

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7514**

# EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO POTRERILLO

Departamento: Amazonas

Provincia: Bagua

Distrito: La Peca



JUNIO  
2024

## EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO POTRERILLO

(Distrito La Peca, provincia Bagua y departamento Amazonas)



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

*Equipo de investigación:*

*Cristhian Chiroque Herrera*

*Luis León Ordáz*

*Elvis Alcántara Quispe*

### Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). *Evaluación de peligro geológico por deslizamientos en el centro poblado Potrerillo*. Distrito La Peca, provincia Bagua, departamento Amazonas). Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7514, 37p.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>DEFINICIONES</b> .....	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	4
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	4
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	7
1.3.1. Ubicación .....	7
1.3.2. Accesibilidad.....	7
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	9
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	9
2.1.1. Formación Pulluicana/Quilquiñan (KsP-ft/re) .....	9
2.1.2. Formación Cajamarca (Ki-c).....	9
2.1.3. Depósitos cuaternarios .....	10
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	12
<b>3.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)</b> .....	12
<b>3.2. Pendientes del terreno</b> .....	12
<b>3.3. Unidades geomorfológicas</b> .....	13
3.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional .....	14
<b>3.3.1.1. Unidad de montaña</b> .....	14
3.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional .....	15
<b>3.3.2.1. Unidad de piedemonte</b> .....	15
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	17
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	17
4.1.1. Deslizamientos de tipo rotacional inactivos relictos (DRIR) .....	17
4.1.2. Deslizamientos de tipo rotacional activos (DRA).....	17
<b>4.2. Factores condicionantes</b> .....	23
<b>Geomorfológico</b> .....	23
<b>Litológico</b> .....	24
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	25
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	26
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	27
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	28
<b>ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	32

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamientos, en el centro poblado Potrerillo; perteneciente a la jurisdicción del distrito La Peca, provincia Bagua, departamento Amazonas. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Según reporte de INDECI, el 15 de mayo del 2022, siendo las 16:20 horas, en el centro poblado Potrerillo ocurrieron varios deslizamientos que afectaron trochas carrozables, viviendas y cultivos. Los deslizamientos se desarrollan sobre laderas de montañas estructurales con afloramientos muy fracturados e intensamente meteorizados, los fragmentos desprendidos y depositados en laderas y cauces de quebradas.

Los deslizamientos recientes se desarrollan sobre secuencias indiferenciadas de calizas, lutitas, limolitas y calizas margosas de la Formación Cajamarca que se encuentran en contacto de en contacto con secuencia indiferenciadas de calizas grises, calizas margosas en estratos con espesor de 1 a 2 m de la Formación Pullucana/Quilquiñan. En conjunto, estos afloramientos se muestran muy fracturados y meteorizados. Además de, cubiertas coluvio-deluviales (Q-cd), conformados por gravas y cantos subangulosos a subredondeados con matriz de areno arcillosa, en capas medianamente compactas y porosas. Además de depósitos coluviales (Q-co) conformados por bloques dispersos y clastos sueltos y distribuidos sobre laderas con pendientes moderadas.

Los deslizamientos antiguos modelaron unidades geomorfológicas de vertientes o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd), sobre los cuales hoy se asienta las viviendas del centro poblado Potrerillo. Las montañas estructurales en rocas sedimentarias (RME-rs), se modelaron en relieves con pendientes moderadas a muy fuertes (15° - >45) que, limitan con colinas estructurales en roca sedimentaria (RCE-rs), con relieves con pendientes moderadas a muy escarpadas (5° - 45°) y lomadas en roca sedimentaria (RL-rs).

Se identificaron 8 deslizamientos activos de tipo rotacional cuya máxima longitud alcanza 191 m y 75 m de ancho, ubicados en la margen izquierda de la quebrada Potrerillo, afectando 124 m del canal de riego y 50 m de la vía afirmada. Además de, 2 deslizamientos relictos o antiguos de tipo rotacional de hasta 415 m de longitud

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presentan las laderas donde se ubica el centro poblado Potrerillo, se considera de **Peligro Alto** ante deslizamientos que podrían activarse durante lluvias intensas, y como consecuencia afectarían viviendas, vías de comunicación, canales de riego y cultivos.

Se recomienda reforestar la ladera afectada por los deslizamientos, prohibir actividades agrícolas y la reubicación de viviendas en la zona afectada.

## DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres.

Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

**Buzamiento (Dip)** Angulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

**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.

**Deslizamiento (slide)** Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (Cruden y Varnes, 1996).

**Deslizamiento rotacional (rotational slide) sin: golpe de cuchara (Co).** Deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior inclinarse hacia atrás en dirección al escarpe.

**Escarpe (scarp) sin.:** escarpa. Superficie vertical o semivertical 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.

**Escarpe principal (main scarp)** En un deslizamiento se refiere a la parte superior vertical o semivertical del plano de falla que queda expuesta en superficie por el movimiento ladera abajo del cuerpo principal.

**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).

**Susceptibilidad.** La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Ingemmet, institución 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 con las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas con presencia de elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud del Gobierno Regional de Amazonas, según OFICIO N° D000116-2022-INDECI-DDI-AMAZONAS, es en el marco de nuestras competencias que se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, de tipo “deslizamientos”, los cuales afectaron viviendas, vías de acceso, canales de riego, terrenos de cultivo y una pérdida de vida humana.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Cristhian Chiroque, Luis León y Elvis Alcántara para realizar la evaluación de peligros geológicos, los trabajos de campo estuvieron acompañados por autoridades locales del centro poblado Potrerillo.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: gabinete (se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet), cartografía de campo (análisis geológico de los afloramientos y estabilidad de laderas, cartografía geomorfológica y geodinámica, fotogrametría con drones, registro fotográfico georreferenciado), gabinete post campo (se realizó el procesamiento e interpretación de los datos para la redacción del informe técnico).

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Amazonas y las instituciones encargadas de la gestión de riesgos de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### **1.1. Objetivos del estudio**

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se desarrollan en el centro poblado Potrerillo, procesos geodinámicos que afectaron terrenos de cultivo, viviendas y vías de acceso.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante los peligros geológicos evaluados en la zona.

### **1.2. Antecedentes y trabajos anteriores**

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET relacionados a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

- A. Boletín N° 39, serie C: Riesgos Geológicos en la Región Amazonas, realizado por (Medina, et al. 2009); muestra el inventario de peligros geológicos en la región Cajamarca; además de la elaboración del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:250 000, mediante la superposición de capas o mapas de factores condicionantes como la litología y las pendientes, mediante un geoprocésamiento en GIS (Tabla 1 y figura 1). En el mapa se muestra que, el centro poblado Potrerillo tiene una susceptibilidad muy alta a alta ante la ocurrencia de movimientos en masa. En la zona evaluada afloran secuencias de lutitas y calizas muy fracturadas con intercalación de lutitas muy fracturadas e intensamente meteorizadas.

