

**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

INFORME TÉCNICO N° A6851

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE SICRE Y ALREDEDORES

(Distrito Huayopata, Provincia La Convención, Departamento Cusco)

Informe Preliminar

Por:

**Segundo Núñez Juárez
Luis Albinez Baca
Lucio Medina Allcca**

Diciembre, 2018



Foto: Diario El Comercio 2018



Foto: Diario Peru21 2018



Foto: Diario El Comercio 2018

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	2
3. ASPECTOS GENERALES	3
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	6
4.1 GEOLOGÍA	6
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	10
5.1 PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	10
5.1.1 FLUJOS	10
5.1.2 5.1.2 CAÍDAS	12
5.1 EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL DISTRITO DE	13
5.2 CONDICIONES ACTUALES	17
CONCLUSIONES	19
RECOMENDACIONES	20
REFERENCIAS	21

INFORME PRELIMINAR

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE SICRE Y ALREDEDORES

DISTRITO HUAYOPATA, PROVINCIA LA CONVENCION, REGION CUSCO

1. INTRODUCCIÓN

El Ingeniero Erik Cortijo Zárate, director de la Dirección de Rehabilitación, mediante Correo Electrónico, de fecha 26 de diciembre del 2018, solicita al Presidente Ejecutivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-INGEMMET, un informe preliminar del sector de Sicre afectado por huaycos ocurridos el 23 de diciembre. El director del área de Geología Ambiental y Riego Geológico (DGAR), designó al Ing. Segundo Nuñez Juárez, para que realicen el informe respectivo.

Este documento se realiza en base a la información disponible, como trabajos de campo realizados en el 2012, informes técnicos anteriores (2013), imágenes satelitales disponibles del Google Earth, etc.

Este informe se pone en consideración del Instituto Nacional de Defensa Civil-INDECI. Se basa en la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales de diferentes años, así como de la información disponible en el “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N° 3” realizado en el 2003” y del informe técnico A6635 “Peligros Geológicos en el ámbito de la Mancomunidad Municipal Amazónica” en el 2013”.

2. ANTECEDENTES

De la información disponible de peligros geológicos por movimientos en masa ocurridos dentro de la jurisdicción del distrito de Huayopata, se tiene:

- El “Estudio Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3”, elaborado por INGEMMET (2003), describe a escala regional la geología, los rasgos geomorfológicos y los peligros geológicos de tipo movimientos en masa y geohidrológicos, que ocurren en el ámbito del distrito de Huayopata, tiene:

En el mapa de peligros geológicos múltiples (estudio realizado a escala regional), parte del sector de Huayopata se encuentra dentro de las áreas denominadas como:

Peligro Muy Alto: En estas áreas se conjugan numerosos peligros geológicos; principalmente huaicos, caídas, deslizamientos, movimientos complejos, inundaciones, erosión fluvial y en algunas áreas aluviones. Terrenos con fuerte a muy fuerte pendiente. Áreas propensas a sufrir eventos naturales severos, en las cuales debe evitarse actividades de desarrollo.

Peligro Alto: Áreas donde conjugan principalmente deslizamientos, movimientos complejos, huaicos, inundaciones, hundimientos y erosión fluvial. Terrenos de

fuerte pendiente. Áreas que requieren más evaluación sobre peligros geológicos (estudios geológicos-geotécnicos), antes de iniciar la construcción de obras..

- El Informe Técnico de INGEMMET N° A6635, “Peligros geológicos en el ámbito de la Mancomunidad Municipal Amazónica”, describe los eventos producido por lluvias excepcionales caídas en el periodo lluvioso del 2013. En el informe se describe los flujos que se generaron a partir de Huayro hacia aguas abajo.
- En el mapa de peligros geológicos, muestra que las quebradas Calaquña, Sicre, Yanayacu, S/N y Choquellohuanca, han generado flujos de detritos que han llegado hasta el río Lucuma.
- En el Mapa de Susceptibilidad por Movimientos de la región Cusco, escala 1:1 000 000, elaborado por Vilchez (2017), muestra que el sector de Huayopata-Sicre, tienen grados de muy alta a alta susceptibilidad a la ocurrencia los movimientos en masa (Figura 1).

3. ASPECTOS GENERALES

Políticamente las zonas evaluadas se encuentran dentro del distrito de Huayopata, en la provincia de La Convención, región Cusco (figura 1), cuyas coordenadas UTM (WGS-84) son:

Norte: 8560000, 8566000
Este: 763000, 770000
Altitud: 1800 m s.n.m.

Morfológicamente, la zona se localiza en la cordillera Oriental, en lo que corresponde al núcleo de la “Deflexión de Abancay”; dentro de esta cadena montañosa se tiene a la denominada cordillera de Vilcabamba (Carlotto *et. al.*, 1999).

El acceso desde Lima hacia la zona estudiada se realiza por vía terrestre, desde Lima, utilizando la carretera Panamericana Sur, hasta la ciudad de Nazca, de aquí se toma el desvío hacia Cusco, que pasa por Puquio, Chalhuanca, Abancay, Anta, se desvía antes de llegar a la ciudad de Cusco hacia Cachimayo, Chinchero, Urubamba, Ollantaytambo, Abra Málaga, Huayopata y hasta llegar a Huayro-Sicre-Yanayacu.

