

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7167**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA PATACOLCA

Región Cusco  
Provincia Quispicanchi  
Distrito Cusipata



JULIO  
2021

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA PATACOLCA.**

(Distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi y región Cusco)

Elaborado por la Dirección  
de Geología Ambiental y  
Riesgo Geológico del  
INGEMMET

*Equipo de investigación:*

*David Prudencio*

*Guisela Choquenaira*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos de la comunidad campesina Patacolca. Distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi y región Cusco. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7167, 25p.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	2
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	2
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	3
<b>1.3.1. Ubicación</b> .....	3
<b>1.3.2. Accesibilidad</b> .....	4
<b>1.3.3. Clima</b> .....	5
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	5
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	5
<b>2.1.1. Formación Ananea</b> .....	6
<b>2.1.2. Grupo Cabanillas</b> .....	6
<b>2.1.3. Grupos Tarma-Copacabana</b> .....	6
<b>2.1.4. Depósitos coluviales</b> .....	6
<b>Depósitos de deslizamientos</b> .....	6
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	6
<b>3.1. Pendientes del terreno</b> .....	6
<b>3.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	8
<b>3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional</b> .....	8
<b>3.2.2. Geoformas de carácter deposicional y agradacional</b> .....	9
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	10
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	10
<b>4.2. Peligros geológicos en la comunidad campesina de Patacolca</b> .....	11
<b>4.2.1. Características visuales del evento</b> .....	11
<b>4.2.2. Deslizamientos</b> .....	12
<b>4.2.3. Derrumbes</b> .....	16
<b>4.2.4. Factores condicionantes</b> .....	17
<b>4.2.5. Factores desencadenantes</b> .....	18
<b>4.2.6. Factores antrópicos</b> .....	18
<b>5. CARACTERIZACIÓN DE AREAS PROPUESTAS PARA REUBICACIÓN</b> .....	18

<b>5.1. Zona propuesta .....</b>	<b>18</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>21</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO 1: GLOSARIO.....</b>	<b>23</b>

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en la comunidad campesina de Patacolca, perteneciente al distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi, región Cusco.

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 en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada, corresponden a rocas metamórficas de la Formación Ananea, conformado por pizarras y esquistos pizarrosos; rocas sedimentarias del Grupo Cabanillas, compuestas por areniscas grises intercaladas con lutitas; finalmente, el Grupo Tarma – Copacabana, conformado por calizas, micritas y areniscas. Todas estas unidades mencionadas se encuentran muy fracturadas y ligeramente meteorizadas.

Además, se observó depósitos de deslizamientos, compuestos por bloques y gravas heterométricos, de formas angulosas, inmersos en matriz limo arcillosa. La reactivación de los movimientos en masa identificados en la zona se desarrolló principalmente sobre estos depósitos.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional erosional (montañas en rocas sedimentaria y montañas en roca metamórfica), y de origen depositacional y agradacional, estas configuran geoformas de piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento).

Se considera que los principales factores condicionantes que originaron la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa fue los depósitos poco consolidados y la pendiente del terreno, que va de media ( $5^\circ - 15^\circ$ ) a muy fuerte ( $25^\circ - 45^\circ$ ).

Los procesos identificados en la comunidad de Patacolca corresponden a movimientos en masa tipo deslizamientos y derrumbes, dentro de un evento antiguo que ha sufrido reactivaciones, el cual abarca un área de 2'801,911 m<sup>2</sup>.

Las reactivaciones se manifiestan en forma de deslizamientos rotacionales y derrumbes, con presencia de agrietamientos y asentamientos. Estos procesos han afectado viviendas y tramos de carretera.

El área de estudio se considera de **peligro muy alto** a la ocurrencia de deslizamientos, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias intensas y prolongadas o por movimientos sísmicos.

Finalmente, se recomienda reubicar las viviendas de la comunidad de Patacolca. Además, se debe forestar el sector, cambiar a un sistema de riego tecnificado de los terrenos de cultivo e implementar un sistema de drenaje para evitar la infiltración de agua al terreno.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Cusipata, según Oficio N° 032-2020-A-MDC-Q/C, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de deslizamientos y derrumbes, ocurridos a lo largo de los últimos años, que afecta a las viviendas de la comunidad de Patacolca.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ings. David Prudencio y Guisela Choquenaira para realizar la inspección técnica respectiva. El trabajo de campo se realizó el día 4 de febrero del 2021, con acompañamiento del jefe de la Oficina de Defensa Civil Distrital.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de Municipalidad Distrital de Cusipata y entidades competentes de la gestión de riesgo de desastre, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en la comunidad de Patacolca y alrededores, que comprometen la seguridad física de los pobladores, viviendas e infraestructuras.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa de los sectores evaluados.
- c) Emitir recomendaciones viables y ejecutables a fin de reducir, prevenir y/o mitigar los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados. Todos ellos determinados en el presente informe.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel regional se tienen:

- A) Boletín N° 74, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligros Geológicos en la Región Cusco” (Vílchez et al., 2020); se identificaron los peligros geológicos y geohidrológicos que pueden causar desastres dentro del ámbito de estudio. Se contabilizó un total de 75 zonas críticas y 1682 ocurrencias de peligros geológicos.

El estudio también realiza un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa (escala 1: 500 000), el cual muestra a la comunidad de Patacolca en susceptibilidad Alta y Muy Alta (figura 1), además, se menciona como zona crítica a la confluencia del río Vilcanota con la quebrada Ceucemayo, donde se generan flujos de detritos.

