

Informe Técnico N° A6823

PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS LOCALIDADES DE TORATA, YUNGA, LA CAPILLA, HUATALAQUE, COROISE Y LUCCO

Región Moquegua

Provincias General Sánchez Cerro y Mariscal Nieto

Distritos Ubinas, Yunga, La Capilla, Cuchumbaya,

Chojata y Lloque

Parajes Torata, Yunga, La Capilla, Huatalaque, Coroise y Lucco



GRISELDA LUQUE POMA

AGOSTO
2018

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ASPECTOS GENERALES	1
2.1 UBICACIÓN	1
2.2 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ZONA	3
2.3 ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	4
3. PELIGROS GEOLÓGICOS	10
3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS	13
4. ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS	19
5. CONCLUSIONES	28
6. RECOMENDACIONES	28
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS LOCALIDADES DE TORATA, YUNGA, LA CAPILLA, HUATALAQUE, COROISE Y LUCCO

(Distritos Ubinas, Yunga, La Capilla, Cuchumbaya, Chojata y Lloque – Provincias General Sánchez Cerro y Mariscal Nieto – Región Moquegua)

1. INTRODUCCIÓN

El Gobernador Regional de Moquegua, Jaime Alberto Rodríguez Villanueva, solicitó mediante Oficio N° 325-2018-GRM/GR, de fecha 18 de mayo de 2018 al Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) disponer la elaboración de estudio de peligrosidad de las localidades de Torata, Yunga, La Capilla, Huatalaque, Coroise y Lucco, en las provincias de General Sánchez Cerro y Mariscal Nieto, región Moquegua.

Previas coordinaciones logísticas, el Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET dispuso que la ingeniera Griselda Luque para realizar el informe técnico de acuerdo a la información existente.

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Moquegua, se basa en las observaciones de campo realizadas durante los trabajos de campo del proyecto GA45 realizado el año 2013, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales, así como de la información disponible en el “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1” del año 2000 y de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio como el Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo (2010-2011). Se emite el presente informe con el propósito de dar una opinión sobre la seguridad física de los poblados mencionados y la provincia General Sánchez Cerro, así como brindar las recomendaciones del caso a fin de reducir la vulnerabilidad en las zonas y la población expuesta.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 UBICACIÓN

Las localidades Torata, Yunga, La Capilla, Coroise y Lucco se ubican en los distritos Ubinas, Yunga, La Capilla, Chojata y Lloque respectivamente pertenecientes a la provincia General Sánchez Cerro, y la localidad de Huatalaque se ubica en el distrito Cuchumbaya, provincia Mariscal Nieto, al norte del departamento de Moquegua con coordenadas UTM WGS84 (figura 1):

Localidad	Este	Norte
Torata	313767	8191439
Yunga	320624	8208751
La Capilla	267677	8146059
Coroise	315605	8188077
Lucco	313820	8196914
Huatalaque	316748	8147144

El acceso hacia las localidades de interés se realiza vía terrestre desde Lima, utilizando la carretera Panamericana Sur, y se puede acceder utilizando los dos tramos:

- Lima-Moquegua-Chojata-Ichuña, desde Lima por la carretera Panamericana Sur hasta Moquegua para luego seguir la carretera Binacional que se encuentra asfaltada hasta el desvío a Carumas, a

partir de ahí se siguen trochas carrozables hasta llegar a Yunga. Esta vía facilita el acceso entre los distritos Chojata, Lloque, Yunga e Ichuña.

- Carretera Arequipa-Chiguata-Yunga, carretera asfaltada hasta llegar a Chiguata, luego se sigue una carretera sin afirmar hasta el desvío a Ubinas, bordeando la laguna Salinas a partir de ahí se sigue trochas carrozables hasta llegar a Yunga.

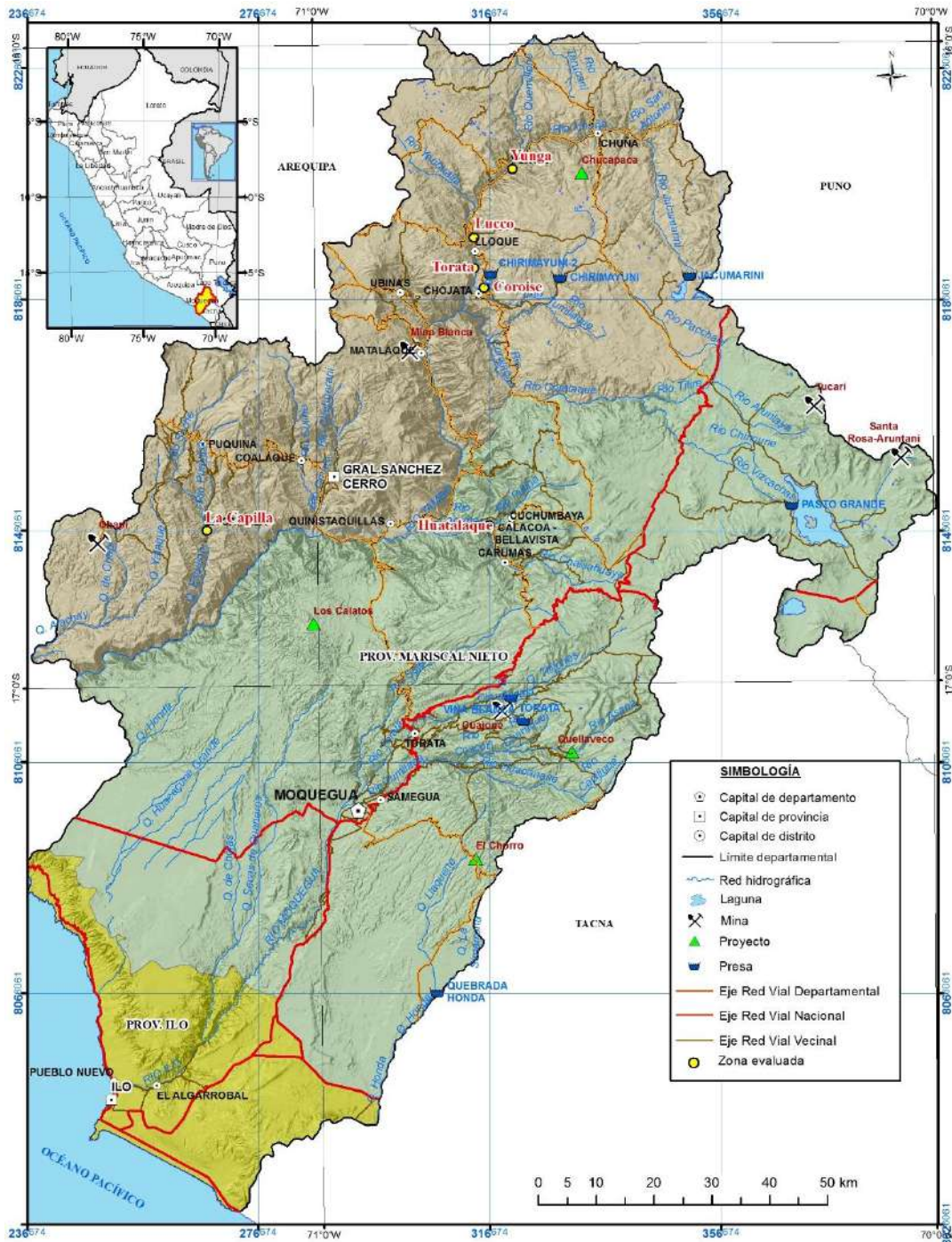


Figura 1. Ubicación de las localidades de interés.

2.2 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ZONA

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2003), en las zonas estudiadas la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre – mayo) alcanzan entre 400 a 1400 mm por año y para el periodo de precipitación acumulado en el evento del fenómeno “El Niño” 1997/1998, fue de 0 a 400 mm (figura 2).

Son áreas de difícil acceso y duras condiciones climáticas, según el mapa de clasificación climática del Perú (SENAMHI, 1988), entre los 0 y 1800 msnm, posee un clima tipo $E(d)B^1_1H_3$: árido, semicálido y húmedo con escasez de lluvias en todas las estaciones del año, como en la localidad La Capilla; las zonas comprendidas entre los 1000 m s.n.m. y 2500 m s.n.m poseen un clima tipo $D(o,i,p)B^2_2H_2$: semiárido, templado, seco en otoño, invierno y primavera, como la localidad Huatallaque (Mariscal Nieto), se caracteriza por tener una temperatura máxima promedio mensual de 27°C en diciembre y de 25°C en julio, siendo el rango anual de 2°C, lo que nos indica una variación pequeña, tipificado como un clima comfortable. Por encima de los 3000 m s.n.m. posee un clima de tipo $C(o,i,p)C^1_2H_2$: clima frío, semiseco, con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como seca, comprende el valle del río Ichuña-Yunga, sectores como Coroise, Torata, Lucco y Yunga.

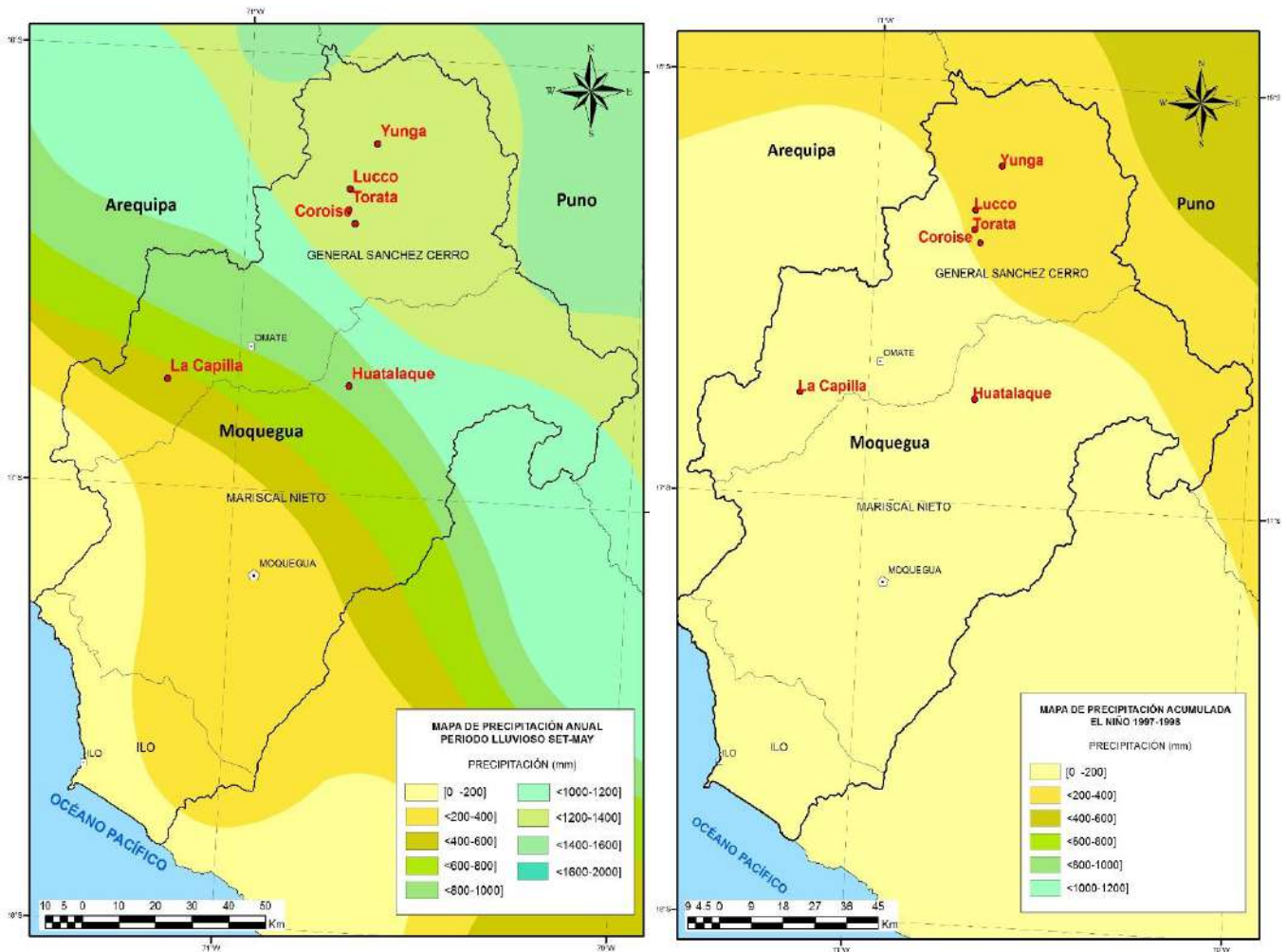


Figura 2. Isoyetas de precipitación en años normales (izquierda) y en presencia de El Niño 1998 (derecha). Fuente SENAMHI, 2003.

Estas zonas se caracterizan por su actividad agropecuaria generalmente de sobrevivencia. La vegetación en el desierto costero existente aparece de manera esporádica y en baja densidad en la localidad de La Capilla. La vegetación presente en la zonas Coroise, Torata, Lucco y Yunga es de tipo matorral subhúmedo, conformada por la presencia de comunidades arbustivas que mantiene su follaje siempre verde durante el año, generalmente alcanzan alturas de 4 m y se encuentran de forma dispersa, algunas circundando área de cultivo, como el molle, tara, nogal, entre otras.

Por encima de los 3900 m s.n.m. la vegetación es de tipo pajonal, esta formación vegetal está compuesta de comunidades de herbáceas alto andinas, que se distribuyen formando densas agrupaciones o matas mayormente de gramíneas de hojas duras, en algunos casos punzantes, conocidos con el nombre de ichu o paja de ahí el nombre de pajonal, las cuales se encuentran alrededores de las zonas mencionadas; en determinadas épocas del año, se realizan quemas con la finalidad de aprovechar los rebrotes y la vegetación, práctica que genera procesos erosivos del suelo y de la cobertura vegetal (INRENA, 1996).

2.3 ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

GEOLOGÍA

Regionalmente, el substrato rocoso está compuesto por rocas de naturaleza intrusiva, sedimentaria, volcánica, volcánico-sedimentaria y metamórfica, que comprenden edades geológicas del Paleoproterozoico al Cuaternario (figura 03) y superficie cubierta por depósitos inconsolidados de origen aluvial, volcánico y volcanoclástico, glacial que rellenan valles fluviales y glaciares, así como laderas y vertientes. Se han tomado en base a los boletines de la Serie A del Ingemmet (Marocco et al., 1966 y García, 1978); así como las memorias descriptivas de las actualizaciones (Lipa et al, 2001 y Atencio & Romero, 2000), se tienen las siguientes formaciones geológicas, según su litología:

Formación Sencca, se presentan en la parte central y al norte de la provincia General Sánchez Cerro (frontera con los departamentos de Arequipa y Puno). Constituidos por tobas lapillis, riolíticas, líticas soldadas. Presentan estructuras en fiamme de pómez aplastada y alterada; debido a su dureza forman farallones abruptos y extensas plataformas. Morfológicamente constituyen montañas de fuerte pendiente en alturas que van de los 3000 a 4900 m s.n.m. Son susceptibles principalmente a caídas de rocas, derrumbes, erosiones de laderas y avalancha de rocas debido a las fuertes pendientes que caracterizan a este sector.

Formación Guaneros, representado por secuencia piroclástica gruesa de composición andesítica bastante alterados; se encuentran principalmente al suroeste de la provincia General Sánchez Cerro. Susceptibles a la ocurrencia de caída de rocas y erosiones de laderas y en menor ocurrencia de flujos de detritos y deslizamientos.

Grupo Barroso, consiste en volcánicos bien estratificados, siendo en su mayor parte derrames delgados de andesita masiva algo alteradas y muy disectadas, las pendientes que conforman son abruptas. Se presentan principalmente en las partes altas de Moquegua. En los frentes de lava y por su fracturamiento, son propensos a caídas de rocas, derrumbes, erosiones en cárcavas, flujos de detritos y deslizamientos.

Formación Pichu, constituido por andesitas basálticas en la parte central-occidental de la provincia General Sánchez Cerro. Los basaltos presentan en menor proporción que las andesitas, pero forman coladas más gruesas, en el camino de Ichuña-Pampa Llapapata se observan intercalaciones de estas rocas una de 40 m y otra de 70 m, con una pátina rojiza. Un afloramiento aislado de basalto observado

en la Pampa Llapapata, estando estos últimos siempre presentes tanto frescos como alterados. Dicho afloramiento podría corresponder a un dique de alteración de los bancos de basaltos. La disyunción en placas de 10 a 15 cm de espesor es frecuente.

Formación Matalaque, estos afloramientos se encuentran con mejor exposición en la parte alta de los flancos del valle de Tambo (Matalaque), constituido por derrames andesíticos, dacíticos con intercalaciones de brechas, lentes de conglomerados y escasos sedimentos (areniscas con intercalaciones de lutitas y calizas marmolizadas).

Calizas, lutitas, carbonosas, limoarcillitas y margas, sus afloramientos son muy restringidos localizándose ellos a manera de un horst al Norte de Quinistaquillas en el cerro Plantado, y en los alrededores de Agua Blanca donde se le observa infrayacendo a la Formación Puente. También en los sectores Huayra Punco-Jito (La Capilla), Tasata (Quinistaquillas) en la provincia General Sánchez Cerro.

Formación Socosani, constituida por secuencias de calizas intemperizadas de color gris; margas color oscuro con horizontes bien marcados de caliza nodular, areniscas y limoarcillitas de ambiente turbidítico con nódulos fosilíferos.

Formación Sotillo, está constituida por areniscas y limolitas rojas, al norte de la provincia Mariscal Nieto.

Grupo Yura, corresponden a las rocas mesozoicas con una secuencia carbonatada y clástica. Su disposición estructural está asociada a pliegues anticlinales y sinclinales, destacando los afloramientos a lo largo del río Ichuña y Tambo. La estructura principal reconocida y de gran magnitud corresponde al anticlinal de Yunga, que se dispone a manera de una franja elongada de rumbo noroeste-sureste. Dentro de este grupo se reconocen las formaciones:

- Formación Cachíos, en la localidad de Yunga, (río Tambo) se ha reconocido lutitas grises y negras deleznales intercaladas con delgadas niveles de areniscas grises fuertemente fracturadas.
- Formación Labra, conformada por lutitas grises y negras con nódulos esferoidales, alternadas con areniscas grises.
- Formación Gramadal, consiste de calizas masivas grises fosilíferas con algunos niveles de dolomita y areniscas pardas
- Formación Hualhuani, consiste de areniscas y cuarcitas blancas con laminación oblicua y paralela, intercaladas ocasionalmente con horizontes de lutitas negras carbonosas, a lo largo del río Tambo.
- Formación Puente, consiste de lutitas rojas, verdes y púrpura, con intercalaciones de areniscas.

Formación Murco, corresponden secuencias de areniscas de color pardo rojizas en la base con estratificación cruzada y paralela, en la parte superior las lutitas pardas, verdes se encuentran laminadas y fracturadas (craqueladas) intercaladas con niveles de areniscas cuarzosas grises.

Gneis, esta unidad se compone por facies de gneis bandeados, anfibolitas, facies de gneis/granulitas, que van desde ortogénesis, paragénesis y migmatitas, caracterizado por el foliado y el bandeo de las rocas. La roca es compacta, con estructuras ondeadas bien definidas al norte de Coalaque (General Sánchez Cerro).

Depósitos recientes: está conformada por depósitos de materiales poco consolidados de edad reciente, de extensión y grosor variables, conformados por materiales de litología heterogénea y heterométrica, constituida por arenas, limos, arcillas, gravas y lodo, depositados desde el Pleistoceno hasta la actualidad y agrupados por su origen. Presentan morfologías que van desde planas y plano-onduladas hasta acumulaciones de piedemonte con cierto declive. De acuerdo a su origen se clasifican en:

Depósito aluvial, constituido por bolones, cantos, gravas, densas a muy densas, con abundantes bloques y matriz de arena gruesa con clastos redondeados a subredondeados. Están ubicados principalmente en las márgenes de ríos y quebradas principales formando terrazas a diferentes niveles ligeramente más elevados, utilizadas como terrenos de cultivo.

