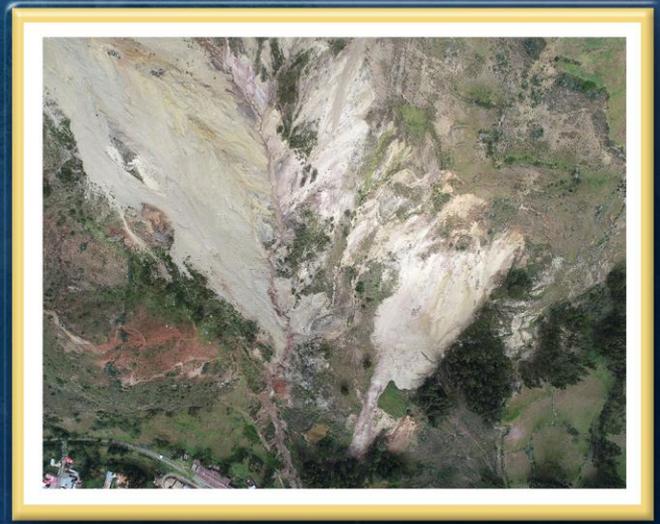


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7278

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES EN EL CERRO CCAMANA

Departamento Huancavelica
Provincia Huancavelica
Distrito Acoria



JULIO
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES EN EL CERRO CCAMANA

(Distrito Acoria, provincia Huancavelica, departamento Huancavelica)

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

Equipo de investigación:

Guisela Choquenaira Garate

Gonzalo Luna Guillen

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por deslizamientos y derrumbes en el cerro Ccamana. Distrito Acoria, provincia Huancavelica, departamento Huancavelica. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7278, 33 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	5
1.3. Aspectos generales	8
1.3.1. Ubicación	8
1.3.2. Población	8
1.3.3. Accesibilidad.....	9
1.3.4. Clima	9
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	11
3.1. Unidades litoestratigráficas	11
3.1.1. Formación Condorsinga (Ji-c)	11
3.1.2. Formación Goyllarisquizga (Ki-g).....	12
3.1.3. Formación Chayllacatana (Ki-ch).....	12
3.1.4. Formación Chulec (Ki-chu)	12
3.1.5. Formación Casapalca (Ks-P-ca)	13
3.1.6. Depósito coluvio - deluvial (Q-cd)	13
3.1.7. Depósito proluvial (Q-pl).....	13
3.1.8. Depósito fluvial (Q-cd)	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	15
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	15
4.2. Pendientes del terreno	15
4.3. Unidades geomorfológicas.....	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	18
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	18
5.1.1. Movimiento compuesto del cerro Ccamana	18
6. FACTORES DE LA INESTABILIDAD DEL TALUD	23
6.1. Factores condicionantes	23
6.2. Factores desencadenantes	23
7. CONCLUSIONES	24
8. RECOMENDACIONES	25
9. BIBLIOGRAFÍA	27
ANEXO 1: MAPAS	28
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	32

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamientos - derrumbes (movimiento complejo), realizado en el cerro Ccamana, perteneciente a la jurisdicción distrital de Acoria, provincia de Huancavelica, departamento de Huancavelica. 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 el cerro Ccamana, los afloramientos de areniscas, calizas y lutitas (formaciones Condorsinga y Chulec y del Grupo Goyllarizquizga) se presentan de moderada a altamente meteorizadas y medianas a muy fracturadas, de los cuales se desprenden bloques sueltos, de hasta 1.5 m, dispuestos en las laderas y partes bajas de la misma formando depósitos coluviales. En algunas partes, estos afloramientos están cubiertos por depósitos coluvio deluviales, compuesto por bloques (5%), gravas (25%), arenas (35%), limos y arcillas (35%), en una potencia aproximada de 3 m; saturadas. Presencia de aguas subterráneas que emergen a través de manantiales, en la cara libre del derrumbe.

El relieve actual del cerro Ccamana, presenta una morfología muy accidentada, como producto de los procesos de movimientos en masa suscitados en el pasado, formando terrenos escalonados y laderas de pendientes fuertes a escarpados (25° a 45°), lo que contribuye que, el material suelto disponible en las laderas se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad y procesos erosivos.

A inicios del 2022, debido a lluvias intensas ocurridas en la zona, en la ladera noreste del cerro Ccamana el deslizamiento antiguo se reactivó en forma de deslizamiento - derrumbe, formando planos de falla en suelos areno - arcilloso, además de múltiples escarpas y desplazamientos de hasta 2 m, que avanzan hacia el poblado de Acoria. Este evento afectó alrededor de 3 viviendas localizadas en la parte alta del cerro.

El derrumbe, propiamente dicho, abarca un área aproximada de 1.4 Ha, un ancho promedio de 77 m y una longitud entre la zona de arranque y pie de derrumbe de 240 m, este continúa latente, muestra de ello son las constantes caídas de bloques con longitudes de hasta 1.5 m, depositándose al pie del mismo. Parte del material desplazado fue contenido por los árboles, y otra parte fue depositada sobre terrenos de cultivo, muy próximas a las viviendas del Barrio Chaccas.

Al pie del derrumbe (lateral izquierdo) se formó un área pequeña de represamiento, con una longitud de 1.5 m y 1 m de ancho, el cual podría incrementar su volumen, y cuyo desembalse violento afectaría las viviendas asentadas aguas abajo.

Tomando en cuenta las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámica actual, se determina que, el sector del Cerro Ccamana del centro poblado de Acoria, como **Zona Crítica y de Peligro Muy Alto** a movimientos en masa, tipo derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos; que podrían activarse ante la ocurrencia de sismos y lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente, se recomienda reubicar las viviendas ubicadas muy próximas al cauce de la quebrada Puca Puca y al pie del cerro Ccamana. Además, implementar un sistema de drenaje en la parte alta del cerro Ccamana, con el propósito de captar las aguas de escorrentía que se formen, derivándolas hacia quebradas próximas por medio de tuberías y/o canales revestidos.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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)”, de esta manera, contribuye 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 Acoria, según Oficio N° 116-2022-ALC/MDA/HVCA, en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos por deslizamientos y derrumbes en el cerro Ccamana, que ocasionó pérdida de terrenos de cultivo.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Guisela Choquenaira Garate y Ángel Gonzalo Luna Guillen, para realizar la evaluación de peligros geológicos, el cual se llevó a cabo el 17 de mayo del 2022.

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 terrestres y aéreas), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Acoria 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, 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el cerro Ccamana, que compromete viviendas, infraestructura vial y terrenos de cultivo.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- A. Informe técnico. “Zonas críticas por peligro geológico en la región de Huancavelica” (Vílchez & Ochoa, 2014), determinaron al poblado de Acoria como Zona Crítica (194541407/ GA25C/2011- 2012 194541406/ GA25C/2011- 2012 194541410 / GA25C/2011- 2012), debido a la peligrosidad presente por derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos (cuadro 1), sujetos a desencadenarse en temporada de lluvias intensas y /o prolongadas, y sismos.

Cuadro 1. Descripción de las zonas críticas identificadas en el distrito de Acoria.

Área o sector	Peligros actuales o futuros	Geodinámica	Vulnerabilidad o daños probables	Recomendaciones
Sector Acoria Mariscal Cáceres Distrito: ACORIA	Erosión Fluvial, derrumbes-flujos, deslizamientos rotacionales	Se observa la presencia de deslizamientos antiguos, en algunos sectores reactivados a manera de derrumbes. Varios flujos de detritos cortan la carretera, uno de ellos cruza por el medio del poblado de Acoria, esta ha sido parcialmente canalizada con muros de concreto.	Afectó tramos de la carretera que conduce de Acoria a Mariscal Cáceres, también terrenos de cultivo.	- Enrocado y gaviones en margen derecha del río Ichu en zonas afectadas por erosión. - Encausamiento de quebradas, colocación de diques transversales a los cauces de quebradas. - Mantener limpio el cauce de quebradas.

- B. “Informe sobre los derrumbes de tierras en el Cerro PucaPuca” (García & Vargas, 1964). Concluyen que los huaicos que se originaron en la quebrada Acoria pueden causar graves daños a la población y que los huaicos se producen debido a las fuertes lluvias, que tienen lugar en las partes altas del pueblo (Cerro Puca Puca) donde se forman los torrentes que se precipitan por la quebrada Acoria removiendo el material suelto de los derrumbes. Finalmente, recomiendan construir canales de drenaje, la limpieza de la quebrada Acoria y reforzar con muros de contención ambas márgenes, reforestar las áreas donde se producen los derrumbes y construir obras de defensa en el río Ichu para evitar inundaciones (figura 1).
- C. Informe técnico N° A6926 “Evaluación de peligros geológicos en la quebrada Puca Puca” (Vílchez & Lara, 2019). En la quebrada identificaron deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos, así como erosión de laderas en forma de cárcavas. El material removido en la quebrada Puca Puca es canalizado por la misma hasta su desembocadura en el río Ichu, afectando a la población de Acoria (figura 2). Además, concluyen que, la localidad de Acoria, debido a las condiciones geológicas-geodinámicas, es considerada como Zona Crítica, de peligro muy alto por deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos, ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