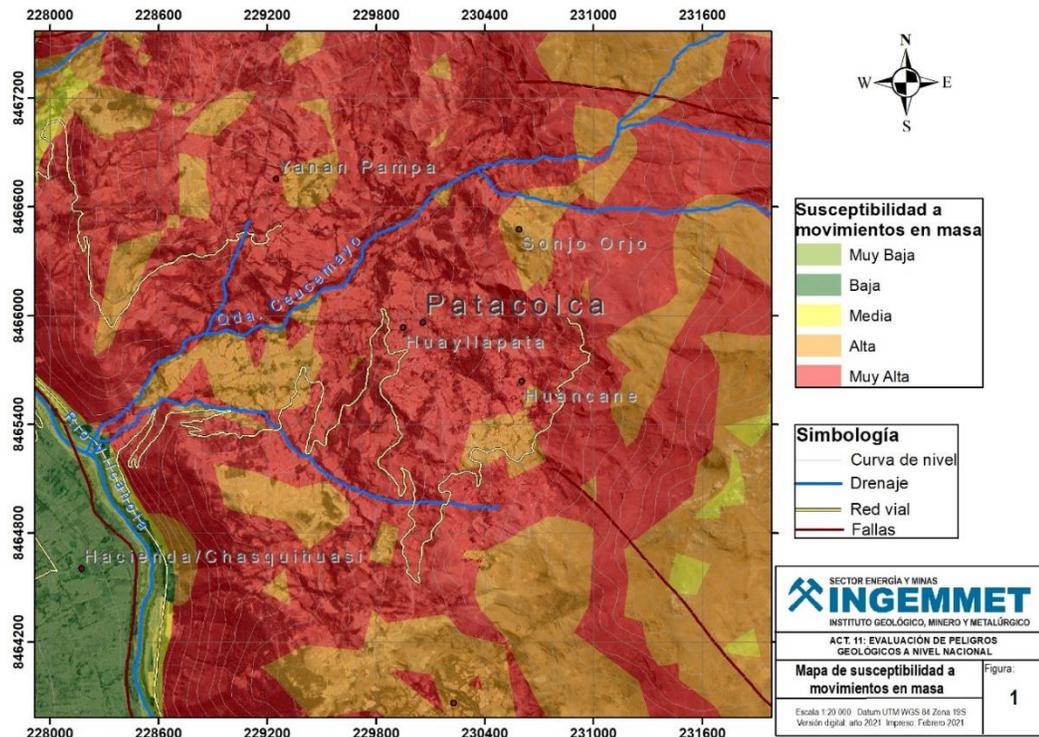


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a escala 1: 500 000 (Vílchez et al., 2020).

B) En la memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Ocongate (28-T), escala 1:100,000, (Sánchez, et al, 2003). y Geología del cuadrángulo de Cusco (28-s), escala 1:50,000 (Carlotto et al., 2011). Describen las unidades estratigráficas que afloran en la comunidad de Patacolca, las cuales son de naturaleza sedimentaria, además indica la información relacionada a la geología estructural del área de estudio.

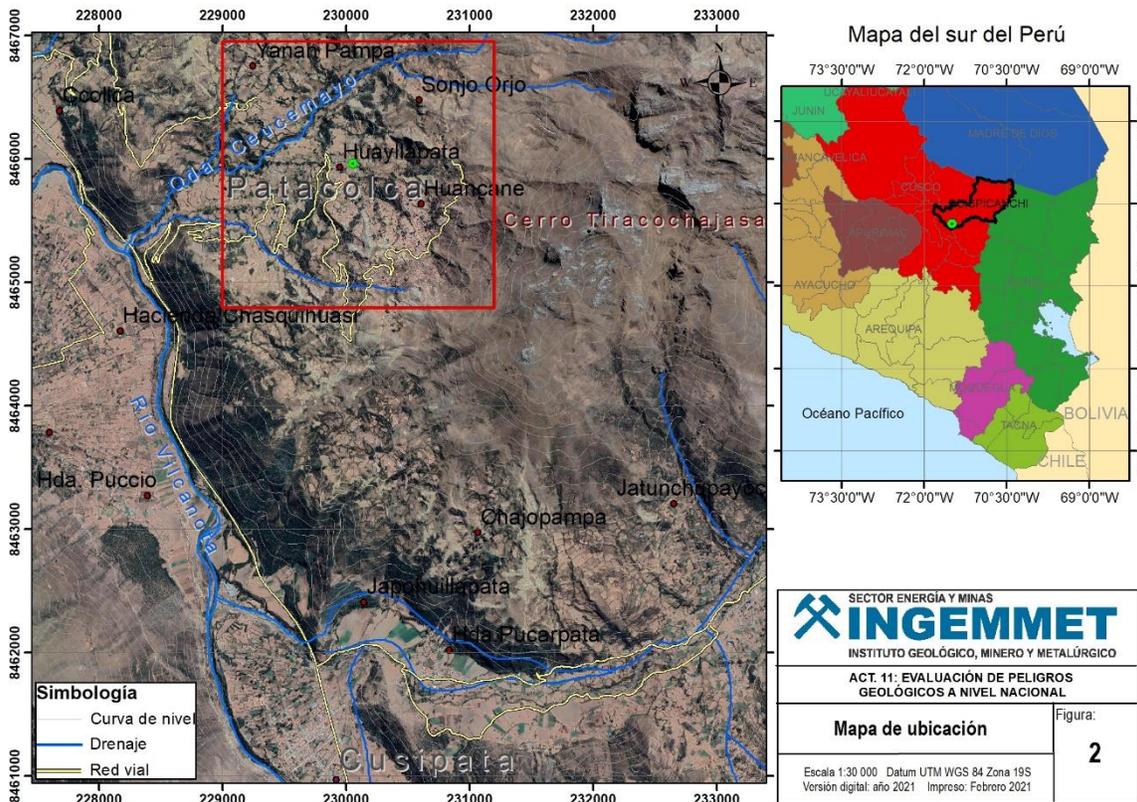
### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde al ámbito de la comunidad campesina de Patacolca perteneciente al distrito Cusipata, provincia Quispicanchi, región Cusco (figura 2), ubicada en la margen derecha del río Vilcanota, a 5 km al noreste de Cusipata, en las laderas del cerro Tiracochajasa, cuyas coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19S) son las siguientes:

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 19L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	229002	8466585	-13.8577°	-71.5072°
2	231193	8466585	-13.8579°	-71.4869°
3	231193	8464787	-13.8741°	-71.4871°
4	229002	8464787	-13.8739°	-71.5073°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	230046	8465971	-13.8633°	-71.4976°



**Figura 2.** Mapa de ubicación.

**1.3.2. Accesibilidad**

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde la ciudad del Cusco (Ingemmet - OD Cusco), mediante la siguiente ruta:

**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cusco - Cusipata	Vía asfaltada	80	1 h 45 min
Cusipata - Patacolca	Vía asfaltada - Carretera afirmada	7	15 min

### 1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2010), la comunidad campesina de Patacolca presenta un clima semiseco, con frecuencia de precipitaciones en los meses de diciembre a marzo y heladas en los meses de junio a setiembre; con humedad atmosférica relativa tipo seca.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices Climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró en base, a la memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Ocongate (28-T), (Sánchez, et al., 2003), la Geología del cuadrángulo de Cusco hoja 28-s, (Carlotto et al., 2011), donde se tienen principalmente unidades litoestratigráficas de naturaleza sedimentaria y depósitos cuaternarios. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales y observaciones de campo.

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona inspeccionada y alrededores son de origen sedimentario, conformado por depósitos de edad Paleozoica hasta la actualidad; Localmente se identificaron depósitos coluviales, aluviales y fluviales (figura 3).