Depósito de deslizamiento (o coluvio-deluvial), se agrupa depósitos de piedemonte de diferente origen (gravitacional y fluvio-gravitacional), que se acumulan en vertientes o márgenes de los valles como también en laderas superiores; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos. Como resultado de antiguos movimientos en masa son susceptibles a reactivaciones, al realizar modificaciones en sus taludes naturales. La acumulación más importante de esta clase de depósitos se encuentran principalmente al norte de la región entre los sectores Puquina y La Capilla, provincia General Sánchez C., con bloques de hasta más de 2 m de sección están acumulados en forma muy caótica, originando en conjunto una topografía muy irregular.

Depósito lacustrino/bofedal, constituido por sedimentos muy finos arcillo-limosos a veces con intercalaciones de lentes arena-gravosos en algunos casos con lentes orgánicos. Estratificado en capas muy finas denominadas “varves”. También se consideran los bofedales que se caracterizan por estar conformados de arcillas y turbas, saturadas de agua.

Depósito glaciar/fluvio-glaciar, constituido por bloques, gravas, arena y limo en matriz areno-limosa pobremente clasificado, a veces con leve pseudo estratificación y lentes como testigo de fusiones estacionales durante el período glaciar. Se encuentran retrabajados y expuestos en el fondo de valles amplios y márgenes. Estos depósitos son productos de la última glaciación y se ubican sobre los 4200 m s.n.m., desde la parte central hacia el norte de la región Moquegua.

Depósito de ceniza, acumulación de caída de cenizas asociados a volcanes activos con actividad en el Cuaternario. Se caracterizan por ser depósitos sueltos, de muy fácil remoción. Estos depósitos se encuentran en las inmediaciones de los volcanes Ticsani, Huaynaputina y Ubinas.

Rocas intrusivas

Tienen una notable presencia en la región Moquegua, se ha diferenciado en el área, afloramiento de granodioritas de la Super unidad Yarabamba, pórfidos subvolcánicos de composición riolítica, riodacítica y andesítica.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Morfológicamente, la zona se localiza en la cordillera Occidental del Sur del Perú, con altitudes que varían entre los 1550 a 3650 m s.n.m. Geomorfológicamente, el área se ubica en la zona de relieve montañoso en roca sedimentaria, metamórfica, intrusiva, volcánica y volcánico-sedimentaria, en combinación con diferentes movimientos en masa (deslizamientos, flujos), que actúan en rocas sedimentarias poco competentes, muy fracturadas (figura 4).

Las unidades geomorfológicas diferenciadas en la región se han producido por tres grandes grupos de unidades de relieve:

a) Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional

Se agrupan en montañas, colinas, lomadas y laderas, presentan mayor distribución en la región, su origen está ligado a procesos sismo-tectónicos, volcánicos y erosivos ocurridos a lo largo de su historia geológica.

b) Geoformas de carácter volcánico degradacional y erosional

Las unidades volcánicas están conformadas por caldera volcánica, coladas y campos de lavas basalto-andesíticas, campo de cenizas volcánicas o manto de piroclastos, colinas y lomadas piroclásticas e ignimbríticas, complejo volcánico, domo volcánico, estratovolcán, mesetas (volcánica lávica e ignimbrítica), superficies con flujos piroclásticos y disectados, vertiente volcanoclástica.

c) Geoformas de carácter deposicional y agradacional.

Se dividen en función a su origen en: abanicos, piedemontes, morrenas, valles fluviales y glaciares, altiplanicies, terrazas aluviales, planicie aluvial, llanura o planicie inundable, laguna y cuerpos de agua, bofedales, entre otros; ligados a procesos gravitacionales y deposicionales.

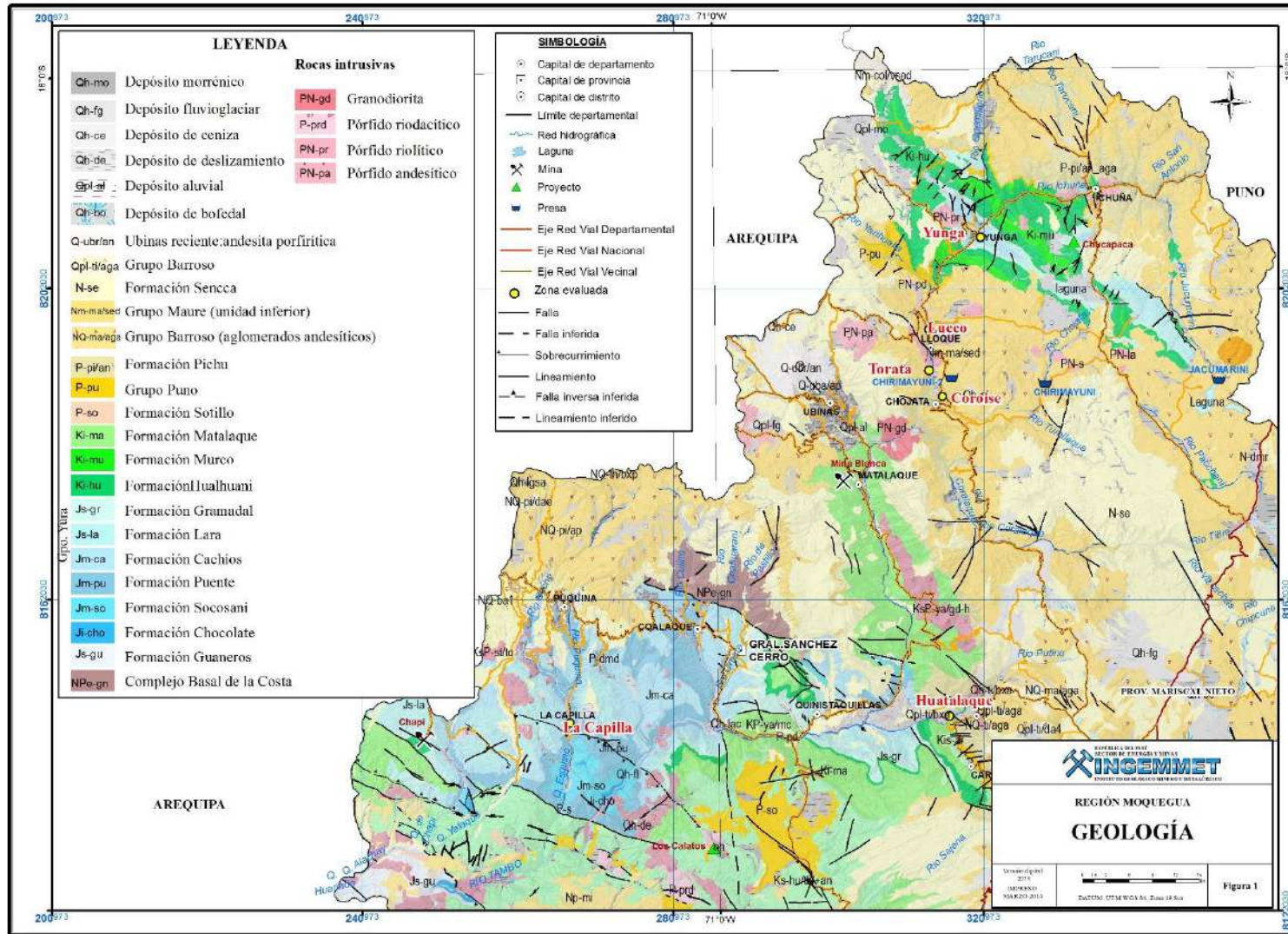


Figura 3: Geología del área de estudio (INGEMMET, 2001).

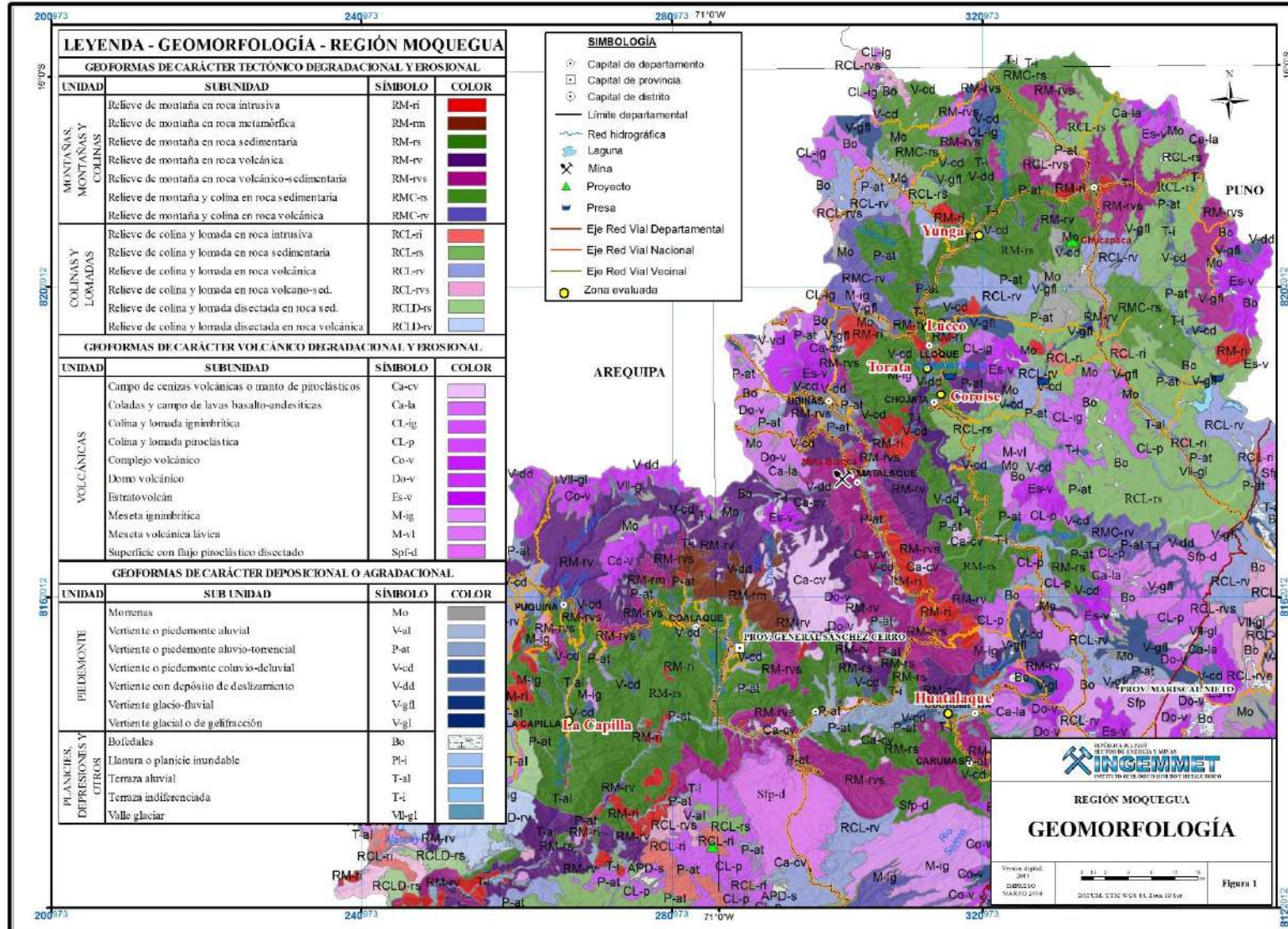


Figura 4. Unidades geomorfológicas del área de estudio (Luque, 2016).

3. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los trabajos de campo realizados en el año 2013 correspondiente al estudio Riesgo Geológico en la región Moquegua (Luque, 2016), permitió identificar la ocurrencia de varios peligros geológicos en los sectores mencionados, estos son: huaicos principalmente, deslizamientos antiguos; también se tiene sectores afectados por procesos de erosión de laderas y erosión fluvial (figura 5). Así como las ocurrencias de peligros geológicos identificados en el estudio Peligros Geológicos en la cuenca del río Tambo (Núñez et al., 2014) y el “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1” (Fidel et al., 2000).

Estos trabajos realizados en las zonas estudiadas también pudieron determinar la susceptibilidad a movimientos en masa y la susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial (figuras 6 y 7)

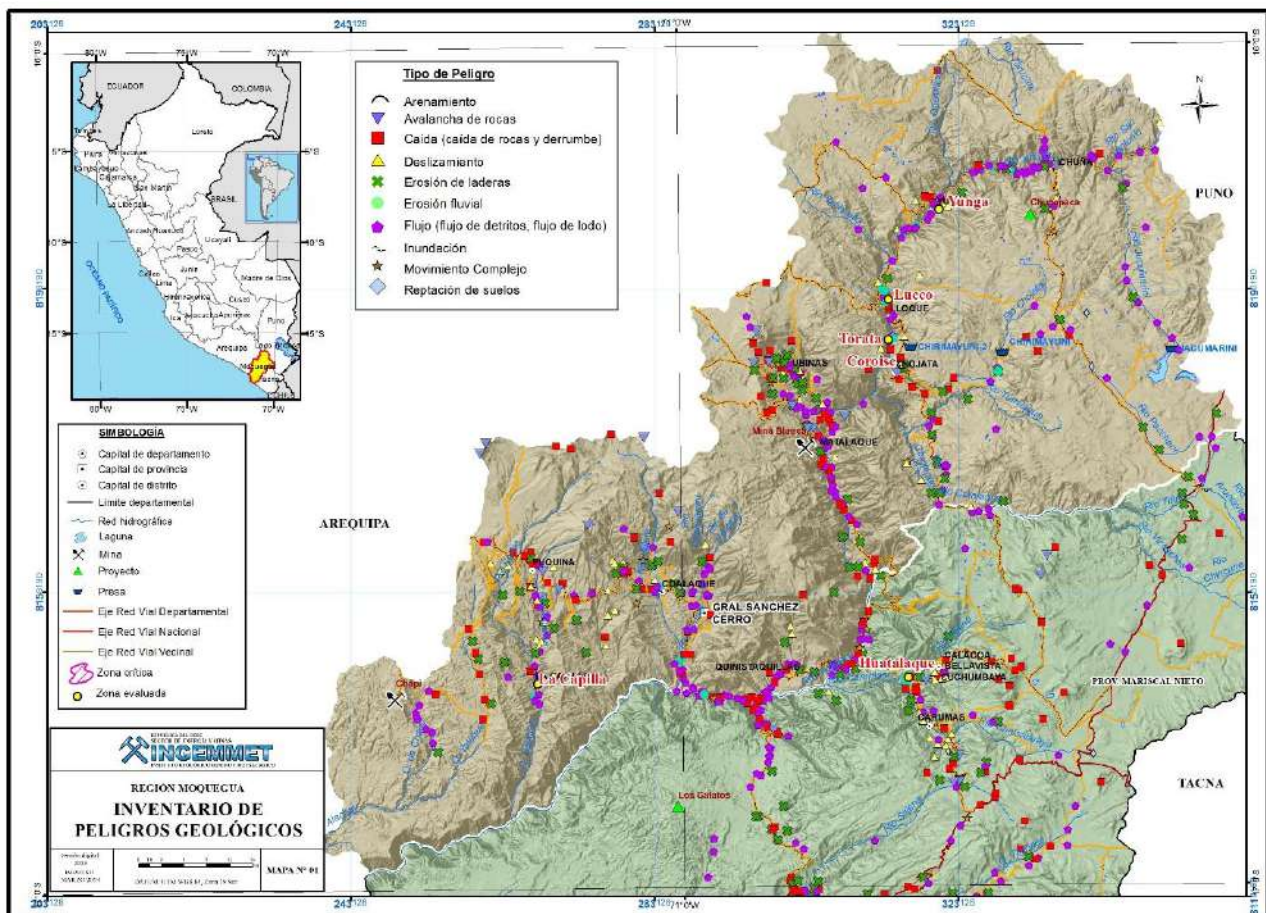


Figura 5. Inventario de peligros geológicos en el área de estudio (Luque, 2016).

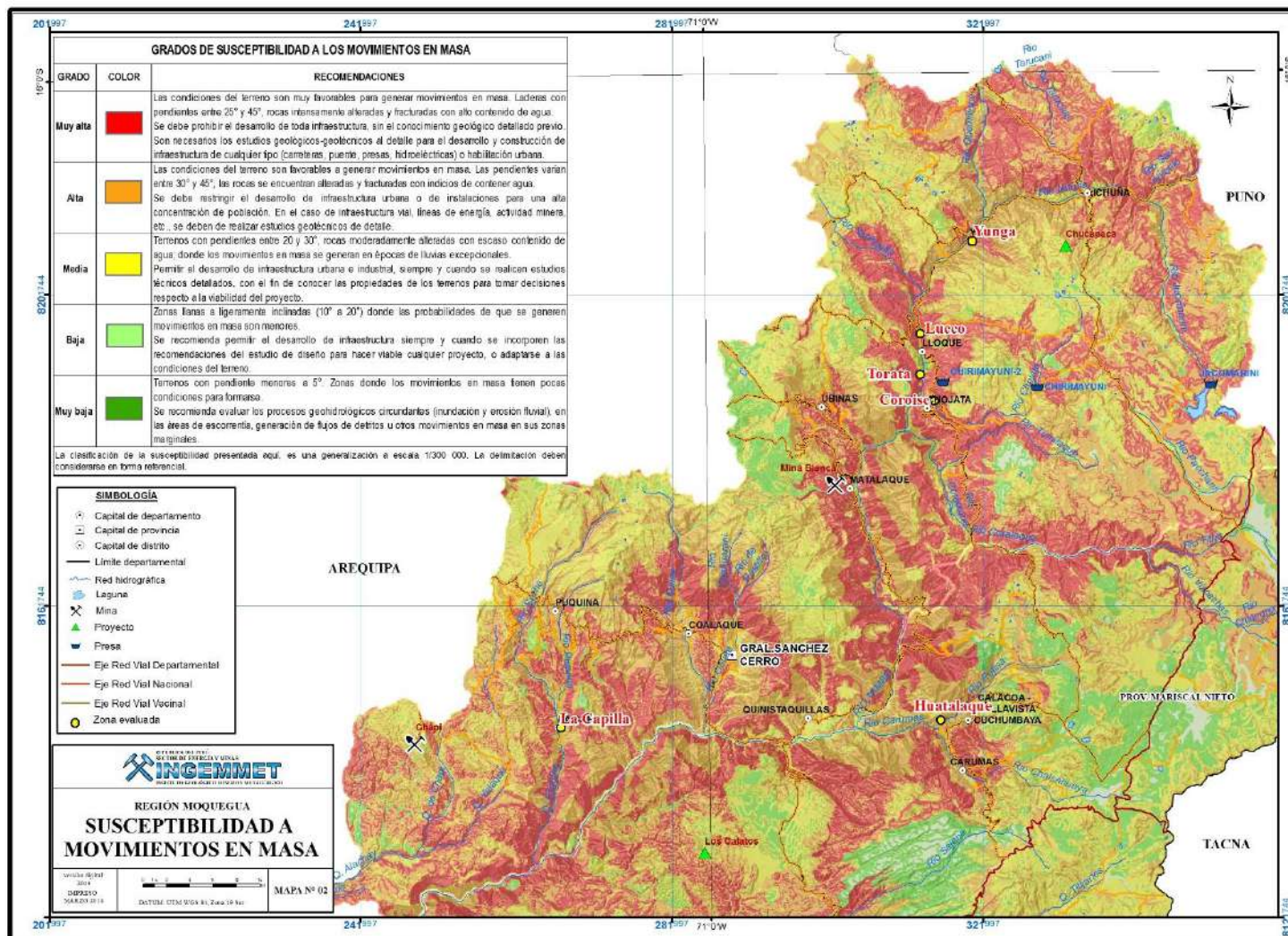


Figura 6. Susceptibilidad a movimientos en masa en el área de estudio (Luque, 2016).

