

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A6927**

# **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO DE COLPA**

Región Huancavelica  
Provincia Tayacaja  
Distrito Pichos



AGOSTO  
2019

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO DE COLPA (Distrito Pichos, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica)

## ÍNDICE

RESUMEN .....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	3
1.2. ESTUDIOS ANTERIORES .....	3
2. GENERALIDADES .....	4
2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	4
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	5
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	7
3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL .....	7
3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL.....	8
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	10
4.1. UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS .....	10
5. PELIGROS GEOLÓGICOS .....	14
5.1. CONCEPTOS BÁSICOS .....	14
5.1.1. DESLIZAMIENTOS .....	14
5.1.2. DERRUMBES .....	15
5.1.3. FLUJOS .....	16
5.1.4. CÁRCAVAS.....	17
6. DESLIZAMIENTOS EN EL CERRO SILLAPATA.....	18
6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DESLIZAMIENTOS .....	18
7. DERRUMBES EN EL ANEXO DE COLPA.....	20
7.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DERRUMBES .....	20
8. CÁRCAVAS EN EL CERRO SILLAPATA.....	22
8.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁRCAVAS.....	22
9. FLUJOS DE DETRITOS EN EL ANEXO DE COLPA.....	24
9.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUJOS DE DETRITOS.....	25
10. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA.....	30
CONCLUSIONES.....	31
RECOMENDACIONES.....	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

# **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO DE COLPA**

**(Distrito Pichos, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica)**

## **RESUMEN**

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el anexo de Colpa. 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.

El anexo de Colpa es afectado por peligros geológicos tipo flujos de detritos, estos eventos se producen desde el año 2011. En la quebrada Ispingol se identificaron movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujos de detritos, derrumbes y cárcavas, que aportan material al cauce de la quebrada que es canalizado hasta su desembocadura en la quebrada Colpa; los flujos de detritos, generados en los meses de lluvias, afectan viviendas, carreteras y áreas de cultivo del anexo de Colpa.

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, el anexo de Colpa es considerado como Zona Crítica, de peligro muy alto por flujos de detritos, deslizamientos y derrumbes, 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.

## **1. 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 Ing. César Tito Espinoza y mediante Oficio N° 252-2019/GOB.REG.HVCA/GR-ORDNSCGRDyDS de fecha 13 de junio, solicitó al INGEMMET la realización de un estudio geológico de riesgo al Informe Técnico N° 014-2019: Informe preliminar de riesgo por remoción en masa del anexo de Colpa, distrito de Pichos, provincia de Tayacaja-Huancavelica, a fin de organizar el proceso de reasentamiento poblacional.

Para la evaluación de los peligros geológicos en el anexo de Colpa, 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 29 de junio 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.

### **1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

- Realizar la evaluación geológica-geodinámica del anexo de Colpa ubicado en el distrito de Pichos, provincia Tayacaja y región de Huancavelica.
- Determinar las causas de origen de los peligros geológicos.
- Recomendar acciones que permitan mitigar los peligros identificados.

### **1.2. ESTUDIOS ANTERIORES**

Entre los estudios realizados con anterioridad y que se tomaron como base para la realización del presente informe, se tienen:

- “Estudio de riesgos geológicos del Perú-Franja N° 3” (Dirección de Geología Ambiental, 2003). En la región de Huancavelica se 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 sector de Colpa 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" (Vilchez & Ochoa, 2014). 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 informe el sector de Collpa (Distrito Huaribamba) es considerado una zona crítica por flujo de detritos (huaicos). En este sector identificaron quebradas de corto recorrido que bajan del cerro Lindera, tributarias de la quebrada Collpa, que se activaron el año 2011 y generaron flujos de detritos que destruyeron viviendas y terrenos de cultivo de la comunidad de Collpa que se asienta sobre sus depósitos antiguos.

Finalmente, recomiendan reubicar las viviendas del poblado de Collpa, hacia zonas seguras y forestar las laderas con vegetación natural de la zona.

- Informe Técnico N° 014-2019: "Informe preliminar de riesgo por remoción en masa del anexo de Colpa, distrito de Pichos, provincia de Tayacaja-Huancavelica" (Gobierno Regional de Huancavelica, 2019). Concluye que el anexo de Colpa es susceptible a la ocurrencia de peligros geológicos tipo deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y flujo de detritos. Los eventos identificados afectan a la población ubicada en las fajas marginales de los ríos y la carretera Colpa-Puito.

Consideran a las precipitaciones pluviales como el factor desencadenante para la ocurrencia del deslizamiento del cerro Sillapata y que podría afectar a 30 viviendas ubicadas en zonas de riesgo.

Finalmente, recomiendan: construir un sistema de drenaje tipo Espina de pescado, construir defensas ribereñas, evitar construir en zonas de cauce de quebradas y considerar la reubicación de las viviendas ubicadas en el anexo de Colpa.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD**

El anexo de Colpa se encuentra ubicado en la margen izquierda de la quebrada del mismo nombre. Políticamente pertenece al distrito de Pichos, provincia Tayacaja, región Huancavelica; en las coordenadas centrales UTM (WGS 84-Zona 18 Sur), figura 1:

Anexo	Coordenada N	Coordenada E	Altitud
Colpa	8 648 667	511 256	2 978 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-Pazos-Carampa-Pichos-Colpa por un tiempo estimado de 8 h 15 min, a través de 356.4 km aproximadamente.

Desde la ciudad de Huancavelica, el recorrido se realiza también por vía terrestre, considerando la ruta: Huancavelica-Pampas-Pazos-Pichos-Colpa por un tiempo estimado de 5 h 15 min, a través de 183 km aproximadamente.

