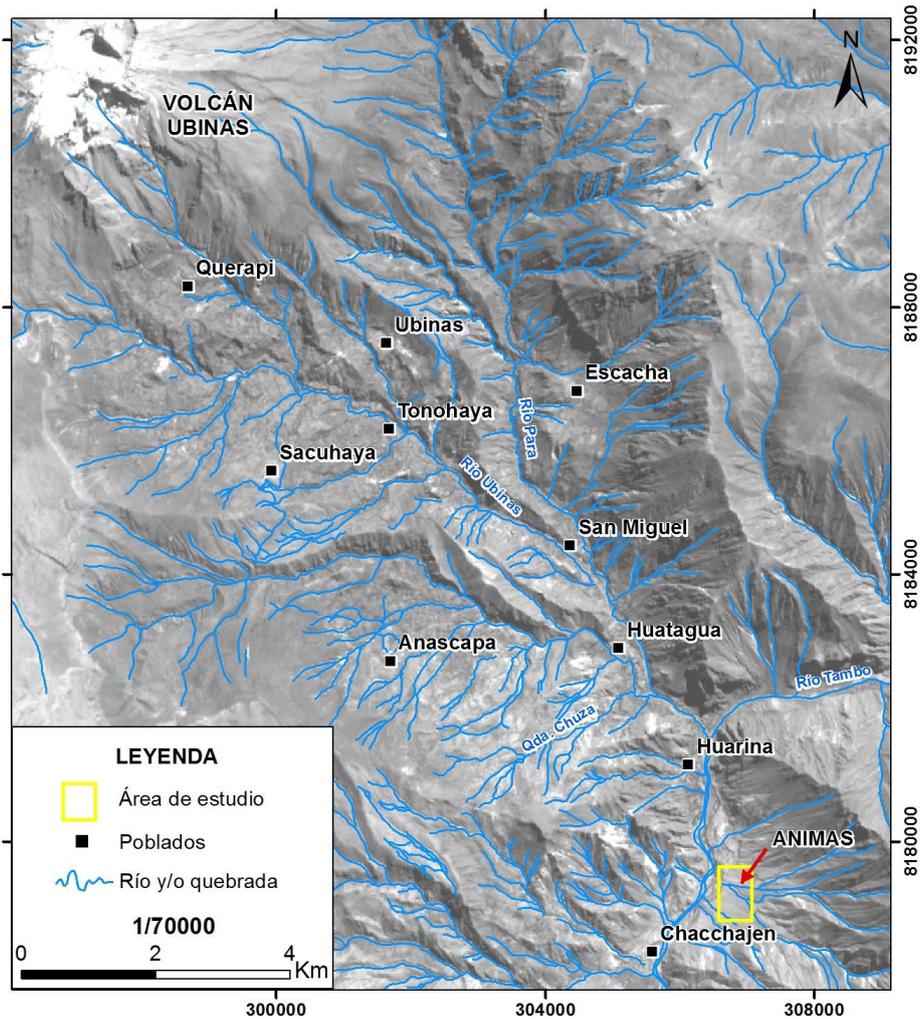


Figura 1. Mapa de ubicación donde se muestra la zona de inspección geológica.

II. GEOMORFOLOGÍA

En la zona de estudio se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas:

2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Resultantes del efecto progresivo de procesos morfodinámicos y degradacionales sobre los relieves iniciales, originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales; estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

En la cuenca del río Tambo, el sector investigado se caracteriza por la presencia de montañas, diferenciándose la siguiente unidad.

Relieve montañoso en roca volcánica (RM-rv):

Dentro de esta unidad se consideran afloramientos de rocas volcánicas (lavas andesíticas e ignimbritas). Presentan laderas con pendientes medianas a fuertes.

2.2 Geformas de carácter deposicional y agradacional

Son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, y los vientos (figura 2).

a) Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Planicie inclinada que se extiende al pie de sistema montañosos, serranías y escarpas de altiplanicies y que han sido formadas por la sedimentación de las corrientes de agua que emergen de los terrenos más elevados hacia las zonas más bajas y abiertas. Está constituido por una sucesión o coalescencia de abanicos aluviales.

b) Valles fluviales y terrazas indiferenciadas (VII-f-ti)

Al Sur y Este del volcán Ubinas se distingue el valle de Ubinas, Para y el valle del río Tambo. En ambas márgenes de los ríos Ubinas, Para y Tambo se encuentran terrazas conformadas por lahares y/o depósitos aluviales.

En el valle del río Tambo afloran rocas de la Formación Matalaque, instruidas por pórfidos granodioríticos. El valle es encajonado, de forma alargada y cortada por quebradas profundas. La parte superior presenta cierto número de lagunas por efecto de la deglaciación, mientras que en la parte inferior del valle se ha desarrollado un pequeño cono de deyección o llanura, producto de la depositación del material transportado por el río.

En ambos flancos del valle del río Tambo, se distinguen terrazas que miden 1200 m largo, 350 m ancho y 6 m de alto aproximadamente, están conformadas por lahares y/o depósitos aluviales.

III. GEOLOGÍA

Las unidades litológicas más antiguas que afloran en el área de estudio corresponden a las secuencias volcánicas de la Formación Matalaque del Cretáceo inferior. También afloran depósitos de aluviales, coluviales y lahares. (figura 3).

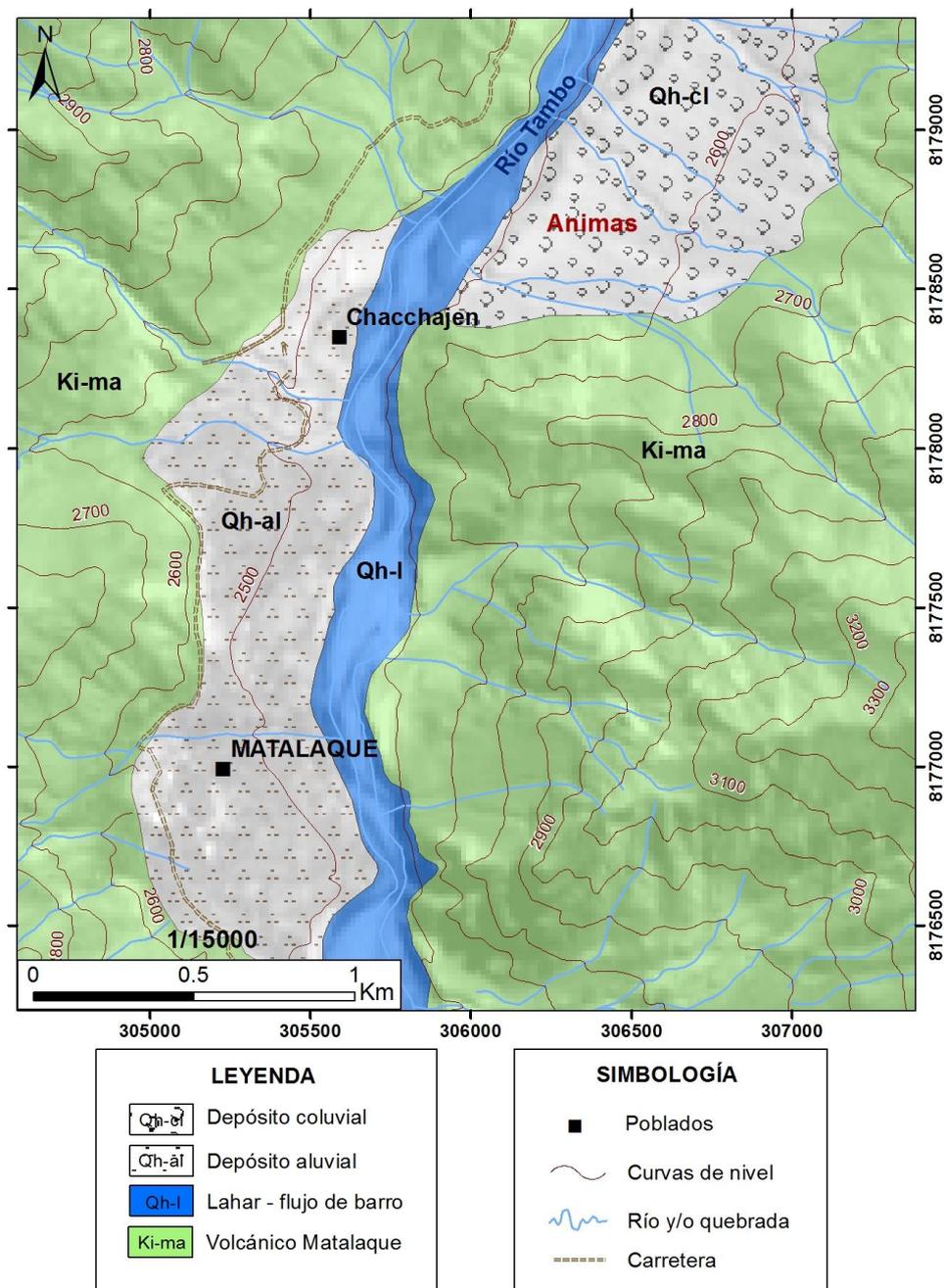


Figura 3. Mapa Geológico de la zona de estudio.

