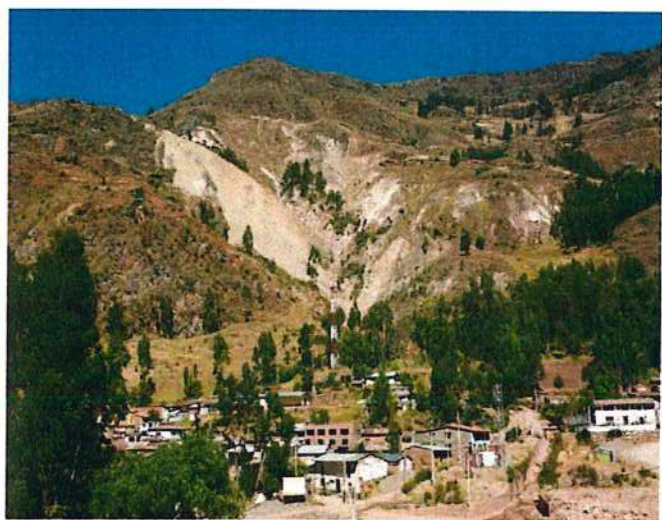


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A6926**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA PUCA PUCA

Región Huancavelica  
Provincia Huancavelica  
Distrito Acoria



AGOSTO  
2019

## ÍNDICE

1. RESUMEN .....	2
2. INTRODUCCIÓN .....	2
2.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	3
2.2. ESTUDIOS ANTERIORES .....	3
3. GENERALIDADES .....	4
3.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD .....	4
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	5
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS .....	7
4.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL .....	7
4.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL .....	8
5. ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	10
5.1. UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS .....	10
6. PELIGROS GEOLÓGICOS .....	15
6.1. CONCEPTOS BÁSICOS .....	15
6.1.1. DESLIZAMIENTOS .....	15
6.1.2. DERRUMBES .....	16
6.1.3. FLUJOS .....	17
6.1.4. CÁRCAVAS .....	18
7. DESLIZAMIENTOS EN LA QUEBRADA PUCA PUCA .....	19
7.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DESLIZAMIENTOS .....	19
8. DERRUMBES EN LA QUEBRADA PUCA PUCA .....	24
8.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DERRUMBES .....	24
9. CÁRCAVAS EN LA QUEBRADA PUCA PUCA .....	26
9.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁRCAVAS .....	26
10. FLUJOS DE DETRITOS Y LODO EN LA LOCALIDAD DE ACORIA .....	29
10.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS) .....	31
11. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA .....	34
11.1. DRENAJE SUPERFICIAL .....	34
12. CONCLUSIONES .....	38
13. RECOMENDACIONES .....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA PUCA PUCA

(Distrito Acoria, provincia Huancavelica, departamento Huancavelica)

## 1. RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la quebrada Puca Puca y la localidad de Acoria. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología.

La localidad de Acoria es afectada por peligros geológicos tipo flujo de detritos y lodo, estos eventos se producen desde marzo de 1963. En la quebrada Puca Puca se identificaron movimientos en masa tipo deslizamientos, flujo de detritos, derrumbes y cárcavas, estos dos últimos aportan material al cauce de la quebrada que es canalizado hasta su desembocadura en el río Ichu; los flujos de detritos y lodo, generados en los meses de lluvias, afectan viviendas, carreteras y la vía férrea.

Entre los factores condicionantes que originaron los peligros geológicos identificados, se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno, la composición litológica y calidad del substrato rocoso, así como el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica. Las precipitaciones pluviales extraordinarias fueron el factor desencadenante que originaron dichos eventos. También es importante considerar la exposición por la ocupación urbana no planificada.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas y los antecedentes históricos, la localidad de Acoria es considerada como Zona Crítica, de peligro muy alto por deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

Finalmente, se brindan medidas de prevención y mitigación, viables técnica y económicamente por la población y sus autoridades, para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a los peligros geológicos. Estas propuestas de solución se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias de los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

## 2. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus distintas funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología; que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la

gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines y reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional.

El Gobierno Regional de Huancavelica, a través del gobernador regional Maciste Alejandro Díaz Abad, mediante Oficio N° 367-2019/GOB.REG.HVCA/GR de fecha 29 de abril, solicitó al INGEMMET la realización de un estudio técnico-científico en la quebrada Puca Puca, ubicada en el distrito de Acoria, provincia y región de Huancavelica. Previamente, el director regional de la Oficina Regional de Defensa Nacional, Seguridad Ciudadana, Gestión de Riesgo de Desastres y Desarrollo Sostenible, mediante oficio N° 341-2019/GOB.REG.HVCA/GR-ORDNSCGRDyDS de fecha 29 de abril, solicitó al Gobierno Regional de Huancavelica realizar el trámite correspondiente para el mismo fin.

Para la evaluación de los peligros geológicos en la quebrada Puca Puca, el INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso una brigada especializada para que evalúe las zonas afectadas. La brigada estuvo conformada por los profesionales Manuel Vílchez y Julio Lara para realizar la inspección técnica. Los trabajos de campo se realizaron el día 3 de julio del presente año.

La evaluación técnica, se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales, preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos (fotografías y puntos de control con GPS), cartografiado geológico y geodinámico en campo, y finalmente la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone en consideración del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

## **2.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

- Realizar la evaluación geológica-geodinámica en la quebrada Puca Puca ubicada en el distrito de Acoria, provincia y región de Huancavelica.
- Determinar las causas de origen de los peligros geológicos.
- Recomendar acciones que permitan mitigar los peligros identificados.

## **2.2. ESTUDIOS ANTERIORES**

Los estudios realizados con anterioridad que tratan aspectos señalados en el presente informe son:

- "Informe sobre los derrumbes de tierras en el Cerro PucaPuca" (García & Vargas, 1964). Concluye que los huaicos que se originaron en la quebrada

Acoria pueden causar graves daños a la población y que los huaicos se producen debido a las fuertes lluvias, que tienen lugar en las partes altas del pueblo (Cerro Puca Puca) donde se forman los torrentes que se precipitan por la quebrada Acoria removiendo el material suelto de los derrumbes. Finalmente, recomiendan construir canales de drenaje, la limpieza de la quebrada Acoria y reforzar con muros de contención ambas márgenes, reforestar las áreas donde se producen los derrumbes y construir obras de defensa en el río Ichu para evitar inundaciones.

- “Estudio de riesgos geológicos del Perú-Franja N° 3” (Dirección de Geología Ambiental, 2003). Este estudio comprende parte de los departamentos de Lima, Ica, Ayacucho, Huancavelica, Cusco, Puno y Madre de Dios. En la región de Huancavelica identificaron centros poblados en sectores críticos, ubicados en los distritos de Pomacocha, Lircay, Quito Arma, Arma, Anco, entre otros y que son afectados por peligros geológicos tipo: deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos, movimientos complejos (deslizamiento-flujo), erosión e inundación fluvial. Según este estudio el centro poblado de Acoria se ubica sobre áreas sujetas a flujos de lodo y huaicos, con un riesgo alto a estos peligros. Finalmente, plantean medidas de prevención y mitigación para las zonas afectadas por los diferentes peligros geológicos.
- “Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica” (Vílchez & Ochoa, 2014). El informe técnico detalla la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa (deslizamientos, flujos de detritos, etc.), peligros geohidrológicos (inundación y erosión fluvial) y los denominados otros peligros geológicos (hundimientos y erosión de laderas). En la región Huancavelica identificaron 1740 ocurrencias de peligros geológicos, entre las que destacan con un mayor número de ocurrencias los derrumbes, flujos de detritos, caídas de rocas, deslizamientos, etc. También identificaron 45 zonas críticas en toda la región Huancavelica. Según este trabajo el sector Acoria-Mariscal Cáceres (Distrito de Acoria) es considerada una zona crítica por erosión fluvial, derrumbes-flujos y deslizamientos rotacionales. En Acoria identificaron varios flujos de detritos que cortan la carretera, uno de ellos cruza por el medio del poblado de Acoria, la cual fue parcialmente canalizada con muros de concreto. Finalmente, recomiendan el encausamiento de las quebradas, la colocación de diques transversales a los cauces de quebradas y mantener limpio el cauce de las quebradas.

### **3. GENERALIDADES**

#### **3.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD**

La quebrada Puca Puca se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Ichu. Políticamente pertenece al distrito de Acoria, provincia Huancavelica, región Huancavelica; en las coordenadas centrales UTM (WGS 84-Zona 18 Sur), figura 1:

Quebrada	Coordenada N	Coordenada E	Altitud
Puca Puca	8 602 075	514 554	3377 m s.n.m.

El acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima, es por vía terrestre, para ello se debe seguir la siguiente ruta: Lima-Matucana-La Oroya-Jauja-Huancayo-Izcuchaca-La Mejorada-Carpas-Conchán-Lirio-Acoria, por un tiempo estimado de 9 h 35 min, a través de 409.9 km aproximadamente.