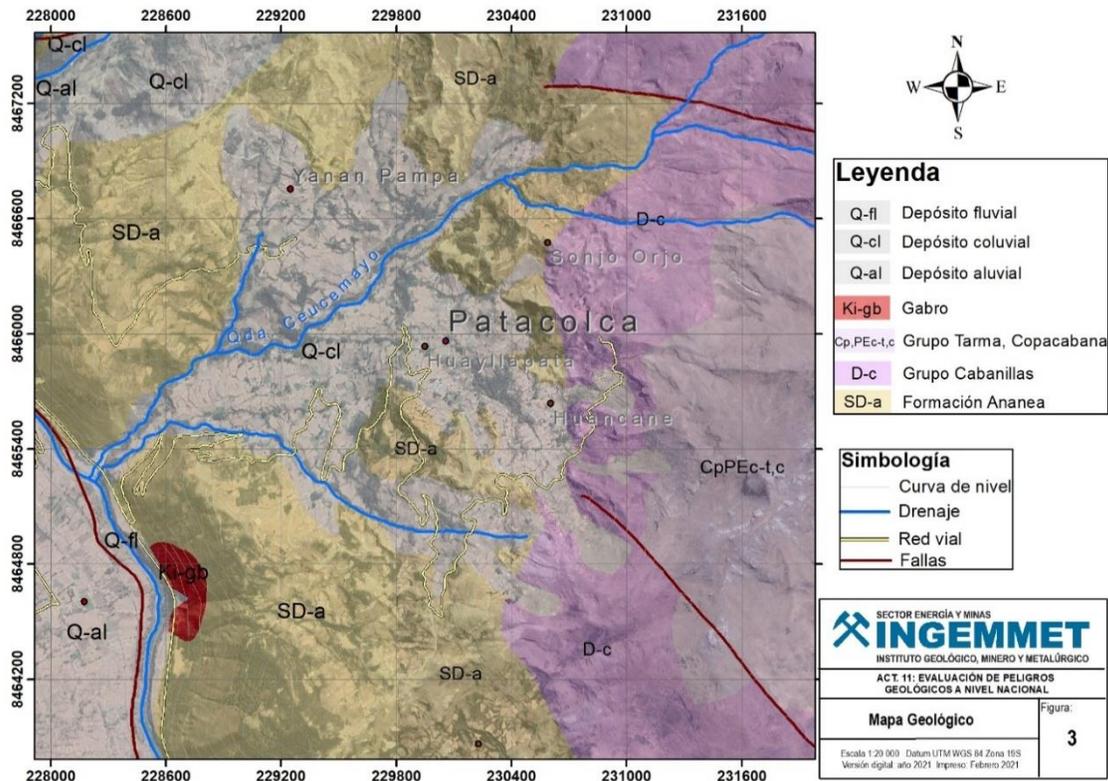


Figura 3. Mapa geológico de la zona de estudio.

### 2.1.1. Formación Ananea

En la zona de estudio, esta unidad es la más antigua, de edad Silúrico – Devónico, conformado por pizarras y esquistos pizarrosos de color gris a negro intercalados con pequeños bancos de cuarcita (Carlotto, et al, 2011), muy fracturada y de ligera a moderada meteorización, se puede apreciar afloramientos en las partes medias de la quebrada Ceucemayo, con algunas elevaciones (salientes) que presenta el terreno.

### 2.1.2. Grupo Cabanillas

Conformada por una intercalación de areniscas grises y gris verdosa a pardo amarillenta y lutitas micáceas en estratos delgados (Sánchez, et al., 2003). Estos afloramientos se presentan de medianamente a muy fracturadas y ligeramente meteorizadas, se puede observar en el cerro Tiracochajasa y sus laderas, al norte de la comunidad.

### 2.1.3. Grupos Tarma-Copacabana

Afloran en la parte alta del cerro Tiracochajasa, al norte de la comunidad de Patacolca, de edad Carbonífera a Pérmica inferior, están conformados por intercalaciones de calizas micritas y areniscas en estratos delgados ligeramente meteorizadas.

### 2.1.4. Depósitos coluviales

Son depósitos recientes, generados por deslizamientos y derrumbes, están compuestos por bloques heterométricos, de formas angulosas y de naturaleza litológica casi homogénea con matriz limo arenosa, ubicados en las partes altas de la quebrada, en algunos casos forman parte de las laderas del cerro Tiracochajasa.

#### **Depósitos de deslizamientos**

Son los depósitos relacionados con los deslizamientos, se ubican en las partes bajas de las laderas del cerro Tiracochajasa. La pendiente del terreno promedio va de media a fuerte.

En la parte media y baja de la quebrada Ceucemayo, en los sectores Yananpampa, Huayllapata, Urcac y Huancane, se observó material de deslizamiento compuesto por bloques y gravas de formas angulosas, con matriz limo arcillosa.

## **3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

### **3.1. Pendientes del terreno**

El mapa de pendientes se realizó en base al modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución, información libre que fue tomada del satélite Alos Palsar.

Las pendientes del terreno observadas en la zona inspeccionada van entre los rangos de terrenos medio (5° - 15°), fuerte (15° – 25°) a muy fuertes (25°- 45°). En el sector Huancané las pendientes del terreno son muy fuertes (25°- 45°), mientras que, en las partes medias a bajas de la quebrada, sectores Huayllapata y Yananpampa, van de medias (5° - 15°) a fuertes (15° – 25°); siendo las medias las de mayor extensión (figura 4).