**Tabla 1.** Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa.

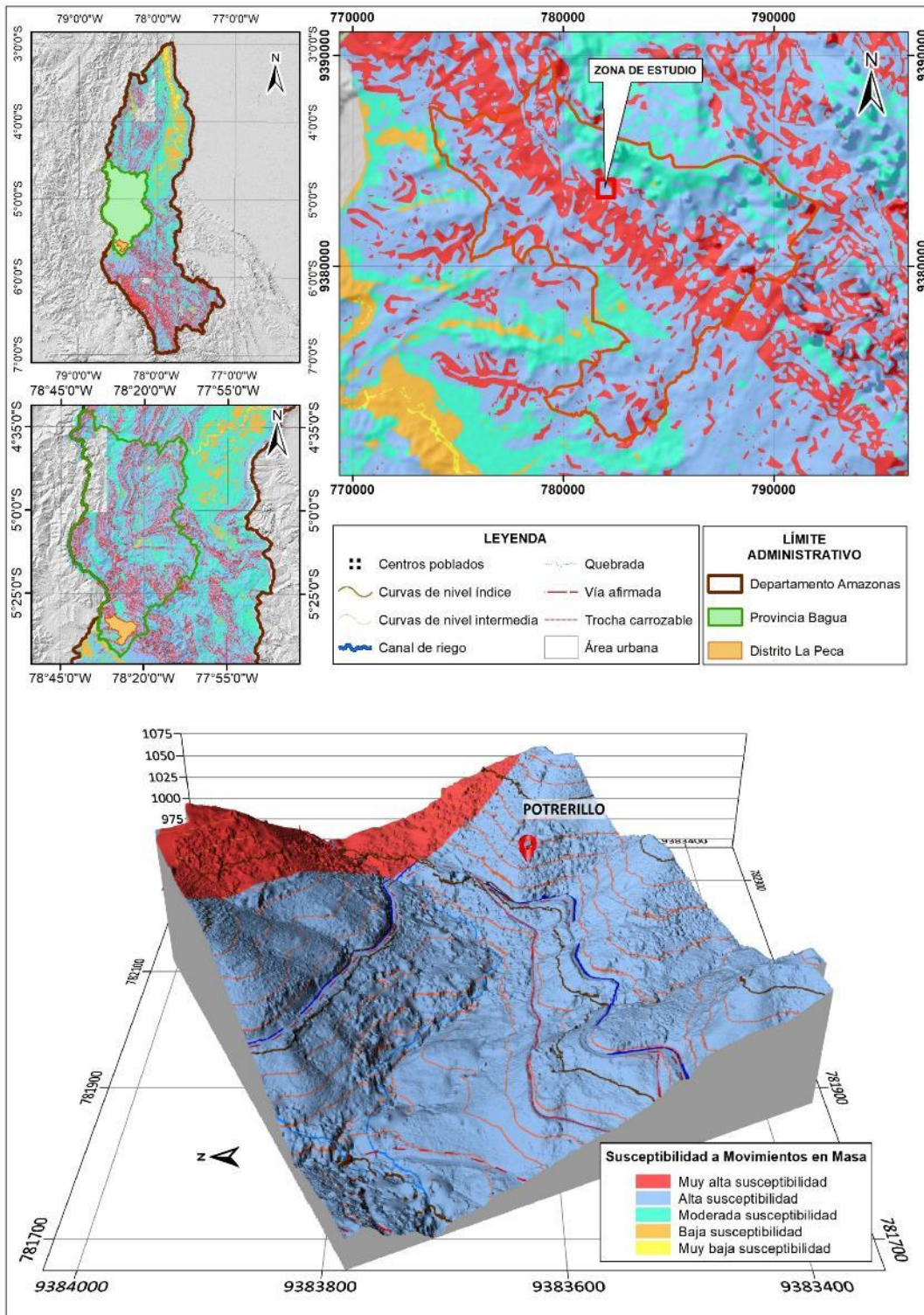
GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA		
GRADO	CARACTERÍSTICAS	RECOMENDACIONES
<b>MUY ALTA SUSCEPTIBILIDAD</b>	Principalmente áreas donde ocurrieron deslizamientos y erosión de laderas (cárcavas) en el pasado. Actualmente presentan reactivaciones de antiguos eventos por la modificación de sus taludes. Estos eventos son más recurrentes donde el sustrato rocoso es de mala calidad, conformado por rocas metamórficas (esquisto, pizarra y filita), sedimentarias (limolita, limoarcillita, arenisca, conglomerado y yeso) y depósitos de vertientes (coluvio-deluviales), las laderas tienen pendientes entre 25° y 45°, morfología con laderas estructurales de alta pendiente, colinas estructurales altas, piedemontes (detritos de vertiente, depósitos de deslizamiento antiguo, abanicos deluvio-coluviales). Estos terrenos presentan cobertura vegetal escasa o deforestada y áreas intervenidas por la expansión urbana y rural. Su distribución mayor está sobre el macizo del Complejo del Marañón extendido con dirección NO-SE, desde el distrito de Balsas hasta Campo Redondo.	En lo posible evitar el desarrollo de todo tipo de infraestructura. En conclusión, son zonas en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa.
<b>ALTA SUSCEPTIBILIDAD</b>	Corresponden a las zonas donde el sustrato rocoso está compuesto por secuencias de limolita, limoarcillita, arenisca semicompactas, lutita, tufo volcánico; morfología de montaña de moderada y fuerte pendiente. Los terrenos presentan pendientes que varían entre 15° y 25°, en algunos casos hasta 45°. Son zonas donde la mayoría de condiciones del terreno son favorables para generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes (ejemplo: carretera Naranjitos — Pedro Ruiz y Pedro Ruiz - Chachapoyas).	Restringir el desarrollo de infraestructura urbana, o de instalaciones destinadas a una alta concentración de personas. En el caso de proyectos de infraestructura vial, líneas de energía, minera, etc., se deberán realizar estudios geotécnicos de detalle.

- B. Boletín N° 56, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar. Hojas: 12-g, 12-h, 13-g, 13-h, 13-i, 14-h y 15-h (1995).

El área de evaluación se ubica en el centro del cuadrángulo de Bagua Grande, hoja 12-g a escala 1: 100 000 que abarca gran parte del distrito de La Peca. En la zona de evaluación afloran calizas, lutitas, limolitas que limitan al sur con lutitas y limolitas grises a verde, con intercalaciones de caliza delgadas de color gris de las Formaciones Cajamarca y Celendín respectivamente. Hacia el suroeste de la zona evaluada afloran areniscas intercaladas con lutitas, margas y limolitas, además de microconglomerados. Conglomerados y areniscas conglomerádicas en contacto



con margas, lutitas y limolitas intercaladas con areniscas rojas, además, niveles de calizas margosas de la Formaciones Chulec.



**Figura 1.** Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:250 000 de la zona de evaluación (Medina, et al. 2009).

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El área de evaluación se ubica en el centro poblado Potrerillo, perteneciente al distrito La Peca, provincia Bagua y departamento Amazonas (figura 2); ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) (tabla 2):

**Tabla 2.** Coordenadas del área de evaluación

Vértice	UTM - WGS84 - Zona 17S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	781665	9384002	5° 34' 2.841" S	78° 27' 27.548" W
2	782355	9384002	5° 34' 2.744" S	78° 27' 5.141" W
3	782355	9383350	5° 34' 23.955" S	78° 27' 5.050" W
4	781665	9383350	5° 34' 24.052" S	78° 27' 27.457" W
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
Coordenada principal	782016	9383692	5° 34' 12.903" S	78° 27' 16.110" W

#### 1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestres desde la ciudad de Cajamarca mediante la siguiente ruta (tabla 3):

**Tabla 3.** Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Chota	Asfaltada	145	3 h 40 min
Chota – Cutervo	Asfaltada	66	2 h
Cutervo – Bagua	Asfaltada	137	3 h 15 min
Bagua – La Peca	Asfaltada	17.5	40 min
La Peca - Potrerillo	Trocha carrozable	8	20 min

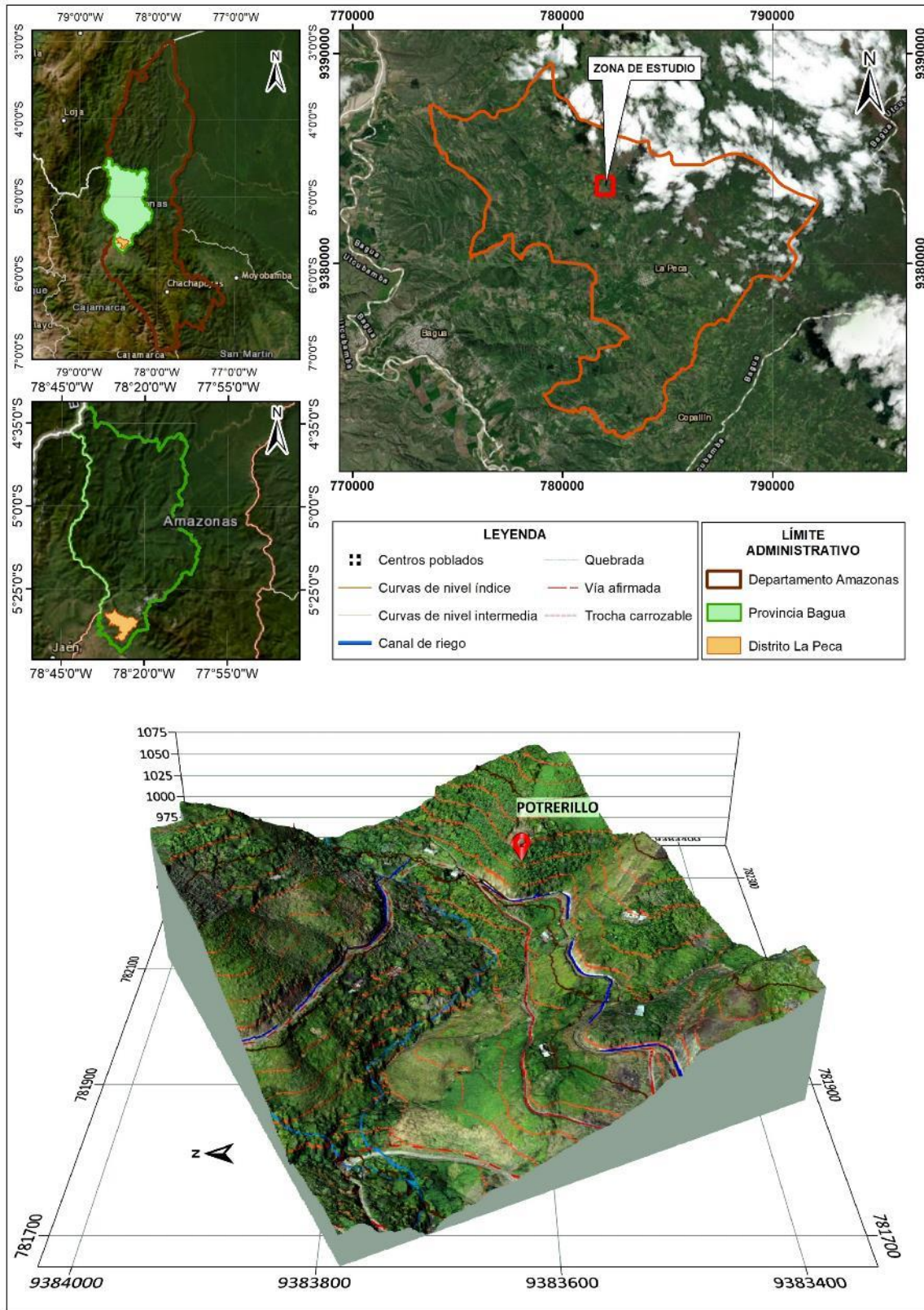


Figura 2. Ubicación del centro poblado Potrerillo.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis ingeniero - geológico realizado del centro poblado Potrerillo, se desarrolló en base a la información recolectada en campo y al análisis del cuadrángulo geológico de Bagua hoja 12-g a escala 1:100 000 (Sánchez, A. (1995). Esta información fue actualizada en el año 2009, donde se elaboró el Mapa geológico del Cuadrángulo de Bagua Grande – Hoja 12-g-IV a escala 1:50 000. Aquí se describen secuencias conformadas por calizas color beige, calizas grises parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas, estas secuencias limitan al sur con lutitas y limolitas grises a verde, a veces se encuentran abigarradas, con intercalaciones de caliza delgadas de color gris de las Formaciones Cajamarca y Pulluicana/Quilquiñan respectivamente que se muestran en el Anexo Mapa 1.