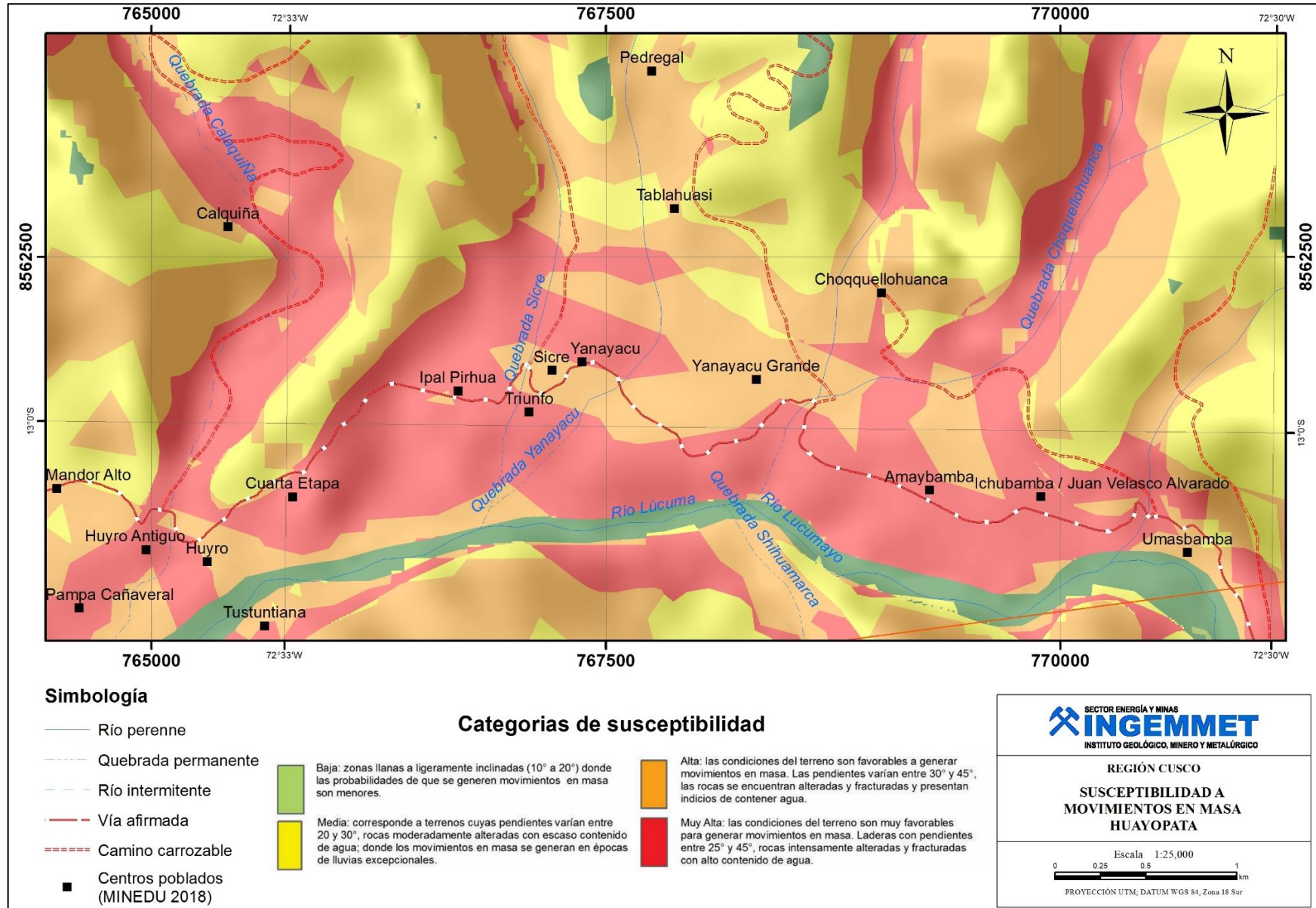


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa. Fuente: mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de la Región Cusco (2017).

