

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7256

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO Y FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA HUAYCHAUMARCA

Departamento Cusco
Provincia La Convención
Distrito Vilcabamba



ABRIL
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO Y FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA HUAYCHAUMARCA

(Distrito Vilcabamba, provincia La Convención, departamento Cusco)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Guisela Choquenaira Garate

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento y flujo de detritos en la quebrada Huaychaumarca. Distrito Vilcabamba, provincia La Convención, departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7256, 26p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. Ubicación.....	4
1.3.2. Accesibilidad.....	5
1.3.3. Clima	5
2. DEFINICIONES	6
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
3.1. Unidades litoestratigráficas	7
3.1.1. Grupo San José	7
3.1.2. Grupo Copacabana	7
3.1.3. Grupo Mitu	8
3.1.4. Formación Maras	8
3.1.5. Formación Vilquechico.....	8
1.1.1. Formación Auzangate	8
1.1.1. Formación Muñani	8
1.1.2. Depósito glaciario, fluvial	8
1.1.3. Depósitos coluviales.....	9
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	10
4.1. Pendientes del terreno	10
4.2. Unidades geomorfológicas	11
4.2.1. Unidad de montañas	11
4.2.2. Unidad de piedemonte.....	11
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	12
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa del sector Huaychaumarca	12
5.1.1. Descripción del deslizamiento en el sector Huaychaumarca.	15
5.1.2. Descripción del flujo de detritos en la quebrada Huaychaumarca.	17

5.1.3. Factores condicionantes.....	19
5.1.4. Factores detonantes o desencadenantes.....	19
CONCLUSIONES	20
RECOMENDACIONES	21
BIBLIOGRAFÍA	22
ANEXO 1: MAPAS	23

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamientos, erosión en cárcava y flujo de detritos, que ocurren en el sector Huaychaumarca. Este lugar se encuentra en la jurisdicción del distrito de Vilcabamba, provincia La Convención, departamento 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 (local, regional y nacional).

En la zona evaluada se observan afloramientos de areniscas y limolitas rojas (Grupo Mitu), muy fracturadas y altamente meteorizadas; coberturados por depósitos glacio-fluviales medianamente consolidados, compuestos por gravas y arenas en matriz limoarenosa con formas redondeadas a subredondeadas y depósitos coluviales de poca consolidación, compuesta por una litología variada con bloques, gravas y arenas con formas subangulosas a subredondeadas.

Las subunidades morfológicas identificadas corresponden a montañas en roca sedimentaria, vertiente coluvio deluvial y vertiente aluvio-torrencial, las dos últimas originadas por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos.

El principal factor condicionante de la inestabilidad es la pendiente del terreno. En zonas de deslizamientos van de 25° - 45° (muy fuerte); en zonas de flujos de detritos (huaicos), en la quebrada, van 5° - 25° (moderadas a fuertes).

Los procesos identificados en la quebrada Huaychaumarca corresponden a movimientos en masa como deslizamientos, erosión en cárcava y flujos de detritos. La reactivación del deslizamiento generó materiales, que se llegaron a desplazar hasta el canal de la quebrada, formando un represamiento momentáneo. Posteriormente, su desembalse generó un flujo de detritos. La reactivación de los eventos en el 2017 y en el 2019 afectaron a la piscigranja municipal y su captación de agua, la comisaria, viviendas y vías del poblado de Pucyura.

Se concluye que el área de estudio es considerada de **peligro muy alto** a la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias (noviembre a marzo).

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes, que deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes; tales como realizar zanjas de coronación y en forma de espina de pescado impermeabilizados, forestación con plantas nativas y arbustos, limpieza periódica del canal de la quebrada y muros de contención entre otros.

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 (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Vilcabamba, según oficio N° 299-2020-A–MDV/LC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector de Huaychaamarca por encontrarse en peligro ante “deslizamientos y flujo de detritos”, con última ocurrencia en el año 2019, que afectó viviendas e infraestructura del centro poblado de Pucyura (capital de distrito).

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros David Prudencio y Guisela Choquenaira, realizar la evaluación de peligros geológicos. Los trabajos de campo se realizaron los días 14 de julio del 2021, con apoyo de pobladores de la zona.

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 a consideración de la Municipalidad Distrital de Vilcabamba y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación 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 presenta en el sector Huaychaamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación necesarias a fin de prevenir o reducir los riesgos presentes o la generación de nuevos

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el distrito de Vilcabamba, se tienen:

- A) Boletín N° 74, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros Geológicos en la Región Cusco” (Vílchez et al., 2020), en cuyo estudio se elaboraron mapas de susceptibilidad a movimientos en masa y susceptibilidad a inundación y erosión fluvial, a escala 1: 100 000, donde la quebrada Huaychaamarca presentan mayormente de alta a muy alta susceptibilidad a movimientos en masa (figura 1).

