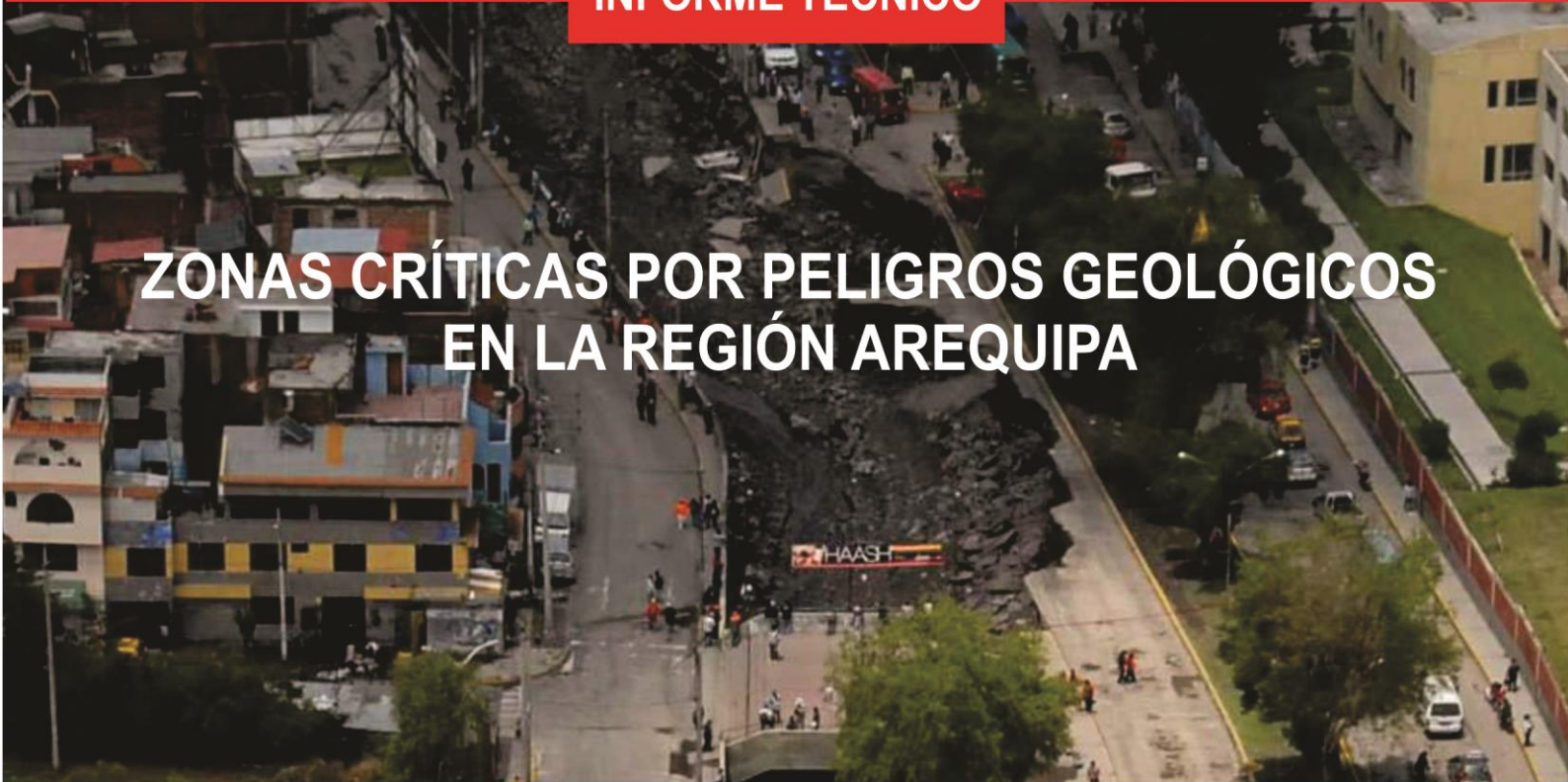


**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

INFORME TÉCNICO

**ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS
EN LA REGIÓN AREQUIPA**



POR:

**GRISELDA LUQUE POMA
MALENA ROSADO SEMINARIO**

OCTUBRE 2014

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS REGIÓN AREQUIPA

CONTENIDO

| | | |
|-------------|--|------------|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 | Generalidades | 2 |
| 1.2 | Marco geográfico y poblacional | |
| 1.3 | Morfología | 2 |
| 1.4 | Clima y Temperatura | 4 |
| 1.5 | Hidrología | 5 |
| 1.6 | Aspectos Geológicos | 7 |
| 1.7 | Antecedentes | 9 |
| 1.8 | Metodología | 10 |
| II. | PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN AREQUIPA | 10 |
| III. | ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS | 12 |
| IV. | CONCLUSIONES | 109 |

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS REGIÓN AREQUIPA

I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, viene ejecutando desde el año 2000 trabajos de inventario y cartografiado de Peligros Geológicos a nivel nacional. A fin de contribuir con la prevención de desastres y ordenamiento territorial del País. En el año 2013 se inició el proyecto GA-45 denominado "**Estudio de Riesgos Geológicos por regiones: Arequipa y Moquegua**", enfocado en la identificación de las zonas con mayor susceptibilidad a ser afectadas por eventos geológicos de diversa índole. Actualmente el proyecto se encuentra en proceso levantamiento de información, siendo el presente un informe preliminar que señala las zonas críticas por este tipo de fenómenos, identificadas durante los trabajos de campo del año 2013.

Este proyecto contempla evaluar e inventariar los peligros geológicos que afectan a la región Arequipa como a su población e infraestructura. Así mismo se generarán una serie de mapas temáticos básicos, que permitirán disponer del conocimiento actualizado de los fenómenos y de las características físicas involucradas con el objeto principal de diseñar planes de prevención, contribuyendo de sobremano al desarrollo socioeconómico de la región y como un aporte en la planificación del territorio, de estudios de planificación de obras de infraestructura, así como en la prevención y gestión de desastres.

Para la identificación de peligros geológicos, en el año 2013, se efectuaron trabajos de campo, en dos campañas de 25 días para complementar los estudios realizados anteriormente, y labores de gabinete con fotointerpretación geomorfológico-geodinámica.

En este primer reporte se da énfasis a la evaluación de peligros geológicos de movimientos en masa. La identificación, georeferenciación y determinación del grado de peligrosidad de las ocurrencias recientes y antiguas de movimientos en masa, resaltan las diferentes zonas comprometidas por deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, flujos (huaicos, flujos de lodo, avalanchas de rocas o detritos), así como también de zonas susceptibles a erosión e inundación fluvial, erosión de laderas. Estas ocurrencias suman **2639 peligros identificados**. Se ha efectuado una cartografía geodinámica a escala 1:50 000 en 107 hojas topográficas complementando los trabajos realizados en el año 2000 y 2001 en los Estudios de Riesgos Geológicos de las Franja 01 y 02 respectivamente, Estudio Geoambiental de la Cuenca del río Camaná-Majes-Colca (2008), Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Quilca-sihuas-Vitor (2009), Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo (2010), Estudio Hidrogeológico de las cuencas de los ríos Ocoña y Caraveli (2011). Actualmente se encuentran en preparación diferentes mapas temáticos. Conjuntamente con los trabajos sobre peligros geológicos, se efectuó una evaluación de seguridad física de centros poblados y obras de infraestructura vulnerables a los peligros geológicos, que permitieron definir las zonas críticas o con alto grado de riesgo.

El presente reporte, constituye una parte del informe integral de estudio en la región, en elaboración. Se detalla información geológica útil sobre áreas afectadas por peligros o potencialmente susceptibles a los peligros y constituye un avance preliminar del estudio. Resume en forma sucinta, las zonas o áreas consideradas como críticas, con evidencia de peligros potenciales activos y su relación con la vulnerabilidad asociada. Se toma en cuenta también en la definición de estas áreas la recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de los eventos. En estas áreas es necesario considerarlas dentro de los planes o políticas regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

1.1 Generalidades

Marco Geográfico y poblacional

Se ubica en la zona sur del país. Es un territorio de una geografía diversa, con características muy particulares expresadas en accidentes como el cañón de Cotahuasi, considerado el más profundo del mundo con 3535 m de profundidad, El valle de los volcanes, representativo del departamento cuenta con 86 cráteres de máximo 300 m de altitud. Fértiles valles, verdes campiñas y una extensa zona costera contempla la escenografía de este departamento.

Con una superficie de 63 384 Km², Arequipa es por extensión el sexto departamento del país, limita por el norte con Ica y Ayacucho, por el noreste, con Apurímac, por el este, con Cusco y Puno; por el sur, con Moquegua, y por el oeste, con el Océano Pacífico. Su costa es la más larga de todo el litoral peruano con una longitud de 528 Km, los que representan el 17% de la franja costera del país. Tiene por capital la ciudad de Arequipa (2300 m s.n.m.). Según el XI Censo Nacional de Población (INEI, 2007), la región Arequipa cuenta con 1 152 303 habitantes. (Figura 1).

El departamento está dividido en ocho provincias : Arequipa cuya capital es la ciudad del mismo nombre; Camaná con su capital Camaná ; Caraveli con su capital Caraveli; Castilla con su capital Aplao, Caylloma con su capital Chivay, Condesuyos con su capital Chuquibamba, Islay con su capital Mollendo y la Unión con su capital Cotahuasi. De acuerdo a su capacidad de uso de tierras se dividen de la siguiente manera: tierras de cultivo en limpio: 155 000 Ha; de cultivo permanente: 230 000 Ha, de pastos: 825 000 Ha, y áreas de protección: 5142762 Ha.

Morfología

La región Arequipa presenta zonas de costa y sierra; por esta razón, su suelo es particularmente diverso y exhibe pronunciados accidentes geográficos. Su litoral es estrecho (salvo en la frontera con el departamento de Ica) y poco accidentado. A lo largo de su costa, es común observar terrazas que han sido formadas por movimientos de las placas tectónicas de Nasca y la Sudamericana. Los ríos Chaparra, Atico, Ocoña, Camaná o Majes, Quilca y el Tambo forman quebradas y cañones fluviales que atraviesan la meseta andina, la cual se encuentra revestida por rocas de origen volcánico. Un rasgo típico de la región es, sin duda, su cadena de volcanes formada por el Misti, el Sabancaya, el Chachani, el Coropuna y el Ampato, los cuales son visibles desde los niveles más altos de la meseta andina.

Algunos de estos volcanes aún presentan signos de actividad; por ejemplo el Misti y el Sabancaya, que en 1991 produjo columnas de humo de 5 km de altura. Al noreste del territorio, junto al nevado Queuhisha, ubicado en la cordillera del Chila (provincia de Caylloma), se encuentra el origen del río más largo del mundo, el Amazonas. Otros puntos notable de la geografía arequipeña son el cañón del Cotahuasi (3535 m s.n.m de profundidad) ubicado a 400 km al noreste de la ciudad de Arequipa y el cañón del Colca (3400 m de profundidad) ubicado a 165 km de la ciudad Blanca.

La morfología también está asociada a algunos movimientos en masa frecuentes. En los frentes de coladas de lavas muy fracturadas, zonas de valles encañonados, las lavas en bloques y también ignimbritas muy fracturadas, son frecuentes las caídas de rocas, derrumbes o movimientos complejos.

La ciudad de Arequipa morfológicamente se ubica sobre una acumulación de piedemontes correspondientes a los volcanes Chachani, Misti y Pichu Pichu. Le siguen planicies o mesetas de acumulación de flujos piroclásticos e ignimbritas; colinas aisladas o monte islas en rocas intrusivas, y un valle fluvial y terrazas aluviales originadas por el río Chili, Andamayo, Mollebaya y tributarios.

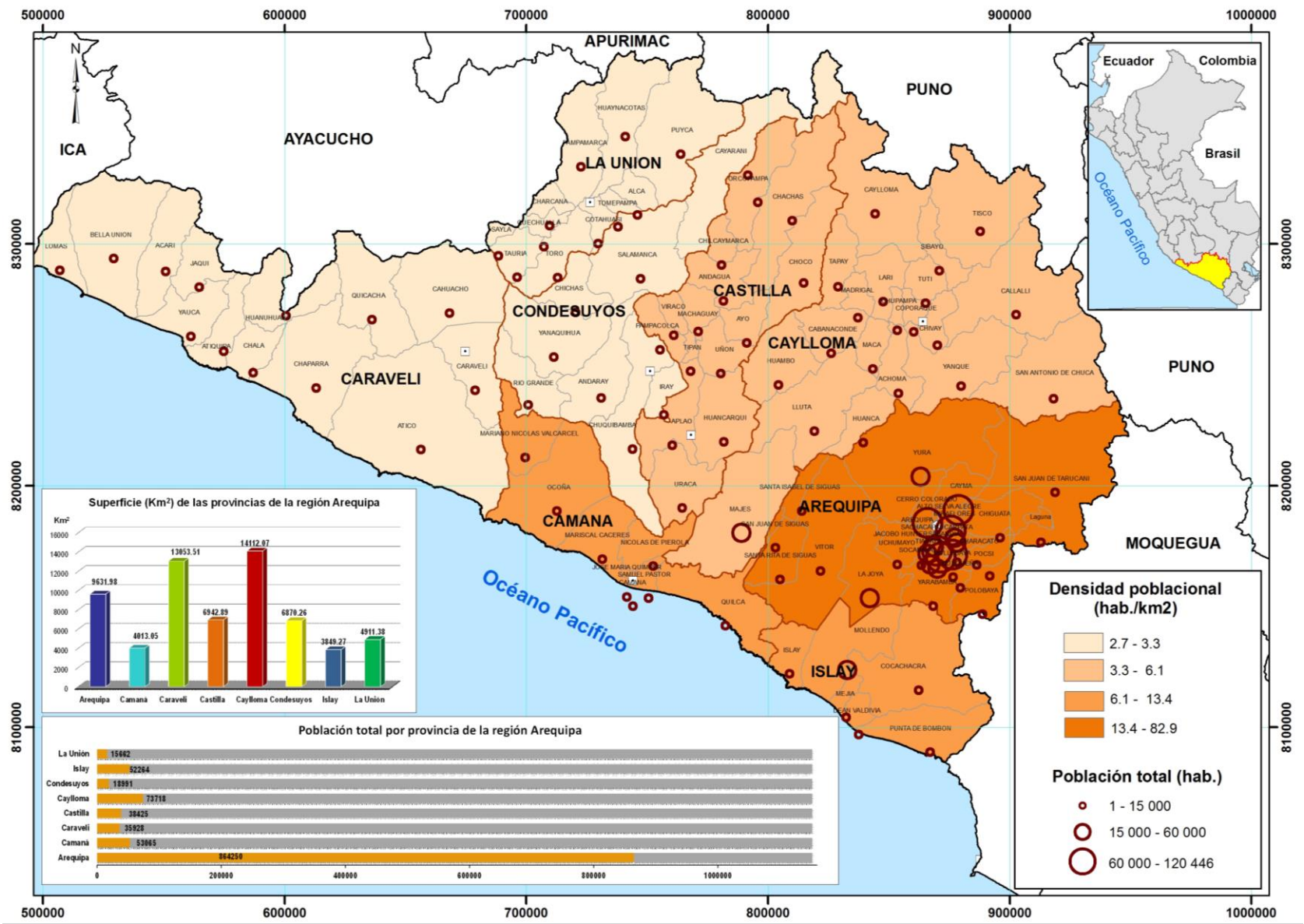


Figura 1. Mapa de ubicación y características demográficas de la región Arequipa

Clima y temperatura

La variedad de climas en Arequipa responde a la distribución de su territorio en diferentes zonas geográficas. En sus zonas costeras, es templado y nuboso, mientras que en las zonas de sierra el clima es seco y varía según la altitud desde cálido templado hasta frío intenso, la temperatura va en descenso a medida que se asciende hasta alcanzar los 0°C. La temperatura media anual es 14,4 °C. La temperatura máxima promedio es de 23,3 °C y la mínima de 3,2°C durante los meses de invierno. Entre abril y octubre, las precipitaciones son escasas, pero se incrementan entre noviembre y marzo. Por otro lado, en las zonas más altas que tienen formaciones glaciares la temperatura está bajo 0 todo el año. En periodo lluvioso normal las precipitaciones pluviales estacionarias que varían de 100 mm a 2000 mm anuales entre los meses de setiembre a mayo y en periodo de el Niño no sobrepasan los 800 mm anuales (SENAMHI, 2003). Figura 2.

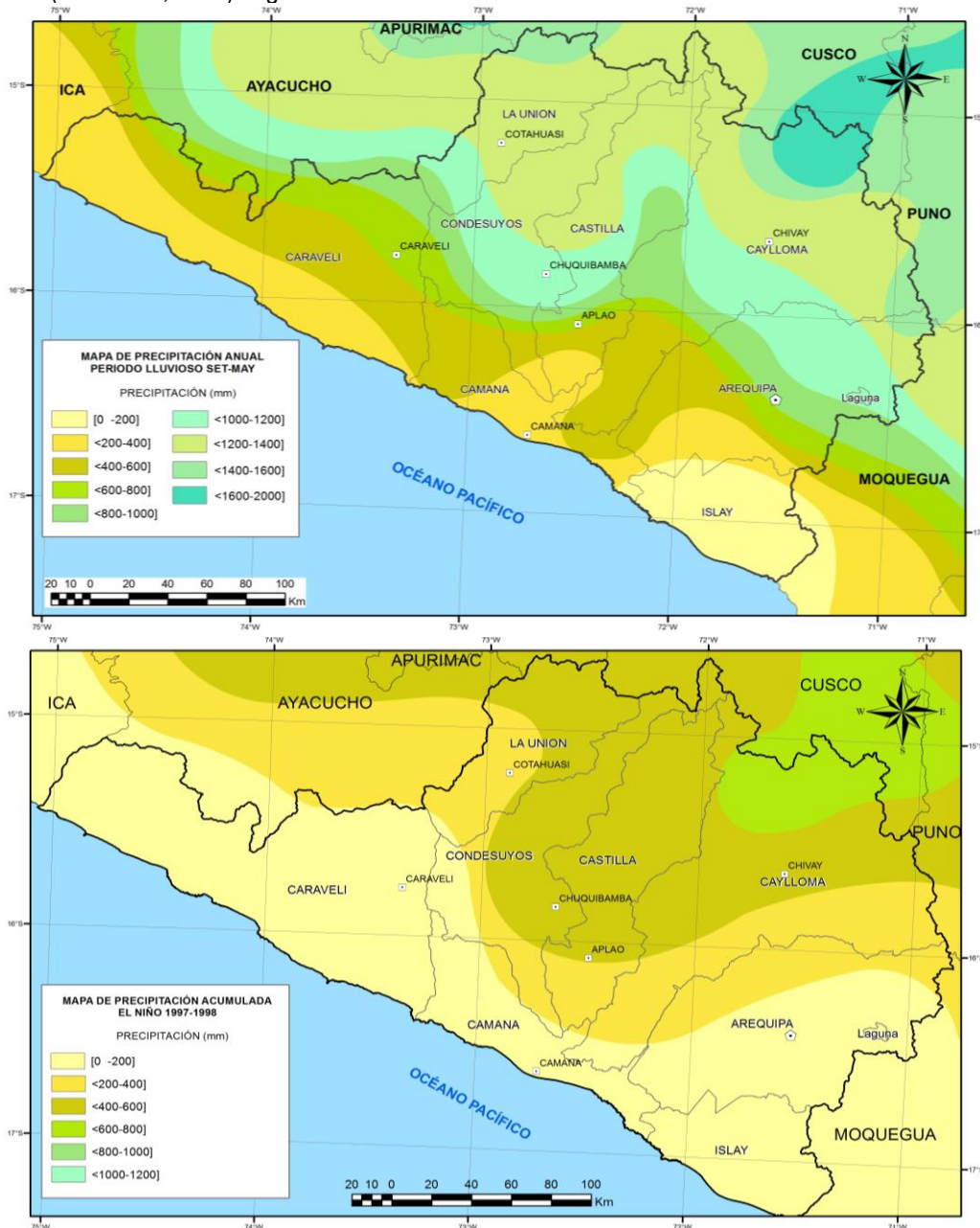


Figura 2. Mapa de isoyetas de la región Arequipa para el periodo lluvioso (setiembre-mayo) en la derecha y con presencia del Fenómeno El Niño 1997-1998 en la izquierda. Fuente: SENAMHI, 2002.

Hidrografía

Todos los ríos que conforman el sistema hidrográfico de Arequipa se originan entre las cumbres de la cordillera occidental, de donde se desplazan por pronunciadas pendientes y laderas al oeste de la cordillera, formando valles y cañones, para desembocar en el Océano Pacífico.

Arequipa posee nueve cuencas hidrográficas (figura 3), las cuales drenan sus aguas tanto al océano Pacífico como al sistema hidrográfico del Amazonas. Los principales ríos de las cuencas hidrográficas del Pacífico son: Ocoña, Majes (también llamado Colca) y Quilca recorren las provincias de Caylloma, Condesuyos, Castilla y Camaná.

El río Ocoña es uno de los de mayor caudal en la costa y recorre 270 km, forma el cañón de Cotahuasi, el más profundo del mundo. El río Majes tiene una longitud de 450 km. En sus orígenes, en la zona alta de Caylloma, se lo denomina a río Colca forma el cañón del mismo nombre. En la zona donde se une con el río Andamayo, adopta el nombre de río Majes y contribuye a la formación extensas zonas de cultivo. El río Quilca atraviesa Arequipa, donde es conocido como Chili. Solo a partir de La Unión de sus aguas con las de Sihuas adopta su otra denominación. La cuenca del Amazonas tiene como principal corriente de agua al Carhuasanta que luego recibe diversos nombres, entre ellos, Orcuyo, Ene, Tambo y Ucayali. El Carhuasanta nace al pie del Mismi y es el punto de origen de Amazonas, el río más largo y caudaloso del planeta.

De todos estos ríos principales, tres cuentan con infraestructura de regulación para el desarrollo de la actividad agrícola:

- Río Yauca, nace en el departamento de Ayacucho, provincia de Parinacochas, y cuenta con la represa de Ancascocha.
- Río Camaná, denominado también Majes o Colca, es uno de los más largos de la costa peruana, sus nacientes se encuentran al sur este de la provincia de Caylloma; en su recorrido irriga valles intensamente cultivados y con estas aguas se abastece la represa de Condorama que riega las pampas de la Irrigación Majes.
- Río Quilca, formado por los ríos Siguan y Vitor, que luego divide su cuenca en dos grandes sectores, el que recorre el río bastante encajonado, y el otro extremo que corresponde al Río Vitor, llamado también Río Chili, con cuyas aguas se abastecen las represas de El Frayle, El Pañe, Aguada Blanca y Pillones, el más importante, no sólo por el área agrícola atendida sino por los diversos usos que genera: consumo humano, minero, energético e industrial.



Figura 3. Mapa de cuencas hidrográficas de la región Arequipa

Aspectos Geológicos

Las rocas que afloran en la región, comprenden desde el Precámbrico hasta el Reciente, corresponden a secuencias sedimentarias clásticas y carbonatadas, facies metamórficas, plutones intrusivos y gran porcentaje de depósitos lávicos y flujos piroclásticos volcánicos asociados a un vulcanismo importante durante el Paleógeno -Neógeno. Con referencia a las rocas sedimentarias, se tienen areniscas, lutitas, calizas y niveles conglomerádicas, que en algunos casos se hallan estratificados con niveles de materiales volcánicos. Respecto a las rocas metamórficas, se presentan gneis (Complejo Basal de la Costa). Las rocas ígneas representativas son de composición granitoide e intrusivos menores como stocks, diques, etc. Las rocas volcánicas y volcanoclásticas cubren grandes extensiones de terreno a rocas de edades más antiguas (figura 4).

La mineralización, en términos generales, está representada por especies minerales de oro y plata y en menor proporción de cobre.

En el aspecto minero no metálico. Han sido identificados depósitos muy variados, destacándose principalmente los materiales de ornamentación (rocas granitoides, tufos volcánicos rosado y blanco), materiales de construcción, sal gema, etc. Sin embargo, por el momento, la actividad minera no metálica no representa un renglón de gran importancia dentro de la economía de la zona.