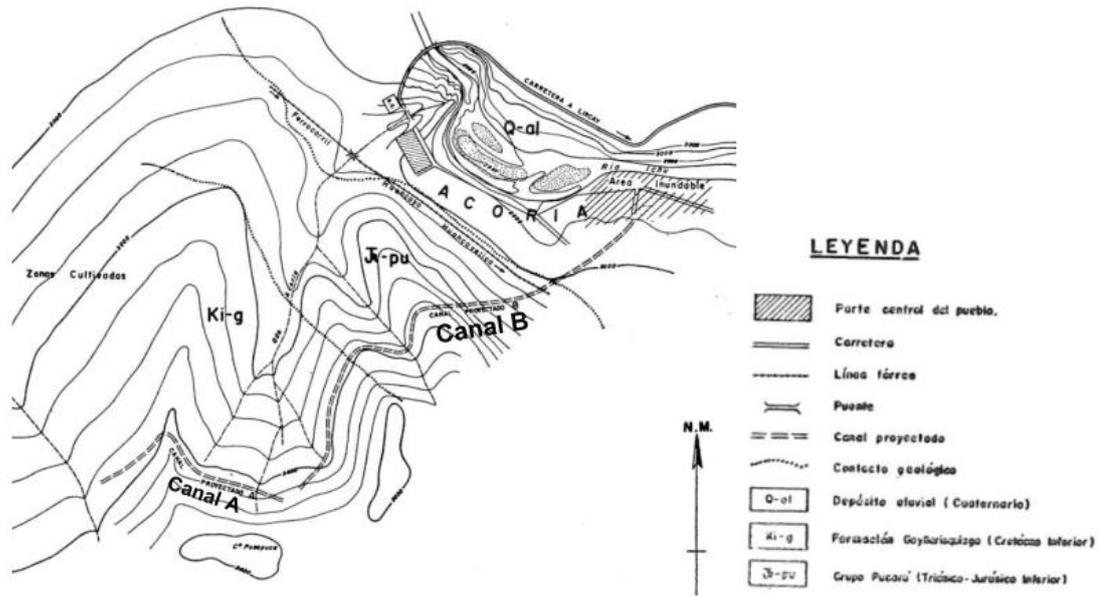


Figura 1. Canales de drenaje “A” y “B” proyectados en la quebrada Puca Puca (tomado de García & Vargas, 1964)

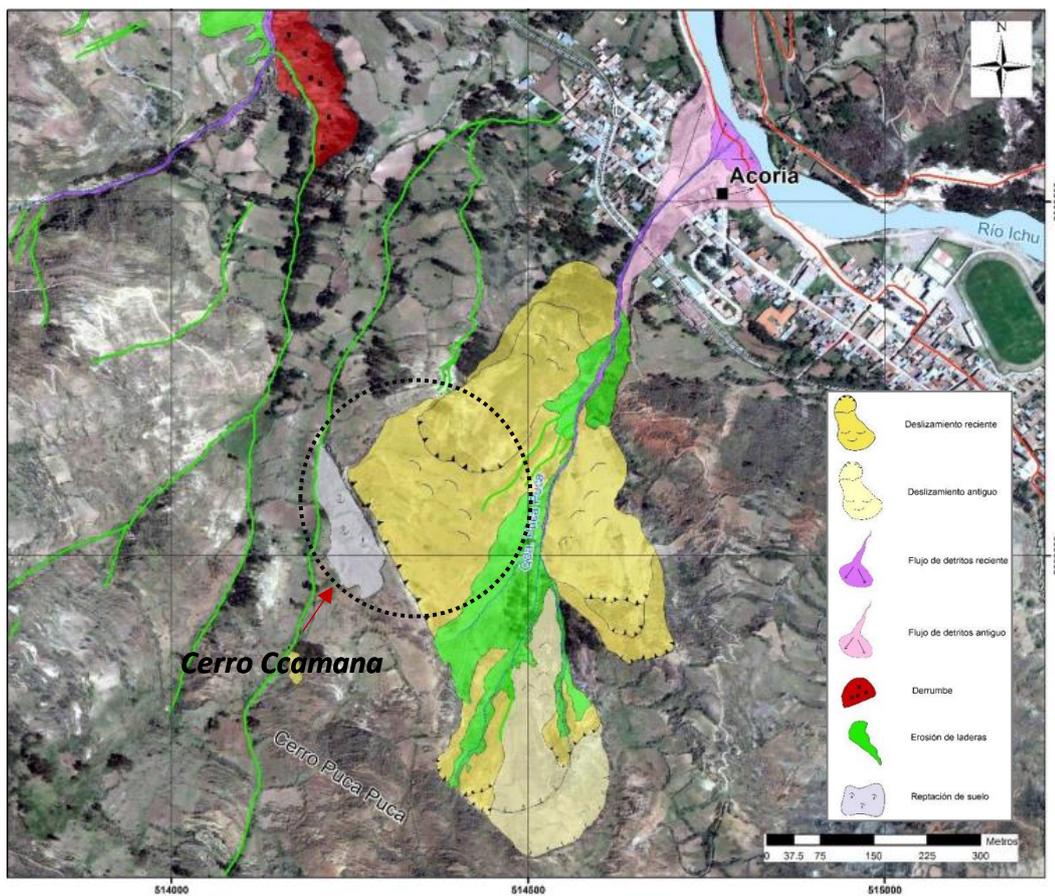


Figura 2. Mapa de peligros geológicos en la quebrada Puca Puca.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Ichu, y disectada por la quebrada Puca Puca, a 50 km, al noreste de Huancavelica. Políticamente, pertenece al distrito de Acoria, provincia de Huancavelica, departamento de Huancavelica (figura 3); en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) (cuadro 2):

Cuadro 2. Coordenadas del área evaluada

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	514072	8602116	12°38'42.08"	74°52'13.50"
2	514817	8602780	12°38'20.45"	74°51'48.81"
3	515465	8602284	12°38'36.58"	74°51'27.32"
4	514789	8601676	12°38'56.39"	74°51'49.72"
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	514676	8602361	12°38'34.09"	74°51'53.48"

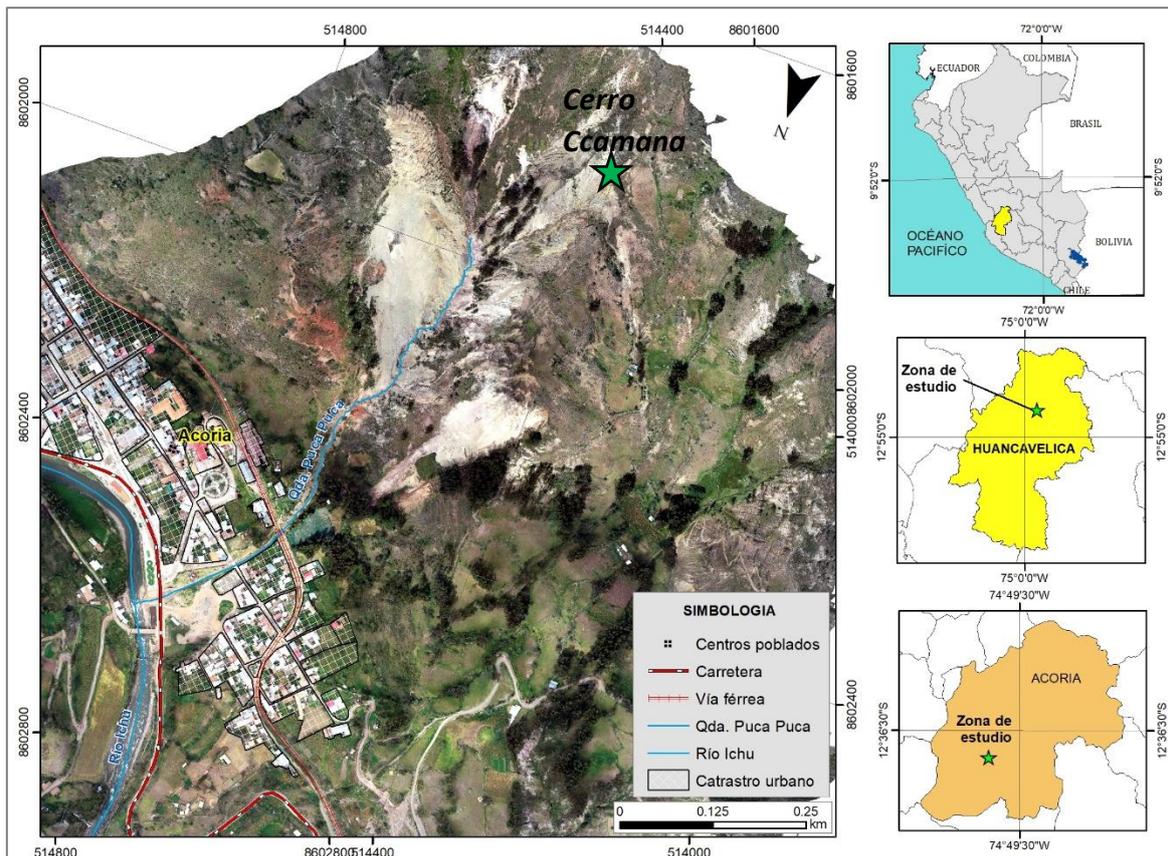


Figura 3. Mapa de ubicación del área evaluada. Políticamente pertenece al distrito de Acoria, provincia de Huancavelica, departamento Huancavelica.

1.3.2. Población

La distribución poblacional del distrito de Acoria asciende a 4978 Habitantes en la zona urbana, sin embargo, en la zona rural se tiene 12822 habitantes. Fuente: INEI Censo 2017 de vivienda y población.