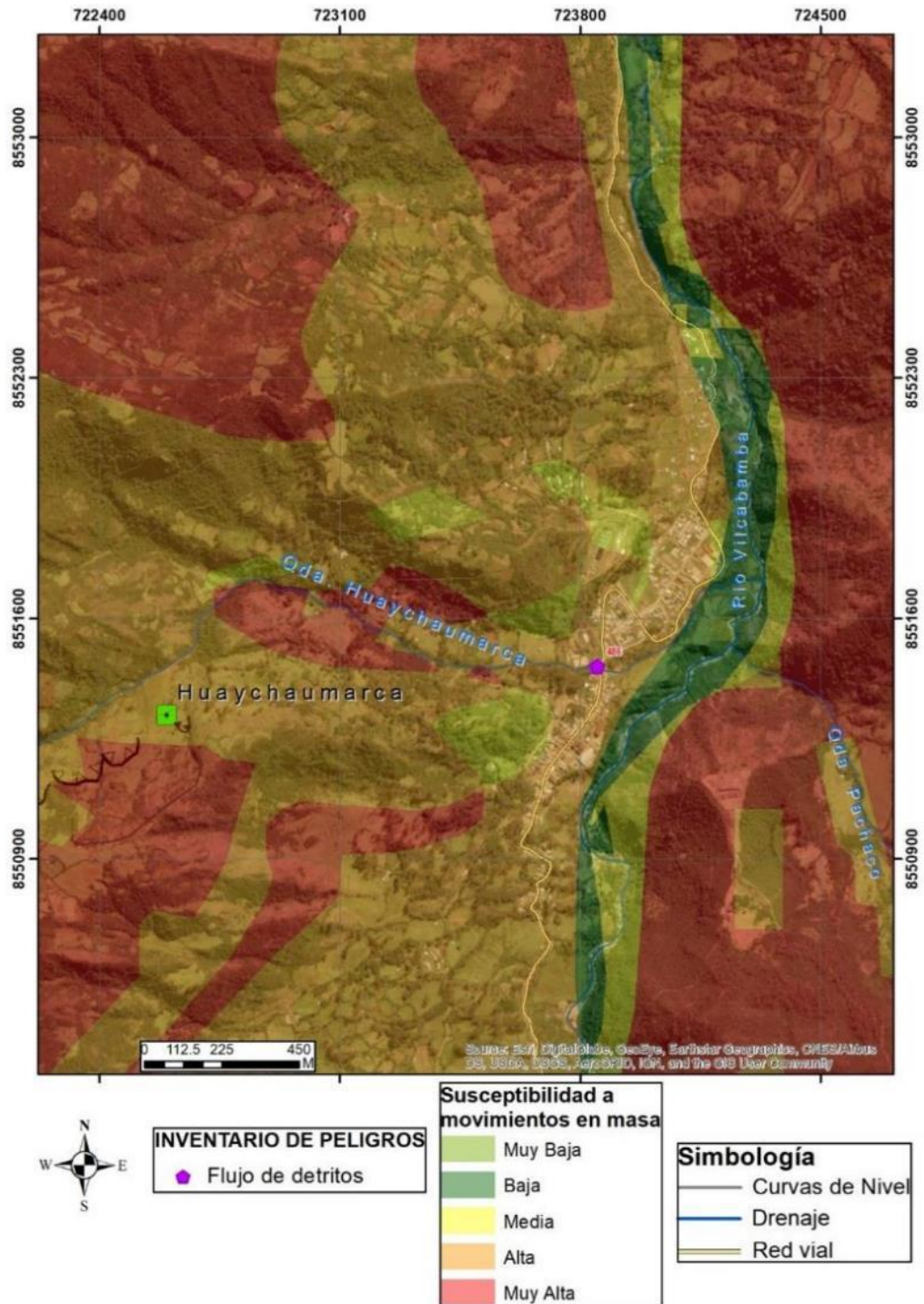


Figura 1. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa (escala 1:100 000) de la quebrada Huaychaumarca y el centro poblado de Pucyura; extraído de (Vilchez et al., 2020).

B) Boletín N° 28, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Estudio Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3”, elaborado por Ingemmet (2003), se identificó

un evento de tipo flujo de detritos registrado en el mapa de inventario de peligros geológicos, donde indica la afectación de 30 m de carretera.

- C) En la “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, (Sánchez *et al.*, 2003); describe la información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía, rocas ígneas y la geología estructural del área de dicho cuadrángulo, las cuales son de naturaleza intrusiva y sedimentaria en el sector de estudio.
- D) Boletín N° 127, serie A, carta geológica nacional: “Geología de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu” hojas: 26-q y 27-q (Carlotto, *et. Al.*, 1999), se describe la geología presente en la zona evaluada.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La quebrada Huaychaamarca nace al oeste del centro poblado de Pucyura (capital de distrito), pasa por el medio del pueblo y drena sus aguas por la margen izquierda del río Vilcabamba. Políticamente pertenecen al distrito de Vilcabamba, provincia de La Convención, departamento Cusco (figura 2), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) son (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	721983	8552014	-13.089991°	-72.952621°
2	724069	8552014	-13.089837°	-72.933390°
3	724069	8551002	-13.098982°	-72.933314°
4	721983	8551002	-13.099136°	-72.952545°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	722632	8551326	-13.096160°	-72.946586°

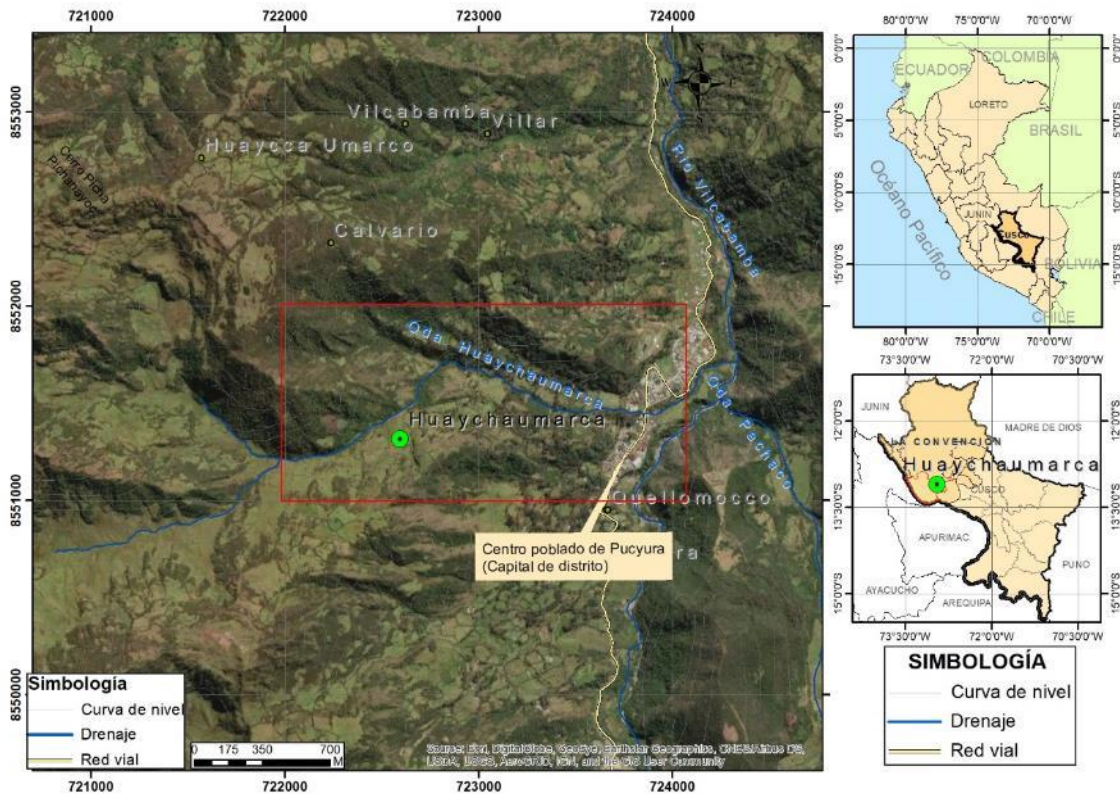


Figura 2. Ubicación del centro poblado de Pucyura y la quebrada Huaychaumarca

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):

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Santa María	Asfaltada	184	4 h 13 min
Santa María – Pucyura (Vilcabamba)	Trocha carrozable	50	1 h 28 min

1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2018), y detallando la información local, se puede observar que la quebrada Huaychaumarca tiene un clima lluvioso con invierno seco templado.

Presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 1200 mm a 1800 mm, además, se presentan friajes en los meses de junio a setiembre con humedad atmosférica relativa de inviernos secos, temperaturas máximas de 17°C a 23°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C.

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. DEFINICIONES

Se describen algunas definiciones usadas en el informe:

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Deslizamientos: Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Escarpa: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Flujos: Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea deslizamiento o una caída. Los flujos pueden ser canalizados (huaicos) y no canalizados (avalanchas).