Ruta	Km	Tipo de transporte	Tiempo
Lima-Matucana-La Oroya-Jauja-Huancayo-Izcuchaca-La Mejorada-Carpas-Conchán-Lirio-Acoria	409.9	Vía terrestre	9 h 35 min

### 3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

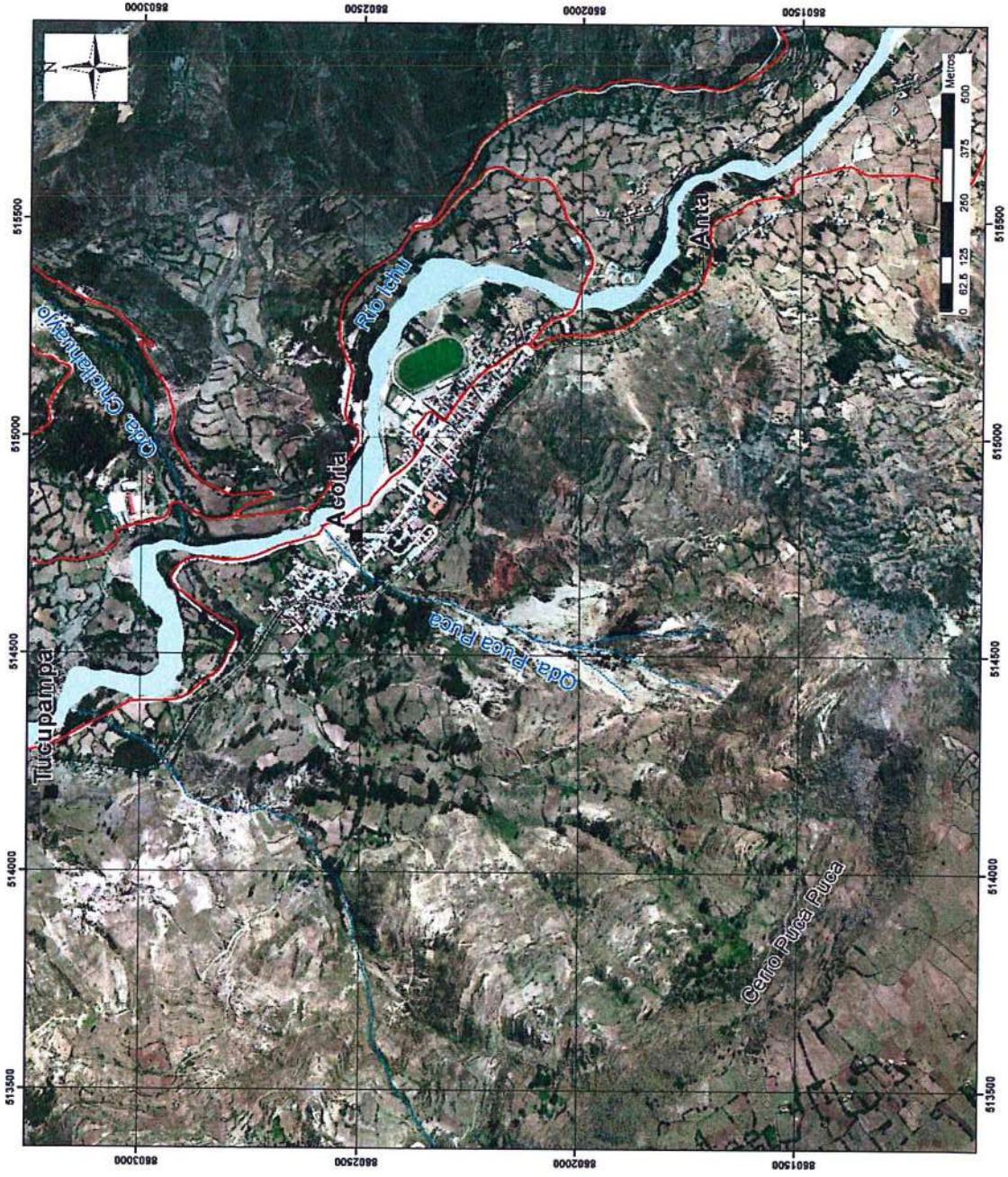
La zona de estudio está situada en el piso altitudinal entre 2 300 a 3 500 m s.n.m. Se ubica en la margen izquierda del río Ichu.

El clima aquí es generalmente cálido y templado. En comparación con el invierno, el verano tiene mucha más lluvia. La temperatura media anual se encuentra a 12.4 °C y la precipitación media aproximada es de 607 mm.

El mes más caluroso del año es noviembre con una temperatura media de 13.5 °C, mientras que julio es el mes más frío del año con 10.4 °C en promedio.

La precipitación más baja se produce en junio, con un promedio de 7 mm, mientras que, en marzo, la precipitación alcanza su pico más alto, con un promedio de 115 mm.

Entre los meses más secos y más húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 108 mm. La variación en la temperatura anual está alrededor de 3.1 ° C (Fuente: Climate-Data.org).



**SIMBOLOGÍA**

	Centro poblado
	Quebrada
	V/a
	V/a_ferrea
	Rio



Figura 1. Ubicación de la quebrada Puca Puca al suroeste de la localidad de Acorita

#### 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en la zona de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión o denudación y sedimentación o acumulación. Las geoformas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) Montañas, 2) piedemontes y 3) planicie. Ver cuadro 1.

Se tomó en cuenta para la clasificación de las unidades geomorfológicas, la publicación de Villota (2005).

Cuadro 1. Unidades geomorfológicas identificadas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Sub unidad
Montaña	Montaña en roca sedimentaria (RM-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Sub unidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)
	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
Planicie	Terraza aluvial (T-al)
	Terraza fluvial (T-fl)

##### 4.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

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

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

##### **Unidad de montaña**

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada

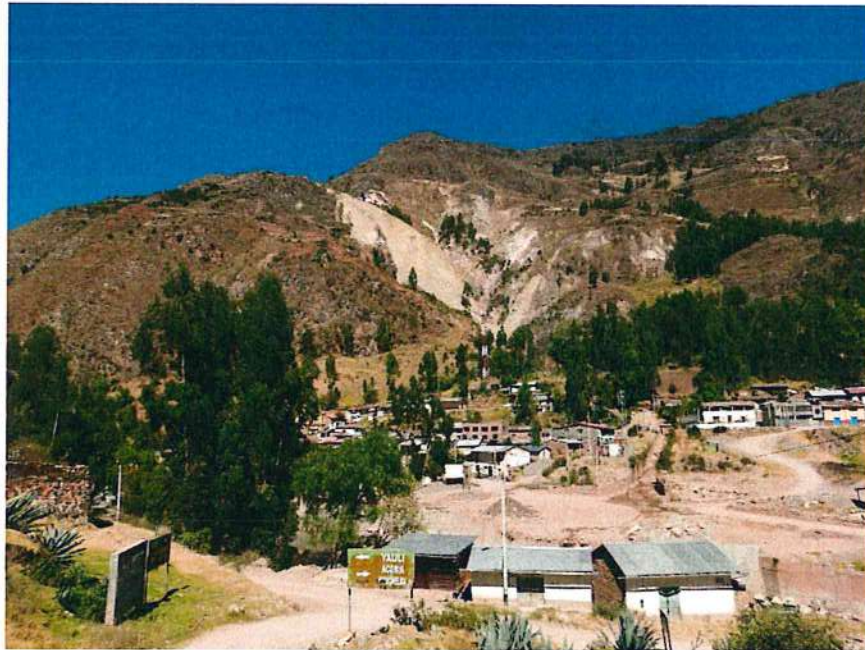


o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

#### Relieve de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs)

Corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias tipo caliza, limolita, lutita y arenisca, reducidos por procesos denudativos y que se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente moderada a alta (35° a 45°).

Se identificaron estas geformas al noreste y suroeste de la localidad de Acoria (fotografía 1).



Fotografía 1. Montañas en rocas sedimentarias ubicadas al suroeste de Acoria, denominadas Cerro Puca Puca, donde se encuentra la quebrada del mismo nombre. Vista al suroeste

## **4.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL**

Estas geformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

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

Esta unidad se encuentra asociada a los depósitos dejados por los flujos de detritos (huaicos) y de lodo de tipo excepcional. Tiene pendiente suave, menor a 5°.

Está compuesto por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, bolos y detritos), subangulosos, en matriz limo-arenosa, transportados por las quebradas y depositados en forma de cono.

#### Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas.

#### Terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, 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 ubica la localidad de Acoria (fotografía 2).



Fotografía 2. Vista al noreste de la localidad de Acoria ubicada sobre terrazas aluviales, en la margen izquierda del río Ichu

#### Terraza fluvial (T-fl)

Se caracteriza por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, gravas y arenas) que son transportados por la corriente del río Ichu a grandes distancias. Se depositan formando terrazas bajas, también conformando la llanura de inundación o el lecho de los ríos.

## 5. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N° 73-Geología del cuadrángulo de Huancavelica-Hoja: 26-n (Morche & Larico, 1996) y la actualización del cuadrángulo de Huancavelica (26-n) (Romero & Torres, 2003), donde indican que en la zona de estudio afloran rocas metamórficas tipo esquistos y filitas, rocas sedimentarias tipo limoarcillitas y areniscas, así como depósitos Cuaternarios (aluviales y coluviales). También se trabajó en base a la interpretación de imágenes de satélite y observaciones de campo.

### 5.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas sedimentarias, volcánicas y depósitos Cuaternarios (figura 2), diferenciándose las siguientes:

#### Formación Condorsinga (Ji-c)

Esta unidad litoestratigráfica pertenece al Grupo Pucará y es del Jurásico temprano. Aflora a manera de una gran franja alargada de dirección NNO-SSE, en la margen derecha a lo largo del valle del río Ichu, comprendiendo los sectores de Totorá, Ichupampa, Sojya y Mariscal Cáceres. Litológicamente está compuesto por calizas gris claras en estratos gruesos, los afloramientos se caracterizan por presentar una coloración gris blanquecina a amarillenta por intemperismo; en algunos afloramientos como los de Lircay presenta intercalaciones de areniscas calcáreas amarillentas.

#### Grupo Goyllarisquizga (Ki-go)

Los afloramientos del Grupo Goyllarisquizga corresponden al Cretáceo temprano. Sobreyace en discordancia erosional a la Formación Chunumayo o directamente sobre la Formación Condorsinga del Grupo Pucará. Litológicamente esta unidad está compuesta principalmente por areniscas cuarzosas blancas, rosadas y amarillentas de grano fino a grueso. Hacia la parte superior presenta areniscas de grano grueso, con canales de microconglomerados, los clastos son subredondeados a redondeados de cuarzo, cuarcita y volcánicos; diámetros de hasta 2 cm. Presenta una evolución grano y estrato creciente.

#### Formación Chayllacatana (Ki-cha)

Litológicamente, esta unidad está compuesta por una secuencia que puede ser sedimentaria o volcánicasedimentaria. En la zona de estudio se identificaron afloramientos que se componen de areniscas cuarzosas blancas, amarillentas y rojizas (fotografía 3). En otros sectores los afloramientos de esta unidad comienzan con unos microconglomerados con clastos subangulosos a angulosos de rocas volcánicas principalmente, con diámetros de hasta 8 cm, seguidamente se tienen areniscas rojas intercaladas con limos y limoarcillitas, coladas volcánicas de composición basáltica, volcánicos retrabajados y hialoclastitas; terminando la

secuencia se tienen coladas volcánicas. Noble et al. (2001), realizó estudios de datación de unos volcánicos basálticos correspondientes a esta unidad, por el isótopo Ar/Ar, indicando una edad isócrona de  $109,2 \pm 1,6$  Ma. Por lo tanto, se puede asignar a la Formación Chayllacatana la edad Albiano temprano.