El itinerario que se siguió fue el siguiente:

Desde	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Lima a Huancayo	Terrestre	304 km	6 h 46 min
Huancayo a Pazos		53 km	1h 15 min
Pazos a Carampa		13.5 km	35 min
Carampa a Pichos		11 km	28 min
Pichos a Colpa		13 km	33 min

## 2.2. 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 de la quebrada Huaylanchu.

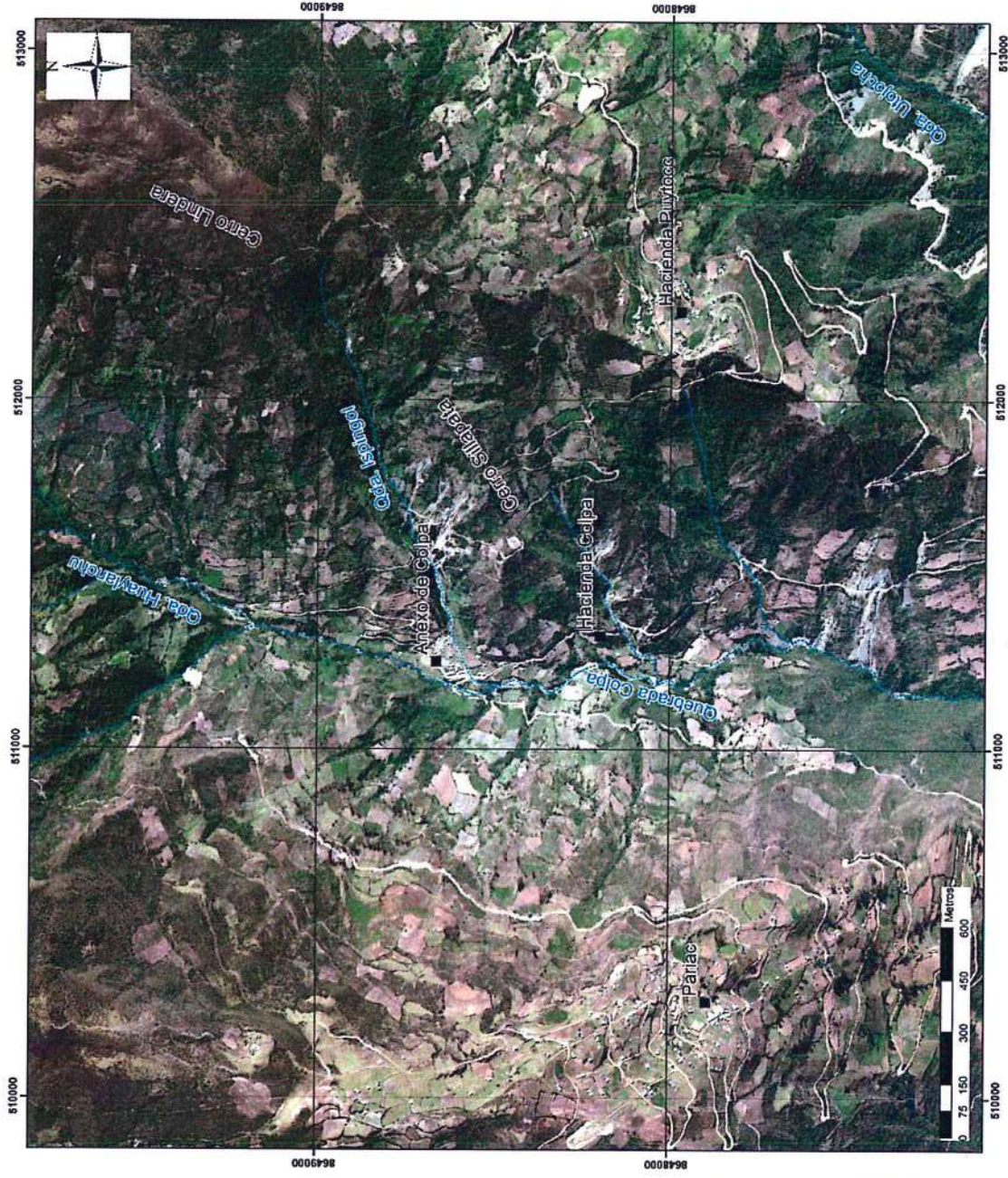
Presenta un clima frío, lluvioso, con lluvia deficiente en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda.

La temperatura media anual se encuentra en 13.2 °C y la precipitación es de 516 mm al año.

Las temperaturas más altas en promedio ocurren en noviembre, siendo alrededor de 14.3 °C, mientras que las temperaturas medias más bajas del año se producen en el mes de julio, con alrededor de 11.4 °C.

La menor cantidad de lluvia ocurre en el mes de junio, con un promedio de 5 mm. La mayor cantidad de precipitación ocurre en febrero, con un promedio de 97 mm.

La variación en la precipitación entre los meses más secos y más húmedos es de 92 mm y la variación en las temperaturas durante todo el año es de 2.9 °C (Fuente: Climate-Data.org).



SIMBOLOGÍA	
■	Centro poblado
—	Drenaje

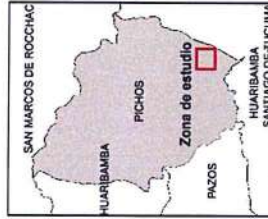


Figura 1. Ubicación del anexo de Colpa

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para poder caracterizar las unidades geomorfológicas identificadas 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 (denudación) y sedimentación (acumulación).

Las geoformas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) Montaña, 2) Piedemonte 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 metamórfica (RM-rm)
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)

#### 3.1. 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 metamórficas (RM-rm)

Estas geoformas están conformadas por substratos rocosos metamórficos tipo filitas, reducidos por procesos denudativos y que se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente moderada a alta (30° a 45°).

Se identificaron estas formas del relieve en los alrededores del anexo de Colpa (fotografía 1).



Fotografía 1. Montañas en rocas metamórficas, ubicadas en la margen derecha de la quebrada Colpa. Vista al suroeste

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

Estas geoformas 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.