a) Formación Matalaque (Km-ma)

Esta unidad se encuentra en ambas márgenes del río Tambo y está constituida por una secuencia de lavas andesíticas alteradas, ocasionalmente en bancos de ignimbritas

soldadas. El conjunto litológico presenta coloraciones verde grisáceas, gris oscuro y violeta (producto de alteración y/o meteorización). Se presentan caída de rocas y también cárcavas (foto 1).



Foto1. Lavas andesíticas de la Formación Matalaque. En la parte superior se distinguen procesos de cárcavas en la roca alterada.

b) Flujos de lodo o lahares (Qh-l)

Estos depósitos se encuentran distribuidos en el cauce del río Tambo. Constituidos de bloques de lava y grava, incluidos dentro una matriz de ceniza, tamaño arena-limo bastante cohesiva. Poseen espesores de entre 10-20 cm. En general, los lahares se generaron durante lluvias intensas.

c) Depósitos aluviales (Qh-al)

A lo largo del valle del río Tambo, se distinguen más de dos niveles de terrazas aluviales que descansan a ambas márgenes del río. Litológicamente están conformadas por gravas de naturaleza intrusiva, sedimentaria y volcánica; estas rocas fueron transportadas a grandes distancias desde su origen. Los bloques son subredondeados y subangulosos, englobados dentro de un matriz limo arcillosa poco compactada.

d) Depósitos coluviales (Qh-cl)

Estos depósitos se encuentran cubriendo terrazas aluviales. Se caracterizan por presentar clastos que van desde bloques a limos heterogéneos y sueltos producto de la erosión y meteorización de las rocas circundantes. La zona de Cayahua-Animas se encuentra sobre depósitos coluviales.

IV. PELIGROS GEOLÓGICOS

4.1 PELIGROS VOLCÁNICOS

El mapa de peligros del volcán Ubinas, muestra que los centros poblados Querapi, Tonohaya, San Miguel y Huatagua se encuentran en la zona de alto peligro volcánico; mientras que los pueblos de Ubinas, Sacuaya, Escacha, Huarina y el sector de ANIMAS se localizan en la zona de MODERADO PELIGRO VOLCÁNICO (figura 4); y finalmente los pueblos de Anascapa, Para Chacchagén y Matalaque, están en zonas de bajo peligro volcánico.

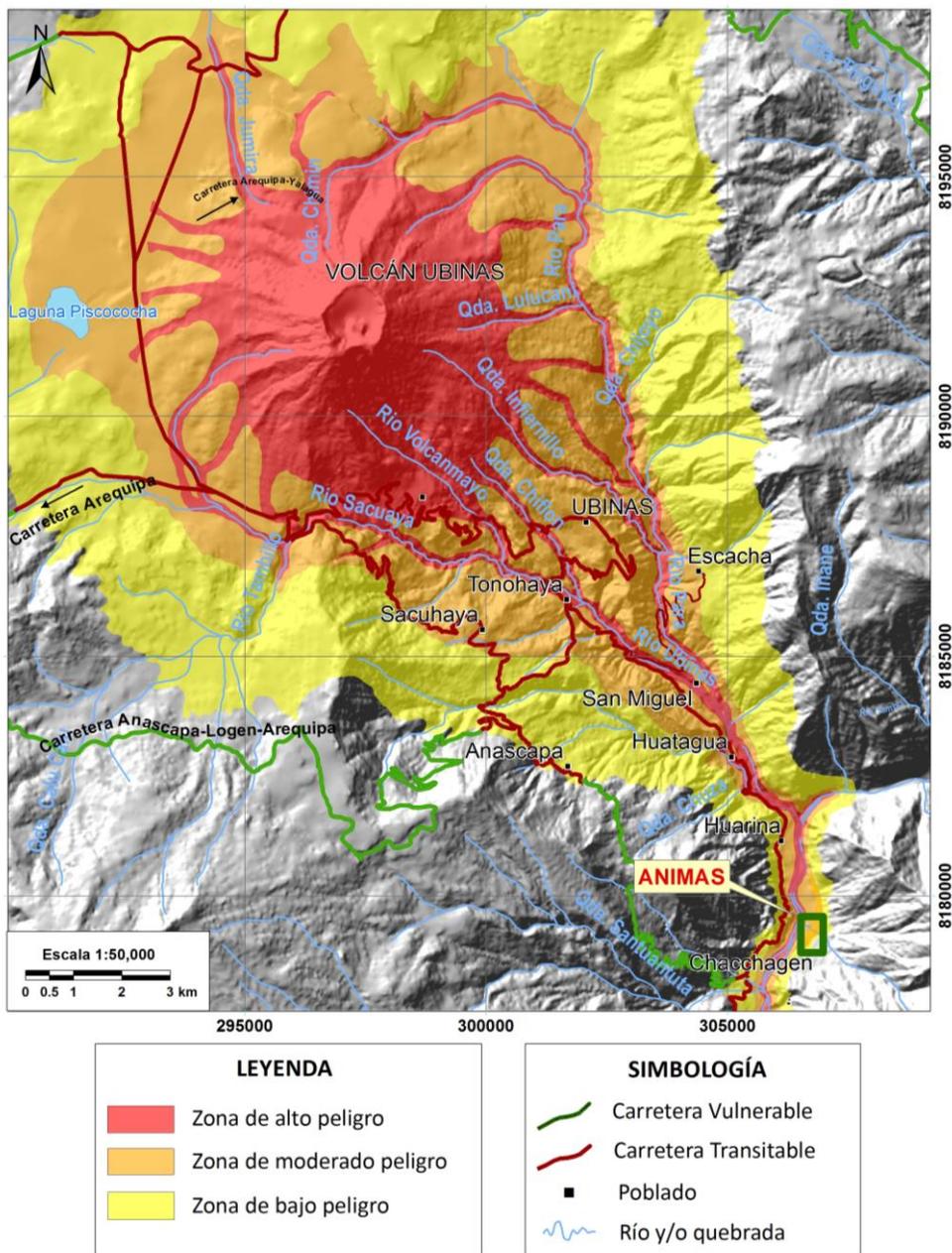


Figura 4. Mapa de peligros del volcán Ubinas (Rivera, 2011). Muestra el sector de Animas en zona de moderado peligro.

En el caso que ocurriese una erupción explosiva del Ubinas, el sector Animas se vería afectado principalmente por los siguientes procesos:

Flujos de lodo o lahares:

Son fluidos compuestos de sedimentos volcánicos con una gran cantidad de agua. Pueden estar conformados de diferentes granulometrías y tipos de rocas. Estos flujos pueden inundar valles a grandes distancias de su origen (decenas a hasta cientos de km) y se mueven a velocidades de hasta 80 km/hr (Bardintzeff, 2000).

En el volcán Ubinas pueden generarse flujos de lodo, con o sin erupción (periodo de lluvias). Durante diciembre y marzo el volcán Ubinas presenta hielo y nieve en la cumbre sur. Este hielo y nieve al fundirse se convertiría en agua que fluye y se mezclaría con el material susceptible de ser incorporado en el camino del lahar. Por otro lado, los lahares también podrían estar asociados a precipitaciones pluviales intensas de corta duración, como los lahares ocurridos en el año 2016 y 2017 que estuvieron asociadas al fenómeno El Niño.