1.3.3. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde la ciudad de Lima (Ingemmet-sede central), mediante la siguiente ruta (cuadro 3):

Cuadro 3. Rutas y accesos al área evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huancavelica	Carretera asfaltada	427	7h 6 minutos
Huancavelica - Acoria	Trocha carrozable	50.7	1h 18 minutos
Acoria – Cerro Ccamana	Camino de herradura	1	30 minutos

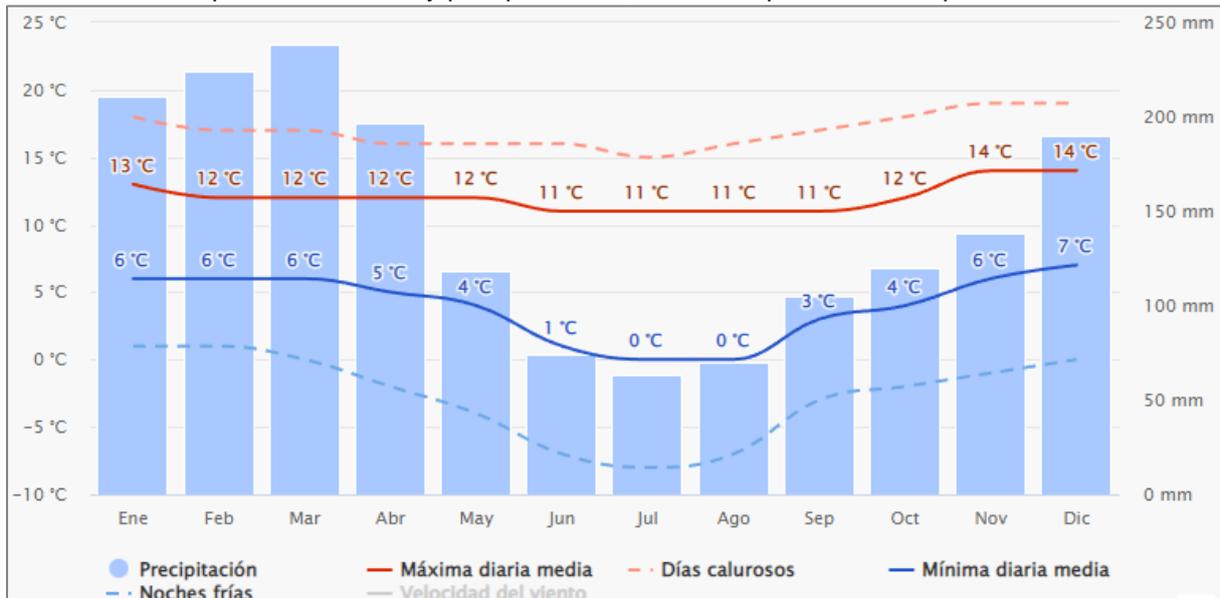
1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Climate-Data.org, la zona de estudio, ubicada en la margen izquierda del río Ichu, está situada en el piso altitudinal, entre 2 300 a 3 500 m s.n.m. Presenta un clima generalmente cálido y templado. La temperatura media anual se encuentra a 12.4 °C y la precipitación media aproximada es de 607 mm. La precipitación más baja se produce en junio, con un promedio de 7 mm, mientras que, en marzo, la precipitación alcanza su pico más alto, con un promedio de 115 mm.

Según los diagramas climáticos de Meteoblu se basan en 30 años de simulaciones de modelos meteorológicos por hora y están disponibles para todos los lugares de la Tierra.

La "máxima diaria media" (línea roja continua) muestra la media de la temperatura máxima de un día por cada mes de Acoria. Del mismo modo, describe la "mínima diaria media" (línea azul continua) de la temperatura mínima. Los días calurosos y noches frías (líneas azules y rojas discontinuas) muestran la media del día más caliente y noche más fría de cada mes en los últimos 30 años (gráfico 1).

Gráfico 1. Temperaturas medias y precipitaciones, en un tiempo de 30 años para el sector Acoria.



Fuente: https://www.meteoblu.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/acoria_per%c3%ba_3948420

2. DEFINICIONES

En el presente glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

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 (crown). 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.

DERRUMBE: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

DESLIZAMIENTO: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). 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).

DESLIZAMIENTO ROTACIONAL: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

EROSIÓN DE LADERAS: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

ESCARPE (scarp). sin.: 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.

FLUJO DE DETRITOS (HUAICO): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

FRACTURA (crack). 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 (weathering). 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.

MOVIMIENTO EN MASA (mass movement, landslide). sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

PELIGRO O AMENAZA GEOLÓGICA: 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: Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La **reptación** puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

RETROGRESIVO: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

ZONAS CRÍTICAS: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis ingeniero - geológico se desarrolló en base a la Carta Geológica del cuadrángulo de Huancavelica – hoja 26-n (Mapa integrado, 2017), a escala 1/50 000, e información obtenida en campo. Donde se presentan rocas sedimentarias del Jurásico al Neógeno y depósitos coluvio – deluviales del Cuaternario, éstos últimos a través de la cartografía y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas se ha completado en el mapa geológico, presentado en el mapa 1: Anexo 1.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran entre el cerro Ccamana corresponden a rocas de origen sedimentario de las formaciones Condorsinga (Ji-c), Goyllarisquizga (Ki-g), Chayllacatana (Ki-ch), Chulec (Ki-chu) y Casapalca (KsP-ca). Estas unidades se encuentran cubiertas por depósitos de deslizamientos, coluviales, proluviales y fluviales, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad.

3.1.1. Formación Condorsinga (Ji-c)

Esta unidad, de edad Jurásico inferior, aflora por la zona media de la quebrada Puca Puca, en dirección NNO-SSE. Así mismo, aflora, a lo largo, de la margen derecha del río Ichu, atravesando los sectores de Totorá, Ichupampa, Sojya y Mariscal Cáceres. Litológicamente, está compuesto por calizas gris claras en estratos gruesos, con un cambio de coloración a amarillentas debido a la meteorización.

Se presentan moderadamente meteorizadas y de mediana a muy fracturadas, con espaciamiento entre las fracturas de 0.20 m a 1 m, y bloques sueltos de hasta 1 m de diámetro, dispuestos en la ladera noroeste del cerro Ccamana (figura 4).

Esta zona, geodinámicamente, está asociada a derrumbes, deslizamientos y caída de rocas.



Figura 4. Afloramiento rocoso, compuesto por calizas medianamente fracturado y moderadamente meteorizado.

3.1.2. Formación Goyllarisquizga (Ki-g)

Esta unidad, del Cretáceo temprano, sobreyace en discordancia erosional a la Formación Chunumayo o directamente sobre la Formación Condorsinga. Está compuesta por areniscas cuarzosas blancas (fotografía 1), rosadas y amarillentas, de grano fino a grueso, se presentan de mediana a muy fracturadas. Hacia la parte superior presenta areniscas de grano grueso, con canales de microconglomerados, los clastos son subredondeados a redondeados de cuarzo, cuarcita y volcánicos; con diámetros de hasta 2 cm. Presenta una evolución grano y estrato creciente (Vílchez, 2019).

3.1.3. Formación Chayllacatana (Ki-ch)

Esta unidad aflora en la parte alta y este de la quebrada Puca Puca, está compuesta por una secuencia de areniscas cuarzosas blancas, amarillentas y rojizas. En otros sectores los afloramientos de esta unidad comienzan con unos microconglomerados con clastos subangulosos a angulosos de rocas volcánicas principalmente, con diámetros de hasta 8 cm, seguidamente se tienen areniscas rojas intercaladas con limos y limoarcillitas, coladas volcánicas de composición basáltica, volcánicos retrabajados y hialoclastitas; terminando la secuencia se tienen coladas volcánicas.

3.1.4. Formación Chulec (Ki-chu)

Está compuesta por arcillitas calcáreas en la base, pasando hacia arriba a margas interestratificadas con calizas en estratos delgados con una coloración gris amarillenta y con

grosos inferiores a 50 cm. En la parte media de la secuencia se encuentran calizas micríticas de color gris claro con alto contenido de nódulos de chert. Hacia la parte superior se tienen calizas beige en estratos gruesos, micríticas, en algunos casos grises a gris oscuras, intercaladas con algunos estratos de margas, conteniendo fragmentos de conchillas.

3.1.5. Formación Casapalca (Ks-P-ca)

Sobreyace en discordancia erosional a la Formación Chúlec, está compuesta hacia la base por yesos fibrosos de coloración negra y blanca, hacia la parte media se tienen areniscas rojas de grano fino a medio intercaladas con limos y limoarcillitas rojas. Hacia la parte superior se tienen areniscas feldespáticas de grano fino a grueso intercaladas con limos rojos (Vilches, 2019).

3.1.6. Depósito coluvio - deluvial (Q-cd)

Se acumulan en vertientes o márgenes de los valles como también en laderas superiores; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos. En conjunto, por su naturaleza son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación de flujos de detritos (huaicos), y cuando son el resultado de antiguos movimientos en masa son susceptibles a reactivaciones detonadas por precipitaciones pluviales o al realizar modificaciones en sus taludes naturales. Al sureste de la localidad de Acoria, en la quebrada Puca Puca (figura 5), se identificaron depósitos coluvio-deluviales producidos por las precipitaciones extraordinarias ocurridas en este sector (Vilchez, 2019).