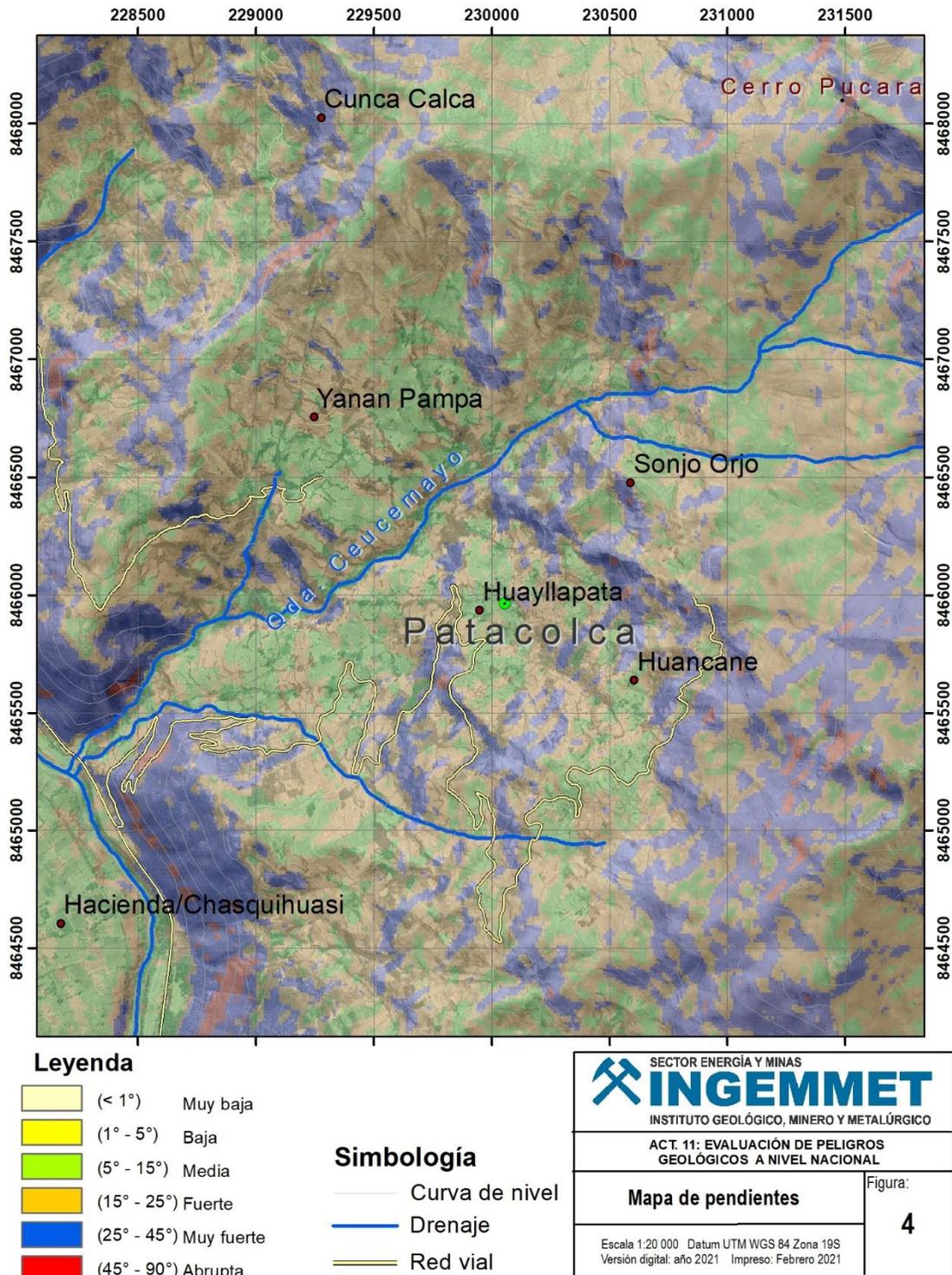


Figura 4. Mapa de pendientes de la zona de estudio.

### 3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vilchez, et al, 2019).

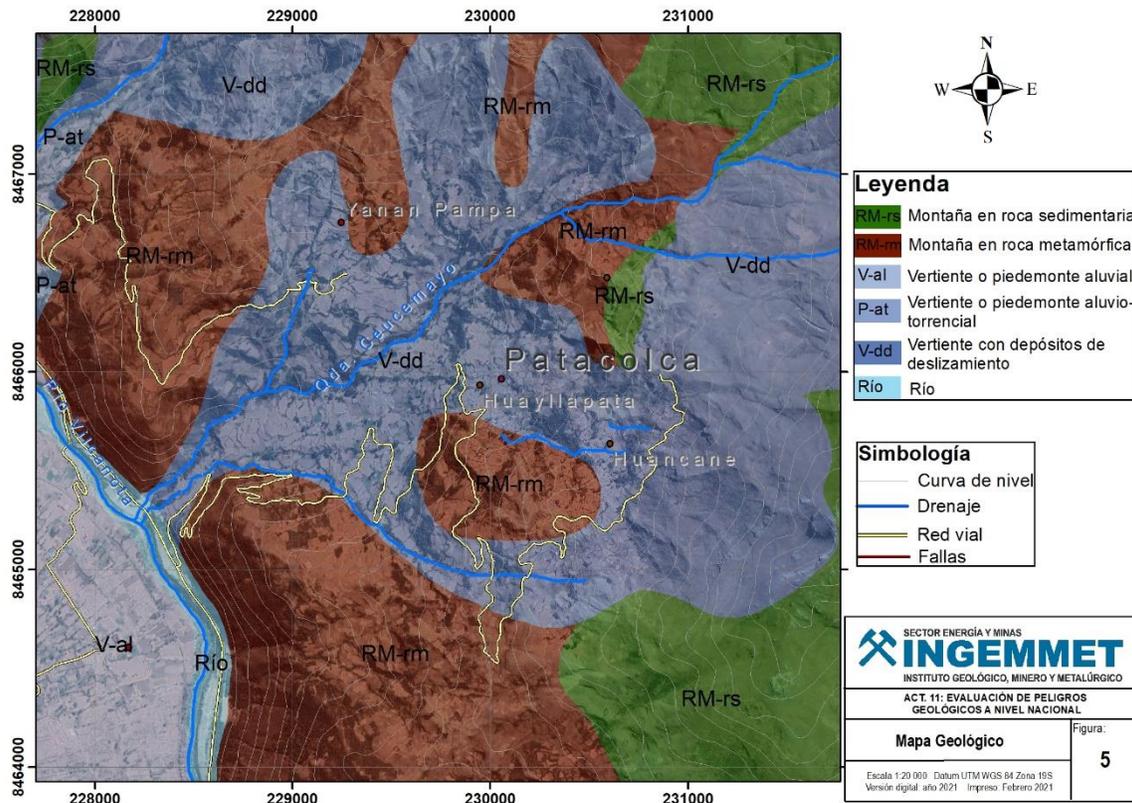


Figura 5. Mapa geomorfológico de la zona de estudio.

#### 3.2.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Estas geformas, son el resultado de procesos originados por la tectónica que presenta el área de estudio, sumado a un consiguiente proceso denudativo y erosional, afectando otras geformas pre existentes por acumulación de materiales:

##### 3.2.1.1. Unidad de montañas

Se consideran dentro de unidad de montañas a elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual.

**Subunidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs):** Relieve modelado en secuencias de los Grupos Cabanillas y Tarma - Copacabana, conformada por calizas areniscas y lutitas, cuyas laderas presentan pendientes fuertes (15° – 25°) a abruptas

(45°- 90°), situados en la ladera del cerro Tiracochajasa al norte de la comunidad de Patacolca.

Esta subunidad se asocia a la ocurrencia de derrumbes, caídas de rocas y erosión de laderas.

**Subunidad de montañas en roca metamórfica (RM-rm):** Relieve modelado en secuencias de la Formación Ananea, compuesta por pizarras y esquistos pizarrosos, cuyas laderas presentan pendientes fuertes (15° – 25°) a muy fuertes (25°- 45°), las cuales se encuentran en la parte baja del cerro Tiracochajasa.

Esta sub unidad está asociada a la ocurrencia deslizamientos y erosión de laderas.

### 3.2.2. Geformas de carácter deposicional y agradacional

Estas geformas, son el resultado de procesos geológicos constructivos originados por agentes móviles como deslizamientos y derrumbes.

Generan la nivelación de la superficie, mediante depositación y acumulación de materiales solidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados:

#### 3.2.2.1. Unidad de piedemonte

Se consideran formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predominan los terrenos generados por fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes relacionados a repentinos cambios de pendiente.

**Subunidad de vertiente con depósitos de deslizamientos (V-dd):** Zona de acumulaciones en ladera, de materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, su composición litológica es homogénea y proviene de procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbes de rocas o movimientos complejos y sus reactivaciones; Presenta morfología convexa y disposición circular a elongada de la zona de arranque.