Formación geológica: Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: Es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la

propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Reptación de suelos: Movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. Puede ser de tipo estacional, cuando se asocia al cambio climático o de humedad y verdadero cuando hay desplazamiento continuo.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la geología de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu a escala 1:100 000 (Carlotto, et.al., 1999) y 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) (Sánchez y Zapata, 2003), donde se aprecian principalmente rocas sedimentarias, vulcano-sedimentarias y depósitos Cuaternarios. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

Dentro del área de estudio se aprecian fallas que afectan a las rocas desde el Paleozoico hasta el Cenozoico, donde se presentan pliegues y fallas de dirección E-O. Se resalta el Sinclinal de Vilcabamba, el Anticlinal de Pucyura (Carlotto et al., 1999).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona inspeccionada y alrededores corresponden a afloramientos de rocas vulcano sedimentarias del Grupo Mitu y sedimentarias del Grupo Ambo y Copacabana además de formaciones Maras, Vilquechico, Auzangate y Muñani, particularmente se han identificado depósitos glacio - fluviales y coluviales que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1 - Mapa 1).

3.1.1. Grupo San José

Aflora en la margen derecha del río Vilcabamba, al este, fuera de la zona de evaluación y el poblado de Pucyura, está conformado por pizarras grises con contenido de piritita y algunos niveles de limolitas.

3.1.2. Grupo Copacabana

Afloran al norte de la zona de estudio, en parte alta y en la margen izquierda de la quebrada Huaychaamarca, es de edad Pérmica, y está conformado por intercalaciones de calizas bioclásticas, areniscas y lutitas negras, dispuestos en estratos delgados.

Estos afloramientos se presentan muy fracturados y moderadamente meteorizados, que lo hace susceptible a generar movimientos en masa.

3.1.3. Grupo Mitu

Afloran en ambos márgenes de la quebrada Huaychaamarca, este afloramiento es cortado por la quebrada, de edad Pérmica a Triásica, está conformado por una secuencia conglomerádica polimíctica con clastos de roca volcánica y sedimentarias englobadas en una matriz arenosa. En la zona evaluada se aprecia areniscas y limolitas rojas muy fracturadas y altamente meteorizadas, en donde se observa el origen de los deslizamientos.

3.1.4. Formación Maras

Aflora en las cumbres del sector Huychaamarca, en la margen derecha de la quebrada, de edad Triásico – Cretácico, está compuesta por una intercalación de arcillas, lutitas y algunos estratos de caliza y yeso, en la parte alta se aprecian las calizas que se presentan ligeramente meteorizadas y de poco a medianamente fracturada.

3.1.5. Formación Vilquechico

Su afloramiento es poco apreciable, se ubica en la margen derecha al sur de la quebrada Huaychaamarca, de edad Cretácica, está conformado por areniscas cuarzosas blancas intercaladas con limoarcillitas y lodolitas de coloración gris verdosa.

1.1.1. Formación Auzangate

Su afloramiento es poco apreciable al sur de la quebrada Huaychaamarca, la edad va desde el Cretácico hasta el Paleógeno y se encuentra compuesta por limoarcillitas y lodolitas rojas intercaladas en estratos medianos a gruesos.

1.1.1. Formación Muñani

Afloran en la parte alta de la quebrada Huaychaamarca, en ambos márgenes de la quebrada, de edad Paleógena, está conformada por areniscas cuarzo-feldespáticas intercaladas con limoarcillitas rojizas y verdes en estratos delgados. Las areniscas se presentan medianamente fracturadas y ligeramente meteorizadas, se puede apreciar algunos bolones de hasta 0.5 m de diámetro que fueron transportados por flujos antiguos.

1.1.2. Depósito glaciar, fluvial

Estos depósitos se ubican en el fondo de la quebrada y desciende hasta llegar al río Vilcabamba, el poblado de Pucyura se asienta sobre estos depósitos, se encuentran medianamente consolidadas y están constituidos por gravas y arenas en matriz limoarenosa con formas redondeadas a subredondeadas, estos materiales son susceptibles a sufrir erosión y movimientos en masa (cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción del depósito glaciar, fluvial.

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES							
	TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre		
		<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino		
		<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico		
		<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico		
		<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial		
		<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral		
		<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input checked="" type="checkbox"/>	Fluvio glaciar		
		<input type="checkbox"/>					
GRANULOMETRÍA		FORMA		REDONDES	PLASTICIDAD		
	%						
<input type="checkbox"/>	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
<input type="checkbox"/>	50 Cantos	<input checked="" type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico
<input type="checkbox"/>	30 Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/>	10 Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Subanguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico
<input type="checkbox"/>	10 Arenas						
<input type="checkbox"/>	Limos						
<input type="checkbox"/>	Arcillas						
ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA	
<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input checked="" type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	50	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
						50	Sedimentarios
COMPACIDAD							
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS			
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas			
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta		
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Consolidada		
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada		
				<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada		
CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
SUELOS GRUESOS				SUELOS FINOS			
<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH
<input checked="" type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH
<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT
<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH		

1.1.3. Depósitos coluviales

Son depósitos de materiales deslizados adosados a las laderas de la quebrada Huaychaamarca, se encuentran poco consolidadas y están compuestas por una litología variada con bloques, gravas con formas subangulosas a subredondeadas, en matriz arenosa, los cuales son susceptibles a generar nuevos movimientos en masa.

Cuadro 3. Descripción del depósito coluvial.

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES							
	TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre		
		<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino		
		<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico		
		<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico		
		<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial		
		<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral		
		<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar		
GRANULOMETRÍA		FORMA	REDONDES	PLASTICIDAD			
	%						
<input type="checkbox"/>	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
<input type="checkbox"/>	10 Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Plástico
<input type="checkbox"/>	15 Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/>	15 Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico
<input type="checkbox"/>	40 Arenas						
<input type="checkbox"/>	20 Limos						
<input type="checkbox"/>	Arcillas						
ESTRUCTURA		TEXTURA	CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA		
<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	60	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos		Metamórficos
						40	Sedimentarios
COMPACIDAD							
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS			
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas			
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta		
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada		
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada		
				<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada		
CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
SUELOS GRUESOS				SUELOS FINOS			
<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH
<input checked="" type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT
<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH		

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Se presenta el mapa de pendientes (Anexo 1 - Mapa 2), el cual se realizó con ayuda de un modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución; tomada del satélite Alos Palsar (USGS).

En la zona evaluada, se aprecia predominantemente laderas del terreno con pendientes muy fuertes (25°-45°), que condiciona zonas susceptibles a la generación de deslizamientos. Además, el canal de la quebrada y zonas circundantes que abarca hasta

el centro poblado de Pucyura, presentan pendientes del terreno de moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°), lo que facilita a la ocurrencia de flujos de detritos en épocas de avenidas, generadas por deslizamientos que logren obstruir el canal.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se realizó la complementación y actualización del mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 elaborado por Vílchez (2020). Además, 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 (Anexo 1 - Mapa 3). Diferenciándose montañas de piedemonte.

4.2.1. Unidad de montañas

Son geoformas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad a elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose la siguiente subunidad según el tipo de roca que la conforma y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en rocas sedimentaria (RM-rs): Relieve modelado en afloramientos rocosos del Grupo Copacabana, conformada por calizas y areniscas intercaladas con lutitas y las formaciones Maras, Vilquechico, Auzangate y Muñani, conformados comúnmente por areniscas, limoarcillitas, lodolitas, lutitas y arcillas, que forman parte de las montañas en la zona evaluada.