3.1.7. Depósito proluvial (Q-pl)

Se encuentran conformados por fragmentos rocosos heterométricos (guijarros, gravas y bloques con diámetros que varía de 0.3 a 1 m) en matriz limo areno arcilloso (figura 6), 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 proveniente de la quebrada Puca Puca, se presentan mediamente compactados. Actualmente, parte de las viviendas de Acoria se encuentran asentadas sobre este depósito.

3.1.8. Depósito fluvial (Q-cd)

Se ubican en los valles maduros; resaltando los depósitos ubicados a lo largo del valle del río Ichu. Están compuestos por gravas y bloques subredondeados a redondeados, inmersos en una matriz arenosa, intercalados con arenas finas a gruesas y en algunas ocasiones se intercalan con limos.



Fotografía 1. Vista de areniscas cuarzosas blancas, rosadas y amarillentas, de grano fino a grueso, se presentan de mediana a muy fracturadas.

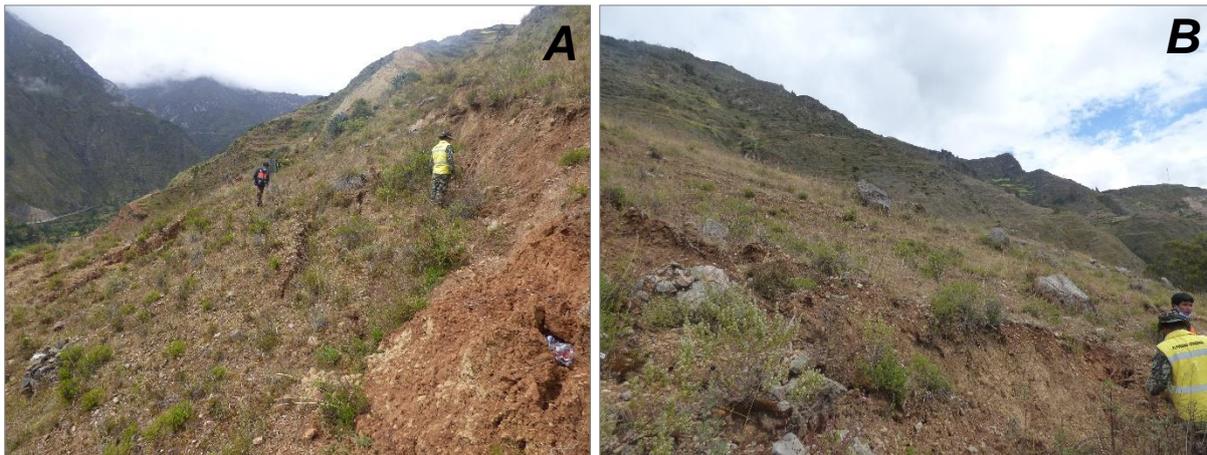


Figura 5. Depósito coluvio deluvial, compuestos por bloques y gravas de roca sedimentaria, con diámetros que varían de 0.5 m a 1.2 m, inmersos en matriz areno limosa.



Figura 6. Depósito proluvial, compuesto por bloques de hasta 1.5 m dispuesto en el cauce de la quebrada Puca Puca.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

El área de estudio comprende elevaciones que van desde los 3447 m s.n.m (zona de inicio de procesos por movimientos en masa en la parte alta de la quebrada Puca Puca), hasta los 2852 m s.n.m, donde actualmente se encuentra asentada la población de Acoria. Las altitudes se clasificaron en cinco niveles, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas. El deslizamiento reactivado recientemente se encuentra comprendida entre 3400 m s.n.m y 3250 m s.n.m (figura 7).

4.2. 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.

En el mapa 2 (Anexo 1), se presenta el mapa de pendientes del actual relieve donde se encuentra asentada la población de Acoria, elaborado en base al modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS). Debido a la configuración morfológica se presentan con mayor predominio laderas con pendientes moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°), con un cambio abrupto a terrenos de pendiente muy escarpada ($>45^{\circ}$).

La cima del cerro Ccamana, presenta pendientes fuertes, con un cambio ligero a pendientes escarpadas en la ladera noroeste del cerro Ccamana. El deslizamiento suscitado en marzo del presente año, se produjo sobre pendientes muy fuerte (25°) a escarpada (45°).

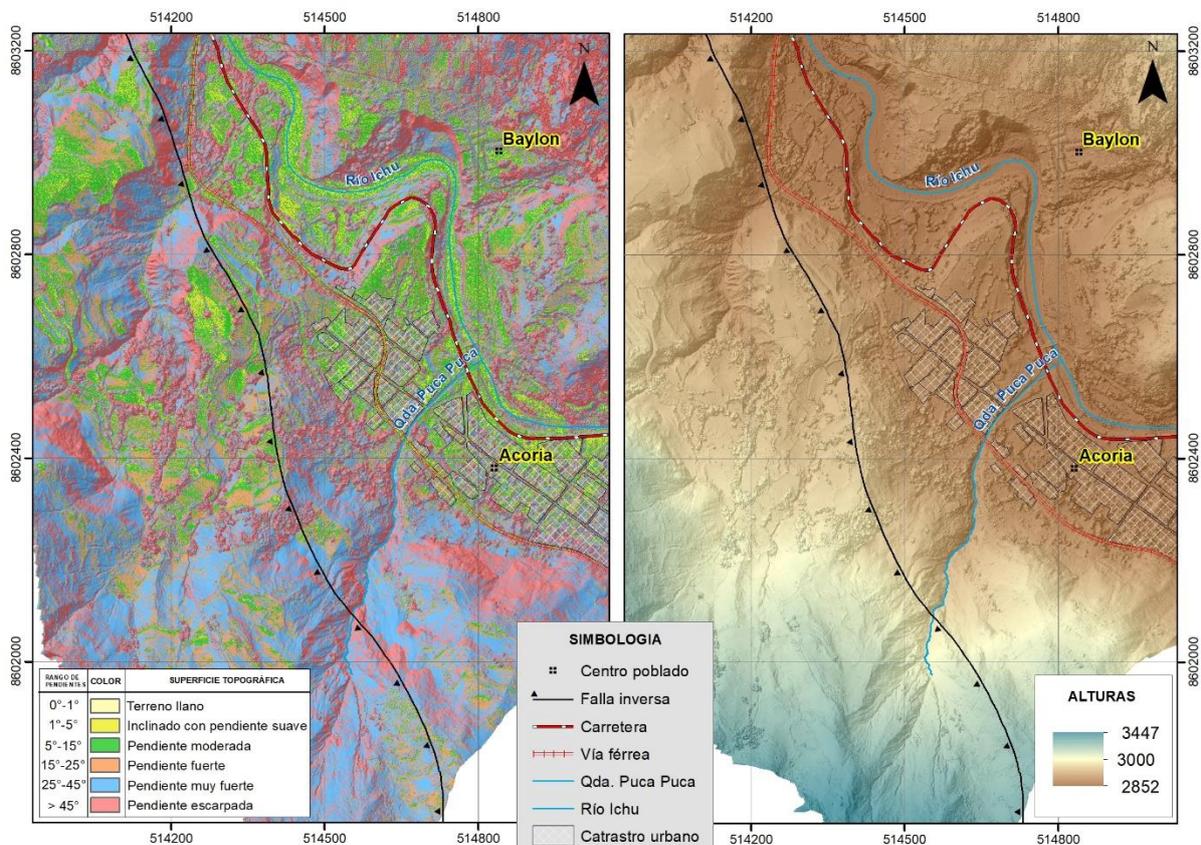


Figura 7. A) Variación de pendientes. B) Modelo digital de elevaciones.

4.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (Anexo 1: Mapa 3), 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 (Vílchez *et al.*, 2020).

A continuación, se mencionan las principales unidades y subunidades geomorfológicas identificadas y que conforman el relieve en la zona de estudio. Cabe recalcar que, dichas definiciones y unidades establecidas en el mapa geomorfológico regional del departamento de Huancavelica, a escala 1/ 1/ 1 000 000 (Ingemmet, 2012), fueron complementadas y modificadas con información obtenida en campo.

4.3.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia las siguientes subunidades (figura 8):

Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs): Relieve modelado en secuencias de las formaciones Condorsinga, Goyllarisquizga, Chayllacatana, Chulec y Casapalca; conformada por brechas, intercaladas con areniscas de grano medio a grueso y limolitas de color pardo rojizo. Las montañas que cubren gran parte de la zona de estudio, presentan cimas redondeadas y alargadas, cuyas laderas naturales poseen pendientes que varían de 15° a 45°.

En la ladera noreste del cerro Ccamana, la morfología cambia, con una inclinación de 35°.

4.3.1.1. Unidad de piedemonte

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tienen:

4.3.1.2. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de las laderas, resultantes de la acumulación de material caído desde las partes altas, por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial. En el área evaluada, se encuentran cubriendo rocas de origen sedimentario, con espesor aproximado y variable de 0.5 a 3 m, poco compactadas.

4.3.1.3. Sub unidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos de detritos (huaicos), modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales.

La quebrada Puca Puca, afluente al río Ichu por su margen izquierda, en la desembocadura, forma un cono proluvial producto de la acumulación de varios eventos (huaicos) y sobre la cual se emplaza parte del poblado de Acoria.



Figura 8. Vista de las subunidades geomorfológicas: relieve de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs), Vertiente coluvio-deluvial (V-cd) y Planicie Aluvio-torrencial (P-at).