Las geoformas de carácter depositacional, identificadas en la zona de estudio, son:

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

Esta unidad geomorfológica corresponde a los depósitos dejados por los flujos de detritos (huaicos) y de lodo de tipo excepcional. Se caracteriza por tener una 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.

La población del anexo de Colpa se ubica sobre estas formas de relieve (fotografía 2).



Fotografía 2. Vista al suroeste del anexo de Colpa ubicado sobre piedemontes aluvio-torrenciales, en ambas márgenes de la quebrada Ispingol

#### 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.

Se identificaron estas geoformas en el cerro Sillapata y la quebrada Ispingol.

#### Terraza aluvial (T-al)

Las terrazas aluviales 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.

Estas formas de relieve se encuentran en ambas márgenes de la quebrada Colpa.

## 4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N° 12-Geología del cuadrángulo de Pampas-Hoja: 25-n (Guizado & Landa, 1964) y la Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas (25-n) (Cerrón & Ticona, 2003), donde indican que en la zona de estudio afloran rocas metamórficas tipo filitas, esquistos y gneis, así como depósitos Cuaternarios (aluviales, coluviales y coluvio-deluviales).

También se trabajó en base a la interpretación de imágenes de satélite y observaciones de campo.

### 4.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

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

#### Complejo metamórfico de la Cordillera Oriental

Las rocas metamórficas, en la zona de estudio, estaban agrupadas dentro del Grupo Excélcior (Mc Laughlin, 1925). Por las características litológicas y tipo de facie metamórficas; este complejo fue diferenciado en tres secuencias (Cerrón & Ticona, 2003): Gneis, anfibolita y esquistos (PE- gn/an/es); esquistos, esquistos-micáceos y filitas (PE-fi/es/em/ecl); y esquistos, metasedimentarios y mármol (PE-em/es/cu/ma) del Neoproterozoico.

#### Esquistos, esquistos-micáceos y filitas (PE-fi/es/em/ecl)

Estas rocas se distribuyen en una franja alargada con rumbo NO-SE. En la zona de estudio se identificaron filitas de grano fino, foliación bien marcada y que por meteorización originan fragmentos de brillo satinado. Esta secuencia por sus características mineralógicas corresponde a una secuencia metamórfica de bajo grado (fotografía 3). Los esquistos son de tonalidad gris oscura, alguno de los cuales destacan por su coloración verde y exfoliación pronunciada; en los afloramientos el pronunciado fracturamiento de las rocas da lugar a una superficie áspera.

#### Grupo Cabanillas (D-ca)

Las rocas de este grupo se distribuyen ampliamente a manera de franja alargada con dirección NO-SE. Litológicamente, está compuesto en sus niveles más inferiores por una secuencia monótona de limoarcillitas y pizarras oscuras de color negro, con algunas intercalaciones de areniscas oscuras y gris verdosas de grano grueso en capas delgadas del Devónico.



Fotografía 3. Filitas identificadas en la margen izquierda de la quebrada Ispingol. Se tomaron los siguientes datos de la foliación: rumbo N 63° y buzamiento 34° SE. Vista al sureste

#### Depósitos aluviales (Qh-al)

Los depósitos aluviales corresponden 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.

Están 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 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 Ispingol (fotografía 4).

#### Depósitos coluviales (Qh-co)

Los depósitos coluviales se encuentran en las laderas, constituyendo depósitos de piedemonte, producto de caídas de rocas o derrumbes de corto recorrido. Están conformados por material heterométrico, de dimensiones milimétricas a centimétricas, que soportan bloques decimétricos e incluso métricos. Los bloques

son normalmente angulosos a sub-angulosos y de litología diversa. Posee espesor variable, dependiendo de la pendiente y morfología de las laderas de las montañas. Se identificaron estos depósitos en la margen derecha de la quebrada Colpa.



Fotografía 4. Depósitos aluvio-torrenenciales recientes formados por la acumulación de material removido por la quebrada Ispingol. Vista al sur

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

Esta unidad litoestratigráfica 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.

Se identificaron depósitos coluvio-deluviales, producidos por las precipitaciones extraordinarias ocurridas en la zona de estudio, en la quebrada Ispingol.