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se describen las características litológicas locales de los afloramientos en la zona de estudio (figura 3):

#### 2.1.1. Formación Pulluicana/Quilquiñan (KsP-ft/re)

Está conformada por secuencias indiferenciadas de calizas grises, calizas margosas en estratos de 1 a 2 m., se extienden en gran parte del área de evaluación. Estas secuencias se encuentran fuertemente fracturadas e intensamente meteorizadas (fotografía 1).



**Fotografía 1.** Calizas grises en estratos menores a 1 m de espesor.

#### 2.1.2. Formación Cajamarca (Ki-c)

Son secuencia indiferenciada conformada por caliza beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas. Estas secuencias se encuentran fuertemente fracturados e intensamente meteorizados, con filtraciones de agua, evidenciada en surgencias, que se activan en temporada de lluvias, en superficie se observa la roca muy descompuesta y desintegrada (fotografía 2).



**Fotografía 2.** Calizas, lutitas y limolitas de las Formaciones Cajamarca.

### 2.1.3. Depósitos cuaternarios

#### Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Son acumulaciones sucesivas y alternadas de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos. Los depósitos coluviales se encuentran formados por acumulaciones ubicadas al pie de taludes escarpados de bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea. Conforman taludes de reposo poco estables; dentro de este tipo de depósito se encuentran los materiales generados por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, etc. (fotografía 3).



**Fotografía 3.** Vista de los depósitos coluvio deluviales próximas al centro poblado Potrerillo.

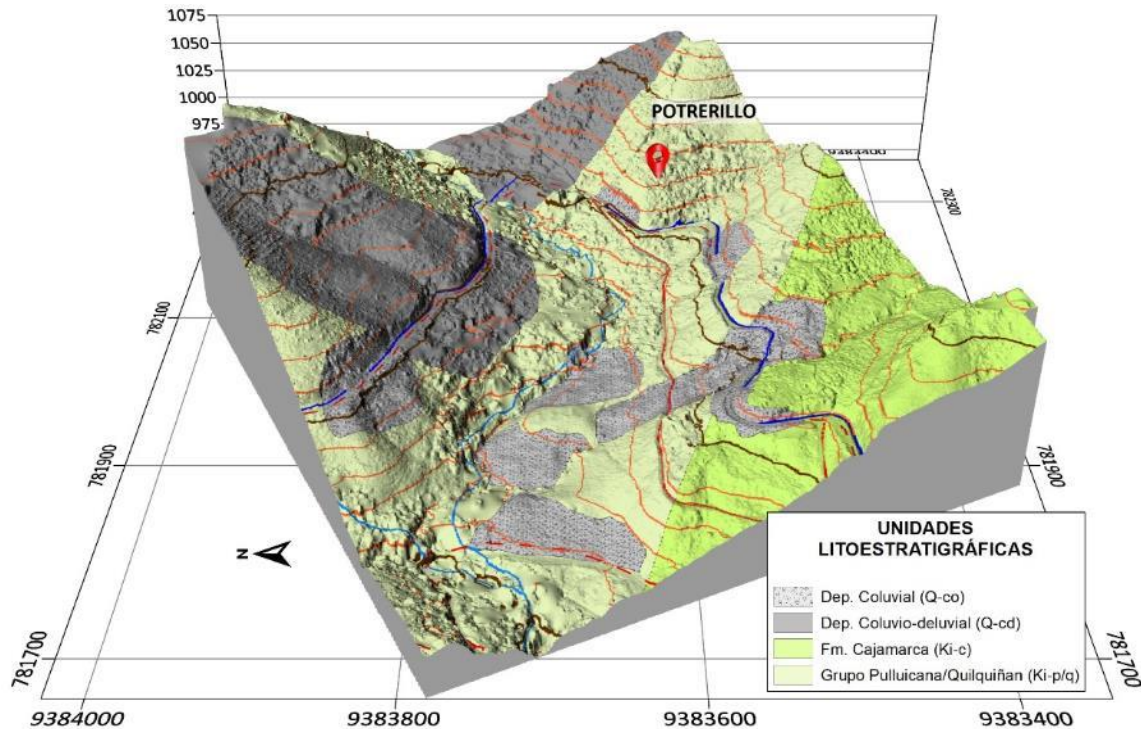
#### Depósito coluvial (Q-co)

Son depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas, como material de escombros no consolidados, heterométricos constituidos por bolos (10%), cantos (20%),

gravas (10%), gránulos (35%) de formas subangulosas a angulosas; además de arenas (25%). Estos depósitos se distribuyen en el área del deslizamiento que afectó el centro poblado Potrerillo (fotografía 4).



**Fotografía 4.** Vista de los depósitos coluviales originadas por el deslizamiento en el CP. Potrerillo.



**Figura 3.** Afloramientos de rocas identificadas en la zona de evaluación.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Se realizó el levantamiento fotogramétrico con drones, de donde se obtuvo el modelo digital de elevaciones, pendientes y ortofoto con una resolución (GSD) de 5 cm por pixel. Esta información se complementó con un MDT extraído del servicio ALOS PALSAR de 12.5 m/pix. Además, se realizó la revisión de imágenes satelitales y el análisis de la morfometría del relieve en los trabajos de campo.

#### 3.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

El área de evaluación alcanza hasta 1200 m, al este del centro poblado Potrerillo, mientras que, las cotas más bajas se ubican al oeste aguas abajo del río del mismo nombre con 920 m de altitud. Los peligros geológicos como los deslizamientos antiguos o recientes se distribuyen sobre una ladera con elevaciones entre 1040 m y 980 m, que comprende la zona de arranque y pie de piedemonte coluvio-deluvial (figura 4).

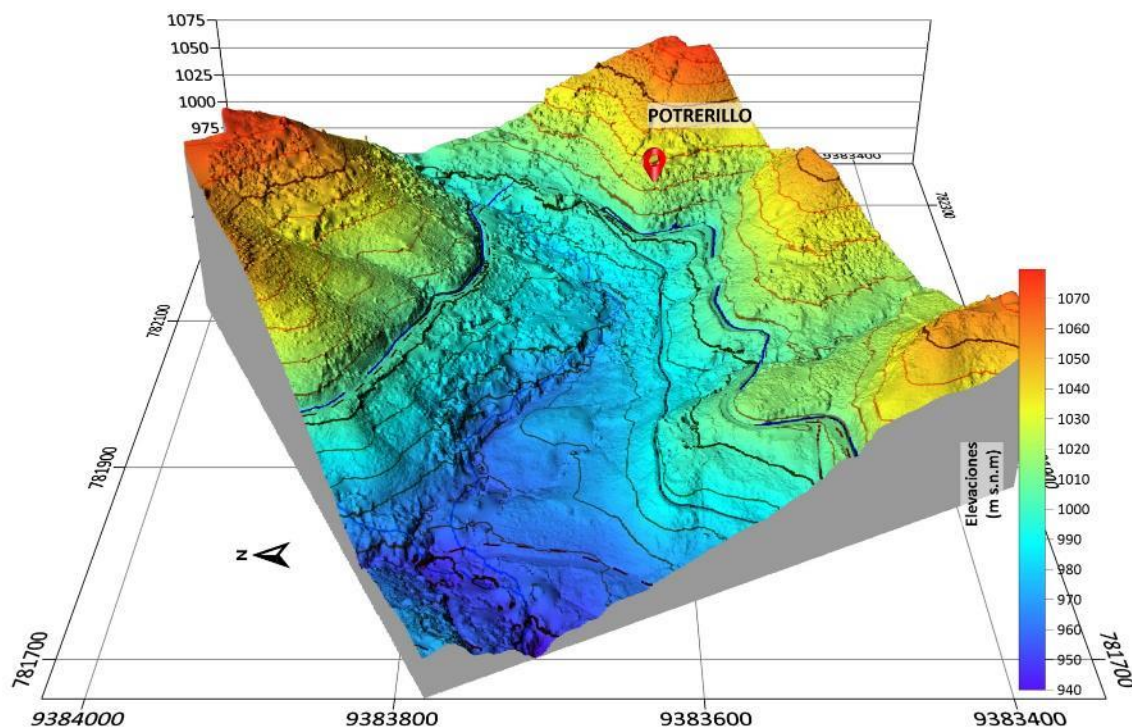


Figura 4. Mapa de elevaciones en el área de evaluación.