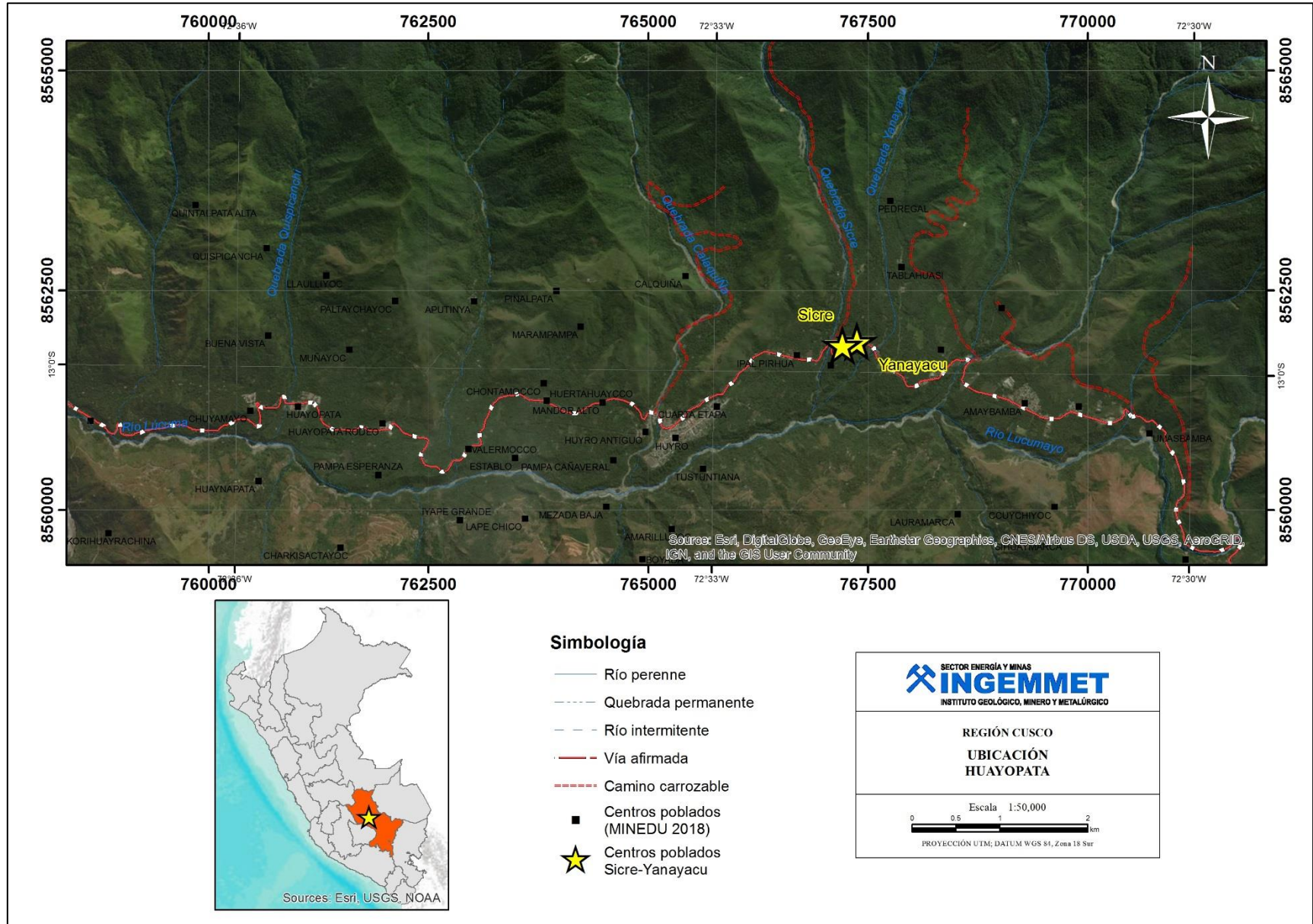


Figura 2: Ubicación del sector de Huayopata

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), el sector de Huayro, la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre – mayo) presenta 2000 mm; y para el período de precipitación acumulado durante el evento del fenómeno “El Niño” 1997/1998, fue de 1600 mm.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

4.1 GEOLOGÍA

Regionalmente el substrato rocoso en la zona, está compuesto esencialmente por rocas de edad Paleozoica, de naturaleza metamórfica, (Carlotto *et.al.*, 1999). También se tienen algunos depósitos cuaternarios; así se tienen las siguientes formaciones geológicas:

PALEOZOICO

a) Ordovícico

Grupo San José: Aflora en el extremo norte del cuadrángulo de Quillabamba, entre las quebradas Calaquiña, Sicre, Yanayacu, y Choquellohuanca. Está compuesto por pizarras, esquistos grises, verdes y negros con pirita diseminada y cristalizada, micaesquistos, cuarcitas, metafilitas, hornfels de cordierita y granate, cuarzo-grauvaca y lutitas bandeadas.

En el contacto con intrusivos permo-triásicos se puede ver algunos minerales de metamorfismo de contacto, como la andalucita. La parte superior del Grupo San José es más arenosa e indica el paso transicional a la Formación Sandía. Las pizarras y esquistos se hallan fuertemente foliadas.

Formación Sandía (Os-s): Aflora en la parte superior de las quebradas mencionadas y en contacto con cuerpos intrusivos. Litológicamente esta conformado por una secuencia de cuarcitas, metacuarcitas a veces laminada, pizarras y microconglomerados. Cerca al contacto con los intrusivos, se presentan hornfels, que se han producido por el metamorfismo de contacto.

b) Depósitos superficiales (recientes)

Dentro de estos depósitos se puede diferenciar:

Depósitos coluviales (Qr-col): Son depósitos de talud y de ladera, se componen de gravas y bloques subangulosos a angulosos, con una matriz arcillo-limosa, poco o nada consolidados, localizados al pie de las laderas de montañas en los valles de los ríos Lúcumá.

Depósitos aluviales (Qr-al): Corresponden a los depósitos del Cuaternario, que se distribuyen en ambas márgenes a lo largo de valle del río Lúcumá. Se componen de gravas y bloques, redondeados, envueltos en una matriz limo-arenosa, formando terrazas aluviales.

Depósitos fluviales (Qr-fl): Se encuentran formando parte del curso actual del río Lúcumá, se tienen bolos, gravas, arenas y limos, con formas redondeadas a subredondeadas, que son periódicamente acarreadas por el curso del río en avenidas.

Depósitos proluviales (Qh-pr): Conformados por fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.), con relleno arcillo-limoso depositados como conos de deyección en la confluencia de quebradas, tributarias al curso principal del río Lúcumá (foto 1).

c) **Rocas intrusivas**

Se les encuentra en la cordillera Oriental y particularmente en la cordillera de Vilcabamba; se emplazaron durante el Permiano Superior-Triásico Inferior.

En la zona estudiada se presentan en las nacientes de las quebradas, son extensos cuerpos de rocas intrusivas graníticas a granodioríticas, que intruyen a rocas del Paleozoico inferior y superior; tienen forma alargada en dirección ONO-ESE.



Foto 1: Depósito proluvial que forma un abanico en la confluencia de la quebrada Calaquíña al río Lúcumá, sector de Huayopata (Foto: Vilchez 2013).

4.2 GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio se encuentra emplazada morfoestructuralmente en la Cordillera Oriental, la cual es disectada por el curso de varios ríos que drenan en diferentes direcciones, tenemos el río Lucuma. Este río en su recorrido atraviesa la secuencia de rocas de edad paleozoica, tipo metamórficas de edad pérmica. El área estudiada presenta una topografía accidentada, donde se tienen las siguientes geoformas:

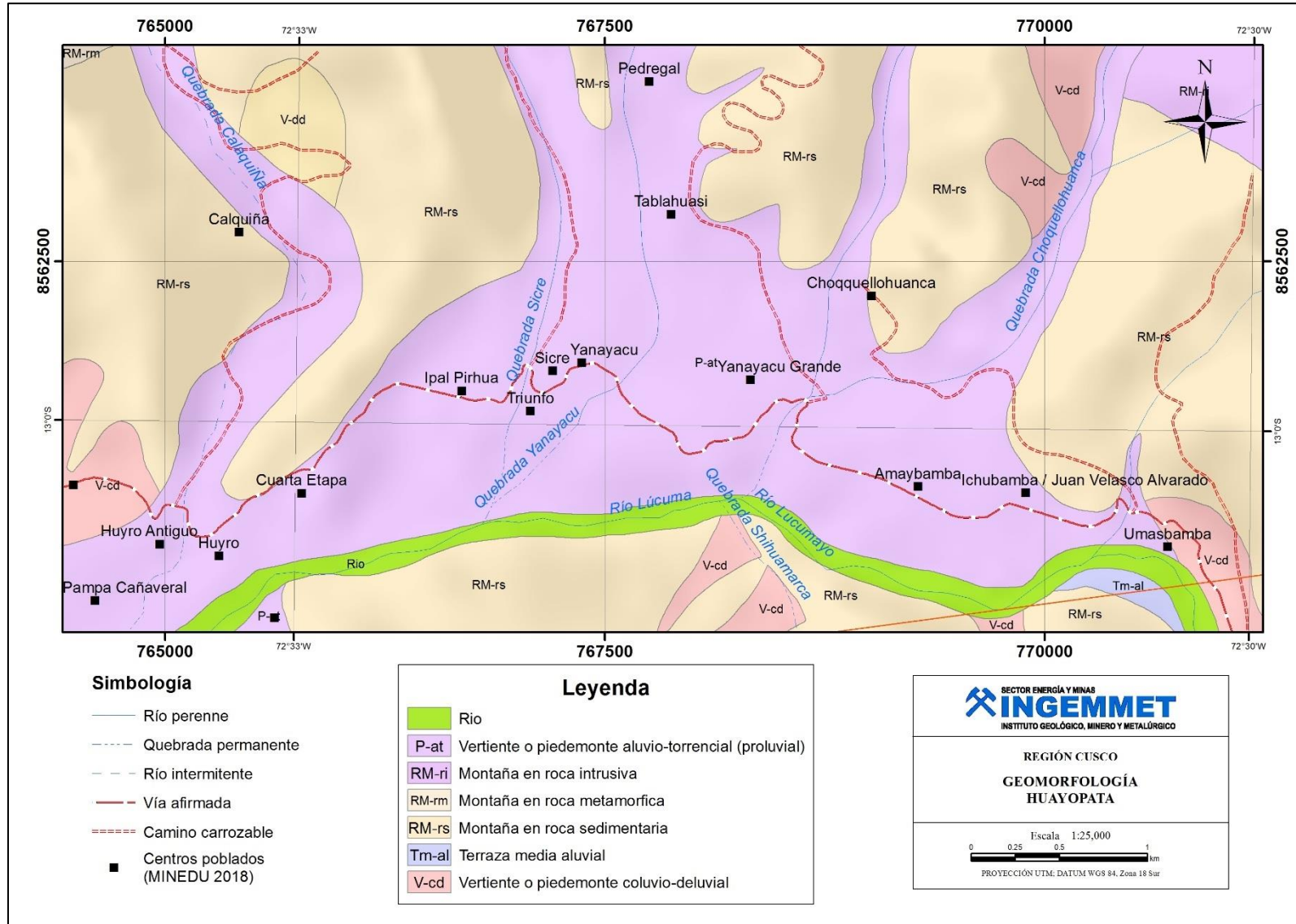


Figura 3: Unidades Geomorfológicas (tomado de Vilchez 2017).

- Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional

Relieve montañoso en roca intrusivo (RM-ri).

Representadas por relieves montañosos modelados en rocas intrusivas (cordillera Oriental), las laderas pueden alcanzar pendientes superiores a los 30°.

Relieve montañoso en relieve sedimentario (Rm-rs).

Representadas por cuarcitas y areniscas, presenta relieves abruptos, las laderas presentan pendientes hasta de 30°.

- Geoformas de carácter deposicional y agradacional, representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, se tiene:

a.- *Piedemontes (V-cd):*

Localizados al pie de las laderas, resultantes de la acumulación de material caído desde las partes altas, por acción de la gravedad, también por flujos de detritos no canalizados, o una combinación de ambos procesos. Estos han originado el cambio de dirección del curso de las quebradas.

b.- *Abanicos aluvio-torrenciales (P-at):*

Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos de detritos (huaicos), modifican localmente la dirección de los cursos de ríos. Forman abanicos en las confluencias de las quebradas Calaquiña, Sicre, Yanayacu y Choquellohuanca hacia el río Lúcumá. La gran mayoría de estas geoformas están ocupadas por centros poblados importantes.



Foto 2: Abanicos aluvio-torrenciales formados por los sucesivos huaicos que acarrearán las quebradas Sicre, Yanayacu y Choquellohuanca, se depositan en la margen derecha del río Lúcumá. Estos abanicos son ocupados por varios poblados.

d.- *Terrazas aluviales (Tm-al):*

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a mayor altura, a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Se define el “peligro” como un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2009).

Peligro geológico, es un proceso o fenómeno geológico que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Estos incluyen procesos terrestres internos, tales como terremotos, actividades y emisiones volcánicas, y procesos externos como el de movimiento de masas (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2009).

Para un mejor entendimiento y desarrollo del estudio, se presenta primero un marco teórico general, que permitirá tener una visión más clara de los eventos evaluados.

Posteriormente se explica a manera resumida los tipos de peligros identificados (peligros por movimientos en masa, peligros geohidrológicos y otros peligros geológicos); se describen también los daños causados y se presentan las recomendaciones sugeridas para afrontar sus efectos.

5.1 PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

La información disponible en estudios anteriores de la ocurrencia de movimientos en masa, la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales de diferentes años y el análisis de información obtenida, permitió determinar que los peligros geológicos por movimientos en masa que ocurren en la zona como flujos de detritos (huaicos) y caídas.

5.1.1 FLUJOS

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Se tienen los siguientes tipos según Varnes (1978), Hungr et al. (2001), Hungr (2005):