Fotografía 3. Areniscas cuarzosas blancas, amarillentas y rojizas de la Formación Chayllacatana con rumbo N 127° y buzamiento 27°S. Vista al sur

#### Formación Chúlec-Pariatambo (Ki-ch-p)

Litológicamente está compuesta por arcillitas calcáreas en la base, pasando hacia arriba a margas interestratificadas con calizas en estratos delgados con una coloración gris amarillenta y con grosores inferiores a 50 cm. En la parte media de la secuencia se encuentran calizas micríticas de color gris claro con alto contenido de nódulos de chert. Hacia la parte superior se tienen calizas beige en estratos gruesos, micríticas, en algunos casos grises a gris oscuras, intercaladas con algunos estratos de margas, conteniendo fragmentos de conchillas.

#### Formación Casapalca (KsPp-c)

Sobreyace en discordancia erosional a la Formación Chúlec-Pariatambo. Litológicamente, esta unidad está compuesta hacia la base por yesos fibrosos de coloración negra y blanca, hacia la parte media se tienen areniscas rojas de grano fino a medio intercaladas con limos y limoarcillitas rojas. Hacia la parte superior se tienen areniscas feldespáticas de grano fino a grueso intercaladas con limos rojos. Según Romero & Torres (2003) la Formación Casapalca tiene una edad correspondiente al Senoniano-Paleoceno y probablemente alcance el Eoceno temprano.

### Formación Huando-Miembro superior (Nm-h-s)

Se compone principalmente de brechas y coladas volcánicas de composición andesítica y con coloraciones gris oscuras y verde violáceas. Se identificaron afloramientos de esta unidad litoestratigráfica en el Cerro Puca Puca, así como fracturas con rumbos de N 341°, N251° y N198°, con buzamientos de 52°SW, 55°SE y 68°NW, respectivamente (fotografía 4). Con respecto a su edad, se tienen dataciones de las tobas del Miembro inferior. Dos dataciones por el método K/Ar de estas tobas ubicadas cerca de Chunopampa, indican edades de  $7,12 \pm 0,34$  Ma (Farrar & Noble, 1976) y  $7,3 \pm 0,4$  Ma. Otra datación de una toba al sur de Yauli, en el sector de Mosocancha, indica  $7,7 \pm 0,6$  Ma. Por lo tanto y en base a estas dataciones se puede asignar a la Formación Huando una edad de Mioceno tardío (Tortoniano tardío).



Fotografía 4. Afloramiento de brechas y coladas volcánicas de composición andesítica, perteneciente a la Formación Huando-Miembro superior. Vista al sur

### Depósitos aluviales (Qh-al)

Se considera dentro de este grupo a los materiales que conforman las terrazas de ríos y quebradas, así como conos aluviales, que en muchos de los casos es difícil de representar gráficamente en los mapas por efectos de escala. Los depósitos de terrazas pueden presentar cierto grado de consolidación y están sujetos a procesos de erosión fluvial. Conformados por mezclas de bolos, gravas, arenas y limos, con formas redondeadas a subredondeadas. Las formas más o menos redondeadas de los fragmentos de roca dependen de las distancias que han sido transportados.

### Depósitos fluviales (Qh-fl)

Se ubican en los valles maduros; resaltando los depósitos ubicados a lo largo del valle del río Ichu. Están compuestos por gravas y bloques subredondeados a

redondeados, envueltos en una matriz arenosa, intercalados con arenas finas a gruesas y en algunas ocasiones se intercalan limos.

#### Depósitos aluvio-torrenciales (Qh-at)

Los depósitos aluvio-torrenciales se encuentran conformados por fragmentos rocosos heterométricos (guijarros, gravas y bloques) con relleno limo arenoso-arcilloso, depositado en el fondo de valles tributarios y conoides deyectivos, en la confluencia de las quebradas. Ocupan las partes bajas del relieve montañoso y adyacente a las referidas zonas. Corresponden a depósitos de flujos de detritos antiguos y recientes de la quebrada Puca Puca.

#### Depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd)

Esta unidad 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. En conjunto, por su naturaleza son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación de flujos de detritos (huaicos), y cuando son el resultado de antiguos movimientos en masa son susceptibles a reactivaciones detonadas por precipitaciones pluviales o al realizar modificaciones en sus taludes naturales. Al sureste de la localidad de Acoria, en la quebrada Puca Puca, se identificaron depósitos coluvio-deluviales producidos por las precipitaciones extraordinarias ocurridas en este sector (fotografía 5).



Fotografía 5. Depósitos coluvio-deluviales recientes formados por la acumulación de material removido por cárcavas, derrumbes y deslizamientos recientes. Vista al sur

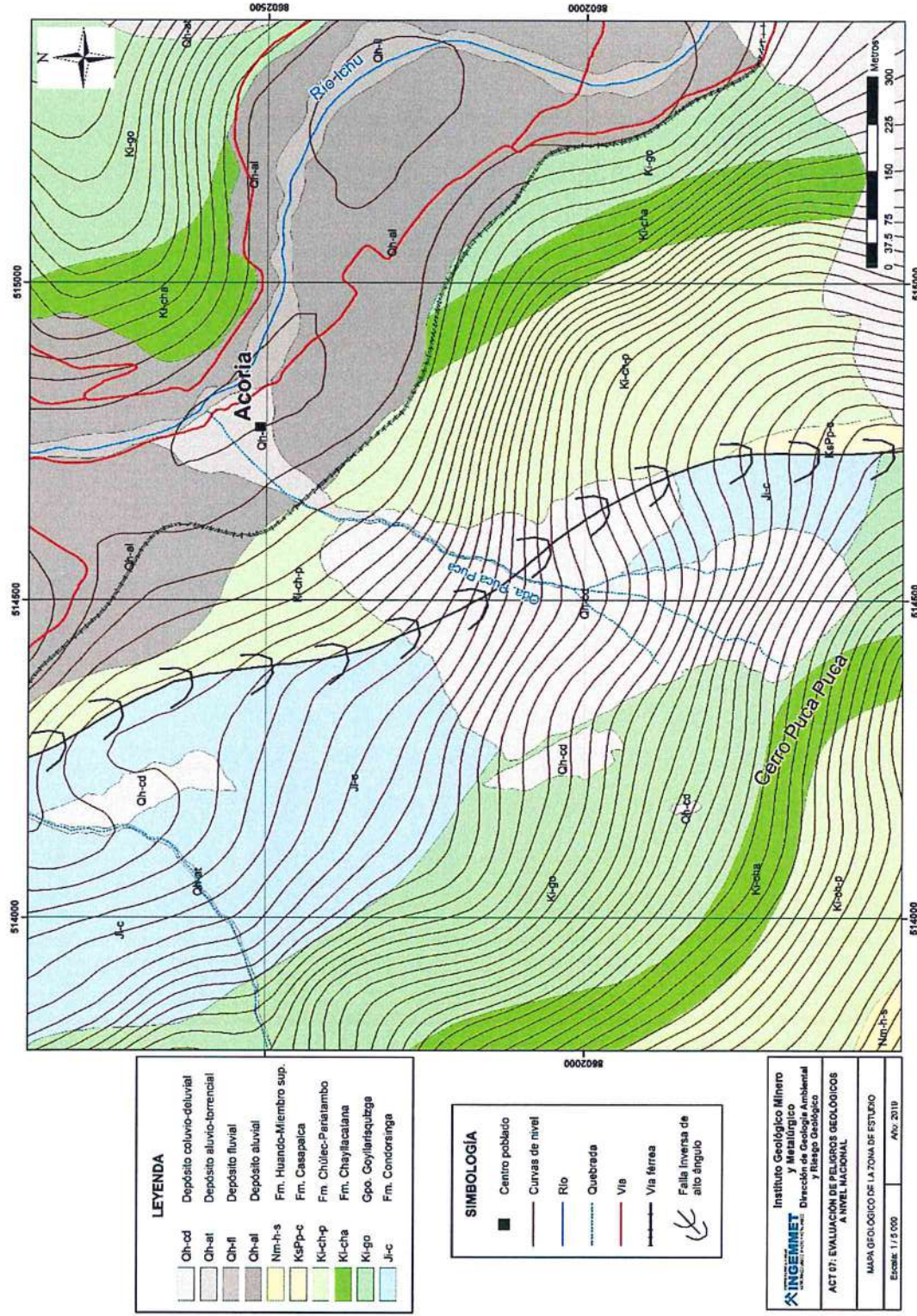


Figura 2. Mapa geológico de la zona de estudio

## 6. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en los alrededores de la quebrada Puca Puca, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos (PMA: GCA, 2007), así como erosión de laderas en forma de cárcavas. Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida por los cursos de agua en la Cordillera Occidental, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos y quebradas.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial-subterráneo, la cobertura vegetal, entre otros. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona.

### 6.1. CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, se describen algunos términos referentes a peligros geológicos y que serán utilizados en el presente informe técnico.

#### 6.1.1. DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según Varnes (1978), se clasifica a los deslizamientos por la forma de la superficie de falla o ruptura por donde se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007).

Los deslizamientos rotacionales son un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (figura 3). Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado, y una contra-pendiente en la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s. (PMA: GCA, 2007).

En la figura 4, se representa las partes principales de un deslizamiento rotacional.