Los materiales acarreados por el lahar se desplazarían por las quebradas Sacohaya, Volcanmayo y Ubinas, hasta llegar al río Tambo. Así como también, los lahares que descienden de los flancos norte y oeste se desplazarían en el río Para y luego continúan con dirección al río Tambo (foto 2).

La presencia de depósitos de flujos de barro antiguos y recientes (lahares 2016-2017) en los cauces de los ríos Ubinas, Para y Tambo, indican que la posibilidad de ocurrencia de este tipo de evento es alta. Además, los lahares generados en el Ubinas podrían afectar varios tramos de la carretera Ubinas – Matalaque, canales de agua, terrenos de cultivos, entre otros.



Foto 2. Vista de lahares en el cauce del río Tambo.

Caídas de ceniza o lapilli de pómez: Las cenizas son partículas de roca y mineral muy finas (menor a 2 mm de diámetro) que se generan durante la actividad explosiva de los volcanes. La ceniza es llevada por el viento a distancias kilométricas y su dirección de dispersión depende de la dirección y velocidad del viento. Luego la ceniza cae a la superficie de la tierra y forma capas de varios mm o cm de espesor.

Existe una mayor posibilidad que la próxima actividad eruptiva del Ubinas sea de tipo vulcaniana, la cual generaría caídas de cenizas; ya que este fenómeno se ha dado en los últimos 500 años (Rivera, 2011) así como también durante la crisis del 2006-2009 y la crisis reciente del 2013-inicios del 2017. Durante una erupción vulcaniana la ceniza es eyectada a la atmósfera en forma de una pluma que comúnmente pueden alcanzar alturas de hasta 10 km y luego viajan en mayor proporción hacia el Este en época lluviosa (diciembre a marzo) y al NE, S y SE en época seca (abril a noviembre), influenciados por la dirección y la velocidad de los vientos que prevalecen en el volcán Ubinas. La distancia recorrida para las caídas de cenizas podría sobrepasar los 20 km. La zona de Cahuaya-Animas se encuentra a 16 km del volcán Ubinas, por lo tanto, las cenizas podrían afectar a este sector.

La ceniza puede contaminar el agua destinada al consumo humano, terrenos de cultivos. También, pueden causar víctimas y daños a la propiedad por el impacto de los materiales que caen sobre estas, formando una capa encima del terreno. La acumulación de la ceniza puede causar que los techos de las construcciones (viviendas, colegios, centros médicos) colapsen, perturben el tránsito, afecten la agricultura y ganadería y contaminen fuentes de agua tanto para consumo humano, como para la ganadería.

4.2 PELIGROS POR MOVIMIENTO EN MASA

Los movimientos en masa constituyen los procesos geológicos que involucran desplazamiento o remoción de masa rocosas (fracturadas y/o meteorizadas), depósitos inconsolidados, o ambos por efecto de la gravedad. Su ocurrencia en la zona evaluada está estrechamente ligada a intensas lluvias, sismos, erupción volcánica y modificaciones antrópicas (factores detonantes); así como factores condicionantes o intrínsecos tales como la litología, pendiente, morfología, cobertura vegetal, etc. Se han descrito utilizando la clasificación de deslizamientos y en general de movimientos en masa, adoptada por el Grupo de Estandarización de Movimientos en Masa (GEMMA) del Proyecto Multinacional Andino–Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA, 2007), se diferencian procesos activos, antiguos y reactivados. En la figura 5 se presenta el cartografiado de movimientos en masa en el área evaluada (Núñez *et al.*, 2014).

Corresponden a deslizamientos, flujos de detritos, derrumbes, etc. En cuanto a la ocurrencia de estos tipos de peligros en la zona evaluada, se debe mencionar que por lo observado en el terreno y por la geomorfología presentada, es probable que se produzcan eventos de este tipo. Se han distinguido procesos de erosión de laderas de tipo surcos y cárcavas, con anchos máximos de 2-3 m y profundidades de 1-2 m (foto 3). También, se ha distinguido grandes abanicos de flujos de detritos o huaicos (foto 4), lo que evidencia que en la zona se producen de manera recurrente precipitaciones pluviales intensas que pueden generar problemas de anegamientos en las estructuras que se construyan en este punto. Por lo cual se debe tomar las previsiones del caso, como la construcción de drenes.

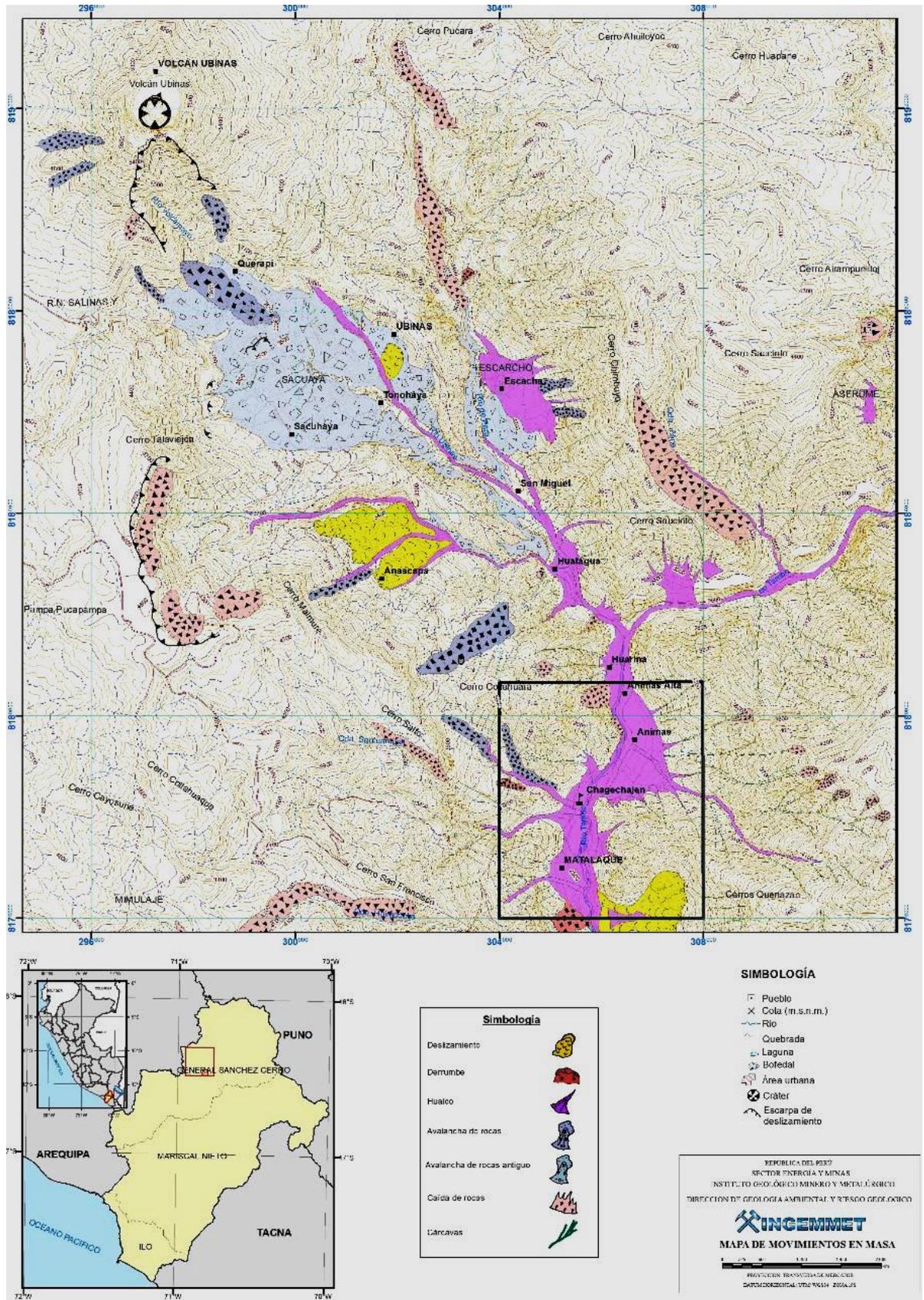


Figura 5. Peligros geológicos en la zona de estudio (Mariño et al., 2014).