Se aprecia en la parte alta de la quebrada, con laderas que presentan pendientes del terreno muy fuertes, por lo que condiciona a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas.

Subunidad de montañas en rocas volcano-sedimentarias (RM-rvs): Representada por secuencias del Grupo Mitu, compuestas por brechas y lavas andesíticas, y conglomerados intercalados con areniscas y limolitas.

Esta subunidad se ubica en la parte baja y media de la quebrada Huaychaamarca, siendo disectada por el canal de la quebrada y presentando pendientes del terreno muy fuertes, los cuales condicionan también a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Son geoformas de carácter depositacional y agradacional. Se consideran como 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 y depósitos de tipo glaciar – fluvial.

Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de las laderas, son resultado de acumulación de materiales caídos o deslizados desde las partes altas, por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial.

Se aprecia en las laderas de la zona evaluada, en los lugares donde se generó la reactivación de deslizamientos, además, presenta pendientes del terreno fuertes a muy fuertes.

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): se ubica adyacente al canal de la quebrada. Son acumulaciones de depósitos glaciares acarreados por la quebrada Huaychaumarca, su área abarca el poblado de Pucyura hasta llegar al río Vilcabamba.

Están relacionados a flujos de detritos antiguos generados por lluvias ocasionales, extraordinarias o muy excepcionales y presentan pendientes moderadas a fuertes.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento y flujos de detritos o huaicos (Proyecto Multinacional Andino: 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 la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa del sector Huaychaumarca

En la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa del sector Huaychaumarca, se identificó un proceso de reactivación de deslizamiento en la ladera derecha de la parte alta de la quebrada, lo que concluyó en un represamiento de la quebrada con consiguiente desembalse que genero un flujo de detritos.

De acuerdo al testimonio de los pobladores de la zona, en el año 2017 se generó este flujo de detritos a consecuencia de una reactivación de deslizamiento en la parte alta de la quebrada Huaychaumarca, el flujo trasladó el material removido por el canal de la quebrada del mismo nombre, donde, llegando al pueblo cambio la dirección y entro a la zona urbana, esto afectó a la piscigranja municipal, la comisaria, viviendas y parte de las vías del poblado de Pucyura. El depósito está conformado por gravas y bolones de 40 cm a 50 cm de diámetro con bloques erróneos de hasta 1 m de diámetro (figuras 3 y 4).

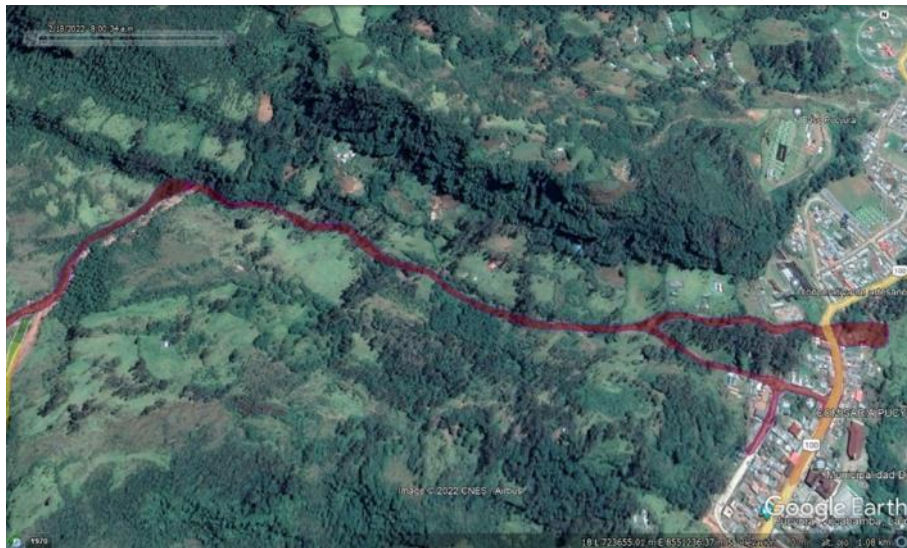


Figura 3. Se aprecia la bifurcación del flujo de detritos, el cual ingresó a la zona urbana del poblado de Pucyura.

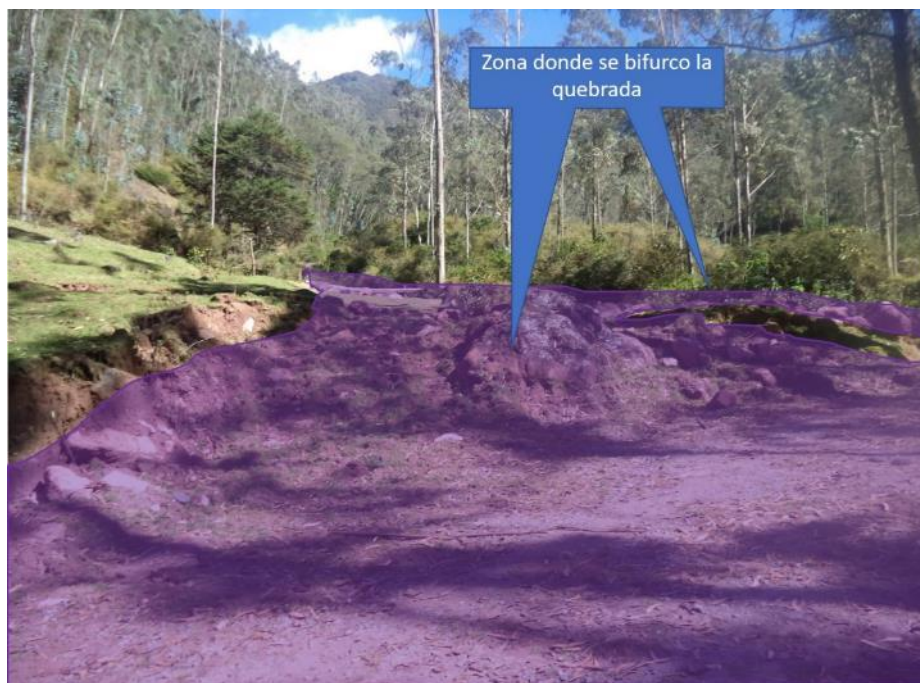


Figura 4. Se aprecia la zona por donde bifurco la quebrada (coordenadas UTM: 723481 E; 8551451 N).

Además, por la reactivación del deslizamiento y la erosión en cárcava al pie del deslizamiento, en el año 2019 se generó otro flujo con nuevas acumulaciones de materiales en la quebrada. Los materiales discurrieron solo por el canal de la quebrada Huaychaamarca, afectando la infraestructura de la toma de agua de la piscigranja municipal, donde había pozas de sedimentación y un trabajo de mejoramiento del canal de la quebrada, el cual tiene aproximadamente una longitud de 30 m, ancho del canal de

4 m y una altura de 1 m (figuras 5 y 6), según los pobladores, la composición del flujo de detritos fue gravas y bolones de hasta 40 cm de diámetro envueltas en matriz limo arenosa.