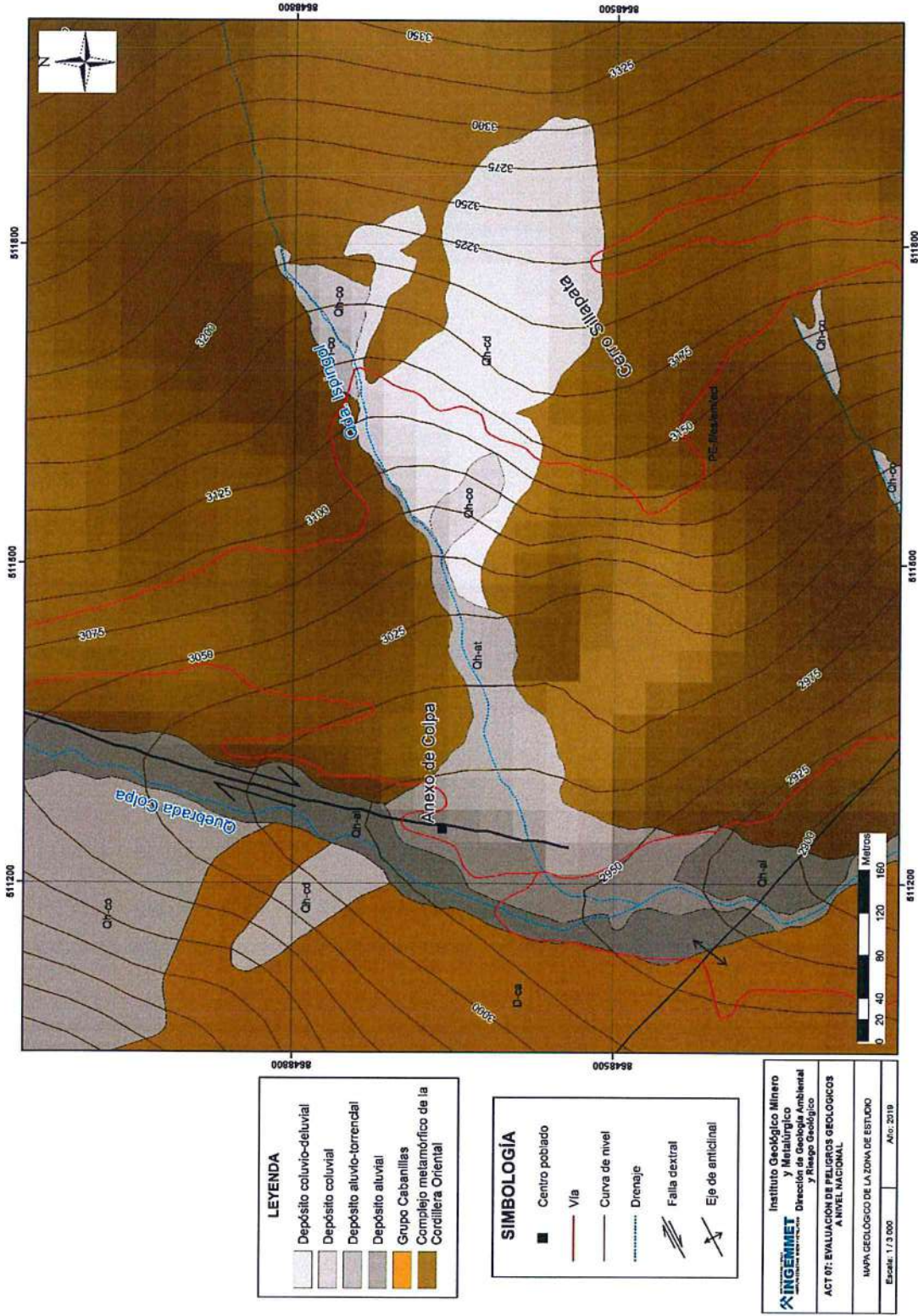


Figura 2. Mapa geológico de la zona de estudio

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el anexo de Colpa, 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.

### 5.1. CONCEPTOS BÁSICOS

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

#### 5.1.1. 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.

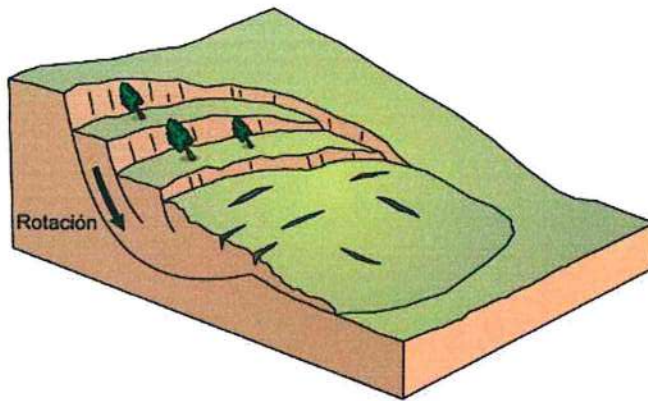
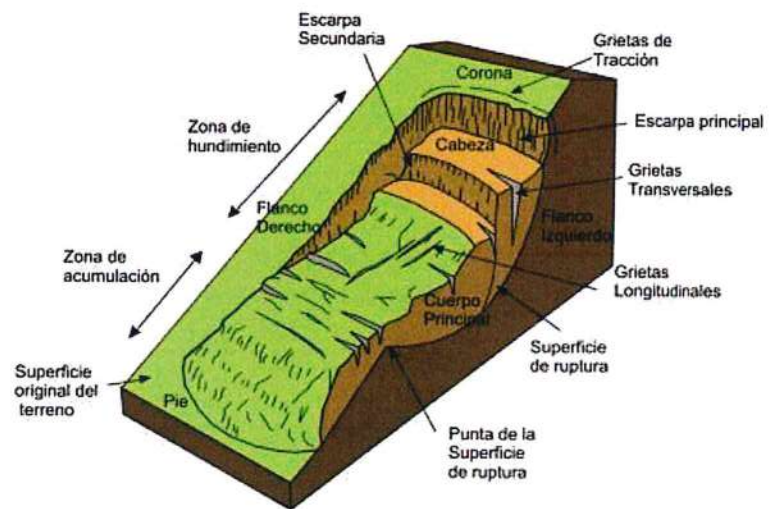


Figura 3. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007)

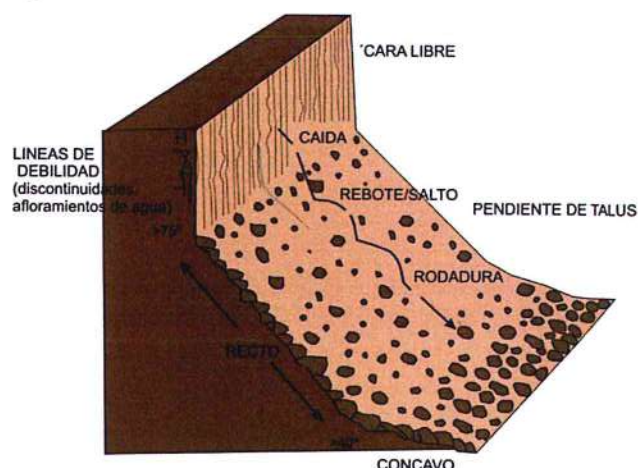
Figura 4. Esquema de un deslizamiento rotacional donde se muestra sus partes principales