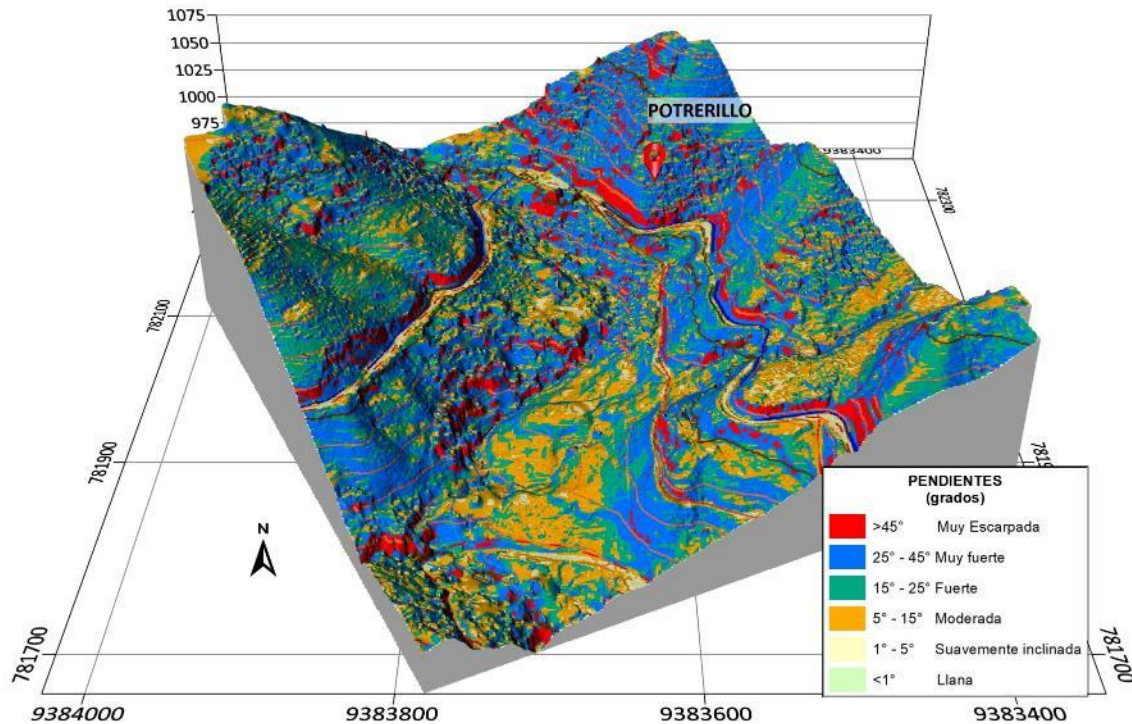
#### 3.2. Pendientes del terreno

Los relieves con pendientes escarpadas pueden condicionar la ocurrencia de movimientos en masa y controlar el modelamiento de las geoformas que conforman el relieve actual. En ese sentido, se elaboró el mapa de pendientes para identificar zonas de aporte y recepción de materiales provenientes de deslizamientos y que condicionan los peligros geológicos recientes.

El área de evaluación abarca un total de 27 ha, sobre la cual, se ha elaborado un modelo digital de elevaciones, por consiguiente, un mapa de pendientes, que fue rasterizado y luego reclasificado para el cálculo de áreas, expresado en porcentaje por cada rango de pendiente (figura 5).

Se determinó que, el área de evaluación, presenta laderas con pendientes llanas a suavemente inclinadas ( $0^\circ - 5^\circ$ ) en tan sólo un 4% (1 ha), sobre las cuales se desarrollan zonas agrícolas.

Los relieves con pendientes moderadas a fuertes ( $5^\circ - 25^\circ$ ), son las más representativas en el área, alcanzando un total de 5 ha (54 %), es aquí donde se presentan los deslizamientos que van conformando depósitos de piedemontes coluvio-deluviales. De igual modo, los terrenos con pendientes muy fuertes a muy escarpadas ( $25^\circ - 90^\circ$ ), abarcan una gran parte del área de estudio 11 ha (42 %), sobre los cuales se modelada relieves de montañas, lomadas y colinas, desde donde se forman las zonas de arranque de los movimientos en masa identificados.



**Figura 5.** Pendientes en el centro poblado Potrerillo.

### 3.3. Unidades geomorfológicas

La cartografía geomorfológica y la delimitación de unidades geomorfológicas se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (erosión o acumulación), individualizando cuatro tipos generales y específicos del relieve en función de la altura relativa, diferenciándose planicies, colinas, lomeríos, piedemontes y montañas (Zavala, B. et al 2011).

A continuación, se mencionan las principales unidades y subunidades geomorfológicas identificadas y que conforman el relieve en la zona de estudio. Tomando como base el mapa geomorfológico de Amazonas, a escala 1/ 250 000 (Medina, et al. 2009), sobre el cual se realizó el ajuste y definición de las unidades mediante la información obtenida en campo (Anexo 1: Mapa 2).



### 3.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

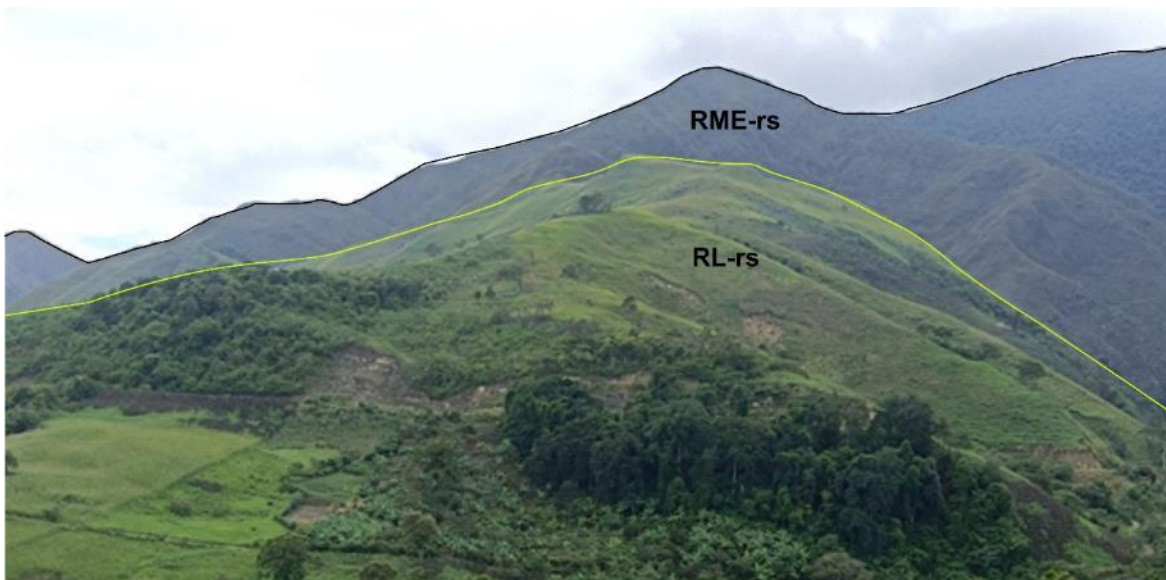
Las geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la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

#### 3.3.1.1. Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 43).

**Subunidad de montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs):** Esta unidad geomorfológica se distribuye ampliamente al norte y este entre caserío Potrerillo y el centro poblado Yacupe, están conformados por calizas con intercalaciones de lutitas negras que modelan relieves con pendientes fuertes a muy escarpadas. Las montañas se distribuyen en gran parte del área de evaluación, conforman relieves que alcanzan hasta los 2120 m s.n.m hacia el este (figura 6).

**Subunidad de lomada en roca sedimentaria (RL-rs):** Se distribuye ampliamente al oeste del centro poblado Potrerillo, están conformados por lutitas y limolitas gris a verde con intercalaciones de caliza grises que modelan relieves con pendientes moderas a fuertes. Las lomadas se distribuyen en gran parte del área de evaluación, donde se asienta el área urbana de Potrerillo (figura 7).



**Figura 6.** Montaña estructural en roca sedimentaria al este del área de evaluación.



**Figura 7.** Lomada en roca sedimentaria al este del centro poblado El Potrerillo.

### 3.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Las geoformas de carácter depositacional y agradacional son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos. Estos tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

#### 3.3.2.1. Unidad de piedemonte

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, formada por caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional.