Esta subunidad, se ubica en las laderas del cerro Tiracochajasa, el terreno presenta pendientes medias a fuertes y en algunos casos hasta muy fuertes; donde se observó las reactivaciones en el deslizamiento antiguo.

**Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at):** Corresponde a planicies inclinadas y extendidas, son acumulaciones de sedimentos acarreados por corrientes de agua, relacionados a lluvias ocasionales, extraordinarias o muy excepcionales. Estos depósitos conforman terrenos de pendientes bajas a medias, donde se pueden generar flujos de detritos.

**Subunidad de vertiente o piedemonte aluvial (V-al):** Corresponde a planicies inclinadas y extendidas, ubicadas en el pie de los sistemas montañosos, son acumulaciones de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, pueden formar abanicos en las desembocaduras de los ríos. Estos depósitos presentan pendientes bajas a medias, donde se pueden generar también flujos de detritos.

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

### 4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento (complejos y rotacionales) y caídas (derrumbes) (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son geometría del terreno, pendiente, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial-subterráneo y cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” las lluvias periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

En la figura 6 se presenta el cartografiado de dichos procesos, caracterizados por deslizamientos compuestos, rotacionales y derrumbes.

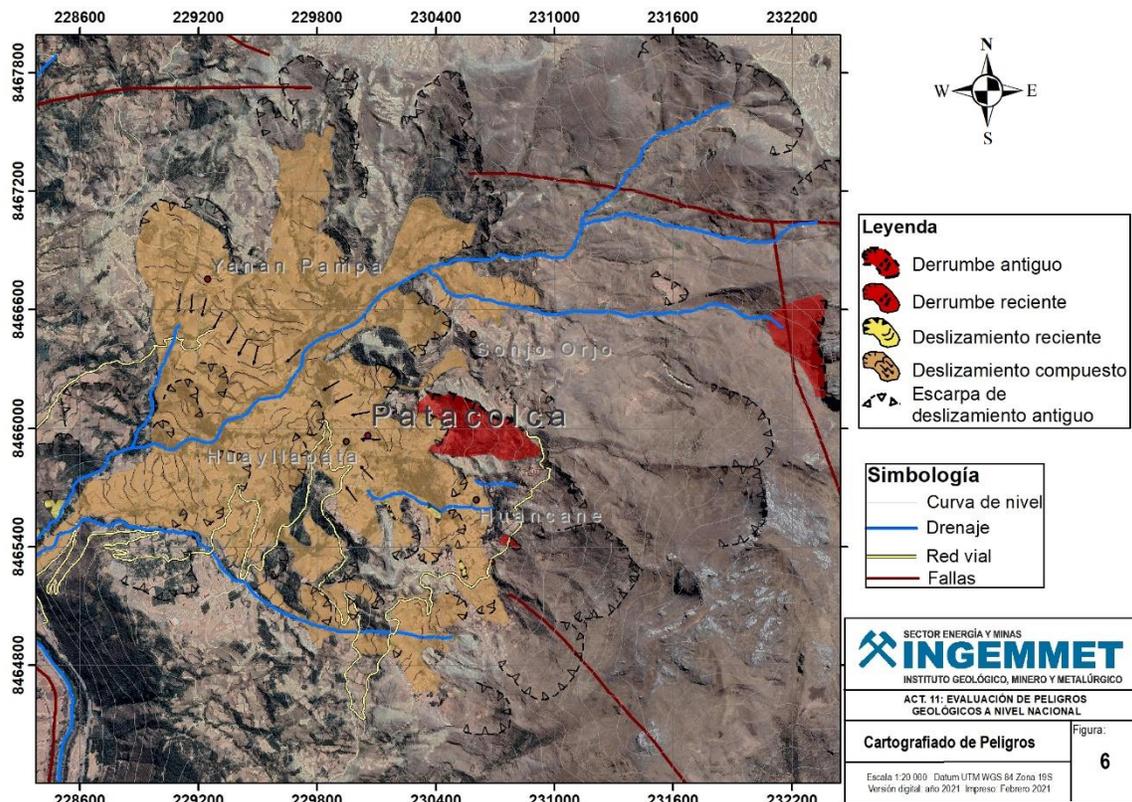


Figura 6. Cartografía de peligros geológicos de la zona de estudio.

## 4.2. Peligros geológicos en la comunidad campesina de Patacolca

La comunidad Patacolca se ubica en la margen izquierda del río Ceucemayo y en la parte media del cerro Tiracochajasa. Presenta cuatro sectores: Huancané, Urcac, Yanapampa y Huayllapata.

Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la comunidad campesina de Patacolca están representadas por deslizamientos (rotacionales y compuestos) y derrumbes (figura 7).

El deslizamiento compuesto que abarca toda la comunidad de Patacolca se encuentra en proceso de reactivación, ello está generando grietas y rajaduras en las paredes de las viviendas. Según manifiestan los pobladores, los agrietamientos en las viviendas se presentan desde el año 2002 y van incrementando en cantidad y longitud con el transcurrir del tiempo, dejándolas inhabitables.

En el terreno se apreció humedales, ojos de agua y canales mal drenados, los cuales saturan el terreno, eso conlleva a la reactivación de nuevos y constantes deslizamientos.

La reactivación del deslizamiento complejo puede generar represamiento en la quebrada Ceucemayo, el desembalse podría generar un flujo que llegaría a interrumpir la vía Cusco-Sicuani.



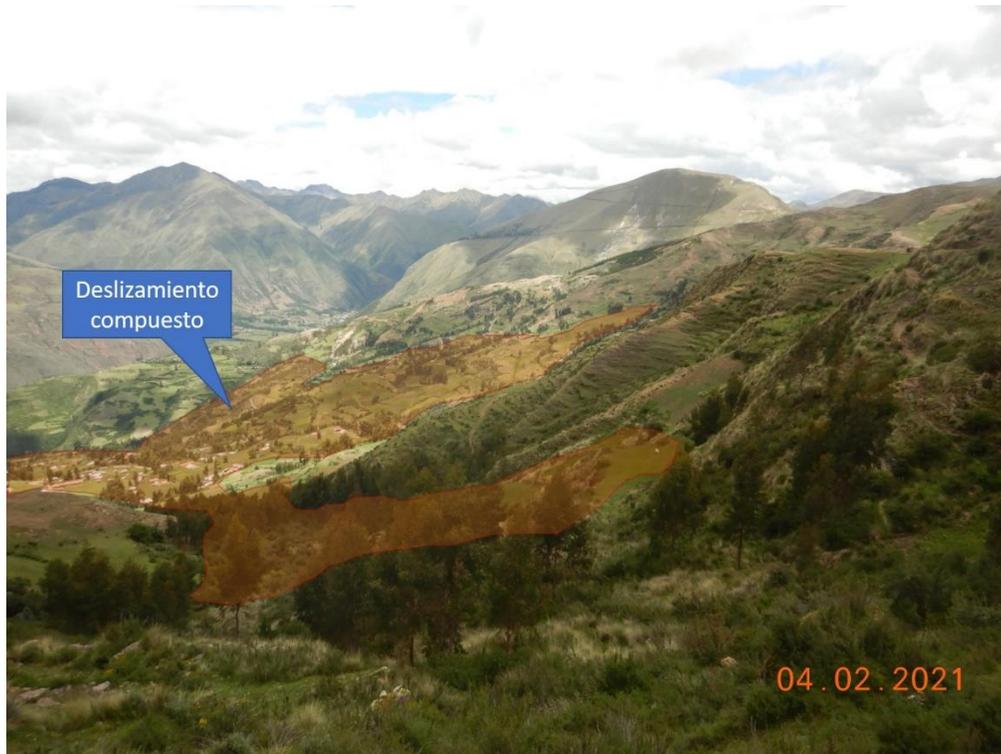
**Figura 7.** Vista panorámica que muestra eventos antiguos que modelaron la zona de estudio.