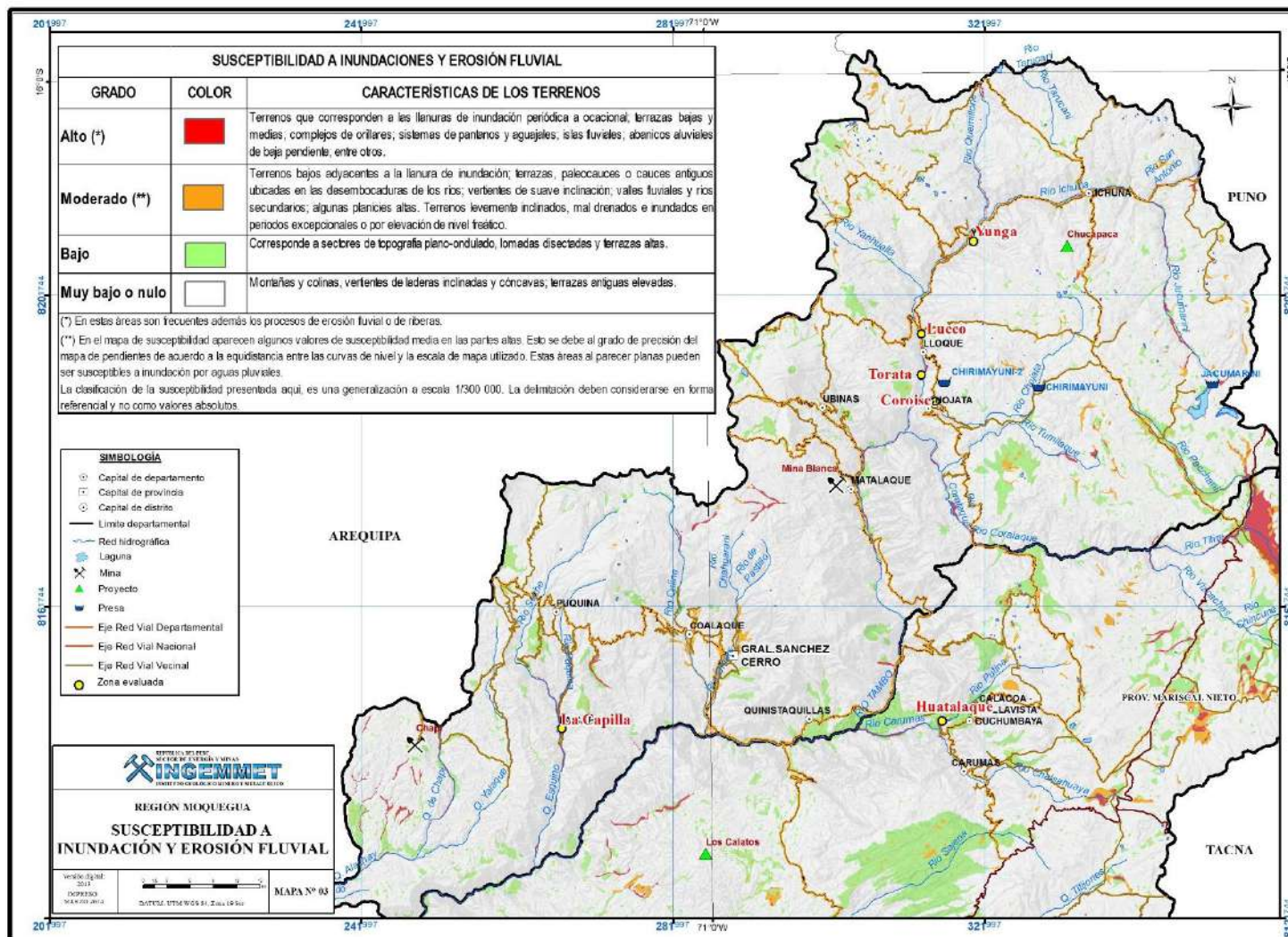


Figura 7. Susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial en el área de estudio (Luque, 2016).

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS

Localidad de Yunga

El poblado se ubica en la margen izquierda de la quebrada Yunga, afluente del río Tambo, en la provincia General Sánchez Cerro. Los días 16 y 18 de diciembre de 2012 se originaron huacos como resultado de las precipitaciones pluviales excepcionales que transportaron grandes cantidades de material suelto provenientes principalmente de la intensa erosión en las laderas (cárcavas) del cerro Machapata. Este material acarreado por las quebradas y torrentes menores afluentes que se encuentran encima del poblado de Yunga; así como la falta de encauzamiento de la quebrada originó el desborde, afectando viviendas en todo su recorrido, un tramo de la carretera Yunga-Arequipa, un centro educativo inicial y locales públicos.

La ocurrencia de derrumbes en el sector está ligada principalmente a procesos de erosión fluvial en ambas márgenes de la quebrada Yunga que por socavamiento de la base de riveras fluviales presenta zonas inestables para lo cual se ha colocado un muro de enrocado de 6 m de alto x 230 m de longitud aprox. en la margen izquierda de la quebrada Yunga. La zona también es afectada por erosión de laderas (surcos y cárcavas) debido a la presencia de escorrentía superficial ya sea por lluvias, mal sistema de riego, filtraciones de canal de riego, puquiales), la remoción de cobertura vegetal para ganar terrenos de cultivo y el depósito de remoción en masa antiguo donde se asienta el poblado (foto 1 y figura 6).



Foto 1. Vista del poblado de Yunga. Encima del poblado se observa erosión en cárcavas que época de lluvias intensas o excepcionales acarrear huacos debido al material acumulado en las laderas, al pie del poblado es afectado por erosión fluvial (foto tomada el 6 de setiembre del 2013 por G. Luque).



Figura 6. Peligros geológicos en la localidad de Yunga.

Localidad de Lucco

Poblado localizado en la margen izquierda de la quebrada Lucco y del río Tambo, en laderas del cerro Rumicruz al pie del poblado presenta deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas en ambas márgenes de la quebrada Lucco y en la margen izquierda del río Tambo. Los deslizamientos antiguos se han reactivado como derrumbes y pequeños deslizamientos en el talud inferior de la carretera Chojata-Lucco. La zona también es afectada por erosión de laderas, que en época de lluvias puede generar huaicos. Todos estos eventos aportan material a la quebrada Lucco y río Tambo, aún se observa un depósito en forma de abanico en la desembocadura de la quebrada Lucco, el cual es aprovechado por terrenos de cultivo (figura 7).



Figura 7. Peligros geológicos en la localidad de Lucco.

Localidad Torata

Poblado ubicado sobre un abanico antiguo de la quebrada Torata, en la margen derecha del río Tambo. El área está sujeta a inundación y erosión fluvial. Se observan eventos antiguos de grandes dimensiones al frente en la margen izquierda del río Tambo como movimientos complejos (derrumbe-flujo) y un gran deslizamiento en las laderas del cerro Pucará, el cual represó el río Tambo, aún se puede observar el material al otro lado del río, que es reactivado a manera de derrumbes por socavación. De generarse otro huaico por la quebrada Talige de grandes dimensiones similar al depósito que se observa, podría represar el río Tambo afectando a la población Torata; en la margen derecha de la quebrada además presenta derrumbes. .

El área también se encuentra afectada por intensa erosión de laderas (cárcavas) en las laderas de los cerros Pucará, Queñaccasa y Caballoni, que en época de lluvias pueden generar huaicos (figura 8).



Figura 8. Peligros geológicos en la localidad de Torata.

Localidad de Coroise

El poblado San Miguel de Coroise se encuentra ubicado en la margen derecha de la quebrada Cancolaque, en laderas del cerro Pucará frente al poblado Chojata. Con presencia de caída de rocas provenientes de antiguos canchales de detritos suspendidos en la ladera, encima del poblado Coroise.

El poblado también es afectado por intensa erosión de laderas que en época de lluvias puede generar huacos. En ambas márgenes de la quebrada Cancolaque se generan derrumbes de 200 m de altura aproximadamente (figura 9).

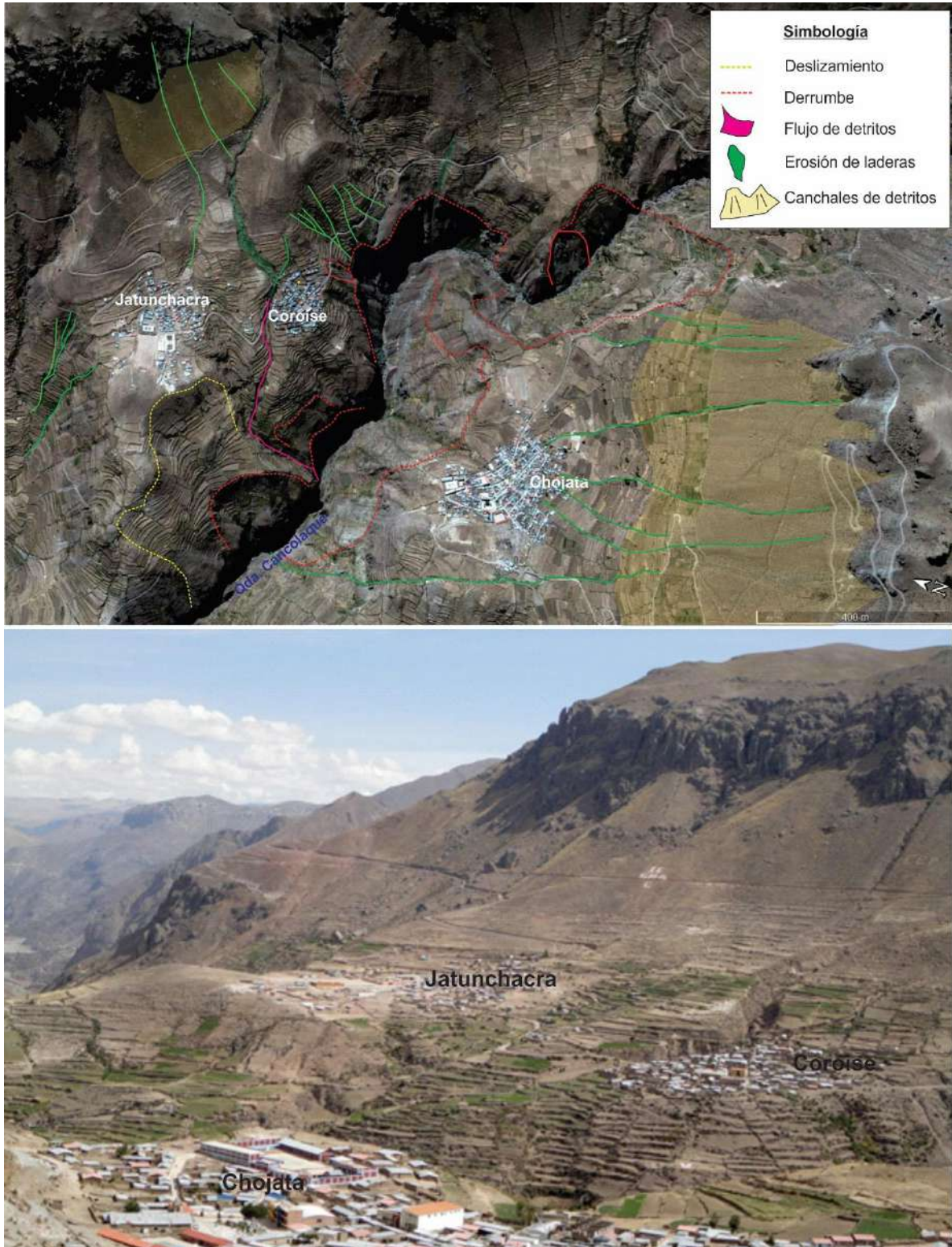


Figura 9. Peligros geológicos en la localidad de Coroise (foto tomada en el 2010 por S. Núñez).

Localidad de Huatalaque

El poblado se encuentra ubicado sobre el depósito de un antiguo movimiento complejo en la margen derecha del río Putina. El 26 de febrero de 2016, tras la crecida de los ríos Putina y Cuchumbaya, destruyó 200 m de defensa ribereña, un muro de contención de 10 m y terrenos de cultivo de la localidad Huatalaque en la provincia Mariscal Nieto (figura 10).

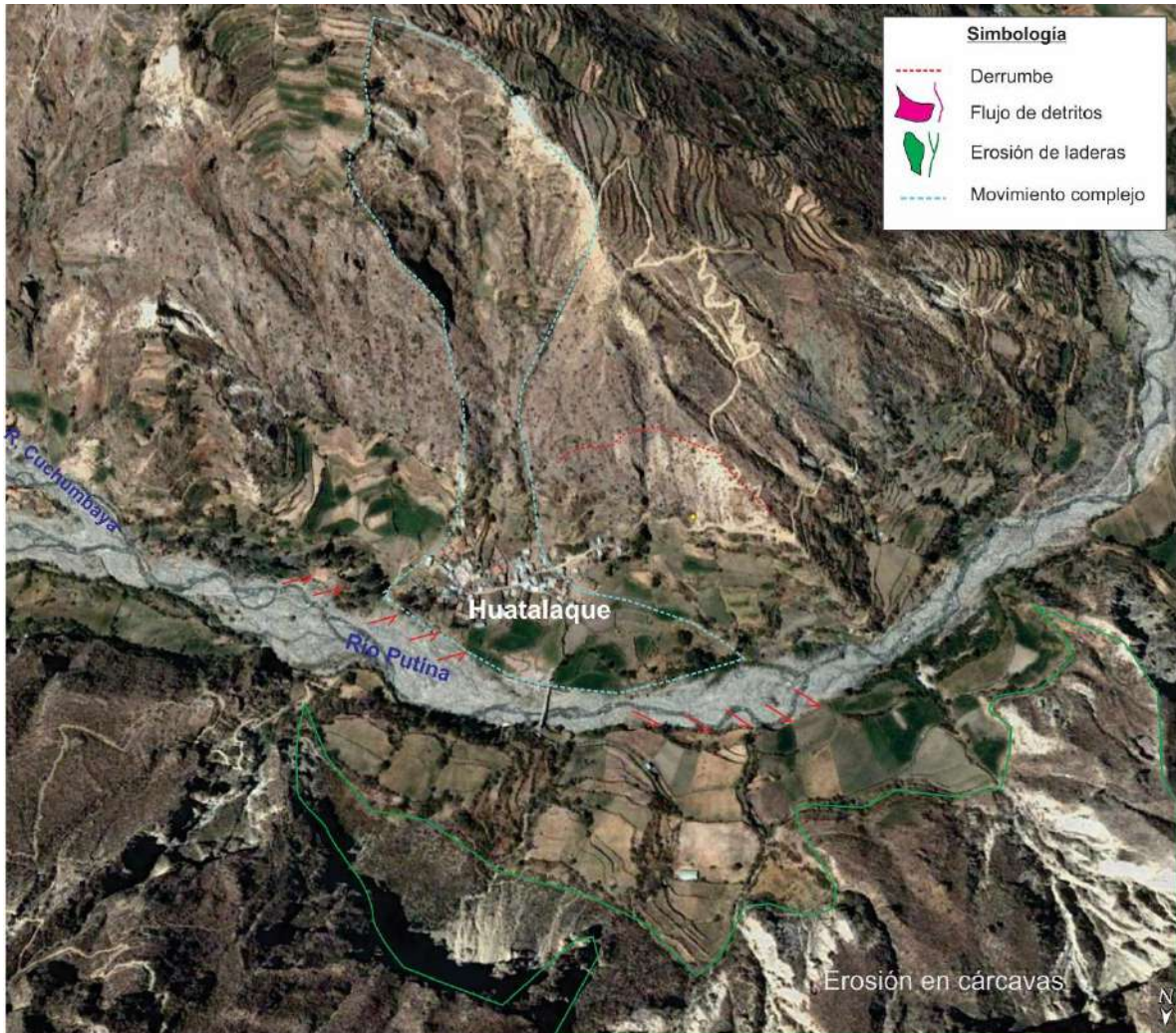


Figura 10. Peligros geológicos en la localidad de Huatalaque.

Localidad de La Capilla

Poblado ubicado sobre un abanico antiguo en la margen izquierda del río La Capilla, con presencia de canchales de detritos y erosión en cárcavas en la ladera del cerro del Ayanque. La zona también es afectada por inundación y erosión fluvial que afecta terrenos de cultivo de la zona (figura 11).

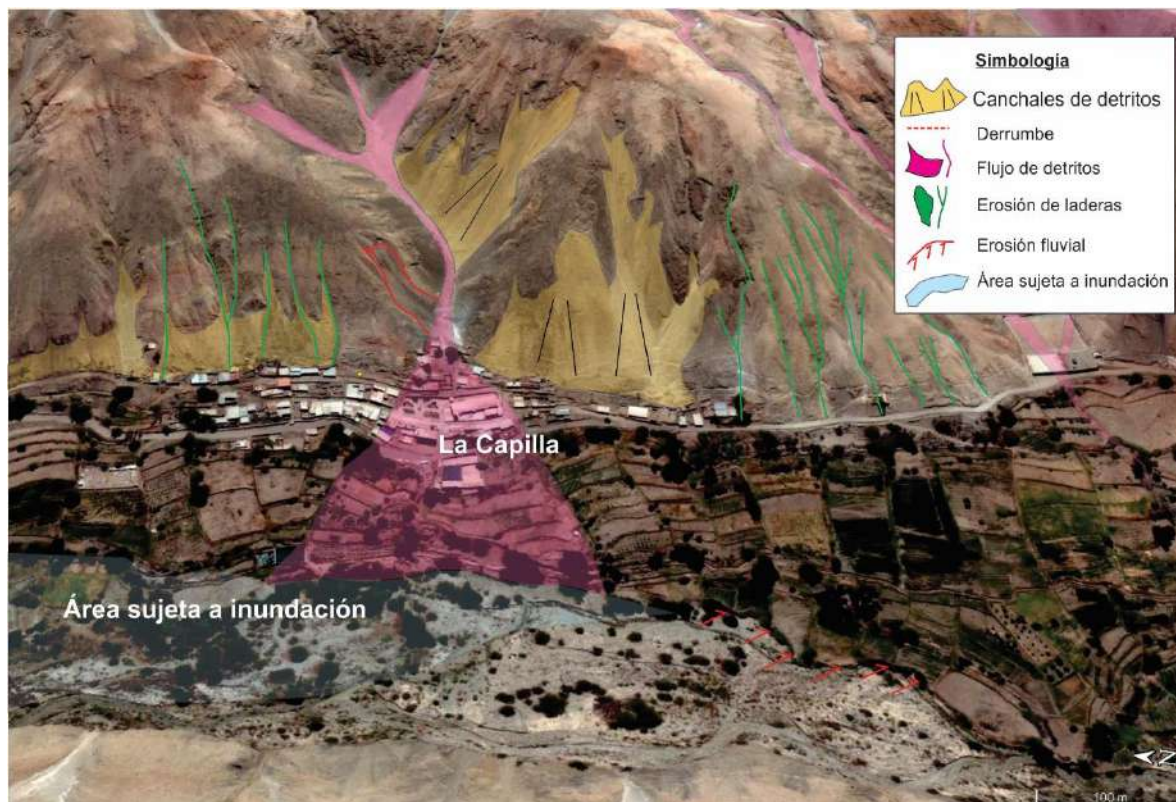


Figura 11. Peligros geológicos en la localidad de La Capilla.