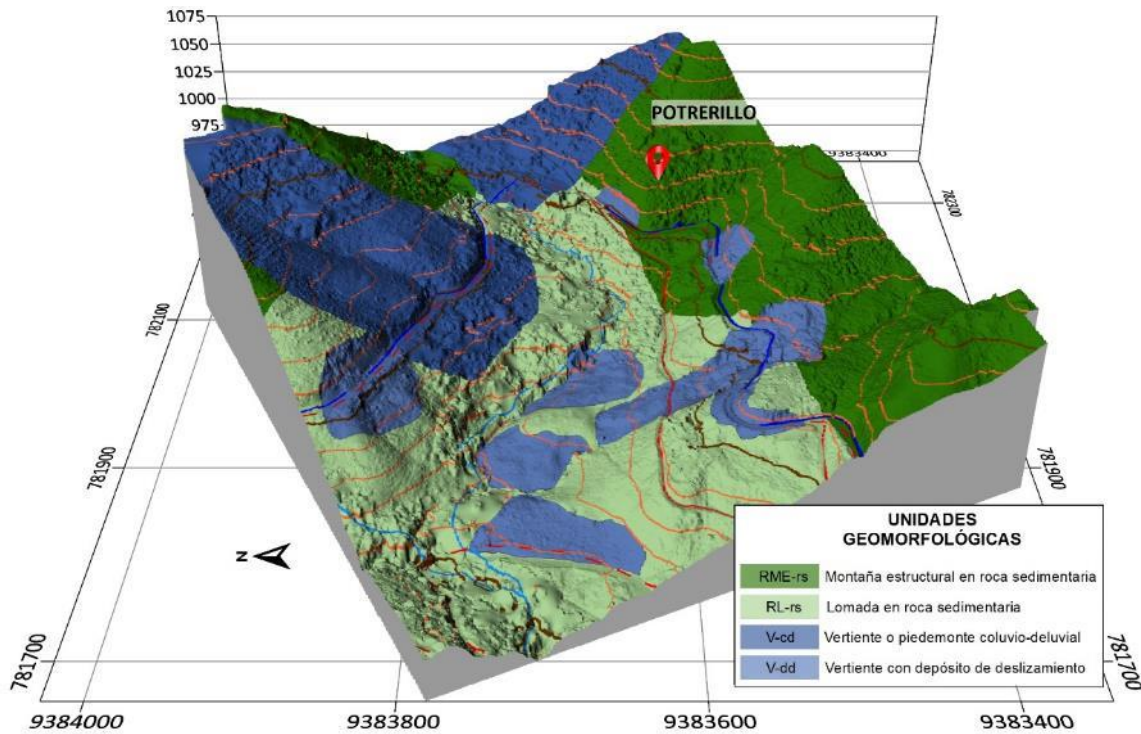
**Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd):** Son unidades conformadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentran interstratificados y no es posible separarlas como unidades individuales: Esta unidad se encuentra depositada al pie de las laderas de montañas o acantilados (Vílchez et al., 2019). Se formó por la acción de movimientos en masa antiguos (gravitacionales y fluvio-gravitacionales), presentan pendientes moderadas a fuertes (5°-25°). Geodinámicamente, este tipo de depósitos se pueden asociar a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo complejos, deslizamientos y flujo de detritos.

**Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):** Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales movilizados debido al deslizamiento, modifican localmente la forma de las laderas con pendientes fuertes a muy escarpadas. El

deslizamiento ocurrido el 23 de marzo, transportó gran cantidad de materiales conformados por bolos, cantos y gravas en una matriz arenosa que alcanzó 270 m de largo (figura 8).



**Figura 8.** Vertiente coluvial en relieves con pendientes moderadas a fuertes.



**Figura 9.** Geformas delimitadas en el centro poblado Potrerillo.

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los principales peligros geológicos identificados en el centro poblado Potrerillo, corresponden a movimientos en masa, tipo deslizamientos antiguos y recientes. Según el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007, estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, condicionado por afloramientos de rocas incompetentes, sedimentos poco consolidados y susceptibles a la generación de movimientos en masa (Anexo 1: Mapa 3).

### 4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

En las inmediaciones del centro poblado Potrerillo se identificaron 2 deslizamientos inactivos relictos (DRIR) y 8 deslizamientos de tipo rotacional activos (DRA); en los cuales se cartografiaron escarpes recientes que afectaron principalmente terrenos de cultivos y parte del área urbana de la zona evaluada.

Para caracterizar estos eventos geodinámicos, se realizaron trabajos de campo en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través de la cartografía geológica y geodinámica basada en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas y fotogrametría con drone.

#### 4.1.1. Deslizamientos de tipo rotacional inactivos relictos (DRIR)

##### **Deslizamiento rotacional inactivos relictos (DRIR-1)**

Tiene aproximadamente 403 m de largo y 155 m de ancho, el escarpe principal se estima en 141 m de largo, la zona de arranque se ubica a 1125 m de altitud desde donde se emplazan depósitos coluvio deluviales conformados por bloques angulosos que muestran un corto recorrido hasta la zona de depositación a 990 m de altitud.

El deslizamiento inactivo relictos (DRIR-2) tiene aproximadamente 412 m de largo y ancho promedio de 213 m, el escarpe principal se estima una longitud de 301 m, la zona de arranque se ubica a 2080 m de altitud se evidencia en depósitos coluvio deluviales conformada por bloques angulosos que evidencias el corto recorrido del deslizamiento que descienden hasta los 1873 m de altitud.

#### 4.1.2. Deslizamientos de tipo rotacional activos (DRA)

##### **Deslizamiento rotacional activo 1 (DRA-1)**

Es el evento geodinámico de mayor importancia en dimensiones, abarcando un área 9 703 m<sup>2</sup> y un volumen aproximado de 22,316 m<sup>3</sup>; así como por los daños ocasionados.

El escarpe principal se desarrolla sobre las secuencias de calizas beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas, muy meteorizadas y fracturadas, cubiertas por rellenos coluvio deluviales; mientras que el cuerpo del deslizamiento se desplaza sobre sobre calizas margosas con intercalaciones de

caliza delgadas, presentándose basculamientos, subsidencias y agrietamientos que se prolongan hacia el canal de regadío (figuras 10, 11 y 12).



**Figura 10.** Escape principal del deslizamiento DRA-1, imagen tomada el 28 de marzo del 2023.



**Figura 11.** Canal de riego Potrerillo destruido por el deslizamiento DR-1, imagen tomada el 28 de marzo del 2023.

### Características visuales y morfométricas del DRA-1

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional en suelos.
- Estado: Activo.
- Tipo de avance: Retrogresivo.
- Velocidad: Moderado (algunos centímetros al mes).
- Deformación del terreno: Escalonado.
- Composición de los suelos coluvio deluviales de gravas con arcillas.

### Morfometría del DRA-1

- Área: 9 703 m<sup>2</sup>.
- Perímetro: 469 m.
- Volumen: 22,316 000 m<sup>3</sup>.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 51 m.
- Longitud horizontal corona a punta: 195 m.
- Ángulo de corona al pie del deslizamiento: 45°.
- Dirección del movimiento: N320° (N-O).
- Ancho de la superficie de falla: 3 m.
- Salto principal: 2.5 m.

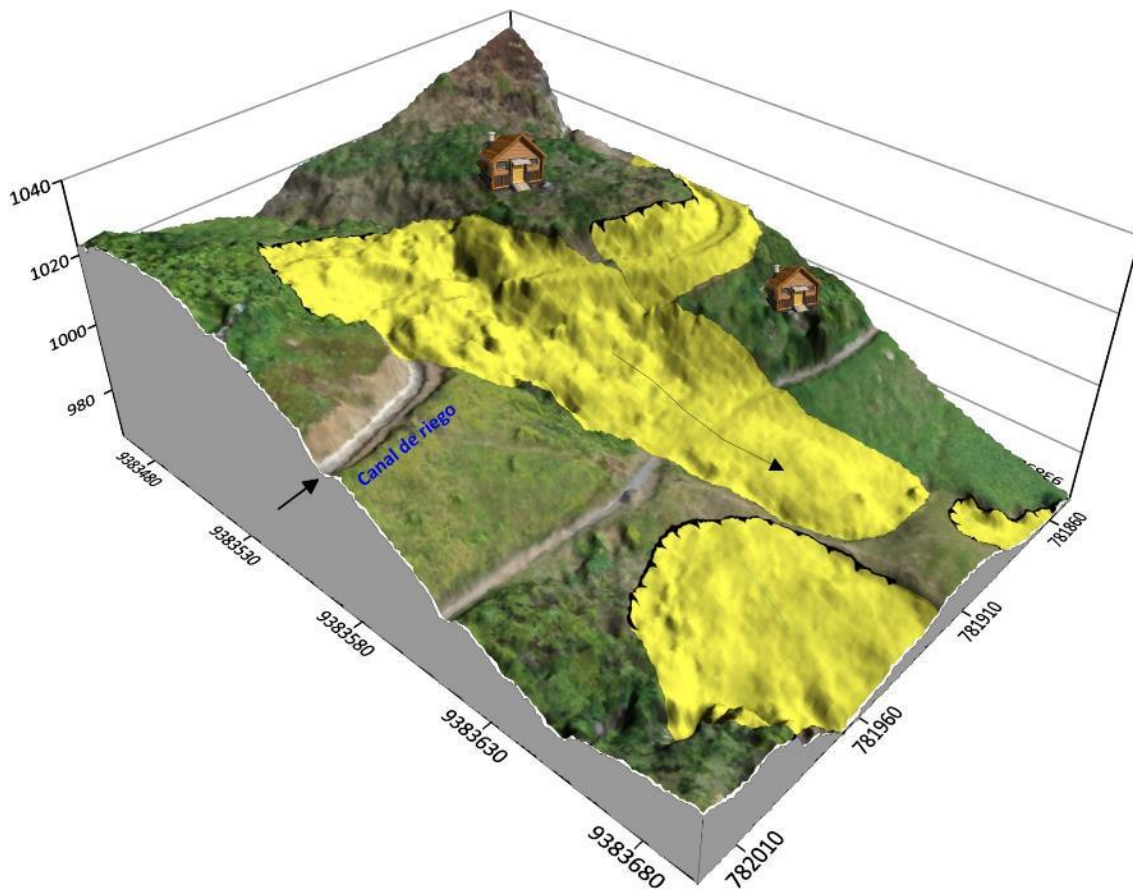


Figura 12. Esquema de deslizamiento rotacional activo DRA-1.