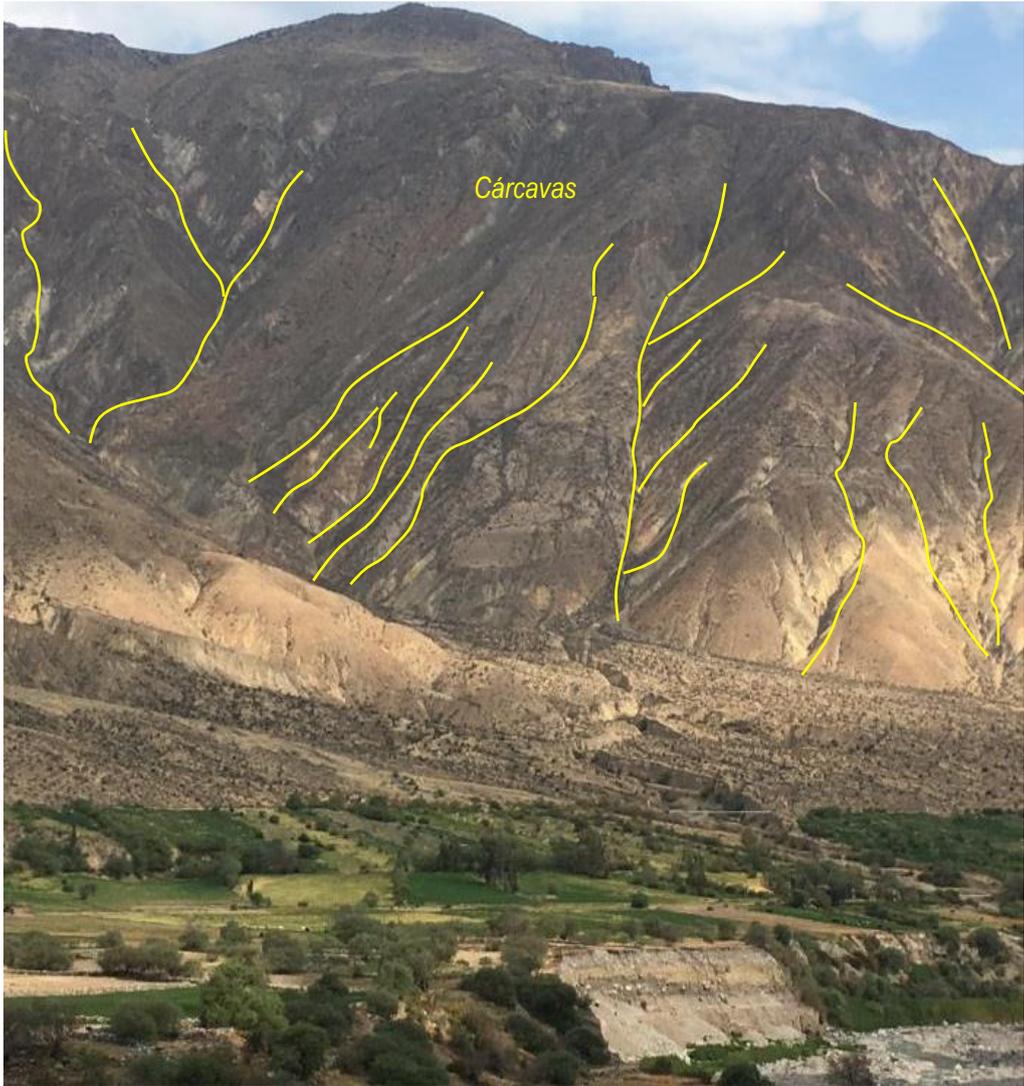


Foto 3. Sector Cahuaya-Animas afectado por erosión de laderas (cárcavas).

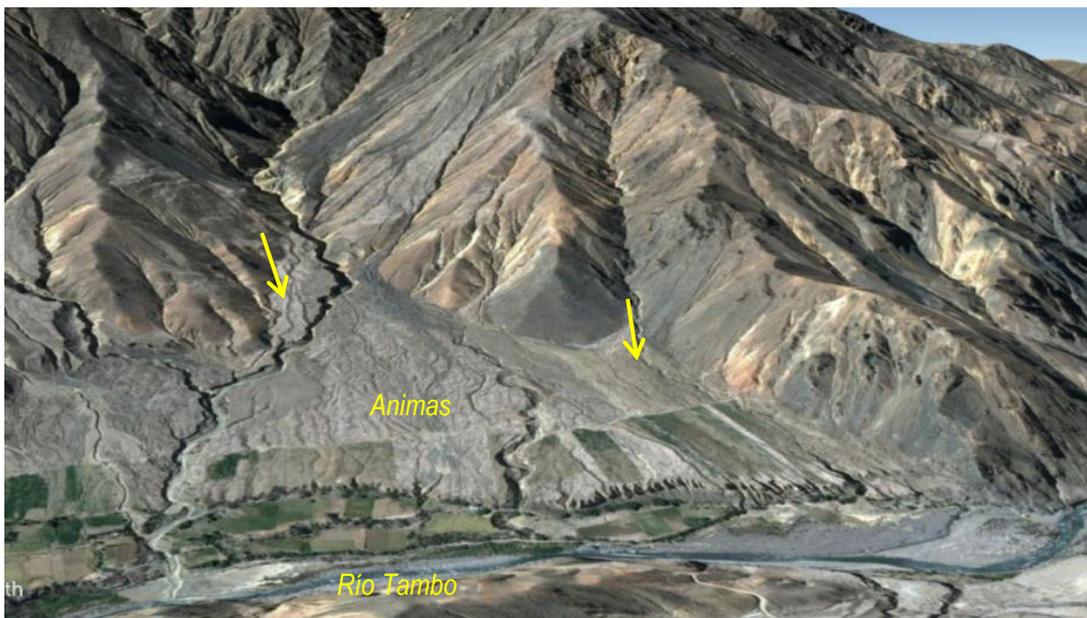


Foto 4. Abanicos de flujos de detritos (huaicos) en el sector Cahuaya-Animas.

La caída de rocas o el desprendimiento de bloques, es un tipo de movimiento en masa que viene ocurriendo en esta zona. Esto ocurre debido a que el sector de Animas se encuentra rodeada de escarpas de roca, con cortes que tienen más de 50 m y con pendiente entre 30° a 40°, lo que hace susceptible a esta zona a ser afectado por caída de rocas. Se han encontrado bloques que miden desde 10 cm hasta 80 cm (foto 5). Las precipitaciones pluviales y movimientos sísmicos son factores detonantes para que se genere caída de rocas.



Foto 5. Caída de rocas en el sector Cahuaya-Animas; originan algunos conos de talus (depósitos coluviales).

V. SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

La susceptibilidad a los movimientos en masa está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos. Estos mapas de susceptibilidad (figura 6) son usados en la planificación del territorio (ZEE-OT), estudios de planificación de obras de infraestructura; así como para la prevención y gestión de riesgo de desastres. De acuerdo al mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la cuenca de río Tambo (Núñez & Gómez, 2010), la zona de estudio se encuentra entre zonas de alta a muy alta susceptibilidad a movimientos en masa:

Susceptibilidad baja a muy baja: Estas áreas presentan en general laderas algo onduladas con pendientes muy baja a bajas. Se presentan en depósitos superficiales de tipo aluviales y volcanoclásticos y en materiales rocosos como derrames lávicos y flujos piroclásticos. Esta zona es muy reducida en el área de estudio.

Susceptibilidad media: Estas áreas presentan pendientes bajas a medias (5°–35°), se encuentran depósitos de material superficial inconsolidado y/o consolidado (depósitos aluviales) y en materiales volcánicos como derrames lávicos. Área que se activa en los periodos de lluvia excepcional. Pueden ser afectadas por flujos de lodo y de detritos (huaicos), así como erosión en cárcavas. Se encuentran en mayor proporción, en las faldas del volcán Ubinas y en áreas muy restringidas en la zona de estudio.