4. ZONAS CRÍTICAS POR PELIGOS 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 Moquegua, 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. De acuerdo al informe técnico “Primer reporte de zonas críticas por peligros geológicos en la región Moquegua” (Luque, 2016) y el informe técnico “Reporte preliminar de zonas críticas por peligro geológico en la cuenca del río Tambo” (Núñez & Gómez, 2012), se han identificado 40 zonas críticas como se muestran en la figura 1. En el cuadro 1 se describen las características de cada una de estas zonas solicitadas, a continuación se presentan los cuadros siguientes:

Cuadro 1. Zonas críticas identificadas en las provincias General Sánchez Cerro y Mariscal Nieto

PARAJE (DISTRITO/PROVINCIA)	SUSCEPTIBILIDAD / COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCACIONADOS	RECOMENDACIONES
<p>5. Yunga-Tassa (Yunga,Ubinas/General Sánchez Cerro)</p>	<p>Área sujeta a flujos de detritos, deslizamientos, movimientos complejos y erosión de laderas. El deslizamiento-flujo de Tassa, se produjo principalmente por la infiltración de agua proveniente de los terrenos de cultivo, substrato permeable conformado por depósitos volcánicos. Este deslizamiento antiguo empezó a reactivarse en el año 1985, siendo reubicado el centro poblado hacia la parte alta. En el año 2011 se produjeron nuevos agrietamientos a raíz del sismo de Arequipa. En la actualidad nuevamente se ha reactivado por las intensas precipitaciones, puede represar al río Tassa, y el desembalse aumentaría el caudal del río Tambo, afectando a los poblados que se encuentran aguas abajo. Los huaicos en la quebrada Yunga y el río Tassa en la margen izquierda y derecha del río Ichuña respectivamente, en un tiempo llegaron represar al río Ichuña (fotos 2 y 3). Estos flujos se presentan en forma ocasional, el último evento que causó severos daños fue el 16/12/ 2012 a consecuencia de intensas lluvias, se produjo la activación de cinco quebradas y cárcavas que ocasionaron daños en viviendas, locales públicos y carretera de la localidad de Yunga. Actualmente el cauce de la quebrada se encuentra colmatado y presenta erosión fluvial en ambas márgenes.</p>	<p>Puede afectar carretera Yunga-Ichuña en un tramo de 0,5 km aproximadamente por sectores. De generarse un flujo de grande dimensiones podría represar al río Ichuña y afectar a la zona urbana hasta el estadio. El deslizamiento de Tassa afecta viviendas, centro educativo, terrenos de cultivo y carretera de acceso.</p>	<p>Para el flujo: forestar, hacer limpieza permanente del cauce de la quebrada. No permitir el crecimiento urbano hacia el cauce de la quebrada. En el cauce de la quebrada construir muros de atenuación de flujos y badén. Para el deslizamiento: reubicar viviendas a zona segura. Mejorar el sistema de riego. Implementar sistema de drenaje. Monitorear al deslizamiento activo. Reubicar la zona urbana de Tassa. Reforestar.</p>



Foto 2. Quebrada Yunga, cauce colmatado debido a los derrumbes y erosión de laderas en ambas márgenes en el cruce de la carretera Yunga-Ichuña.



Foto 3. El poblado de Yunga asentado sobre depósitos antiguos de remoción en masa, algunos se reactivaron en forma de cárcavas por donde discurren huaicos como se puede apreciar en la ampliación (A) debido al abundante material suelto en las laderas del cerro Machapata. En líneas de color azul se observa la trayectoria del huaico del 16 de diciembre del 2012 que afectó al poblado de Yunga. También presenta erosión fluvial en la margen izquierda de la quebrada Yunga, con presencia de derrumbes reactivados por socavamiento del pie del talud de la ladera o terraza, infiltraciones naturales y de riego.

PARAJE (DISTRITO/PROVINCIA)	SUSCEPTIBILIDAD / COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
7. Lloque-Lucco (Lloque/General Sánchez Cerro)	<p>Área sujeta a deslizamientos, flujos de detritos y erosión fluvial. Se han identificado dos deslizamientos, un antiguo y otro reciente. El primero es donde se ubica el poblado de Lloque (foto 4). Cuando se produjo el deslizamiento llegó a represar al río Tambo en un tramo de 670 m, haciendo migrar hacia la margen derecha. El deslizamiento reciente se ubica aguas arriba del poblado de Lloque. Por la quebrada Torine y Lucco, se generan flujos de tipo ocasional. Se han identificado deslizamientos que alimentan con material suelto a la quebrada. De continuar las irrigaciones de los terrenos de cultivo por inundación, es muy probable que se generen reactivaciones.</p>	<p>Los flujos de detritos afectan la carretera Lloque-Luco. Sobre el cuerpo del deslizamiento se ubica la localidad de Lloque. De reactivarse el deslizamiento antiguo afectaría al poblado, terrenos de cultivo y carretera Lloque-Luco.</p>	<p>No irrigar los terrenos de cultivo mediante el sistema de inundación, cambiarlos por aspersión o goteo. No permitir el crecimiento urbano hacia el cauce de las quebradas. En los cauces de las quebradas construir muros disipadores de energía, para atenuar los flujos.</p>
8. Chojata (Chojata/General Sánchez Cerro)	<p>Área sujeta a caída de rocas, derrumbes, huaicos y erosión de laderas. Antiguos derrumbes y caída de rocas encima del poblado Chojata, reactivándose por el corte de talud para la carretera a manera de caídas de rocas, las cuales son de tipo andesítico, poco a medianamente fracturada, cuyos fragmentos tienen diámetros comprendidos entre 2 a 0,20 m. En caso de sismo o lluvias intensas puede afectar carretera Coralaque-Chojata.</p>	<p>Puede afectar a la carretera Coralaque-Chojata, en un tramo de 800 m. Por sectores de 100 m. También puede afectar al poblado de Chojata.</p>	<p>Desatar bloque sueltos ubicados en el talud. En la carretera colocar avisos advirtiendo sobre la caída de rocas que sufre este tramo.</p>
9. Torata (Ubinas/ General Sánchez Cerro)	<p>Área sujeta a flujos de detritos y erosión de laderas. El río Torata y la quebrada Talige, han generado flujos de detritos que han llegado a represar al río Tambo, haciendo migrar el cauce del río Tambo (figura 12). También se generan erosiones de ladera, que también pueden generar flujos de detritos con lluvias intensas.</p>	<p>El poblado de Torata se ubica en parte del cauce del río del mismo nombre. En las laderas que rodean al poblado se generan erosiones de ladera que pueden generar flujos de detritos.</p>	<p>La población no debe establecerse cerca del cauce del río. En los surcos generados por las erosiones de ladera, se deben colocar muros transversales de atenuación de flujos.</p>

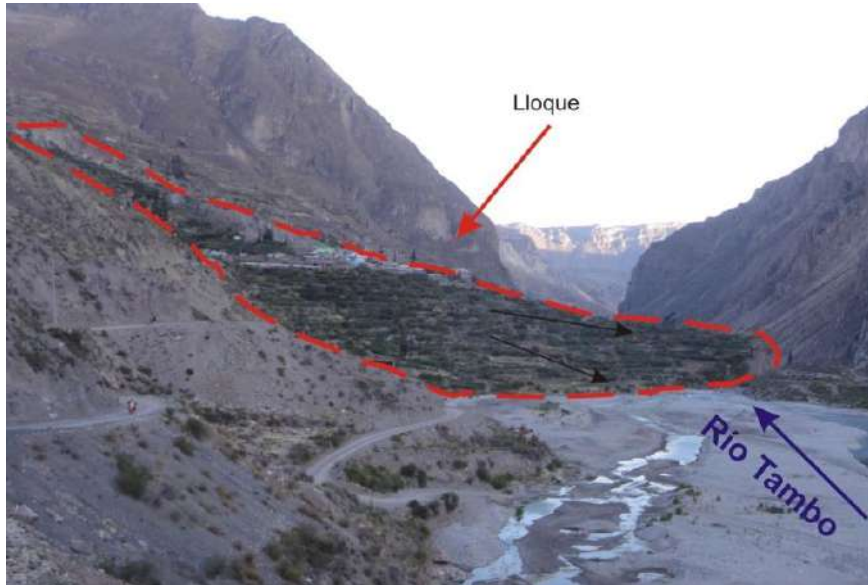


Foto 4. Localidad de Lloque asentado sobre depósito generado por un deslizamiento antiguo, en la margen izquierda del río Tambo (Tomado por S. Nuñez, 2012).



Figura 12. Poblado Torata asentado en la margen izquierda del río Torata, se encuentra sobre una terraza proluvial (generados por flujos). En color verde, se muestran las erosiones de ladera. También se muestra el depósito en abanico dejado por la quebrada Talige.

PARAJE/ SECTOR (DISTRITO)	SUSCEPTIBILIDAD / COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
<p>22. Sahuanay-La Capilla</p> <p>(La Capilla/ General Sánchez Cerro)</p>	<p>Área sujeta a derrumbes, erosión en cárcavas y flujo de lodo.</p> <p>Las causas para la generación de estos fenómenos se debe a las precipitaciones pluviales de tipo ocasional o excepcional en zonas con material susceptibles a ser removidos (cenizas volcánicas), pendiente de las quebradas y laderas desprovistas de vegetación. Se observó también erosiones de laderas.</p> <p>En un tiempo la quebrada Vino More represó el río De Capilla, muestra de ello es el desvío del cauce del río hacia la margen derecha (foto 5). Estos flujos han tenido recorridos hasta de 2 km. El poblado Sahuanay se encuentra asentado sobre un depósito antiguo, el cual represó el río (foto 6).</p>	<p>Afectaría trocha carrozable de acceso a las localidades La Capilla, Sahuanay y viviendas ubicadas cerca de los cauces de la quebrada.</p> <p>También puede afectar terrenos de cultivo y reservorio de agua.</p>	<p>Forestar.</p> <p>Construir badén en los tramos que cruza la vía de acceso a la quebrada. Limpieza de cauce.</p> <p>No permitir la construcción de viviendas dentro del cauce de las quebradas.</p> <p>Construir en las quebradas muros disipadores de flujos.</p>



Foto 5. Quebrada Vino More en la margen izquierda del río De Capilla, corta carretera Puquina-Sahuanay (izquierda). Imagen del Google Earth, sectores La Capilla y Sahuanay, se muestran las laderas y cauces de quebradas cubiertos por cenizas volcánicas (derecha).



Foto 6. Sector Sahuanay en la margen derecha del río De Capilla, en el km 13+400 de la carretera Puquina-La Capilla. Poblado se encuentra sobre depósito antiguo en forma de abanico. La cobertura en las laderas de material blanco, corresponden a las cenizas de la erupción del volcán Huaynaputina del año 1600.

PARAJE/ SECTOR (DISTRITO/PROVINCIA)	SUSCEPTIBILIDAD / COMENTARIO GEODINÁMICO	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
<p>25. Carretera Carumas-Cuchumbaya (Carumas/Mariscal Nieto)</p>	<p>Área sujeta a deslizamientos, huaicos, derrumbes y caídas de rocas.</p> <p>Los antiguos deslizamientos han generado material altamente susceptible a ser removidos. El corte de talud para carretera ha desestabilizado parte de la ladera en tramos no mayores de 30 m. En época de lluvias se generan huaicos en el sector Sotolojo.</p> <p>En sectores se observó afloramiento de rocas poco fracturadas, y con diaclasas a favor a la pendiente que permite la generación de caídas de rocas.</p> <p>La zona también es afectada por erosión fluvial, en la margen derecha del río Carumas, desestabilizando la ladera, en las áreas donde se encuentran cuerpos de deslizamientos antiguos.</p>	<p>Afecta tramo de 3 km de la carretera Carumas-Cuchumbaya, por sectores entre 30 a 50 m.</p>	<p>Desatar bloques sueltos que se encuentran en el talud de corte.</p> <p>No permitir el riego de los terrenos de cultivo por gravedad en la zona de cuerpos de deslizamientos antiguos.</p>

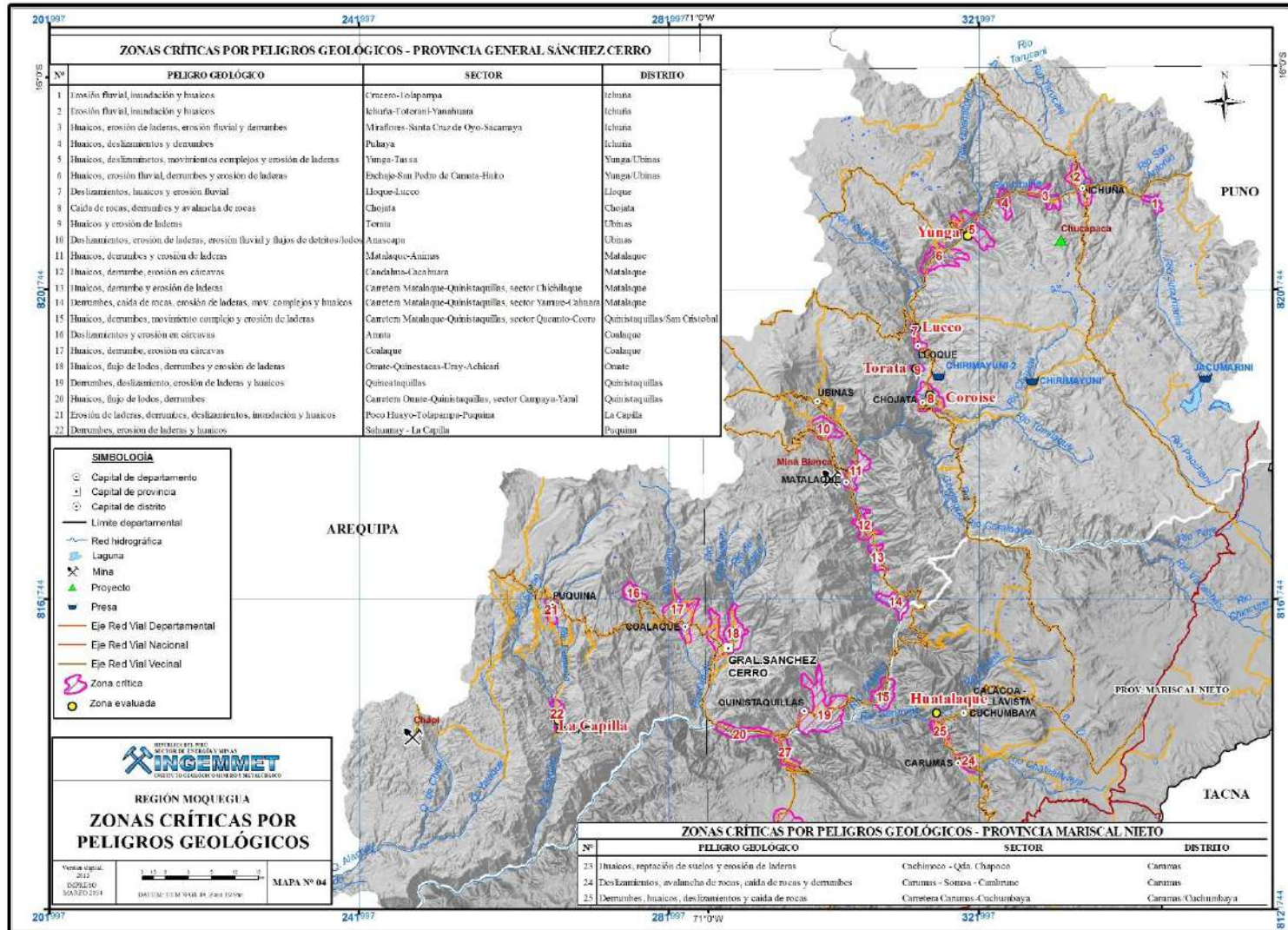


Figura 9. Zonas críticas en las áreas de interés (Luque, 2016).

5. CONCLUSIONES

A partir de la información obtenida en estudios anteriores y de la interpretación en campo y gabinete se puede concluir lo siguiente:

1. Los sectores Yunga, Torata, La Capilla y Huatalaque son áreas frecuentemente afectadas por peligros geológicos como erosión en cárcavas, erosión fluvial, derrumbes, deslizamientos, huaicos y flujos de lodo. De acuerdo a los mapas de susceptibilidad elaborados para la región Moquegua, estas localidades se encuentran en zonas de alta a muy alta susceptibilidad a movimientos en masa y en zonas de alta susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial, además se consideran zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos.
2. Los sectores Lucco, Coroise son afectados por huaicos que discurren por las cárcavas en época de lluvias, derrumbes y deslizamientos al pie del poblado; de acuerdo al mapa de susceptibilidad se encuentran en zonas de alta y muy alta susceptibilidad a movimientos en masa y en zonas de casi nula susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial, ambas se encuentran dentro de las zonas consideradas como críticas.
3. Los procesos como deslizamientos, derrumbes y cárcavas ocurren esencialmente de forma natural, pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo, por el socavamiento del río al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc.
4. Dado que ya en el año 2013 las zonas evaluadas fueron consideradas en los estudios “Riesgo Geológico en la región Moquegua” y con peligro Muy Alto y aun así las condiciones de inestabilidad continúan en las localidades de Yunga, Lucco, Torata, Coroise, La Capilla y Huatalaque así como la presencia insuficiente de obras que reduzcan o mitiguen los efectos de los peligros geológicos evaluados, estas zonas se consideran con un **“PELIGRO ALTO”**, y ante la ocurrencia de nuevas precipitaciones pluviales intensas (como factor detonante) pueden considerarse en **“PELIGRO INMINENTE”**.
5. De ser necesario las viviendas que se encuentran en alto riesgo deben ser reubicadas paulatinamente.

6. RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que deben de tomarse en cuenta a corto y mediano plazo se tienen:

1. Tener presente la alternativa de reubicar en un corto plazo hacia zonas más seguras, las viviendas que se encuentran asentadas cerca a la quebrada o en zonas de erosión, donde ya se manifiestan daños en las edificaciones.
2. Realizar trabajos de descolmatación en el cauce de las quebradas y río Tambo, los cuales permitirán que este retorne a su curso original, evitando los procesos de erosión fluvial; esto se debe complementar con la construcción de defensas ribereñas con muros de gaviones o concreto y diques disipadores de energía.
3. La construcción de obras e infraestructuras de subdrenaje que crucen los cauces de quebradas, deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máximas crecidas registradas, que permitan el libre paso de huaicos, evitándose obstrucciones y represamientos, con posteriores desembalses más violentos.