### 5.1.2. 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)





### 5.1.3. 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).

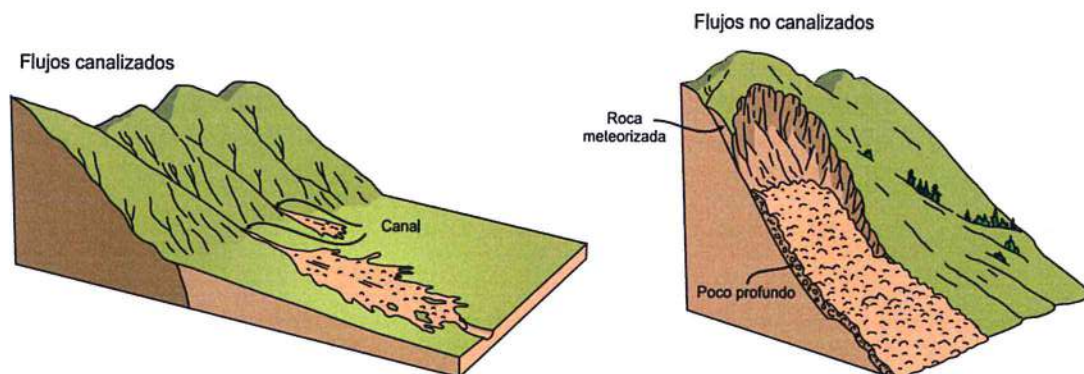


Figura 6. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden & Varnes, 1996)

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 deposición en abanico como se muestra en la figura 7 (Bateman *et al*, 2006).

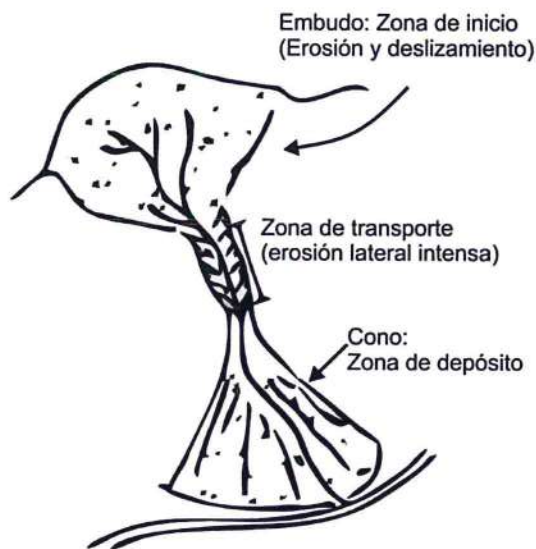


Figura 7. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman *et al*, 2006)

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.

#### 5.1.4. 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).

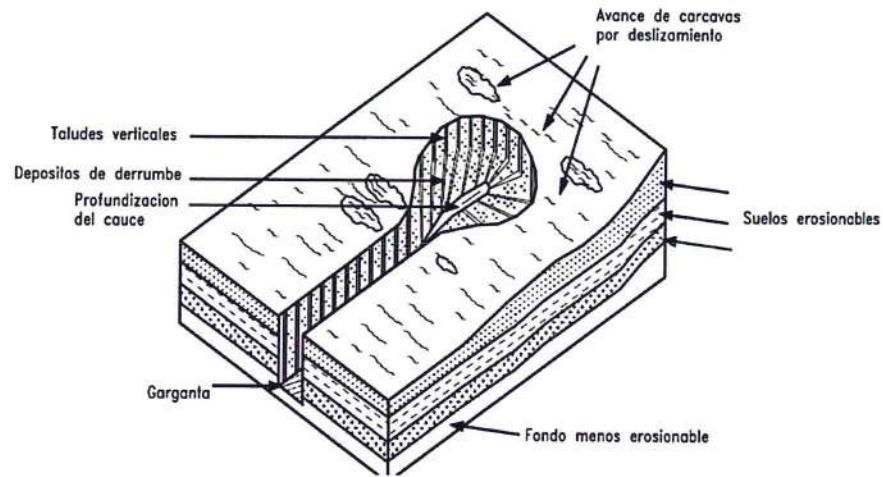


Figura 8. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998)

## 6. DESLIZAMIENTOS EN EL CERRO SILLAPATA

Los trabajos de campo realizados en el anexo de Colpa y la interpretación de imágenes satelitales permitieron realizar la identificación, delimitación y caracterización de los deslizamientos recientes en el cerro Sillapata, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Ispingol.

Los deslizamientos recientes, corresponden a deslizamientos de tipo rotacional que se originaron el presente año (fotografías 5 y 6). Se realizó la cartografía de estos eventos, así como de los escarpes principales y secundarios con alturas verticales de hasta 5 m (fotografía 5).

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.

### 6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos se originaron el presente año a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurrieron en esta zona de estudio. 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:

- Forma de la escarpa: circular y continua.
- Forma de la superficie de rotura: rotacional.
- Velocidad del movimiento: rápido.
- Distribución o actividad: retrogresivo.

- Longitud de escarpas principales de hasta 150 m.
- Saltos principales de 0.4 a 5 m.
- Presencia de saltos secundarios de 1 a 2 m.
- Presencia de agrietamientos longitudinales y transversales a los escarpes principales, con longitudes mayores a 5 m y separaciones de hasta 0.4 m.
- Diferencia de altura de la corona al pie de los deslizamientos principales de hasta 335 m.
- Áreas aproximadas de los deslizamientos recientes: 3 hectáreas.
- Se identificaron asentamientos en el cuerpo del deslizamiento que hacen inestable la zona.