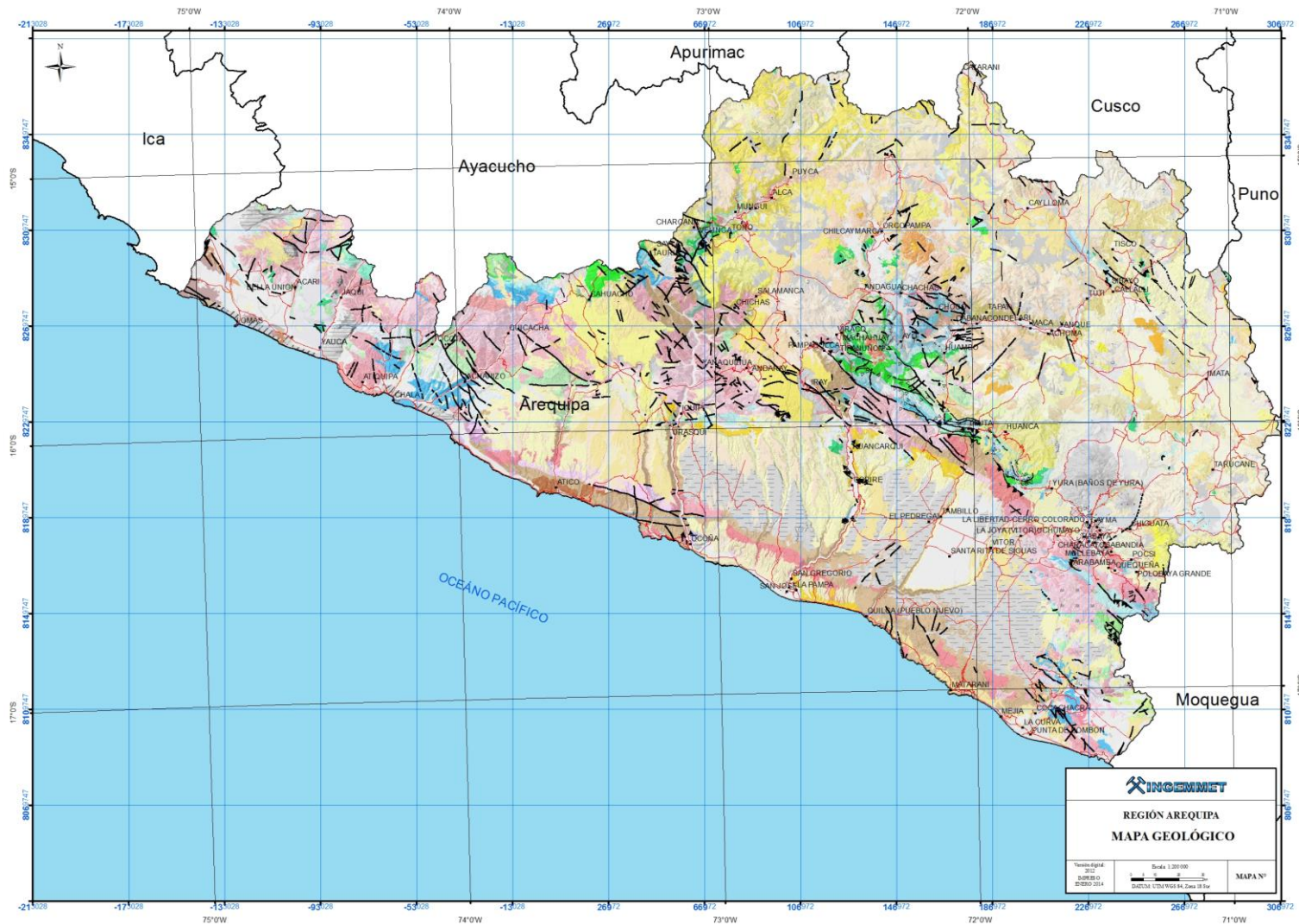


Figura 4. Mapa geológico de la región Arequipa

1.2 Antecedentes

En los estudios de Riesgos Geológicos del Perú Franjas N°2 y N°3 (INGEMMET. 2002 y 2003) se analizó a escala regional la problemática de los peligros geológicos y se señalaron 10 zonas críticas por este tipo de procesos para la región Arequipa. En los Estudios de Riesgos Geológicos de las Franjas 01 y 02 respectivamente, Estudio Geoambiental de la Cuenca del río Camaná-Majes-Colca (2008), Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Quilca-sihuas-Vitor (2009), Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo (2010) y el Estudio Hidrogeológico de las cuencas de los ríos Ocoña y Caraveli (2011).

También son importantes los informes como resultado de las evaluaciones técnicas realizadas por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET:

- Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. (2012). Evaluación de la seguridad física del distrito de Maca (estudios geológicos, geofísicos y monitoreo de movimientos en masa) Prov. Caylloma. INGEMMET. Informe técnico N° A6628, 143 p.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y el Instituto de Investigación Para el Desarrollo de Francia (IRD) realizaron estudios geológicos, geofísicos e hidrogeológicos, la evaluación y zonificación de los peligros geológicos y el monitoreo instrumental de estos fenómenos en el pueblo de Maca y alrededores, que durante los últimos años viene siendo afectado de manera recurrente por procesos de movimientos en masa y actividad sísmica, estos fenómenos viene afectando a viviendas, áreas de cultivos (andenes), canales y reservorios, así como infraestructura vial vital para el desplazamiento de la población local y la actividad turística. En este estudio se presenta un mapa geológico a nivel de detalle de Maca, mapa geomorfológico y de procesos activos, mapa hidrogeológico, mapa de susceptibilidad a movimientos en masa y un mapa con recomendaciones de propuestas de intervención.

- Rivera, M. (2011). Inspección de procesos geológicos en tres sectores del distrito de Alto Selva Alegre Prov. Arequipa. INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Informe técnico N° A6446, 32 p.

En este estudio se ha desarrollado la inspección geológica de tres zonas: Javier Heraud (parte alta); 2da cuadra de la Calle Ricardo Palma (Asentamiento Humano Independencia, Zona A); y la 2da cuadra de la Calle Mollendo (Asentamiento Humano Gráfico). Todas las tres zonas están localizadas dentro del Distrito de Alto Selva Alegre (Provincia de Arequipa), las cuales son afectadas por procesos de erosión de laderas, derrumbes, flujos de barro y detritos (huaicos) y/o por inundaciones periódicas. Este trabajo presenta la evaluación y análisis de tres áreas afectadas por los procesos anteriormente mencionados, así como conclusiones y recomendaciones para la prevención, mitigación y/o estabilización del lugar.

- Rivera, M. (2011). Peligros geológicos en el área del Puente del Ejército, dist. Alto Selva Alegre Prov. Arequipa. INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Informe técnico N° A6470, 18 p.

En este estudio se ha desarrollado la inspección geológica en el área del Puente del Ejército y sus vías de acceso localizado dentro del Distrito de Alto Selva Alegre (Provincia de Arequipa), sector colindante entre los Asentamientos Humanos Independencia y Pampas de Polanco. Afectado por procesos de erosión de laderas, flujos de detritos (huaicos) y por inundaciones periódicas. Este trabajo presenta la evaluación y análisis del área afectada por los procesos anteriormente mencionados, así como conclusiones y recomendaciones para la prevención, mitigación y/o la estabilización del lugar.

- Zavala, B. (2011). Derrumbe en la localidad de Tuti, dist. Tuti Prov. Caylloma. INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Informe técnico N° A6579, 14 p.

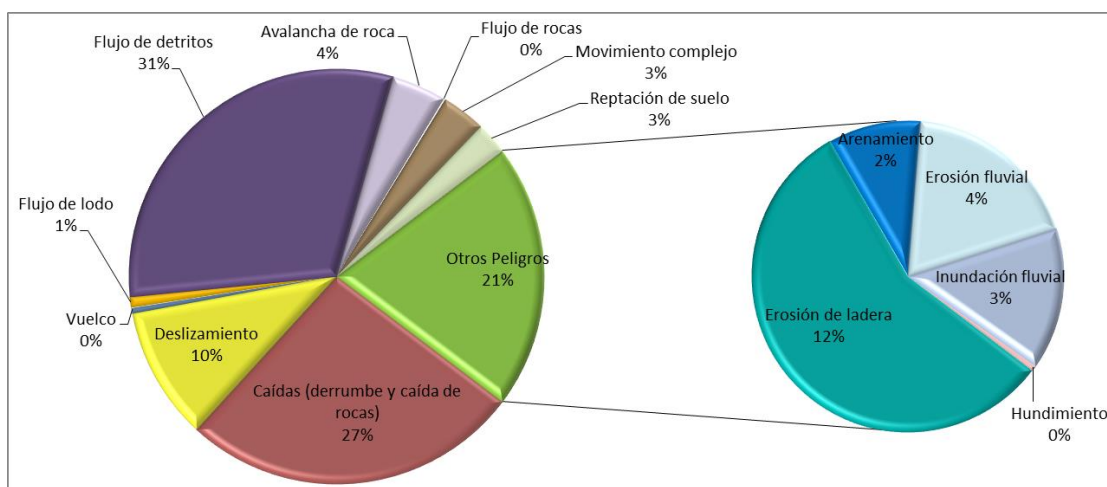
En este estudio se ha desarrollado la inspección geológica en ladera del cerro Solera afectado por derrumbes. Este trabajo presenta la evaluación y análisis del área afectada por los procesos anteriormente mencionados, así como conclusiones y recomendaciones para la prevención, mitigación y/o la estabilización del lugar.

1.3 Metodología

La metodología seguida, consta de tres etapas: 1) etapa de gabinete en la que se recopiló información, se interpretó fotografías aéreas, imágenes de satélite y Google Earth, se elaboró mapas preliminares y bases de datos, los cuales se verificaron en campo; 2) trabajos de campo realizada en dos campañas (35 días) entre los meses setiembre-octubre y noviembre-diciembre donde se realizó el inventario y cartografiado de procesos geológicos y geohidrológicos; y 3) procesamiento de la información obtenida en campo, elaboración de informe de zonas críticas y mapas temáticos (mapas 1 y 2). La clasificación utilizada para el caso de los movimientos en masa es la señalada en el documento "Movimientos en masa en la región Andina: Una Guía para la evaluación de Amenazas" (PMA: GCA, 2007).

II. PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN AREQUIPA

De la revisión de información anterior, fotointerpretación, inventario y cartografiado de peligros geológicos a escala 1:50,000 en la región Arequipa, correspondiente al proyecto GA45 y estudios anteriores se obtuvo la estadística resumida en la figura 5 donde se ha registrado un total de **2639** procesos de este tipo, en la cual se establece que en esta región son más frecuentes los flujos (841), caídas de rocas (699), otros peligros como erosión de laderas (307), deslizamientos (274), movimientos complejos (91), reptación (67) y vuelcos (11). En menor cantidad pero no menos importante, por los daños asociados, se encuentran los fenómenos de inundación (80) y erosión fluvial (102), así como arenamientos (52), hundimientos (3). Cada evento se encuentra debidamente georeferenciado en coordenadas UTM, con las causas que lo originaron, sus características geomorfológicas, condiciones litológicas del substrato, así como los daños ocasionados y una estimación de su peligro potencial y grado de riesgo.



El cartografiado geomorfológico y geodinámico ha permitido diferenciar procesos de movimientos en masa, tomando como base la Clasificación de Varnes (1978, 1996) y Hungr et al (2001), y la terminología sobre Movimientos en Masa en la Región Andina preparado por el Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007). La ocurrencia de estos eventos, en su mayoría periódicos, tienen como origen o causas principales las siguientes:

- Litología del substrato, en muchos casos de mala calidad, tanto por su grado de meteorización y/o fracturamiento (rocas volcánicas hidrotermalizadas con argilitización); esto condiciona mayor erosión en el suelo residual generado y mayor disponibilidad en las rocas fracturadas. Presencia de arcillas expansivas en algunos sectores de la región.
- Formaciones superficiales o suelos de escaso espesor (suelos residuales y residuo-columviales), con poca cobertura vegetal (pastizales y arbustos).
- Pendiente natural de los terrenos o laderas (fuerte a muy fuerte), y las modificaciones de los taludes hechos tanto en los cortes de la carretera Panamericana, y otras vías de acceso, dejando zonas inestables.
- Lluvias de gran intensidad - corta duración, o de moderada intensidad – larga duración; generalmente localizadas en las cabeceras de los ríos o quebradas; ocasionan por un lado la erosión por escorrentía pluvial en terrenos impermeables y por otro la infiltración que ayuda al incremento de la presión intersticial (en el caso de suelos permeables), disminuyendo el esfuerzo cortante.
- Presencia de filtraciones y manantiales.
- Existencia de depósitos antiguos de remoción en masa, potentes, con presencia de escarpas de deslizamientos o derrumbes, reactivados por erosión fluvial o socavamiento del pie del valle, infiltraciones naturales y de riego.
- Las operaciones de mina en el borde del tajo este con disposición de material estéril, inestable susceptible de remoción con lluvias estacionales, provocando derrumbes y generación de flujos.

III. ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

Las zonas críticas son áreas o lugares, que luego del análisis de la susceptibilidad a los procesos identificados y la vulnerabilidad a la que están expuestas obras de infraestructura y centros poblados; se considera necesario ejecutar en ellas obras de prevención y/o mitigación; o en algunos casos las medidas adoptadas anteriormente necesitan ampliarse o mejorarse (Fidel y otros, 2006).

Para la identificación y descripción de “Zonas Críticas” en la región Arequipa, se determinó el grado de peligro potencial individual y/o el análisis de densidad de ocurrencias de peligros potenciales en un área o sector, donde se exponen infraestructura o poblaciones, vulnerables a uno o más peligros geológicos.

Como complemento de los informes técnicos “*Zonas críticas por peligro geológico de la cuenca del río Tambo*” (Nuñez & Gomez, 2012), “*Zonas críticas por peligro geológico de la cuenca del río Ocoña*” (Medina et al, 2012), “*Zonas críticas por peligro geológico de la cuenca del río Camaná-Majes-Colca*” (Zavala et al, 2008), “*Zonas críticas de la cuenca del río Quilca-Vitor-Chili*” (Zavala et al, 2012) hasta la fecha, se han identificado **134 zonas críticas** como se muestran en el mapa 1 (en el anexo adjunto). En los cuadros 1 al 8 se describen sucintamente las características de cada una de estas zonas como: los peligros identificados, los daños y zonas afectadas, y algunas recomendaciones, a continuación se presentan los cuadros siguientes:

Cuadro 1. Zonas Críticas por peligros geológicos en la provincia Caravelí

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|---|--|---|
| <p>1. Carretera Otapara-Mina Machaynioc (Acari/Bella Unión)</p> | <p>Área sujeta a flujo de detritos, movimientos complejos, derrumbes y erosión fluvial. Zona de derrumbes y flujos de detritos en talud superior de trocha carrozable Otapara-Malco se generan en depósitos de canchales de detritos suspendidos en las laderas. La población de Machaynioc está asentada sobre depósitos antiguos de flujos de detritos de grandes dimensiones que han desviado el cauce del río y está sujeta a erosión fluvial, todos los años discurre huaicos por la quebrada Machaynioc. Algunas viviendas de la minas Esperanza y San Vicente se encuentran asentadas sobre depósito de un movimiento complejo en el cerro Pico Blanco. En el 2013, el río Machaynioc incrementó su caudal, provocando erosión fluvial en la margen derecha, afectó plataforma deportiva del poblado con el mismo nombre, con pérdidas de terreno de hasta 20 m de ancho y 100 m de longitud (Foto 1).</p> | <p>Puede afectar viviendas del poblado y mina Machaynioc. Todos los años afecta tramos de la trocha carrozable Otapara-Machaynioc.</p> | <p>Colocar badenes en los tramos de la carretera donde es cortada por quebradas. Limpieza del río Machaynioc. Prohibir la construcción de viviendas cerca al cauce del río, colocar defensa ribereña y disipadores de energía en el cauce de la quebrada Machaynioc. Reubicar viviendas que se encuentran debajo de las mina San Vicente.</p> |
| <p>2. Sector Acarí (Acari)</p> | <p>Área sujeta a erosión fluvial, inundación y arenamiento. En la margen derecha del río Acarí es afectado por erosión fluvial y en la margen izquierda por inundación, sector Collona. Arenamiento en cerros El Toro, Mendoza, con presencia de dunas (Foto 2A).</p> | <p>Puede afectar viviendas de Acarí, puente peatonal y terreno de cultivo.</p> | <p>Colocar muro de contención en ambas márgenes, limpieza de cauce de río.</p> |
| <p>3. Puente Chaviña (Acari/Bella Unión)</p> | <p>Área sujeta a erosión fluvial, inundación y arenamiento. Inundación fluvial en ambas márgenes del río Acarí, invade los terrenos de cultivos. También presenta erosión fluvial, en época de crecida erosiona el estribo derecho del puente Chaviña (Fotos 2B y 2C).</p> | <p>Puede afectar nuevo puente Chaviña, tramo de carretera Panamericana y terrenos de cultivo de olivo.</p> | <p>Colocar gaviones en los estribos del puente. Limpieza de cauce de río.</p> |



Foto 1. Vistas del sector Machaynioc afectado por erosión fluvial en la margen derecha del río Machaynioc, el poblado se encuentra sobre depósitos de flujos antiguos como se muestra en la imagen del Google Earth.



Foto 2. A) Arenamiento en el sector Acari, cerro El Toro afecta terrenos agrícolas, B y C) Inundación en el sector Chaviña, aún se observan restos de antiguo puente.

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|---|--|
| <p>4. Puente Yauca, Km 577-585 de la carretera Panamericana Sur, playa Tanaca</p> <p>(Yauca)</p> | <p>Área sujeta a erosión fluvial, inundación, flujo de detritos y arenamiento. Flujo de detritos en el km 7+500 de la carretera Yauca-Jaqui, sector Santa Emilia, en caso de sismos pueden generarse derrumbes en talud superior. Erosión fluvial en ambas márgenes del río Yauca, afecta aproximadamente 145 m de longitud, afecta estribos de puente Yauca.</p> <p>Inundación fluvial en ambas márgenes del río Yauca, en la margen izquierda presenta arenamiento que invade a la carretera Panamericana hasta las playas Tanaca, Las Lomas (foto 3).</p> | <p>Arenamiento invade aproximadamente 8 km de la carretera Panamericana, Puede afectar puente Yauca, terrenos de cultivo y carretera Yauca-Jaqui.</p> | <p>Limpieza diaria en la carretera Panamericana a la altura del km 578+00, colocar defensa ribereña para proteger estribos del puente Yauca, y terrenos de cultivo.</p> |
| <p>5. Km 31-41 de la carretera Yauca-Laytaruma</p> <p>(Jaqui)</p> | <p>Área sujeta a erosión fluvial, derrumbes y flujos de detritos. Zona de huaicos en sector Convento, km 39+100 afecta 850 m, sector Huambrillo, km 38+00, km 35+00, km 31 y km 32; en época de lluvias intensas se generan huaicos en torrenceras del cerro Convento.</p> <p>En el km 32+200 de la carretera Yauca-Laytaruma, es afectado por erosión fluvial en margen izquierda de la quebrada Acaville, un tramo de 50 m de longitud. Se ha enrocado para proteger plataforma de carretera, lo cual es insuficiente (foto 4). Derrumbes y caída de rocas en talud superior de la carretera Yauca-Laytaruma.</p> | <p>Afecta aproximadamente 10 km de carretera Yauca-Laytaruma por sectores (acceso a la mina Laytaruma), torres de electricidad de alta tensión que se encuentran en depósitos antiguos.</p> | <p>Colocar badenes y alcantarillas en tramos donde quebradas y torrenceras cortan carretera Yauca-Layataruma, colocar muros de contención para proteger plataforma de carretera. Limpieza de cauce de quebrada Acaville.</p> |



Foto 3. A) Área sujeta a inundación fluvial en ambas márgenes del río Yauca. B) Arenamiento en la margen izquierda del río Yauca. C) Derrumbes en talud superior de la carretera Panamericana Sur en depósitos de conglomerados y de arena. D) Invasión de dunas en carretera Panamericana Sur, km 578.



Foto 4. Erosión fluvial en el km 32+200 de la carretera Yauca-Laytaruma, en la margen izquierda de la quebrada Acaville.

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|---|--|---|
| <p>6. Chala-La Caleta, km 585+800- km 619+100 de la carretera Panamericana Sur (Chala)</p> | <p>Área sujeta a flujo de detritos y derrumbes. Flujo de detritos en quebrada Chala, Cementerio y torrenteras que cruzan por el poblado de Chala. Se ha colocado un pontón en la quebrada Chala por donde cruzan las tuberías de agua y desagüe del poblado, aguas arriba se ha obstruido el cauce con desmontes rellenándolo para construir una trocha (foto 5).</p> <p>En caso de sismos, como el del 25 de setiembre del 2013, se generaron derrumbes en talud superior de carretera y grietas en plataforma de carretera Panamericana Sur desde el km 585+800 hasta el km 619+100 (foto 6), los cuales obstruyeron parte de la plataforma. El material comprometido corresponde a conglomerados areniscas y limolitas de las terrazas marinas. Caída de rocas desde talud superior de 5 m de alto. Compromete material de relleno de carretera y conglomerados.</p> | <p>Tramo de la carretera Panamericana sur (Chala-La Caleta), aproximadamente 34 km por sectores y zonas urbanas como Acarí, Agua Salada, Santa Rosa, La Aguadita, Chala y Atiquipa. Con presencia de grietas de 15 m de longitud con aberturas de 3 cm, asentamientos en terraplén de carretera del orden de los cuatro centímetros.</p> <p>Afectó también señalizaciones de red de fibra óptica y postes de televisión por cable.</p> | <p>Limpieza de cunetas, mejoramiento de taludes, reforzamiento del talud inferior. Limpieza del cauce de las quebradas y torrenteras. Colocar alcantarillas y pontones.</p> |
| <p>7. Palca, carretera Tocota- Huanuhuanu (Huanuhuanu)</p> | <p>Área sujeta a flujo de detritos, erosión de laderas, erosión fluvial y derrumbes. Zona de huaicos en ambas márgenes de la quebrada Huanuhuanu y la quebrada Tocota, sector Tocota. Torrenteras y cárcavas acarrear huaicos en las laderas del cerro San Antonio.</p> <p>También presenta erosión fluvial en ambas márgenes de la quebrada Huanuhuanu. En el sector Carmona se ha colocado enrocado, aproximadamente 70 m de longitud.</p> | <p>Afecta carretera Chala-Tocota.</p> | <p>Limpieza de cauce, Mejoramiento de taludes. Colocar badenes y alcantarillas.</p> |



Foto 5. A) Derrumbes en talud superior de la carretera Panamericana con presencia de asentamientos en plataforma de carretera Panamericana Sur Km 615+100 al km 616+200. B) Sector de La Aguadita afectado por derrumbes y caída de rocas que afectaron camino peatonal a la playa. C) Quebradas Cementerio y Chala, aguas arriba de la quebrada Cementerio se ha obstruido el cauce de la quebrada con rellenos. Tomado el 03 de octubre del 2013, después del sismo del 25/09/13.