4. Fomentar la reforestación nativa a lo largo de las cárcavas y en las zonas circundantes a ella, y de esta manera asegurar su estabilidad y la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas. Así como en las márgenes fluviales.
5. Los canales de riego y reservorios de agua deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
6. Evitar o prohibir la construcción de nuevas viviendas en las zonas susceptibles a erosión e inundación fluvial.
7. En zonas afectadas por deslizamientos o movimientos complejos, donde se realizan labores agrícolas, se debe reducir al mínimo el riego, o implementar sistemas de riego tecnificado, como puede ser el riego por aspersión o goteo. En el caso de presentar asentamientos, agrietamientos se debe implementar sistemas de monitoreo en las zonas afectadas por asentamientos y grietas con el fin de determinar la existencia y velocidad de los movimientos en la masa deslizante; estos pueden estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas dentro del cuerpo deslizante, así como en una zona estable, realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentando la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos y grandes desplazamientos, se informará a la población que realiza sus actividades económicas o que vive inmediatamente debajo de los deslizamientos, para que puedan efectuar la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
8. Implementar y promover una cultura de prevención de desastres, mediante charlas y talleres de sensibilización ante peligros geológicos, en los diferentes niveles de la población afectada y alrededores.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Atencio, E. & Romero, D. (2000) – Memoria Descriptiva de la Geología del cuadrángulo de Puquina 34-t. INGEMMET. Escala 1:100 000. 15 p.
- García, W. (1978) – Geología de los cuadrángulos de Puquina, Omate, Huaitire, Mazo Cruz y Pizacoma. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica, 29, 63 p.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (1996). Guía explicativa del mapa forestal de 1995. Lima: INRENA. 225 p.
- Instituto Nacional de Vías (1998). Manual de Estabilidad de Taludes. Geotecnia Vial. Colombia, 333 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000). Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 1. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 23, 290 p.
- Jaroslav Hylsky (1970). Erosión en cárcavas. Instituto de Geología-Academia de Ciencias de Cuba.
- Serie Oriente Nro. 07-11. Primera-Quinta Parte

- Lipa, V., Valdivia, W., Carrasco, S. (2001). Memoria Explicativa de la Revisión Geológica del cuadrángulo de Ichuña (33-u). Escala 1:50 000. INGEMMET, 12 p.
- Luque, G. (2016). Reporte preliminar de zonas críticas por peligros geológicos en la región Moquegua, 49 p.
- Luque, G. (2016). Riesgo Geológico en la región Moquegua. Informe Inédito. INGEMMET.
- Luque, G. (2013). Peligros geológicos en la localidad de Yunga
- Núñez, S.; Gómez, D. (2012). Reporte preliminar de zonas críticas por peligros geológicos en la cuenca del río Tambo, 53 p.
- Marocco, R. & Del Pino, M. (1966) – Geología del cuadrángulo de Ichuña (hoja 33-u). INGEMMET. Boletín. Serie A, vol. 14, 57 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (1988). Mapa de clasificación climática del Perú, escala: 1:1'000.000. Lima: SENAMHI.

ANEXO

Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE YUNGA

**Distrito Yunga
Provincia General Sánchez Cerro
Departamento Moquegua**



Por:

Ing. Griselda Luque Poma

2013

CONTENIDO

	pág.
8. INTRODUCCIÓN	1
9. ASPECTOS GENERALES	1
2.1 Ubicación	1
2.2 Descripción física de la zona	3
2.3 Aspectos geológicos y geomorfológicos	3
10. PELIGROS GEOLÓGICOS	10
3.1 Movimientos en masa	13
3.2 Peligros geohidrológicos y otros peligros geológicos	24
11. MEDIDAS CORRECTIVAS	30
4.1 Medidas de control para erosión fluvial e inundaciones	30
4.2 Medidas de control para zonas de flujos y cárcavas	31
12. CONCLUSIONES	34
13. RECOMENDACIONES	36
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE YUNGA (Distrito Yunga – Provincia General Sánchez Cerro – Región Moquegua)

1. INTRODUCCIÓN

La Presidente del Gobierno Regional de Moquegua, por encargo del Alcalde de la Municipalidad Distrital de Yunga, solicitó mediante Oficio N° 1663-2012-P/GR-MOQUEGUA, de fecha 31 de diciembre de 2012 al Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) disponer la realización de una evaluación de peligro geológico en la localidad conocida como Yunga, en la provincia de General Sánchez Cerro, Moquegua.

Previas coordinaciones logísticas, el Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET dispuso que las ingenieras Griselda Luque y Malena Rosado, realicen el mencionado trabajo, el cual se realizó los días 05 y 06 de setiembre del presente.

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Moquegua y la Municipalidad distrital de Yunga, se basa en las observaciones de campo realizadas durante los trabajos de campo del proyecto GA45 realizado el año 2013, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales, así como de la información disponible en el “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1” del año 2000 y de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio como el Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo (2010-2011). Se emite el presente informe con el propósito de dar una opinión sobre la seguridad física del poblado de Yunga, así como brindar las recomendaciones del caso a fin de reducir la vulnerabilidad en la zona y la población expuesta.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación

El área de estudio se ubica en la provincia General Sánchez Cerro, al norte del departamento de Moquegua, en el flanco izquierdo de la quebrada Yunga, tributario izquierdo del río Tambo, limita al norte con los distritos de Ubinas e Ichuña, al sur con el distrito de Lloque, al este Ichuña y Lloque y al oeste el distrito de Ubinas, con coordenadas UTM WGS84. (Ver foto y figura 01)

Norte: 8 208 751
Este: 320 624
Cota: 3 614 m.s.n.m.

El acceso hacia la zona del problema se realiza vía terrestre, desde Lima, utilizando la carretera Panamericana Sur, y se puede acceder utilizando los dos tramos:

- Carretera Moquegua-Ichuña-Yunga, desde Moquegua a Titire la vía se encuentra asfaltada, luego se sigue a Ichuña en carretera afirmada, a partir de ahí se siguen trochas carrozables hasta llegar a Ichuña. Esta vía facilita el acceso entre los distritos Chojata, Lloje, Yunga e Ichuña,
- Carretera Arequipa-Chiguata-Yunga, carretera asfaltada hasta llegar a Chiguata, luego se sigue una carretera sin afirmar hasta el desvío a Ubinas, bordeando la laguna Salinas a partir de ahí se sigue trochas carrozables hasta llegar a Yunga.



Figura 01: Mapa de ubicación del área de estudio

2.2 Descripción física de la zona

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2003), en la zona estudiada la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre – mayo) alcanzan entre 1200 a 1400 mm por año y para el periodo de precipitación acumulado en el evento del fenómeno “El Niño” 1997/1998, fue de 200 a 400 mm. Figura 02.

Es un área de difícil acceso y duras condiciones climáticas, según el mapa de clasificación climática del Perú (SENAMHI, 1988), entre los 3000 y 4000 msnm (altitudes entre las que se encuentra la zona de estudio), posee clima tipo $C_{(o,i,p)}C'H_2$: Zona de clima frío, semiseco, con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como seca, comprende el valle del río Ichuña, Yunga; por encima de los 4000 msnm posee un clima tipo $B_{(o,i)}D'H_3$: Zona de clima semifrío lluvioso, con deficiencia de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda; comprende el valle del río Mantaro y río Palca entre los 3000 y 4000 msnm.

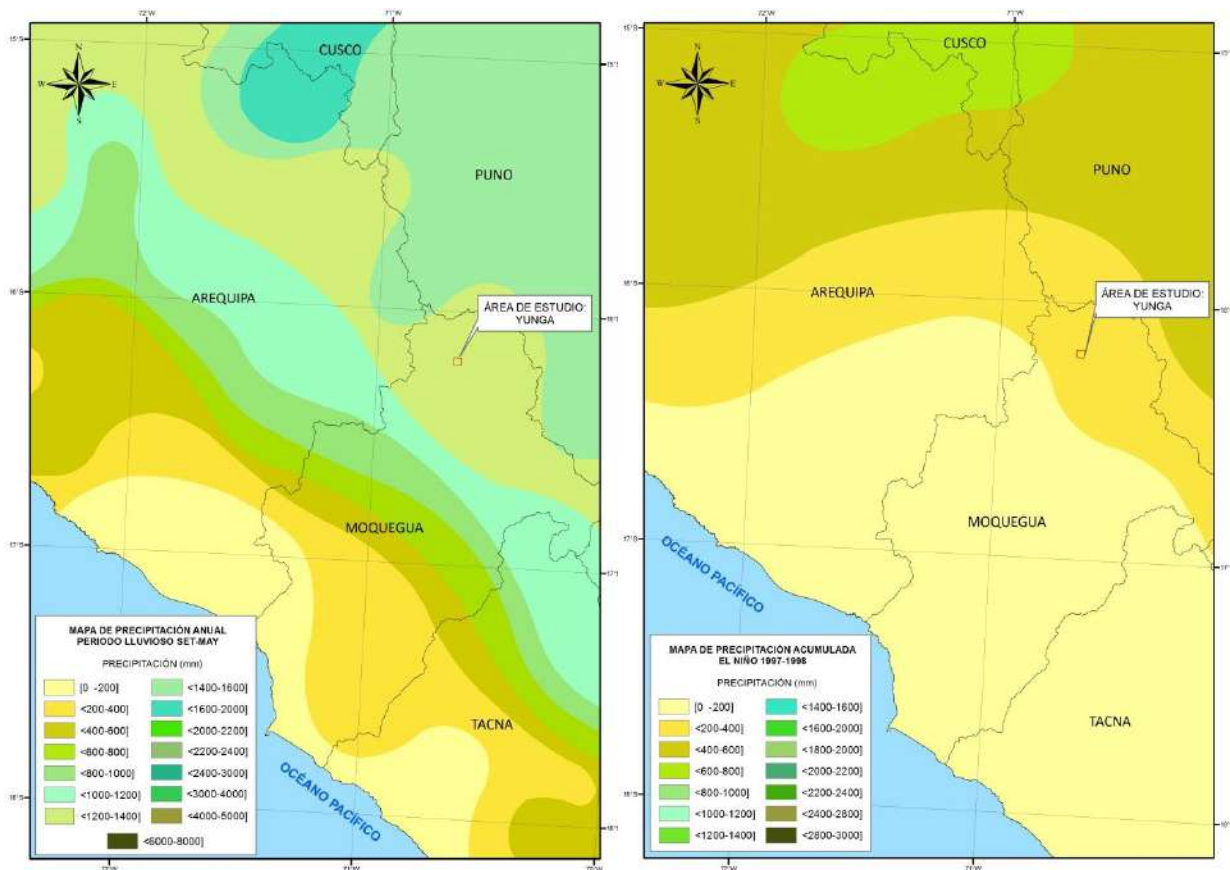


Figura 02. Isoyetas de precipitación en años normales (izquierda) y en presencia de El Niño 1998 (derecha). Fuente SENAMHI, 2003.

Esta zona se caracteriza por su actividad agropecuaria generalmente de sobrevivencia. La vegetación presente en la zona es de tipo matorral subhúmedo, localizada entre los 3000 a 3900 m.s.n.m., conformada por la presencia de comunidades arbustivas que mantiene su follaje siempre verde durante el año, generalmente alcanzan alturas de 4 m y se encuentran de forma dispersa, algunas circundando área de cultivo, como el molle, tara, nogal, entre otras.

Por encima de los 3900 msnm la vegetación es de tipo pajonal, esta formación vegetal está compuesta de comunidades de herbáceas alto andinas, que se distribuyen formando densas agrupaciones o matas mayormente de gramíneas de hojas duras, en algunos casos punzantes, conocidos con el nombre de ichu o paja de ahí el nombre de pajonal, las cuales se encuentran alrededores de Yunga; en determinadas épocas del año, se realizan quemas con la finalidad de aprovechar los rebrotes y la vegetación, práctica que genera procesos erosivos del suelo y de la cobertura vegetal. Además, se encuentra por encima de Yunga, el césped de puna, el cual presenta el mismo ambiente climático que los pajonales, se caracteriza por el predominio de gramíneas, formaciones de los pajonales, se presentan en determinadas zonas de esta unidad. (INRENA, 1996).



Foto 01: Vistas panorámicas del poblado Yunga

2.3 Aspectos geológicos y geomorfológicos

Morfológicamente, la zona se localiza en la cordillera Occidental del Sur del Perú, con altitudes que varían entre los 3614 m.s.n.m. en el poblado de Yunga, ubicado en la margen izquierda del río Tambo. Las laderas de la montaña son del tipo estructural, con capas de roca sedimentaria que se inclinan en contra de la pendiente de las mismas.

Geomorfológicamente, el área se ubica en la **zona de relieve montañoso estructural en roca sedimentaria**, en combinación con diferentes movimientos en masa (deslizamientos, flujos), que actúan en rocas sedimentarias poco competentes (muy fracturadas). Foto 02.

Se han logrado diferenciar las siguientes sub unidades:

Unidad de depósitos de Piedemonte

Depósitos coluvio-deluviales: acumulación de materiales asociados a los movimientos en masa en el caso de Yunga está asociado a deslizamientos. Se caracterizan por su topografía algo irregular, cóncava en sentido longitudinal, con pendientes moderadamente empinadas (30°). Sobre esta geoforma se encuentra asentada la localidad de Yunga. Es importante mencionar, que se pueden diferenciar deslizamientos antiguos y algunas reactivaciones en forma de derrumbes sobre ellos. Depósitos de laderas procedentes de caídas y desprendimientos de rocas, flujos no canalizados debido a la intensa erosión de laderas. Se localizan en forma continua al pie de las laderas.

Terrazas aluviales: planicies de 2 a 3° de pendiente, ubicadas en ambas márgenes de la quebrada Yunga, actualmente se usa para actividad agrícola de la zona. Foto 03

Valle fluvial: Valle tributario del río Tambo en forma de V formado por la quebrada Yunga, de cauce angosto entre 12 y 25 m.

Unidad de relieve montañoso estructural en roca sedimentaria

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria de las formaciones Cachíos y Labra; estructuralmente se presentan como alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con el buzamiento de las capas de roca que controlan la pendiente de las laderas con andenería, se encuentran conformando un anticlinal, que le dan una característica particular en las imágenes satelitales, tienen un alineamiento de dirección noroeste-sureste. Relieve montañoso modelado por la erosión, debido a la baja resistencia a la meteorización y a la erosión pluvial – fluvial de las rocas sedimentarias (lutitas muy deleznable, areniscas calcáreas con nódulos calcáreos) que conforman el sustrato de esta unidad. Relieve con diferente elevación (400-900 m) y pendientes de las laderas mayores a 30°. Destacando cicatrices de deslizamientos antiguos, flujos de detritos y desprendimientos de rocas. Se encuentra muy afectado por cárcavas, producto del agua que discurre en época de precipitaciones las cuales también generan huaicos afectando directamente al poblado de Yunga.



Foto 02: Vista panorámica, Relieve montañoso en rocas sedimentarias (RM-rs), terrazas aluviales (Ta), depósitos coluvio-deluviales (D-cd), valle fluvial (Vf), abanico aluvial (Ab)



Foto 03: Terraza aluvial en ambas márgenes de la quebrada Yunga (izquierda), en la margen izquierda de la quebrada Yunga, sobre el cual se ubica un reservorio agrietado (derecha).

Regionalmente el substrato rocoso está compuesto por rocas de naturaleza sedimentaria (Foto 1 y Figura 2), que comprenden edades geológicas el Mesozoico al Cuaternario (figura 03). Se han tomado en base los estudios (Lipa et al, 2001) y (Marocco,del Pino, 1966); así se tienen las siguientes formaciones geológicas:

Grupo Yura

Corresponden a las rocas mesozoicas con una secuencia carbonatada y clástica. Su disposición estructural está asociada a pliegues anticlinales y sinclinales. La estructura principal reconocida y de gran magnitud corresponde al anticlinal de Yunga, que se dispone a manera de una franja elongada de rumbo noroeste-sureste. Dentro de este grupo se reconocen las formaciones:

- Formación Cachíos, en la localidad de Yunga, (río Tambo) se ha reconocido lutitas grises y negras deleznable intercaladas con delgadas niveles de areniscas grises fuertemente fracturadas. Fotos 04 y 05



Fotos 04 y 05: Afloramiento de areniscas grises muy fracturadas (arriba), intercalación de lutitas grises y negras muy deleznable, y fracturadas, con presencia de alteración (abajo).

- Formación Labra, Conformada por lutitas grises y negras con nódulos esferoidales, alternadas con areniscas grises.
- Formación Gramadal, Consiste de calizas masivas grises fosilíferas con algunos niveles de dolomita y areniscas pardas
- Formación Hualhuani, Consiste de cuarcitas blancas con laminación oblicua y paralela, intercaladas ocasionalmente con horizontes de lutitas negras carbonosas, a lo largo del río Tambo.

Formación Murco

Corresponden secuencias de areniscas de color pardo rojizas en la base con estratificación cruzada y paralela, en la parte superior las lutitas pardas, verdes se encuentran laminadas y fracturadas (craqueladas) intercaladas con niveles de areniscas cuarzosas grises.

Grupo Tacaza

Corresponden rocas cenozoicas, conformado por una serie volcánica andesítica básica y clástica con niveles piroclásticos. En este Grupo se reconoce dentro del área la formación:

- Formación Llallahuj, conformada por una secuencia de lavas andesíticas y tobas.

Rocas intrusivas

Intrusiones subvolcánicas: se ha diferenciado en el área pórfidos subvolcánicos, de composición riolítica, como la reconocida en el cerro Pihuani Chico al noroeste de Tassa y en el Cerro Peruse la noreste de Yunga.

Depósitos cuaternarios

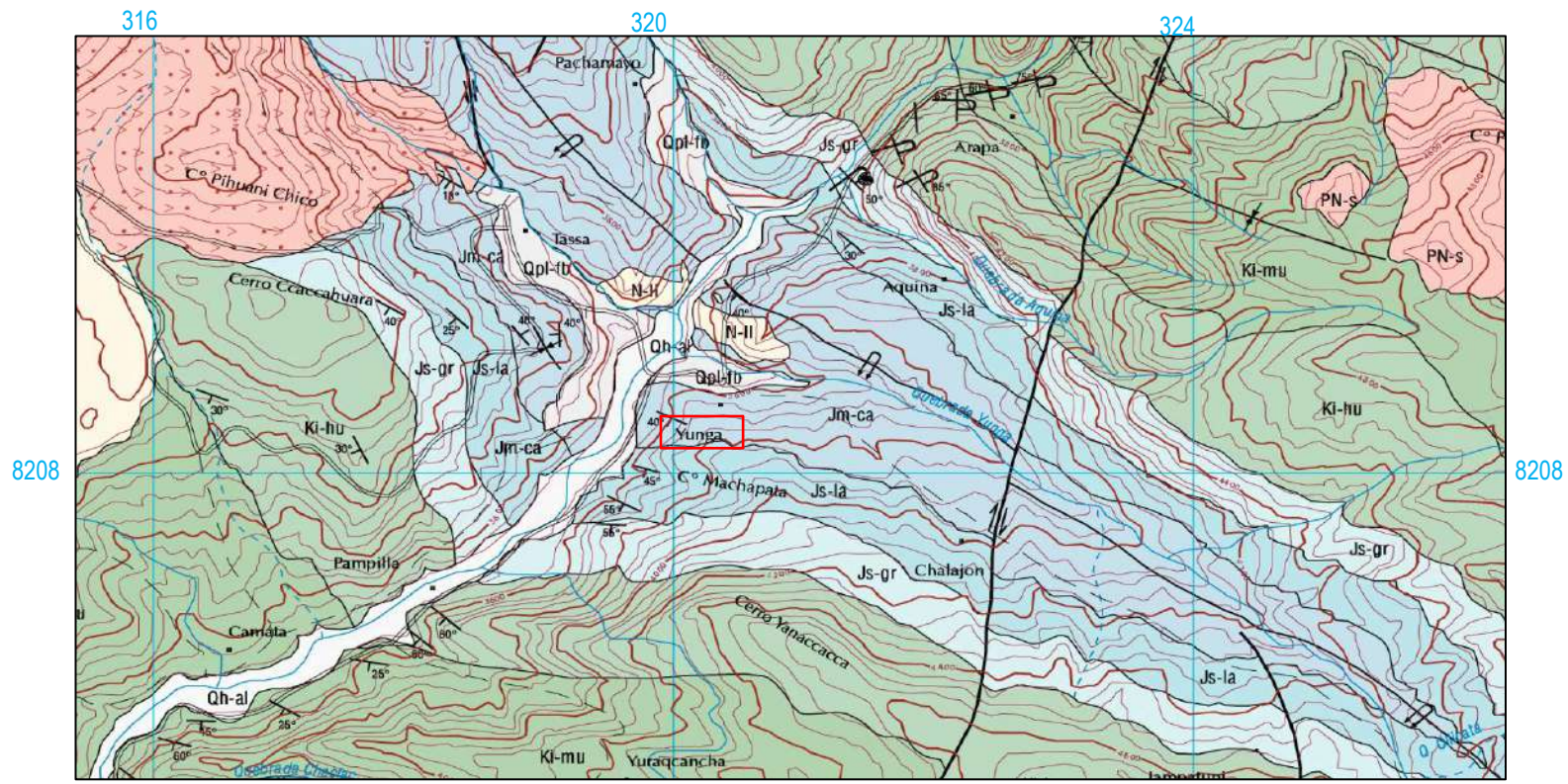
Depósitos aluviales, estos depósitos consisten en ripios, gravas y arenas gruesas, relacionadas a sistemas de drenaje a, comprenden clastos heterocomposicionales subredondeados a subangulosos en una matriz limoarenosa, forman terrazas. Foto 06.