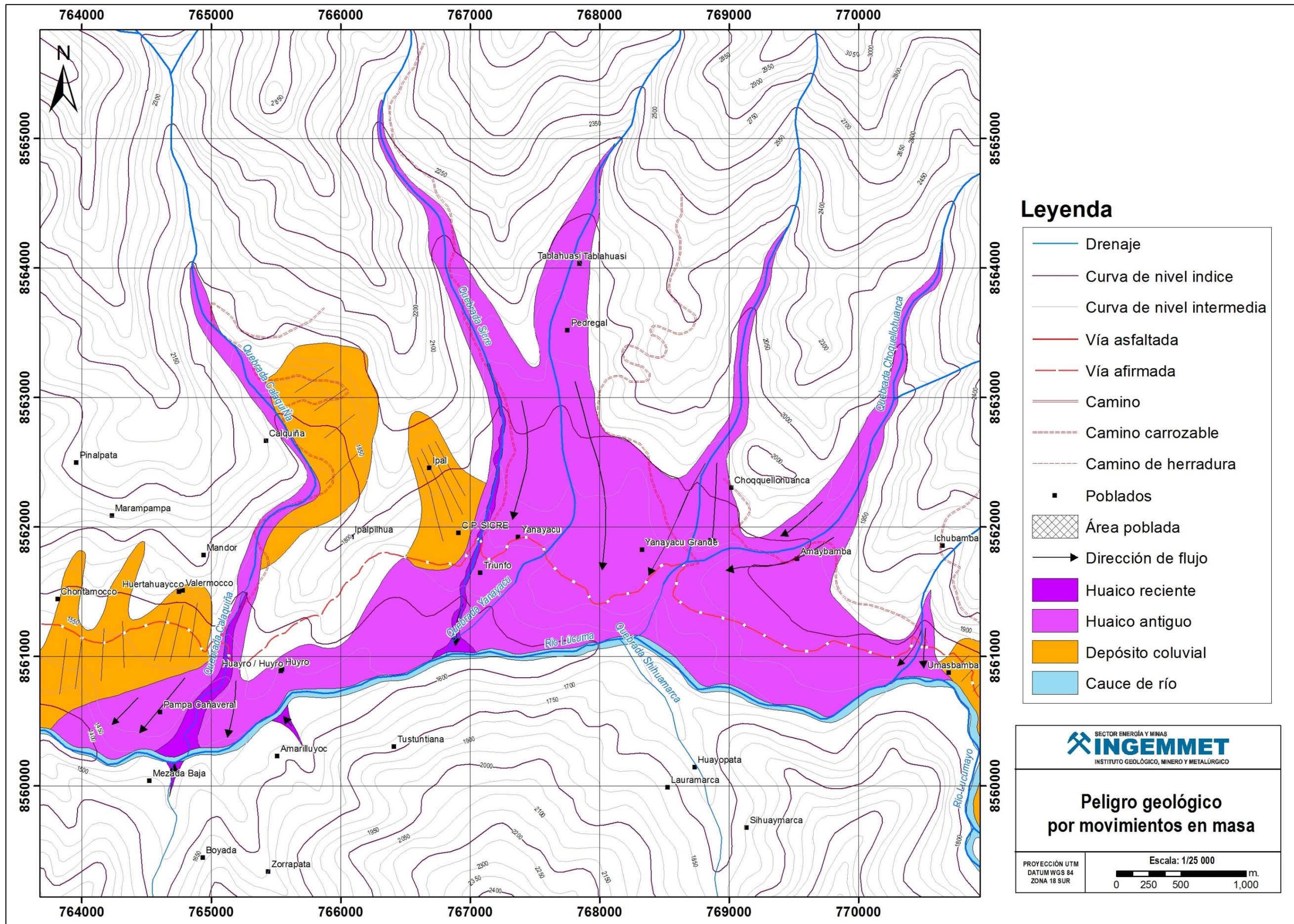


Figura 4: Mapa de peligros geológicos del sector de Huayro-Sicra-Yanayacu- Amaybamba (Tomado de Vilchez 2013)

- Flujo de detritos (Debris flow): Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5 %), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de “U”, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo (figura 7).

La mayoría de flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hung, 2005).

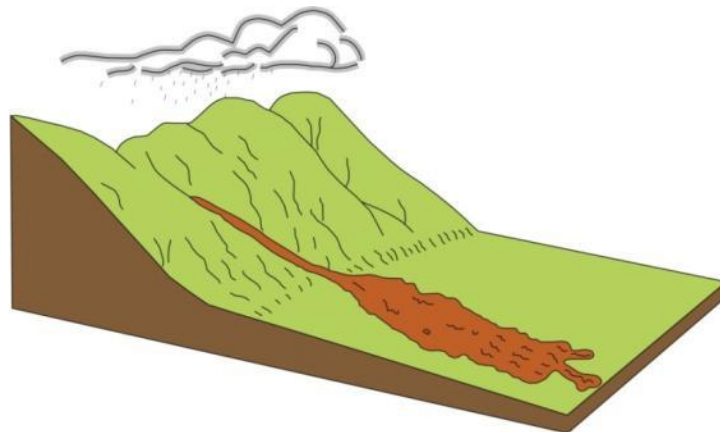


Figura 5: Esquema de un flujo de detritos (huaico).

5.1.2 5.1.2 CAÍDAS

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como, del material involucrado, las caídas se subdividen en tres tipos principales: aludes, caída de rocas y derrumbes.

- Aludes: son desprendimientos violentos de un frente glaciar (hielo/nieve) acompañando algunas veces el substrato rocoso y/o fragmento detrítico (morrenas), que ocurren en áreas de montañas glaciares.
- Caída o desprendimiento de rocas: ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales asociadas a litologías de diferente naturaleza (sedimentarias, ígneas y metamórficas), sujetas a fuerte fracturamiento (o foliación), así como en taludes al efectuarse cortes en laderas para obras civiles (carreteras y canales) (Figura 6). Este tipo de evento se tienen en la quebrada Calaquña.
- Derrumbes: son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de rocas sedimentarias, esquistos y depósitos poco consolidados (figura 6).

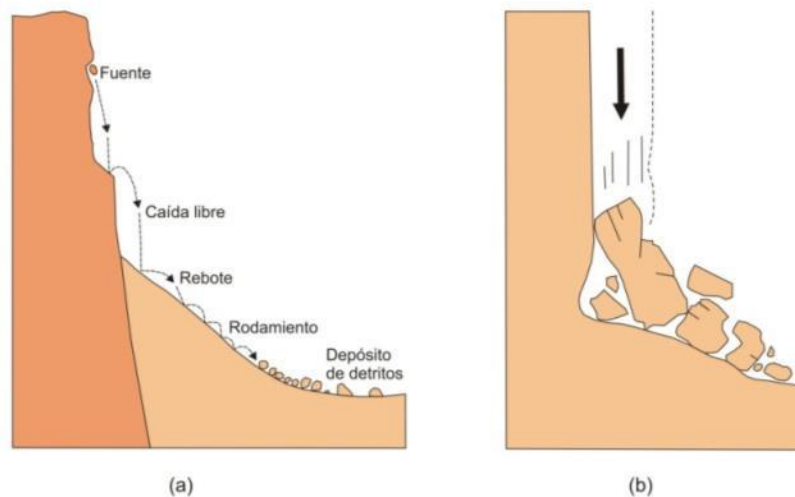


Figura 6: Esquema de caída de rocas (a) y de derrumbe (b).