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|---|--|
| <p>8. Km 645-km 648 de la carretera Panamericana Sur (Chaparra)</p> | <p>Área sujeta a derrumbes, arenamiento. Derrumbes en talud superior de carretera Panamericana Sur, en depósitos eólicos en cerro Arena. Dunas invaden carretera Panamericana aproximadamente 8 km (foto 6).</p> | <p>Puede obstruir la carretera Panamericana Sur.</p> | <p>Mantenimiento y limpieza de carretera, colocar muros de contención, mejoramiento de taludes.</p> |
| <p>9. Carretera Quicacha-Chaparra-El Molino (Quicacha/Chaparra)</p> | <p>Área sujeta a flujo de detritos y erosión fluvial. Zona de huaicos en torrenteras, en ambos márgenes del río Chaparra, en las laderas de los cerros Aguada Nueva, Puruja y Cruz de Oro. Los poblados Quicacha, Molino, Chaparra, Animas, El Convento, Tiruque y San Andrés se encuentran asentados sobre depósitos antiguos de flujos de detritos en forma de abanicos (foto 7), sujetos a erosión fluvial.</p> | <p>Puede afectar viviendas de los sectores Quicacha, Molino, Chaparra, Animas, El Convento y San Andrés, y carretera Chaparra-Quicacha.</p> | <p>Colocar badenes, alcantarillas, defensas ribereñas. Limpieza de cauce. Prohibir la construcción de viviendas muy cerca al cauce de las quebradas.</p> |
| <p>10. Carretera a Mina Calpa (Atico)</p> | <p>Área sujeta a derrumbe, flujo de detritos y erosión fluvial. Zona de huaicos y derrumbes en talud superior en el tramo km 27+000-28+000 de la carretera Atico-Caraveli. También presenta erosión fluvial en margen izquierda de la quebrada Pozo Huaraco, se llevó un tramo de la trocha de acceso a la mina Calpa.</p> | <p>Afecta 1 km de la carretera Atico-Caraveli.</p> | <p>Desquinchar bloques suspendidos en talud superior de carretera, colocar muros de contención, badenes y alcantarillas. Colocar defensa ribereña para proteger plataforma de carretera.</p> |



Foto 6. Derrumbes en depósitos eólicos y marinos en el km 648 de la carretera Panamericana Sur.



Foto 7. A) Poblado Tiruque se encuentra sobre abanico en margen izquierda del río Chaparra, km 55+800, B) quebrada Rinconada forma un abanico en la margen izquierda del río Chaparra sobre depósito antiguo se encuentra asentado el poblado El Convento.

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|--|--|
| <p>11. Km 11+420 - km 36+000 de la carretera Atico-Caraveli</p> <p>(Atico)</p> | <p>Área sujeta a derrumbe, caída de rocas, erosión fluvial y flujo de detritos. En algunos sectores presenta erosión fluvial en la margen izquierda del río Atico (foto 8). Zona de huaicos, en depósitos de canchales se forman cárcavas del km 22+250 al km 39+740. Derrumbes y caída de rocas en talud superior de carretera Atico-Caraveli, en algunos tramos se han colocado muros de contención, en substrato rocoso fracturado comprometido de rocas volcánicas-sedimentarias de la Formación Alpbamba (Intercalaciones de areniscas tobáceas, conglomerados y andesíticas porfiríticas).</p> | <p>En caso de sismos se pueden generar caída de rocas, en algunos tramos se ha colocado muros de contención. Puede obstruir vía.</p> | <p>Mejorar los taludes, desquincar bloques suspendidos. Colocar defensa ribereña.</p> |
| <p>12. Atico, La Florida</p> <p>(Atico)</p> | <p>Área sujeta a erosión fluvial y flujo de detritos. Erosión fluvial en ambas márgenes del río Atico, en el sector Atico y La Florida (foto 9).</p> | <p>Puede afectar puente y algunas viviendas del poblado Atico.</p> | <p>Colocar defensa ribereña, Limpieza de cauce de río. Prohibir la construcción de viviendas cerca al cauce del río.</p> |
| <p>13. Km 725+00-743+00 de la carretera Panamericana Sur</p> <p>(Atico)</p> | <p>Área sujeta a arenamiento, derrumbes, erosión de laderas y flujos de detritos. Arenamiento en el km 740+00 de la carretera Panamericana Sur, en el cerro de Arena, se ha colocado muro de contención. Derrumbes en talud superior de carretera Panamericana a la altura del km 732+033 sector Lomas Capilla-Playa Quebrada Honda. El área también es afectada por erosión en cárcavas que en época de lluvia intensa genera huaicos. Se ha colocado alcantarillas (foto 10).</p> | <p>Afecta aproximadamente 8 km de la carretera Panamericana Sur, por sectores.</p> | <p>Colocar muros de contención, colocar badenes, limpieza de cunetas.</p> |



Foto 8. A) Erosión fluvial en la margen izquierda del río Atico, en el km 11+420 de la carretera Atico-Caraveli. B, C y D) Derrumbes en talud superior de carretera Atico-Caraveli, en los km 22+250, km 18+320, km 21+300 respectivamente.



Foto 9. A) Erosión fluvial en la margen derecha del río Atico, B) Erosión fluvial en la margen derecha del río Atico, C) Puente La Florida, D) Puente Atico presenta daños en estribo derecho del puente.



Foto 10. Vistas de arenamiento en cerro de Arena, en el km 743 de la carretera Panamericana Sur.

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|---|--|--|
| <p>14. Caravelí (Caravelí)</p> | <p>Área sujeta a flujos de detritos. En el cauce de la quebrada se observa material suelto de fácil remoción, que ante lluvias excepcionales pueden ser removidas y generar flujos de detritos. Zona con pendiente moderado, terreno con ausencia de vegetación, por el lugar se ha construido canal de regadío. El poblado Caravelí se encuentra asentado sobre depósitos antiguos de huaicos (foto 11).</p> | <p>De reactivarse por lluvias excepcionales afectaría los barrios marginales de Caravelí. Que también podría afectar terrenos de cultivo y canal de regadío.</p> | <p>Construir muros de contención. Limpieza y profundización de cauce.</p> |
| <p>15. Quebrada Nauquipa - Pirca (Cahuacho)</p> | <p>Área sujeta a erosión en cárcavas, pequeños deslizamiento y reptación de suelos. Quebrada de substrato muy meteorizado de fácil remoción de pendiente moderado y terreno de escasa vegetación. Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales excepcionales.</p> | <p>Podría afectar terrenos de cultivo.</p> | <p>Usar riego tecnificado. Restringir la expansión urbana. Forestar la zona con plantas nativas.</p> |



Foto 11. Vista panorámico del poblado de Caraveli ubicado sobre depósitos proluviales, dejados por huaicos muy antiguos (tomado por Medina, 2013).

Cuadro 2. Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia Camaná

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|---|--|
| 16. Pescadores (Ocoña) | Área sujeta a flujo de detritos, arenamiento, derrumbes e inundación. Todos los años la quebrada Pescadores acarrea huaicos, obstruyendo el paso vehicular en la Panamericana Sur (foto 12). Aguas abajo cerca de la desembocadura al mar presenta inundaciones. | Obstrucción de la carretera Panamericana Sur. Puede afectar viviendas del poblado Pescadores. Muchos pasajeros, arriesgan su vida cruzando el río en cámaras infladas con el apoyo de algunos pobladores. | Colocar puente, defensa ribereña y limpieza de cauce. Reforestar laderas en la cabecera de la quebrada. |
| 17. Km 758+00-766+00 Panamericana Sur Ocoña-La Planchada (Ocoña) | Área sujeta a flujo de detritos, caída de rocas y derrumbes. Derrumbes y caída de rocas en talud superior de carretera Panamericana Sur, en el km 766 entre las localidades de Ocoña y Atico (foto 13). | Puede obstruir la carretera Panamericana Sur. | Desquinchar bloques suspendidos, mejorar taludes. |
| 18. Pueblo Viejo (Ocoña) | Flujo de detritos (huaicos). Quebradas con material susceptibles a ser removidos, pendiente moderada de las quebradas, terrenos con ausencia de vegetación. Se muestran antiguos depósitos generados por flujos de detritos, sobre el cual se construyeron viviendas. También se observa erosiones en cárcavas. Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales de tipo excepcional. Figura 5 y foto 14. | Fenómeno podría afectar las viviendas del sector. También podría afectar terrenos de cultivo. | Zona no apta para expansión urbana. Elaborar plan de contingencia ante huaicos. |
| 19. Urasqui (Mariano Nicolás Valcárcel) | Área sujeta a derrumbes, flujos de lodo y detritos. Quebradas con material susceptibles a ser removidos, pendiente alta, terrenos con ausencia de vegetación. Con presencia de pequeños derrumbes en las laderas de las quebradas que aportan material al cauce de estas quebradas y generan huaicos. Las viviendas del sector Urasqui se encuentran construidas en antiguos depósitos de flujo de detritos. Figura 6. | Fenómeno que podría afectar las viviendas del sector Urasqui y terrenos de cultivo. | No construir viviendas ni realizar cortes en el talud del cerro. Zona no apta para expansión urbana. Buscar alternativas para reubicar la capital de distrito. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|--|---|
| <p>20. Campamento Minero Artesanal Secocha (Mariano Nicolás Valcarcel)</p> | <p>Área sujeta a flujos de detritos (huaicos). En las laderas de la quebrada Saca de Posco y quebradas afluentes presenta material susceptible a ser removidos en forma de talus de detritos, con pendiente moderada, donde se realiza actividad minera artesanal en la parte alta del poblado y en la parte baja, actividad agrícola. Los desencadenante son las lluvias excepcionales y sismos. El poblado se encuentra asentado sobre un abanico antiguo (Foto 15 y figura 7). En la desembocadura de la quebrada, se observan depósitos de flujos de detritos de diferentes periodos.</p> | <p>Los flujos que se generen en la quebrada Saca de Posco pueden afectar directamente a la población del Campamento Minero Artesanal Secocha y tierras de cultivo.</p> | <p>La zona no es apta para asentamiento poblacional. Elaborar plan de contingencia ante Huaicos. Reubicar a la población asentada en el cauce de la quebrada. Aperturar cauce de quebrada que cruce el área poblada de Secocha. Limpieza periódica del cauce de quebrada.</p> |
| <p>21. Poblado de Socso-Quebrada Molles (Nicolás de Piérola)</p> | <p>Zona de flujo de detritos (huaicos). Material proluvial depositado por los flujos que discurren por la quebrada Molles, forman un abanico en su desembocadura con el río Camaná, que en su parte distal tiene 1 km de ancho. El material proluvial está conformado por gravas y arenas, con bolones de hasta 1 m de diámetro (Foto 16). Sobre este depósito de huaico se encuentran asentadas las viviendas del poblado de Socso. Es posible identificar el curso seguido por el último huaico, el cual formó varios canales y se desbordó.</p> | <p>Pueden resultar afectados las viviendas y pobladores de Socso.</p> | <p>Reubicar y prohibir la construcción de viviendas dentro del cauce de la quebrada o en las zonas de influencia de flujos antiguos. Limpieza de cauce.</p> |
| <p>22. Playa El Chorro-La Punta (Quilca)</p> | <p>Área sujeta a arenamiento, inundación por tsunamis y licuación de arenas. Morfología del litoral susceptible a ser afectada por olas de tsunami, como el ocurrido en el 2001. Terreno compuesto por arenas de playa casi sueltas, poco o nada densas susceptibles a licuación en caso de sismo.</p> | <p>Compromete balnearios de la ciudad de Camaná.</p> | <p>Simulacros de evacuación. Prohibir construcción de edificaciones sin estudios geotécnicos de cimentación adecuados.</p> |
| <p>24. Entre quebrada Characta y quebrada Pisques (Nicolás de Piérola)</p> | <p>Flujos de detritos excepcionales; caída de rocas con sismos. Acumulaciones de conos de talus y abanicos en las laderas de los cerros La Laja, Punta LLaclla y Pisques. Taludes inestables con sismos.</p> | <p>Puede afectar tramo de carretera de acceso a Los Molles (Socso).</p> | <p>Construcción de muros de gaviones o pircas de mampostería de piedra, para contención de caída de rocas.</p> |
| <p>25. San José Mariscal Cáceres (Mariscal Cáceres)</p> | <p>Inundación-erosión fluvial: terrazas bajas inundables localizadas hacia ambos márgenes del río Camaná (foto 17), en algunos sectores como en la margen izquierda del río frente a Cardos se ha colocado enrocados.</p> | <p>Puede afectar grandes extensiones de cultivos, el sector de Huacapuy (Camaná) fue gravemente afectado por los desbordes del río Camaná el año 1993.</p> | <p>Se han colocado defensas ribereñas en algunos sectores del río.</p> |



Foto 12. Quebrada Pescadores, todos los años acarrea huaicos y obstruye vía, en el km 755 de la carretera Panamericana Sur.



Foto 13. Caída de rocas en el km 766 de la carretera Panamericana Sur, sector La Planchada, distrito de Atico (tomado el 15 de setiembre del 2015).

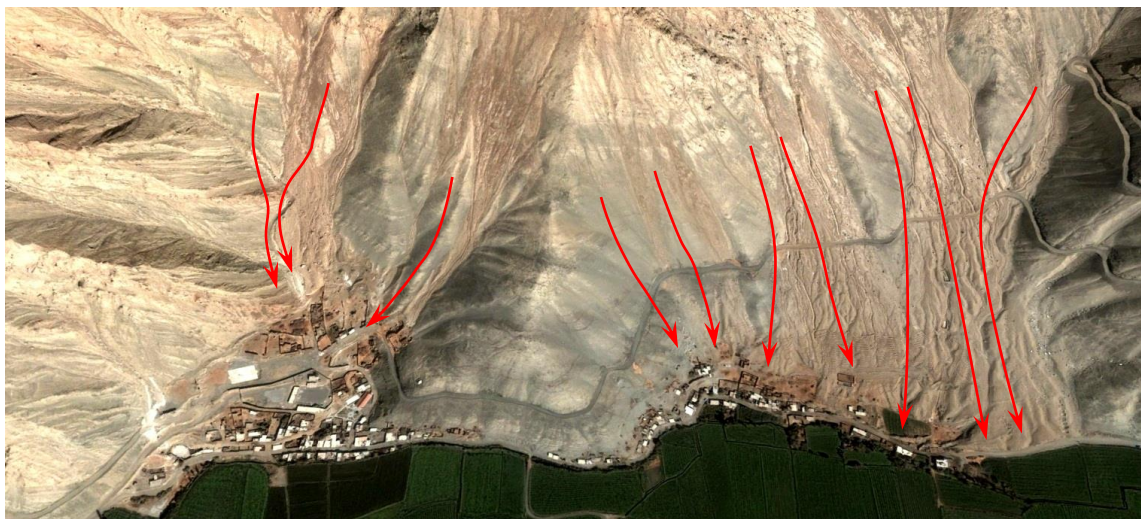


Figura 5. Zona de huaicos en el sector Pueblo Viejo, con flechas rojas se indica la dirección de antiguas ocurrencias de huaicos. Imagen Google Earth.



Foto 14. Vista donde se observa que el poblado de Urasqui se encuentra sobre depósito de flujo. Tomado por Medina, 2013.



Figura 6.1 Zona de huaicos en el poblado Urasqui y alrededores, con flechas rojas se indican la dirección de antiguas ocurrencias de huaicosl. *Imagen Google Earth.*



Foto 15. Vista panorámico donde se observa que el poblado de Secocha está asentado sobre depósito de flujo de detritos en forma de abanico. Tomado por Medina, 2013.

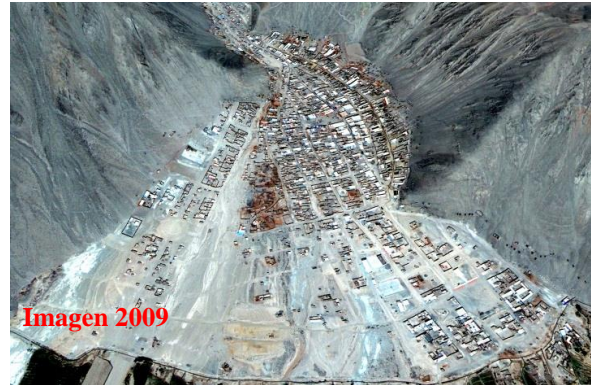


Figura 7. Crecimiento urbanístico de Secocha (2004-2009) sobre depósitos de antiguos huaicos. Imagen Google Earth.



Foto 16. Sector Quebrada Molles en su desembocadura en el río Camaná. En época de crecida podría afectar viviendas del poblado de Soccso (tomado por Medina, 2013).



Foto 17. A) Vista aguas arriba del río Camaná, frente a la quebrada Puluviñas; área susceptible a inundación con avenidas estacionales. B) Erosión en el río Camaná, en la margen izquierda frente a Cardos; se distingue el enrocado colocado en este sector. Tomado por Zavala, 2008.

Cuadro 3. Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Condesuyos

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|---|---|--|
| 26. IQUIPI (Río Grande) | Área sujeta a derrumbes, caída de rocas y flujo de detritos. La susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en el flanco oeste del cerro IQUIPI es muy alta. Talud rocoso fracturado y muy meteorizado de pendiente fuerte con ausencia de vegetación y presencia de talus de detritos con bloques menores a 0,5 m suspendidos a media ladera, por encima del poblado de IQUIPE (Foto 18 y figura 8). En caso de lluvias se pueden generar huaicos. | Podría afectar viviendas de IQUIPI y carreteras en caso de sismos o lluvias intensas. | La zona no es apta para asentamiento poblacional y expansión urbana. Elaborar plan de contingencia ante Huaicos. Reubicar a la población asentada en la ladera del cerro. No realizar cortes en talud del cerro. Buscar alternativas para reubicar la capital de distrito. |
| 27. Anexo Barrera (Yanaquihua) | Área susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos (huaicos). Zona de huaicos, en la desembocadura de la quebrada Chaquiloma o Llauce, lugar donde se encuentra asentada la población del anexo Barrera, se observa materiales de flujos antiguos depositados en forma de abanico. Aún se observan materiales de flujos antiguos depositados en forma de abanico, de aproximadamente 580 m de ancho, el cauce de la quebrada se encuentra colmatado con presencia de material suelto en las laderas superiores (Figura 9). | Los flujos que se generen en la quebrada Chaquiloma y quebradas afluentes, podrían afectar a la población del Anexo Barrera y tierras de cultivo. | Reubicación de viviendas. |
| 28. San Juan de Chorunga (Río Grande) | Área sujeta a flujos de detritos (huaicos). En las quebradas adyacentes al poblado de San Juan de Chorunga se observa material antrópico suelto de fácil remoción, que ante lluvias excepcionales puede ser removido fácilmente y generar flujos de detritos. También se observa en las laderas con depósitos de talus de detritos de fácil remoción. El poblado San Juan se encuentra asentado sobre un depósito de flujo antiguo (Foto 19 y Figura 10). | Puede afectar viviendas del poblado San Juan de Chorunga. | Construir muros de atenuación de flujos. Limpieza de cauce. Prohibir la construcción de viviendas cerca del cauce. |
| 29. Vilcane (Chichas) | Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes y erosión de laderas. Derrumbes en talud superior, laderas con pendiente fuerte y ausencia de vegetación (Figura 11). | Afecta a la carretera de accesos al poblado de Chichas (Foto 20A). Los flujos que se generen a causa de los derrumbes podrían afectar a los pobladores del sector Vilcane | Restringir tránsito de vehículos durante temporadas de lluvias intensas, reforestar el talud, limpieza periódica de las torrenteras de la zona. |

| | | | |
|---|--|--|---|
| <p>30. Yachanguillo (Chichas)</p> | <p>Erosión fluvial. En la zona se observa terrazas aluviales afectadas por erosión fluvial debido a la corriente de agua del río Arma (Foto 20B y Figura 12).</p> | <p>Podría ser afectado viviendas y tierras de cultivo del sector Yachanguillo asentadas en la margen derecha del río Arma.</p> | <p>No construir viviendas en la ribera del río Arma.</p> |
| <p>31. Santa Catalina (Chichas)</p> | <p>Erosión fluvial. En la zona se observa terrazas aluviales afectadas por erosión fluvial debido a la corriente de agua del río Arma.</p> | <p>Podría ser afectado viviendas y tierras de cultivo del sector Santa Catalina asentadas en la margen derecha del río Arma.</p> | <p>No construir viviendas en la ribera del río Arma.</p> |
| <p>32. Chichas (Chichas)</p> | <p>Flujos de detritos. En la desembocadura de la quebrada Añavilca, lugar donde se encuentra asentada la población de Chichas, se observa materiales de flujos antiguos depositados en forma de abanico (Foto 21 y Figura 13).</p> | <p>Los flujos que se generen en la quebrada Añavilca y quebradas afluentes, podrían afectar directamente a la población de Chichas y tierras de cultivo.</p> | <p>No permitir la expansión urbana. Elaborar plan de contingencia ante Huaicos.</p> |
| <p>33. Viray (Iray)</p> | <p>Flujo de detritos (huaico). Huaico excepcional, con presencia de asentamiento de aproximadamente 20 cm de la carretera, que produjo la pérdida del asfalto de la carretera, dificulta el tránsito de vehículos.</p> | <p>Produce la pérdida de 150 m de asfalto de la carretera de acceso a Chuquibamba.</p> | <p>Es necesaria la construcción de un badén. Forestar laderas.</p> |



Foto 18. Canchales de detritos en talud superior, encima del poblado de Iquipi.

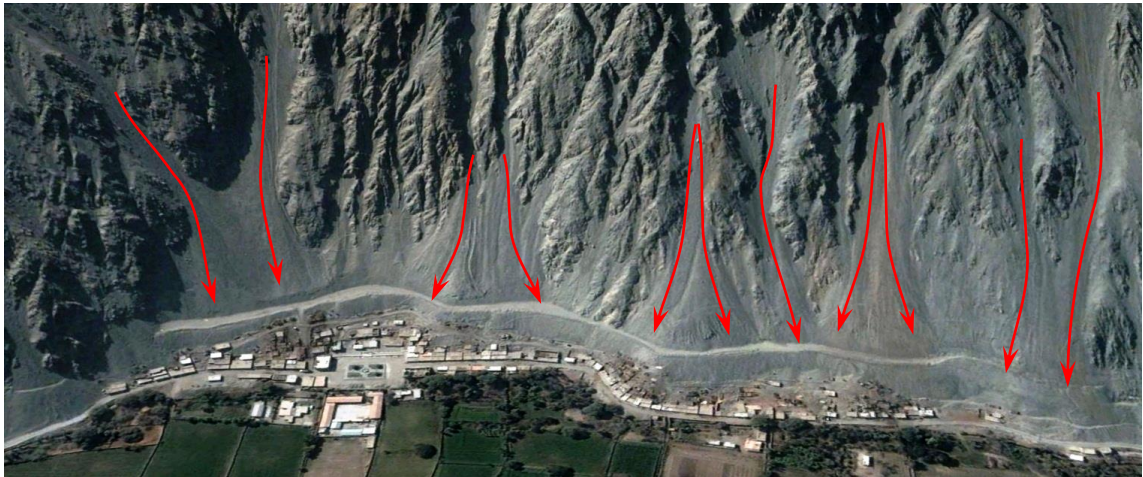


Figura 8. Zona de huaicos y caída de rocas en el poblado Iquipi y alrededores, las flechas rojas indican la dirección de huaicos. *Imagen Google Earth.*



Figura 9. Poblado Barrera se ubica sobre un huaico antiguo, las flechas de color rojo indican la dirección de este flujo. *Imagen Google Earth.*



Foto 19. Poblado de San Juan de Chorunga asentado sobre depósitos de flujos de detritos en forma de abanicos.



Figura 10. Poblado San Juan de Chorunga se ubica sobre un flujo antiguo, las flechas rojas indican la dirección de estos huaicos. *Imagen Google Earth.*

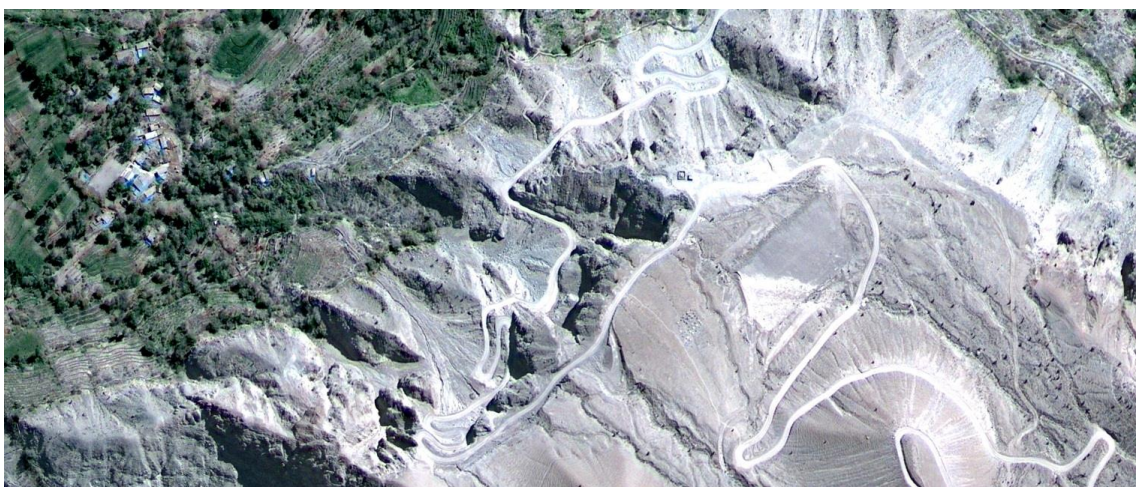


Figura 11. Presencia de huaicos, derrumbes y cárcavas en el sector Vilcane. *Imagen Google Earth.*



Foto 20. A) Carretera a Chichas – Yachanguillo, a la altura del Km 7+120 afectada por derrumbes y huaicos, se observa el substrato de mala calidad. B) Derrumbes y erosión en cárcavas en el sector Chichas.