Depósitos proluviales, están compuestos de clastos heterocomposicionales de rocas volcánicas de diversos tamaños y origen, englobados en una matriz areno-arcillosa. Producto de las acumulaciones de los flujos de detritos (huaicos) y flujos de barro (Qpl-fb).

Depósitos coluvio-deluviales, estos materiales, localmente están cubiertos por depósitos de flujo de barro (Qpl-fb) compuesto por bloques de areniscas grises, con matriz areno arcillosa.



Foto 06: Depósito aluvial, comprendido por clastos heterocomposicionales subredondeados a subangulosos en una matriz limoarenosa.



LEYENDA	
Unidades Litoestratiográficas	
Depósitos aluviales	Qh-al
Flujo de barro	Qol-fl
Formación Lllahuí	N-II
Fm. Murco	Ki-mu
Fm. Hualhuani	Ki-hu
Fm. Gramadal	Js-gr
Fm. Labra	Js-la
Fm. Cachíos	Js-ca
Rocas intrusivas	
Pórfido riolítico	PN-pr
Sub volcánico	PN-s

SÍMBOLOS	
	Contacto geológico
	Lineamiento
	Falla dextral
	Falla sinistral
	Eje de anticlinal
	Eje de sincinal
	Eje de anticlinal echado o tumbado
	Rumbo y buzamiento de estratos
	Rumbo y buzamiento de estratos invertidos

Figura 03: Mapa Geológico del área de estudio (INGEMMET, 2001).

3. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los trabajos de campo realizados en el año 2011 correspondiente al Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo, permitió determinar la ocurrencia de varios peligros geológicos (movimientos en masa) en el sector de Yunga, estos son: huaicos principalmente, deslizamientos antiguos; también se tiene sectores afectados por procesos de erosión de laderas y erosión fluvial. Así como las ocurrencias de peligros geológicos identificados en el “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1” del 2000, el sector de Yunga se encuentra en una zona con amenaza a peligros múltiples como huaicos, derrumbes, erosión de laderas considerada muy alta, a los cuales se les da una ubicación a través de coordenadas UTM-WGS 84, ambos realizados por INGEMMET (figura 04 y cuadro 01).

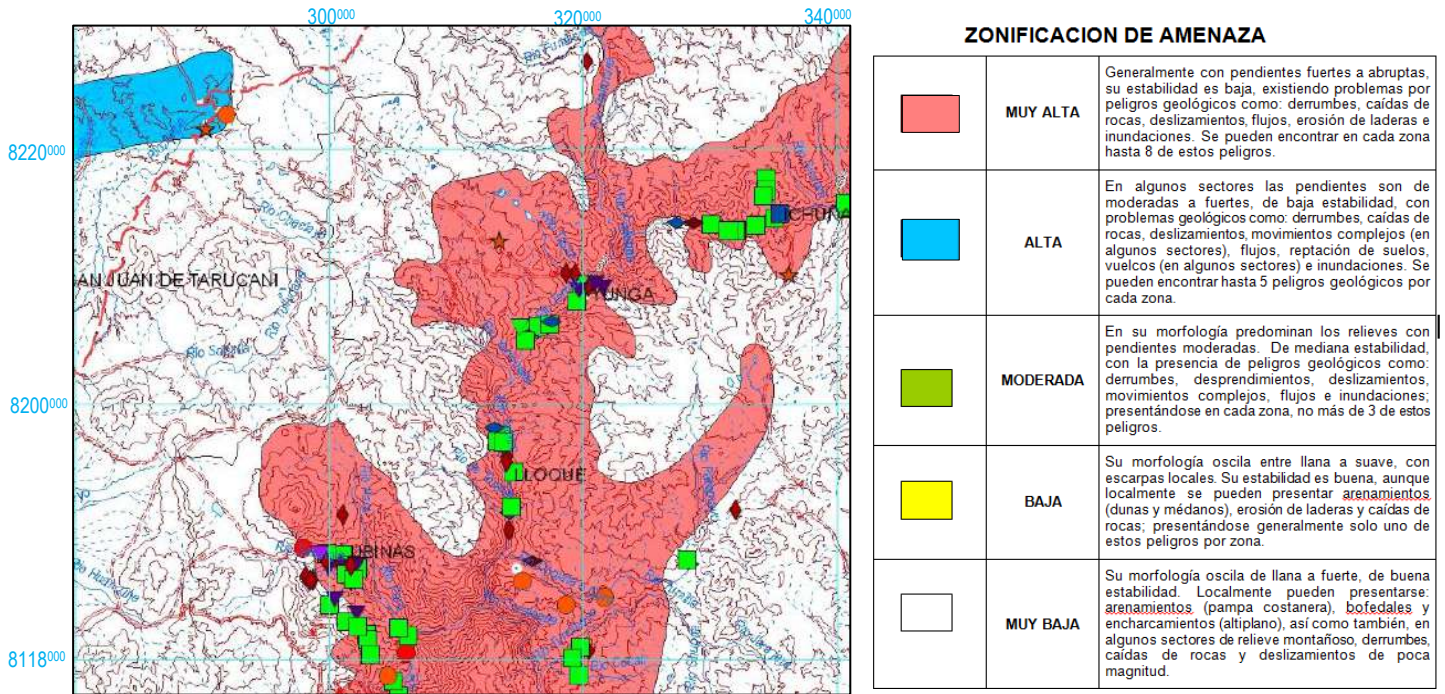


Figura 04: Mapa de peligros geológicos múltiples de la franja 1, 2000

La descripción de peligros geológicos que se presenta a continuación se ha desarrollado agrupando las ocurrencias según su tipo, se les identificó en el “Estudio de Riesgos Geológicos de la región Moquegua” (2013), todas estas ocurrencias han sido localizadas en el mapa de peligros (figura 05) que se adjunta en el presente informe.

Cuadro 01: Peligros Geológicos identificados en el sector Yunga

NRO.	TIPO PELIGRO	PELIGRO_ESPECIFICO	NORTE	ESTE	COTA	DPTO.	PROV.	DIST.	PARAJE	PROYECTO	F. MUESTRA
1	Flujo	Flujo de Detrito	8208000	319500	3450	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Cerro Machapata	Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo	27/06/2011
2	Flujo	Flujo de Detrito	8206250	317500	3500	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Cerro Huitto	Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo	27/06/2011
3	Flujo	Flujo de Detrito	8204950	315600	3400	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Exchaje	Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo	27/06/2011
4	Flujo	Flujo de Detrito	8205071	315530	3486	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Exchaje (Qda. CHaclac)	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
5	Otro Peligro	Erosión de Ladera	8210900	323500	3600	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Cerro Tarucani	Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo	27/06/2011
6	Flujo	Flujo de Detrito	8206150	316500	3480	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Camata	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
7	Otro Peligro	Erosión Fluvial	8205444	315681	3480	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	500 m, aguas arriba de Exchaje	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
8	Flujo	Flujo de Detrito	8205850	315780	3480	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	1 Km, aguas arriba de Exchaje	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
9	Otro Peligro	Erosión Fluvial	8206508	317476	3515	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	500 m, aguas debajo de la Pampilla	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
10	Caída	Caída de Roca	8105900	316505	3550	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Frente a Camata	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
11	Caída	Derrumbe	8209230	320500	3650	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Pueblo antiguo de Yunga	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
12	Otro Peligro	Erosión Fluvial	8205444	315681	3480	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Exchaje	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
13	Caída	Derrumbe	8206102	317000	3554	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Frente a Camata	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
14	Otro Peligro	Erosión Fluvial	8209000	320050	3530	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Yunga	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
15	Deslizamiento	Deslizamiento Traslacional	8209050	321640	3850	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Incahuichi Ucho	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
16	Flujo	Flujo de Detrito	8206332	317361	3531	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	1,5 Km, aguas debajo de la Pampilla	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
17	Flujo	Flujo de Detrito	8208067	319503	3531	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	C° Machapata	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
18	Deslizamiento	Deslizamiento Traslacional	8209450	321000	3750	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Huasapampa (marge der. qda. Yunga)	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
19	Flujo	Flujo de Detrito	8207300	319100	3490	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	La Pampilla	Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo	27/06/2011
20	Deslizamiento	Deslizamiento Rotacional	8206000	315000	3500	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Cerca de Camata	Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1	01/04/2003
21	Flujo	Flujo de Detrito	8209050	320350	3450	Moquegua	General Sanchez Cerro	Yunga	Yunga	Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo	27/06/2011

Fuente: Base de datos de los Estudios: Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja 1 y Estudio Hidrogeológico de la cuenca del río Tambo

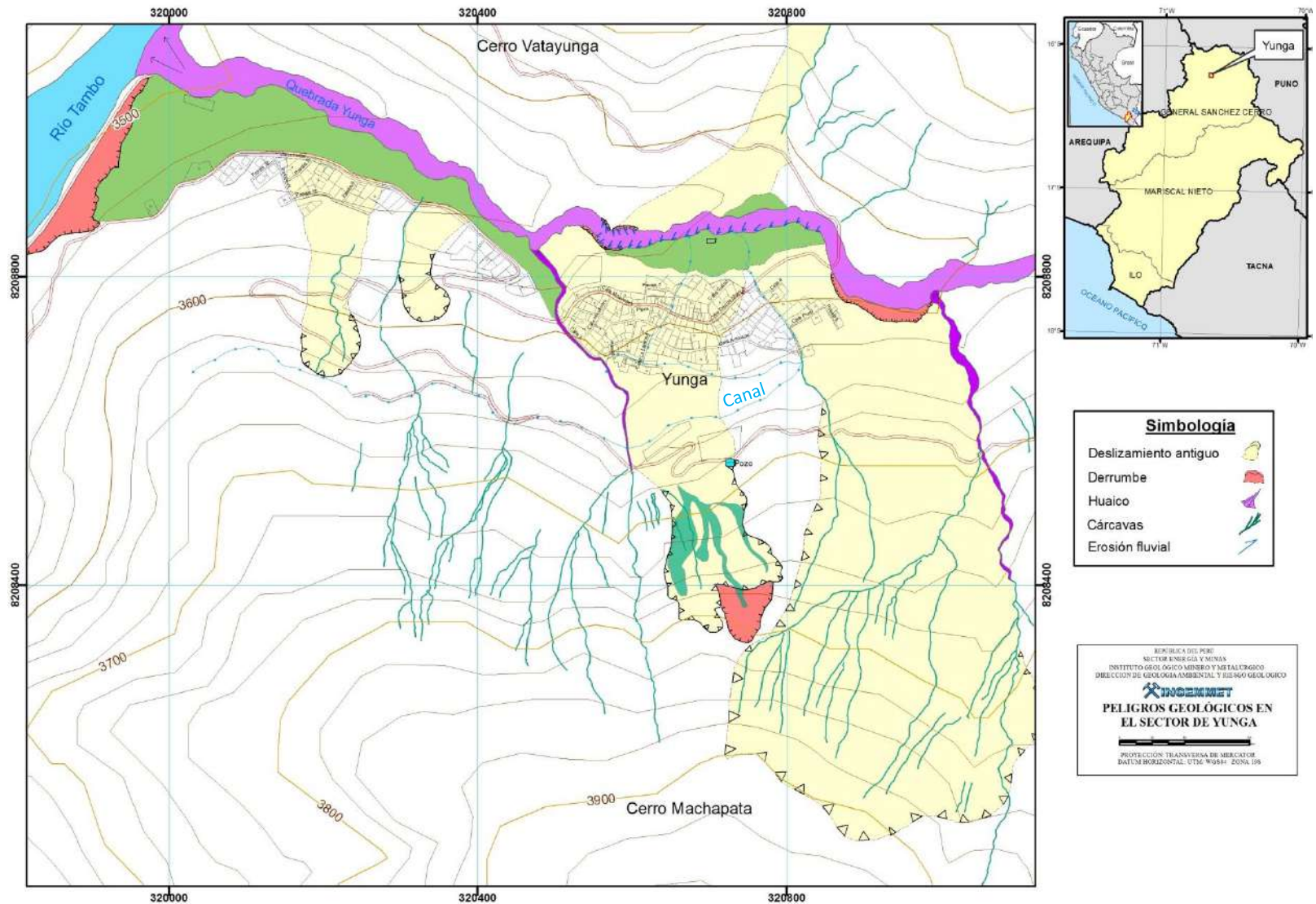


Figura 05: Peligros geológicos en el sector Yunga

3.1 Movimientos en masa

Flujos de detritos

Los flujos de detritos, comúnmente conocidos como “huaicos”, son muy comunes en nuestro país debido a la configuración del relieve en el territorio, constituido por altas montañas, vertientes pronunciadas, estribaciones occidentales sumamente áridas con rocas y suelos deleznable o susceptibles de remoción con aguas de lluvia. Los flujos de detritos son corrientes que se caracterizan por flujos muy rápidos o avenidas intempestivas de agua turbia, que arrastra a su paso, materiales de diferentes características provenientes de la meteorización de las rocas, estos van desde suelos finos hasta enormes bloques de roca, maleza y árboles, que pierden su estabilidad estructural por efecto del agua. Se desplazan a lo largo de un cauce definido con desbordes laterales, en su parte terminal está conformado por un abanico proluvial (figura 06).

En la zona se trata de flujos de material detrítico grueso y fino (gravas a arcillas), que se activan con precipitaciones estacionales, frecuentemente en las quebradas que se encuentran encima del poblado de Yunga, que transcurren a lo largo de un canal (cárcavas) y cauce con pendiente pronunciada. En la quebrada Yunga, se concentra los mayores efectos destructivos de estos huaicos, pudiendo ocasionar el represamiento temporal del río Tambo, dependiendo del volumen de material arrastrado. También se han producido pequeños huaicos en algunos tributarios, con poco recorrido y aprovechando la morfología de la zona. Es importante resaltar la influencia de material detrítico acumulado en las cabeceras, que sin medidas de estabilización, pueden incrementar la carga de sólidos al curso principal, como los de la quebrada Yunga, principalmente. Fotos 07 a la 13.

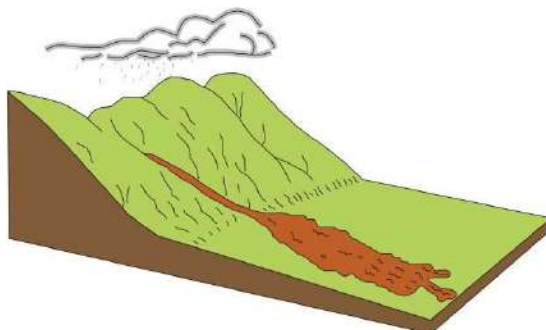


Figura 06. Flujo de detritos (USGS, 2007).

Descripción del evento:

Las grandes cantidades de material suelto, provenientes principalmente de la intensa erosión en las laderas del cerro Machapata, transportados por el agua de escorrentía, resultado de las precipitaciones pluviales extraordinarias caídas en la zona, originaron huaicos en el sector de Yunga, y procesos de colmatación y erosión en varios sectores de la quebrada Yunga, la cual presenta un abanico proluvial en su desembocadura hacia el río Tambo.

El 16 y 18 de diciembre de 2012, a consecuencia de las precipitaciones pluviales, se produjo la activación de cinco quebradas que ocasionó un huaico en la localidad y distrito de Yunga, afectando a viviendas, locales públicos, y carretera.

En esta zona se están realizando trabajos de defensa ribereña en la margen izquierda de la quebrada Yunga con enrocados y de esta forma reducir la vulnerabilidad de la zona.

Factores condicionantes y detonantes:

- La pendiente del terreno.
- Presencia de material no consolidado (material de remoción antiguo: deslizamiento y erosión en cárcavas)
- El substrato rocoso presente en la zona: la quebrada Yunga discurre cortando rocas sedimentarias (lutitas, areniscas y calizas), que se presentan alteradas y fracturadas.
- La ocupación del territorio sin una debida planificación, es posible encontrar viviendas asentadas y terrenos de cultivos desarrollados en terrazas aluviales, llanuras de inundación y abanicos proluviales, en muchos casos muy cerca del curso de la quebrada Yunga.
- La ocurrencia de otro peligro geológico primigenio, en este caso deslizamientos antiguos que aportaron material suelto a la quebrada, posiblemente originaron represamientos, que posteriormente se rompieron y formaron el flujo de detritos (huaico).

Entre los detonantes se tienen:

- Las precipitaciones pluviales intensas, consideradas excepcionales, caídas en la zona durante la presente temporada de lluvias.
- La dinámica fluvial intensa de la quebrada Yunga por los incrementos de caudal.



Foto 07: Vista de un flujo de detritos (huaico) en quebrada tributaria de la margen izquierda de la quebrada Yunga, en ambas márgenes presenta derrumbes y erosión de laderas, las cuales aportan material al cauce de la quebrada Yunga, corta la trocha Yunga-Ichuña.



Foto 08: Cauce colmatado de la quebrada Yunga, aún se observa bloques de hasta 1 m de diámetro subredondeados, y gravas en el sector Yunga.



Foto 09: Cauce de quebrada, se ha colocado alcantarilla insuficiente obstruida por detritos y basura en la calle 3. El 16 de diciembre del 2012 el flujo se discurrió por encima de la alcantarilla por encontrarse obstruida, afectando al I.E. Inicial No. 203 que se encuentra muy cerca al cauce. Es decir el cauce retomó su cauce antiguo, desviado por los pobladores.



Foto 10: Vista aguas arriba de la quebrada que se encuentra en la prolongación de la calle 3, por donde discurrió un huaico el 16 de diciembre del 2012, el cual afectó muchas viviendas en el poblado de Yunga.

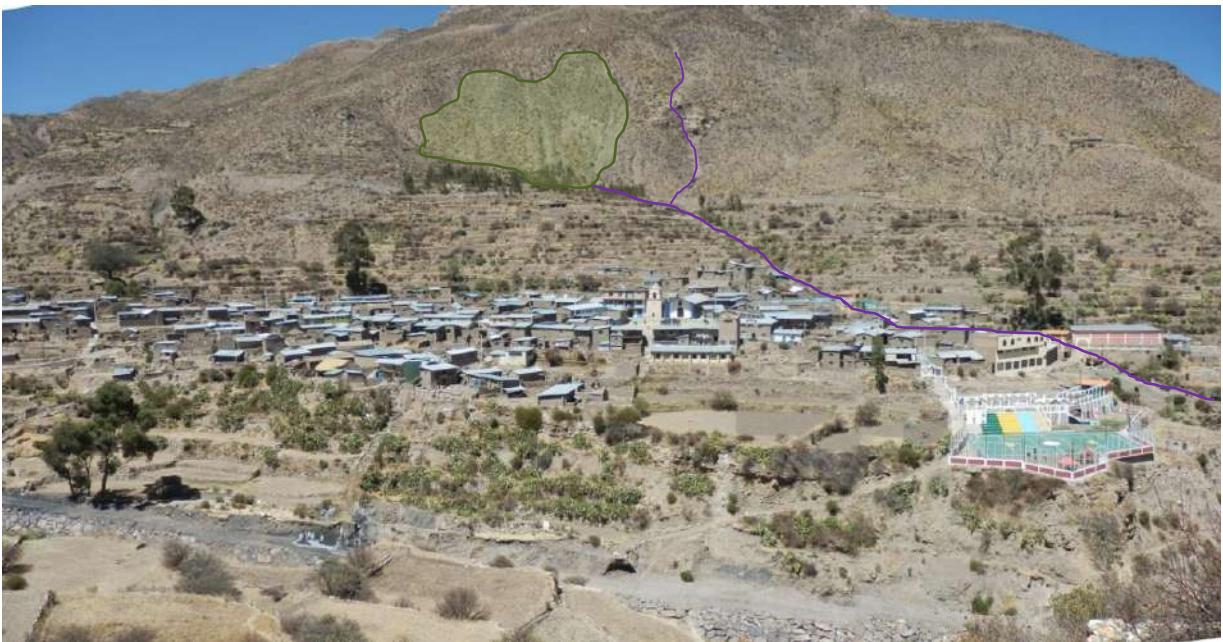


Foto 11: Trayectoria del huaico que afectó al poblado de Yunga, en la margen izquierda de la quebrada del mismo nombre, como se observa en la cabecera se genera intensa erosión en cárcavas que aportan material al cauce de esta quebrada (polígono verde).