### 4.2.1. Características visuales del evento

El deslizamiento compuesto de la comunidad Patacolca (Figura 8) tiene las siguientes características y dimensiones:

- Ancho promedio de los escarpes: 200 m
- Forma de las superficies de falla de los deslizamientos: mixto
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del deslizamiento: 590 m
- Área del deslizamiento compuesto: 2,801,911m<sup>2</sup>

- Las reactivaciones en forma de deslizamientos rotacionales, presentan escarpes de 40 cm de altura en promedio.



**Figura 8.** Vista panorámica de la comunidad de Patacolca, se aprecia parte del cuerpo del deslizamiento compuesto.

#### 4.2.2. Deslizamientos

Los depósitos de deslizamientos antiguos, con pendientes muy fuertes ( $25^{\circ}$  -  $45^{\circ}$ ) e infiltración presentan reactivaciones. A continuación, describimos algunos eventos resaltantes.

El deslizamiento rotacional reactivado, con pendiente aproximada de  $33^{\circ}$  afectó áreas agrícolas. Este evento tiene dirección N  $350^{\circ}$ , una escarpa principal con longitud de 15 m y salto de 30 cm y la distancia de la cabecera (escarpa principal) al pie del deslizamiento es 30 m, dentro del cuerpo se aprecia grietas con escarpes secundarios con saltos hasta 80 cm (figura 9).

Coordenada UTM 230199 E; 8465537 N

- Reactivación en forma de deslizamiento rotacional.
- Escarpa con longitud de 15 m y salto de 30 cm.
- Dirección del movimiento N  $350^{\circ}$ .
- Pendiente del terreno  $33^{\circ}$ .
- La forma del cuerpo del deslizamiento es curva.
- Ocasionó daños en áreas de cultivo.

En la parte baja de este evento, se apreciar otro deslizamiento, la escarpa principal presenta un salto de 30 cm, el ancho del cuerpo es de 10 m y la distancia desde la cabecera al pie del deslizamiento es de 30 m (figura 10).

Coordenada UTM 230185 E; 8465549 N

- Reactivación en forma de deslizamiento rotacional.
- Escarpe con salto de 30 cm.
- Dirección del movimiento N 350°.
- Pendiente del terreno 33°.
- La forma del cuerpo del deslizamiento es curva, además se aprecia un canal al pie del deslizamiento.
- Ocasionó daños en áreas de cultivo.



**Figura 9.** Vista tomada en coordenadas E 230191; N 8465537. Muestra el deslizamiento rotacional que afecta área agrícola.



**Figura 10.** Vista tomada en coordenadas E 230172; N 8465566. Muestra la ubicación de la reactivación de los deslizamientos, que afectan áreas agrícolas.

En el terreno donde se encuentra la comunidad de Patacolca, se aprecia grietas tensionales con escarpes variables, que han causado rajaduras en los muros de las viviendas. Estos eventos se presentan como una reactivación de deslizamientos, mayormente en zonas con presencia de infiltración de agua por humedales u ojos de agua. También, en la zona evaluada se observó marcas antiguas de grietas, que se presentan como desniveles en el terreno.

Coordenada UTM 230326 E; 8465343 N, el terreno presenta agrietamiento por la reactivación de un deslizamiento, con desnivel hasta de 35 cm de altura, con dirección de desplazamiento N40° y pendiente del terreno es 15° aproximadamente. Ocasiónó rajaduras en el muro de la vivienda adyacente (figura 11).

Coordenada UTM 230326 E; 8465343 N

- Reactivación en forma de deslizamiento rotacional.
- Grieta con salto de hasta 35 cm.
- Dirección del movimiento N 40°.
- Pendiente del terreno 15°.
- La forma del cuerpo del deslizamiento es alargada.
- Ocasiónó rajaduras en los muros de la vivienda adyacente.

En coordenada UTM 230417 E; 8465556 N, se apreció otra reactivación de deslizamiento con 100 m de ancho y grietas con desniveles de hasta 30 cm de altura. (figura 12).

Coordenada UTM 230417 E; 8465556 N

- Reactivación en forma de deslizamiento rotacional.
- Grieta con salto de 30 cm.
- Dirección del movimiento N 220°.
- Pendiente del terreno 13°.
- La forma del cuerpo del deslizamiento es alargada.
- Ocasionó daños en canales de regadío.



**Figura 11.** Vista tomada en coordenadas E 230325; N 8465342. Muestra vivienda con pared agrietada producto de la reactivación de deslizamiento con asentamiento del terreno de 35 cm de altura.



**Figura 12.** Vista tomada en coordenadas E 230419; N 8465566. Muestra la reactivación de deslizamiento con grieta y desnivel del terreno de 30 cm de altura, además se observa que los árboles tienen inclinaciones a causa de estos movimientos.

#### 4.2.3. Derrumbes

En la parte alta de la quebrada, dentro del sector Huancané, se apreció derrumbes que afectaron la vía carrozable (al momento de la inspección se encontraba interrumpida) que conducía al sector Sonjo Orjo, ubicado en la parte alta. En este sector se aprecian afloramientos de pizarras y esquistos del Grupo Cabanillas, estos materiales son susceptibles a generar derrumbes, por encontrarse muy fracturado y ser parte del cuerpo de un movimiento en masa antiguo.

En coordenada UTM 230758 E; 8465400 N, se apreció la reactivación de un derrumbe, con longitud de arranque de 40 m y una altura de 60 m entre la corona y la base del derrumbe. Compuestos por bloques, gravas, arenas y limos de composición pizarrosa (figura 13).

##### Coordenada UTM 230758 E; 8465400 N

- Reactivación en forma de derrumbe.
- Ancho promedio de la zona de arranque 40 m.
- Dirección del movimiento N 275°.
- Diferencia de altura de la corona a la base del derrumbe 60m.
- La forma del cuerpo del deslizamiento es cóncava.
- Ocasiónó bloqueos en trocha vecinal.