Figura 12. Se observa procesos de erosión fluvial que podría afectar viviendas y tierras de cultivo del sector Yachanguillo. Además, se observa ocurrencias de flujos de detritos. Imagen Google Earth Pro.



Foto 21. Vista aguas abajo del poblado Chichas en la margen derecha del río, en la zona se observa intensa erosión en cárcavas que en época de lluvias intensas discurren huaicos a través de ellas (Tomado por Medina, 2013).



Figura 13. Se observa a la población de Chichas asentada sobre depósitos de flujos antiguos provenientes de la quebrada Añavilca. Imagen Google Earth.

Cuadro 4. Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de La Unión

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|---|--|
| 34. Allancay (Quechualla) | Área susceptible a flujo de detritos, movimientos en masa y erosión fluvial. En la zona se observa terrazas aluviales afectadas por erosión fluvial debido a la corriente de agua del río Sañucanta y quebrada Challallauca. En la zona también se podrían presentar ocurrencias de derrumbes y deslizamientos producto de la erosión fluvial y el mal uso del sistema de riego para cultivos (Figura 14). | Afectaría viviendas y tierras de cultivo del sector Allancay. | La zona no es apta para asentamiento poblacional. Restringir construcción de viviendas. Para los terrenos de cultivo, usar riego tecnificado. |
| 35. Carretera Andamarca-Charcana (Charcana) | Área susceptible a erosión de ladera, caída de rocas y derrumbes. Talud rocoso fracturado, conformado por substrato de mala calidad conformado por intercalación de limoarcillitas abigarradas, presencia de yeso y sal; de pendiente muy fuerte y vegetación nula. Con presencia de depósitos coluvio-deluviales. Longitud de arranque de 1600 m de longitud, altura de 100 m, bloques aislados menores a 2 m. Los factores desencadenantes son las precipitaciones pluviales y sismos (Foto 22). | Afecta tramo de carretera (1000 m) afirmada ubicado entre los poblados de Andamarca – Charcana. | Construir muros de contención. Colocar mallas metálicas con pernos anclados para estabiliza talud. Restringir el tránsito de vehículos durante temporadas de lluvias intensas. |
| 36. Huarhua (Pampamarca) | Deslizamiento y erosión en cárcava. El poblado de Huarhua, se asienta sobre el depósito coluvio-deluvial afectada por erosión en cárcava (Figura 15). | El poblado podría ser afectado por erosión en cárcava. | Mantener la zona con cobertura vegetal. Restringir construcción de viviendas. Para los terrenos de cultivo, usar riego tecnificado. Restringir el acceso de vehículos al poblado de Huarhua durante temporadas de lluvias. |
| 37. Carretera Cotahuasi-Velinga (Toro) | Área sujeta a derrumbes. Substrato de mala calidad, conformada por areniscas y lutitas, de pendiente muy fuerte y ausencia de vegetación. Longitud de arranque 1400m, altura de 50m, talus de detritos menores a 0,4 m. Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales (Foto 23). | Afecta la carretera de acceso entre los poblados de Cotahuasi y Velinga. | En temporadas de lluvias se debe restringir el tránsito de vehículos. Cambiar trazo de carretera. |
| 38. Chacaylla (Cotahuasi) | Derrumbes, flujo de detritos y erosión en cárcava. La susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en el flanco oeste de cerro Huiñao es muy alta. Los detonantes podrían ser precipitaciones pluviales excepcionales. Longitud de arranque de 800 m, con presencia de canchales de detritos y bloques menor a 2 m de diámetro. En la actualidad en la ladera del cerro Huiñao, se observan depósitos de derrumbes y depósitos de flujos de detritos antiguos. También se observa erosión en cárcava (Figura 16). | Puede afectar viviendas de Chacaylla y carretera. | Zona no apta para considerar como zona de ampliación urbanística. Prohibir la construcción de viviendas. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|--|---|
| <p>39. Urbanización “Pampa de Aymaña” III Etapa (Cotahuasi)</p> | <p>Derrumbes, erosión en cárcava y fluvial. En la zona, las condiciones intrínsecas del terreno: morfología, pendiente, naturaleza de los materiales, ausencia o escasez de vegetación, socavamiento del pie de talud (dinámica fluvial), entre otros, condicionan a que las laderas del valle cañón formada por el río Cotahuasi como de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Figura 17).</p> | <p>Pueden ser afectadas las viviendas de la urbanización “Pampa de Aymaña” III Etapa.</p> | <p>Prohibir la expansión de viviendas en la urbanización “Pampa de Aymaña” III Etapa. Forestar con especies forestales nativas el borde del valle cañón y las zonas accesibles de la zona de derrumbe y cárcavas. Forestar con especies forestales nativas el borde del valle cañón y las zonas accesibles de la zona de derrumbe y cárcavas.</p> |
| <p>40. Carretera Cotahuasi-Chuquibamba, Km 8+100 (Cotahuasi)</p> | <p>Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas. Substrato de mala calidad susceptible a ser removido, conformada de cuarcitas, cuarzoarenitas y areniscas de pendiente muy fuerte, terreno de escasa vegetación y corte artificial de talud (Foto 24 y Figura 18). Con longitud de arranque de 350 m con altura de 70 m, talus de detritos de menor a 1m. Los factores desencadenantes son las lluvias excepcionales.</p> | <p>Derrumbe afecta carretera de acceso a Cotahuasi y Chuquibamba, con lluvias excepcionales podría generarse flujos y afectar viviendas que se encuentran en la parte baja de la quebrada.</p> | <p>Desquinchar rocas sueltas. Restringir el tránsito de vehículos durante temporadas de lluvias intensas. Estabilizar talud o buscar alternativas para modificar el trazo de la carretera.</p> |
| <p>41. Carretera a Puyca -Alca (Puyca)</p> | <p>Derrumbes y caídas de rocas. Las causas son: substrato de mala calidad, conformada conglomerados y aglomerados; pendiente del terreno fuerte; escasa presencia de cobertura vegetal; corte de talud para construcción de carretera. Los factores desencadenantes pueden ser las lluvias excepcionales o sismos (Figura 19).</p> | <p>Afecta el tramo de carretera de acceso entre los pueblos de Puyca y Alca.</p> | <p>Desquinchar rocas sueltas. Restringir el tránsito de vehículos durante temporadas de lluvias intensas. Estabilizar talud o buscar alternativas para modificar el trazo de la carretera. Mantener reforestado con especies nativas.</p> |



Figura 14. Se observa que la población de Allancay, está asentada entre el río Sañucanta y quebrada Challallauca. Imagen Google Earth (Medina et al., inédito).

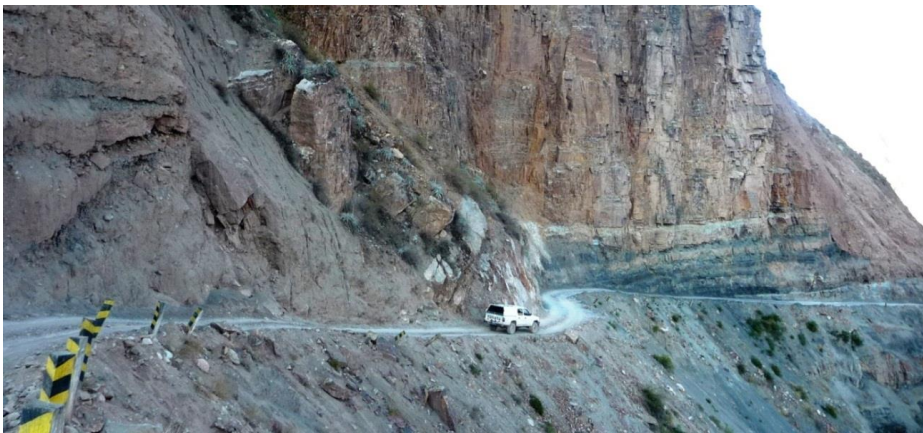


Foto 22. Talud de pendiente muy escarpada con sustrato rocoso muy fracturado y meteorizado, susceptible a la ocurrencia de caída de rocas y derrumbes.



Figura 15. Poblado de Huarhua asentada sobre depósito coluvio-deluvial susceptible a proceso de erosión en cárcava y deslizamientos. También se observa carreta de acceso que podría ser afectada por derrumbes. Imagen Google Earth (Medina et al., inédito).



Foto 23. Tramo de carretera de acceso entre los poblados de Cotahuasi y Velinga susceptible a la ocurrencia de derrumbes, flujos y cárcavas en periodo lluvioso.



Figura 16. En sector de Chacaylla, se observan viviendas sobre antiguos depósitos de flujos de detritos. Con presencia de erosión en cárcava. Imagen Google Earth (Medina et al., inédito).



Figura 17. Población de la Urbanización Pampa de Aymaña III Etapa, ubicada en la margen izquierda de río Cotahuasi; además se observa la ribera del río, susceptible a pequeños derrumbes, erosión en cárcava y fluvial. Imagen Google Earth.



Foto 24. Zona de derrumbes en el tramo de carretera Cotahuasi-Chuquibamba, Km 8+100 (tomado por Medina, 2013).



Figura 18. Carretera de acceso entre Cotahuasi y Chuquibamba (Km 8+100) afectada y susceptible a derrumbes por corte de talud para su construcción. Imagen Google Earth (Medina et al., inédito).



Figura 19. Tramo de carretera de acceso al poblado Puyca con muy alta susceptibilidad a derrumbes y caídas de rocas. Imagen Google Earth.

Cuadro 05. Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Castilla

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|---|---|
| 42. Collaglla (Orcopampa) | Flujo de detritos, derrumbes. Flujo de detritos de gran magnitud que bajo de la quebrada de Secque, depositó un abanico en su desembocadura al río Huancarama. Así mismo, parte del material se encausó y discurrió por el río Huancarama donde actualmente este material formó una terraza que aparece de manera discontinua en el cauce. Ancho de la quebrada de Secque es de 10 m. | Podría afectar la bocatoma de la C.C.H.H. Huancarama se ubica cerca de la quebrada y cortar el tránsito de la carretera. | Encauzar la quebrada Secque. |
| 43. Quebrada Tarcarpata - Chapacoco (Chilcaymarca) | Flujo de detritos. Quebrada que acarrea flujos de manera excepcional, depósitos de forma de abanicos, conformado por material grueso heterogéneo sobre este depósito se encuentra asentado el poblado de Chapacoco (Foto 25). Otros flujos menores en la ladera del cerro Huiscatoni. | De producirse un nuevo flujo puede afectar viviendas del poblado de Chapacoco y la carretera. | Canalización del cauce principal de la quebrada. |
| 44. Ladera cerro Pichihua, carretera Orcopampa-Andahua (Andagua) | Zona de flujos de detritos. Torreteras secas que acarrear flujos en periodo de lluvias excepcionales, depósitos con forma de conos, conformado por material grueso, obstruye unos 500 m de carretera (Foto 26). Puede tapar bocatoma de canal de riego que va a Andahua. | Colmatación, posible destrucción de bocatoma de canal. Afectan periódicamente tramos de carretera Orcopampa – Andahua (500 metros). | Forestar laderas; canalizar quebradas o torreteras para paso de flujos. |
| 45. Ladera Cerro Jollevirca (Chachas) | Erosión de laderas, movimiento complejo, derrumbes y deslizamientos. Deslizamientos traslacionales y derrumbes en la margen izquierda del río Challahuire, con represamiento parcial originaron desembalse violento erosionando carretera y puente hacia Chachas. Colmatación del cauce del río está produciendo colmatación de laguna de Chachas. | Afectó tramo de carretera Andahua-Chachas. | Control de erosión de cárcavas. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|--|---|
| 46. Huanco (Pampacolca) | Flujo de detritos, derrumbe, erosión de laderas. Quebrada por donde discurren flujos, el año 2006 bajo un huaico que duro aproximadamente 3 horas, que afecto carretera y 2 viviendas. Se evidencia intensa erosión en surcos y cárcavas en las cabeceras de la quebrada. | Afecta 25 m de la carretera San Antonio – Pampacolca, afectó dos viviendas. | Mantener limpio el cauce de la quebrada, evitar la construcción de viviendas cerca y en la quebrada. |
| 47. Ladera NE del cerro Lomas de Mamas (Tipan) | Caída de rocas, erosión de laderas, Flujo de detritos (huaicos). Tramo de carretera de 5 km, que da acceso al poblado de Tipán y Viraco, afectados por huaycos, derrumbes y erosión en cárcavas que interrumpen el tránsito, estos se presentan con lluvias ocasionales a excepcionales. | El transito se ve interrumpido con la caída de un huayco, o por derrumbes de la carretera, por tramos. | Realizar trabajos de limpieza de los taludes y construcción de badenes que posibiliten un paso flujos sin afectar la carretera. |
| 48. Lomas de Mamas (Uñon/Tipan) | Erosión en cárcavas y huaicos. Ladera de fuerte pendiente, que se encuentran disectados por una intensa erosión en cárcavas, forma unas torrenteras, por la cual discurren huaycos, que cortan 3 desarrollos de la carretera a Viraco, trazados en la ladera (Foto 27). | Puede afectar aproximadamente 1 km de carretera, en los tramos que corta los tres desarrollos de la carretera. | Colocar badenes, rellenar tramos de la carretera afectados por la erosión y los flujos. |
| 49. Loma Mamas (Tipan) | Derrumbes, caída de rocas y de detritos, erosión en cárcavas y huaicos. Ladera de fuerte pendiente, donde se producen derrumbes y caída de rocas y detritos desde la cima, este material caído se acumula a manera de conos de talus, los cuales son disectados por cárcavas, que acarrear flujos de detritos. | Afecta tres desarrollos de la carretera a Viraco, en una extensión de 1,5 km, por tramos. | Construir badenes. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|--|--|---|
| <p>50. Quebrada Andamayo-quebrada Puente Viejo (Aplao/Tipan)</p> | <p>Flujo de detritos, deslizamiento. Quebradas que en períodos de lluvia acarrear huaicos de grandes magnitudes, que cortan el tránsito hacia Tipan y Viraco (Foto 28). Deslizamiento de unos 300 m de ancho de escarpa, 250 m de alto, produjo el asentamiento de 1 m aproximadamente de la carretera, el deslizamiento compromete un substrato de limonitas rojas y arcillitas, poco compactas.</p> | <p>Afectó tramo de unos 500 m de carretera, que hizo necesario cambio en el trazo por los asentamientos sufridos. Afecto una vivienda.</p> | <p>Monitoreo del deslizamiento, construcción de badén.</p> |
| <p>51. Andamayo, ladera del cerro Andamayo, quebrada Higuerayoc (Uñon/Tipan)</p> | <p>Flujo de detritos (huaicos), erosión de laderas y derrumbes. Tramo de unos 10 km de la carretera de acceso a los distritos de Tipan y Viraco, se encuentra cortado por cárcavas, torrenteras y quebradas que acarrear huaicos de manera ocasional a excepcional. Talud de carretera en algunos sectores inestable, desde donde se producen derrumbes (Foto 29). Esta zona por ser árida, la acumulación de material por efectos de meteorización y derrumbes, es acarreado como flujos cuando se presentan lluvias, que las sobresaatura y permiten su movilidad al hacerlos fluidos. La zona se presenta intransitable en esos periodos.</p> | <p>Puede producir la interrupción total del tránsito de vehículos hacia Viraco y Tipan.</p> | <p>Construcción de badenes, desquinchado de taludes.</p> |
| <p>52. Quebrada Cosos (Aplao)</p> | <p>Flujos de detritos (huaicos) y derrumbes. Quebrada que acarrea flujos de manera excepcional, formación de conos de talud en las cabeceras, estos materiales sueltos se sobresaaturan y son movilizados, cuando se producen lluvias excepcionales. Depósito proluvial forma un abanico, que alcanza los 2100 m de ancho máximo en la parte distal.</p> | <p>Corta 100 m de la carretera Aplao al desvío Chuquibamba – Viraco, en dos tramos.</p> | <p>Limpieza de cauce, mantenimiento de badén.</p> |
| <p>53. Huatiapilla, quebrada Ongoro (Aplao)</p> | <p>Flujo de detritos, derrumbes y caída de rocas. Derrumbes y caídas de rocas en las cabeceras y márgenes de las laderas de las quebradas, formación de conos de talud, aportes de flujos desde torrenteras tributarias. El material suelto es removido por escorrentías superficiales de lluvias excepcionales, a manera de huaicos, que cortan tramo de la carretera hacia Viraco. Huaico que discurre por torrentera tributaria de la quebrada Ongoro, ha depositado un abanico proluvial, en donde actualmente se encuentra asentado el poblado de Huatiapilla.</p> | <p>Afecta 300 m de carretera y terrenos de cultivo y viviendas de Huatiapilla.</p> | <p>Realizar trabajos de limpieza de cause, construcción y mantenimiento de badenes.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|---|---|
| 54. Aplao (Aplao) | Flujo de detritos. Ladera de cerro de alta pendiente, forma un acantilado en la cima, desde donde se produce la caída de rocas y detritos. Este material suelto es posteriormente acarreado por escorrentías superficiales a maneras de huaicos, con lluvias excepcionales. El poblado de Aplao se encuentra asentado sobre este abanico proluvial (Fotos 30 y 31). Las Caídas de rocas desde el talud superior se producen por efectos del viento y por sismos, como el ocurrido el 9 de julio del 2008 a las 3:40 am, donde según relatos de los pobladores, era posible escuchar fuertes sonido producidos por el golpe de bloques caídos. | Pueden ser afectadas viviendas del poblado de Aplao. | Encausar y darle libre paso a los flujos que se pueden formar en la ladera. |
| 55. Cerro Huancarqui (Huancarqui) | Zona de derrumbes en el talud superior de carretera, de unos 25 a 30 m de alto, a lo largo de unos 500 m, desde la salida del puente que conduce de Aplao a Huancarqui. Los taludes de corte son verticales, se presentan con fracturas abiertas de hasta 5 cm. Bloques colgados inestables en el talud, compromete una secuencia de aglomerados muy deleznable (foto 32). | La caída de rocas puede obstruir el tránsito e incluso aplastar un vehículo. | Realizar trabajos de limpieza de la carretera. Desquinche de taludes inestables |
| 56. Recodo Cerro (Huancarqui) | Zona de derrumbes, talud de corte de carretera vertical de unos 30 m de alto y 900 m de longitud. Presencia de grietas en el talud con aberturas de hasta 15 cm. Material caído depositado al pie del talud superior de carretera, es posible encontrar bloques de hasta 7 m de longitud (Foto 33). | Obstrucción de la carretera, vehículos pueden ser aplastados por bloques que caen. | Eliminar material derrumbado y zonas que han quedado inestables (desquinche). |
| 57. Torán-Quiscay (Aplao/Huancarqui) | Inundación-erosión fluvial: terrazas inundables en ambos márgenes del río Majes a lo largo de unos 41 km del valle (Foto 34). | Los desbordes del río Camaná afectaron: 1) Torán-Pampa Blanca, terrenos de cultivo y destruyó la hacienda Las Palmas. 2) Sarcas-El Granado, puede afectar terrenos de cultivo. 3) Punta Colorada (Corire); zona inundable, si se presentan fuertes avenidas afecta terrenos de cultivo. 4) En Collón, pueden afectar terrenos de cultivo por desbordes del río Majes. 5) Querulpa Grande; erosión en la margen derecha del río Majes afectó terrenos de cultivo. 6) La Cabecera-Los Puros, avenidas extraordinarias pueden causar el desborde del río que afectaría terrenos de cultivo. 7) La Laja, desborde afectan terrenos de cultivo. 8) Puente Huancarqui-Aplao, avenidas extraordinarias afectaron terrenos de cultivo, viviendas rurales y dañó al puente Huancarqui. | Se han colocado defensas ribereñas en algunos sectores del río. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|---|---|
| 58. Caspani Km 61+000 de la carretera Corire-Aplao (Aplao) | Flujo de detritos (huaico). Se observa presencia de material suelto depositado al pie de las márgenes que provienen de derrumbes, los cuales son acarreados con lluvias excepcionales, con presencia de bolones de hasta 3 m de diámetro. Es evidente también la expansión de viviendas hacia la parte alta de la torrentera, las cuales pueden ser afectadas por nuevos huaicos. | Nuevos flujos pueden afectar viviendas construidas sobre de huaico. | Detener la expansión de viviendas hacia las partes altas de la torrentera. Encausar la torrentera. |
| 59. Choco (Choco) | Flujo de detritos excepcional. Poblado ubicado en la confluencia de los ríos Chalza y Cusca. Gran cuenca de recepción en el río Chalza en cuyas cabeceras de producen avalanchas de detritos y caída de rocas asociados a zonas periglaciares. | Compromete poblado de Choco y zona de mineros artesanales en la parte superior. | Bosque de protección con plantas nativas para protección ante flujos de detritos excepcionales, que acompañe a las defensas ribereñas en ambos ríos o quebradas que cruzan el pueblo. |
| 60. Jello Jello-Ayo (Ayo) | Flujos de detritos excepcionales. Vertiente diluvial afectada por erosión en cárcavas y flujos de detritos. Se distinguen hasta siete conos o abanicos de flujos, uno de los cuales es de mayor magnitud. | Afecta zona de andenerías prehispánicas en un tramo de 6,5 km de longitud. Flujos pueden comprometer también carretera Andahua-Ayo. | Restauración de zona arqueológica, que necesita encauzamiento de quebradas y cárcavas y forestación de laderas. |
| 61. Cerro Carigua, río Colca frente a Ayo (Filayoc) | Derrumbes y deslizamientos. Derrumbe ocurrido en 1997; se estimó ± 200-250 m de longitud de dique de embalse y 45-50 m de altura y 2 millones de m ³ de material caído. Zona plegada y fracturada, muy inestable (Foto 35). | Un nuevo represamiento podría comprometer aguas abajo zonas bajas adyacentes al río Majes. | Monitoreo del lugar, que permita tener un sistema de alerta. |



Foto 25. Sector en la quebrada Tarcapata – Chapacoco. Un próximo flujo excepcional podría afectar al poblado de Chapacoco y a la carretera a Orcopampa. (Tomado por Zavala, 2008).



Foto 26. Laderas del cerro Pichihua con erosión en cárcavas y flujos de detritos que afectan periódicamente un tramo de la carretera Andahua-Orcopampa (tomado por Zavala, 2008).



Foto 27. Erosión de laderas que han afectado un tramo de carretera en más de un kilómetro en el sector Lomas de Mamas (tomado por Zavala, 2012).



Foto 28. Vista del sector de Andamayo. Cárcavas y canales que se activan con lluvias y afectan un tramo de la carretera de acceso a Tipan y Viraco (tomado por Zavala, 2008).



Foto 29. Sector de Andamayo. Tramo de carretera de acceso a Tipan y Viraco que en épocas de lluvia es intransitable (tomado por Zavala, 2008).



Foto 30. Viviendas del distrito de Aplao se ubican sobre un abanico por donde constantemente cae material de las laderas superiores (tomado por Zavala, 2008).



Foto 31. Viviendas asentadas en material proluvial que en épocas de precipitaciones fuertes resultarían afectadas (tomado por Zavala, 2008).



Foto 32. Derrumbes del Cerro Huancarqui afectan a aproximadamente 500 m de carretera desde la salida del puente de Aplao (tomado por Zavala, 2008).