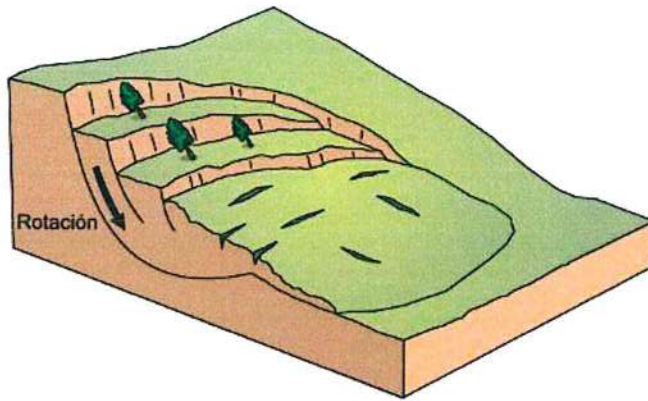
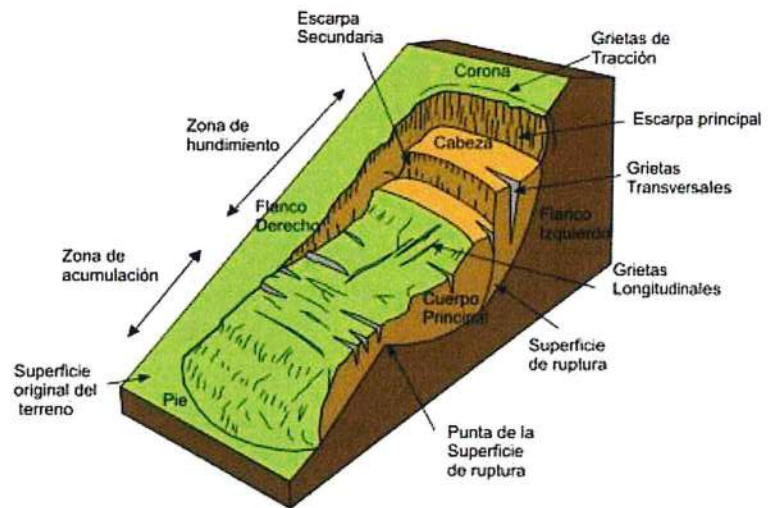


Figura 3. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007)

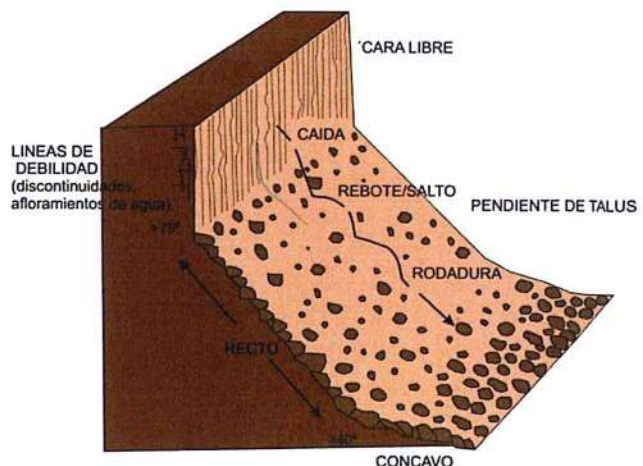
Figura 4. Esquema de un deslizamiento rotacional donde se muestra sus partes principales



### 6.1.2. DERRUMBES

Los derrumbes son caídas violentas de material que se puede dar tanto en macizos rocosos como depósitos de cobertura, desarrollados por: heterogeneidad litológica, meteorización, fracturamiento, fuertes pendientes, humedad y/o precipitaciones, sismos y erosión generada en las márgenes. Estos fenómenos suelen producirse en taludes verticales en suelos inconsolidados a medianamente consolidados, rocas muy fracturadas y en el corte de carreteras, canteras, acantilados marinos, taludes de terraza, etc., figura 5.

Figura 5. Esquema de un derrumbe (Vilchez, 2015)



### 6.1.3. FLUJOS

Son movimientos en masa que durante su desplazamiento exhiben un comportamiento semejante al de un fluido; pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. En muchos casos se origina a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978).

Según la proporción de las fracciones sólidas y líquidas que conforman el flujo, así como por el mecanismo de movimiento y la velocidad del movimiento se pueden diferenciar hasta siete tipos diferentes de eventos: flujo seco, flujo de detritos, inundación de detritos, flujo de lodo, flujo de tierra, avalancha de rocas y avalancha de detritos (Varnes, 1978; Hungr et al. 2001 y Hungr, 2005).

#### a) Flujo de detritos (huaicos)

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.

Los flujos de detritos pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos y originarse a partir de otros procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978).

Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aún si la pendiente es mayor.

Se refieren a movimientos en masa que durante su desplazamiento se comportan como un fluido; pueden ser lentos, saturados o secos, canalizados y no canalizados.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo, se tienen flujos de detritos (huaicos), flujos de lodo, avalanchas de detritos o de rocas, etc. (figura 6).

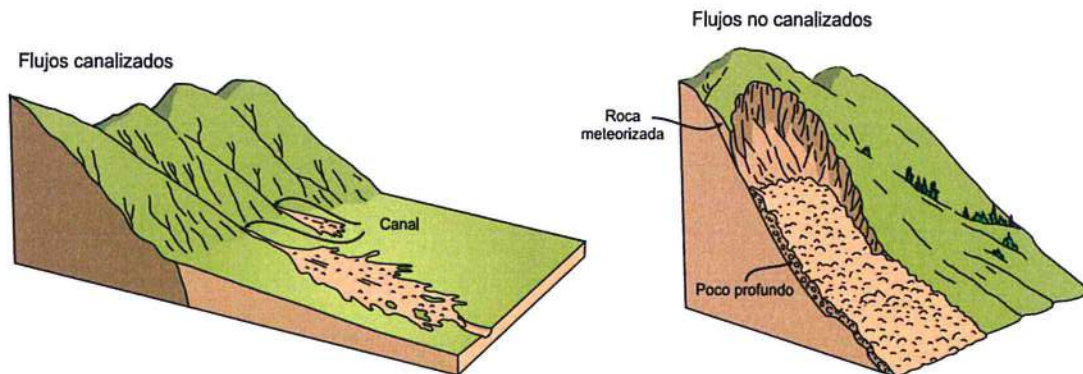


Figura 6. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden & Varnes, 1996)

En este tipo de procesos se muestra una zona de inicio que forma un embudo, una zona de transición o tránsito y una zona de depositación en abanico como se muestra en la figura 7 (Bateman *et al*, 2006).

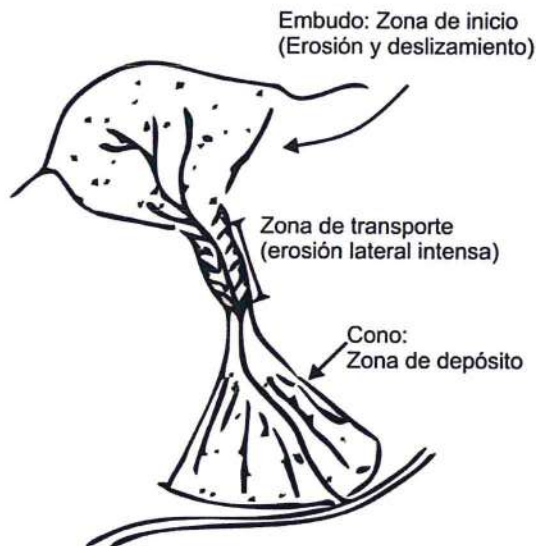


Figura 7. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman *et al*, 2006)

Normalmente los flujos canalizados buscan retomar su lecho natural. El potencial destructivo de estos procesos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado. La mayoría de los 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).

Por ello, estos eventos son muy violentos y tienen una gran cantidad de energía que destruye todo lo que encuentran a su paso. Por tanto, es muy importante una caracterización geológica detallada de los eventos, asociada al grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

#### 6.1.4. CÁRCAVAS

Según Poesen (1993) una cárcava es un canal resultante de la erosión causada por un flujo intermitente de agua durante o inmediatamente después de fuertes lluvias.

La FAO (1967) describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de la combinación de diferentes procesos, los cuales pueden actuar de manera aislada. Estos procesos comprenden:

- Erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo).
- Erosión por el agua de escorrentía que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva de ésta.
- Derrumbes en ambos lados de la cárcava por erosión de las aguas de escorrentía.

Las cárcavas inicialmente tienen una sección transversal en forma de "V" pero al presentarse un material más resistente a la erosión o interceptar el

nivel freático, se extienden lateralmente, tomando una forma en “U” (figura 8).

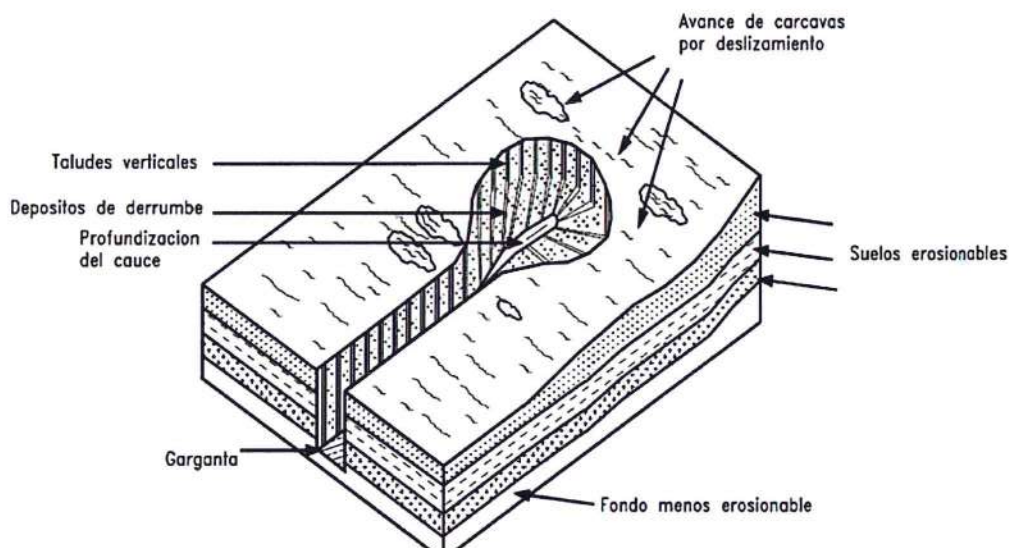


Figura 8. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998)

## 7. DESLIZAMIENTOS EN LA QUEBRADA PUCA PUCA

En base a los datos obtenidos en campo y la interpretación de imágenes satelitales se realizó la delimitación y caracterización de los deslizamientos identificados al suroeste y sureste de la quebrada Puca Puca.

Los deslizamientos recientes, corresponden a deslizamientos de tipo rotacional que se originaron el presente año (figuras 9, 11, 13 y 15). Se hizo la cartografía de estos eventos, así como de los escarpes principales y secundarios con alturas verticales de hasta 75 cm (figura 10).

A continuación, se detallan las características de estos peligros geológicos, los factores condicionantes y desencadenantes que favorecieron su ocurrencia y los daños que se generaron en el mencionado sector.