Figura 5. Se aprecia la canalización del cauce del río y la toma de agua para la piscigranja, los cuales fueron afectados por el flujo.



Figura 6. Se aprecia las pozas de sedimentación utilizadas por la piscigranja, las que fueron dañadas por la entrada del flujo de detritos.

5.1.1. Descripción del deslizamiento en el sector Huaychaumarca.

La reactivación del deslizamiento del año 2019 en el sector Huaychaumarca, se ubica en la margen derecha de la quebrada del mismo nombre en coordenadas UTM: 722632 E, 8551326 N, a 3257 m s.n.m. Los materiales removidos pertenecen a las del Grupo Mitu, compuestos por areniscas y conglomerados de color rojizo, este deslizamiento tiene un ancho de 50 m y una altura de la escarpa al pie del deslizamiento de 160 m, con una escarpa principal de 2 m, además, la pendiente del terreno es de 32° y en laderas adyacentes se aprecian pendientes del terreno de hasta 19°. También se aprecia erosión en cárcava que se presenta en el pie del deslizamiento, por donde se trasladó estos materiales hasta llegar al canal de la quebrada (figuras 7, 8 y 9).



Figura 7. Se aprecia el escarpe del deslizamiento (coordenadas UTM: 722617 E; 8551292 N).



Figura 8. Se aprecia la reactivación del deslizamiento con ancho de 50 m y una altura de 160 m (coordenadas UTM: 722657 E; 8551319 N).

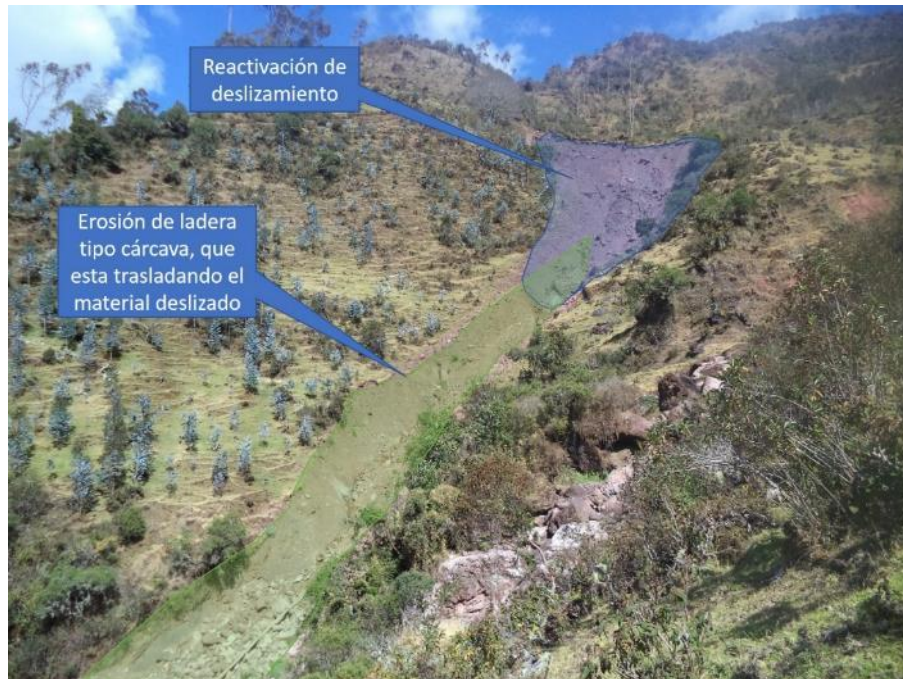


Figura 9. Se aprecia el deslizamiento de color azul y la erosión tipo cárcava en color verde que presenta en la parte baja, trasladando los materiales hasta el canal de la quebrada.

También, en la margen izquierda del deslizamiento, en zonas más altas de la quebrada, se aprecian deslizamientos antiguos, en condición latentes, la generación de estos eventos trasladará materiales hasta el canal de la quebrada, siendo posible otras reactivaciones de flujos de detritos en la quebrada (figura 10).

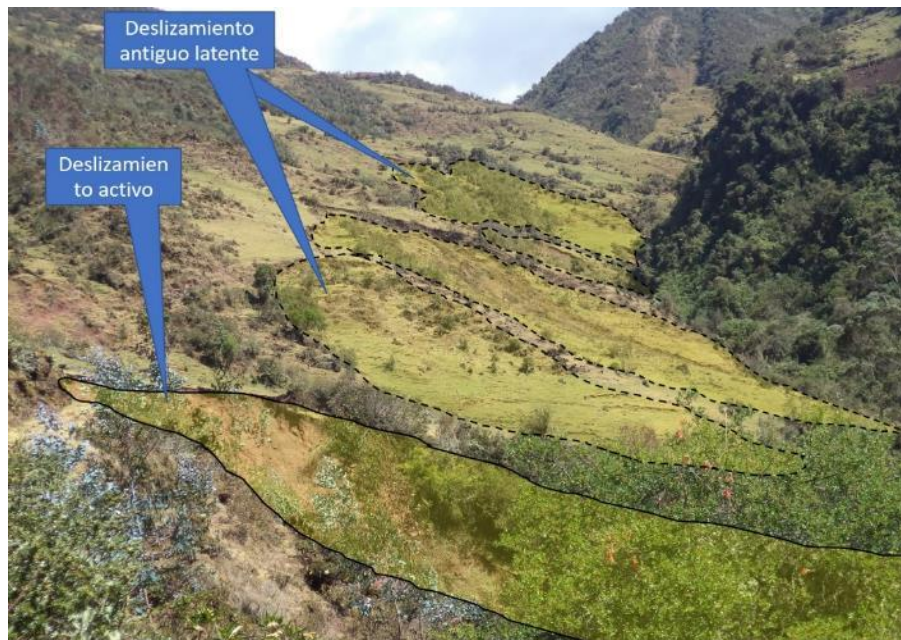


Figura 10. Se aprecia el deslizamiento activo y los latentes que pueden obstruir también el cauce de la quebrada.

5.1.2. Descripción del flujo de detritos en la quebrada Huaychaumarca.

El flujo de detritos se generó a causa de la acumulación y obstrucción del canal de la quebrada, el desembalse trasladó los materiales del canal hasta llegar al poblado de Pucyura, la composición del flujo fue principalmente por bloques de hasta 40 cm de diámetro, con gravas envueltas en una matriz limo arenosa, además generó una incisión de 1 m de altura y tuvo un recorrido de 1.5 km de distancia.

El evento del 2017 evidenció que el cauce de la quebrada puede pasar por la población, siendo una amenaza para las viviendas e infraestructuras que se ubican cerca a la quebrada del centro poblado (figuras 11 y 12).



Figura 11. Se aprecia la canalización del río con sus medidas y la captación de agua para la piscigranja municipal (coordenadas UTM: 723481 E; 8551451 N).



Figura 12. Se aprecia los bloques que arrastró el flujo en el canal de la quebrada Huaychaamarca en coordenadas (coordenadas UTM: 723603 E; 8551418 N).