En coordenada UTM 230676 E; 8465310 N, se apreció la reactivación de un derrumbe, la longitud de la zona de arranque es 15 m y la altura de la corona a la base del derrumbe es de 40 m. El depósito está compuesto por bloques, gravas, arenas y limos,

con diámetro hasta de 20 cm y esporádicamente con bloques de hasta 60 cm de diámetro.

Coordenada UTM 230676 E; 8465310 N

- Reactivación en forma de derrumbe.
- Ancho promedio de la zona de arranque 15 m.
- Dirección del movimiento N 300°.
- Diferencia de altura de la corona a la base del derrumbe 40m.
- La forma del cuerpo del deslizamiento es cóncava.
- Ocasionó bloqueos en trocha vecinal.



**Figura 13.** Muestra un derrumbe por donde pasa una vía el cual se encuentra afectada.

#### 4.2.4. Factores condicionantes

- Factores litológicos: la roca se encuentra muy fracturada y ligera a moderadamente meteorizada. Por el grado de fracturamiento permite la infiltración de agua al substrato, lo que condiciona la generación de deslizamientos y derrumbes.
- Las pendientes del terreno que varían de medias a muy fuertes, este último permite que la masa inestable de las laderas se desplace cuesta abajo.
- Depósitos de deslizamiento, conformada por bloques y gravas con matriz limo arcillosa, lo cual permite la infiltración y retención del agua. Esto vuelve susceptible a la generación de estos eventos.
- La cobertura arbórea escasa permite mayor infiltración de agua al suelo.

#### 4.2.5. Factores desencadenantes

- Lluvias periódicas y extremas que se dan entre los meses de diciembre a marzo, las cuales saturan y sobrecargan los taludes.
- Los sismos pueden inducir o desencadenar deslizamientos y derrumbes.

#### 4.2.6. Factores antrópicos

- Riego inadecuado (por inundación o gravedad) en terrenos de cultivo, esto permite la saturación del suelo, lo que conlleva al aumento de peso en el terreno.

### 5. CARACTERIZACIÓN DE AREAS PROPUESTAS PARA REUBICACIÓN

#### 5.1. Zona propuesta

La zona propuesta para el reasentamiento se ubica al suroeste de la comunidad de Patacolca, en la parte alta y junto a la Institución Educativa Inicial N° 1077 Ccolca Alto, con un área de aproximadamente 22,000 m<sup>2</sup>, en coordenada N 8464927; O 229322 (figura 14).

##### a) Condiciones geológicas

La zona propuesta se ubica sobre la Formación Ananea, compuesta por rocas de origen metamórfico como pizarras y esquistos pizarrosos muy fracturado y ligera a moderadamente meteorizada.

##### b) Condiciones geomorfológicas

El terreno presenta una pendiente promedio de 10°. Geomorfológicamente, se ubica sobre la subunidad de montaña en roca metamórfica, actualmente no se evidenciaron movimientos en masa.

##### c) Condiciones geodinámicas

Se tiene procesos de erosión de laderas recientes, que se encuentran en la parte alta de la carretera que va de Patacolca hacia la Institución Educativa Inicial, estos procesos se dan por la tala excesiva de la cobertura vegetal, que protegía al suelo de la infiltración y la escorrentía sobre la superficie.



**Figura 14.** Vista tomada en coordenadas E 229322; N 8464927. Zona de reubicación de la comunidad campesina de Patacolca.

d) Recomendaciones para el reasentamiento

- Arborizar las áreas aledañas de la zona de reubicación para darle estabilidad al terreno.
- Diseñar canales hidráulicos mediante estudios geotécnicos y de ingeniería de detalle, con el fin de canalizar el agua en tiempo de lluvias evitando la erosión del suelo y corrigiendo la erosión que ya se está presentando.
- La expansión urbana solo debe realizarse en el área asignada para reubicación.
- Realizar estudio de suelo, para determinar las características del suelo, con fines de cimentación.
- Necesariamente se debe estabilizar la ladera, en caso se realice cortes de talud, para evitar la generación de cualquier evento de movimiento en masa.

## 6. CONCLUSIONES

1. La comunidad de Patacolca se encuentra asentada sobre un antigua deslizamiento compuesto en proceso de reactivación, el cual afecta áreas agrícolas y viviendas. En las partes altas de la comunidad se tienen derrumbes, que afecta la vía carrozable de acceso al sector Sonjo Orjo.
2. Debido a los movimientos en masa que afectan la comunidad Patacolca, se le considera como **Peligro muy alto**.
3. El sustrato rocoso está conformado por pizarras y esquistos pizarrosos que se encuentran fracturados y meteorizados, el grado de fracturamiento permite la infiltración y retención del agua. Los depósitos inconsolidados están compuestos de bloques y gravas en matriz limo arcillosa, lo cual permite la infiltración y retención de agua, generando que el terreno se sature y aumente de peso.
4. Las pendientes de las laderas van de fuertes a muy fuertes, esto permite que los depósitos inestables que se encuentra sobre ellas se desplacen cuesta abajo.
5. Los factores desencadenantes son las lluvias periódicas, que ocurren entre diciembre a marzo. Otro factor son los sismos.
6. La zona de propuesta de reubicación, se ubica al suroeste de la comunidad de Patacolca, parte alta, junto a la Institución Educativa Inicial N° 1077 Ccolca Alto, (coordenada N 8464927; O 229322), no se observó movimientos en masa actuales que le puedan afectar.

## 7. RECOMENDACIONES

- a) Realizar zanjas de coronación en las cabeceras de los deslizamientos que están en proceso de reactivación. En el cuerpo del deslizamiento, realizar drenes mediante un sistema de espina de pescado, además colectar mediante drenes todos los puquiales y humedales para derivarla a la quebrada principal.
- b) Realizar forestación en toda la quebrada con especies de la zona, con el fin de evitar la erosión del suelo.
- c) Evitar los cortes del talud dentro de la zona evaluada, ya que estas acciones debilitan el talud y desestabilizan la ladera.
- d) Para evitar la infiltración, se debe tecnificar el sistema de regadío, por otro que ayude a reducir la infiltración y se debe prohibir el riego con sistemas por inundación y aspersión.
- e) Realizar estudios que permitan conocer el nivel freático.
- f) Reubicar las viviendas de la comunidad de Patacolca a la zona propuesta, para ello es necesario que antes de ser ocupada se deben implementar las recomendaciones dadas en el ítem 5.1 **d) Recomendaciones para el reasentamiento.**



Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto-Act. 11



.....  
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Audebaud, Etienne, (1973) - Geología del Cuadrángulo de Ocongate y sicuani 28-t, 29-t escala 1:100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 25, 72p.

Carlotto, V., Cárdenas, J. y Carlier, G. (2011) - Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 138, 258p., 6 mapas

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.