### 7.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos se originaron el presente año a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurrieron en esta zona. Entre los factores condicionantes se tienen: la pendiente del terreno, la composición litológica y calidad del substrato rocoso, así como el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica.

Los deslizamientos tienen las siguientes características y dimensiones:

- Longitud de escarpas principales: 40, 203, 118 y 425 m aproximadamente (figuras 9, 11, 13 y 15).
- Longitud de escarpas secundarias: entre 10 y 150 m aproximadamente.
- Forma de las superficies de rotura: rotacional.

- Saltos principales de 0.75, 1, 0.5 y 5 m.
- Presencia de saltos secundarios entre 0.3 a 1 m.
- Presencia de agrietamientos longitudinales a los escarpes principales, ubicados dentro del área deslizada (figuras 12 y 14).
- Diferencia de altura de la corona al pie de los deslizamientos principales: 49, 100, 24 y 101 m.
- Áreas aproximadas de los deslizamientos recientes: 13 ha.
- Se identificaron asentamientos en el cuerpo del deslizamiento que hacen inestable la zona.

**Causas:**

- a) Configuración geomorfológica de la zona de estudio (montañas modeladas en rocas sedimentarias).
- b) Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 35° y 45°.
- c) Características litológicas del área (afloramiento de rocas de diferente competencia, conformado por secuencias de la Formación Condorsinga, Grupo Goyllarisquiza y la Formación Chúlec-Pariatambo; en donde se tienen calizas, areniscas, lutitas y microconglomerados. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de fallas.
- d) Substrato de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Suelos de tipo limo-arcilloso con gravas.
- g) Presencia de agua subterránea como manantiales que saturan los suelos.
- h) Cobertura vegetal de tipo matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

Las precipitaciones pluviales extraordinarias e intensas fueron el factor desencadenante que originaron los deslizamientos en la quebrada Puca Puca.



Figura 9. Escarpa principal del deslizamiento ubicado al suroeste de la quebrada Puca Puca. Vista al este



Figura 10. Vista al sur del escarpe de deslizamiento con altura vertical de 75 cm.



Figura 11. Deslizamiento rotacional en la margen izquierda de la quebrada Puca Puca. Este evento se originó el presente año debido a las intensas precipitaciones pluviales en la zona. Vista al noroeste

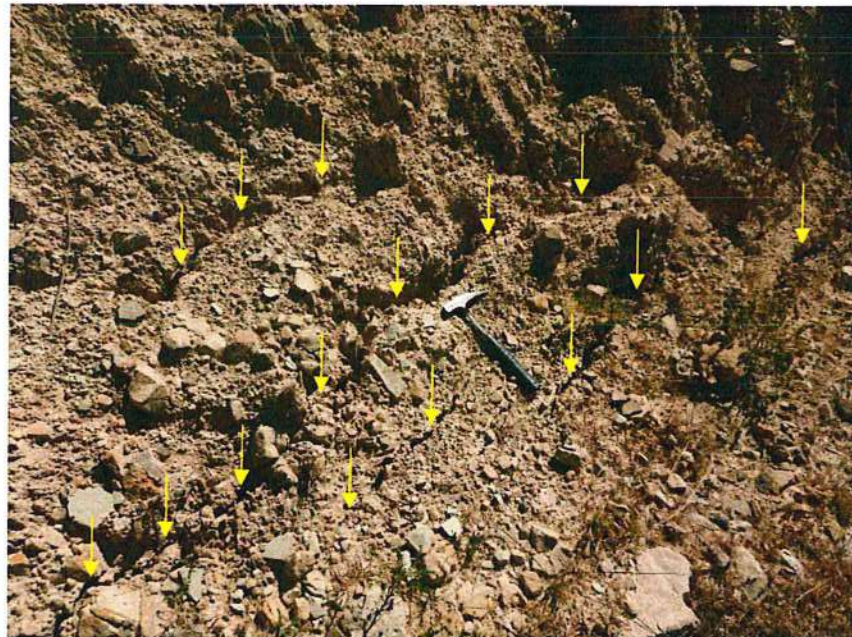


Figura 12. Presencia de agrietamientos en la masa deslizada, ubicada al oeste de la quebrada Puca Puca. Las grietas se encuentran próximas al escarpe principal del deslizamiento. Vista al suroeste



Figura 13. Vista panorámica del escarpe principal y secundarios de un deslizamiento identificado al oeste de la quebrada Puca Puca. Vista al suroeste



Figura 14. Agrietamientos longitudinales al escarpe principal del deslizamiento. Las grietas evidencian el terreno inestable y susceptible a seguir deslizándose. Vista al suroeste

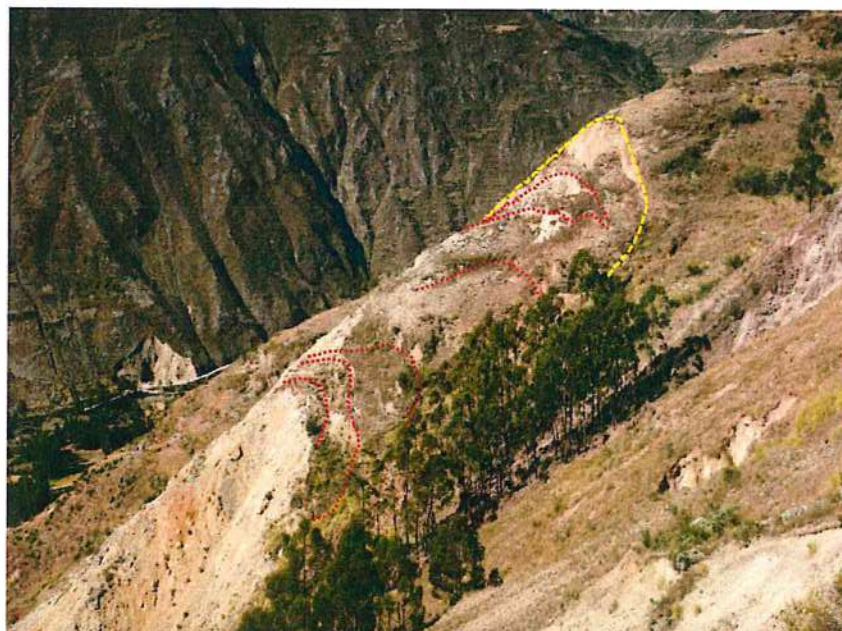


Figura 15. Deslizamiento con superficie de rotura rotacional, ubicado en la margen derecha de la quebrada Puca Puca. Se observa el salto principal de hasta 5 m (línea amarilla discontinua) y saltos secundarios de hasta 1 m (líneas rojas discontinuas). Vista al este

#### **Daños:**

Los deslizamientos recientes podrían afectar a la población de Acoria ubicada debajo de estos peligros geológicos, así como carreteras, puentes y la vía férrea (figura 16). Por ello, se recomienda realizar un monitoreo diario de los deslizamientos y la reubicación de la población que se encuentra en un riesgo muy alto ante este tipo de peligro geológico.



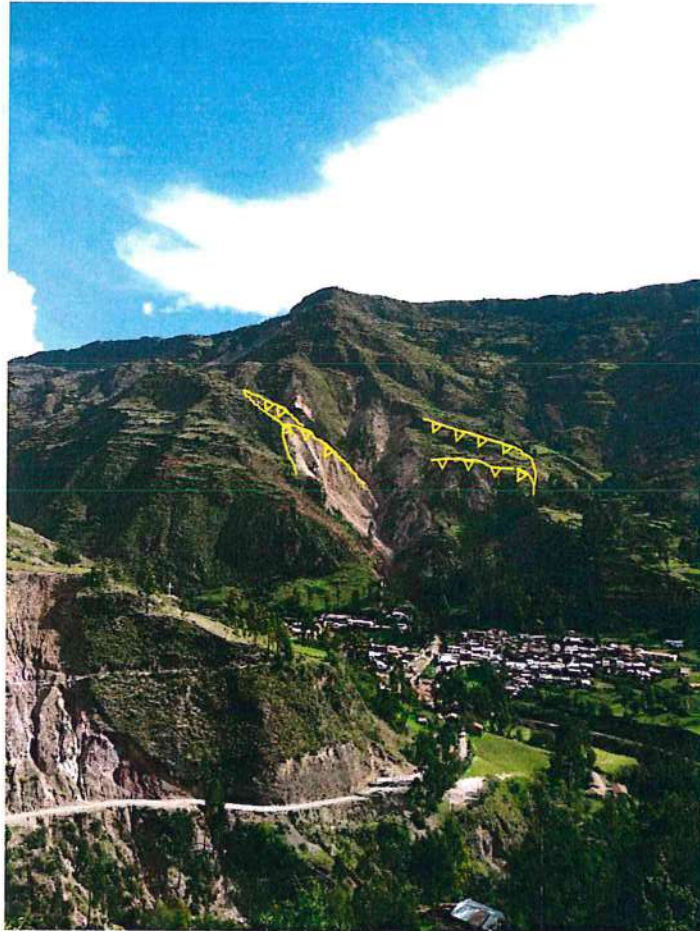


Figura 16. Escarpes de deslizamientos recientes (línea amarilla) en la parte alta de la localidad de Acoria y que podrían afectar viviendas, carreteras y la vía férrea. Vista al sur

## 8. DERRUMBES EN LA QUEBRADA PUCA PUCA

Los trabajos de campo realizados en la quebrada Puca Puca, así como el uso de imágenes satelitales, permitieron identificar derrumbes recientes en ambas márgenes de dicha quebrada (figura 18).

La ocurrencia de los derrumbes está muy asociada a las cárcavas que erosionan las laderas del cerro Puca Puca e inestabilizan el terreno (figura 17). Los derrumbes son de corto recorrido y aportan material suelto al cauce de la quebrada Puca Puca, muy susceptible de ser transportado como la fracción sólida de un flujo de detritos (huaico).

A continuación, se detallan los factores condicionantes y desencadenantes que favorecieron la ocurrencia de los derrumbes y los daños que se generaron.

### 8.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DERRUMBES

Los derrumbes recientes se originaron a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurrieron en la quebrada Puca Puca y los alrededores. Entre los factores condicionantes se tienen: la pendiente del terreno,

la composición litológica y calidad del sustrato rocoso, así como el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica.