Foto 33. Derrumbes y agrietamientos en el sector Recodo Cerro que afectan a la carretera Aplao – Huancarqui (tomado por Zavala, 2008).



Foto 34. Área susceptible a erosión e inundación fluvial entre Caspini y Querulpa (tomado por Zavala, 2008).



Foto 35. Vista aguas abajo del río Colca frente a Ayo. Se aprecia parte del material caído por un derrumbe del cerro Filayoc, margen izquierda que represó el río Colca y su afluente Ayo (A): Laderas con fuerte pendiente, con secuencias del Grupo Yura muy plegadas y fracturadas que caracterizan la inestabilidad del lugar con sismos o fuertes lluvias (tomado por Zavala, 2008).

Cuadro 6. Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Caylloma

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|---|--|--|
| 62. Quebrada Mulapampa (Huambo) | Flujo de detritos (huaico), derrumbes. Quebrada con material gravo-arenoso en el cauce, presencia de barro en puente vehicular, posiblemente provenga de un flujo que rebaso la luz de unos 15 m del puente (foto 36). En la parte alta de la quebrada se observa colmatación de cauce con material gravo-arenoso. Derrumbe desde la margen derecha de la quebrada, que la obstruye, con bloques de hasta 5 m de longitud. | Puede afectar puente vehicular y tramo del canal Majes que cruza la quebrada aguas abajo por medio de tuberías. | Realizar trabajos de descolmatación del cauce las cabeceras de la quebrada. |
| 63. Quebrada Pahuana (Huambo) | Área sujeta a flujo de detritos, erosión fluvial. Quebrada por donde discurren flujos de detritos (huaicos), el último evento acarreo material arcillo-gravoso, que rebasó la capacidad de la alcantarilla, construida para posibilitar el paso de flujos, ya que el canal Majes cruza esta quebrada. Material del flujo colmato el cauce y afecto bocatomas de canales de riego, también produjo erosión de puente carrozable. | Puede afectar canal Majes y puente carrozable. | Realizar trabajos de limpieza y descolmatación de la quebrada, para que posteriores flujos puedan discurrir sin obstáculos, reduciendo de este modo en algo la posibilidad de atoros en la alcantarilla. Ver posibilidad de aumentar la longitud de alcantarillas. |
| 64. Cabanaconde (Cabanaconde) | Área sujeta a flujo de detritos, derrumbes, deslizamiento, movimiento complejo y erosión en cárcavas. Ladera disectada por cárcavas las cuales confluyen en una principal, por la cárcava principal discurren flujos de gran magnitud, que dejan depósitos proluviales de forma de abanico. Dentro del material removido se tienen bloques que alcanzan los 10 m de longitud (foto 37). | Afecta terrenos de cultivo y puede afectar viviendas construidas en el material proluvial, así como también tramo de la carretera en varios desarrollos. | Es necesaria la construcción de badenes en la carretera. |
| 65. Ajpi (Cabanaconde/Choco) | Zona de derrumbes. Derrumbes en depósito de material removido antiguo, que producen la pérdida de terrenos. La zona se presenta inestable, por la socavación o erosión fluvial sufrida en la base del depósito antiguo. Constantes caídas de material hacia la quebrada, con formación de conos. Viviendas del poblado de Ajpi han sido reubicadas (foto 38). | Pérdida de terrenos de cultivo, pueden resultar afectadas las viviendas que se ubican cerca del derrumbe. | Restringir el tránsito de personas y animales por la zona de inestable, no construir viviendas cerca del derrumbe. Viviendas del poblado de Ajpi han sido reubicadas. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|---|--|
| 66. Quebrada Huayuray (Cabanaconde) | Flujo de detritos, deslizamiento rotacional. Cauce de la quebrada de unos 60 m de ancho, con material gravo arenoso. Existe badén de mampostería de piedra para proteger del paso huaicos al canal Maje; en este tramo es cubierto. En 1994 bajo un lahar, el material removido es posible observarlo en las terrazas ubicadas en las márgenes de la quebrada. Deslizamiento rotacional en la margen izquierda de la quebrada frente a afloramiento de agua termal, puede represar la quebrada y genera un flujo por rompimiento del dique. | Puede afectar tramo de unos 60 m, del canal Majes que atraviesa esta quebrada, así como tramo de la carretera Maca-Cabanaconde. | Realizar trabajos de mantenimiento del badén, realizar trabajos de limpieza del cauce de la quebrada. |
| 67. Lari, Madrigal (Lari/Madrigal) | Procesos de erosión de laderas y deslizamientos rotacionales, activos y antiguos en la margen derecha del río Colca entre Madrigal y Lari (fotos 39 y 40), es afectado por deslizamientos de tipo rotacional. Algunos de estos deslizamientos son antiguos y en ellos es posible observar trabajos de estabilización por medio de la construcción de andenerías. Asentamiento constante del terreno, así como la reactivación en depósitos antiguos. Se observan bofedales y presencia de agua subterránea, en el cuerpo de los deslizamientos. Procesos de erosión en cárcavas en las laderas superiores al poblado de Lari. Deslizamiento reciente con gran afectación de áreas de cultivo, acelerado posteriormente por sismo de Chuquibamba, en julio del 2008. | El avance del deslizamiento produce la pérdida de terrenos de cultivo. | Es imprescindible prohibir la construcción de viviendas en el cuerpo y cerca de la escarpa de los deslizamientos. Realizar trabajos de forestación de las laderas. |
| 68. Cerro Antahuilque (Cabanaconde/Maca) | Área sujeta a deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos. Deslizamiento rotacional, antiguo reactivado en el cuerpo, la inestabilidad se produce por la apertura de nueva carretera entre Lari y Maca. Se observan asentamientos en la plataforma de carretera de hasta 1,5 m. El canal de agua revestido de concreto, que pasa por la carretera, ha sido afectado por los asentamientos, produciéndose roturas, el agua de los reboses, es conducida hacia el cuerpo del deslizamiento activo, humedeciendo el terreno, aumentando el peso de la masa e incrementando la presión de poros, condiciones que hacen muy crítica la zona. | Asentamientos en la plataforma de carretera, que dificultan el tránsito de vehículos, se puede producir la pérdida total de la plataforma de carretera, inclusive la parte superior de la carretera principal entre Maca y Cabanaconde. | Las aguas no deben de ser drenadas hacia el cuerpo del deslizamiento. Canalizar o entubar las aguas que pasan por el canal, evitando de esta manera su infiltración. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|---|--|
| <p>69. Tapay-Malata (Lari)</p> | <p>Derrumbe – flujo de detritos, caída de rocas – flujo de detritos, deslizamiento – flujo de detritos. Caída de rocas desde laderas superiores del poblado de Malata, por mecanismo de vuelco. Deslizamiento rotacional antiguo que produjo el asentamiento de la ladera (foto 41). Movimiento complejo de gran magnitud, dejó depósito de forma alargada, donde se encuentra asentado poblado de Malata, es posible observar procesos de erosión fluvial en el material removido, que genera derrumbes, por pérdida de soporte en la base del depósito. Bloques inestables y movidos en afloramiento ubicado sobre poblado de Tapay.</p> | <p>Pueden ser afectadas las viviendas de los poblados de Tapay y Malata, así como terrenos de cultivo, pobladores y animales.</p> | <p>Restringir el tránsito por la zona donde se produce la caída de rocas, no construir viviendas cerca de zonas inestables y de derrumbe.</p> |
| <p>70. Maca (Maca, Achoma)</p> | <p>Presencia de deslizamiento rotacional y procesos de erosión de laderas. Las cárcavas presentan derrumbes en sus márgenes, los cuales aportan material suelto a su cauce, que es acarreado como flujos de detritos (huaicos), en periodos de lluvias excepcionales, estos son de pequeña magnitud. Deslizamiento antiguo reactivado, escarpa de forma elongada, ha causado el asentamiento de la ladera en la margen izquierda del río Colca. Reactivaciones en el cuerpo del deslizamiento antiguo, al lado izquierdo del poblado de Maca, produce pérdida de terrenos de cultivo, pastizales y tramo de unos 400 m de la carretera entre Chivay y Cabanaconde. Deslizamiento con avance progresivo desde 1990, luego de sismo, características inadecuadas de suelo lacustre y presencia de filtraciones (fotos 42 y 43).</p> | <p>El deslizamiento ha producido la pérdida total de la plataforma de la carretera, es necesario realizar rellenos, para hacer posible el tránsito de vehículos. Entre 1994 y 2008 el asentamiento de la plataforma tiene unos 15-20 m de altura.</p> | <p>Colocar drenajes para evacuar agua subterránea y evitar la formación de bofedales en el cuerpo del deslizamiento antiguo, que producen sobrepeso, aumento de la presión de poros, humedecimiento del material del cuerpo y por ende la desestabilización de la masa y formación de reactivaciones. Monitoreo de deslizamiento utilizando interferometría radar y geodésica.</p> |
| <p>71. Lacayaque (Yanque/Coporaque/Ichupampa)</p> | <p>Deslizamiento rotacional – flujo de tierra. Terreno irregular, con formas cóncavo convexas, asentamientos y movimientos del terreno, formación de terrazetas (“pisadas de vaca”) y basculamiento del terreno (foto 44). Salto principal del deslizamiento de 10 aproximadamente, ancho de escarpa de unos 1 000 m, desnivel entre el pie y la escarpa es de unos 150 m.</p> | <p>Afecta terrenos de cultivo y el avance ha afectado tramo de la Carretera entre Chivay – Ichupampa e Ichupampa-Coporaque</p> | <p>Realizar monitoreos continuos, para detectar movimientos en el evento. Evitar el riego por inundación; drenajes superficiales para desviar aguas superficiales encima de la corona de deslizamiento. Se ha efectuado variante del tramo. De evidenciarse movimientos mayores, se debe prohibir el tránsito de vehículos por la zona.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|--|---|
| 72. Quebrada Tucullune (Yanque) | Deslizamiento – flujo de detritos. Agrietamientos abiertos (15 cm) y 10 m de longitud, en un dique de tierra de reservorio de agua, se evidencian ondulamientos en el frente del dique. El colapso de la estructura podría generar un flujo que puede afectar viviendas y terrenos de cultivo ubicados aguas abajo. | Pueden ser afectadas viviendas y terrenos de cultivo ubicados aguas abajo si colapsa el reservorio. | Reforzar el dique con muro de contención. |
| 73. La Calera_Pucaloma_Hospedaje El Bosque (Chivay) | Caída de rocas, deslizamiento rotacional y deslizamiento – flujo. Caída de rocas desde acantilado rocoso muy fracturado, bloques inestables y bloques caídos en media ladera. Deslizamiento – flujo, produjo el asentamiento de material desde la parte alta de la ladera. Deslizamiento antiguo en la margen izquierda del río Colca en cuyo cuerpo se construyó el complejo de baños termales de La Calera. Reactivaciones han causado el colapso y pérdida de un mirador ubicado dentro del complejo termal (Foto 45). | Asentamiento de terreno dentro del complejo turístico Pedregal, con la consecuente pérdida de infraestructura. Caída de rocas sobre vehículos e infraestructura de hospedaje. | Realizar trabajos de reforestación en las laderas con árboles nativos. Necesita estudio hidrogeológico-geotécnico para determinar zonas de filtraciones; construcción de drenes subterráneos. |
| 74. Carretera Tuti-Cabanillas, Bocatoma Tuti (Tuti/Chivay) | Deslizamientos rotacionales, derrumbes y flujo de detritos. Deslizamiento rotacional, escarpe discontinuo de 150 m de longitud, 200 m de altura entre el pie y la escarpa, salto de 4 m. El año 2005, produjo asentamiento de terrenos desde la margen derecha, afectó casa de maestranza de bocatoma de Tuti, también produjo pérdida de terrenos de cultivo (Foto 46). | Compromete seguridad física de construcciones en la bocatoma de Tuti y terrenos de cultivo. | Reforestar la ladera, construir muro de contención, drenar aguas superficiales fuera de la zona del deslizamiento. |
| 75. Callalli (Callalli) | Derrumbes y flujos de detritos (huaico). Tramo de 600 m de carretera afectado por derrumbes en el talud superior de la misma. Los cortes realizados para construir la carretera, han desestabilizado depósitos aluviales. Cortes en la plataforma de carretera por flujos de detritos que discurren por quebradas (Foto 47). | Los derrumbes y flujos pueden cortar el tránsito en la carretera (Carretera Arequipa-Cailloma). | Se deben de construir alcantarillas, en la medida de lo posible realizar desquinchado de los taludes. |
| 76. Quebrada Huacoto (Callalli) | Deslizamientos rotacionales y reptación de suelos. Escarpas múltiples, de forma irregular – discontinua, superficie rotacional, saltos secundarios de 10 m, movimiento extremadamente lento, progresivo. Produce asentamiento del terreno en la carretera. Terreno irregular con ondulamientos. Procesos de reptación de suelos en el cuerpo principal, ondulamientos en la carretera (Foto 48). | Puede producirse la pérdida total de la carretera Callalli-Condorama, así como de la torres de transmisión eléctrica. Afecta pastizales | Realizar un cambio del trazo de la carretera. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|--|---|--|
| 77. Cocha (Tisco) | Deslizamiento rotacional – flujo de tierra. Ladera afectada por deslizamiento rotacional, cuyo cuerpo se encuentra fluyendo ladera abajo, provocando el empuje del terreno. Se evidencia la formación de lóbulos en el pie del depósito y la formación de lagunas pequeñas, por afloramientos de agua subterránea. | Produce ondulamientos y deterioro de la única carretera de acceso al distrito de Tisco, en un tramo de 250 m. | Realizar trabajos de nivelado en la carretera para posibilitar el tránsito de vehículos. Drenes para permitir la circulación de agua. |
| 78. Margen derecha del río Challhuanca, Huara Hurto (Yanque) | Área sujeta a erosiones fluviales y flujos de detritos. Se presenta erosión fluvial por la margen derecha del río Challhuanca. La terraza está conformada por gravas y arenas. En tiempos de crecida esta área es erosionada. A lo largo del acceso al poblado de Challhuanca se identificaron una serie de flujos de detritos que activan con periodos lluviosos de tipo excepcional. | Por la presencia de lluvias excepcionales afectaría carretera y pastizales. | Colocar muros transversales a las quebradas. Construir badenes a lo largo de la trocha afirmada |
| 79. Carretera Chivay - Arequipa km 53+000 / Cerro Taco Ancara (Yanque) | Área sujeta a caída de rocas. Se aprecian afloramientos de rocas volcánicas son frente de lava, se encuentran fracturadas y muestran pendiente fuerte, que ante movimientos sísmicos o fuertes precipitaciones pluviales pueden activarse. La zona que puede ser afectada tiene una longitud de 150m, la altura que puede alcanzar la caída de rocas es menor a los 80.m. En el cuerpo del antiguo depósito se observan bloques hasta de 1m (foto 49). | Afectaría carretera | Muros de contención |
| 80. Río Chili - Puente Imata (San Antonio de Chuca) | Área sujeta a inundación fluvial y erosión fluvial. En tiempos de lluvias excepcionales, la llanura se inunda. Las inundaciones se pueden presentar en ambos márgenes del cauce, también se pueden presentar erosiones fluviales (foto 50). | Fenómeno que podría afectar a puente Imata, terrenos de cultivo y pastizales | Limpieza del cauce antes del periodo lluvioso para evitar la colmatación. Canalizar el río. |
| 81. Vertiente sur de los nevados Ampato y Sabancaya (Lluta) | Flujos de detritos (lahares): Se reconocen varios flujos recientes, probablemente asociados a la última actividad eruptiva del Sabancaya (1986-1990), canalizados en las quebradas, sobre una altiplanicie volcánica (Pampa Jatun Pampa) disectada por varias quebradas (Quellocancha, Jaruma y Yurachuayjo). | Si bien es cierto no existe mucha infraestructura en esta zona, se debe prever su ocurrencia en el caso de proyectos futuros sobre esta área. | Zona no apta para la construcción de obras de infraestructura. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|--|--|
| <p>82. Mina de Sal / Quebrada Quishuarmayo (Lluta)</p> | <p>Área sujeta a deslizamientos, erosión de laderas y caídas de rocas. Se observan eventos antiguos y modernos. El deslizamiento que destaca se ubica en la mina El Sol, se da en Capas Rojas con niveles de sal, meteorizadas. La escarpa principal tiene una longitud de 350 m; agrietamientos de forma paralela y transversal a la escarpa principal, tienen aberturas hasta de 10 cm y con profundidades comprobadas hasta de 2 m. El terreno con pendiente moderada y con ausencia de vegetación. Las rocas presentan venillas de sal y yeso, esto contribuye a un aceleramiento de los movimientos, pues, el yeso al saturarse de agua aumenta su volumen, lo que lo hace inestable. Con las lluvias estacionales se satura el terreno, perdiendo estabilidad. En la parte alta de la quebrada Quihuarmayo, sucedieron dos eventos, un deslizamiento (margen derecha) y una caída de rocas (margen izquierda) que llegaron a represar a la quebrada. Se aprecia también antiguos deslizamientos que han llegado a represar a la quebrada (Fotos 51 y 52). En caso de un sismo es muy probable que se generen caídas de rocas.</p> | <p>Podría afectar camino rural y antiguas labores mineras. También puede ser afectado el canal de regadío. Puede represar a la quebrada Quihuarmayo.</p> | <p>Forestar zona. En la zona de la Mina de Sal restringir el acceso hacia las labores. No realizar cortes de talud en las zonas inestables. En la zonas de caídas de rocas y por donde discurre el canal de regadío es recomendable que el canal sea cubierto. Forestar la zona.</p> |
| <p>83. Huasamayoc/Jesau (Lluta)</p> | <p>Área sujeta a deslizamientos, derrumbes, erosión de laderas y flujos de detritos. Rocas sedimentarias meteorizadas y fracturadas, generan suelos potentes e impermeables. En la margen derecha se observa un deslizamiento de tipo traslacional y en la margen izquierda deslizamientos rotacionales y derrumbes. Los deslizamientos de la margen izquierda se han reactivado, por malas técnicas de regadío y también ha influenciado la erosión fluvial del río Lluta (Foto 53A). También se observó erosión en cárcavas que alimenta la quebrada y generan flujos de detritos.</p> | <p>Afectaría terrenos de cultivo y carretera de acceso a Lluta-Huasamayoc. Puede represar al río Lluta.</p> | <p>Cambiar el sistema de regadío. Realizar sistemas de drenaje en el cuerpo de los deslizamientos activados. No realizar costes indebidos en el talud. Forestar en las zonas donde se ubican las cárcavas.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|---|---|
| <p>84. Puente Vasco (Lluta)</p> | <p>Área sujeta a deslizamientos, derrumbes, y erosiones de ladera. Se aprecian antiguos derrumbes que forman canchales, que se han activado por el corte de talud. El deslizamiento ubicado en la margen izquierda del río Pionrijma, es de tipo rotacional con escarpa única de forma circular y con longitud de 250 m, en caso de reactivarse puede represar al río (foto 53B). Las erosiones en cárcavas alimentan con material suelto al río generando flujos de detritos de menores proporciones.</p> | <p>Afecta carretera Huanca-Talla en 4 km.</p> | <p>Realizar medidas correctivas (muros de contención). Mantener constantemente la carretera. No realizar cortes de talud en la zona del deslizamiento. Para a las erosiones en cárcavas colocar muros transversales a su cauce con la finalidad de atenuar su avance. Forestar.</p> |
| <p>85. Cerro Cantera / Santuario del Señor de Huanca / Río Lihualla, Caylloma (Huanca)</p> | <p>Área sujeta a deslizamientos, caídas de rocas y flujo de detritos. Se aprecian deslizamientos antiguos y recientes de tipo rotacional y traslacional ubicados en ambas márgenes del río Lihualla. Se presenta un flujo de detritos, que descendió por la quebrada Huaico en la margen derecha represando el río Lihualla. Deslizamiento rotacional reciente en la margen izquierda del río Lihualla, presenta escarpa única de forma circular con longitud de 150 m, desnivel entre escarpa y pie 50 m. En la margen derecha, sector de Señor de Huanca se presentan antiguas caídas de rocas, que pueden ser activadas por movimientos sísmico se observan bloques aislados con diámetros hasta de 4 m.</p> | <p>Carretera de acceso y al Santuario del Señor de Huanca. Afectaría terrenos de cultivo.</p> | <p>Para la caída de rocas, desatar bloques sueltos. Para la zona de deslizamientos no irrigar los terrenos por inundación.</p> |



Foto 36. Carretera entre Huambo y Alto Sihuas. Derrumbe en la margen izquierda de la quebrada Mulapampa, erosión por el huaico generado, aguas abajo.



Foto 37. Constantes derrumbes en el poblado de Ajpi por lo que los pobladores han tenido que ser reubicados (tomado por Zavala, 2008).



Foto 38. Huaico de gran dimensión que acarrea bloques de hasta 10 m. de longitud y que está afectando a la carretera que conduce al poblado de Cabanaconde (tomado por Zavala, 2008).

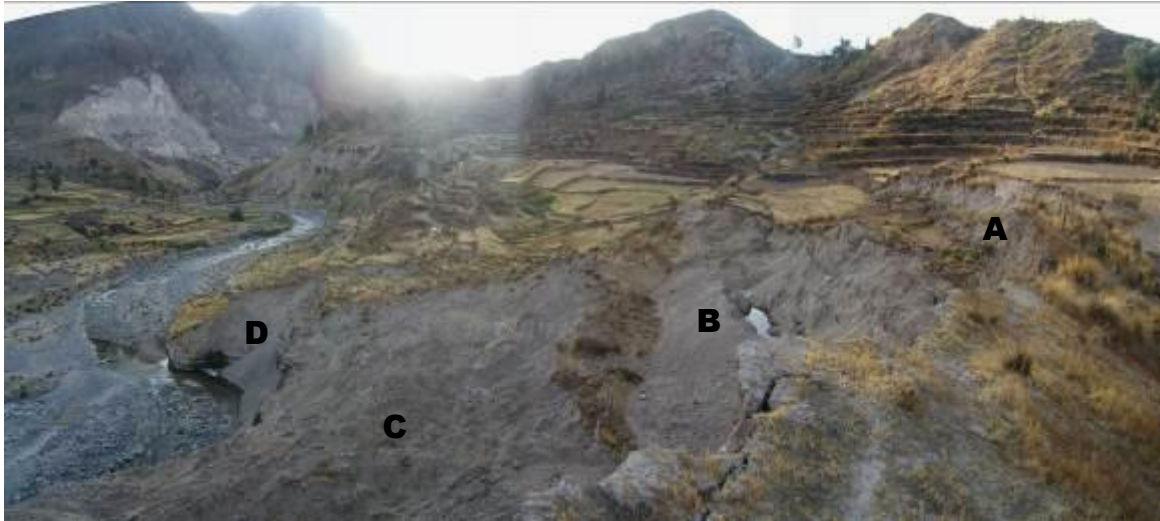


Foto 39. Vista panorámica del deslizamiento de Juanca-Lari. Se distingue: A) las escarpas arranque superiores irregulares; B) terracillas o terrenos escalonados en el material deslizado multirotacional, con afloramientos de agua; C) basculamiento del terreno en el pie del deslizamiento; D) erosión o socavamiento del río Colca (tomado por Zavala, 2008).



Foto 40. Deslizamiento rotacional en la zona de Madrigal (tomado por Zavala, 2008).