### Deslizamiento rotacional activo 2 (DRA-2)

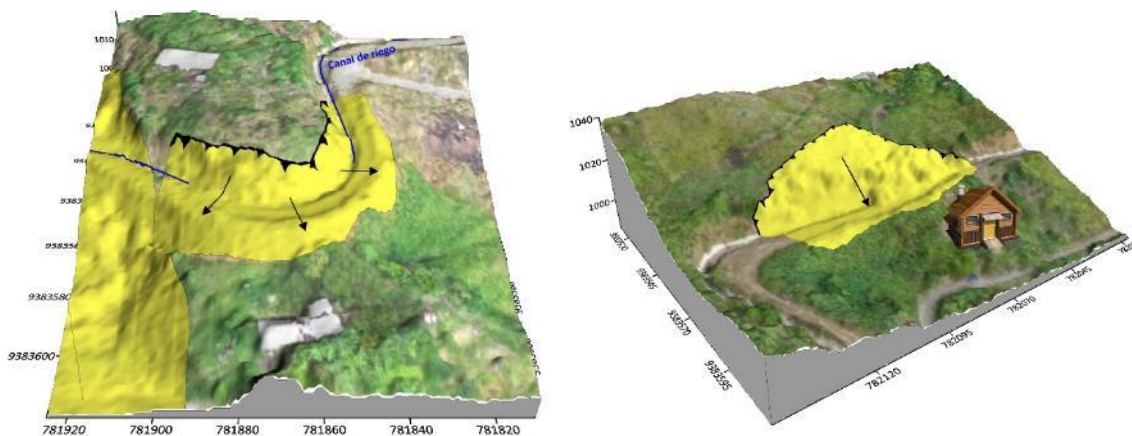
Tiene un área 2185 m<sup>2</sup> y un volumen aproximado de 3,277 m<sup>3</sup>, el escarpe principal se desarrolla sobre caliza beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas, estas capas se encuentran muy meteorizadas y fracturadas con rellenos coluvial.

El deslizamiento, tiene un escarpe irregular de 79 m de longitud y 2.5 m de alto donde se pueden apreciar estrías de falla debido al movimiento, el salto varía de 2 a 2.5 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie es de 10 m (figura 13a).

### Deslizamiento rotacional activo 3 (DRA-3)

El deslizamiento tiene un área 2280 m<sup>2</sup>, de forma alargada y un volumen aproximado de 5,016 m<sup>3</sup>, el escarpe principal se desarrolla sobre caliza beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas, estas capas se encuentran muy meteorizadas y fracturadas con rellenos coluvio deluviales.

El deslizamiento, tiene un escarpe irregular y alargado con longitud de 61 m y saltos que varían de 1.5 a 2.5 m, en la pared del escarpe se pueden apreciar estrías por la fricción que se generó por el desplazamiento de la masa. El desnivel entre la escarpa y el pie es de 20 m (figura 13b).



**Figura 13a.** Esquema de deslizamiento DR-2 con un escarpe alargado e irregular de 79 m de largo. **Figura 13b,** deslizamiento DR-3 con un escape semicircular de 61 m de longitud.

### Deslizamiento rotacional activo 4 (DRA-4)

El DRA-4 tiene un área 682 m<sup>2</sup> y un volumen aproximado de 1,023 m<sup>3</sup>, el escarpe principal se desarrolla sobre caliza beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas, estas capas se encuentran muy meteorizadas y fracturadas con rellenos coluvial.

El deslizamiento, tiene un escarpe alargado de 59 m de longitud y 2.5 m de alto donde se pueden apreciar estrías de falla debido al movimiento, los saltos varían de 1.5 a 2.5 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie es de 8 m (figura 14).



**Figura 14.** Deslizamientos activos en las proximidades del centro poblado Potrerillo.

#### **Deslizamiento rotacional activo 5 (DRA-5)**

El DRA-5 tiene un área 4677 m<sup>2</sup> y un volumen aproximado de 12,627 m<sup>3</sup>, el escarpe principal se desarrolla sobre caliza beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas, estas capas se encuentran muy meteorizadas y fracturadas con rellenos coluvial.

El deslizamiento, tiene un escarpe irregular y alargado de 129 m de longitud y 2.5 m de alto donde se pueden apreciar estrías de falla debido al movimiento, los saltos varían de 1.5 a 2.5 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie es de 8 m (figura 15).

#### **Deslizamiento rotacional activo 6 (DRA-6)**

El DRA-6 tiene un área 3 671 m<sup>2</sup> y un volumen aproximado de 5,506 m<sup>3</sup>, el escarpe principal se desarrolla sobre caliza beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas, estas capas se encuentran muy meteorizadas y fracturadas con rellenos coluvial.

El deslizamiento, tiene un escarpe irregular de 88 m de longitud y 3.5 m de alto donde se pueden apreciar estrías de falla debido al movimiento, los saltos varían de 2.5 a 3.5 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie es de 15 m (figura 15).

#### **Deslizamiento rotacional activo 7 (DRA-7)**

El DRA-7 tiene un área 4740 m<sup>2</sup> y un volumen aproximado de 11,850 m<sup>3</sup>, el escarpe principal se desarrolla sobre caliza beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas, estas capas se encuentran muy meteorizadas y fracturadas con rellenos coluvial.

El deslizamiento DRA-7, tiene un escarpe semicircular en herradura con longitud de 145 m y 3.5 m de alto donde se pueden apreciar estrías de falla debido al movimiento, los saltos varían de 1.5 a 3.5 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie es de 18 m (figura 15).





**Figura 15.** Deslizamientos activos en las proximidades del centro poblado Potrerillo.

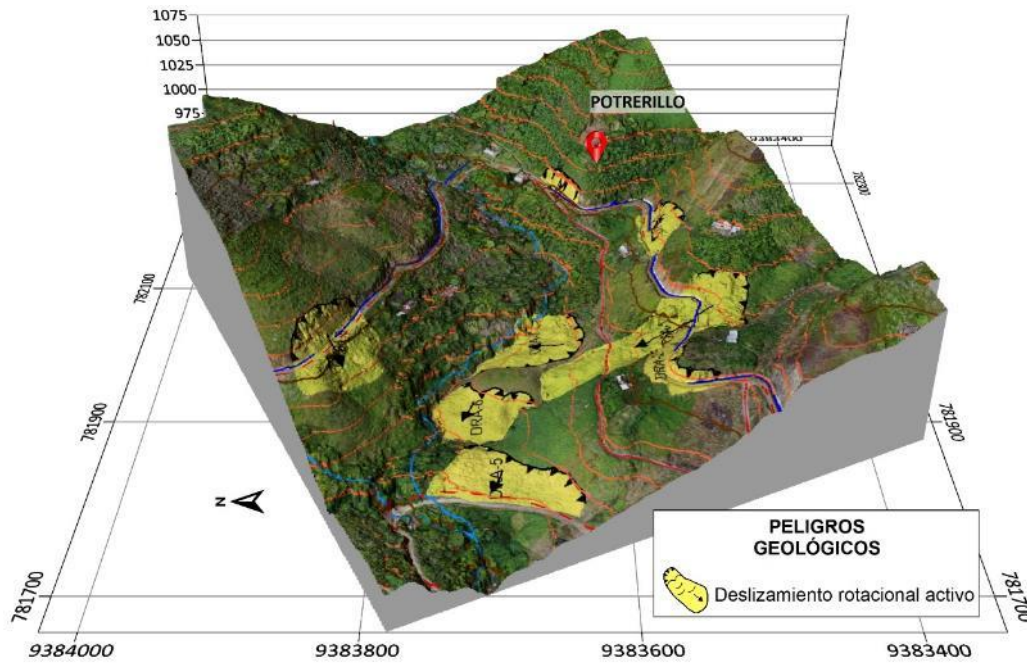
#### **Deslizamiento rotacional activo 8 (DRA-8)**

El DRA-8 tiene un área 5299 m<sup>2</sup> y un volumen aproximado de 13,247 m<sup>3</sup>, el escarpe principal se desarrolla sobre caliza beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas, estas capas se encuentran muy meteorizadas y fracturadas con rellenos coluvial.

El deslizamiento, tiene un escarpe irregular y alargado en herradura con longitud de 101 m y 2.5 m de alto donde se pueden apreciar estrías de falla debido al movimiento, el desnivel entre la escarpa y el pie es de 36 m (figura 16).



**Figura 16.** Deslizamientos activos en las proximidades del centro poblado Potrerillo.

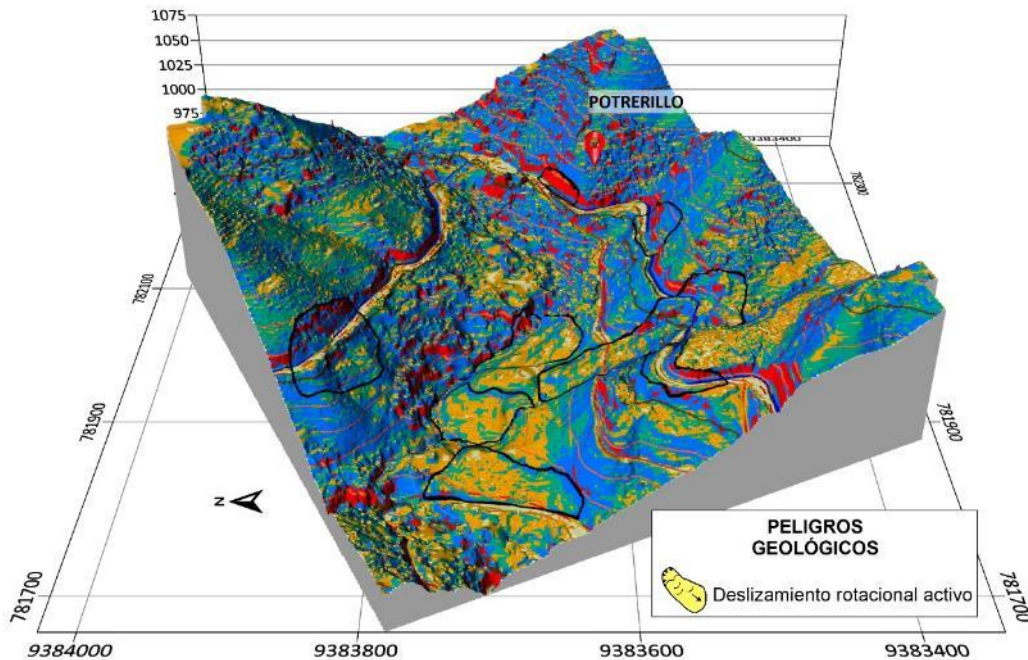


**Figura 17.** Peligros geológicos por deslizamientos identificados en el centro poblado Potrerillo.

## 4.2. Factores condicionantes

### Geomorfológico

Las montañas estructurales en rocas sedimentarias configuran laderas con pendientes fuertes a muy escarpadas que abarcan el 89% del área de estudio, y es en este rango, donde se cartografiaron deslizamientos recientes activos (DRA), mostrados en colores naranja y azul (figura 18).