Fotografía 1. Depósito proluvial reciente, compuesto por bloques y gravas de roca sedimentaria, con diámetros que varían de 0.1 m a 1.5 m.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros activos y latentes identificados en el cerro Ccamana, corresponden a movimientos en masa tipo deslizamientos, derrumbes, flujo de detritos y otros peligros geológicos de tipo erosión de ladera (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007), debido a las lluvias intensas y/o prolongadas que erosionan y saturan el terreno (Anexo 1: Mapa 4).

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

El área evaluada abarca un área aproximada de 25 Ha, representada por una geodinámica muy activa, entre ellos: deslizamientos reactivados, derrumbes, flujo de detritos y procesos de erosión de ladera (figura 9).

Recientemente, en el cerro Ccamana se reactivó como deslizamiento - derrumbe, por lo cual, solo se describirá a detalle dicho evento.

5.1.1. Movimiento compuesto del cerro Ccamana

El año 2019, en el cerro Ccamana, se identificó un deslizamiento tipo rotacional, el escarpe principal tenía un salto aproximado de 1 m y una longitud de 203 m (Vílchez, 2019). Para el año 2022, se incrementó el salto hasta 2 m de altura, ello nos infiere el avance progresivo del evento (figura 10).

A inicios del 2022, debido a las lluvias intensas, en la ladera noreste del cerro Ccamana se reactivó en un deslizamiento - derrumbe, el primero produjo un plano de falla en suelo areno - arcilloso, color marrón rojizo y pardo amarillento. Además, sobre el cuerpo se presenta múltiples escarpas (figura 11) y desplazamientos de hasta 2 m en sentido al poblado de Acoria. Este evento afectó alrededor de 3 viviendas localizadas en la parte alta de la ladera del cerro.

El derrumbe, de dirección noroeste, presenta un ancho promedio de 77 m y una longitud entre la zona de arranque y pie de 240 m. El evento continúa latente (figura 12), muestra de ello son las constantes caídas de bloques de hasta 1.5 m, depositándose al pie del mismo (figura 12 B). A partir de esta zona, debido al cambio de pendiente (10°), el derrumbe se desplazó cuesta abajo con un ancho reducido de 14 m. Parte del material desplazado fue contenido por los árboles, y otra parte fue depositada sobre terrenos de cultivo, muy próximas a las viviendas del barrio Chaccas.

Al pie del derrumbe (lateral derecho), se observó una surgencia de agua (figura 12A). Así mismo, en el cuerpo del derrumbe (lateral izquierdo), se evidenció otra surgencia de agua (figura 12C), el cual se canalizó con un ancho de 1 m, cuesta abajo.

El substrato rocoso donde se produjo el deslizamiento - derrumbe, está conformado por areniscas, calizas y lutitas (fotografía 1), de moderada a altamente meteorizadas y muy fracturadas, generando bloques sueltos de hasta 1.5 m, de formas angulosas. Este afloramiento está cubierto por depósitos coluvio deluviales, compuesto por bloques (5%), gravas (25%), arenas (35%) limos y arcillas (35%), en una potencia aproximada de 3 m.

El evento se desarrolló en laderas de pendientes fuertes (35°), lo que facilitó el desplazamiento de material cuesta abajo.

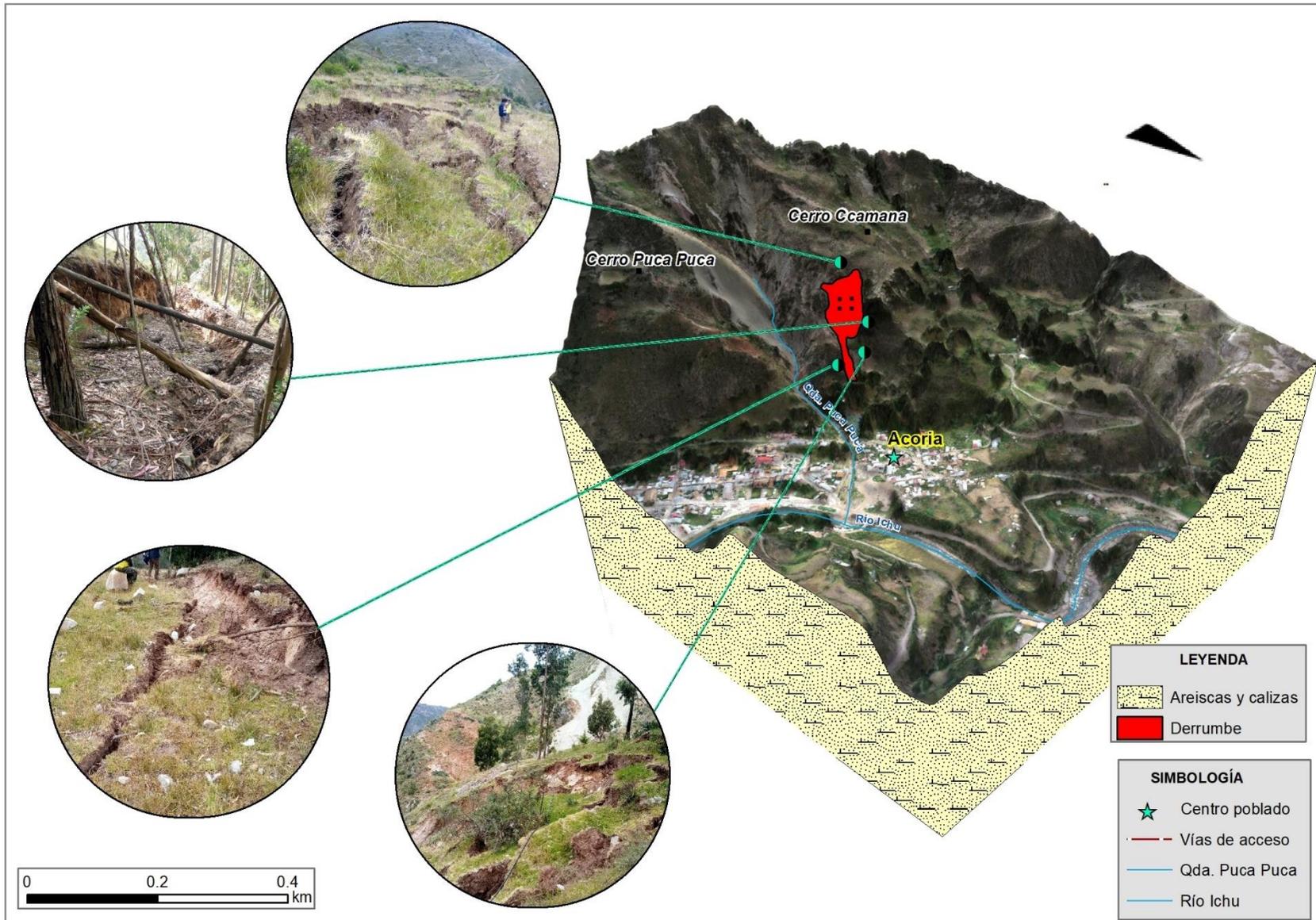


Figura 9. Imagen representativa de la dinámica activa en el cerro Ccamana.



Figura 10. A) Escarpa de deslizamiento rotacional, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Puca Puca. Este evento se originó el 2019 debido a las intensas precipitaciones pluviales en la zona. B) Vista del deslizamiento reactivado, con 2 m de altura.



Figura 11. Flanco izquierdo del derrumbe, compuesto por bloques de formas angulosas, con diámetro mayor a 1 m, arenas y limos inmersos en material lodoso, muy inestable al paso.

Adyacente al flanco izquierdo del derrumbe, a la altura de la zona media - baja, se produjo otro deslizamiento de menor dimensión, con plano de falla en suelo arena - limoso, y escarpa principal de 33 m y un salto de 1.5 m de altura.

Del mismo modo, se observó asentamientos en el terreno, por lo cual se infiere que podría desencadenarse deslizamientos y/o derrumbes de mayor dimensión, llegando a afectar las viviendas asentadas cuesta abajo.

Al pie del derrumbe (lateral izquierdo) se formó un área pequeña de represamiento, con una longitud de 1.5 m y 1 m de ancho (figura 13), sino se canaliza, este podría incrementar su volumen, el posterior desembalse afectaría a la vivienda asentadas aguas abajo.

Es importante mencionar que, en la zona posterior al deslizamiento del cerro Puca Puca, nuevamente se están produciendo agrietamientos y asentamientos en el terreno. Además, se pudo observar que las obras de mitigación empleadas en cerro referido, fueron afectadas por la reactivación del evento (figura 14).



Figura 12. Derrumbe con una zona de arranque de forma irregular, posee una distancia de 240 m entre la corona y pie del derrumbe y un ancho promedio de 77 m. Sobre rocas sedimentarias, compuesto por areniscas y calizas. A) Surgencia de agua en el flanco derecho del derrumbe. B) Material de hasta 2 m de altura depositado al pie del derrumbe. C) Surgencia de agua en el flanco izquierdo del derrumbe.



Figura 13. Vista de represamiento en formación, con un ancho promedio de 1 m y una longitud de 1.5 m de largo.