Susceptibilidad Alta: Confluyen la mayoría de condiciones del terreno favorables a generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes y/o activados por sismos, erupción volcánica e intensas precipitaciones. El poblado Animas se encuentra en esta zona y colinda con zonas de muy alta susceptibilidad en ambos márgenes del río Tambo. Estas áreas comprenden topografías con pendientes medias a muy alta (15° - 50°), se encuentran ocupando las laderas de montañas y valles; se tienen depósitos de materiales volcánicos a volcanoclásticos, flujos piroclásticos, derrames lávicos y secuencias volcanoclásticas con depósitos sedimentarios; las cuales se encuentran muy fracturadas y alteradas. Estas áreas son poco estables y susceptibles a los movimientos en masa (caídas de rocas, derrumbes, flujos de lodo, huaicos y procesos de erosión de laderas). Se debe restringir el desarrollo de infraestructura urbana, o de instalaciones para una alta concentración de población. En el caso de infraestructura vial u otros se debe de realizar estudios de detalle.

Susceptibilidad Muy Alta: Presentan condiciones del terreno muy favorables para que se generen movimientos en masa. Se concentran donde ocurrieron avalanchas, caídas de rocas, deslizamientos y huaicos en el pasado y en la actualidad. Estas áreas presentan pendientes fuertes a muy fuertes (15° - 50°), en rocas derrames lávicos, flujos piroclásticos muy fracturadas y meteorizadas; así como depósitos coluvio-deluviales inconsolidados. Dentro de esta zona se produce la mayor cantidad de movimientos en masa, además de procesos de erosión de laderas. En la zona de estudio se encuentran los depósitos de torrenteras en las laderas del cerro Ulinto que pueden afectar el sector Animas en la margen izquierda del río Tambo. Se debe restringir y/o prohibir el desarrollo de toda infraestructura y/o viviendas.

VI. ZONAS CRÍTICAS POR PELIGRO GEOLÓGICO

Del mapa de zonas críticas en la cuenca del río Tambo se han identificado 42 ocurrencias de peligros geológicos, como avalancha de rocas, deslizamientos, flujos de detritos (huaicos), derrumbes, caídas de roca y procesos de erosiones de ladera. Predominado las erosiones de ladera y los flujos de detritos. En estas zonas críticas se resalta las áreas o lugares, que luego del análisis de él o los peligros geológicos identificados, la vulnerabilidad a la que están expuestas (infraestructura y centros poblados), por estos peligros, se consideran con peligro potencial de generar desastres, y que necesitan que se realicen obras de prevención y/o mitigación o mejorar las existentes.

En el mapa de zonas críticas (figura 7) se muestran como área crítica el sector de Animas (zona crítica 4); así como otras cercanas (zonas críticas 1, 2, 3, 5 y 6). En el cuadro 1 se resume la descripción de estas zonas críticas donde se describe las características de cada una, indicando la geodinámica del sector, la vulnerabilidad asociada, así como las recomendaciones pertinentes.

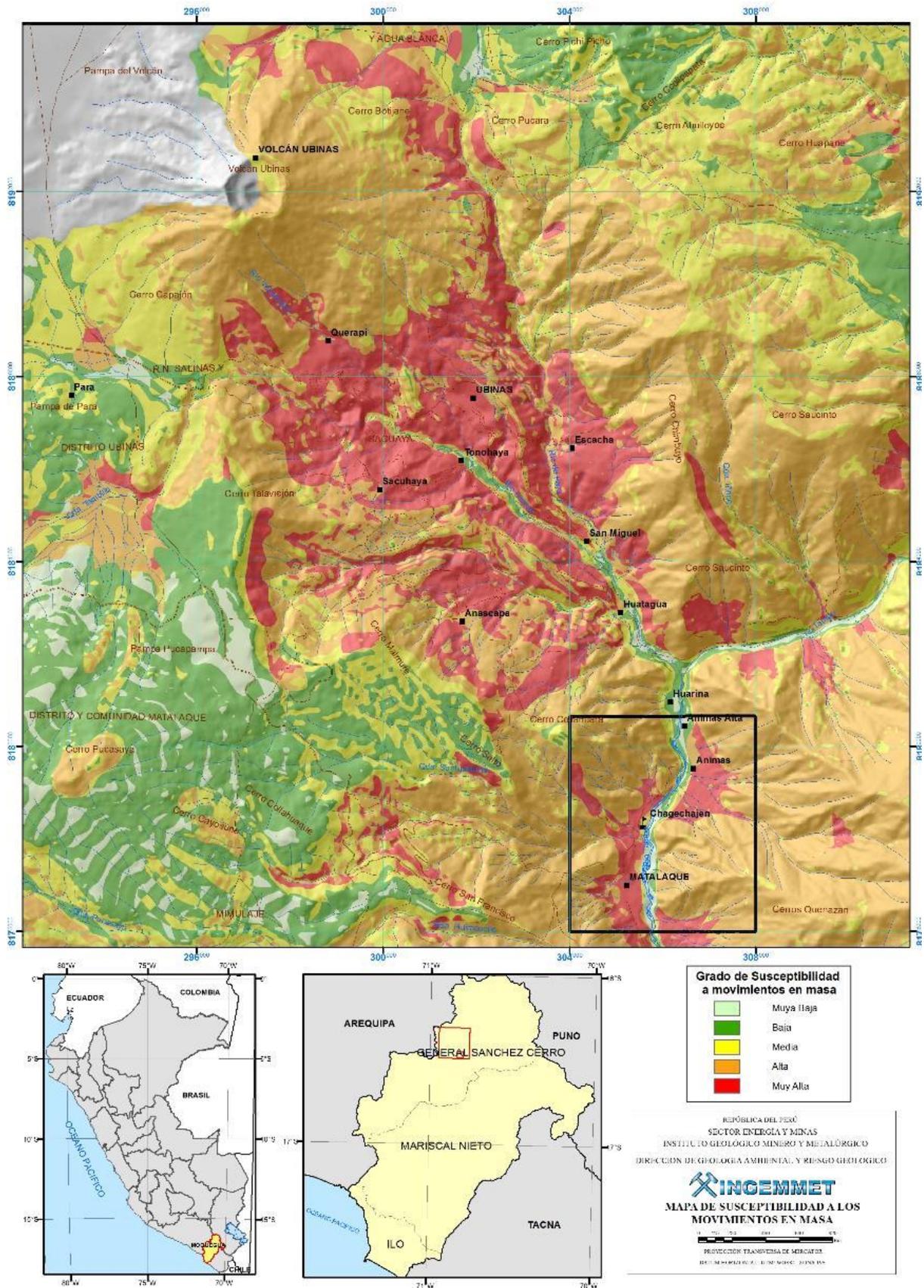


Figura 6. Susceptibilidad a movimientos en masa en la zona de estudio (Núñez et al., 2010).