5.1 EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL DISTRITO DE HUAYOPATA

Se presenta a continuación una descripción de los peligros geológicos por movimientos en masa, identificados en el poblado de Huyro

El sector de Huyro, se ubica en las coordenadas UTM-WGS 84, 8560915 N y 765213 E, 1569 m s.n.m., a la margen derecha del río Lúcumá. Parte de la zona urbana de Huyro se localiza dentro del abanico proluvial de la quebrada Calquiña, la cual es

afectada de forma excepcional por flujo de detritos (huaicos), que comprometen la seguridad física de las viviendas que se ubican cerca de su cauce (Vilchez y Sosa 2013).

Según Vilchez 2013, los factores condicionantes y detonantes del flujo de Huyro fueron:

- La morfología o forma de la quebrada de valle fluvial en “V”, en estado juvenil, con vertientes de laderas pronunciadas.
- La pendiente promedio longitudinal del curso de la quebrada Calquiña en su tramo superior donde se produjeron los derrumbes alcanza los 28°.
- El substrato rocoso presente en la zona: La cuenca alta donde se inició el evento está conformada por rocas intrusivas de tipo granito, en la cuenca media y baja se tienen afloramientos de esquistos, filitas y cuarcitas del Grupo San José y la Formación Sandía.
- El fracturamiento presente en las rocas que afloran en la quebrada, permite la infiltración de la precipitación pluvial, que humedece los suelos y produce esfuerzos hidrostáticos en la fracturas.
- La actividad biológica de las raíces de los árboles, que se introducen y crecen entre las fracturas de la roca, abriéndolas (meteorización biológica), permitiendo el ingreso de las aguas de precipitación pluvial o escorrentía superficial.
- La ocurrencia de otro peligro geológico primigenio, en este caso derrumbes que aportaron material suelto a la quebrada, posiblemente originaron represamientos, que posteriormente se rompieron y formaron el flujo de detritos (huaico).
- La ocupación del territorio sin una debida planificación. Es posible encontrar viviendas asentadas sobre el abanico proluvial antiguo y al borde del cauce de la quebrada Calquiña, condición que presentaban las viviendas afectadas por el huaico; condición que persiste en la actualidad.
- Entre los detonantes del deslizamiento se tienen:
 - Las precipitaciones pluviales intensas, consideradas excepcionales, caídas en la zona durante la presente temporada de lluvias.
 - Como consecuencia de las intensas precipitaciones, el caudal de la quebrada Calquiña aumentó considerablemente, aumentado también su carga de materiales por ende su poder erosivo.

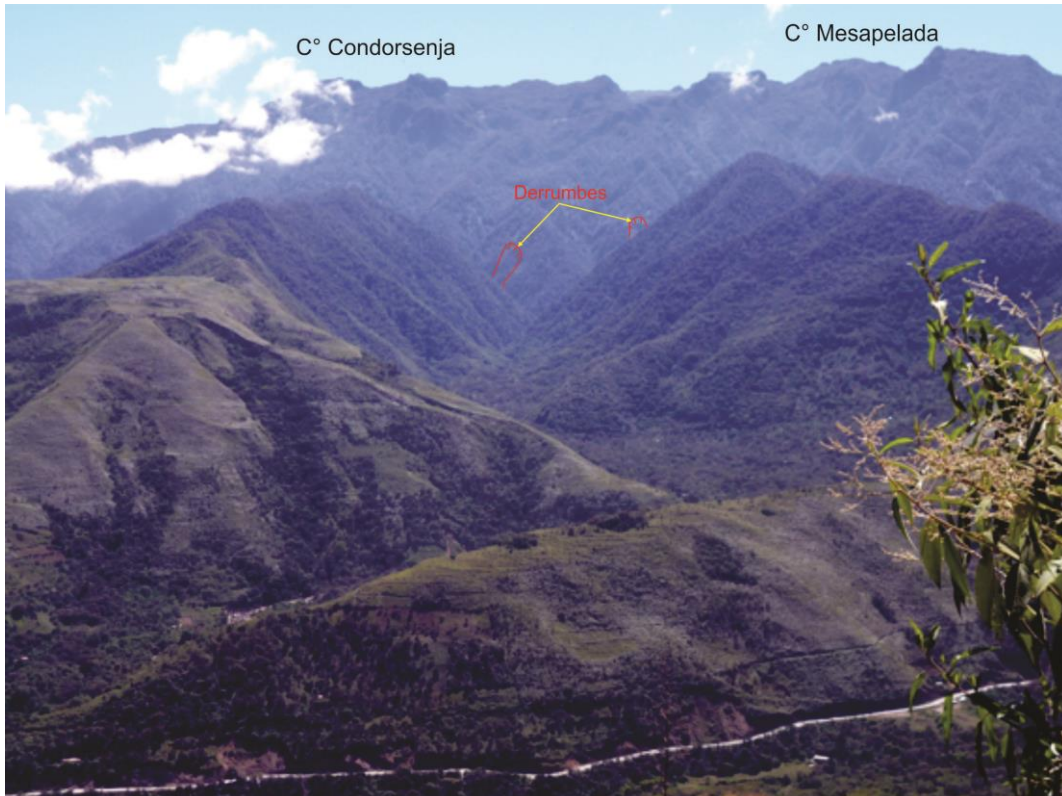


Foto 3: Vista panorámica de la quebrada Calquiña, es posible observar el perfil en "V" del valle, y las laderas de pendiente fuerte; se ha resaltado también la zona donde se produjeron los derrumbes que originaron el posterior huaico (Foto Vilchez 2013).



Foto 4: Ancho del cauce de la quebrada Calquiña de 30 m, donde se puede observar el material gravoso, los bolos y bloques que han quedado en el cauce. En este punto el huaico destruyó un puente peatonal (Foto Vilchez 2013).