### Causas

#### *Factores condicionantes:*

- a) Configuración geomorfológica del área de estudio (montañas en rocas sedimentarias) disectadas por quebradas y torrenteras.
- b) Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 35° y 45°.
- c) Características litológicas del área (afloramiento de rocas de diferente competencia, conformado por secuencias de la Formación Condorsinga, Grupo Goyllarisquizga y la Formación Chúlec-Pariatambo; en donde se tienen calizas, areniscas, lutitas y microconglomerados. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de lutitas y fallas.
- d) Presencia de familias de discontinuidades (grupos de fracturas con diferentes orientaciones e inclinación).
- e) Substrato de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- f) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- g) Suelos de tipo limo-arcilloso.
- h) Presencia de agua subterránea como manantiales que saturan los suelos.
- i) Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

#### *Factor desencadenante:*

Las precipitaciones pluviales intensas fueron el factor desencadenante que originaron los derrumbes en la quebrada Puca Puca, las cuales saturan los terrenos y los desestabilizan.



Figura 17. Derrumbes y cárcavas (líneas amarillas discontinuas) en la parte alta de la quebrada Puca Puca que inestabilizan el terreno. Vista al sur



Figura 18. Presencia de derrumbes en ambas márgenes de la quebrada Puca Puca (líneas rojas discontinuas) originados por las precipitaciones pluviales intensas en esta zona

## 9. CÁRCAVAS EN LA QUEBRADA PUCA PUCA

La ocurrencia de cárcavas en las laderas del cerro Puca Puca es favorecida por la morfología de las montañas sedimentarias, la pendiente de las laderas que pueden superar los 30° y la naturaleza del suelo (incompetente).

Durante los periodos de precipitaciones intensas y/o extraordinarias, la escorrentía superficial aumenta significativamente, generando el aumento progresivo de la capacidad de erosión en las paredes de las cárcavas.

Se identificaron cárcavas recientes en ambas márgenes de la quebrada Puca Puca (figuras 19 y 20), así como cárcavas con un estado evolutivo maduro, al noroeste de la quebrada en mención. Estas últimas presentan longitudes de hasta 800 m y profundidades mayores a 30 m (figura 21). Las cárcavas se encuentran afectando zonas de cultivo y pastizales, llegando algunas de éstas hasta el área urbana de Acoria (figura 22).

### 9.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁRCAVAS

Las cárcavas se originaron a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurrieron en la quebrada Puca Puca y los alrededores. Entre los factores condicionantes se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno y el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica.

## Causas

### *Factores condicionantes:*

- a) Configuración geomorfológica del área de estudio (montañas en rocas sedimentarias) disectadas por quebradas y torrenteras.
- b) Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 35° y 45°.
- c) Características litológicas del área (afloramiento de rocas de diferente competencia, como calizas, areniscas, lutitas y microconglomerados. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de lutitas y fallas.
- d) Substrato de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Suelos de tipo limo-arcilloso que son de fácil remoción por las aguas de escorrentía.
- g) Presencia de agua subterránea como manantiales que saturan los suelos.
- h) Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

### *Factor desencadenante:*

Las precipitaciones pluviales intensas son el factor desencadenante que originaron las cárcavas en la quebrada Puca Puca, las cuales saturan los terrenos y los desestabilizan.



Figura 19. Erosiones de ladera a manera de cárcavas (línea amarilla discontinua) en la parte alta y media de la quebrada Puca Puca. Las cárcavas aportan material sólido al cauce de la quebrada y éste es transportado hasta su desembocadura en el río Ichu. Vista al sur



Figura 20. Cárcavas (líneas amarillas discontinuas) en la parte media de la quebrada Puca Puca (línea azul discontinua) que se encuentran erosionando la cobertura superficial de las laderas del cerro del mismo nombre. Vista al sur



Figura 21. Cárcavas ubicadas al noroeste de la quebrada Puca Puca, las cuales pueden llegar a tener profundidades de hasta más de 30 m. Vista al noreste



Figura 22. Cárcava canalizada a la altura del área urbana de Acoria. En épocas de lluvias las aguas de escorrentía son drenadas por debajo de las calles de la zona urbana. Vista al suroeste

## 10. FLUJOS DE DETRITOS Y LODO EN LA LOCALIDAD DE ACORIA

El 18 de marzo de 1963 en la quebrada de Acoria se produjo un pequeño aluvión (huaico) que afectó viviendas, casas comerciales y calles, afectando las estructuras de las construcciones y generando pérdidas materiales. No se registraron pérdidas humanas que lamentar (García & Vargas, 1964). Los flujos de detritos alarmaron a la población de Acoria, no sólo por los daños materiales sino porque a la altura del pueblo, la quebrada Acoria presenta un estrechamiento de su cauce lo que no permite el recorrido libre y natural de los flujos.

Para García & Vargas (1964) las causas que originaron el pequeño aluvión son las siguientes:

- Las rocas que forman el cerro Pucapuca se encuentran muy fracturadas y con intensa meteorización, por lo tanto, son de fácil erosión.
- El pequeño torrente que baja por la quebrada Acoria socavaba la base de las escarpas de ambos márgenes, dando lugar a continuos derrumbes de poca magnitud, acumulándose así material suelto en la quebrada.
- Las fuertes precipitaciones pluviales que tienen lugar en las cabeceras de la quebrada Acoria durante la época de lluvias, originan abundantes torrentes, los cuales favorecidos por la pendiente de la quebrada transportan fácilmente el material suelto, dando lugar a los flujos de detritos o "huaicos".

También mencionan las causas del desborde del río Ichu en épocas de lluvias intensas que generan inundaciones en el sector este del pueblo de Acoria.

Finalmente, recomiendan:

- Construir dos canales de drenaje (figura 23).
- Efectuar la limpieza del cauce de la quebrada Acoria y reforzar con muros de contención en ambas márgenes.
- Realizar un sistema de reforestación en las áreas donde se producen los derrumbes a fin de estabilizar dicha zona.
- Construir obras de defensa en el río Ichu, para evitar las inundaciones.

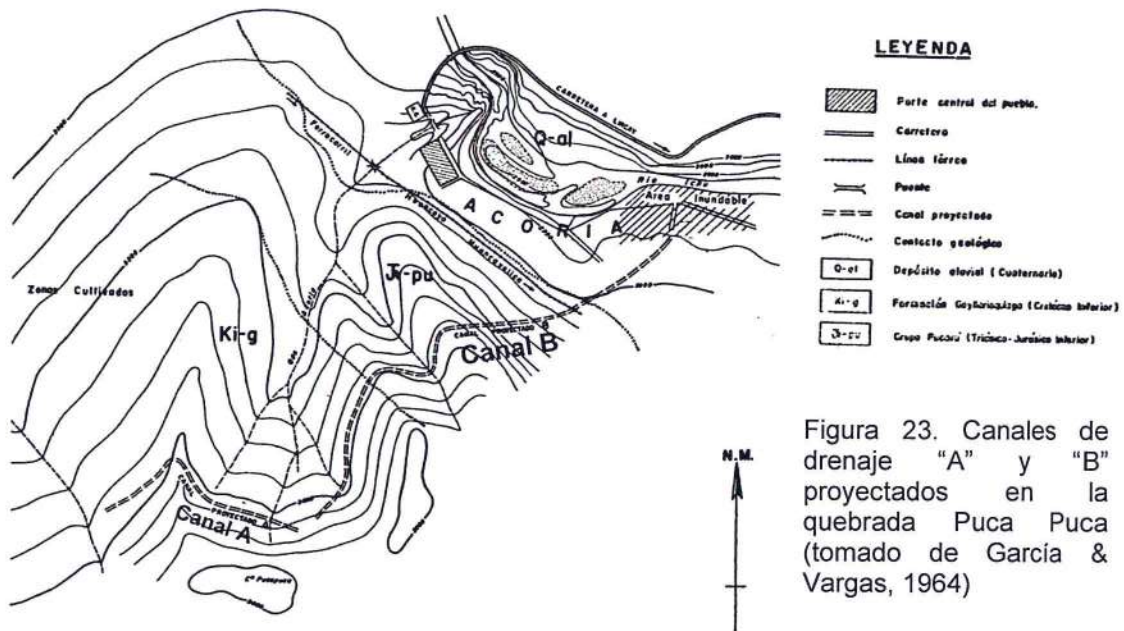


Figura 23. Canales de drenaje "A" y "B" proyectados en la quebrada Puca Puca (tomado de García & Vargas, 1964)

Vilchez & Ochoa (2014) identificaron 13 zonas críticas en la provincia de Huancavelica. Una de ellas es el sector Acoria-Mariscal Cáceres (distrito de Acoria), considerada una zona crítica por erosión fluvial, derrumbes-flujos y deslizamientos rotacionales. En Acoria identificaron varios flujos de detritos que cortan la carretera, uno de ellos cruza por el medio del poblado de Acoria, la cual fue parcialmente canalizada con muros de concreto (fotografía 6).

Finalmente, recomiendan el encausamiento de las quebradas, la colocación de diques transversales a los cauces de quebradas y mantener limpio el cauce de las quebradas.

Desde el 18 de marzo de 1963 hasta la actualidad, los flujos de detritos son recurrentes y se presentan con diversa intensidad, en los meses de lluvias. Los pobladores de Acoria mencionan que durante periodos de lluvias originan flujos de detritos y lodo que se canalizan por la quebrada Puca Puca hasta su desembocadura en el río Ichu. Cabe mencionar que a la altura del pueblo se ha producido el estrechamiento del cauce de la quebrada, lo cual no permite drenar de manera natural los flujos por el cauce, generándose desbordes que afectan a las viviendas, calles y obras de infraestructura.

Las precipitaciones pluviales extraordinarias e intensas ocurridas en la parte alta de la quebrada Puca Puca, generan erosión y aporte de material suelto (bloques, gravas, arenas y limos) al cauce de ésta. El material se canaliza por la quebrada y debido a la pendiente del terreno es transportado hacia la parte baja, generando daños en la población de Acoria.

Los condicionantes principales para la ocurrencia de estos eventos son: la presencia de un substrato rocoso de mala calidad geotécnica, que se encuentra muy fracturado y meteorizado; la presencia de agua subterránea; la morfología de montañas donde la pendiente de las laderas puede superar los 30°.