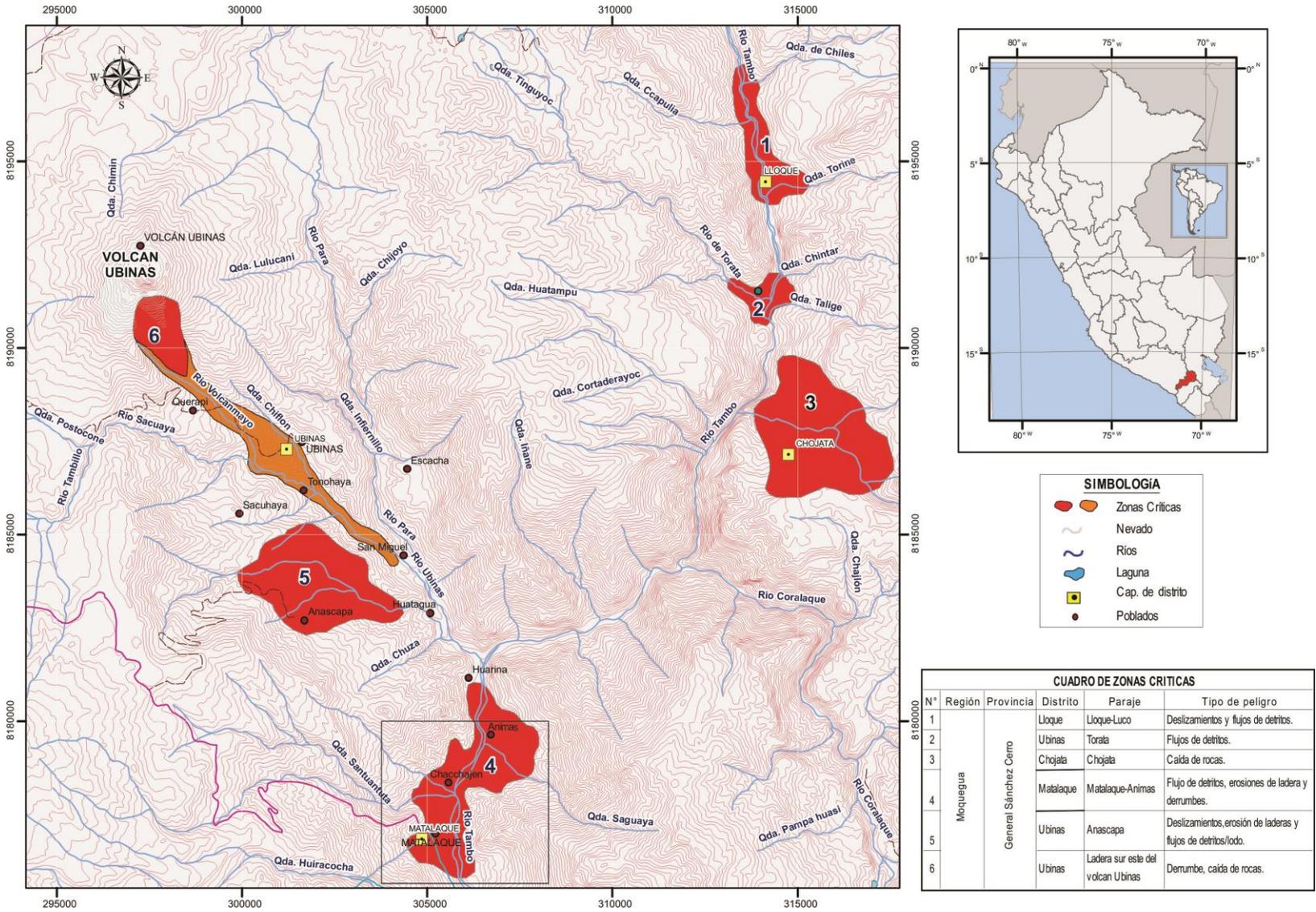


Figura 7. Zonas críticas en el área de estudio (Núñez & Gómez, 2012).

Cuadro 1. Zonas críticas por peligro geológico en la zona de estudio

PARAJE/SECTOR DISTRITO COORDENADAS CÓDIGO	SUSCEPTIBILIDAD Y COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
Lloque-Luco Lloque 8194450 / 314150 (1)	Área sujeta a deslizamientos y flujos de detritos. Rocas de mala calidad de naturaleza volcánica, moderada a altamente meteorizada, la ladera presenta pendiente moderada. Se identifican dos deslizamientos, uno antiguo y otro reciente. El primero es donde se ubica el poblado de Lloque, el cual llegó a represar al río Tambo en un tramo de 670 m (foto 6). El deslizamiento reciente se ubica aguas arriba de Lloque. Por la quebrada Torine y Lucco, se generan flujos de tipo ocasional. Deslizamientos alimentan con material suelto a la quebrada. De continuar las irrigaciones de los terrenos de cultivo por inundación, es muy probable que se generen reactivaciones.	Los flujos de detritos afectan la carretera Lloque-Luco. Sobre el cuerpo del deslizamiento se ubica la localidad de Lloque. De reactivarse el deslizamiento antiguo afectaría al poblado, terrenos de cultivo y carretera Lloque-Luco.	No irrigar los terrenos de cultivo mediante el sistema de inundación, cambiarlos por aspersión o goteo. No permitir el crecimiento urbano hacia el cauce de las quebradas. En los cauces de las quebradas construir muros disipadores de energía, para atenuar los flujos.
Torata Ubinas 8191520 / 313950 (2)	Área sujeta a flujos de detritos. El río Torata y la quebrada Talige, han generado flujos de detritos que han llegado a represar al río Tambo, haciendo migrar el cauce del río Tambo. Erosiones de ladera, que pueden generar huaicos (figura 8); detonante precipitaciones pluviales.	El poblado de Torata se ubica en parte del cauce del río Torata. En las laderas que rodean al poblado se generan erosiones de ladera que pueden generar flujos de detritos.	La población no debe establecerse cerca del cauce del río. En los surcos generados por las erosiones de ladera, se deben colocar muros transversales de atenuación de flujos.
Chojata Chojata 8186400 / 315500 (3)	Área sujeta a caída de rocas. Se ha generado una avalancha de rocas. Rocas volcánicas andesíticas, poco fracturadas a medianamente fracturadas, genera fragmentos de roca con diámetros comprendidos entre 2 a 0,20 m. Antigua avalancha de rocas, presenta un arranque, el corte de talud para carretera se ha inestabilizado generando caídas de rocas. Factor detonante los sismos o lluvias intensas.	Puede afectar a la carretera Coralque-Chojata, en un tramo de 800 m. Por sectores de 100 m. También puede afectar al poblado de Chojata.	Desquinchar bloques sueltos ubicados en el talud. En la carretera colocar avisos advirtiendo sobre la caída de rocas que sufre este tramo.
Matalaque-Animas Matalaque 8176800 / 305050 (4)	Área sujeta a flujos de detritos, erosión de laderas y derrumbes. En ambas márgenes del río Tambo se encuentran terrazas proluviales, generadas por huaicos. Estos abanicos antiguos represaron y modificaron el curso del río, tal como lo muestra la sinuosidad que tiene el río en este sector (figura 9). Huaicos se caracterizan por ser de movimientos muy rápidos y transportar grandes volúmenes de material. Afloran rocas volcánicas como aglomerados y brechas de naturaleza andesítica; en la cabecera de cuenca se tienen tobas riolíticas y andesíticas. En este tipo de roca se están generando erosiones de ladera. A través del tiempo, a su vez se viene generado talus de detritos debido al material suelto en las laderas que en tiempos de lluvias excepcionales, el material es removido generándose flujos de detritos.	Afecta viviendas, terrenos de cultivo, y carretera afirmada Ubinas-Matalaque, aprox. un tramo de 20 m. De generarse un flujo de grandes dimensiones podría represar al río y al desembalsarse afectaría a los poblados ubicados aguas abajo del río.	Reforestar, especialmente las áreas colindantes a la zona urbana y las laderas cercanas a las quebradas. En las quebradas y en las incisiones generadas por las erosiones de ladera, colocar muros disipadores de flujos, con la finalidad de atenuar la fuerza del huaico.