**Causas:**

- a) Configuración geomorfológica (montañas modeladas en rocas metamórficas).
- b) Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 30° y 45°.
- c) Características litológicas del área (afloramiento de rocas metamórficas tipo filitas y esquistos. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada. La calidad de las rocas se ve reducida por la presencia de fallas y pliegues.
- d) Substrato rocoso de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Suelos de tipo limo-arcilloso con presencia de 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.
- i) Las precipitaciones pluviales extraordinarias e intensas fueron el factor desencadenante que originaron los deslizamientos en el cerro Sillapata.



Fotografía 5. Deslizamiento rotacional identificado en el cerro Sillapata, en la margen izquierda de la quebrada Ispingol. Vista al noreste



Fotografía 6. Deslizamiento reciente identificado en la margen izquierda de la quebrada Ispingol. Vista al sureste

**Daños:**

Los deslizamientos recientes podrían afectar a la población del anexo de Colpa ubicada en la parte baja de la quebrada Ispingol, así como la carretera Pichos-Colpa-Salcabamba, el centro educativo, campo deportivo, entre otros. 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.

## **7. DERRUMBES EN EL ANEXO DE COLPA**

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

Los trabajos de campo realizados en la quebrada Ispingol, así como el uso de imágenes satelitales, permitieron identificar derrumbes recientes en ambas márgenes de dicha quebrada (fotografías 7 y 8).

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

### **7.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DERRUMBES**

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

## Causas

### *Factores condicionantes:*

- a) Configuración geomorfológica de la zona de estudio (montañas modeladas en rocas metamórficas).
- b) Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 30° y 45°.
- c) Características litológicas del área (afloramiento de rocas metamórficas tipo filitas y esquistos. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada. La calidad de las rocas se ve reducida por la presencia de fallas y pliegues.
- d) Substrato rocoso de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Suelos de tipo limo-arcilloso con presencia de 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.

### *Factor desencadenante:*

Las precipitaciones pluviales intensas fueron el factor desencadenante que originaron los derrumbes en el anexo de Colpa, las cuales saturan los terrenos y los desestabilizan.



Fotografía 7. Derrumbes en la parte baja de la quebrada Ispingol (margen izquierda) que afectan al campo deportivo del anexo de Colpa. Vista al sur



Fotografía 8. Derrumbes identificados en las laderas del cerro Sillapata (margen izquierda de la quebrada Ispingol). Vista al sur

## 8. CÁRCAVAS EN EL CERRO SILLAPATA

La ocurrencia de cárcavas en las laderas del cerro Sillapata es favorecida por la morfología de las montañas metamórficas, 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 la margen izquierda de la quebrada Ispingol (fotografía 9), así como cárcavas con un estado evolutivo maduro, en los alrededores del anexo de Colpa.

### 8.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁRCAVAS

Las cárcavas se originan a consecuencia de las lluvias extraordinarias e intensas que ocurren en el anexo de Colpa y los alrededores. Entre los factores condicionantes se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno, el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica, entre otros. Mientras que el factor desencadenante son las precipitaciones pluviales.

#### Causas

*Factores condicionantes:*

- a) Configuración geomorfológica de la zona de estudio (montañas modeladas en rocas metamórficas).
- b) Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 30° y 45°.

- c) Características litológicas del área (afloramiento de rocas metamórficas tipo filitas y esquistos. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada. La calidad de las rocas se ve reducida por la presencia de fallas y pliegues.
- d) Substrato rocoso de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Suelos de tipo limo-arcilloso con presencia de 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.

*Factor desencadenante:*

Las precipitaciones pluviales intensas fueron el factor desencadenante que originaron las cárcavas en el cerro Sillapata, las cuales saturan los terrenos y los desestabilizan.



Fotografía 9. Erosiones de ladera a manera de cárcavas en la margen izquierda de la quebrada Ispingol. Las cárcavas aportan material sólido al cauce de la quebrada y éste es transportado hasta su desembocadura en la quebrada Colpa. Vista al sureste

**Daños:**

Las cárcavas aportan material sólido al cauce de la quebrada Ispingol, el cual es transportado y canalizado por la quebrada hasta su desembocadura en la quebrada Colpa. La erosión de las cárcavas aporta material a los flujos de detritos que afectan a la población del anexo de Colpa ubicada en la parte baja de la quebrada Ispingol, así como la carretera Pichos-Colpa-Salcabamba, viviendas, campo deportivo, entre otros. Por ello, se recomienda realizar la reubicación de la población que se encuentra en un riesgo muy alto ante este tipo de peligro geológico.



## 9. FLUJOS DE DETRITOS EN EL ANEXO DE COLPA

Vílchez & Ochoa (2014) identificaron 13 zonas críticas en la provincia de Tayacaja. Una de ellas es el sector de Colpa (distrito de Pichos), considerada una zona crítica por flujo de detritos (huaicos).

En el sector de Colpa las quebradas de corto recorrido que bajan del cerro Lindera, tributarias de la quebrada Colpa, se activaron el año 2011 y generaron flujos de detritos que destruyeron viviendas y terrenos de cultivo de la comunidad de Colpa que se asienta sobre sus depósitos antiguos (fotografías 10 y 11).



Fotografía 10. Flujos de detritos que afectaron viviendas de la Hacienda Colpa (2011), cabe mencionar que las viviendas se encuentran muy cerca de la quebrada. Tomado de Vílchez & Ochoa (2014)



Fotografía 11. Flujos de detritos en el anexo de Colpa (2011), las viviendas se encuentran muy cerca de la quebrada Ispingol

Finalmente, se recomiendan para la zona crítica del sector de Colpa, las siguientes medidas:

- Reubicar las viviendas del poblado de Colpa, hacia zonas seguras.
- Forestar las laderas con vegetación natural de la zona.

Desde el año 2011 hasta la actualidad, los flujos de detritos son recurrentes y se presentan con diversa intensidad, durante los meses de lluvias. En el anexo de Colpa, los flujos de detritos se canalizan por la quebrada Ispingol, pero debido a las intensas precipitaciones pluviales y la falta de limpieza de la quebrada, se produce el desborde de los flujos (fotografía 12) afectando las viviendas y zonas de cultivo del anexo en mención.