Los derrumbes y las cárcavas aportan material al cauce de la quebrada Puca Puca, el cual es canalizado hasta su desembocadura en el río Ichu.

### **10.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS)**

Los flujos de detritos se originaron a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurrieron en la quebrada Puca Puca y los alrededores. Entre los factores condicionantes se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno y el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica.

Las precipitaciones pluviales extraordinarias son el factor desencadenante que originaron flujos de detritos y lodo en la quebrada Puca Puca. Estos flujos se canalizan por la quebrada hasta su desembocadura en el río Ichu.

Cabe mencionar, que el mayor aporte de material hacia el cauce de la quebrada proviene de los procesos de erosión de ladera (cárcavas) y derrumbes.

#### **Causas**

##### *Factores condicionantes:*

- a) Configuración geomorfológica del área de estudio (montañas en rocas sedimentarias) disectada por quebradas y torrenteras.
- b) Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 35° y 45°.
- c) Características litológicas del área (afloramiento de rocas de diferente competencia, como calizas, areniscas, lutitas y microconglomerados. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de lutitas y fallas.
- d) Substrato de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Suelos de tipo limo-arcilloso que son de fácil remoción por las aguas de escorrentía.
- g) Cobertura vegetal de tipo pastizal y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

##### *Factor desencadenante:*

Las precipitaciones pluviales intensas son el factor desencadenante que originan flujos de detritos y lodo en la quebrada Puca Puca.



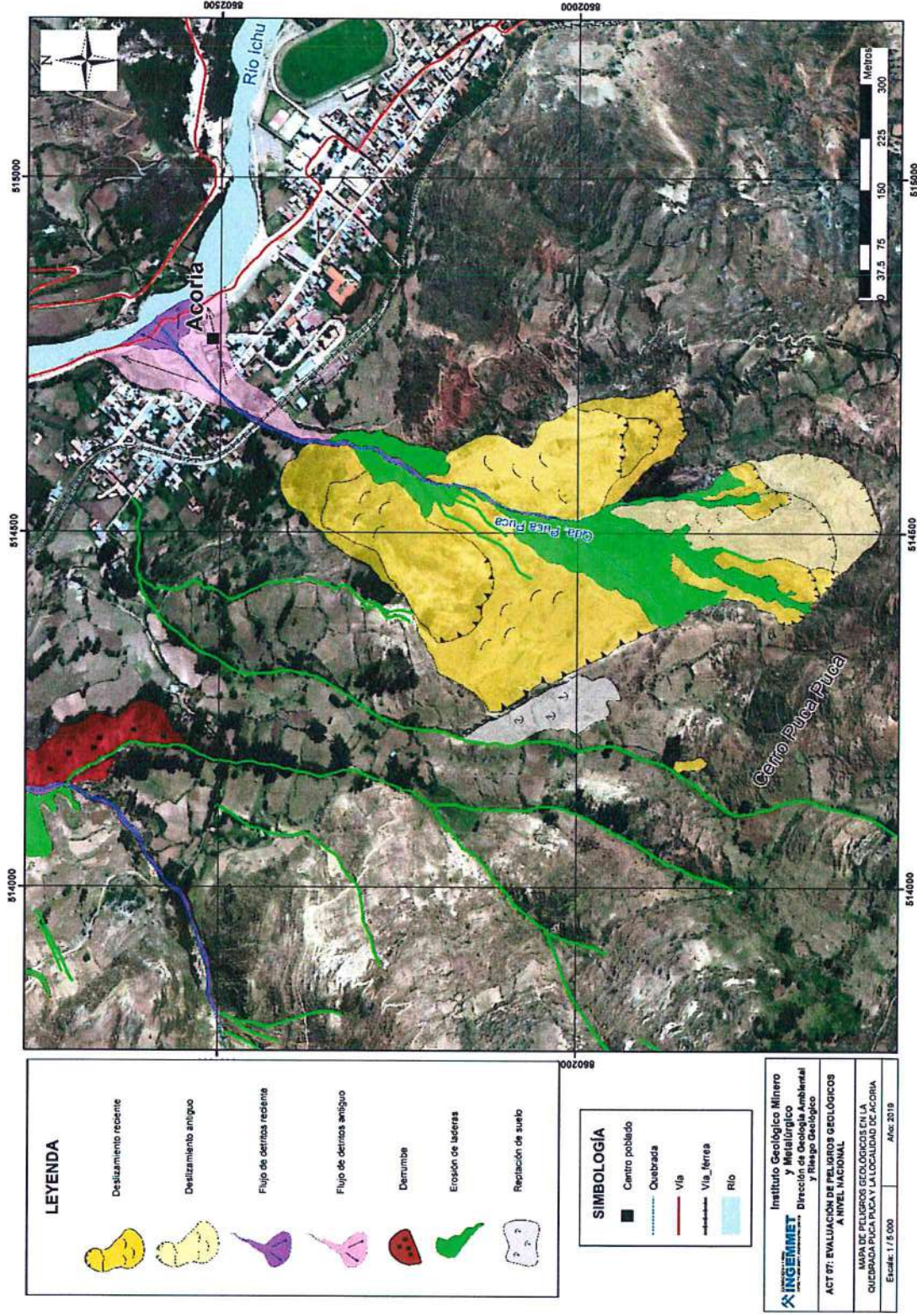


Figura 24. Mapa de peligros geológicos en la quebrada Puca Puca

## 11. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA

Considerando las condiciones geomorfológicas, geológicas, y de sitio identificadas, que caracterizan la susceptibilidad de los peligros geológicos en la quebrada Puca Puca, se requieren de medidas estructurales para poder mitigar y prevenir futuros desastres.

Dentro de las principales medidas de estabilidad, para mitigar los peligros geológicos identificados, se encuentra el control del agua superficial, que es un sistema tendiente a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes.

Los métodos de estabilización de los deslizamientos que contemplan el control del agua tanto superficial como subterránea son muy efectivos y son generalmente, más económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar o disminuir la presión de poros, considerada el principal elemento desestabilizante en las laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998).

Las medidas de drenaje recomendadas, son las siguientes:

### 11.1. DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial tiene como finalidad recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose la infiltración y la erosión.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento.

Las aguas de escorrentía se evacuan 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 podrían existir o no (figura 25).

Se utilizan zanjas horizontales o canaletas de drenaje horizontal que son paralelas al talud y se sitúan al pie del mismo; canales colectores en espina de pescado, que combinan una zanja drenante o canal en gradería, según la línea de máxima pendiente, con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia. Estos canales deben ser impermeabilizados adecuadamente para evitar la reinfiltración de las aguas (figura 26).

Los canales deben conducirse a entregas en gradería u otro disipador de energía que conduzca el agua recolectada hasta un sitio seguro (figuras 27 y 28).

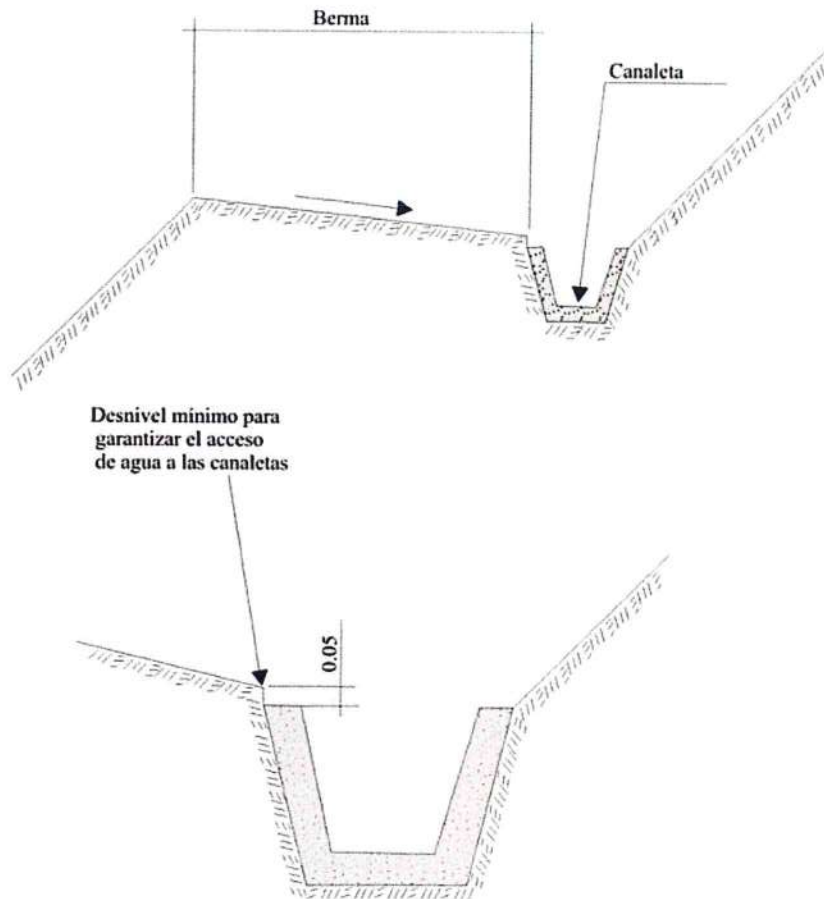


Figura 25. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000)

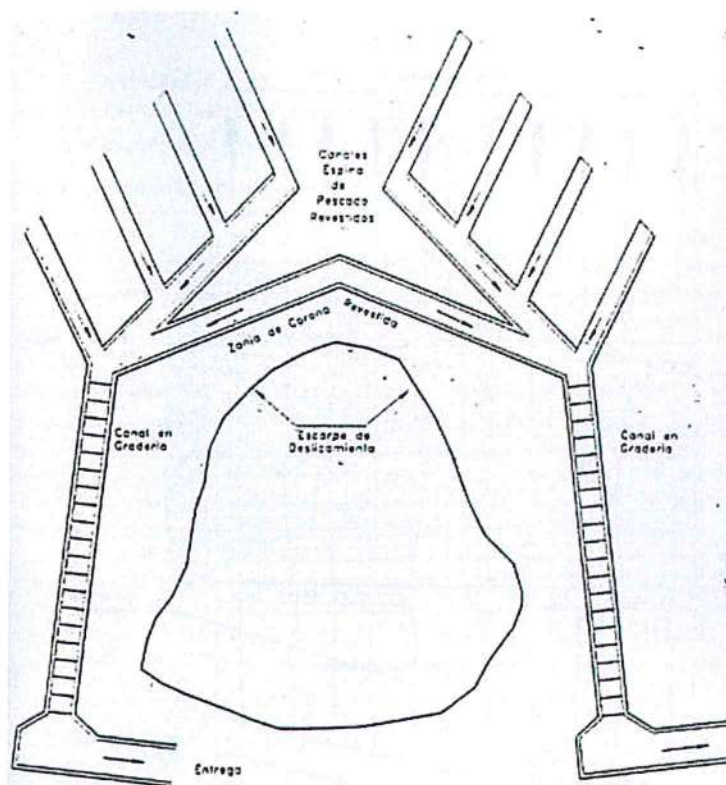


Figura 26. Esquema de planta de canales colectores espina de pescado con canales en gradería