<p>Anascapa Ubinas 8183050 / 3023000 (5)</p>	<p>Área sujeta a deslizamientos, erosión en cárcavas, erosión fluvial y flujos de detritos/lodo. Reactivación de deslizamiento causada por la infiltración de agua de riegos de cultivo en substrato permeable conformado por depósitos volcánicos. Reactivaciones en 1964 (Mendivil, 1964), generaron varias escarpas con saltos hasta de 1 m. En el 2010 afectó viviendas, por lo que se propuso su reubicación; viviendas han sido reubicadas. Puede represar la quebrada Chimpamoya. Además, se aprecia material suelto en el cauce de la quebrada Panteón. Con lluvias excepcionales se podrían generar flujos de detritos o lodo y afectar a terrenos de cultivo. La zona inestable por el deslizamiento puede reactivarse también por sismos o lluvias intensas (foto 7).</p>	<p>El deslizamiento afecta terrenos de cultivo y carretera de acceso.</p> <p>De generarse flujos afectaría terrenos de cultivo ubicados en el cauce de la quebrada.</p>	<p>Utilizar otro sistema de riego.</p> <p>Colocar un sistema de drenaje en la zona.</p> <p>No construir viviendas en las zonas inestables.</p> <p>Monitorear al deslizamiento activo.</p>
<p>Matalaque-Animas Matalaque 8176800 / 305050 (4)</p>	<p>Área sujeta a flujos de detritos, erosión de laderas y derrumbes. Terrazas proluviales en ambas márgenes del río Tambo generadas por huaicos (abanicos antiguos) represaron y modificaron curso del río (figura 8). Los huaicos se caracterizan por ser de movimientos muy rápidos y transportar grandes volúmenes de material. Afloran rocas volcánicas como aglomerados y brechas de naturaleza andesíticas; en la cabecera de cuenca se tienen tobas riolacíticas y andesíticas. En este tipo de roca se están generando erosiones de ladera. A través del tiempo, a su vez se viene generado talus de detritos debido al material suelto en las laderas que en tiempos de lluvias excepcionales, el material es removido generándose flujos de detritos.</p>	<p>Afecta viviendas, terrenos de cultivo, y carretera afirmada Ubinas-Matalaque, aprox. un tramo de 20 m.</p> <p>De generarse un flujo de grandes dimensiones podría represar al río y al desembalsarse afectaría a los poblados ubicados aguas abajo del río.</p>	<p>Reforestar, especialmente las áreas colindantes a la zona urbana y las laderas cercanas a las quebradas.</p> <p>En las quebradas y en las incisiones generadas por las erosiones de ladera, colocar muros disipadores de flujos, con la finalidad de atenuar la fuerza del huaico.</p>
<p>Volcán Ubinas Ubinas 8183050 / 3023000 (6)</p>	<p>Área sujeta a caída de rocas, derrumbes o avalanchas de rocas. Flanco Sur del volcán Ubinas, las rocas se encuentran muy fracturadas, se pueden generar. La ladera muestra una pendiente fuerte. Las rocas están medianamente fracturadas. Estas pueden ser detonadas por sismos, lluvias, como también por erupciones volcánicas. En caso de darse una erupción volcánica se podría generar una avalancha de rocas que podría cubrir parte del valle de Ubinas (foto 8).</p>	<p>La avalancha afectaría a los poblados ubicados en las márgenes de parte alta y media del río Ubinas.</p>	<p>Monitorear el área (lo está realizando el OVI), tener un sistema de alerta temprana.</p>

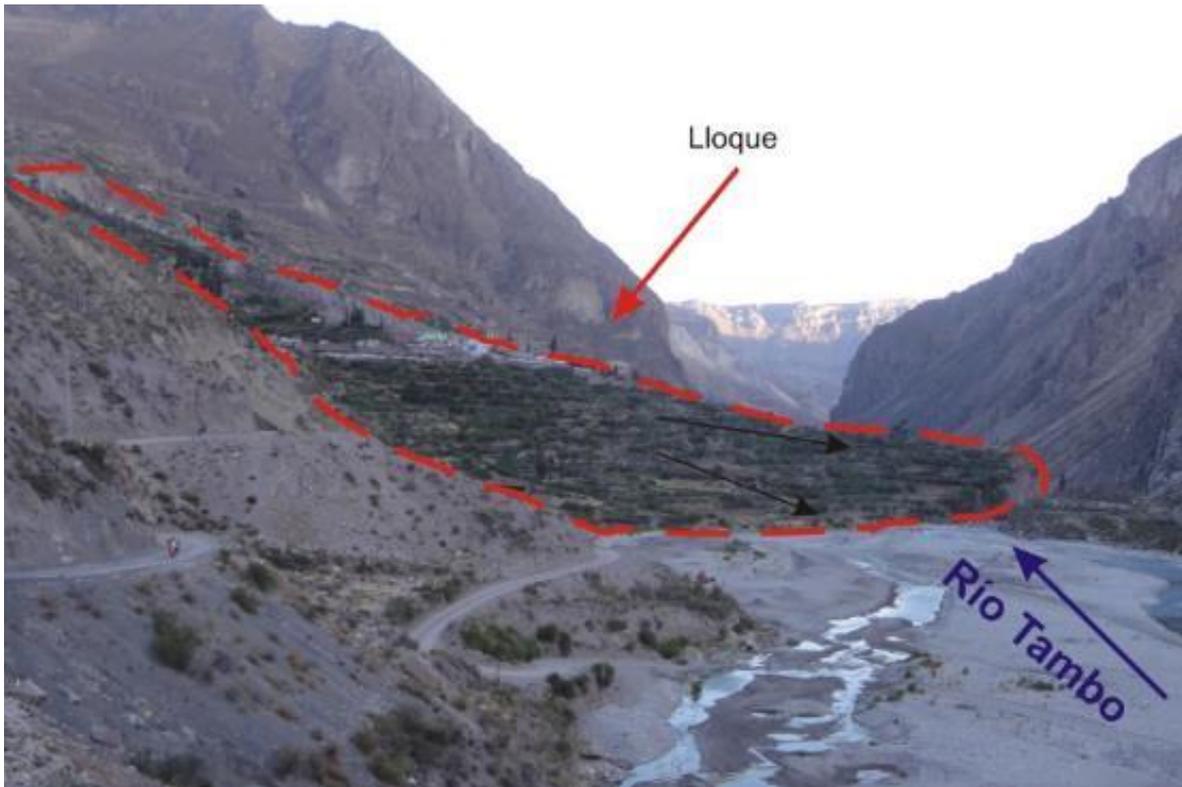


Foto 6. Depósito generado por un deslizamiento, sobre el cual se asentado la localidad de Lloque.

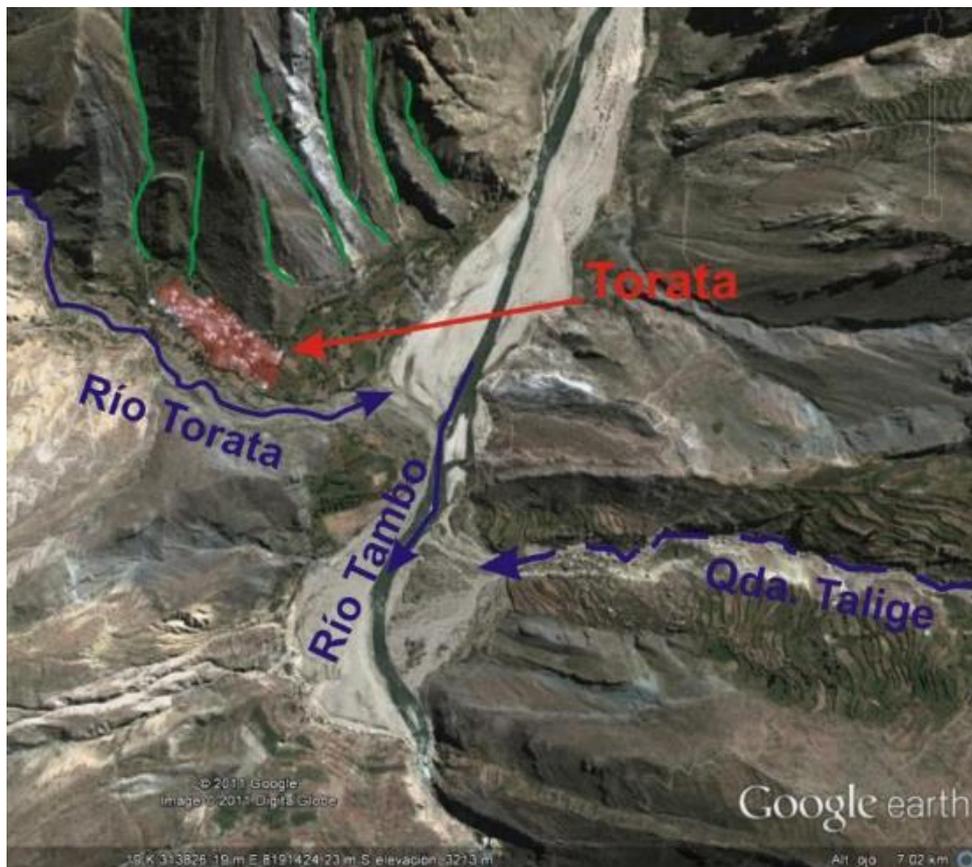


Figura 8. Sector Torata asentado en la margen izquierda del río Torata, se encuentra sobre una terraza proluvial (generados por flujos). De color verde, se muestran las erosiones de ladera. También se muestra el depósito dejado por la quebrada Talige.