Las precipitaciones pluviales extraordinarias e intensas ocurridas en la parte alta de la quebrada Ispingol, 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 (fotografía 13), generando daños en la población de Colpa. El mayor aporte de material al cauce de la quebrada ocurre en la parte media baja, en las laderas del cerro Sillapata, dónde los derrumbes y cárcavas aportan material sólido a los flujos de detritos.

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°. Mientras que las precipitaciones pluviales son el factor desencadenante que originan los flujos de detritos.

### **9.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUJOS DE DETRITOS**

Entre los factores condicionantes, para ocurrencia de flujos de detritos en el anexo de Colpa, se tienen: la morfología de las montañas, la pendiente del terreno, el tipo de suelo que es de fácil remoción por acción hídrica, entre otros.

Las precipitaciones pluviales extraordinarias son el factor desencadenante que desencadenaron los flujos de detritos. Estos flujos se canalizaron por la quebrada Ispingol hasta su desembocadura en la quebrada Colpa.

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 identificados en la margen izquierda del cerro Sillapata.

#### **Causas**

*Factores condicionantes:*

- a) Configuración geomorfológica del área de estudio, que son montañas en rocas metamórficas disectadas por quebradas (quebrada Ispingol) y torrenteras.

- b) Pendiente promedio de la quebrada Ispingol entre los 30° y 40°.
- c) Características litológicas del área (afloramiento de rocas metamórficas tipo filitas y esquistos. Se consideran a estas secuencias como rocas de calidad regular a mala, muy fracturada y meteorizada. La calidad de las rocas se ve reducida por la presencia de fallas y pliegues.
- d) Substrato rocoso de mala calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- e) Presencia de afloramiento rocoso fracturado.
- f) Suelos de tipo limo-arcilloso con presencia de 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.

*Factor desencadenante:*

Las precipitaciones pluviales intensas son el factor desencadenante que originan flujos de detritos en la quebrada Ispingol y que afectan al anexo de Colpa.

**Daños:**

Los daños generados por los flujos de detritos ocurren desde el año 2011 hasta la actualidad. El potencial destructivo de estos procesos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado. Normalmente los flujos canalizados por la quebrada Ispingol buscan retomar su lecho natural, en el cual se ubica la población del anexo de Colpa. Los flujos de detritos afectan las viviendas del anexo de Colpa, el campo deportivo ubicado en la margen izquierda de la quebrada Ispingol (fotografía 14), la red de distribución de agua potable y terrenos de cultivo.

Se recomienda realizar la limpieza del cauce de la quebrada Ispingol (fotografía 15), reubicar las viviendas del anexo de Colpa y forestar las laderas con vegetación natural de la zona.



Fotografía 12. Vista panorámica al suroeste de los flujos de detritos en la parte alta del anexo de Colpa, se observa el desborde de los flujos hacia la margen izquierda de la quebrada Ispingol



Fotografía 13. Flujos de detritos en el anexo de Colpa, se observa el estrechamiento del cauce natural de la quebrada Ispingol. Vista al noroeste



Fotografía 14. Campo deportivo del anexo de Colpa afectado por los flujos de detritos ocurridos el presente año. Vista al suroeste



Fotografía 15. Los flujos de detritos han rellenado el cauce natural de la quebrada Ispingol, por lo cual se debe realizar la limpieza y profundización del cauce. Vista al noreste

En la figura 9, se muestra el cartografiado de los peligros geológicos identificados en el anexo de Colpa y alrededores. Dicho mapa se elaboró con el uso de imágenes satelitales, antecedentes históricos y datos tomados en los trabajos de campo.

El mapa de peligros geológicos es una herramienta de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia) en la provincia de Tayacaja, sobre todo en el anexo de Colpa.