Daños causados:

- Dejo un saldo de cinco personas muertas.
- Destruyó 33 viviendas en el barrio antiguo de Huyro.
- Destruyó cuatro puentes peatonales y uno carrozable, destruyó un vehículo.
- Pérdida de terrenos de cultivo.
- Enterró puente carrozable, el cual fue recuperado posteriormente.
- El represamiento y desviación del curso del río Lúcumá hacia su margen izquierda provocó erosión en el talud inferior de carretera y la destrucción de una vivienda.



Foto 5: Daños en viviendas ubicadas cerca del cauce de la quebrada Calquiña (Foto Vilchez 2013).

5.1.1 POBLADO DE SICRE

El sector de Sicre, se ubica en las coordenadas UTM-WGS 84, 8561948 N y 767108 E, 1700 m s.n.m., en la margen derecha del río Lúcuma.

Este se localiza dentro del abanico proluvial de la quebrada Sicre, donde se han generado flujos de detritos excepcionales (huaicos), que comprometieron la seguridad física de las viviendas.

Según el reporte complementario N°1275-26/12/2018/COEN-INDECI/10:40 HORAS (Reporte N°09). Precipitaciones pluviales en el Distrito de Huayopata-Cusco, menciona que el 21 de diciembre de 2018 a las 15.30, por las precipitaciones intensas detonaron un flujo de detritos (huaico) afectando vida y salud, locales públicos y vías de comunicación en el distrito de Huayopata. Código SINPAD 00097414.

Por la comunicación que se tienen entre el Poblado de Sicre e INDECI, mencionan que, en la cuenca media y alta, es posible que se halla formado un derrumbe, el cual alimentó con material suelto al cauce de la quebrada, esto generó el huaico ocurrido el 21 de diciembre.

Por las condiciones climáticas actuales, que generan lluvias intensas, es muy probable que la parte media y alta de la microcuenca se estén desencadenando nuevos derrumbes o deslizamientos, que están alimentado con material suelto a la quebrada, en caso de un represamiento intempestivo, su desembalse puede generar un flujo de detritos, esto afectaría las viviendas que se encuentren en la desembocadura de la quebrada.

Factores condicionantes y detonantes:

Las condiciones geológicas, geomorfológicas, litología, hidrogeológicas, calidad del macizo rocoso, y condiciones antrópicas; son similares a los factores mencionados para la quebrada Calquiña, son muy similares para las quebradas Sicre, Yanayacu y Choquellohuanca.

5.1.2 DAÑOS CAUSADOS por los huaicos

Las quebradas que se activaron el 21 de diciembre fueron Sicre y Choquellohuanca, originando flujos de detritos, en la primera hay dos fallecidos, viviendas destruidas y destruyó un puente de red vial departamental; el segundo destruyó el puente de la Red Vial Nacional Quillabamba-Huarcapay.

5.2 CONDICIONES ACTUALES

Las condiciones actuales, como rocas de mala calidad (fracturamiento y meteorización), pendiente del terreno, suelo susceptible a ser removido; más las lluvias intensas que hay actualmente, es muy probable se sigan generando nuevos movimientos en masa, como huaicos, por lo que se recomienda reubicar a la población.

Según Vilchez (2013), el área entre Huayro-Sicra-Yanayaco está catalogada como zona crítica por peligro geológico, puede ser afectada por flujos de detritos, deslizamientos y derrumbes.