Foto 12: Quebradas encauzadas por canales, de aprox. 35 cm de ancho x 20 cm de profundidad, en la calle Libertad revestido con concreto hace 04 años según la versión de los pobladores (arriba). De la misma manera se encuentra la calle Santa Cruz, aquí se ha colocado un canal con revestimiento de concreto tapado por encima se ha colocado una pequeña cuneta en el km 0+108 Yunga-Ichuña (abajo). Ambas canales sirven a su vez como drenaje pluvial.

Daños causados:

- El material acarreado por las quebradas y torrentes menores afluentes que se encuentran encima del poblado de Yunga afectaron un tramo de la carretera Yunga-Arequipa, viviendas, centro educativo inicial, locales públicos y produce colmatación del cauce. Foto 13.
- Al pie del poblado Yunga, la quebrada erosiona ambas márgenes, ocasionando derrumbes e inundando terrenos de cultivo. Para esto se está colocando un muro de enrocado de 6 m de alto y 230 m de longitud aprox. en la margen izquierda de la quebrada Yunga.



Foto 13: Vistas de los daños causados del huaico ocurrido el 18 de diciembre del 2012 donde se muestra las características del flujo de lodo y piedras en la quebrada sin nombre. La falta de encauzamiento de la quebrada originó la inundación de viviendas en todo su recorrido. Fuente: La República

Deslizamientos

Un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. En la clasificación de Varnes (1978), se diferencian los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en dos tipos: traslacionales y rotacionales. Figura 07.

Los deslizamientos cartografiados en el área son antiguos y los que se encuentran involucran en su mayoría formaciones superficiales (residuo-coluviales), así como también al substrato rocoso muy fracturado y alterado. En su mayoría son del tipo rotacional, presentando escarpas antiguas semicirculares a rectas del orden de pocas centenas de metros de longitud. Solo algunas cicatrices o escarpas se aprecian en la ladera pero ya cubiertas por las zonas agrícolas y andenerías, sin embargo si ocurrieron movimientos en masa en el pasado. Fotos 14 a la 17.

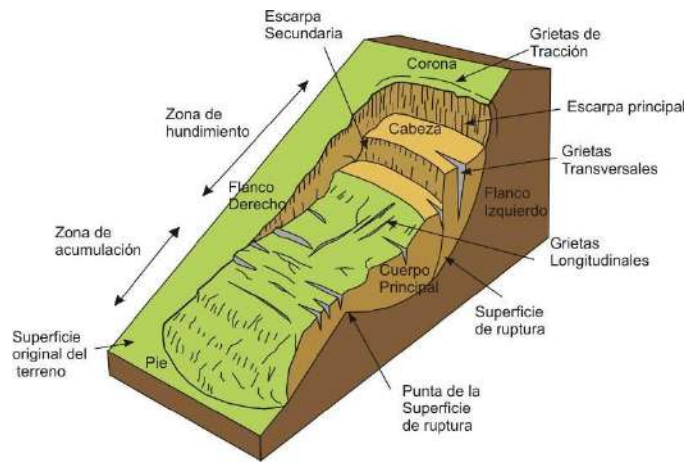


Figura 07. Esquema típico de un deslizamiento rotacional (USGS, 2007).



Foto 14: Asentamientos y grietas transversales de 2,5 m de longitud, 5 cm de ancho y 6 cm de profundidad en pavimento de la calle Dos de Mayo, Km 0+400, según versión de algunos pobladores mencionan que en época de lluvias se profundiza el asentamiento (izquierda). Reservorio agrietado en piso y paredes, revestido con concreto en el año 1998 (derecha).



Foto 15: Agrietamientos en las paredes y pisos de viviendas ubicadas en la calle Dos de Mayo, construidos con adobe, las aberturas alcanzan hasta los 3 cm.



- Foto 16: Filtraciones en formaciones superficiales al pie del deslizamiento de Yunga (depósito antiguo de remoción en masa), saturación que ocasiona la desestabilización de la ladera, el cual se reactiva como derrumbes por erosión fluvial o socavamiento del pie del talud de la ladera o terraza, infiltraciones naturales y de riego, lo cual compromete la seguridad física de las viviendas ubicadas al borde de la terraza como el parque recreacional.



Foto 17: Escarpas antiguas, en el cuerpo del movimiento antiguo A; presenta intensa erosión en cárcavas que generan derrumbes y flujos en épocas de lluvia.

Derrumbe

Es la disgregación generalmente de roca, que forma en la base un depósito caótico de material grueso, es producido por el socavamiento de la base de riveras fluviales, áreas costeras, acantilados rocosos, en laderas de moderada a fuerte pendiente, por acción de lluvias, movimientos sísmicos y antrópica (cortes de carreteras o áreas agrícolas).

La ocurrencia de derrumbes en el área de estudio está ligada principalmente a los bordes de quebrada Yunga, presentándose zonas inestables en ambas márgenes de esta quebrada, así como algunos sectores de las quebradas tributarias y cortes de carretera Yunga-Arequipa y Yunga-Ichuña. Involucran en muchos casos laderas de roca muy fracturada y/o suelo con dimensiones de zonas de arranque irregulares, y áreas de influencia que varían entre decenas de metros de longitud, así como formaciones superficiales (depósitos coluviales). En estas zonas se asocia generalmente erosión en surcos, cárcavas, así como material de flujos recientes en los cauces adyacentes, producto de estos. Un evento reciente se puede apreciar en el borde de Yunga, donde el depósito superficial ha condicionado el desplome de material hacia el borde libre. Foto 18 a la 20.



Foto 18: Derrumbes en terrazas aluviales, en ambas márgenes de la quebrada Yunga.



Foto 19: Derrumbes en talud superior de trocha Yunga-Ichuña, se da en rocas sedimentarias (areniscas grises muy fracturadas), taludes casi verticales de pendiente.



Foto 20: Derrumbes en talud superior de trocha carrozable Yunga-Ichuña

3.2 Peligros geohidrológicos y otros peligros geológicos

En la zona de estudio también se han identificado peligros geohidrológicos (erosión fluvial) y los denominados otros peligros geológicos (erosión de laderas).

Erosión Fluvial

El curso de la quebrada Yunga, también viene siendo afectado por procesos de erosión fluvial e inundaciones, los cuales necesitan ser controlados, para evitar pérdidas de terrenos de cultivo y viviendas. Fotos 21 a la 23.



Foto 21: Se ha colocado un dique con enrocado para evitar la frecuente erosión fluvial en la margen izquierda de la quebrada Yunga, que se da en depósitos antiguos de remoción en masa, potentes, con presencia de derrumbes reactivados por erosión fluvial o socavamiento del pie del talud de la ladera o terraza, infiltraciones naturales y de riego.

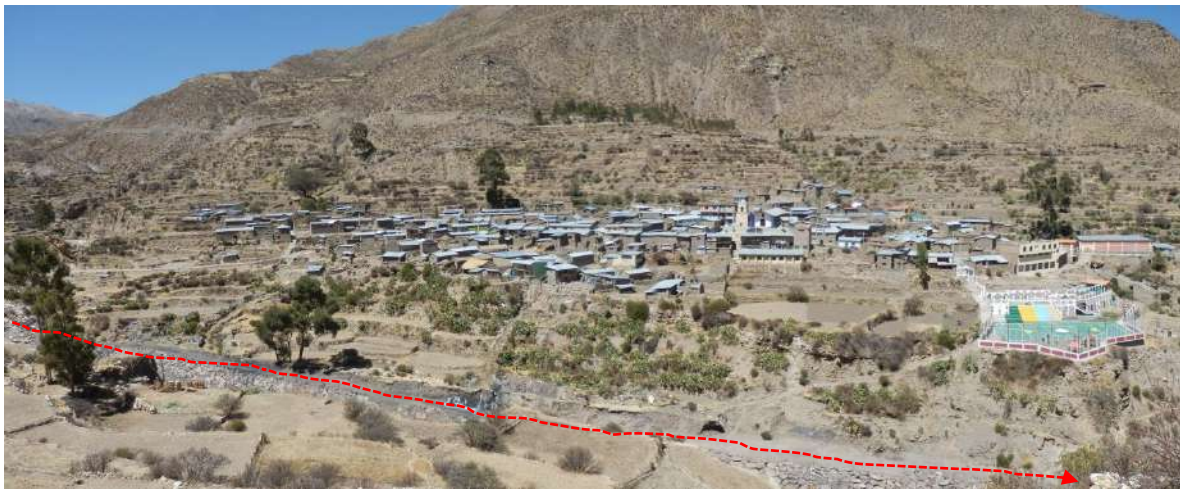


Foto 22: El tramo evaluado en la quebrada Yunga tiene una longitud de 400 m aproximadamente de los cuales los 230 m está afectado por erosión fluvial y donde se ha colocado defensa ribereña con enrocado, el cauce de la quebrada llega a tener un ancho máximo de 20 m.



Foto 23: Erosión fluvial genera derrumbes en ambas márgenes (foto izquierda), derrumbe al pie de un depósito de remoción en masa antigua en la margen derecha de la quebrada Yunga (foto derecha)

Erosión de laderas

Se manifiesta a manera de surcos y cárcavas en los terrenos. Comienza con canales muy delgados que a medida que persiste la erosión, pueden profundizarse a decenas de metros. La erosión está relacionada al proceso de escorrentía. Normalmente la escorrentía posee una profundidad pequeña, pocas veces superior a un centímetro. A partir de allí y con ayuda de la lluvia las partículas se movilizan en el sentido de la máxima pendiente y producen una excavación que tiende a aumentar con la velocidad de la erosión. (Figura 08).

El proceso en el área de estudio se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento) en contacto con el suelo. La construcción de muchas obras de ingeniería, así como el asentamiento de centros poblados como es el caso de Yunga y la habilitación de muchas zonas como terrenos de cultivo, exigen la remoción de la cobertura vegetal y excavaciones del suelo. Estas acciones, conlleva a la generación de problemas en laderas y cursos de agua por la generación e incorporación de suelo removido a las corrientes, los cuales pueden alterar ecosistemas naturales y generan problemas de sedimentación. Fotos 24 a la 28. Las fuerzas que intervienen en este proceso son:

1. La componente vertical que socava el fondo
2. La componente horizontal que actúa en ambas márgenes produciendo derrumbes por socavamiento y ensanche.
3. Debiendo también considerarse el escurrimiento superficial producto de las lluvias que discurren por las laderas que discurren por las laderas de ambas márgenes.

Todas estas fuerzas deben ser anuladas mediante obras de control, construyendo en el cauce de la quebrada cada cierta distancia pequeñas presas ya sea de madera o de piedra.

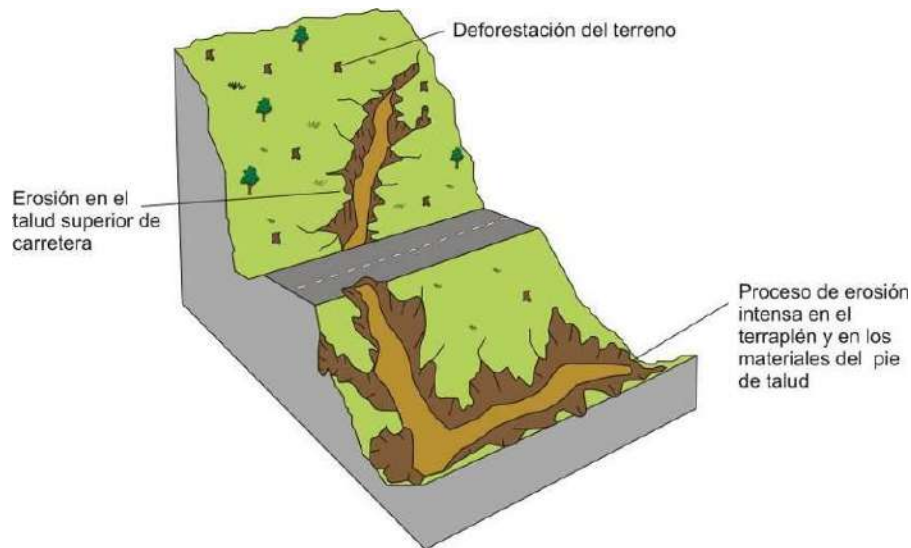


Figura 08: Erosión en cárcavas que afectan talud superior e inferior de carretera.

Factores condicionantes y detonantes:

Las características intrínsecas que provocaron la ocurrencia de estos fenómenos, persisten tanto en los taludes de corte de carretera como en la ladera del sector de Yunga, por lo que se debe tener presente la alta probabilidad de nuevos derrumbes, así como reactivaciones en el cuerpo de deslizamientos antiguos; esta apreciación se sustenta en las siguientes condiciones observadas:

Factores condicionantes:

- Las filtraciones del agua que conduce el canal de riego con revestimiento de concreto (0.3 x 0.4 m) en algunos tramos se han hecho cortes para desviar mediante zanjas el agua a parcelas continuas, los cuales son regados indiscriminadamente con las aguas que transporta el canal y que circulan libremente por los terrenos de cultivo, sin control, ubicado en el Km 0+530 Yunga-Ichuña.
- Pendiente natural de los terrenos o laderas (fuerte), y las modificaciones de los taludes hechos tanto en los cortes de la carretera, dejando zonas inestables.
- Formaciones superficiales o suelos de escaso espesor (suelos residuales y residuo coluviales), con poca cobertura vegetal (pastizales y arbustos).
- Litología del substrato, en muchos casos de mala calidad, tanto por su grado de meteorización y/o fracturamiento (lutitas deleznales); esto condiciona mayor erosión en el suelo residual generado y mayor disponibilidad en las rocas fracturadas ya que permite la infiltración de la precipitación pluvial, que humedece los suelos y produce esfuerzos hidrostáticos en las fracturas.
- La ocurrencia de otro peligro geológico primigenio, en este caso deslizamientos antiguos, en este tipo de depósitos se han formado las cárcavas.
- La ocupación del territorio sin una debida planificación. Es posible encontrar viviendas asentadas sobre el depósito de remoción en masa antiguo y al borde del cauce de la quebrada Yunga, condición que presentaban las viviendas afectadas por el huaico; condición que persiste en la actualidad.

Factores detonantes:

- Lluvias de gran intensidad - corta duración, o de moderada intensidad – larga duración; generalmente localizadas, 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. Las aguas de lluvia, que se infiltran a través del suelo poroso, y por las partes laterales de las cárcavas.



Foto 24: Erosión en cárcavas profundas en el Km 0+713 Yunga-Ichuña, de 230 m hasta 400 m de altura, pueden generar flujos. Afecta la carretera por sectores en un tramo de 0.5 km. El desarrollo de las cárcavas se produce por medio de derrumbes hacia su cara libre; y afectan principalmente terrenos de cultivo y tramos de carretera. Estos procesos, en muchos de los casos son premonitorios de un movimiento en masa como puede ser un deslizamiento, derrumbe, flujo o movimiento complejo.



Foto 25: Vistas del canal que pasa por encima del poblado Yunga, en algunos sectores se ha cortado para desviar mediante zanjas hacia los terrenos de cultivo saturando el depósito superficial facilitando así la formación y/o profundización de cárcavas, en el Km 0+530 Yunga-Ichuña.



Foto 26: Presencia de erosión en cárcavas, en ciertos sectores se presentan pequeños derrumbes que alimentan torrentes menores afluentes que pueden generar flujos. Puede afectar carretera Yunga-Ichuña en un tramo de 0,5 km aproximadamente por sectores.



Foto 27: Los derrumbes producidos por la erosión en cárcavas pueden generar acumulación de material, fácilmente removible por las aguas de lluvia, en cabecera de quebrada que generó un huaico el 16 de diciembre del 2012.



Foto 28: En algunos sectores las cárcavas de 3 m de ancho generan huaicos, como producto de las grandes cantidades de material suelto, provenientes principalmente de la intensa erosión en las laderas del cerro Machapata, transportados por el agua de escorrentía, resultado de las precipitaciones pluviales extraordinarias caídas el 16 de diciembre del 2012 en la zona, originaron huaicos en el sector de Yunga, y procesos de colmatación y erosión en varios sectores de la quebrada Yunga.

4. MEDIDAS CORRECTIVAS

De acuerdo a las características condicionantes existentes en la quebrada Yunga y sus tributarios que afectan al poblado Yunga (descritas en las páginas anteriores), hacen suponer la ocurrencia de flujos de detritos de manera recurrente. Esto podría acelerarse con la ocurrencia de lluvias intensas. Se dan algunas alternativas de solución de forma general para la zona evaluada; esto con la finalidad de minimizar las ocurrencias de flujos de detritos, producto de los derrumbes y presencia de canchales de detritos en la cabecera de la quebrada, entre otros. Así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

4.1 Medidas de control para erosión fluvial e inundaciones

Las medidas que se proponen, están orientados a minimizar (mitigar) los desbordes y erosiones que ocurren en la margen izquierda del río Tambo por efecto de las avenidas de la quebrada Yunga y tributarios, así como se realizó en la margen izquierda de la quebrada Yunga. Para la protección a nivel de cauce, se recomienda la construcción de gaviones o enrocados, por su fácil construcción, además de ser más económicos que las que emplean soluciones rígidas o semirrígida (relación vida útil vs. Costo total favorable). Para el control físico del avance de la erosión se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las obras de defensa ribereña que cabe destacar son: los gaviones, enrocados y muros, como se muestra en las figura 09 y fotos 29 y 30.

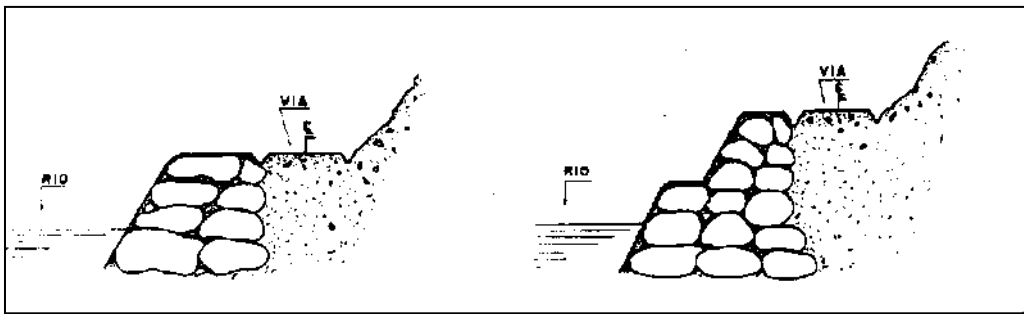


Figura 09. Uso de enrocados para protección de riberas.



Foto 29. Ejemplo de uso de enrocados para protección de la plataforma de carretera (izquierda). En muchos casos esto debe estar acompañado de un levantamiento de la rasante de la carretera. A la derecha, protección de ribera con muros contra la erosión fluvial e inundación.