Foto 41. Sector Tapay – Malata, deslizamiento antiguo que produjo el asentamiento de la ladera donde se han ubicado dichos poblados. Además, caída de rocas desde laderas superiores. Tomado por Zavala (2008)



Foto 42. Deslizamiento rotacional de Maca-Cahacaña que afecta al distrito de Maca y a la carretera hacia Cabanaconde (foto izquierda). Reactivación de deslizamiento por construcción de carretera entre Maca y Lari (foto derecha). Tomado por Zavala (2008)



Foto 43. Vistas del deslizamiento de Maca-Chacaña. Tomado por Zavala (2008)



Foto 44. Deslizamiento de Lacayaque. Proceso de deslizamiento lento y flujo de tierra que afecta una extensa zona de cultivos y tramo de la carretera entre Ichupampa y Coporaque. Tomado por Zavala (2008)



Foto 45. Vistas panorámica y de detalle de los sectores de Baños Termales "La Calera", Pucaloma y Hospedaje el Bosque. Se ven afectados por deslizamientos, caídas de rocas y flujos que afectan la infraestructura del lugar y a los vehículos que transitan por la zona. Tomado por Zavala (2008)



Foto 46. Deslizamiento rotacional que en el año 2005 produjo asentamientos de terrenos que afecto casa de maestranza de la bocatoma de Tuti. Tomado por Zavala (2008)



Foto 47. Sector de Callalli. Tramo de carretera de unos 600 m que se ve afectado por derrumbes y huaicos. Tomado por Zavala (2008)



Foto 48. Deslizamiento de tierras en la quebrada Huacoto puede afectar torres de alta tensión y tramo de carretera Arequipa-Represa Condoroma. Tomado por Zavala (2008)



Foto 49. Caída de rocas en la Carretera Chivay Km 53+000. Tomado por Zavala, 2008.



Foto 50. Área susceptible a erosión fluvial y flujos de detritos en el río Chili Puente Imata. Tomado por Zavala (2008).

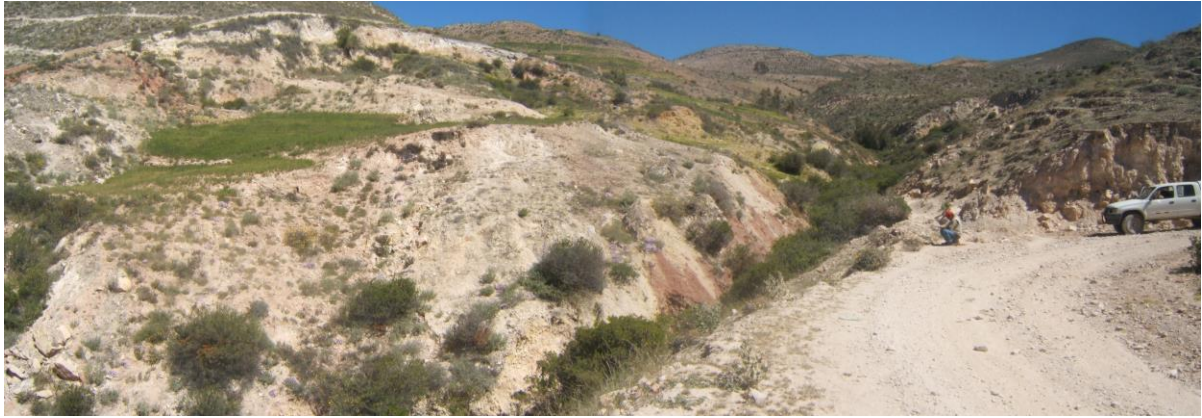


Foto 51. Deslizamiento en la quebrada Lisera margen derecha (tomado por Zavala, 2008).



Foto 52. Erosión en cárcavas en la margen derecha de la quebrada Pichirijma (tomado por Zavala, 2008).



Fotos 53.A) Deslizamiento antiguo en el sector Huasamayoc, aprovechado como terreno de cultivo. B) Deslizamiento en el sector Puente Vasco (tomado por Zavala, 2008).

Cuadro 7. Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Arequipa

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|--|---|
| <p>86. Vítor-La Capilla-La Cano- Frente al Cerro Tacar- Savala-Berenguel</p> <p>(Vítor)</p> | <p>Área susceptible a deslizamientos, flujos de detritos, caídas de rocas y arenamientos. En el área afloran conglomerados y areniscas conglomerádicas, y limolitas. Se han observado eventos antiguos y recientes.</p> <p>La principal causa de los deslizamientos es la infiltración de las aguas de las irrigaciones entre los conglomerados y la secuencia limolítica, lo que hace que pierdan estabilidad los conglomerados. Estos deslizamientos han llegado a hacer variar la dirección del cauce del río. También se presentan deslizamientos antiguos que han llegado a represar al río Vítor (Foto 54).</p> <p>En la margen izquierda del río se presentan algunos arenamientos que han cubierto el antiguo canal de irrigación y parte el cauce de las quebradas, esta zona tiene una extensión aproximada de 1000 m. En caso de presentarse lluvias excepcionales se pueden generar flujos de lodo.</p> <p>Las caídas de rocas se pueden presentar en las escarpas de los antiguos deslizamientos.</p> | <p>Fenómeno afectaría terrenos de cultivo y carretera.</p> <p>El arenamiento llega a cubrir al antiguo canal de regadío, afectándolo seriamente.</p> <p>Al ocurrir un movimiento sísmico podría afectar viviendas y camino rural</p> | <p>Forestar.</p> <p>Monitorear el área.</p> <p>Cambiar el sistema de riego de los terrenos de cultivo.</p> <p>Desatar los bloques sueltos.</p> <p>Para el caso del arenamiento el canal de regadío debe ser cubierto, y eliminar las arenas que migran hacia los terrenos de cultivo.</p> |
| <p>87. Pampa Repartición - Carretera La Cano</p> <p>(La Joya)</p> | <p>Área sujeta a arenamiento.</p> <p>Ausencia de vegetación. Vientos en dirección noreste que acarrear partículas de arena, y son depositadas en las planicies, formando dunas aisladas (Foto 55).</p> <p>Las arenas de las dunas están compuestas por partículas de cenizas.</p> | <p>Afecta, carretera Panamericana, con invasión de dunas de arena,</p> <p>Este fenómeno se presenta por sectores.</p> | <p>Forestar.</p> <p>Limpieza permanente de las zonas invadidas por la arena.</p> |
| <p>88. La Joya</p> <p>(La Joya)</p> | <p>Área sujeta a arenamiento.</p> <p>Dinámica eólica, ausencia de vegetación, pendiente de terreno.</p> <p>Los depósitos eólicos se presentan en forma de mantos de arena y dunas aisladas.</p> <p>Las arenas de las dunas están compuestas por partículas de cenizas.</p> | <p>Afecta la zona urbana, cultivos y obstruye carretera de acceso de la ciudad de La Joya</p> | <p>Forestar</p> <p>Limpieza continúa de las zonas invadidas por las arenas.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|--|--|--|
| <p>89. Vítor-La Cuesta, Torcontamargen izquierda de la quebrada Gramadal (Vítor)</p> | <p>Área sujeta a deslizamientos, erosión en cárcavas, erosión fluvial y flujos de detritos/lodo; caídas de rocas. Se presentan en ambas márgenes del río Vítor. Para los deslizamientos la principal causa es la infiltración de aguas de la irrigación La Cano, substrato permeable conformado por conglomerados, arenas, y limolitas. Se presentan deslizamientos antiguos, destacando el que se ubica entre las quebradas Millo y Quebrada con una escarpa de 2,5 km de longitud y llega a represar al río Vítor. Deslizamientos modernos con escarpas no mayores a los 800 m y saltos inferiores a 20 m (Fotos 55, 57 y 58). En los cauces de quebradas afluentes al río Vítor se aprecia material suelto; lluvias excepcionales se podrían generar flujos de detritos o de lodo. Los antiguos flujos han llegado a represar al río en forma parcial, también se ha observado que en sectores el cauce del río ha cambiado de dirección. Las caídas de rocas se presentan en la margen derecha, puede afectar a viviendas. También se puede presentar este fenómeno es los escarpes generados por los deslizamientos. Estos se pueden activar ante la presencia de sismos, lluvias intensas o actividad antrópica.</p> | <p>Los deslizamientos afectan terrenos de cultivo y carretera de acceso. De presentar flujos afectaría a viviendas ubicadas en pleno cauce de la quebrada. Las caídas de rocas ubicadas en la margen derecha afectarían a terrenos de cultivo y podría afectar viviendas ubicadas en estas márgenes. También afectaría camino rural, campamento antiguo y torres de alta tensión</p> | <p>Utilizar otro sistema de riego, forestar Hacer un sistema de drenaje en la zona. No construir viviendas en las zonas inestables. Monitorear los deslizamientos activos.</p> |
| <p>90. Margen izquierda del río Vítor (Vítor)</p> | <p>Área sujeta a caída de rocas, derrumbes, erosión de laderas, arenamientos y flujos de detritos o de lodo. Para las caídas de roca, estratos favorables al talud, roca muy fracturada, pendiente moderada a fuerte del terreno, ausencia de vegetación y corte de talud. Rocas con rotura mixta, fracturamientos abiertos de 2 cm. Se observa depósitos en bloques aislados y canchales. En sectores se observa arenamientos y erosión en cárcavas que alimenta la quebrada.</p> | <p>Evento que afecta carretera de acceso y terrenos de cultivo</p> | <p>Realizar desquinche de rocas sueltas, aplicar medidas de sostenimiento y forestar</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|--|--|
| 91. Carretera Arequipa - Uchumayo, Km 17-18 (Uchumayo) | Área sujeta a caída de rocas y derrumbes. Substrato de mala calidad con fracturamiento abierto, diaclasas con orientación a favor del talud, pendiente moderada del terreno, corte de talud para carretera, roca conformada por derrames andesíticos. El tramo afectado es de 400 m, los derrumbes y caídas se presentan con alturas hasta de 10 m (Foto 59). | Este fenómeno afecta la carretera Uchumayo. En el sismo del año 2001 interrumpió el tránsito vehicular. | Desquinchar bloques sueltos, construcción de muros de contención y otras medidas de sostenimiento (mallas de anclaje y concreto lanzado). |
| 92. Casa Blanca (Uchumayo) | Área sujeta a caída de rocas. Las rocas presentan un diaclasamiento con orientación favorable a la pendiente. Terreno con pendiente media. Sin vegetación. Otro factor que ha influenciado es el corte de talud de carretera y de canal que ha desestabilizado en parte al talud. | El tramo afectado es una longitud de 1500 m, por sectores. Presenta alturas no mayores a los 40m. También afectaría a canal de regadío | Mantener el sistema de sostenimiento. Desatar bloques sueltos. Forestar. |
| 93. Congata-Estación Huayco (Uchumayo) | Área sujeta a caída de rocas. Causas: substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas con orientación desfavorable, pendiente fuerte de terreno, ausencia de vegetación. Ladera conformado por derrames lávicos, con longitud de arranque de 130 m y altura 30 m. Zona con ocupación antrópica. Se aprecia que las bases de las viviendas están construidas con pircas, lo cual lo hace inestable. | Por la presencia de movimientos sísmicos afectaría 10 viviendas y 200 m de vía férrea | Forestar. Desquinche de bloques sueltos y medidas de sostenimiento. Mejorar el sistema constructivo de las bases de las viviendas. |
| 94. Cerro Buenavista/Cerro San Pedro (Tiabaya) | Área sujeta a caída de rocas. En estos cerros la población ha ocupado las laderas en una forma inadecuada. Han construido sus viviendas con cimientos a base de muros secos (pircas). Las rocas están formadas por intrusitos muy fracturados; esto genera cierta inestabilidad. Se aprecian antiguas caídas de rocas, como depósitos de canchales, ocupados por la población. En un flanco del cerro San Pedro está siendo lotizado para la construcción de viviendas. Se han realizado cortes en el talud, lo que puede generar cierta inestabilidad. En caso de un sismo es muy posible que se genere caídas de rocas, o derrumbes de los muros secos. | Si ocurrir movimiento sísmico afectaría a las viviendas y camino rural que ocupan los terrenos de estos cerros. | Mejorar el sistema constructivo de las viviendas. No realizar cortes inadecuados de talud. No habitar en zonas inestables como en las zonas canchales. Para construir viviendas en las laderas de los cerros deben hacerse estudios puntuales. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|--|--|
| 95. Carretera Panamericana Antigua, Arequipa-Cerro Verde/ Larrigure (Uchumayo) | Área sujeta a caída de rocas y derrumbes. Substrato fracturado con tipo de rotura mixta y abierta. Las fracturas tienen una orientación a favor del talud, pendiente fuerte del terreno. La zona afectada es de 550 m por sectores, presentan alturas de 15 m. El factor que ha influenciado es el corte de talud para carretera. Los movimientos sísmicos y las intensas precipitaciones pluviales son los factores desencadenantes. En el año 2001 por el sismo se presentaron caídas de rocas. | Este fenómeno afecta especialmente la carretera panamericana obstaculizando el tránsito. Como ocurrido con el sismo del año 2001 | Desquinchar bloques sueltos, aplicar medidas de sostenimiento (muros de contención o mallas de anclaje). |
| 96. Puente La Marina de Socabaya (Socabaya) | Área sujeta a erosión fluvial e inundación. Terrazas conformadas por gravas y bloques englobados en una matriz areno-limosa; relleno en la margen derecha que ha estrechado el cauce. La longitud que puede ser erosionada es de 425 m. Este fenómeno se puede dar por lluvias ocasionales o de tipo excepcional. En el año 1980, se produjo una inundación a raíz de la obturación del puente, se formó una represa y el agua se desbordó por ambos márgenes. | Puede afectar a terrenos de cultivo y puente La Marina. | Limpieza del cauce. No eliminar desmonte y basura a los bordes del río. El puente tiene defensas ribereñas. |
| 97. Yarabamba (Yarabamba) | Área sujeta a erosión fluvial e inundación. La población de Yarabamba está asentada sobre una zona de confluencia de quebradas; margen derecha sujeta a erosión fluvial (foto 60). Por la margen derecha se muestra depósito de material de desmonte, provocando la reducción del cauce. Esto puede originar colmatación del río e inundaciones por la margen izquierda. | Este fenómeno afectaría puente Yarabamba y terrenos de cultivo. | No eliminar desmonte en las márgenes del cauce del río para evitar la colmatación del río. Construir muros para evitar inundaciones |
| 98. Cerro Pajonal. Carretera a Chapi (Mollebaya) | Área sujeta a caída de rocas, flujos de lodo y erosión de laderas (cárcavas). Se presenta un substrato de mala calidad conformado por depósitos piroclásticos, estos terrenos dan pendiente moderada. Estas se activan en tiempos de lluvias, y por sus pequeños cauces se pueden generar flujos de detritos y/o lodo. | La profundización de la erosión afecta a la carretera en una longitud de 200 m. y terrenos de cultivo. | Forestar las laderas. Construir cunetas y badenes. |
| 99. Honorio Zevallos Games, río Machahuay (Mollebaya) | Área sujeta a erosión fluvial. Terrazas conformadas por rocas de fácil erosión por la dinámica fluvial del río Machahuay. La longitud que puede ser erosionada es de 350 m, este fenómeno se presenta en ambas márgenes | De continuar la erosión podría afectar la estructura del puente Afecta directamente a terrenos de cultivo. | Mejorar el enrocado en la margen derecha y enrocar la margen izquierda |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|--|--|--|
| 100. Mollebaya (Mollebamba/Characato) | Área sujeta a erosión fluvial y derrumbes. Causas: Naturaleza de suelo, pendiente de terreno, ausencia de vegetación y dinámica fluvial. Planicie donde se observa niveles de terrazas que son erosionados en ambos márgenes. Donde también se generan derrumbes (foto 61). | Puede afectar al canal que se encuentra en la margen izquierda y cultivos. | Limpieza del cauce, mejorar los muros de contención |
| 101. Cerro Quisco (Sabandia) | Área sujeta a erosión de laderas y flujos de detritos. Rocas volcánicas de tipo tobas, de mala calidad de fácil erosión, que ante lluvias son de fácil erosión. Los terrenos presentan pendiente moderada y están desprovistos de vegetación. Se pueden generar flujos de lodo de menores dimensiones. | Compromete viviendas y terrenos de cultivos | Forestar. En las zonas acentuadas con erosiones colocar muros, con el fin de atenuar la erosión. |
| 102. Mosopuquio / Morocancha, Quebrada Canuma (Characato) | Área sujeta a erosión de laderas y flujo de detritos. Quebradas con material susceptibles a ser removidos, pendiente de las quebradas, terrenos desprovistos de vegetación. Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales de tipo ocasional o excepcional. Se muestran antiguos depósitos de detritos. Estas quebradas tienen sus nacientes en el volcán Pichu Pichu. Dentro de los depósitos antiguos se encuentran asentados los poblados de Mosopuquio y Morocancha. Se observó también erosiones en cárcavas. Estos flujos han tenido recorridos hasta de 5 km. | Afectaría: trocha carrozable de acceso a terrenos de cultivo y viviendas ubicadas próximos a los cauces de la quebrada | Forestar. Construir badenes en las áreas que cruza la vía de acceso a la quebrada. No permitir la construcción de viviendas dentro del cauce de las quebradas. |
| 103. La Calera - Canal Cangallo - Río Andamayo, Paucarpata- Chiguata-Sabandia (Paucarpata) | Área sujeta a derrumbes, erosión de laderas y flujo de detritos. Substrato de mala calidad, ausencia de vegetación, pendiente de terreno, dinámica fluvial. Los factores detonantes son los movimientos sísmicos y precipitaciones pluviales. Se observa derrumbes antiguos ocurridos en la confluencia del río Andamayo y el canal Cangallo, eventos con longitud de arranque hasta de 300 m y altura de 20 m. Las quebradas son alimentadas por erosiones en cárcavas y estos generan flujos de detritos dejando depósitos los cuales son utilizados como canteras de agregados (foto 62). | Eventos afectarían tramo de carretera, puente, y cultivo. Puede represar al río Andamayo. | Realizar medidas de sostenimiento, realizar excavaciones con criterio técnico para no inestabilizar el talud y forestar |
| 104. Miguel Grau - Ciudad Blanca, Paucarpata (Paucarpata) | Área sujeta a flujos de detritos. Causas: Pendiente de terreno, Ausencia de vegetación y como factor detonante precipitaciones. Quebrada con material suelto antigua sin indicios de presencia de flujos modernos, utilizado como botaderos de desmonte y residuos sólidos (basura). Se genera erosión antrópica por la presencia de ladrilleras. | De presentarse lluvias excepcionales podría afectar viviendas que se encuentra situadas en el cauce. | Forestar la zona, canalizar la quebrada y limpieza del cauce. |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|--|--|
| <p>105. Poblado de Tambo de Sal (Chiguata)</p> | <p>El área está sujeta a la ocurrencia de flujos de detritos, durante las temporadas de lluvias ocasionales o excepcionales. En el cauce se evidencia material suelto compuesto por más del 50% de grueso, proveniente de un evento antiguo sobre el que está asentado el poblado Tambo de Sal. No se observa ningún tipo de vegetación.</p> | <p>Afectaría al poblado de Tambo de Sal, y tramo de carretera San Juan de Tarucani-Chiguata.</p> | <p>Canalizar la quebrada. Reubicar las viviendas ubicadas dentro del cauce de la quebrada. No construir más viviendas en el cauce de la quebrada.</p> |
| <p>106. La Rinconada, El Mirador, Villa Alto Cenepa, Mariano Bustamante (Miraflores/Mariano Melgar)</p> | <p>Área sujeta a caída de rocas, erosión de laderas y flujo de detritos. Las rocas son de mala calidad (tobas), presentan una orientación favorable a la pendiente, en cauce de la quebrada se encuentra material de remoción antiguo. En las laderas se observa ausencia de vegetación. La ciudad de Arequipa sigue su progresivo movimiento de expansión acelerada hacia las cabeceras de las torrenteras sin ninguna planificación urbana, muchas de ellas se encuentran en pleno cauce de estas torrenteras. Caídas de rocas por sectores, se observan depósitos antiguos de caídas acumulados como canchales, con fragmentos de roca hasta de 0,5 m. También se presenta erosión de laderas. Los fenómenos mencionados aportan material a las torrenteras Venezuela y Los Incas y en caso de lluvias excepcionales pueden generar flujos (Foto 63). En sectores de la torrentera se observó canchales que han removido el material del cauce, que es de fácil transporte. Se observó también secuencias de antiguos lahares provenientes del Misti.</p> | <p>Podría afectar viviendas construidas dentro del cauce de la torrentera y en las laderas de los cerros, colegio Didascalio san José.</p> | <p>Forestar ladera. Mejorar sistema constructivo de viviendas. Canalizar totalmente la torrentera. No ubicar viviendas en el cauce de la torrentera, las que se encuentran dentro de ella reubicarlas. No más viviendas dentro de la torrentera.</p> |
| <p>107. Puente Arnao-Tahuantinsuyo (Miraflores)</p> | <p>Área sujeta a caída de rocas y flujo de detritos. Roca volcánica, con fracturamiento a favor de la pendiente con pendiente fuerte. Se observó la ausencia de vegetación, y corte de talud que ha desestabilizó el talud. Las fracturas de las rocas son de forma mixta. La zona afectada tiene una longitud de 125 m, su arranque irregular y discontinuo, la altura que pueden tener las caídas es menor a 20 m en la cabecera de la torrentera Venezuela (ramal 02). Se observó bloques sueltos al pie del talud por los trabajos realizados para la instalación de servicios básicos (agua y desagüe). Estos fenómenos se pueden presentar ante movimientos sísmicos o con fuertes precipitaciones pluviales.</p> | <p>Podría afectar a los transeúntes y carretera obstaculizando el tránsito.</p> | <p>Desquinchar bloques sueltos. Medidas de sostenimiento, para ello requiere de estudios más detallados.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|---|--|
| <p>108. Torrentera Venezuela, Terminal Pesquero, puente Sepúlveda (Miraflores)</p> | <p>Área sujeta a flujos de detritos y flujo de lodo, erosión fluvial e inundaciones pluviales. La expansión y habilitación urbana ha llevado a la desaparición la torrentera, variándose las dimensiones de su cauce a lo largo de la Av. Venezuela debido a la canalización de esta y la construcción de edificaciones que han reducido el mismo (Figura 20). El 08 de febrero de 2013, en un solo día se registró 124.5 l/m² (SENAMHI), que saturaron los materiales involucrados e incrementaron material al flujo. El material descendió bruscamente por la torrentera Venezuela y se canalizó por un cauce relativamente angosto (ancho promedio de 9 a 3 m, el cual lo rebasó), arrancando además maleza e incorporando el material de desmontes y basura, en algunos sectores se represó debido a las pequeñas luces de los puentes que cruzan la Av. Venezuela, los cuales fueron obstaculizados por la basura y material acarreado por el flujo (fotos 67-70). A esto le sumamos la falta de drenaje pluvial en las calles con pendiente moderada, el cual incrementó la inundación de los desagües por colapso de buzones.</p> | <p>Afectó C.C La Negrita y Mercado Don Manuel, Tramo de la Av. Venezuela aproximadamente 135 m de longitud, al frente de la Facultad de Administración de la UNSA , terminal pesquero y mercado El Palomar, viviendas del cuartel Salaverry, tuberías de agua potable, puente Sepúlveda, puente Vidal Ranzarra, puente Vidaurrázaga, y terrenos ENAFER.</p> | <p>Reubicar viviendas aledañas a las riberas de las torrenteras, sobre todo las viviendas ubicadas en la urbanización Juan el Bueno entre las calles Jacinto Ibáñez y Vidaurrázaga. Elaborar un proyecto integral de alcantarillado para aguas de lluvias (drenaje pluvial). Limpiar las luces de los puentes, Reforestar las cabeceras de las torrenteras. Actualizar catastro de la ciudad metropolitana así como un mapa topográfico base a detalle para realizar una buena planificación. Implementar un sistema de alerta temprano (SAT) integrado y sostenible en el tiempo (ubicación de más estaciones pluviométricas). Se debe prohibir la construcción de viviendas en zonas de terreno rellenados (desmonte), expuestas a inundaciones, muy cerca de las márgenes del cauce de las torrenteras.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|--|--|
| <p>109. Torrentera Los Incas, puente Andrés Avelino Cáceres, puente Ernesto Gunther (Alto Selva Alegre)</p> | <p>Área sujeta a flujos de detritos y flujo de lodo, erosión fluvial e inundaciones pluviales. Como producto de las lluvias excepcionales del 08/02/2013 se produjo flujos de lodo, desbordes e inundaciones pluviales, debido al abundante material suelto en la cabecera de la torrentera, el arrojó de basura, desmontes en el cauce de la torrentera y reducción del cauce de la torrentera de 13 a 4 m, aguas abajo generó severos daños en el área urbana de Arequipa. El acarreo de basura y escombros obstruyó las luces de los puentes que cortan esta torrentera originado en muchos sectores desbordes. En los sectores Las Peñas y Solidaridad el ancho del cauce es de 14,3 m, el cual se encuentra colmatado, y el dique transversal está muy socavado, presenta erosión fluvial en la margen izquierda. Paralelamente ocurrieron procesos similares en las torrenteras contiguas (fotos 71).</p> | <p>Puede afectar puente Ernesto Gunther (Av. Arturo Ibañez, puente contiguo al Centro Comercial Gran Terminal del Sur El Altiplano hasta el Terminal Terrestre, mercado Mariscal Castilla en la Av. Los Incas, viviendas alrededores de la torrentera.</p> | <p>Elaborar un proyecto integral de alcantarillado para aguas de lluvias (drenaje pluvial). Limpieza de cauce, de igual manera, la luz libre bajo el Puente con Av. Andrés Avelino Cáceres se encuentra colmatada, no existe la luz suficiente, por lo que es necesario retirar dicho material. Reubicar viviendas aledañas a las riberas de las torrenteras. Actualizar catastro de la ciudad metropolitana así como un mapa topográfico base a detalle para realizar una buena planificación. Implementar un sistema de alerta temprano (SAT) integrado y sostenible en el tiempo (ubicación de más estaciones pluviométricas). Se debe prohibir la construcción de viviendas en zonas de terreno rellenados (desmonte), expuestas a inundaciones, muy cerca de las márgenes del cauce de las torrenteras.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|--|---|--|
| <p>110. Quebrada San Lázaro, Puente Ricardo Palma, quebrada Honda/ Churupara, Peregrinos de Chapi</p> <p>(Miraflores/Mariano Melgar)</p> | <p>Área sujeta a flujos de detritos, erosión fluvial. El cauce de la torrentera San Lázaro se encuentra con material suelto, generado por las labores antiguas y actuales de canteras (agregados), desmonte y basurales (fotos 72 y 73). A lo largo del cauce de la torrentera se han construido edificaciones que han reducido el mismo. En caso de lluvias excepcionales se podrían generar flujos de detritos que se desplazarían a lo largo del cauce de la torrentera como el ocurrido el 08/02/2013. Sobre el cauce de la quebrada Honda/Churupara está asentado el poblado de Los Peregrinos de Chapi. Se tienen algunas canteras (ladrilleras), que han removido el cauce de la quebrada que originado material suelto. Aguas abajo, frente a la edificación de la empresa Michell & Cia S.A. se encuentran 03 árboles de gran tamaño en pleno cauce de la quebrada y que constituyen barreras que podrían embalsar el agua y posteriormente causar inundaciones. Bajo el puente que conduce a la Urb. Paisajista, existe gran cantidad de material que ha disminuido la luz libre de este puente, representando un peligro.</p> | <p>Afectó edificaciones ubicadas a lo largo de la torrentera y quebrada, como también vías de acceso y puentes.</p> | <p>Canalizar el cauce de la quebrada y limpieza. No eliminar desmonte y residuos sólidos al cauce de torrentera. No construir más viviendas en el cauce y en los bordes de la torrentera. Reubicar viviendas ubicadas en el cauce.</p> |