5.1.3. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por areniscas y limolitas rojas que se presentan muy fracturadas y altamente meteorizadas debido a la presencia de fallas y pliegues en la zona, los cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Los suelos inconsolidados (depósitos coluviales), adosados a las laderas que delimitan la quebrada Huaychaamarca, compuestos principalmente por bloques de formas angulosas a subangulosas, inmersos en una matriz limo arenosa, los cuales son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones intensas.

Factor geomorfológico

- La zona evaluada se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas volcano sedimentarias y sedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes muy fuertes (25° - 45°); ello permite la generación de deslizamientos y que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.
- El canal de la quebrada presenta unidades de piedemonte aluvio-torrenciales y coluvio-deluviales, cuyas laderas presentan pendientes que varían de moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°), ello permite la generación de flujos de detritos como consecuencia de acumulaciones de materiales en el canal.

Factor hidrológico - hidrogeológico

- Acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas y montañas que circunscriben la quebrada.

5.1.4. Factores detonantes o desencadenantes

Las lluvias extremas y periódicas que se dan normalmente en los meses de diciembre a marzo, estas saturan y sobrecargan los taludes al punto de desestabilizarlos, además de generar escorrentía y remueven el material de la base de los cauces en quebradas.

CONCLUSIONES

- a) El deslizamiento en el sector Huaychaamarca, al desplazarse cuesta abajo acumuló material en el canal de la quebrada, llegando a represar momentáneamente, el desembalse generó un flujo de detritos, que afectó la infraestructura de la toma de agua de la piscigranja municipal, donde había pozas de sedimentación y un tramo de encausamiento del canal de la quebrada.
- b) El flujo de detritos acarrió bloques de formas redondeadas a sub redondeadas de hasta 0.4 m de diámetro junto con gravas envueltas en una matriz limo arenosa, este evento es recurrente ante lluvias intensas y prolongadas.
- c) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas las quebradas Huaychaamarca son considerados de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y excepcionales.
- d) Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - El substrato rocoso compuesto por areniscas y limolitas rojas que se presentan muy fracturadas y altamente meteorizadas.
 - Los suelos inconsolidados (depósitos coluviales), adosados a las laderas de las quebradas.
 - Las laderas presentan pendientes muy fuertes (25° - 45°), lo que permite que el material suelto disponible en la ladera se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo hasta llegar al canal de la quebrada.
 - La tala de árboles y la falta de cobertura vegetal genera mayor susceptibilidad a la erosión y en el canal de la quebrada evitan que los flujos salgan del canal.
- e) El factor desencadenante de los flujos son las lluvias intensas y prolongadas que se presentan en el sector.

RECOMENDACIONES

- a) En el deslizamiento del sector Huaychaumarca realizar zanjas de coronación y de espina de pescado impermeabilizadas, para reducir la infiltración de agua.
- b) En las zonas adyacentes al deslizamiento, impermeabilizar los drenajes, además, captar las aguas de escorrentía y dirigirlos a canales cercanos, los cuales trasladarán las aguas hasta llegar a la quebrada evitando la infiltración.
- c) En las zonas adyacentes al deslizamiento se debe forestar con plantas nativas para evitar la infiltración.
- d) En la cárcava mejorar el canal definiendo e impermeabilizando hasta que vierta sus aguas en la quebrada principal.
- e) En los bordes de la cárcava forestar con arbustos medianos definiendo sus márgenes.
- f) En la quebrada Huaychaumarca, realizar una canalización y dar limpieza periódica al canal.
- g) En la zona donde bifurca la quebrada realizar muros de contención o de gaviones con estudios previos de máximos caudales.
- h) Evitar la tala de árboles en la quebrada y forestar las zonas que presenten poca arborización.
- i) En el cauce de la quebrada se deben construir barras transversales, con la finalidad de atenuar un posible flujo de detritos.
- j) Realizar un sistema de alerta temprana por flujos de la quebrada, que pueda advertir con un tiempo anticipado a las personas que se encuentren en el cauce de la quebrada, para que puedan retirarse en caso se dé un flujo.
- k) Las medidas correctivas deben implementarse, para atenuar los efectos que puedan ocasionar los futuros flujos de detritos que puedan afectar a la población de Pucyura (capital del distrito de Vilcabamba).



Ing. Guisela Choquenaira Garate



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

BIBLIOGRAFÍA

Carlotto, V., Cardenas, J., Romero, D., Valdivia, W., y Tintaya, D., et al. (1999) - Geología del Cuadrángulo de Quillabamba y Machupicchu 26-q y 27-q. 1:100 000. INGEMMET. 317p., 2 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.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 3. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 28, 373 p.

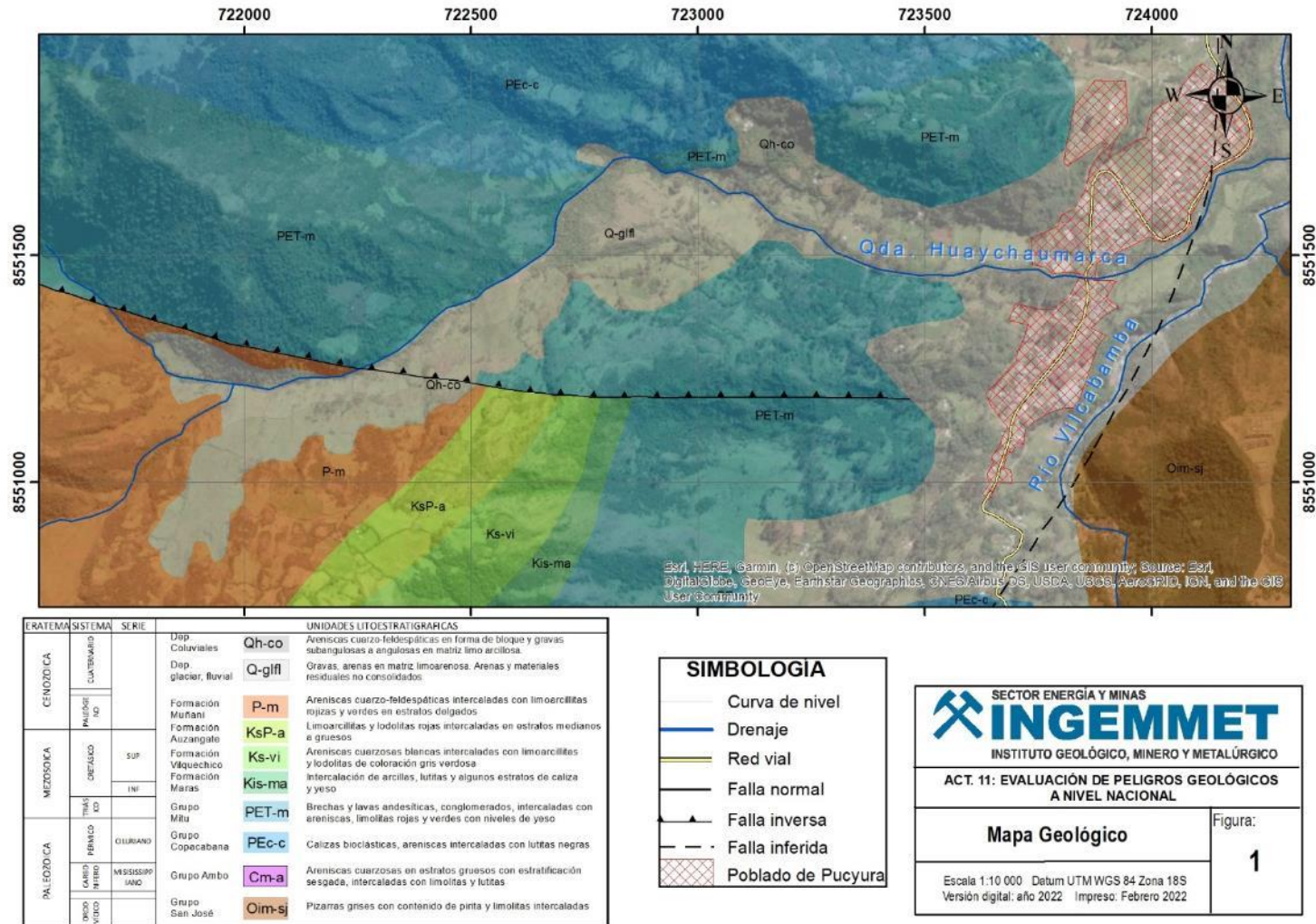
Sanchez, A., y Zapata, A., (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Río Picha (25-p), Timpia (25-q), Chuanquiri (26-p), Quillabamba (26-q) Quebrada Honda (26-r), Parobamba (26-s), Pacaypata (27-p), Machupicchu (27-q), Urubamba (27-r), Calca (27-s), Chontachaca (27-t), Quincemil (27-u), Ocongate (28-t), Corani (28-u) Y Ayapata (28-v)", escala 1: 100,000. INGEMMET. 38p.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.