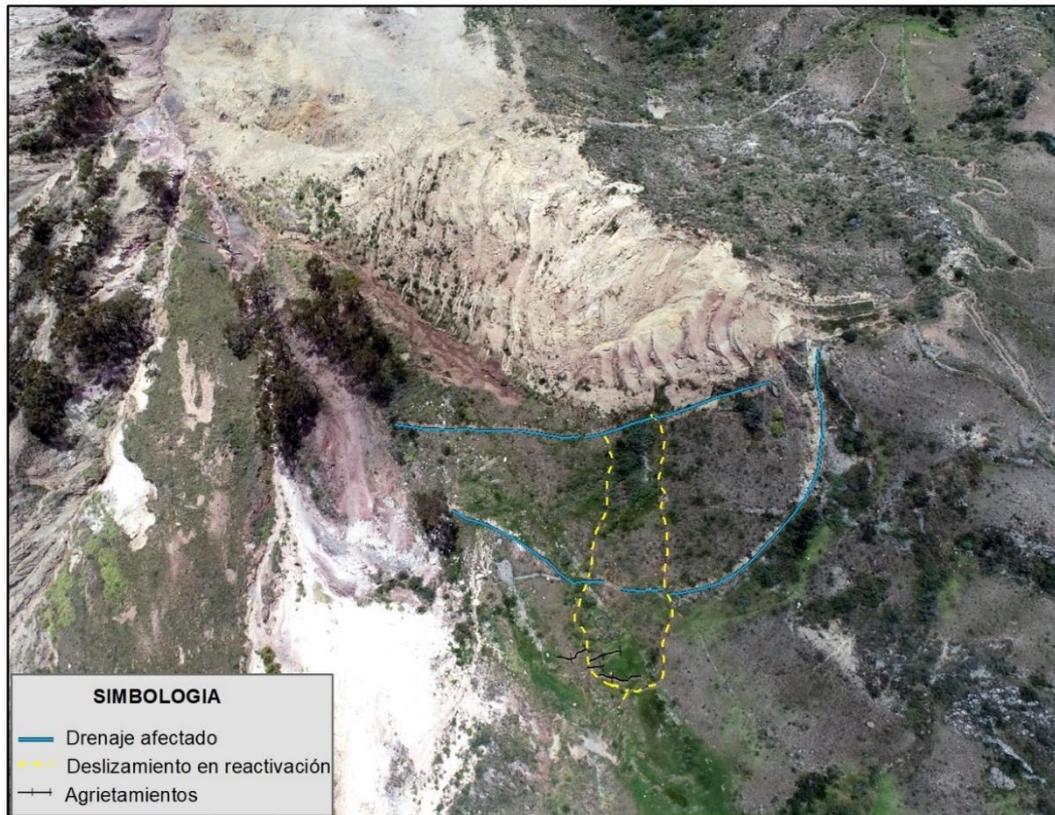


Figura 14. Vista del deslizamiento reactivado en el cerro Puca Puca, el cual afectó el sistema de drenaje, desplazándolo aproximadamente en 1 m.

6. FACTORES DE LA INESTABILIDAD DEL TALUD

6.1. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

El cerro Ccamana está conformado de secuencias sedimentarias de areniscas y calizas, medianamente a muy fracturadas y moderadamente meteorizadas; cuya resistencia a la compresión simple varían de 25-50 Mpa, las cuales de acuerdo a sus características ingeniero – geológicas, se consideran como rocas de regular calidad.

Además, estos afloramientos se encuentran cubiertos por depósitos coluvio - deluviales, compuesto por bloques de hasta 1.5 m de diámetro, gravas, arenas, limos y arcillas, inconsolidados, sueltos, dispuestos en las laderas, fácilmente erosionable y removible ante agentes erosivos.

Es importante mencionar que, la presencia de una falla inversa, que atraviesa el cerro Ccamana ha condicionado el intenso fracturamiento del afloramiento rocoso.

Factor geomorfológico

El relieve actual de agradación y/o acumulación producto de procesos de remoción en masa suscitados en el pasado, han formado una morfología muy accidentada, con terrenos escalonados y laderas de pendientes fuertes (25°), que llegan a pendientes escarpadas (45°); estas contribuyen a que el material suelto disponible en las laderas se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad.

Factor hidrológico y geohidrológico

Presencia de dos surgencias de agua en la ladera noroeste del cerro Ccamana, estando la primera al pie del derrumbe (lateral derecho) y la segunda en el cuerpo del derrumbe (lateral izquierdo), el cual se canalizó con un ancho de 1 m, cuesta abajo.

Es importante mencionar que, a mayor grado de fracturamiento del sustrato rocoso, existe mayor infiltración de agua, muestra de ello, es la presencia de agua en la cara del derrumbe.

6.2. Factores desencadenantes

Los procesos por movimientos en masa, como deslizamientos y derrumbes reactivados, en la ladera noreste del cerro Ccamana, fueron desencadenados por lluvias intensas y/o prolongadas ocurridos entre los meses de noviembre a febrero, en las cuales se registraron precipitaciones promedio de 607 mm.

7. CONCLUSIONES

1. El substrato rocoso donde se produjeron los deslizamientos y derrumbes del cerro Ccamana, está conformado por rocas sedimentarias de areniscas, calizas y lutitas, se presentan de moderada a altamente meteorizadas y de medianas a muy fracturadas. Se encuentran coberturados por depósitos coluvio deluviales, compuesto por bloques (5%), gravas (25%), arenas (35%) limos y arcillas (35%), en una potencia aproximada de 3 m, lo cual los hace muy susceptibles a erosionarse y removerse fácilmente.
2. El relieve actual donde se produjo el movimiento compuesto presenta una morfología muy accidentada, debido a procesos de remoción en masa suscitados en el pasado, formando terrenos escalonados y laderas de pendientes fuertes (25°), con un cambio de pendientes escarpadas (45°), lo que contribuye que, el material suelto disponible en las laderas se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad.
3. A inicios del 2022, debido a las lluvias intensas, en la ladera noreste del cerro Ccamana se reactivó un deslizamiento antiguo en forma de deslizamiento - derrumbe, el primero posee un plano de falla en suelo areno - arcilloso, con múltiples escarpas y desplazamientos de hasta 2 m, que avanzan en dirección al poblado de Acoria. Este evento afectó alrededor de 3 viviendas localizadas en la parte alta del cerro.
4. El derrumbe, propiamente dicho, posee un ancho promedio de 77 m y una longitud de 240 m entre la zona de arranque y pie de derrumbe. El evento continúa latente, muestra de ello son las constantes caídas de bloques de hasta 1.5 m; estando parte del material desplazado retenido por los árboles, y otra parte fue depositada sobre terrenos de cultivo, muy próximas a las viviendas del Barrio Chaccas.
5. Al pie del derrumbe (lateral izquierdo) se formó un área pequeña de represamiento, con una longitud de 1.5 m y 1 m de ancho, el cual podría incrementar su volumen, y cuyo desembalse afectaría a las viviendas asentadas aguas abajo.
6. Tomando en cuenta las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámica actual, se determina que, el centro poblado de Acoria, es considerada como **Zona Crítica y de Peligro Muy Alto** a movimientos en masa de tipo derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos; que podrían activarse ante la ocurrencia de sismos y lluvias intensas y/o prolongadas.

8. RECOMENDACIONES

NO ESTRUCTURALES

1. Reubicar las viviendas ubicadas en inmediaciones del cerro Ccamana, así como las ubicadas muy próximas al cauce de la quebrada Puca Puca y pie del deslizamiento – derrumbe.
2. Realizar un monitoreo continuo y visual de la presencia de nuevos agrietamientos en la ladera noreste del cerro Ccamana. Del mismo modo, monitorear constantemente la ladera noroeste del cerro Puca Puca, ante la posible reactivación de nuevos procesos por movimientos en masa.
3. Forestar y/o reforestar las laderas desprovistas de vegetación, con plantas nativas de la zona, especialmente las laderas del Cerro Ccamana.
4. Prohibir el paso peatonal por la ladera noreste del cerro Ccamana, puesto que, el movimiento compuesto (deslizamiento – derrumbe) continua latente.
5. Realizar mantenimiento periódico y mejora de las medidas de mitigación (banquetas y sistemas de drenaje, canalización de la quebrada Puca Puca) realizadas en el cerro Puca Puca. Estas medidas deben ser realizadas por especialistas en el tema.
6. A las autoridades locales se recomienda, realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, con el fin de que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos.

ESTRUCTURALES

1. Implementar un sistema de drenaje en la parte alta del cerro Ccamana, con el propósito de captar las aguas de escorrentía que se formen, derivándolas hacia quebradas próximas por medio de tuberías y/o canales revestidos, como los indicados en el Anexo 2. Estas medidas deben ser diseñadas por un especialista.
2. Realizar el ensanchamiento y/o profundización del cauce de la quebrada Puca Puca, tomando en consideración las máximas avenidas. Para ello se debe contar con estudio hidrológico y de caudales.
3. Tomar en cuenta e implementar en su medida posible, las recomendaciones vertidas en el informe A6926 (2019), donde se contempla lo siguiente:
 - Implementar un sistema de alerta temprana, en temporadas de precipitaciones pluviales intensas y/o extraordinarias para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
 - Implementar un sistema de señalización de rutas de evacuación ante la amenaza de flujo de detritos y lodo, así como la ocurrencia de nuevos deslizamientos o la reactivación de los deslizamientos ya identificados.
 - No permitir la construcción de viviendas en el cauce de la quebrada o en zonas aledañas.
 - Realizar la limpieza y profundización del cauce de la quebrada, canalizar por medio de la construcción de gaviones en ambas márgenes.

- Ampliar la luz (longitud) de las losas de puentes que cruzan la quebrada Puca Puca.
- Todas las obras de rehabilitación que se vayan a emplear en los cerros Ccamana, Puca Puca y quebrada Puca Puca deben ser dirigidas y ejecutadas por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.