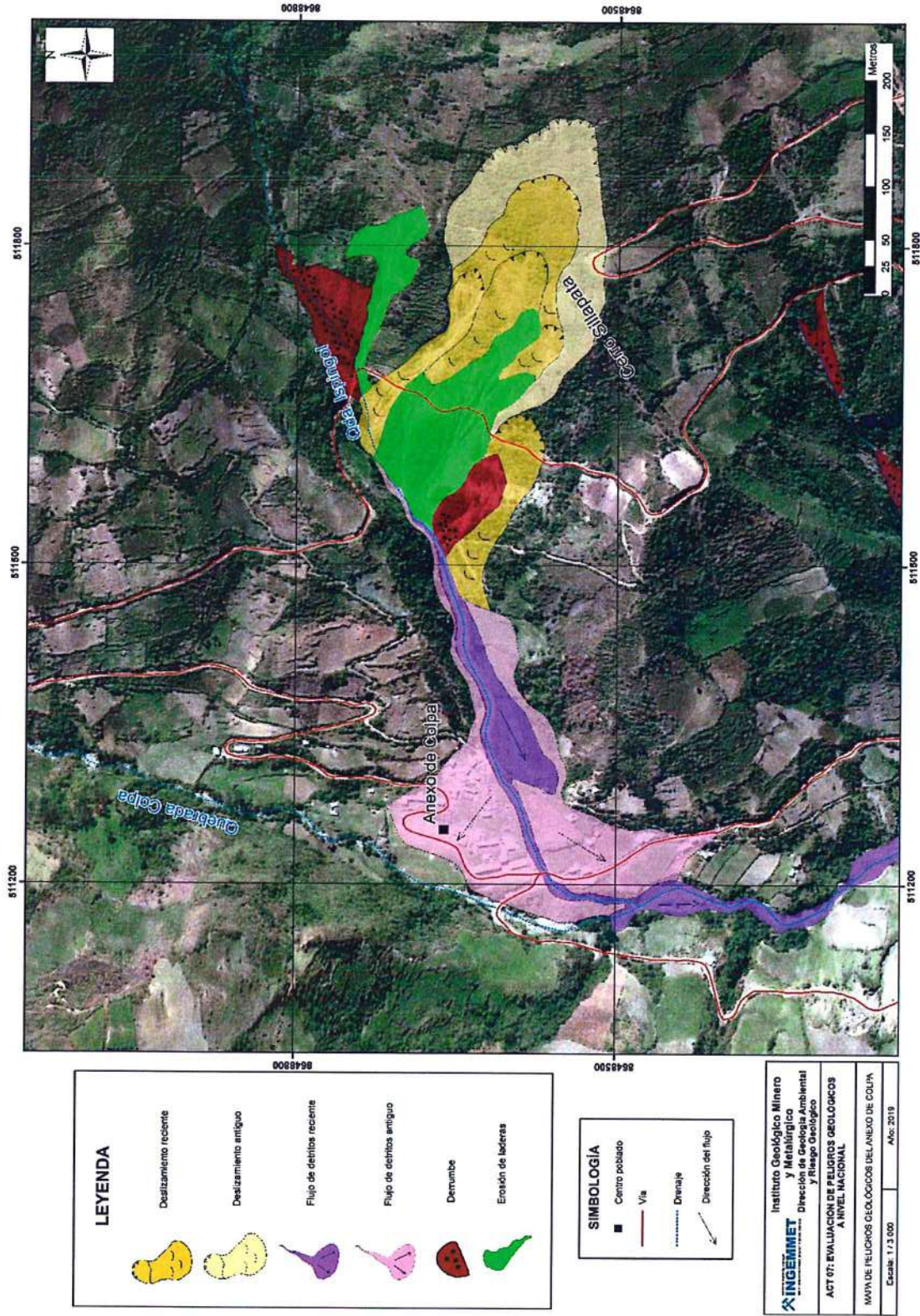


Figura 9. Mapa de peligros geológicos del anexo de Colpa

## 10. 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 el anexo de Colpa, se requieren de medidas para poder mitigar y prevenir futuros desastres.

Las 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 lo susceptible de deslizarse.
- En las partes 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 ante la ocurrencia de grandes desplazamientos y el aumento de la velocidad de movimiento del terreno.
- Realizar la limpieza y profundización del cauce de la quebrada Ispingol.
- Construir un badén o puente en la intersección de la quebrada con la carretera Pichos-Colpa-Salcabamba.
- Construir defensas ribereñas en ambas márgenes de la quebrada Ispingol.
- Reubicar a la población del anexo de Colpa, debido a que se encuentran en un riesgo muy alto ante los peligros geológicos identificados en la zona de estudio (deslizamientos, flujos y erosión de fluvial).

## CONCLUSIONES

- a) El anexo de Colpa se encuentra ubicado en la margen izquierda de la quebrada del mismo nombre, en zonas susceptibles a movimientos en masa.
- b) Geomorfológicamente, la población del anexo de Colpa se encuentra sobre piedemontes aluvio-torrenciales formados por la quebrada Ispingol, en la margen izquierda de la quebrada Colpa y en los alrededores se observan relieves de montañas en rocas metamórficas con pendiente promedio de la ladera entre los 30° y 45°.
- c) El substrato rocoso, sobre el cual se ubica el anexo de Colpa y cuyos afloramientos se observan en las laderas del cerro Sillapata, corresponde a rocas del Complejo metamórfico de la Cordillera Oriental compuesto por filitas de grano fino y esquistos son de tonalidad gris oscura. 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 pliegues y fallas.
- d) En la quebrada Ispingol se identificaron movimientos en masa tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos, así como erosión de laderas en forma de cárcavas. El material removido en la quebrada Ispingol es canalizado por la misma hasta su desembocadura en la quebrada Colpa, afectando a la población del anexo de Colpa, la carretera Pichos-Colpa-Salcabamba y zonas de cultivo.
- e) El anexo de Colpa es afectado por peligros geológicos tipo flujo de detritos, debido a la ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas y/o extraordinarias, así como por la exposición de la ocupación urbana no planificada.
- f) Por las condiciones geológicas-geodinámicas y los antecedentes históricos, el anexo de Colpa es considerado como Zona Crítica, de peligro muy alto por flujo de detritos, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.



## RECOMENDACIONES

- a) Realizar la limpieza y profundización del cauce de la quebrada Ispingol, así como canalizar por medio de la construcción de gaviones en ambas márgenes.
- b) No permitir la construcción de viviendas en el cauce de la quebrada o en zonas aledañas.
- c) Implementar un sistema de alerta temprana, en temporadas de precipitaciones pluviales intensas para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
- d) Implementar un sistema de señalización de rutas de evacuación ante la amenaza de flujo de detritos, así como la ocurrencia de nuevos deslizamientos o la reactivación de los deslizamientos ya identificados.
- e) Reubicar a la población del anexo de Colpa, debido a que se encuentra en un riesgo muy alto ante los peligros geológicos identificados en la zona de estudio.
- f) Construir un badén o puente dónde la quebrada Ispingol cruza la carretera Pichos-Colpa-Salcabamba.
- g) 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

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cerrón, F. & Ticona, P. (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas (25-n). INGEMMET, 18 p.

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.

Guizado, J. & Landa, C. (1964) - Geología del cuadrángulo de Pampas-Hoja: 25-n. INGEMMET, *Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional*, 12, 72 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.

Mc Laughlin, D. H. (1925) - Notas sobre la geología y fisiografía de los Andes Peruanos en los dptos. de Junín y Lima (Traducción). *Inf. y Mem. Bol. Soc. Ing. del Perú*, Vol. 27, No. 2.

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.

Suárez, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 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.