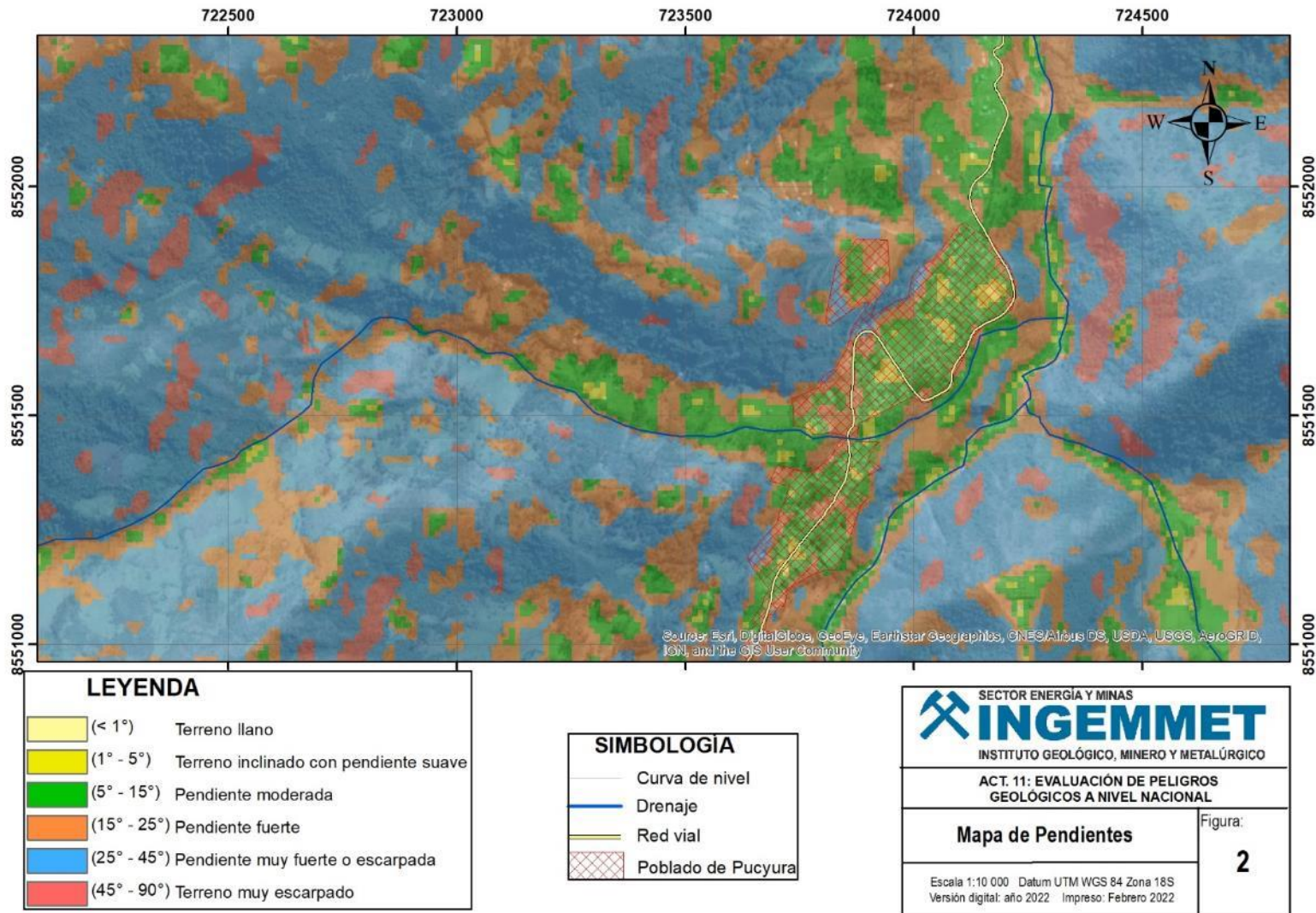
SENAMHI. (1988). Mapa de clasificación climática del Perú. Método de Thornthwaite. Eds. SENAMHI Perú, 50pp.

Vílchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligro geológico en la región Cusco. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 155 p.