| | | | |
|---|--|--|---|
| <p>111. Margen izquierda de la quebrada San Lázaro (Alto Selva Alegre)</p> | <p>Área sujeta a caída de rocas. Roca de tipo volcánica, presenta un diaclasamiento con orientación favorable a la pendiente, terreno con pendiente fuerte. Al pie del talud se encuentran ubicadas viviendas.</p> | <p>Por desprendimiento de rocas pueden ser afectadas viviendas y camino rural.</p> | <p>Forestar las laderas. Desatar o desquinchar bloques sueltos o inestables con sismo. No realizar corte inadecuado en el talud. No construir más viviendas en la ladera del cerro.</p> |
|---|--|--|---|

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|---|--|
| <p>112. Torretera Chilina (Alto Selva Alegre)</p> | <p>Área sujeta a derrumbes, flujos de detritos y erosión fluvial. Substrato rocoso de mala calidad, diaclasas con orientación desfavorable, terreno con fuerte pendiente, ausencia de vegetación. Cuando se presentan flujos o huaicos se produce erosión fluvial en ambas márgenes, Como factores detonantes las precipitaciones pluviales y sismos. Las caídas de rocas se presentan en la margen izquierda de la quebrada; se pueden generar derrumbes y erosión de laderas (cárcavas). Estos fenómenos alimentan con material suelto a la torretera que en caso de lluvias excepcionales puede generar flujo (foto 74).</p> | <p>Afectaría terrenos de cultivo, viviendas que se ubican próximos al talud y carretera de acceso. Existen algunas canteras en el cauce de la torretera que están removiendo el material del cauce.</p> | <p>Forestar. Canalizar cauce de la torretera Muros de contención hacia la margen izquierda, completar el muro de contención. No permitir el crecimiento urbano hacia el cauce de la torretera.</p> |

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>113. Quebrada Peral/ Villa Ecológica Sector D (Alto Selva Alegre)</p> | <p>Área sujeta a flujo de detritos y caída de rocas La torrentera presenta material suelto incompetente, ausencia de vegetación, pendiente de terreno. El fenómeno puede ser desencadenado con lluvias ocasionales a excepcionales. También se presentan erosiones de ladera. Esta quebrada tiene sus nacientes en el volcán Misti. En el cauce de la quebrada se han construido viviendas, también se aprecia terrenos de cultivo (foto 75). Rocas con diaclasamiento favorable a la pendiente, ausencia de vegetación, pendiente fuerte. En este sector si se presentaran movimientos sísmicos o intensas precipitaciones pluviales es muy probable que el fenómeno se reactive. Las rocas de tipo volcánico, andesítico. Las caídas de rocas tienen forma regular y discontinua, longitud de arranque 200 m y altura 50 m. La parte inferior del talud se construye viviendas.</p> | <p>De presentarse el fenómeno afectaría viviendas, canal de riego y áreas de cultivo.</p> | <p>Canalizar desde las partes altas, muros de atenuación de flujos a lo largo de la quebrada. Reubicar viviendas situadas al pie del cerro. Forestar las laderas.</p> |
|---|---|---|---|

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|---|--|
| <p>114. Margen izquierda del río Chili (Alto Selva Alegre)</p> | <p>Área sujeta a caída de rocas. Substrato fracturado compuesto por derrames lávicos, pendiente de terreno muy fuerte, ausencia de vegetación, corte natural de talud por dinámica fluvial, lluvias y movimiento sísmico (foto 76).</p> | <p>Fenómeno afectaría a terrenos de cultivo, torres de alta tensión y provocaría el represamiento de cauce del río Chili.</p> | <p>Forestar la zona, colocar muro de contención. Mantener monitoreado el área.</p> |
| <p>115. Margen derecha del río Chili (Cayma)</p> | <p>Área susceptible a derrumbes y caída de rocas. Substrato de mala calidad compuesto por depósitos de flujos, derrames lávicos, con pendiente abrupta, ausencia de vegetación. Por corte de talud se ha desestabilizado. En el sismo del 2001, se presentaron derrumbes y caídas de rocas que afectaron a la carretera de acceso a la central hidroeléctrica.</p> | <p>Afectó la carretera de acceso a la central hidroeléctrica de Charcani en una extensión de 3 km, por sectores a parte baja, torres de alta tensión y terrenos de cultivo.</p> | <p>Forestar. Construir muros de contención. Desatar bloques sueltos.</p> |

| | | | |
|---|--|---|--|
| <p>116. Margen derecha del río Chili (Cayma)</p> | <p>Área sujeta a caída rocas y derrumbes. Las causas de los fenómenos son: ausencia de vegetación, pendiente del terreno (cañón), dinámica fluvial, y substrato fracturado compuesto por derrames lávicos. Los factores detonantes son sismos y precipitaciones pluviales. El área involucrada tiene una longitud de 1200 m y presentan alturas no mayor de 30m.</p> | <p>El fenómeno afectaría torres de alta tensión y podría represar el cauce del río Chili.</p> | <p>Forestar la zona. Desatar los bloques sueltos, colocar muro de contención. Realizar estudios detallados para estabilidad de taludes.</p> |
| <p>117. Quebrada Azufrera - Fundo Cabrería (Cerro Colorado)</p> | <p>Área sujeta a flujo de detritos. Flujo antiguo de material grueso mayor a 50%, con algunos pequeños depósitos de flujos más modernos, estos se genera en épocas de precipitaciones excepcionales. Actualmente en las márgenes del cauce de la quebrada, se están construyendo viviendas, recientemente urbanizadas (Fundo Cabrería). Foto 77. También se apreció explotación de agregados (canteras), que están dejando material removido en todo el cauce de la quebrada. Antiguos depósitos de lahares provenientes del Chachani.</p> | <p>Afectaría viviendas y carreteras afirmadas.</p> | <p>Forestar. Canalizar la quebrada, desde aguas arriba. Colocar muros de atenuación de flujos en el sector de Cabrería. No más expansión urbana hacia los cauces de la torrentera.</p> |

| <p>PARAJE / SECTOR (DISTRITO)</p> | <p>PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO</p> | <p>VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS</p> | <p>RECOMENDACIONES</p> |
|--|---|---|---|
| <p>118. Ciudad de Dios/Virgen de Chapi (Cerro Colorado/Yura)</p> | <p>Área sujeta a flujos de detritos y erosión de laderas. En el cauce de la quebrada se encuentra material suelto y removido por labores de canteras; material grueso mayor al 50%. En los depósitos antiguos se encuentran asentadas las viviendas, como también algunas viviendas ubicadas en pleno cauce de la quebrada. Los cauces de las quebradas están siendo rellenadas por desmonte, llegándolas a estrecharlas. No hay presencia de vegetación. También se pueden presentar erosiones de ladera, por ser rocas (tobas) de fácil erosión, el material proveniente de estos procesos alimentaría a las quebradas (fotos 78 y 79). Se muestran construcciones de puentes, en la carretera.</p> | <p>Afectaría viviendas y puente (carretera a Yura) si se presentan lluvias excepcionales.</p> | <p>Canalizar la quebrada. Muros de atenuación de flujos. No rellenar con desmonte los cauces de la quebrada. Forestar el área. No permitir el crecimiento urbano hacia los cauces de quebradas.</p> |

| | | | |
|--|--|--|--|
| <p>119. Río Chili/Central Hidroeléctrica Charcani (Alto Selva Alegre)</p> | <p>Área sujeta a caída de rocas, derrumbes, flujos de detritos y deslizamientos. Rocas volcánicas (lavas y tobas) fracturadas que muestra inestabilidad. Se identificaron derrumbes y deslizamientos antiguos y modernos. Por corte de talud en muchos sectores se presentaron caídas de rocas y derrumbes (sismo del 2001). Por lluvias de tipo excepcional se generaron flujos o avalanchas de detritos. Se observó, que en los frentes de lava se generan caídas de rocas (foto 80). Al parecer algunos deslizamientos de tipo traslacional se reactivaron con el sismo del 2001.</p> | <p>Afectaría instalaciones de las centrales hidroeléctricas, y carretera afirmada que comunica a las centrales hidroeléctricas y torres de alta tensión.</p> | <p>Realizar desquinche de rocas sueltas. Realizar estudios puntuales o locales para estabilizar taludes.</p> |
| <p>120. Toma Cuatro, Cayma-Alto Selva Alegre (Alto Selva Alegre/Cayma)</p> | <p>Área sujeta a flujo de detritos. El cauce de la quebrada se encuentra colmatado; a lo largo de la quebrada se encuentran canteras de agregados que han removido el material del cauce, ausencia de vegetación y como agente detonante las precipitaciones pluviales.</p> | <p>Puede afectar camino rural, puente y toma de agua IV puente.</p> | <p>Forestar. Construir muros de atenuación de flujos a lo largo de la quebrada.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|---|--|--|
| <p>121. Pampa Patapampa-Parhuallani (San Juan de Tarucani)</p> | <p>Zona sujeta a flujo de detritos, proveniente de las quebradas. Depósitos de huaico compuestos por material grueso en más del 50%, sobre el cual está asentado el poblado de Parhuallani. Ante lluvias de tipo ocasional o excepcional afectaría a viviendas ubicadas en el antiguo cauce de la quebrada.</p> | <p>Pueden ser afectadas viviendas de Parhuallani, ubicados en el cauce y depósito antiguo.</p> | <p>Forestar con plantas nativas para estabilizar laderas. Colocar muros de atenuación de flujos en el cauce de la quebrada. Reubicar las viviendas ubicadas dentro del cauce de la quebrada.</p> |

| | | | |
|---|--|--|---|
| <p>122. Embalse El Frayle (San Juan de Tarucani)</p> | <p>Área sujeta a erosión de laderas, derrumbes y flujos de lodo. Rocas conformadas por tobas (de mala calidad) ante lluvias son de fácil erosión. El terreno presenta una pendiente suave a moderada. Las erosiones que se presentan son en cárcavas y bad lands. Este evento se presenta al contorno del embalse. Se observó derrumbes y flujos de lodo de menores dimensiones. Los fenómenos mencionados están sedimentando la presa.</p> | <p>Afecta Embalse El Frayle incrementando el nivel de sedimentación.</p> | <p>En las zonas más afectadas construir muros en el cauce de las pequeñas quebradas con el fin de atenuar la erosión, En las inmediaciones uno de los diques ubicados en el sector oeste se ha construido un muro con la finalidad de parar la erosión.</p> |
| <p>123. Quebrada Jatun Occo (San Juan de Tarucani)</p> | <p>Zona sujeta a caída de rocas. Las rocas que afloran son derrames lávicos andesíticos, en los frentes de lava por estar fracturada la roca se presentan caída de rocas. La pendiente del terreno es muy fuerte (frente de lava). Por corte de talud se ha desestabilizado el talud. La zona afectada tiene una longitud de 1500 m, se presentan caídas por sectores, tienen alturas no mayores a 15 m. Ante un movimiento sísmico o lluvias excepcionales se pueden activar estos fenómenos.</p> | <p>Afectaría carretera antigua Arequipa – Puno y pastizales.</p> | <p>Mejorar el talud de corte, realizar trabajos de desquinche y forestación.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|---|--|
| <p>124. Quebrada Torconta / margen izquierda de la quebrada Gramadal (Yura)</p> | <p>Flujo de detritos y caída de rocas. Se observan antiguos flujos de detritos y modernos. En los cauces de las quebradas se observa material suelto, no presenta vegetación. Ante la presencia de lluvias de tipo ocasional o excepcional se van a presentar flujos de detritos. El flujo con mayor recorrido es de 3500 m. La quebrada es alimentada con caída de rocas y erosión de laderas.</p> | <p>Afectaría camino rural, campamento antiguo y torres de alta tensión.</p> | <p>Forestar la ladera. Canalizar las quebradas que estén dentro de la influencia de las torres de alta tensión.</p> |
| <p>125. Carretera Yura - Huanca Km 8+880 (Yura)</p> | <p>Área sujeta a flujo de detritos, caída de rocas y derrumbes. Causas: Naturaleza de suelo incompetente, pendiente del terreno ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales y dinámica fluvial. Ladera con depósito en forma de cono abanico de material grueso mayor a 50% y distancia recorrida de 1150 m. Quebrada alimentada con caída de rocas y derrumbes (fotos 81 y 82).</p> | <p>Afectaría carretera.</p> | <p>Forestar, canalizar y muros transversales a la quebrada.</p> |
| <p>126. Carretera Yura-Puno/Yura Viejo (Yura)</p> | <p>Área sujeta a caída de rocas y erosiones de laderas. Afloran rocas volcánicas de tipo derrames lávicos y tobas. Los derrames lávicos presentan caídas de rocas, las fracturas forman cuñas y tienen un sistema de fracturamiento a favor de la pendiente, el corte de talud desestabilizó la ladera. Los factores detonantes son sismos y precipitaciones pluviales. Con el sismo del año 2001 se presentaron grandes acumulaciones de bloques de caídas de rocas que obstaculizaron la vía Yura-Puno, de forma angulosa y diámetros de hasta 2 m. La zona que puede ser afectada es 2,5 km aproximadamente, se han presentado caídas de rocas con longitudes no mayores a los 100 m, con alturas no mayores a los 40 m. En las tobas se generan erosiones de ladera.</p> | <p>La caída de rocas afecta a la carretera Yura-Puno en un tramo de 2,5 km. Las erosiones de la ladera afecta al tramo de carretera mencionado como también a pastizales.</p> | <p>Desquinchar bloques sueltos. Hacer estudios más detallados de estabilidad de taludes, para tomar medidas correctivas correctas. Forestar las laderas.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|--|---|
| <p>23. Nueva Carretera Huanca-Yura (km7+280 al km 11+630) (Yura)</p> | <p>Erosión fluvial, caída de rocas, derrumbe y flujos de detritos y erosión de ladera. Por las lluvias excepcionales del año 2012, la quebrada Liquirca incrementó su caudal, provocando erosión fluvial en ambas márgenes. Se generaron también caídas de rocas y derrumbes siendo las causas corte de talud de carretera, estratificación a favor de la pendiente. Por la reactivación de las erosiones de ladera, se generaron flujos de detritos.</p> | <p>La erosión fluvial afectó tramo carretero entre las progresivas 7+280 a 11+630, por sectores comprendidos entre 50 a 100 m. Los derrumbes y caídas de rocas en sectores menores a los 20 m.</p> | <p>Hacer estudios detallados para el nuevo trazo de carretera. Elevar el trazo de carretera, con la final que esta fuera del cauce antiguo de la quebrada. Para las erosiones de ladera, en los cauces de las pequeñas incisiones del terreno, evitar la acumulación de material suelto, por ejemplo mediante la construcción de muros disipadores.</p> |
| <p>127. Siguas Zarsal, carretera Panamericana Sur (Santa Isabel de Siguas)</p> | <p>Área susceptible a deslizamientos, y caídas de rocas. En área afloran conglomerados y areniscas conglomeráticas, y limolitas. Se han observado eventos antiguos y recientes. La principal causa de los deslizamientos es la infiltración de las aguas de las irrigaciones entre los conglomerados y la secuencia limolítica, lo que hace que pierda estabilidad los conglomerados. Estos deslizamientos han llegado a hacer variar la dirección del cauce del río. También se presentan deslizamientos antiguos que han llegado a represar al río Siguas (fotos 83, 84 y 85). También se pueden generar en las zonas de las escarpas de los deslizamientos modernos. Las caídas de rocas se pueden presentar en las escarpas de los antiguos deslizamientos.</p> | <p>Los deslizamientos actualmente están afectando terrenos de cultivo y trocha carrozable de acceso. De seguir el movimiento también afectaría a la carretera Panamericana Sur.</p> | <p>Forestar. Monitorear el área. Cambiar el sistema de riego de los terrenos de cultivo. Sistemas de drenajes para los sectores donde hay infiltración. Desatar los bloques sueltos. Para el caso de las caídas en lo posible desatar los bloques sueltos.</p> |
| <p>128. Carretera Panamericana Sur Km 93+000 a 94+000 (Santa Isabel de Siguas)</p> | <p>Área sujeta a arenamiento Material suelto (cenizas volcánicas) de fácil remoción por el viento. Esta zona presenta escasa vegetación. Los depósitos eólicos se presentan en forma de mantos de arena y dunas aisladas que invaden la carretera.</p> | <p>Afecta a la carretera Panamericana en un tramo de 1 km.</p> | <p>Limpieza constante de las dunas que invaden la carretera. Corta vientos. Forestar.</p> |



Foto 55. Deslizamiento y erosión de laderas (cárcavas) en el sector La Capilla, margen derecha del río Vítor (tomado por Zavala, 2012).



Foto 56. Arenamiento en Pampa Repartición que afecta carretera La Cano (tomado por Zavala, 2012).



Foto 57. Deslizamiento rotacional en el río Vítor a su margen derecha (tomado por Zavala, 2012).



Foto 58. Derrumbes en el río Vítor (margen izquierda) interrumpiendo camino rural (tomado por Zavala, 2012).



Foto 59. Sector La Cuesta a la margen izquierda del río Vítor se observa un deslizamiento antiguo (tomado por Zavala, 2012).



Foto 60. A) Taludes propensos a caída de rocas y derrumbes en tramo de la variante de Uchumayo. B) Rocas fracturadas que pueden generar caídas de rocas. Antigua carretera Panamericana (tomado por Zavala, 2012).



Foto 61. Río Yarabamba. Botadero de desmonte en la margen derecha que estrecha su cauce (tomado por Zavala, 2012).



Foto 62. Caída de rocas, erosión y flujo de detritos en las laderas del cerro Pajonal, ocupadas por el sector de Villa Mirador (tomado por Zavala, 2012).



Foto 63. Erosión Fluvial en el río Mollebaya (tomado por Zavala, 2012).



Foto 64. Cabecera de la torrentera Venezuela, presenta derrumbes, caída de rocas, erosión de laderas que época de lluvias excepcionales como las del 08/02/2013 discurren huaicos por las laderas con material suelto, aportando material al cauce de la torrentera, además del mal diseño de obras como en la foto del lado izquierdo en el sector Mariano Bustamante, Villa Alto Cenepa, y derrumbes y huaicos en el A.H Villa El Triunfo.

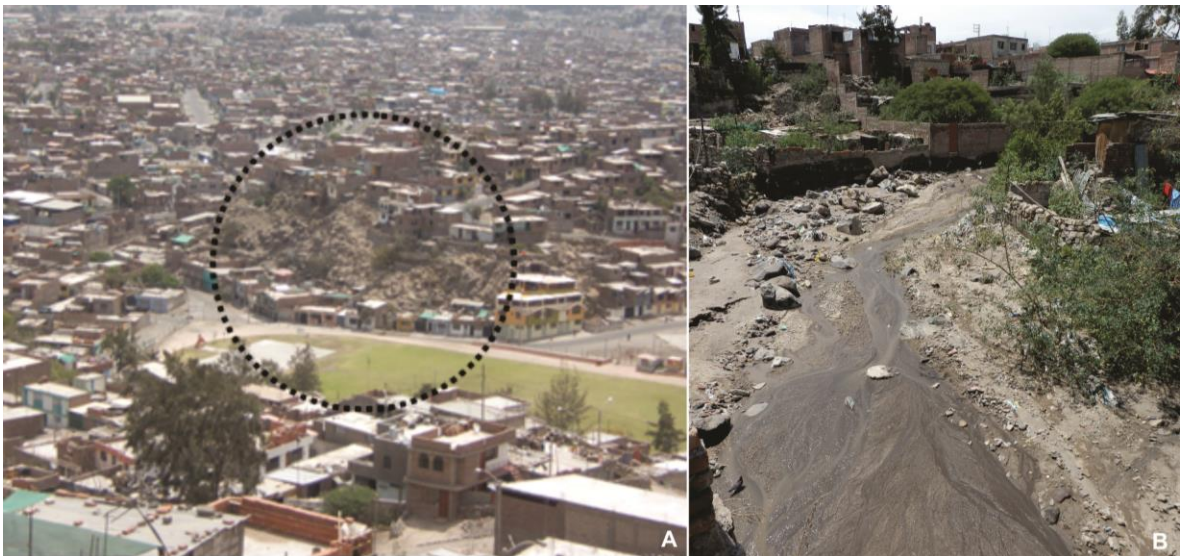


Foto 65. A) Caída de rocas en el puente Arnao Tahuantinsuyo. B) Fuerte erosión y colapso de muros de viviendas dentro del cauce de la torrentera, puente Arnao.



Foto 66. Flujo de detritos en la torrentera y derrumbes en ambas márgenes de la torrentera, cabecera de la torrentera Venezuela, sector San Juan XXIII, confluencia de ramal I y II.