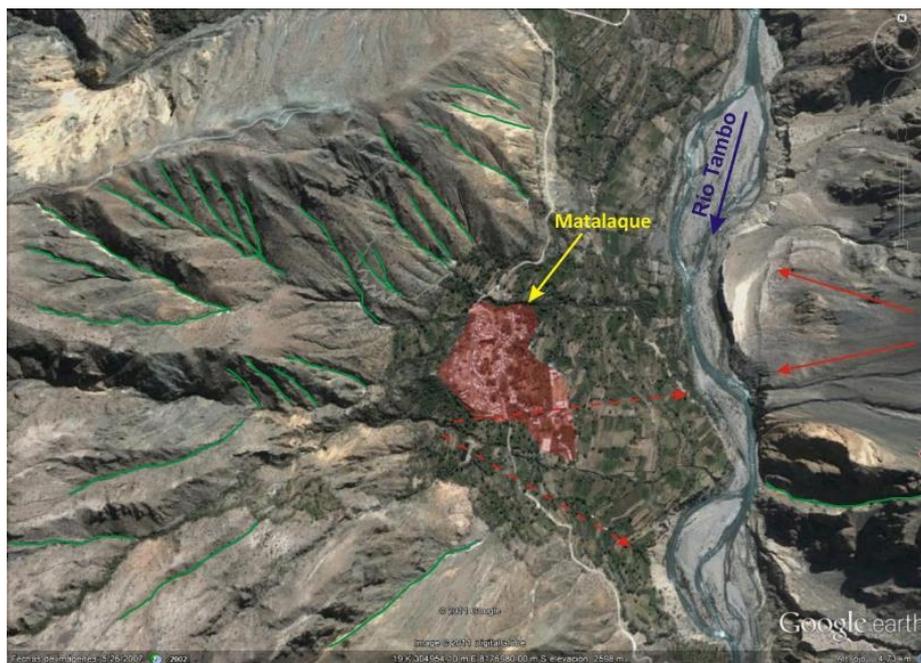


Figura 9. Imagen Google Earth del sector Matalaque asentado sobre depósitos proluviales. Las líneas de color verde son las erosiones de ladera. En la margen derecha del río Tambo, las flechas de color rojo continuas muestran la dirección de los flujos recientes y las entrecortadas los flujos antiguos.



Foto 7. Sector Anascapa; las líneas de color rojo muestra la zona inestable.



Foto 8. Emisión de gases y cenizas del 1 (izq.) y 3 (der.) de junio de 2006. Las cenizas alcanzaron más de 1000 m de altura, fueron dispersadas en dirección sur y sureste, y cayeron sobre los pueblos del valle de Ubina (tomado de Mariño et al., 2011).

CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista geodinámico en el área de estudio confluyen características de peligrosidad por actividad volcánica, movimientos en masa, y sísmica, donde la recurrencia en el período histórico y prehistórico han generado daños importantes.
- El volcán Ubinas ha presentado actividad vulcaniana, con erupciones explosivas leves a moderadas en los últimos 500 años; así como también durante la crisis del 2006-2009 y la crisis reciente del 2013-inicios del 2017, lo cual existe una mayor posibilidad que la próxima actividad eruptiva del Ubinas sea de este tipo. Por lo tanto, el sector de Animas ubicado a 16 km al SE del volcán Ubinas se vería afectado por caída de ceniza y flujos de lodo o lahares.
- La presencia de depósitos de flujos de lodo antiguos y recientes en los cauces de los ríos Ubinas, Para y Tambo, indican que la posibilidad de ocurrencia de este tipo de evento es alta. Durante precipitaciones pluviales intensas influenciadas por el fenómeno del Niño, los lahares pueden emplazarse por las principales quebradas que drenan del volcán Ubinas y llegarían hasta el río Tambo, afectando a los poblados y terrenos de cultivo que se encuentran en las márgenes del río.
- El mapa de peligros del volcán Ubinas, muestra que los centros poblados Querapi, Tonohaya, San Miguel y Huatagua se encuentran en la zona de alto peligro volcánico; mientras que Ubinas, Sacuaya, Escacha, Huarina y el sector ANIMAS se localizan en la zona de moderado peligro volcánico; finalmente Anascapa, Para Chacchagén y Matalaque, están en zonas de bajo peligro volcánico.
- La morfología de la cuenca del río Tambo está asociada a movimientos en masa, siendo la más conspicua, las geoformas asociadas a las avalanchas del volcán Ubinas. En los frentes de coladas de lavas muy fracturadas y tobas muy fracturadas, son frecuentes las caídas de rocas y derrumbes. Los eventos detonantes de movimientos en masa son las intensas precipitaciones pluviales (lluvias), como las ocurridas en 1985, 1998, y 2011, donde se activaron muchas quebradas que afectaron tramos de carreteras, áreas de cultivo y zonas rurales. Así como también los sismos de 1967 y 2001 que generaron derrumbes y caída de rocas en las laderas del valle afectando tramos de carreteras y terrenos de cultivo.
- Los poblados de Querapi, Tonohaya, San Miguel, Huatahua, Ubinas y Escacha (principalmente ubicados en las cercanías a ambas márgenes del río Ubinas); Animas, Chacchagén y Matalaque (ubicado en ambas márgenes del río Tambo) se encuentran en zonas de alta y muy alta susceptibilidad a movimientos en masa.
- Por lo evidenciado, la ocurrencia de movimientos en masa en Cahuaya-Animas es muy probable. Se considera una zona de PELIGRO ALTO. Se identificó procesos de erosión de ladera, a manera de surcos y cárcavas que disectan el sector de Animas que podrían generar flujos de detritos a manera de torrenteras o huaicos. También, se ha distinguido grandes abanicos de flujos de detritos o huaicos, lo que evidencia que en la zona se producen de manera recurrente precipitaciones pluviales intensas, los cuales pueden afectar a terrenos de cultivo y al albergue temporal que se quiere instalar en la zona.

- El sector Cahuaya-Animas al encontrarse en una zona escarpada en roca (pendientes entre 30° a 45°). es susceptible a ser afectado por caída de rocas La caída de rocas podría generarse por las precipitaciones pluviales y movimientos sísmicos.

RECOMENDACIONES

- Proteger las terrazas aluviales de los procesos de erosión fluvial por medio diques de defensa o espigones, que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización.
- En las quebradas y en las incisiones generadas por las erosiones de ladera, colocar muros disipadores de flujos, con la finalidad de atenuar la fuerza del huaico. Asimismo, limpieza en el cauce de ríos y quebradas.
- El diseño y la construcción de edificaciones en la zona evaluada, deben contemplar un buen sistema de drenaje de aguas de precipitación pluvial para evitar anegamiento. Prohibir la construcción de viviendas dentro de las fajas marginales de las quebradas.
- En épocas de lluvia, se recomienda a los pobladores alejarse de las quebradas que podrían ser inundadas.
- Se debe tener preparado planes de contingencia en caso de una eventual reactivación del volcán Ubinas, sobre todo para protegerse de las lluvias o caídas de ceniza. En tal sentido, la población deberá protegerse mediante lentes, mascarillas, etc., así como proteger sus fuentes de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Bardintzeff J.M. & McBirney A. (2000). Volcanology-268 págs. Jones and Bartlett publishers.
- Mariño, J., Rivera, M., Núñez, S. & Luque, G. (2014). Evaluación de Peligros geológicos en el Valle de Ubinas-Moquegua. INGEMMET. Informe Técnico N° A6641, 61 p.
- Núñez, S. & Gómez, D. (2012). Reporte preliminar de zonas críticas por peligro geológico en la cuenca del río Tambo (regiones Arequipa-Moquegua-Puno), 54 p.
- Rivera, M., Mariño J. & Thouret J-C. (2011). Geología y evaluación de peligros del volcán ubinas. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 46, 83 p.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Subdirección de docencia e investigación – CIAP Bogotá, Colombia, 1991, 320 p.