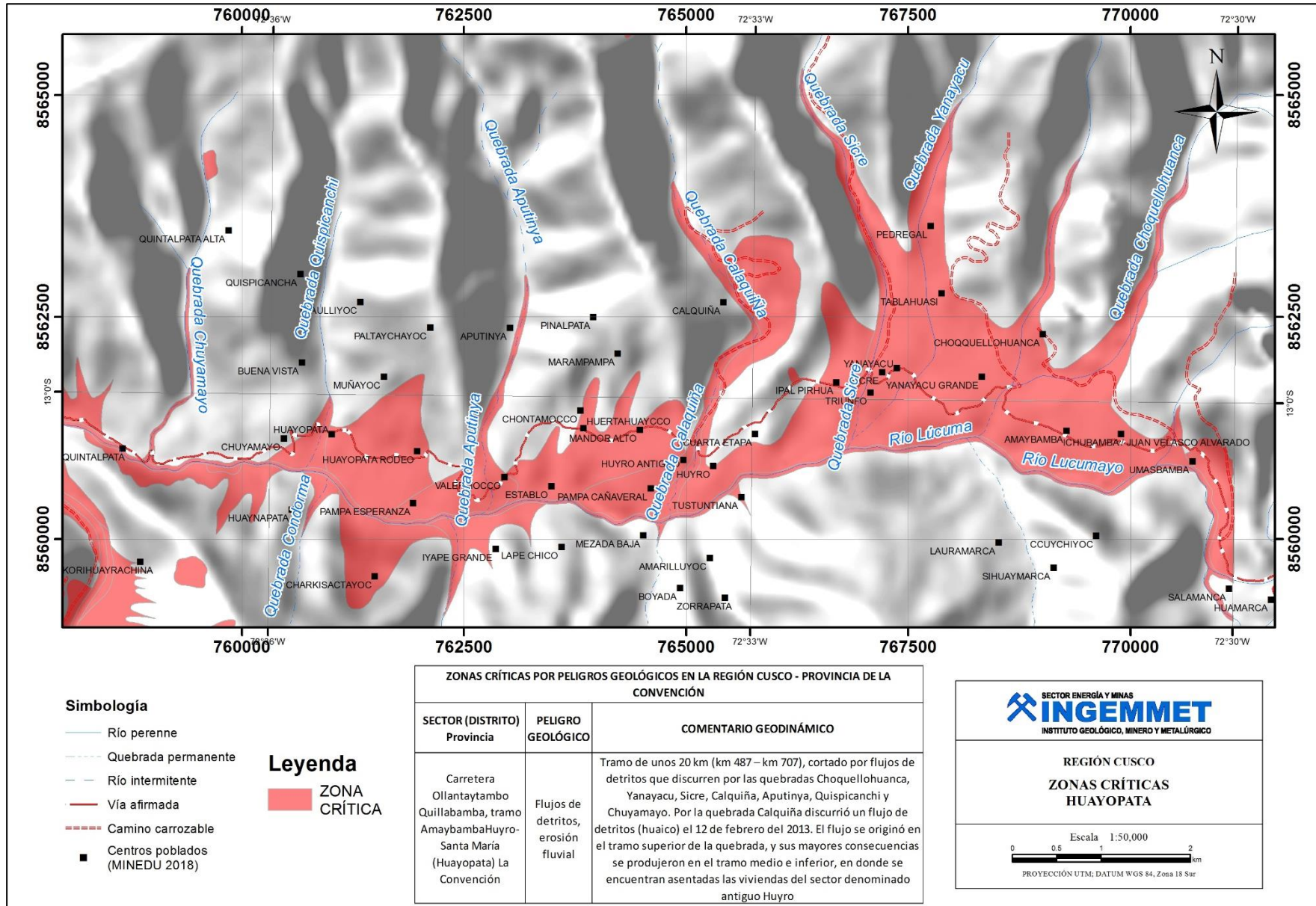


Figura 7: Mapa de zona Crítica por peligro geológico del sector de Huayopata (Tomado de Vilchez 2015)

CONCLUSIONES

- a) Las lluvias intensas generadas en diciembre 2018, han generado dos ocurrencias de flujos de detritos (huaicos) en las quebradas Sicra y Choquellohuanca; estos eventos ocurrieron el 21 de diciembre. En el primer evento murieron dos personas, destruyó y afectó viviendas; también, destruyó el puente Iyate de la Red Vial Departamental; el segundo al puente Amaybamba de Red Vía Nacional.
- b) En la evaluación de peligros geológicos realizada por INGEMMET en el 2013, se identificó ocurrencias de flujos de detritos en las quebradas Colaquiña, Yanayacu, Sicra y Choquellohuanca; los mismos que fueron catalogada como zona crítica.
- c) Substrato rocoso está compuesto por rocas metamórficas de tipo cuarcitas, gneis, esquistos, filitas, pizarras y lutitas bandeadas; rocas intrusivas como granitos y granodioritas y depósitos superficiales. Estas en su mayor parte son rocas de mala calidad, debido a su alto grado de fracturamiento o foliación, alteración y meteorización física, biológica; hasta fragmentadas en algunos casos.
- d) Las geoformas presentes en el área, son de carácter tectónico-degradacional y erosional, representadas por relieves montañosos modelados en rocas intrusivas y metamórficas; y geoformas de carácter deposicional y agradacional conformados por piedemontes, abanicos, terrazas y llanura de inundación.
- e) Los factores que condicionaron la ocurrencia de los eventos en las quebradas Sicre y Choquellohuanca fueron:
 - La morfología o forma de las quebradas de valles en “V”, juveniles, con vertientes de laderas pronunciadas.
 - La pendiente del curso de las quebradas en las partes media y alta, llega hasta los 28°.
 - En la cuenca alta de las quebradas aflora rocas intrusivas de tipo granito; en la cuenca media y baja se tienen rocas esquistosas, filitas y cuarcitas del Grupo San José y de la Formación Sandía, que son de mala calidad, susceptibles a movimientos en masa.
 - El fracturamiento en las rocas permite la infiltración del agua proveniente de la precipitación pluvial, humedece los suelos y produce esfuerzos hidrostáticos en la fracturas y aumento de peso de la masa inestable.
 - La actividad biológica de las raíces de los árboles, que se crecen entre las fracturas de la roca, se introduce y las abren (meteorización biológica), permitiendo el ensanche de la fractura e ingreso de las aguas de precipitación pluvial o escorrentía superficial.
 - Ocupación del territorio sin planificación, por ello se tienen viviendas asentadas sobre abanicos proluviales antiguos o al borde del cauce de las quebradas.
 - Intensa deforestación de la vegetación primaria en las laderas de la cuenca baja y media. Permite el deterioro de los suelos.
- f) El área comprendida entre los poblados de Huayro-Sicre-Yanayaco-Amaybamba, por las condiciones geológicas y morfológicas actuales del terreno,

es inestable. Por lo tanto, se considera como **Zona Crítica, de peligro muy alto a eventos por movimientos en masa, de Peligro Inminente** ante lluvias intensas y/o excepcionales.

RECOMENDACIONES

- a) Por las condiciones de inestabilidad presentes en la zona, es necesario la reubicación de la población de Sicre.
- b) La población de Yanayacu, debe observar el comportamiento del caudal de la quebrada, en caso de una interrupción del volumen de agua, es necesario su evacuación inmediata; porque es muy probable que se formando un huaico.

REFERENCIAS

Carlotto, V., Cardenas, J., Romero, D., Valdivia, W., & Tintaya, D. (1999)- Geología de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu. Hojas: 26-q y 27-q. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 127, 319 p.

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 Defensa Civil (2018). Precipitaciones pluviales en el distrito de Huayopata-Cusco. Reporte Complementario N° 1275-26/12/2018/COEN_INDECI/10:40 Horas (Reporte N°9). 19 p.

Instituto Nacional de Recursos Naturales (1996)- *Guía explicativa del mapa forestal 1995*. Lima: INRENA. 225 p.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003)- Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 3. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 28, 373 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.

Sanchez, A., & Zapata, A. (2003)- Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Río Picha (25-p), Timpia (25-q), Chuanquiri (26-p), Quillabamba (26-q), Quebrada Honda (26-r), Parobamba (26-s), Pacaypata (27-p), Machupicchu (27-q), Urubamba (27-r), Calca (27-s). Lima: INGEMMET. 44 p.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (1988)– Mapa de clasificación climática del Perú, escala: 1:1'000.000. Lima: SENAMHI.

Valderrama, L., Montenegro, E. & Galindo, J. (1964) Reconocimiento Forestal del departamento de Cundinamarca. Bogotá: IGAP. 86 p.

Vilchez, M. & Sosa, N. (2013)- Riesgo geológico en la Región Cusco. Inédito INGEMMET. Proyecto de Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

Vilchez, M. & Sosa, N. (2018)- Peligros geológicos en el ámbito de la Mancomunidad Municipal Amazónica. Provincia La Convención, Región Cusco. INGEMMET Informe técnico N° A6635. 85 p.