Foto 30. Ejemplos de construcción de muro de gaviones para protección de talud inferior de carretera.

4.2 Medidas de control para zonas de flujos y cárcavas

Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, como realizar trabajos de reforestación de laderas (cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas) con fines de estabilización.

El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (Figuras 10, 11,12 y 13), resultan muy apropiados.

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos, para lo cual se proponen los disipadores de energía (Foto 31).

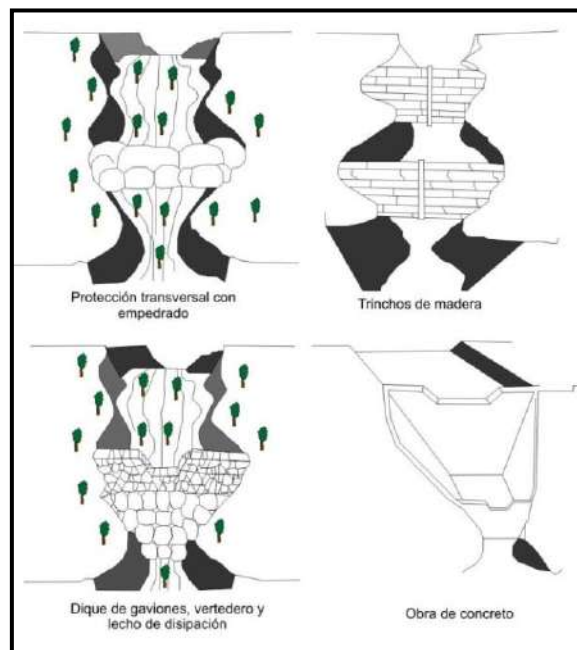


Figura 10. Obras hidráulicas transversales para control de erosión en cárcavas.

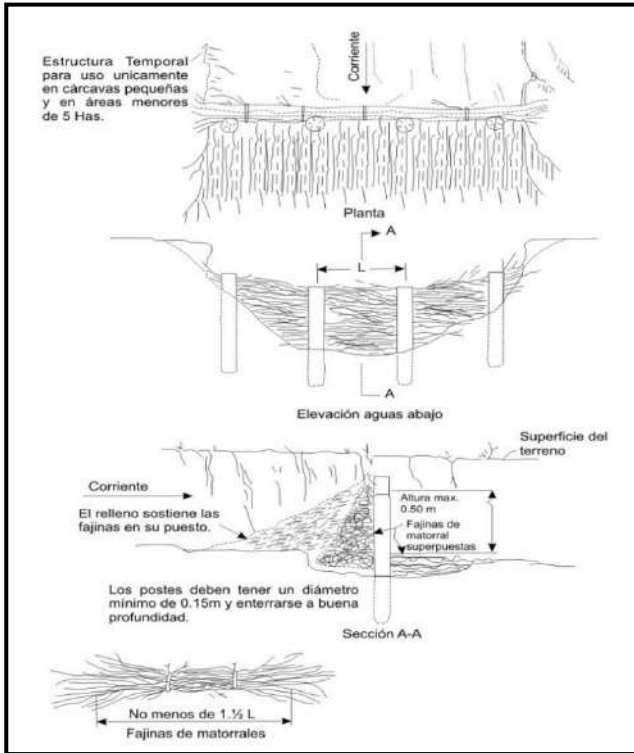


Figura 11. Trincho de matorral (tipo una hilera de postes). Adaptado de Valderrama et al. (1964).

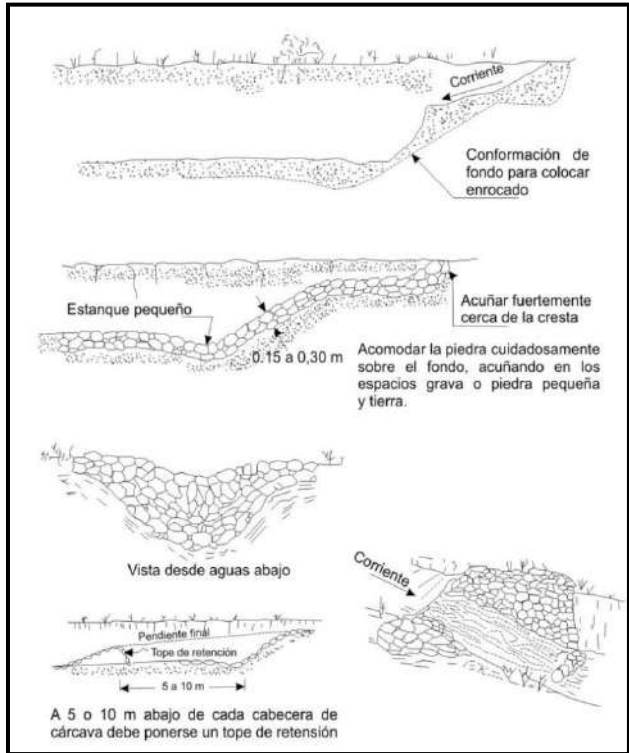


Figura 12. Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina. Adaptado de Valderrama et al. (1964).

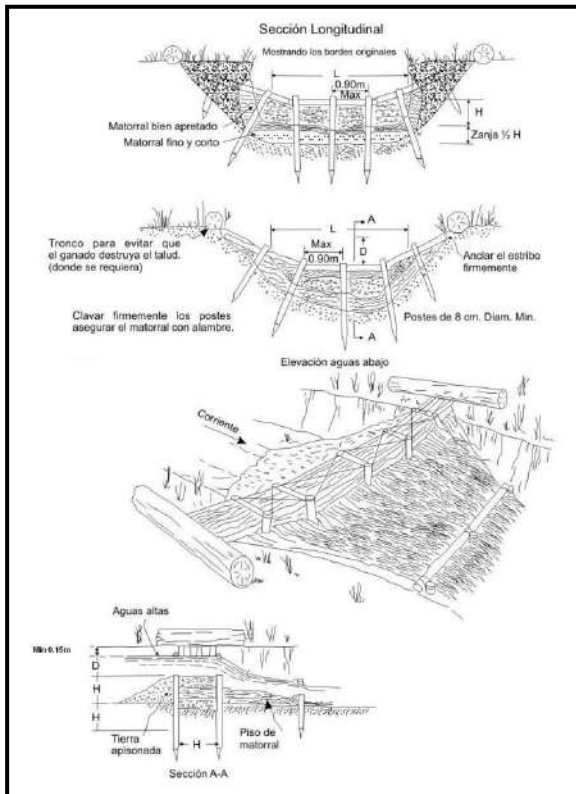


Figura 13. Trincho de matorral tipo doble hilera de postes. Adaptado de Valderrama et al. (1964).



Foto 31. Ejemplos de construcción de disipadores de energía para las corrientes concentradas en el cauce de una quebrada, mediante diques transversales (enrocados) y canalización del cauce con muros escalonados utilizando bloques de rocas para mitigar los efectos ante la ocurrencia de un flujo de detritos. Esto puede replicarse en la quebrada Yunga

5. CONCLUSIONES

A partir de la información obtenida en los trabajos de campo y de la interpretación en gabinete se puede concluir lo siguiente:

1. El sector Yunga es un área frecuentemente afectada por peligros geológicos, siendo erosión en cárcavas, erosión fluvial, derrumbes, huaicos y flujos de lodo los más comunes en la margen izquierda del río Tambo.
2. Las geoformas presentes en el área son de carácter estructural y erosional, representadas por relieves montañosos modelados en rocas sedimentarias; y geoformas de carácter deposicional y agradacional (piedemontes, abanicos, terrazas, y valles fluviales).
3. El flujo de detritos de la quebrada tributaria de la quebrada Yunga, que se produjo el 18 de diciembre del 2012, tuvo como causas: a) la intensa erosión en cárcavas que presenta en la cabecera de la quebrada, las cuales a su vez generan derrumbes por sectores y pequeños flujos, b) la fuerte pendiente, c) el material inestable conformados por elementos detríticos sueltos y dispuestos en áreas inclinadas en el cerro Machapata producto de la erosión en cárcavas d) Antrópica: ocupación del territorio sin planificación, es posible encontrar viviendas asentadas sobre el depósito de remoción en masa antiguo y al borde del cauce de la quebrada Yunga, condición que presentaban las viviendas afectadas por el huaico; condición que persiste en la actualidad; y tuvo como detonante las fuertes precipitaciones pluviales excepcionales caídas en la zona.
4. Este flujo se originó en el tramo superior de la quebrada, y sus mayores consecuencias se produjeron en el tramo medio e inferior, en donde se encuentran asentadas las viviendas del sector denominado Yunga (calle 3). En las cumbres la vegetación es de tipo pastizal (ichu), en la cuenca media-baja se tienen matorrales y cultivos. El material que conforma este flujo es gravo-areno limoso con abundante bolos y bloques con dimensiones de hasta 1 m de diámetro; los clastos son de roca sedimentaria como caliza, areniscas grises y lutitas. La presencia de viviendas asentadas cerca al cauce de la quebrada, interrumpiendo el desfogue natural de la misma y al no contar con una canalización apropiada para la escorrentía de sus aguas, incrementan el riesgo al que están expuestos. Siendo los sectores más críticos (calle 3, La Libertad y Santa Cruz). El sistema de drenaje pluvial es insuficiente.
5. El poder erosivo del huaico fue incrementando por el arrastre de bloques, cantos y lodo que llegaron hasta la quebrada Yunga, este material cubrió parte de un Centro Educativo Inicial No 203 y algunas viviendas que se encuentran en la calle 3, y un tramo de la carretera Yunga-Ichuña.
6. Además como consecuencia de las intensas precipitaciones, el caudal de la quebrada Yunga aumentó considerablemente, aumentado también su carga de materiales por ende su poder erosivo. Actualmente se está colocando un dique con enrocado en la margen izquierda de la quebrada de aprox. 230 m de longitud.
7. El proceso de deslizamientos y cárcavas ocurre esencialmente de forma natural, pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo, por el socavamiento del río al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc.
8. La intensa erosión que se presenta en la zona se debe principalmente a: a) las filtraciones del agua que conduce el canal de riego en algunos tramos se han hecho cortes para desviar mediante zanjas y regar indiscriminadamente sus cultivos de tuna, ubicado en el Km 0+530 Yunga-Ichuña, b) pendiente natural de los terrenos o laderas (fuerte), y las modificaciones de los taludes hechos tanto en los cortes de la carretera, dejando zonas inestables, c) formaciones superficiales o suelos de escaso espesor (suelos residuales y residuo-columiales), con poca cobertura vegetal (pastizales y arbustos), d) litología del substrato, en muchos casos de mala calidad, tanto por su grado de meteorización y/o fracturamiento (lutitas deleznales); esto condiciona mayor erosión en el suelo residual generado y mayor disponibilidad en las rocas fracturadas, e) el fracturamiento presente en las rocas que afloran

en la quebrada (calizas y areniscas grises muy fracturadas), permite la infiltración de la precipitación pluvial, que humedece los suelos y produce esfuerzos hidrostáticos en las fracturas, g) la ocupación del territorio sin una debida planificación, h) riego indiscriminado de cultivos en algunos taludes naturales y la falta de un adecuado sistema de drenaje y como detonante: intensas precipitaciones pluviales de moderada duración en la zona.

9. Presencia de derrumbes en taludes inestables, asentamientos y grietas transversales de 2,5 m de longitud, 5 cm de ancho y 6 cm de profundidad en pavimento de la calle Dos de Mayo, Km 0+400, según versión de algunos pobladores mencionan que en época de lluvias se asienta más, el reservorio revestido con concreto en el año 1998, que se encuentra en la terraza baja cerca al cauce de la quebrada Yunga, presenta grietas en piso y paredes, así como en las viviendas construidos con adobe ubicadas en la calle Dos de Mayo, las aberturas alcanzan hasta los 3 cm. Los cuales fueron condicionados por: a) presencia de depósitos coluviales poco compactado y de fuerte pendiente; b) substrato rocoso, conformado por calizas intercaladas con lutitas deleznales y areniscas de la Formación Cachios y Labra del grupo Yura; c) fracturamiento intenso en las rocas, d) filtraciones por mal uso de riego en formaciones superficiales al pie del deslizamiento de Yunga, que saturan los depósitos antiguos de remoción en masa ocasionando la desestabilización de la ladera, el cual se reactiva como derrumbes por erosión fluvial o socavamiento del pie del talud de la ladera o terraza, lo cual compromete la seguridad física de la infraestructura ubicada al borde de la terraza como el parque recreacional; y e) actividad antrópica: la construcción de la carretera dejó taludes de corte subverticales. Los detonantes que aceleran estos procesos son las precipitaciones pluviales intensas que se producen en la zona entre los meses de diciembre-abril.
10. Dado que ya en el año 2000 la zona evaluada fue considerada en el “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 1” con peligro Muy Alto y aun así las condiciones de inestabilidad continúan en la zona de Yunga, así como la presencia insuficiente de obras que reduzcan o mitiguen los efectos de los peligros geológicos evaluados, estas zonas se consideran con un “PELIGRO ALTO”, y ante la ocurrencia de nuevas precipitaciones pluviales intensas (como factor detonante) pueden considerarse en “PELIGRO INMINENTE”.
11. Es prioritario seguir con los trabajos de construcción de defensas ribereñas como se viene realizando en la margen izquierda de la quebrada Yunga; de igual manera se debe realizar para la margen derecha; la construcción de obras que reduzcan los efectos de nuevos huaicos en todas las torrenteras por donde cruza el canal de conducción de agua, y el reservorio de Agua potable, ya que este sistema es el único que permite el abastecimiento de agua potable a Yunga.

6. RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que deben de tomarse en cuenta a corto y mediano plazo se tienen:

1. Tener presente la alternativa de reubicar en un corto plazo las viviendas que se encuentran asentadas cerca a la quebrada o en zonas de erosión, donde ya se manifiestan daños en las edificaciones con el I.E Inicial No. 203, hacia zonas más seguras.
2. Realizar trabajos de descolmatación del cauce de la quebrada Yunga y río Tambo, los cuales permitirán que este retorne a su curso original, evitando los procesos de erosión fluvial; esto se debe complementar con la construcción de defensas ribereñas con muros de gaviones o concreto, a lo largo de toda la zona afectada, en la margen derecha de la quebrada Yunga (aprox. 250 m).
3. Medidas para controlar flujos de detritos:
 - La construcción de obras e infraestructuras que crucen los cauces de quebradas deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máximas crecidas registradas, que permitan el libre paso de huaicos, evitándose obstrucciones y represamientos, con posteriores desembalses más violentos.
 - Como medida de mitigación ante futuros huaicos en la quebrada que discurre por la calle 3 de Yunga, se deberán construir diques transversales o disipadores como presas de sedimentación escalonada en el cauce de la quebrada, los cuales servirán para disipar la energía de estos eventos y controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrear grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos.
 - Encauzamiento, limpieza y profundización de lechos de quebradas que se activan durante periodos de lluvia excepcional, que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta. El encausamiento se puede hacer por medio de la colocación de muros de concreto, enrocados o gaviones.
 - Las áreas donde se producen y además ya han sido afectadas por flujos de detritos (huaicos) antiguos y recientes, no deben de ser utilizadas para la construcción de viviendas u obras de infraestructura importante. La construcción de todo tipo de infraestructura que cruza y/o se desarrolla cerca o en el mismo cauce de quebradas por donde discurren huaicos, deben estar acompañadas de las respectivas obras de mitigación de daños posibles ante nuevas ocurrencias.
 - Evitar en lo posible la utilización del lecho fluvial como terreno de cultivo que permita el libre discurrir de los flujos hídricos.
4. Medidas que pueden ser implementadas en zonas afectadas por flujos y cárcavas:
 - El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales contruidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc.
 - Zanjias de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona.
 - Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella, y de esta manera asegurar su estabilidad, así como, la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
 - Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. También, se recomienda que las

plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.

- Evitar la quema de la cobertura vegetal.
 - Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
 - Los canales deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
 - No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece a la infiltración y saturación del terreno.
 - La remoción de la tierra, para realizar el cultivo, debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
 - En las cuencas altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
 - El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
 - Los tramos de carretera que cruzan cauces de quebradas, en donde se producen flujos, deben de ser protegidos por medio de gaviones para evitar los efectos de los huaicos y el socavamiento producido por avenidas en las quebradas. Los gaviones deben ser construidos teniendo en cuenta los caudales máximos de las quebradas y deben ser bien cimentados.
 - Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
 - Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización; en la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos.
5. Medidas para controlar procesos de erosión e inundación fluvial:
- Encauzamiento del canal principal del lecho de la quebrada Yunga y sus tributarios, con remoción selectiva de los materiales gruesos (angulosos y de cantera), que pueden ser utilizados en los enrocados y/o espigones para controlar las corrientes. Buscar asesoría técnica especializada para el diseño de este tipo de estructuras de defensas ribereñas, teniendo en cuenta los caudales máximos históricos que discurrieron por el curso de la quebrada, los flujos turbulentos que se generan durante estas avenidas, etc.
 - Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos o márgenes fluviales.
 - Evitar o prohibir la construcción de nuevas viviendas en las zonas susceptibles a erosión e inundación fluvial.
 - Analizar la realización de otras técnicas de defensas como gaviones, muros, etc.
6. Medidas para controlar procesos de derrumbes:
- Corrección por modificación de la geometría del terreno: esto se puede realizar eliminando la masa inestable o potencialmente inestable; eliminando el material de la parte superior (descabezamiento) de la masa potencialmente deslizante; construcción de escolleras en el pie del talud; y el tratamiento de taludes con escalonamientos.
 - Corrección por drenaje: este puede ser de dos tipos.
 - Superficial: Las aguas de escorrentía son evacuadas del área inestable por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a

poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podría existir.

- Profundo: La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno. Se puede hacer por medio de drenes horizontales, galerías de drenaje y zanjas con relleno drenantes.
 - Corrección por elementos resistentes: para esto se pueden emplear muros en los taludes. Para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención en el pie. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo. Los muros se pueden clasificar en tres grupos:
 - Muros de sostenimiento: se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.
 - Muros de contención: generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.
 - Muros de revestimiento: su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador. Los tipos de muros pueden ser en L, de gaviones y pantalla de pilotes.
7. En zonas afectadas por deslizamientos, donde se realizan labores agrícolas, se debe reducir al mínimo el riego, o implementar sistemas de riego tecnificado, como puede ser el riego por aspersión. En el caso de presentar asentamientos, agrietamientos se debe implementar sistemas de monitoreo en las zonas afectadas por asentamientos y grietas con el fin de determinar la existencia y velocidad de los movimientos en la masa deslizante; estos pueden estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas dentro del cuerpo deslizante, así como en una zona estable, realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos y grandes desplazamientos, se informará a la población que realiza sus actividades económicas o que vive inmediatamente debajo de los deslizamientos, para que puedan efectuar la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
8. Implementar y promover una cultura de prevención de desastres, mediante charlas y talleres de sensibilización ante peligros geológicos, en los diferentes niveles de la población afectada y alrededores.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009). Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas (UNISDR), 39 p.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (1996). Guía explicativa del mapa forestal de 1995. Lima: INRENA, 225 p.
- Instituto Nacional de Vías (1998). Manual de Estabilidad de Taludes. Geotecnia Vial. Colombia, 333 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000). Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 1. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 23, 290 p.
- Jaroslav Hylsky (1970). Erosión en cárcavas. Instituto de Geología-Academia de Ciencias de Cuba.
- Serie Oriente Nro. 07-11. Primera-Quinta Parte.
- Lipa, V., Valdivia, W., Carrasco, S. (2001). Memoria Explicativa de la Revisión Geológica del cuadrángulo de Ichuña (33-u). Escala 1:50 000. INGEMMET, 12 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (1988). Mapa de clasificación climática del Perú, escala: 1:1'000.000. Lima: SENAMHI.