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

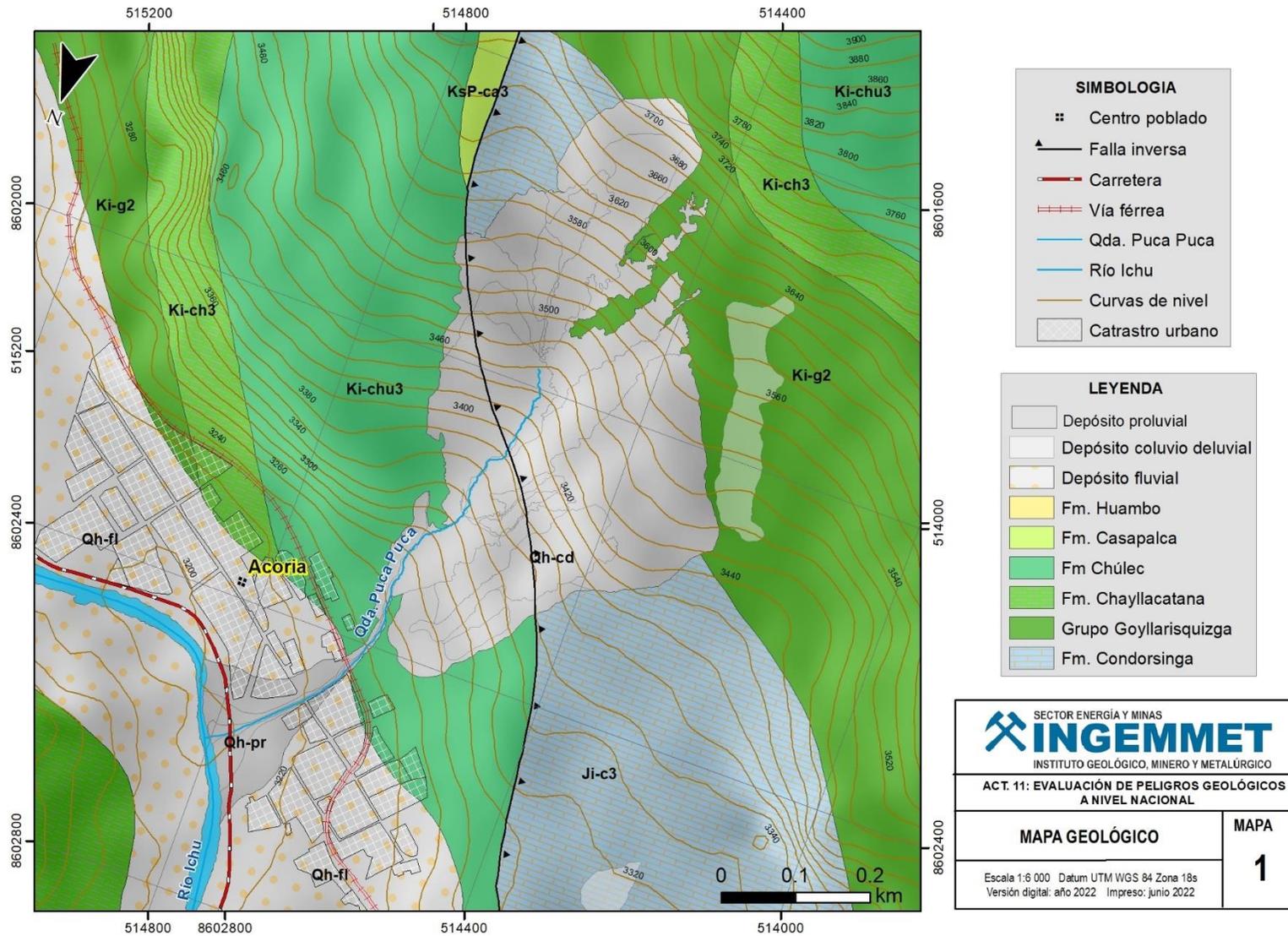


Ing. Guisela Choquenaira Garate

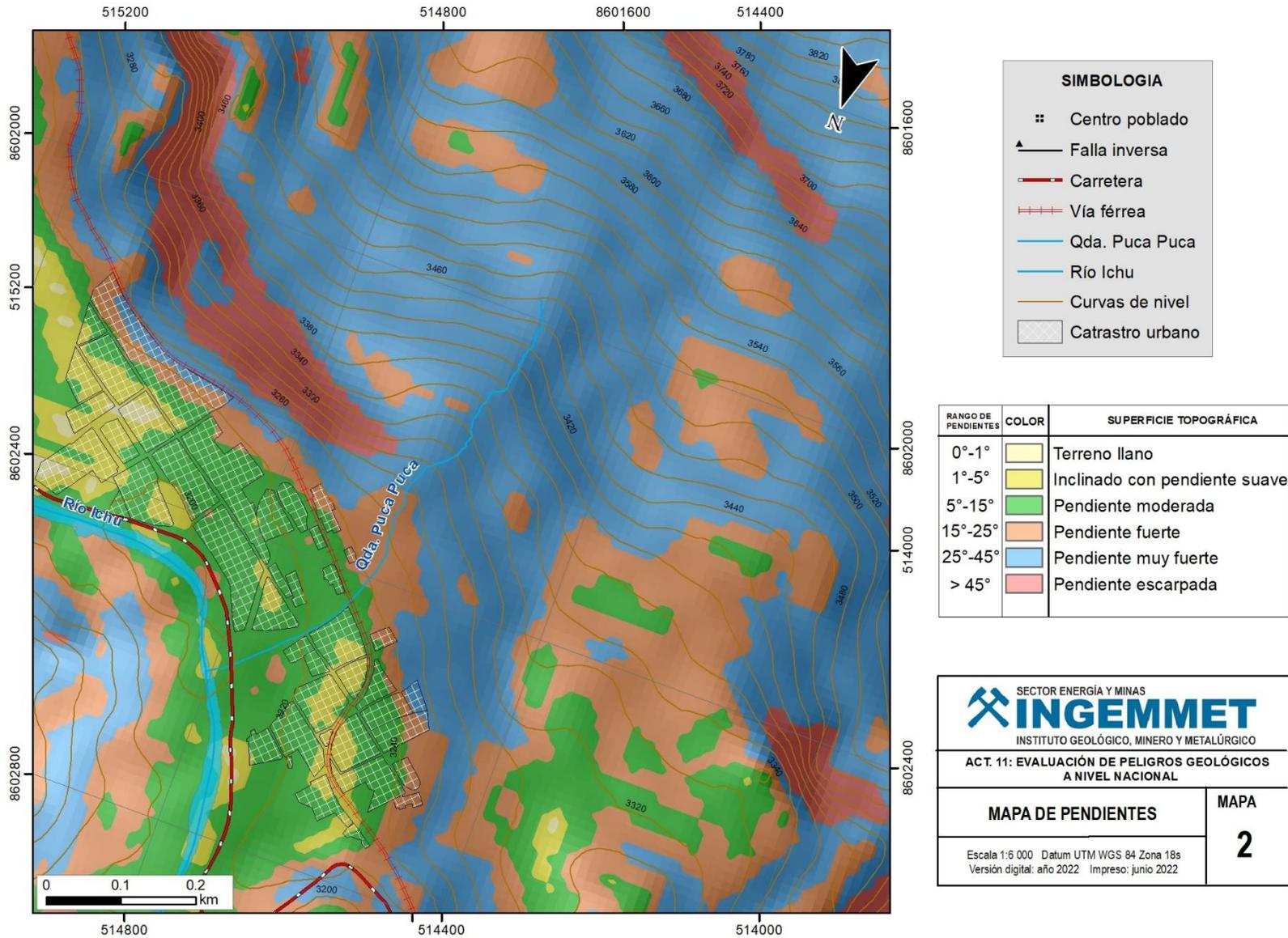
9. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- González, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C., eds. (2002) - Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación, 732 p.
- Köppen, W. (2010). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Clasificación de climas según temperatura, precipitación y ciclo estacional.). Petermanns Geogr. Mitt., 64, 193-203, 243-248
- 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.
- Romero, D & Torres, V. (2003) - Revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica (26-n). INGEMMET, 22 p.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2021) – SENAMHI. (consulta: 03 de abril 2021). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.
- Shruthi, R. B. V., Kerle, N., & Jetten, V. G. (2011) - Object - based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. Geomorphology, 134(3-4), 260-268. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.07.003.
- Suárez, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Universidad Industrial de Santander, 548 p.
- Vilchez, M. (2014) – Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica. Informe. 58 p.
- Vilchez, M. (2018) – Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la quebrada Puca Puca. Informe técnico N° A6926, 42 p.