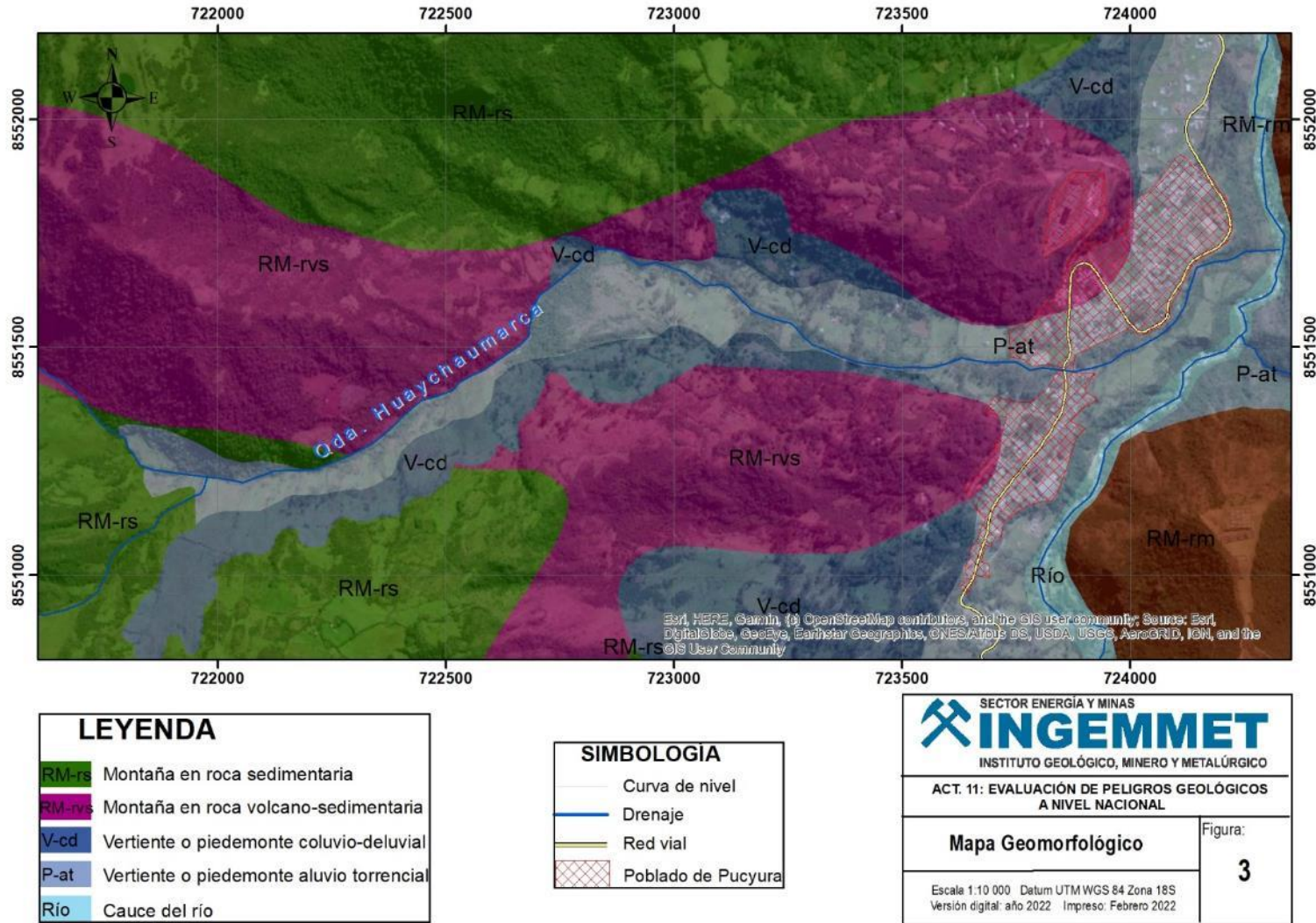
ANEXO 1: MAPAS



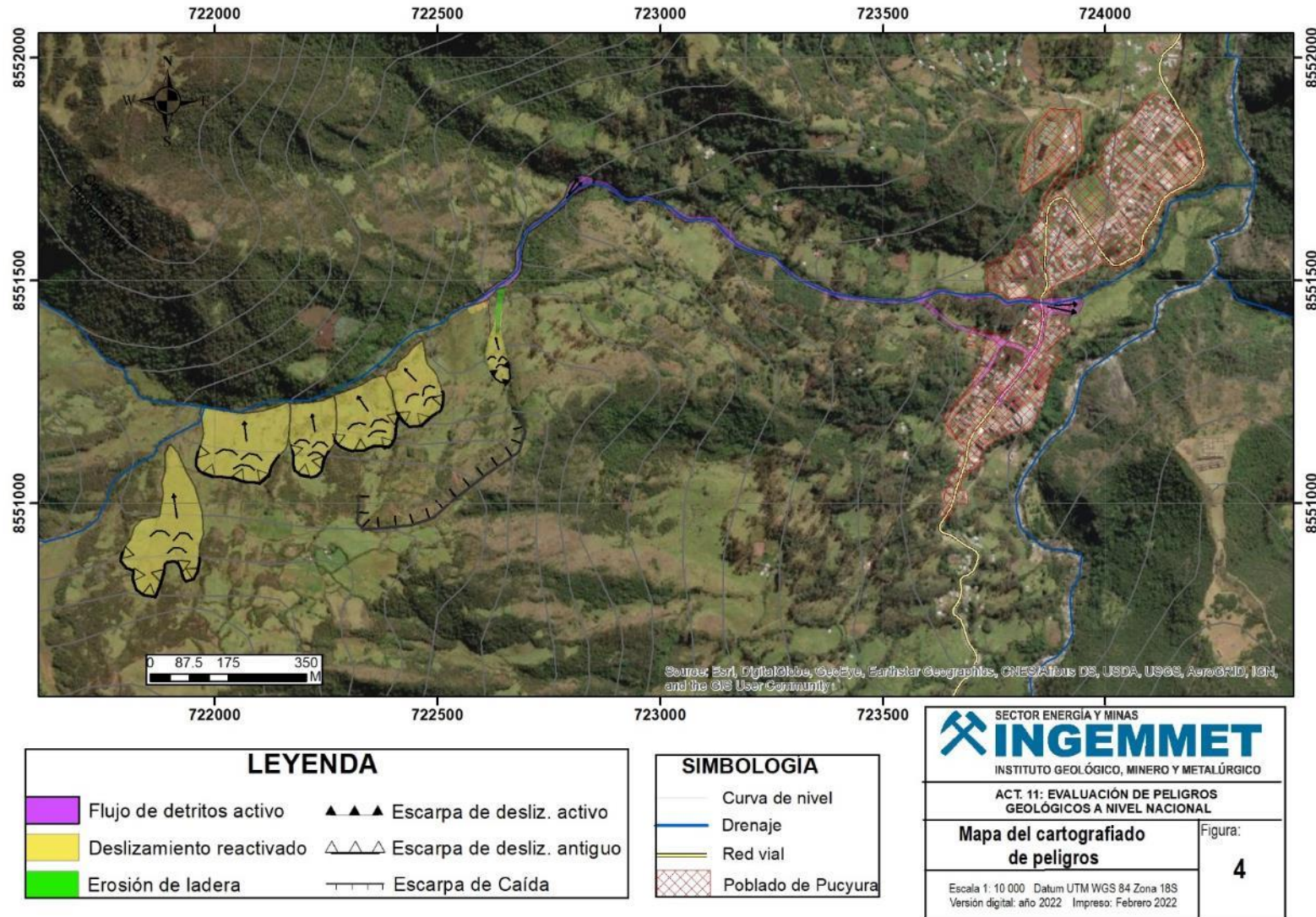
Mapa 1. Mapa geológico del sector Huaychaamarca.



Mapa 2. Mapa de pendientes del sector Huaychaamarca.



Mapa 3. Mapa geomorfológico del sector Huaychaumarca.



Mapa 4. Mapa del cartografiado de peligros geológicos del sector Huaychaamarca.