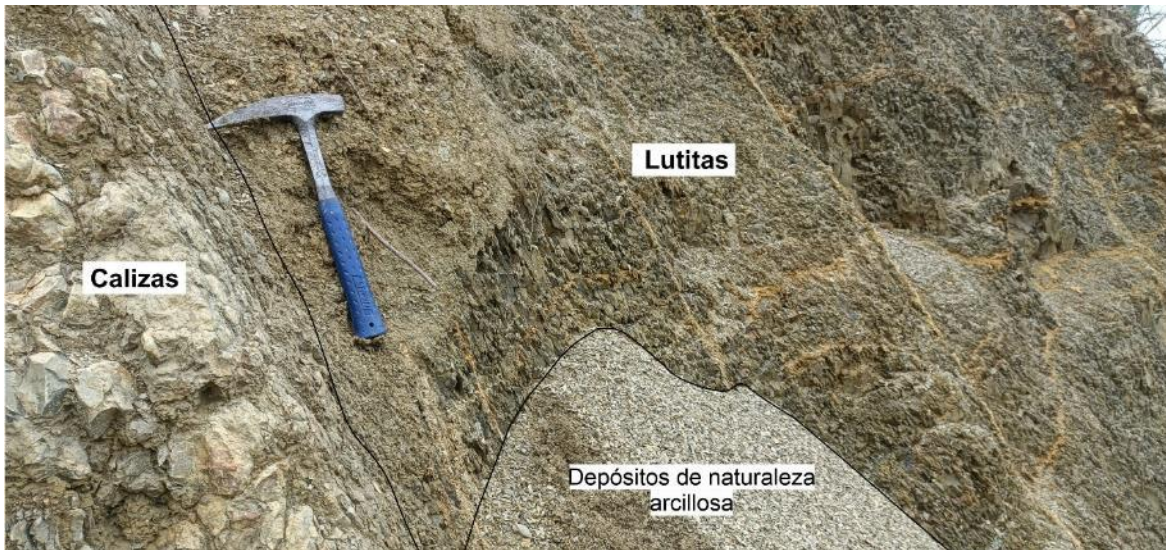
**Figura 18.** Rangos de pendientes que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa.

### Litológico

En el área de evaluación afloran calizas color beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas de la Formación Cajamarca (Ki-c), con condiciones geomecánicas desfavorables, caracterizadas por el fuerte fracturamiento y ligeramente húmedas.

En los cortes de ladera, se diferenciaron los grados de meteorización de acuerdo con la profundidad, siendo las rocas más superficiales, las que se encuentran moderadamente meteorizada. El factor estructural también está influenciado por la presencia de sinclinal y buzamientos a favor de la pendiente en las laderas donde se identificaron los deslizamientos antiguos (figura 19).

Los materiales y sedimentos de cobertura coluvio-deluvial se encuentran poco consolidados, y en mayor porcentaje conformados por una granulometría gruesa: bolos (15%), cantos (15%), gravas (10%), gránulos (45%) de formas subangulosas a subredondeada; todo envuelto en una matriz arenosa (20%).



**Figura 19.** Afloramientos de calizas y lutitas en las inmediaciones del centro poblado Potrerillo.

## 5. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

- a. En el centro poblado Potrerillo afloran calizas margosas con intercaladas de lutitas fuertemente fracturadas y muy meteorizadas, coberturadas por depósitos inconsolidados de tipo coluvio-deluvial (cantos, gravas y gravillas), que posee matriz muy arcillosa. Los afloramientos descritos son poco competente, encontrándose muy meteorizados además de capas poco compactas, porosas y deleznales, con alta susceptibilidad a generar movimientos en masa con facilidad.
- b. El área evaluada se ubica sobre una unidad geomorfológica de piedemonte coluvio-deluviales (V-cd), con pendientes moderadas a fuertes (5° a 25°), originadas por antiguos deslizamientos provenientes de montañas estructurales en roca sedimentaria (RME-rs), así como colinas y lomadas en roca sedimentaria (RCL-rs), con pendientes fuertes a muy escarpadas (15° a 45°).
- c. Se cartografiaron 08 deslizamientos rotacionales que muestran actividad desde el año 2012 y activaciones recientes durante el Niño Costero 2017 y el Ciclón Yacu 2023. El deslizamiento más importante es el DRA-1, posee 194 m de largo y 68 m de ancho, con un escarpe de 96 m de longitud, es el de mayor dimensión e impacto, el cual afectó al canal de riego del centro poblado El Potrerillo.
- d. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área de evaluación, se considera que, el centro poblado Potrerillo, tiene **Peligro Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos.

## 6. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos. Así mismo, la implementación de estas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

- a. Reubicar las viviendas destruidas y prohibir nuevos asentamientos en las zonas afectadas por los deslizamientos identificados.
- b. Realizar la reforestación de las laderas afectadas por deslizamientos antiguos en el cerro Porvenir, con la finalidad de reducir el impacto de los materiales desplazados ladera abajo, protegiendo el área urbana de El Potrerillo.
- c. Construir drenes de coronación y perimetrales impermeabilizados con PVC, alrededor de todos los terrenos afectados por deslizamientos, para evitar la sobresaturación del terreno y mitigar el avance de los deslizamientos.
- d. Implementar un programa de monitoreo de las laderas del cerro Porvenir en el centro poblado Potrerillo, afectado ante deslizamientos.

  
LUIS MIGUEL LEON ORDAZ  
Ingeniero Geólogo  
Reg.CIP. N° 215610

  
ING. JERSY MARIÑO SALAZAR  
Director (e)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Ingemmet. (2021). Mapas geológicos integrados 50k ver 2021. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

Medina Allca, L., Vilchez Mata, M., & Dueñas Bravo, S. (2009). Riesgo Geológico en la Región Amazonas. Ingemmet Boletín N° 39, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

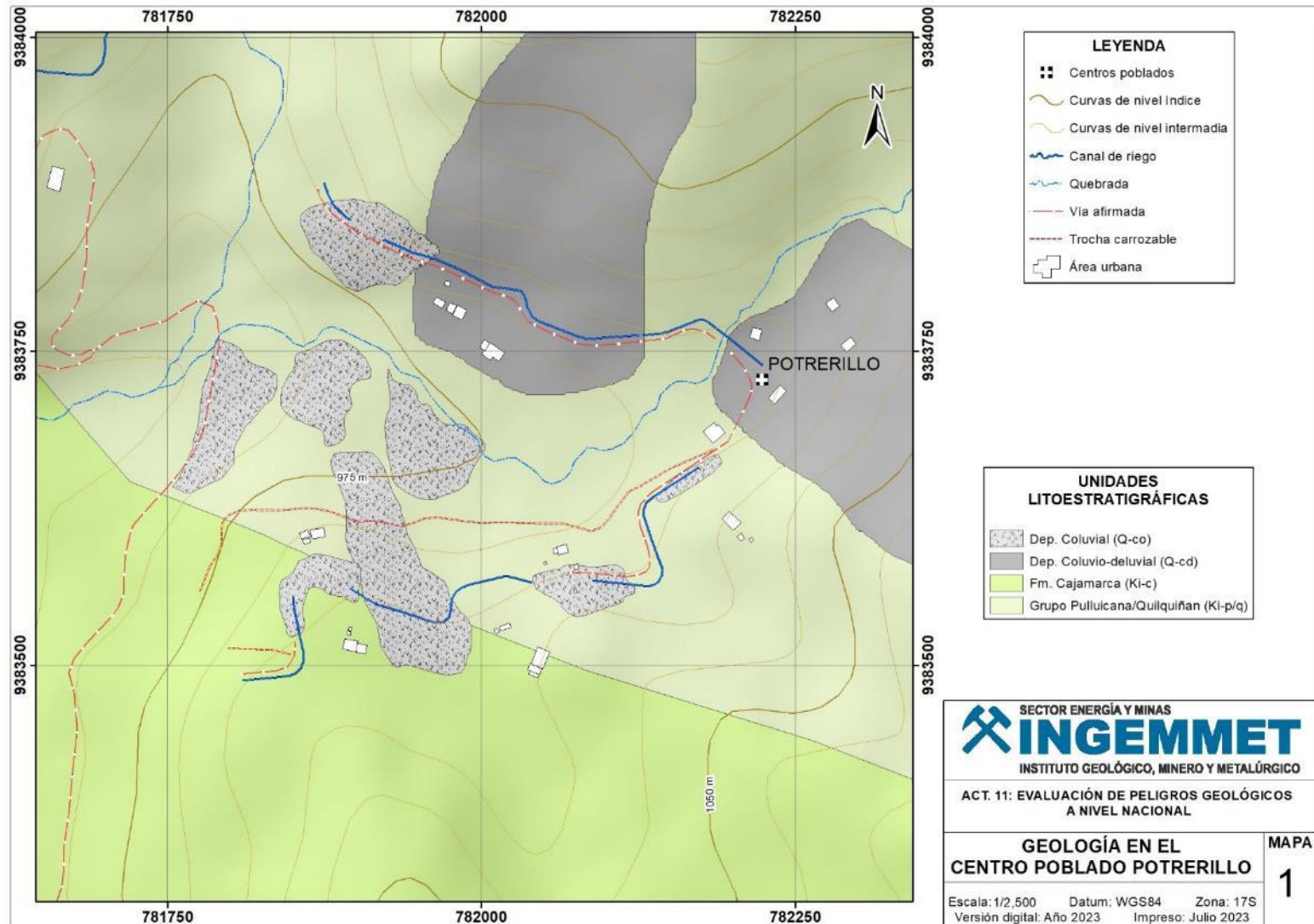
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Sánchez Fernández, A. (1995). Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar. Ingemmet Boletín N° 56 Serie A.