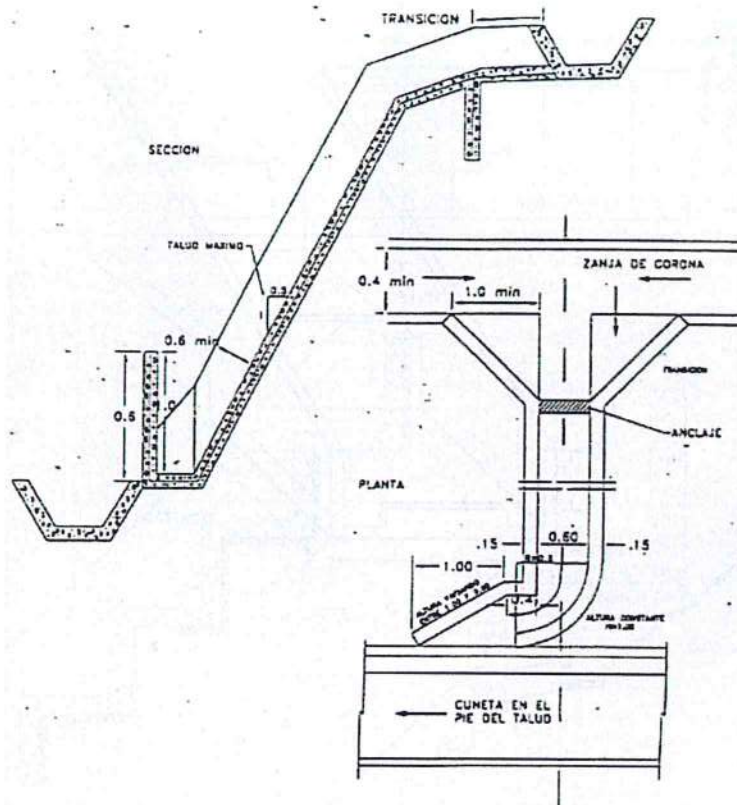


Figura 27. Detalle de un canal rápido de entrega

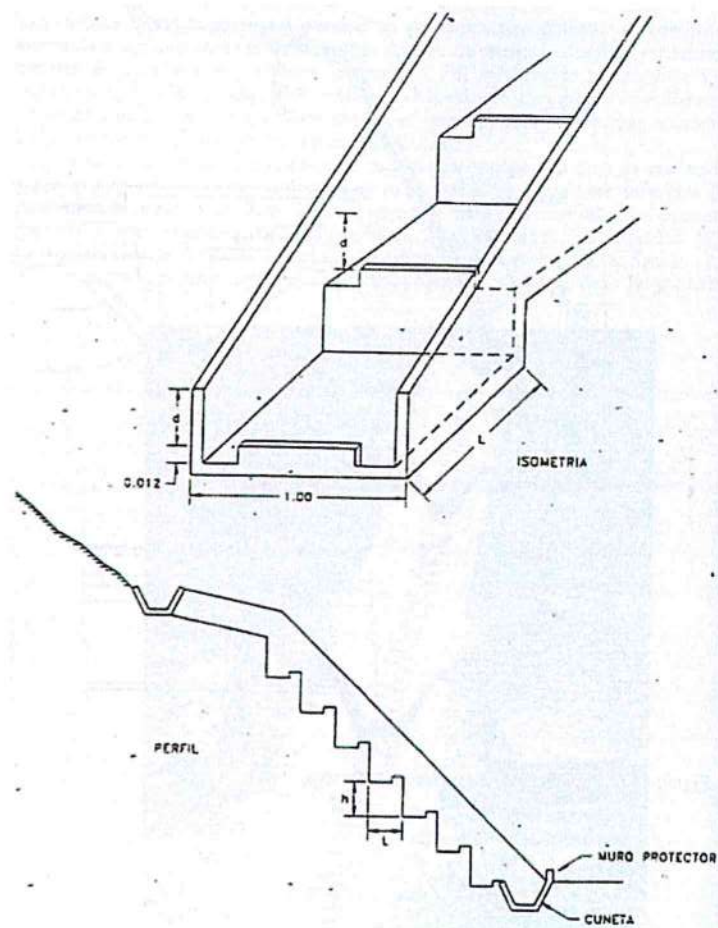


Figura 28. Canal de entrega con gradas de disipación

Otras medidas de prevención y mitigación, son las siguientes:

- 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. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que favorece a la infiltración y saturación del terreno y susceptible de deslizarse.
- 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.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal.
- Realizar el sellado de grietas abiertas formadas por el asentamiento de la ladera, con arcilla; con el objetivo de reducir el ingreso del agua hacia el subsuelo y que se desestabilice más el terreno.
- Realizar un monitoreo diario del movimiento de los deslizamientos, con el fin de estar prevenidos.
- Realizar la limpieza del cauce de la quebrada Puca Puca y el encausamiento de la misma.
- Reubicar a la población de la localidad de Acoria, debido a que se encuentran en un riesgo muy alto ante los peligros geológicos identificados en la zona de estudio.

  
Ing. MANUEL SALOMÓN S.,  
Especialista en Peligros  
Geológicos  
INGEMMET

## 12. CONCLUSIONES

- La quebrada Puca Puca se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Ichu, en zonas susceptibles a movimientos en masa.
- Geomorfológicamente, la población de la localidad de Acoria se encuentra sobre terrazas aluviales formadas en la margen izquierda del río Ichu y en los alrededores se observan relieves de montañas en rocas sedimentarias con pendiente promedio de la ladera entre los 35° y 45°.
- El substrato rocoso, sobre el cual se ubica la localidad de Acoria y cuyos afloramientos se observan en las laderas del cerro Puca Puca, corresponde a rocas de diferente competencia, conformado por secuencias de la Formación Condorsinga, Grupo Goyllarisquizga y la Formación Chúlec-Pariatambo; en donde se tienen calizas, areniscas, lutitas y microconglomerados. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y con intensa meteorización; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de fallas.
- La localidad de Acoria es afectada por peligros geológicos tipo flujo de detritos y lodo, debido a la ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas y/o extraordinarias, así como la exposición por la ocupación urbana no planificada.
- En la quebrada Puca Puca se identificaron movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos, así como erosión de laderas en forma de cárcavas. El material removido en la quebrada Puca Puca es canalizado por la misma hasta su desembocadura en el río Ichu, afectando a la población de Acoria.
- Por las condiciones geológicas-geodinámicas, la localidad de Acoria es considerada como Zona Crítica, de peligro muy alto por deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

  
ING. MANUEL SALOMÓN VILCHEZ  
Especialista en Peligros  
Geológicos  
INGEMMET

### 13. RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de alerta temprana, en temporadas de precipitaciones pluviales intensas y/o extraordinarias para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
- Implementar un sistema de señalización de rutas de evacuación ante la amenaza de flujo de detritos y lodo, así como la ocurrencia de nuevos deslizamientos o la reactivación de los deslizamientos ya identificados.
- No permitir la construcción de viviendas en el cauce de la quebrada o en zonas aledañas.
- Realizar la limpieza y profundización del cauce de la quebrada, canalizar por medio de la construcción de gaviones en ambas márgenes.
- Ampliar la luz (longitud) de las losas de puentes que cruzan la quebrada Puca Puca.
- Las obras de rehabilitación deben ser dirigidas y ejecutadas por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.



Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL  
Director (e)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET



Ing. MANUEL SALOMÓN VILCHEZ MATA  
Especialista en Peligros  
Geológicos  
INGEMMET

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cruden, D. & Varnes, D. (1996) - Landslides types and processes. In Turner, A.K & Schuster, R.L. Editores (1996). Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 672 p.
- Dirección de Geología Ambiental (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú- Franja N° 3. INGEMMET, *Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 28, 373 p.
- FAO (1967) - La erosión del suelo por el agua. Cuadernos de fomento agropecuario. N° 81 Roma. 207 p.
- Farrar, E. & Noble, D.C. (1976) - Timing of late Tertiary deformation in the Andes of Peru. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 87(9): 1247-1250.
- García, W. & Vargas, L. (1964) - Informe sobre los derrumbes de tierras en el Cerro Puca-Puca. Informe Técnico. *Comisión Carta Geológica Nacional*, 9 p.
- Hungr, O.; Evans, S. G.; Bovis, M. & Hutchinson, J. N. (2001) - Review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geosciences*, 7, 1-18.
- Hungr, O. & Evans, S. G. (2004) - Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism. *Geological Society of America Bulletin*, v. 116:1240-1252.
- Morche, W. & Larico, W. (1996) - Geología del cuadrángulo de Huancavelica-Hoja: 26-n. INGEMMET, *Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional*, 73, 172 p.
- Noble, D.C.; Spell, T.; Wise, J.M. & Vidal, C.E. (2001) - Early Albian isotopic age on a basalt flow of the Goyllarisquizga Formation, Central Perú. *Bol. Soc. Geol. Perú*, (92): 23-27.
- Poesen, J. (1993) - Gully typology and gully control measure in the European loess belt, en S. Wicherek, ed., Farm Land Erosion. In temperate plains environment and hills. 222-239.
- 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.
- Romero, D. & Torres, V. (2003) - Revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica (26-n). *INGEMMET*, 22 p.
- Suárez, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Publicaciones UIS. Capítulos 2-3. Universidad Industrial de Santander, 550 p.



Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.

Vílchez, M. & Ochoa, M. (2014) - Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica. Informe Técnico. *INGEMMET*, 56 p.