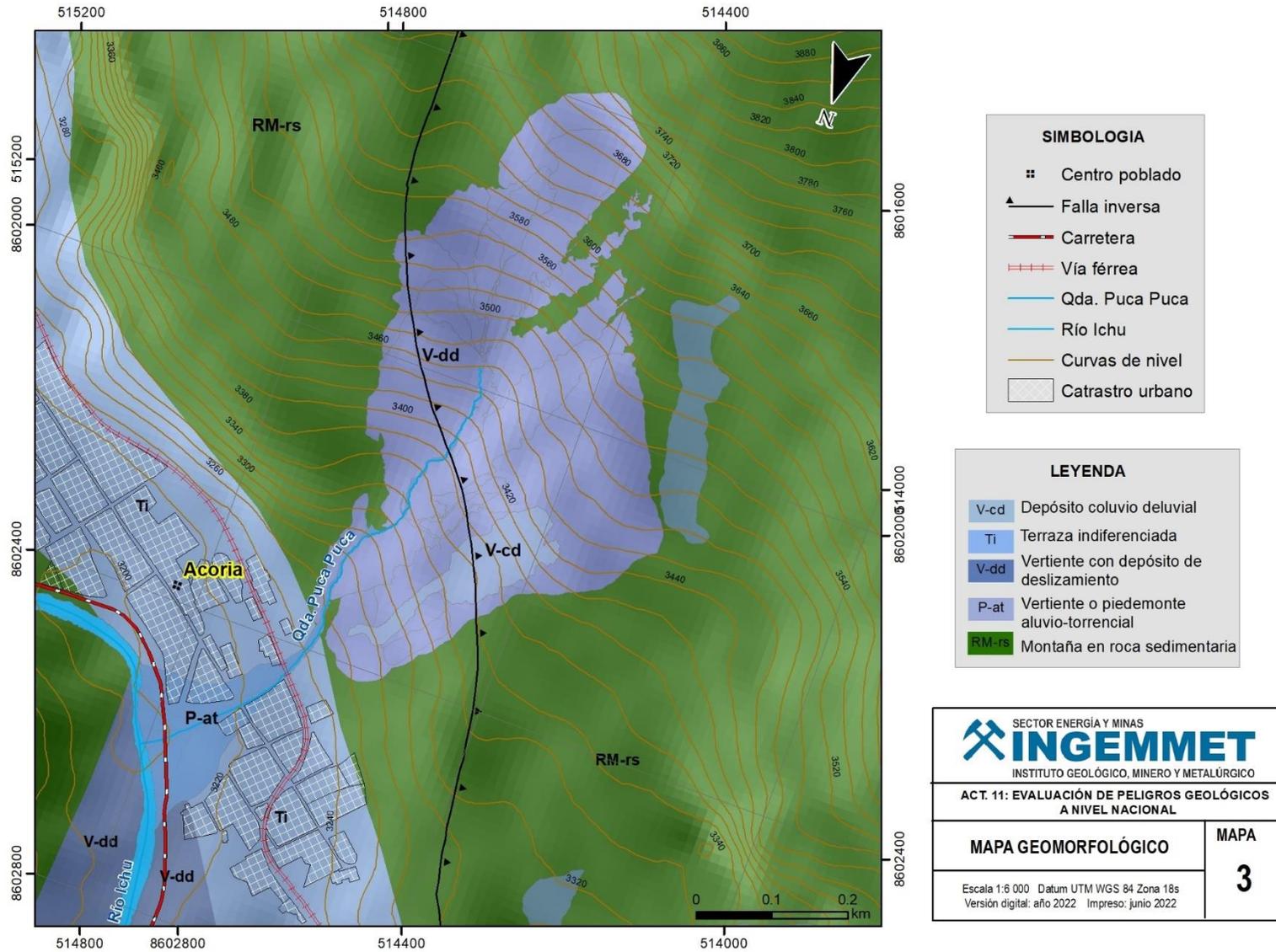
ANEXO 1: MAPAS



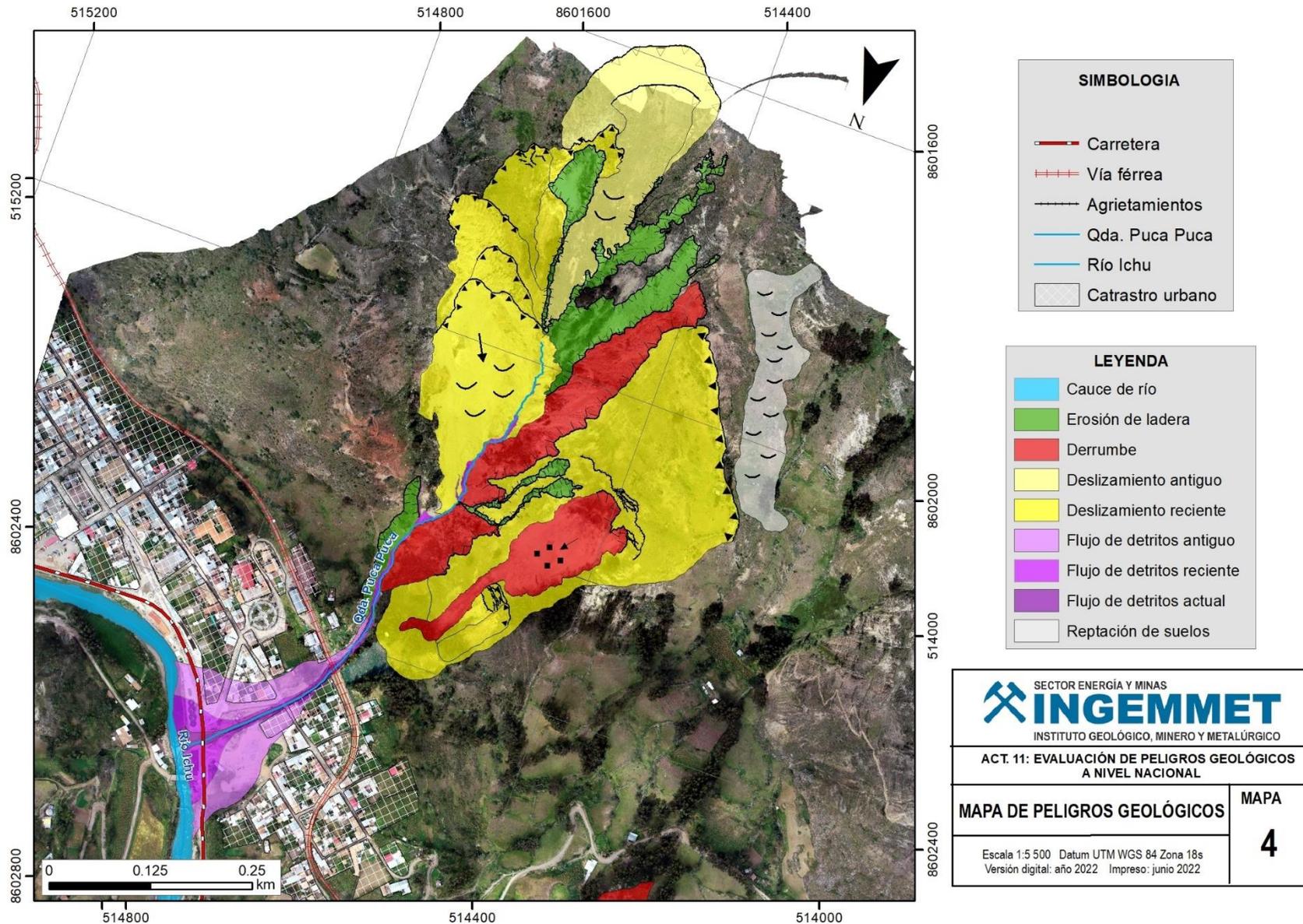
Mapa 1. Mapa geológico del área evaluada.



Mapa 2. Mapa de pendientes del área evaluada.



Mapa 3. Mapa geomorfológico del área evaluada.



Mapa 4. Cartografía de peligros geológicos del área evaluada.

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A. CORRECCIÓN POR DRENAJE

Unas de las técnicas más efectivas para la estabilización de laderas y taludes es el control de las aguas superficiales y subterráneas (cuadro 4). Su objetivo es controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen el movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes. El drenaje y el subdrenaje generalmente son poco costosos y muy efectivos como medidas de prevención de los movimientos.

Cuadro 4. Métodos de drenaje y subdrenaje

Método	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para el control de escorrentía	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos, en suelos saturados sub superficialmente.	Poco efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos o los deslizamientos con nivel freático profundo
Subdrenes horizontales de penetración	Muy efectivos para interceptar y controlar las aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje	Efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos en las formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas.	Muy costosos y complejos de construir

Fuente: Suárez, 1996.

Los sistemas más comunes para el control del agua son: •

- Zanjas de coronación o canales colectores drenaje superficial).
- Subdrenes de zanja o subdrenes interceptores. •
- Subdrenes horizontales o de penetración

Drenaje superficial: El objetivo principal del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía, tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro, lejos del talud que se va a proteger.

Tipos de obra de drenaje superficial

- a. **Canales para redireccionar el agua de escorrentía:** Se debe impedir que el agua de escorrentía se dirija hacia la zona inestable.

- b. Zanjas de corona.** Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe.
- c. Diques en la corona del talud.** Son diques en relleno, colocados arriba de la corona, con el objeto de desviar hacia los lados las aguas de escorrentía.
- d. Drenes Franceses.** Son zanjas rellenas de material granular grueso que tienen por objetivo captar y conducir las aguas de escorrentía.
- e. Trinchos o Cortacorrientes.** Consisten en diques a través del talud para desviar lateralmente, las aguas de escorrentía.
- f. Torrenteras.** Son estructuras que recogen las aguas de los canales, diques o cortacorrientes y las conducen hacia abajo del talud. Generalmente, incluyen elementos para disipar la energía del flujo del agua.
- g. Sellado de grietas con arcilla o mortero.** El objeto es impedir la infiltración de agua hacia el deslizamiento.
- h. Canales colectores en Espina de Pescado.** Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la nuevamente la infiltración del agua

No se recomienda en problemas de taludes, la utilización de conducciones en tubería por la alta susceptibilidad a agrietarse o a taponarse, con lo cual se generan problemas de infiltración masiva concentrada.