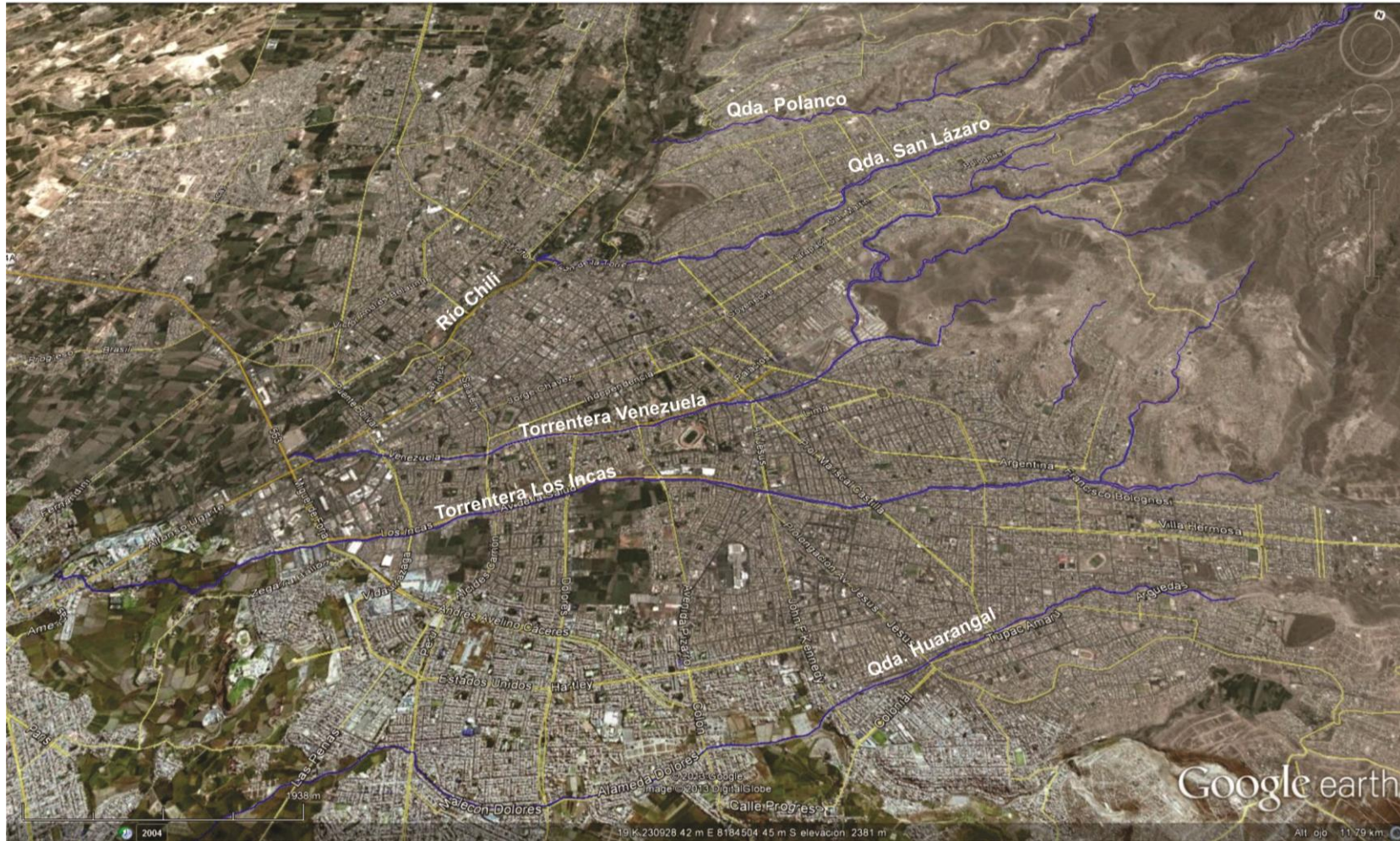


Figura 6. Torrenteras que cruzan la ciudad de Arequipa.



Foto 67. A) Colapso de muros de contención en la margen izquierda de torrentera, con pérdida de plataforma de la calle Virgen del Pilar, descubriendo un muro antiguo a más de 1 m detrás del actual con 17 m de ancho. B) Colapso de muros de los puestos del mercado del Altiplano. C) El cauce de la torrentera se ha estrechado a 4,54 m de ancho por construcción de edificaciones, por efecto del flujo socavó los cimientos del muro de contención en la margen izquierda generando el colapso de las columnas de la fábrica textil y rebose en ambas márgenes, en el pasaje Victoria; el puente en forma de arco a 11 m aguas abajo tiene un ancho de 3,78 m, el cual estranguló aún más la torrentera. D) Intersección de la Av. Venezuela con el pasaje Jacinto Ibañez, frente a la Urb. Juan El Bueno, se encuentran ubicadas 6 viviendas y un total de 20 personas que habitan dicho espacio, en la margen derecha de la torrentera, pese a que se realizó la limpieza del cauce es evidente que las viviendas han avanzado hacia el cauce de la torrentera. Al incrementar el caudal de la torrentera el 08 de febrero se represó debido a un obstáculo en el puente Vidaurrázaga (letrero de centro comercial), al desfogar erosionó 93 m en su margen derecha. E) Cauce de torrenteras se encuentra invadida por edificaciones que por ganar terreno han construido por encima de la torrentera.



Foto 68. Erosión de toda la vía izquierda de la Av. Venezuela hasta la berma central, margen derecha de la Torrentera Venezuela afectó aprox. 135 m y un ancho de 11 m.



Foto 69. Vistas del estrangulamiento del cauce de la torrentera Venezuela, afectado por inundaciones de lodo, el depósito alcanzó hasta 1 m de altura.



Foto 70. En la izquierda, Vista aérea del sector Terminal Pesquero, se observa la reducción del cauce en forma escalonada de 6 a 3 m de ancho. En la derecha, ampliación de la vista, erosión en la margen izquierda de la torrentera Venezuela.



Foto 71. A y B) Las cabeceras de las torrenteras se encuentran afectadas por deslizamientos y flujos. Además, los cauces se encuentran colmatados de material, sector La Rinconada, distrito Mariano Melgar. C y D) Presenta erosión de la vía asfaltada en la Av. Venezuela, debido al socavamiento de los cimientos de muros de sillar del mercado que generaron el colapso de los mismos, en el mercado Mariscal Castilla. E) Av. Los Incas y Agricultura (altura de la Gerencia Regional de Salud). Estrechamiento del cauce por obras del bypass de 13 a 4 m de ancho con muros de contención de 4, 5 m de alto.



Foto 72. A) Erosión en cárcavas y derrumbes en ambas márgenes de la quebrada San Lázaro (parte alta), aportan material suelto al cauce de la quebrada. B) Presencia de canteras en el cauce de la quebrada San Lázaro, acumulan material suelto. C y D) Viviendas se encuentran al borde del acantilado formado en la quebrada San Lázaro, algunas ya han colapsado. E). Desmonte y basura acumulada en la parte alta de la quebrada San Lázaro. F) Plataforma deportiva en terraza baja de la quebrada San Lázaro.



Foto 73. Vivienda colapsada en la margen derecha de la quebrada San Lázaro debido al incremento del caudal por efecto de las lluvias excepcionales del 08/02/2013.



Foto 74. Sector Chilina, sujeta a derrumbes, flujos de detritos y erosión fluvial. Esta quebrada llega a desembocar en la ciudad de Arequipa (tomado por Zavala, 2012).



Foto 75. Flujo de detritos en la quebrada Peral, por la presencia de lluvias excepcionales afectaría canal de riego y terrenos de cultivo (tomado por Zavala, 2012).



Foto 76. Río Chili (margen izquierda), se observa caída de rocas puede afectar cultivos, y canal de regadío (tomado por Zavala, 2012).



Foto 77. Flujo de detritos en la quebrada Azufrera - fundo Cabrería (tomado por Zavala, 2012).



Foto 78. Zona susceptible a flujos de detritos y erosión en las laderas adyacentes al centro poblado de Ciudad de Dios (tomado por Zavala, 2012).



Foto 79. Erosión en cárcavas y posibilidad de ocurrencia de flujo de detritos en el sector Virgen de Chapi (tomado por Zavala, 2012).



Foto 80. Laderas y taludes propensos a caída de rocas y derrumbes en el cañón del río Chili (ambos márgenes) que obstaculizarían el tránsito y afectan las centrales hidroeléctricas en Charcani (tomado por Zavala, 2012).





Fotos 81 y 82. Flujos de detritos excepcionales que afectan tramo de carretera Yura-Huanca-Lluta, así como acceso a las canteras de la minas de calizas de Cementos Yura (tomado por Zavala, 2012).



Foto 83. Deslizamiento en el sector de Alto Sigwas (El Zarzal), margen derecha del río Sigwas (tomado por Zavala, 2012).



Fotos 84 y 85. Deslizamientos con represamiento parciales del valle de Siguan, sector Pachaqui / Santa Ana (tomado por Zavala, 2012).

Cuadro 8. Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Islay

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|--|---|---|
| <p>129. El Fisco-El Arenal (Dean Valdivia)</p> | <p>Área sujeta a derrumbes y arenamiento. Derrumbes en talud superior de carretera Mejía-Fiscal, se da en depósitos aluviales, con una longitud de zona de arranque de 257 m. Ladera cubierta por depósito eólico. Sobre la ladera se han asentado viviendas, para establecer sus bases, han realizado corte y relleno, inestabilizando el talud (foto 86). El substrato está conformado por conglomerado polimíctico en matriz areno-limosa. Ante lluvias excepcionales y sismo de gran magnitud, es muy probable que en las áreas que han modificado el talud, se generen derrumbes.</p> | <p>Puede afectar carretera Mejía-Fiscal y viviendas ubicadas en la ladera.</p> | <p>Colocar muros de contención y mallas. No permitir el crecimiento urbano hacia las laderas del cerro, especialmente en la zona arenosa.</p> |
| <p>130. Chucarapi-Pacheco (Cocachacra)</p> | <p>Área sujeta a erosiones fluviales e inundaciones El río Tambo en este sector es de tipo anastomosado, por ende tiende a variar la dirección de su cauce cada cierto tiempo, especialmente cuando se presentan lluvias excepcionales. Esta variación afecta a ambos márgenes. Las quebradas Chucarapi, La Horca y Pacheco, son secas, pero que contienen en su cauce abundante material suelto, que es susceptible a ser removido, de presentarse lluvias excepcionales se generarían flujos de detritos/lodo. Las quebradas Chucarapi, La Horca y Pacheco, son secas, pero que contienen en su cauce abundante material suelto, que es susceptible a ser removido, de presentarse lluvias excepcionales se generarían flujos de detritos/lodo. Las quebradas Chucarapi, La Horca y Pacheco, son secas, pero que contienen en su cauce abundante material suelto, que es susceptible a ser removido, de presentarse lluvias excepcionales se generarían flujos de detritos/lodo. La zona También es afectada por erosión de laderas y flujos de detritos. En los cortes de talud para carretera se presentan caída de rocas y algunos vuelcos que se dan en rocas intrusivas medianamente fracturadas, con diaclasamiento a favor de la pendiente.</p> | <p>Las erosiones e inundaciones pueden afectar a los terrenos de cultivo, en ambos márgenes. Este fenómeno afectó al antiguo puente. Las erosiones de ladera y flujos de detritos pueden afectar a los centros poblados Chucarapi y Pacheco. La caída de rocas y vuelcos pueden afectar un tramo de la carretera Puente Fiscal-Chucarapi.</p> | <p>Reforestar el área. En los cauces de las quebradas construir muros disipadores de flujos, limpieza de cauce. Para la erosión de laderas construir trinchos en el cauce de la quebrada. Desatar los bloques de roca sueltos ubicados en el talud. Se debe diseñar un sistema sostenimiento para mejorar la estabilidad del talud. Colocar en el borde de la carretera, letreros de avisos de área inestable que puede generar caída de rocas.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS | RECOMENDACIONES |
|--|--|--|--|
| <p>131. Puerto Viejo-Desamparados, quebrada Piedra Grande y Panamericana Sur</p> <p>(Cocachacra)</p> | <p>Área sujeta a erosiones fluviales e inundaciones, flujo de detritos y erosión de laderas. El centro poblado Desamparados se ubica sobre un antiguo depósito deluvial, generado por los depósitos de la erosión de las laderas. En este sector también se presentan flujos de detritos (figura 7).</p> <p>Las quebradas Piedra Grande, Punta Negra y S/N, son alimentadas por material suelto generado por la erosión de laderas, que ante lluvias excepcionales generaría flujos de detritos. Las áreas cercanas al cauce del río Tambo son susceptibles a inundaciones y erosión fluvial. En los cortes de talud para carretera se presentan caída de rocas.</p> | <p>Las erosiones e inundaciones pueden afectar a los terrenos de cultivo.</p> <p>Las erosiones de ladera y flujos de detritos pueden afectar a los centros poblados Desamparados y Puerto Viejo.</p> <p>La caída de rocas y vuelcos pueden afectar a un tramo de la carretera Panamericana Sur, km (Puente-El Fiscal).</p> | <p>Reforestar el área.</p> <p>En los cauces de las quebradas construir muros disipadores de flujos y limpieza de cauce.</p> <p>Para la erosión de laderas construir trinchos en el cauce de la quebrada.</p> <p>Para la caída de rocas y vuelcos, desatar los bloques de roca sueltos, diseñar un sistema de sostenimiento para estabilizar el talud. En la carretera se deben colocar avisos de área propensa a caída de rocas o derrumbes.</p> |
| <p>132. El Toro-Buenavista</p> <p>(Cocachacra)</p> | <p>Área sujeta a flujos de detritos y erosión de laderas.</p> <p>Material suelto se encuentra acumulado en el cauce de la quebrada Los Tres Cerros, que puede ser removido ante lluvias y generar flujos de detritos. El centro poblado se ubica sobre un antiguo depósito proluvial, generado por flujos de detritos (figura 8).</p> <p>La zona también es afectada por intensa erosión de laderas que aportan material al cauce de la quebrada. Se presentan en conglomerados con matriz arenosa, no consolidados, de fácil erosión.</p> <p>Estas quebradas se pueden activar con lluvias de tipos ocasional o excepcional. Al incrementarse el caudal se puede generar erosiones fluviales, en la margen derecha del río Tambo, como también se pueden generar variaciones en la dirección del cauce, en este tramo el río es de tipo anastomosado.</p> | <p>Puede afectar carretera afirmada, viviendas y terrenos de cultivo del sector de El Toro y Buenavista.</p> | <p>Reforestar el área.</p> <p>En los cauces de las quebradas construir muros disipadores de flujos, limpieza de cauce.</p> <p>Para la erosión de laderas construir trinchos en el cauce de la quebrada.</p> |

| PARAJE / SECTOR (DISTRITO) | PELIGRO GEOLÓGICO / COMENTARIO GEODINÁMICO | VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCACIONADOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|---|---|
| <p>133. Santa María (Cocachacra)</p> | <p>Área sujeta a flujos de detritos y erosión de laderas. En el cauce de las quebradas provenientes de los cerros Uchas y Chelgua (margen izquierda del río Tambo), se observa material suelto que puede ser removido ante lluvias y generar flujos de detritos. El centro poblado se ubica sobre un antiguo depósito proluvial, generado por flujos de detritos (figura 9). Se observa intensa erosión de laderas que genera material suelto que aporta material al cauce de la quebrada. Las rocas aflorantes son aglomerados volcánicos y areniscas, poco consolidados, fáciles de erosionar. Estas quebradas se pueden activar con lluvias de tipos ocasional o excepcional.</p> | <p>Puede afectar a viviendas y terrenos de cultivo del sector de Santa María.</p> | <p>Reforestar el área. En los cauces de las quebradas construir muros disipadores de flujos y limpieza de cauce. Para la erosión de laderas construir trinchos en el cauce de la quebrada. No permitir el crecimiento urbano hacia el cauce de la quebrada.</p> |
| <p>134. Carrizal - Len (Cocachacra)</p> | <p>Área sujeta a flujos de detritos y erosión de laderas. En el cauce de las quebradas provenientes de los cerros Pan de Azúcar (margen derecha del río Tambo) y Len (margen izquierda del río Tambo), se observa material suelto que puede ser removido ante lluvias y generar flujos de detritos. Sobre los depósitos antiguos dejados por los flujos de detritos se encuentran asentados los poblados de Carrizal y Len (figura 10). El área también es afectada por intensa erosión de laderas que aporta material al cauce de la quebrada. Estas quebradas se pueden activar con lluvias de tipo ocasional o excepcional.</p> | <p>Puede afectar a viviendas y terrenos de cultivo de los centros poblados mencionados.</p> | <p>Reforestar el área. En los cauces de las quebradas construir muros disipadores de flujos y limpieza de cauce. Para la erosión de laderas, construir trinchos o muros en el cauce, con la finalidad de disipar los flujos.</p> |



Foto 86. Sector El Arenal, ladera cubierta por viviendas (tomado por Zavala, 2012).

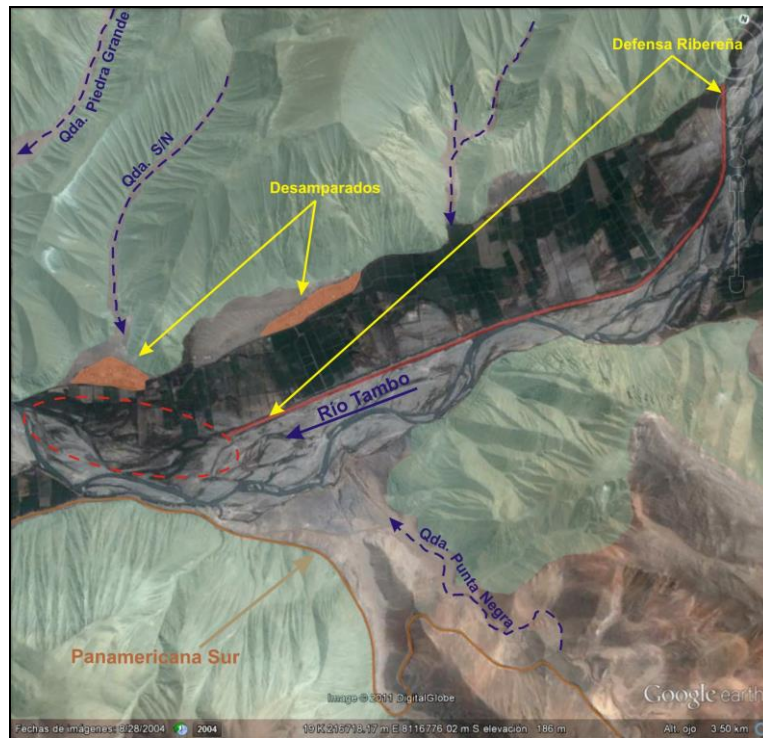


Figura 7. Imagen satelital del Google Earth del sector de Desamparados, se muestra la defensa ribereña, el círculo de color rojo de línea entrecortada, es el área afectada por la erosión fluvial. Los sectores líneas de color azul entrecortadas, son las quebradas que pueden generar flujos de detritos (tomado por Nuñez, 2010).



Figura 8. Imagen satelital del Google Earth, se muestra en centro poblado El Toro, ubicado en un depósito proluvial generado por la quebrada, en la margen derecha del río Tambo (tomado por Nuñez, 2010).



Figura 9. Imagen satelital del Google Earth, sector de Santa María, se resalta en círculos de color amarillo las áreas que pueden ser afectadas por flujos de detritos, en la margen izquierda del río Tambo (tomado por Nuñez, 2010).



Figura 10. Imagen satelital del Google Earth, sector de Carrizal, en círculo amarillo las zonas rurales que pueden ser afectadas por flujos.



Foto 17. Quebrada Liquirca, aumentó su caudal en el periodo lluvioso 2012, generando erosión fluvial en la margen derecha, afectando tramo carretero Yura-Huanca en 100 m (Km 9+720). Tomado por Zavala, 2008.

IV. CONCLUSIONES PRELIMINARES

Los trabajos de campo y gabinete nos permitió identificar **134 zonas críticas** por peligros geológicos e hidrológicos en la región Arequipa, donde la existencia de población vulnerable que se encuentra asentada en las áreas correspondientes a laderas inestables, antiguos depósitos de flujos de detritos y las fajas marginales de ríos y quebradas; y la afectación de tramos carreteros importantes, hace necesario la elaboración del mapa de inventario de peligros geológicos y el mapa de susceptibilidad a inundaciones de la región, a fin de que las autoridades competentes puedan realizar un buen ordenamiento territorial de acuerdo a la morfología de su territorio; se debe realizar un intenso trabajo de sensibilización con la población, por medio de charlas; se debe prohibir el asentamiento de nuevas poblaciones u obras de infraestructura en zonas de peligro.

Los movimientos en masa tipo caídas de rocas, derrumbes y flujos de detritos inventariados y/o cartografiados en la región afectan carreteras importantes como: Panamericana Sur, Internacional Puno-Bolivia y Costanera, y otras carreteras afirmadas principales sobretodo sobretodo en época de lluvias periódicas o excepcionales. Desde el punto de vista geodinámico confluyen características de peligrosidad de movimientos en masa, volcánica y sísmica, donde la recurrencia en el período histórico y prehistórico han generado daños importantes en la población. Los flujos pueden ser de detritos (huaicos) o de lodo y en muchos sectores su volumen se ve incrementado por acción antrópica (acumulación de material de desmonte o basura en el cauce de las quebradas).

Mucho de estos procesos también pueden generarse por impactos de la actividad antrópica como:

- Por procesos de deslizamientos de tierras originados tanto por las irrigaciones de Majes y La Cano/San Isidro, respectivamente afectando severamente los valles de Siguan y Vitor. Esto ha modificado grandemente el valle de Siguan entre la zona de El Zarzal, Pachaqui y Santa Ana.
- Minería informal aurífera (quebrada Agua Salada), pequeña minería, explotación de piedra sillar, piedra laja y sal/yeso (Minas de Lluta y Chilcane), con impactos moderados al paisaje y suelo. Algunas de estas zonas como las minas de Lluta o las canteras de Añashuayco, muestran zonas propensas a deslizamientos y derrumbes/caída de rocas, respectivamente
- Botaderos de basura y desmontes, activos y antiguos se encuentran ubicados en las partes altas de las zonas urbanas de Arequipa (planicies y cerca del borde de quebradas). Estas se relacionan con zonas de expansión urbana reciente y chancherías. Solo existe un relleno sanitario controlado por la municipalidad provincial. Existe una convivencia de los botaderos de basura con zonas de crianza de cerdos.
- Explotación de canteras de agregados, las cuales ocupan gran parte de cauces de quebradas. La remoción de material proluvial y lahárico ha sido y es bastante explotado. Ha originado colmatación en las quebradas, no apreciándose un cauce definido de las torrenteras. Mollebaya es el área de ubicación de gran cantidad de hornos de fabricación de ladrillos.
- La expansión de la ciudad de Arequipa, hacia los flancos del volcán Misti y Ubinas y cauces de quebrada. Crecimiento acelerado en los últimos años, con nuevos AA.HH. y proyectos urbanísticos (Ej. Fundo Cabrería en Alto Cayma y en Miraflores), ocupan las laderas del Misti, cauces de torrenteras, donde existe el peligro de avenidas excepcionales, o lahares ante una reactivación del volcán Misti.

- Crecimiento desordenado de viviendas en las laderas de los cerros, en Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo (rocas intrusivas), así como Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata y Socabaya (rocas volcánicas).
- Encauzamiento insuficiente de torrenteras. Torrenteras con cauces estrechos y luces de puentes, reducidos por la ubicación de viviendas y acumulación de basura o desmonte. Muchas quebradas están encauzadas (muros de concreto), algunos tramos sin defensas o con muros parcialmente construidos.

Como eventos detonantes de movimientos en masa recientes se consideran las lluvias de 1985 y 1998 asociados a eventos de El Niño este último, donde se activaron muchas quebradas que afectaron tramos de carreteras, áreas de cultivo y zonas rurales en Murco, Huambo, Lluta; los sismos de 1967 y 2001 generaron derrumbes y caída de rocas en los valles, laderas, tramos de carreteras. Algunas inundaciones por desbordes del río Chili y efectos de las torrenteras en Arequipa generado por lluvias excepcionales del 08/02/2013.

Asimismo, se tiene la influencia del complejo volcánico Ampato/Sabancaya con actividad piroclástica en la década del 80-90: lahares en el flanco sureste del nevado Ampato (entre Taya y Patapampa). Actividad similar en el pasado: grandes depósitos de lahares en Huambo, Yura y Yura Viejo, así como en la carretera Arequipa-La Joya.