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

Sánchez, A.; Zapata, A. (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Río Picha (25-p), Timpia (25-q), Chuanquiri (26-p), Quillabamba (26-q), Quebrada Honda (26-r), Parobamba (26-s), Pacaypata (27-p), Machupicchu (27-q), Urubamba (27-r), Calca (27-s), Chontachaca (27-t), Quincemil (27-u), Ocongate (28-t), Corani (28-u) y Ayapata (28-v). Escala 1:100 000. INGEMMET, 51 p, 15 mapas.

SENAMHI. (1988). Mapa de clasificación climática del Perú. Método de Thornthwaite. Eds. SENAMHI Perú, 50pp.

Vilchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligro geológico en la región Cusco. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 202 p, 9 mapas.

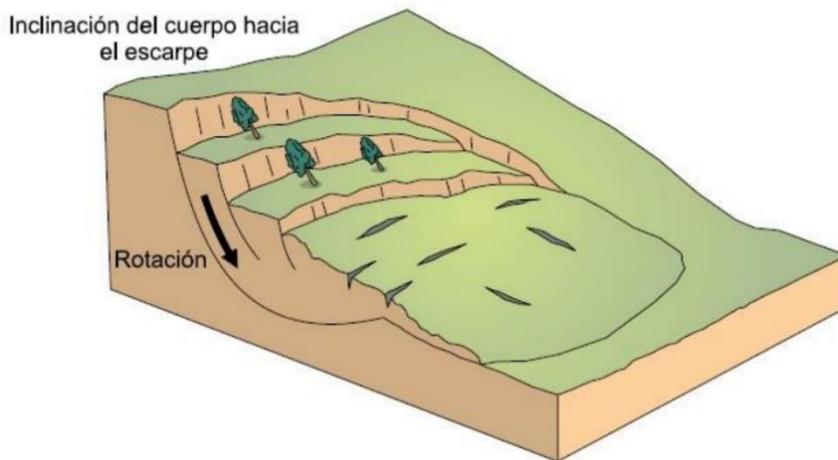
## ANEXO 1: GLOSARIO

Para explicar los eventos de movimientos en masa, tomamos como base la terminología sobre movimientos en masa en la región andina preparado por el grupo Proyecto Multinacional Andino (PMA: GCA, 2007), donde se describen los eventos de movimientos en masa.

### Deslizamiento

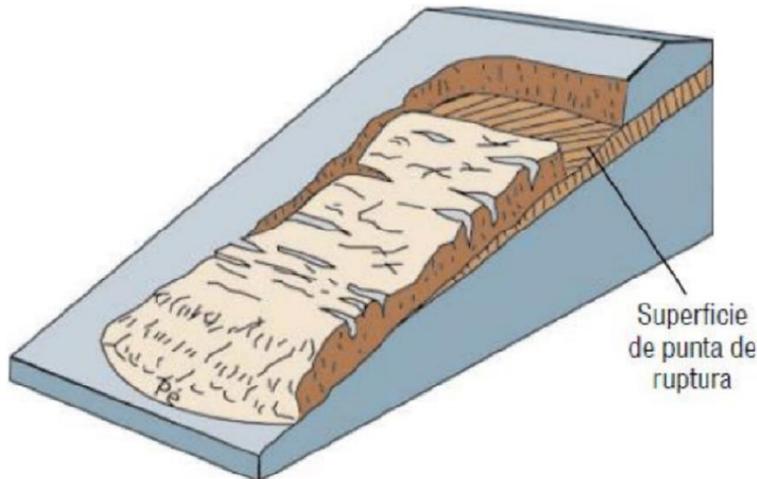
Un deslizamiento es un movimiento ladero abajo de una masa desprendida del sustrato o de suelo que normalmente ocurre a lo largo de una superficie de falla o de una zona delgada donde ocurre una deformación cortante.

Es rotacional si el movimiento lo hace en una superficie de falla curva y cóncava (figura 15), su forma se caracteriza por tener escarpe principal profundo y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal, la deformación interna de la masa desplazada es usualmente poca, debido al mecanismo rotacional que es auto-deslizante (PMA: GCA, 2007).



**Figura 15.** Esquema de un deslizamiento rotacional indicando los rasgos morfológicos característicos.

Es traslacional si el movimiento se da a lo largo de una superficie de falla plana (figura 16) estos movimientos suelen ser más superficiales y su desplazamiento discurre a lo largo de la discontinuidad (PMA: GCA, 2007).

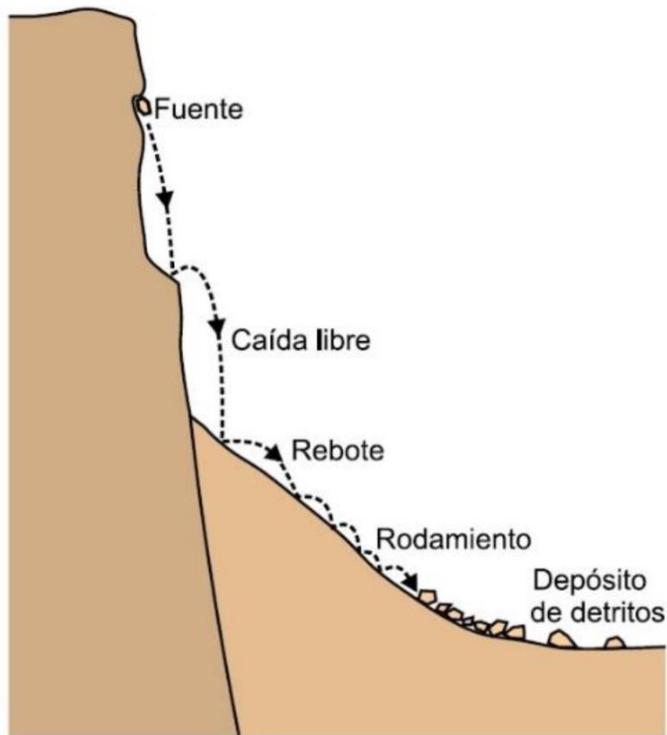


**Figura 16.** Esquema de un deslizamiento traslacional indicando los rasgos morfológicos característicos.

Los deslizamientos compuestos usualmente presentan un control estructural resultando en superficies de ruptura irregulares de complejidad variable. El tipo más común de deslizamiento compuesto incluye movimiento rotacional a lo largo de un escarpe principal seguido de un desplazamiento a lo largo de una superficie de debilidad casi horizontal, usualmente paralela a la estratificación en rocas sedimentarias. Usualmente los deslizamientos compuestos se caracterizan por pequeños escarpes y la formación de estructuras de “graben” o fosa.

### **Caída de rocas**

Son movimientos en masa en el cual uno o varios bloques de roca se desprenden de una ladera sin que a lo largo de la superficie ocurra desplazamiento cortante, el material cae desplazándose principalmente realizando rodamientos (figura 17) en zonas con pendiente escarpada este movimiento es rápido y a veces extremadamente rápido (PMA: GCA, 2007), además cuando las ciadas no tienen una forma definida se le denomina derrumbes.



**Figura 17.** Esquema de caída de detritos en zona de pendientes pronunciadas.