Suarez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN.

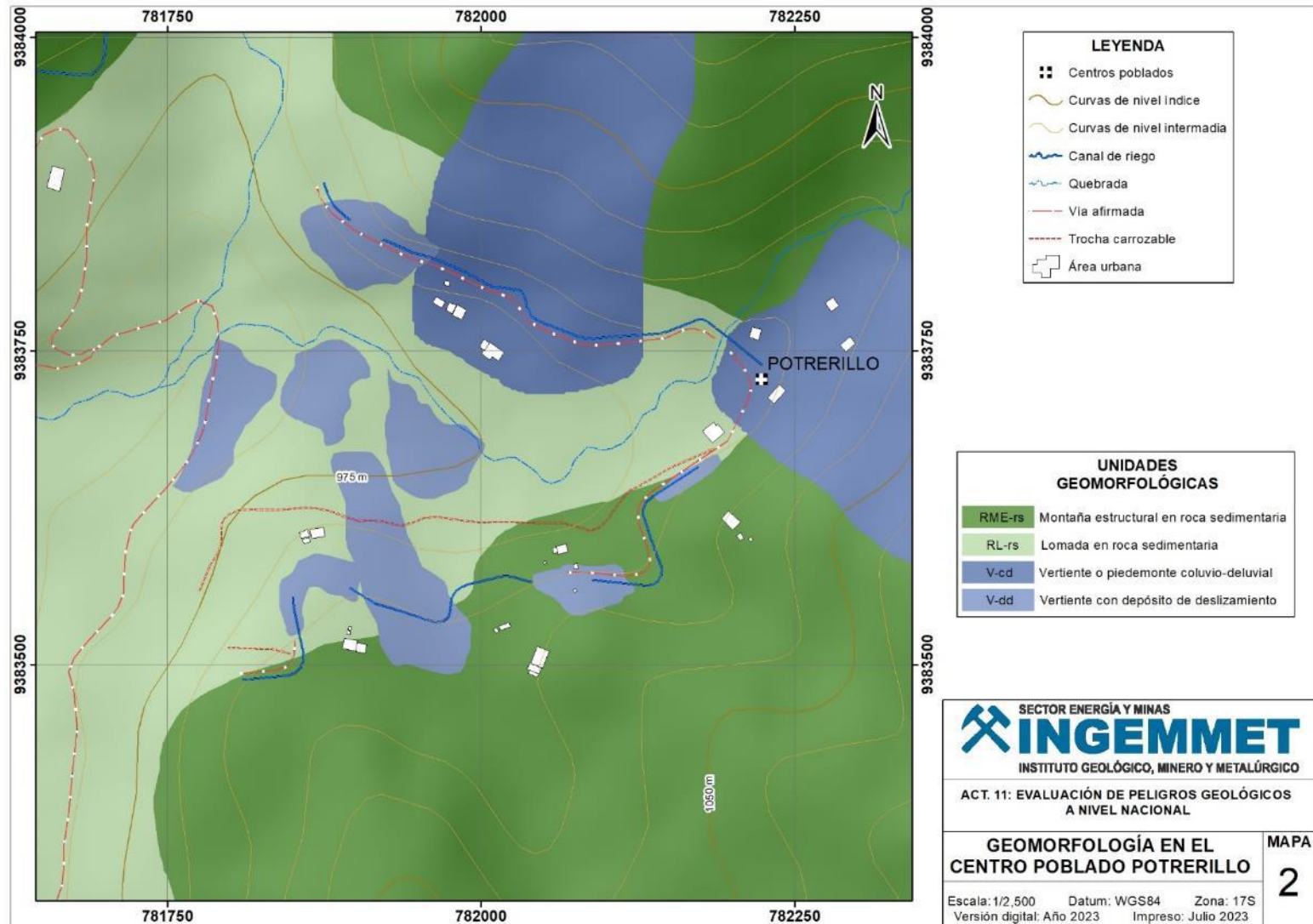
Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

## **ANEXO 1: MAPAS**

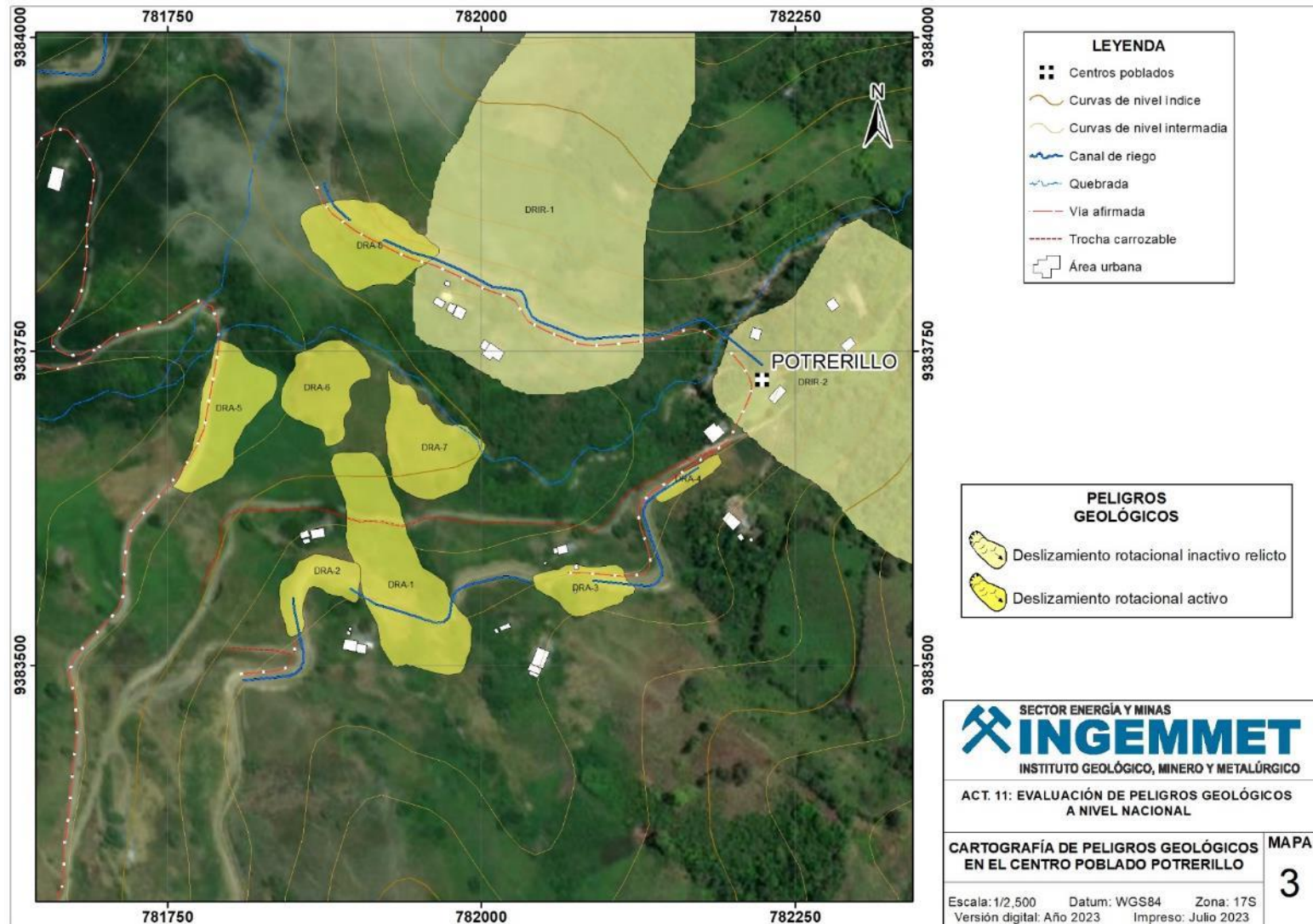


Mapa 1. Geología del área evaluada.





Mapa 2. Geomorfología del área evaluada.

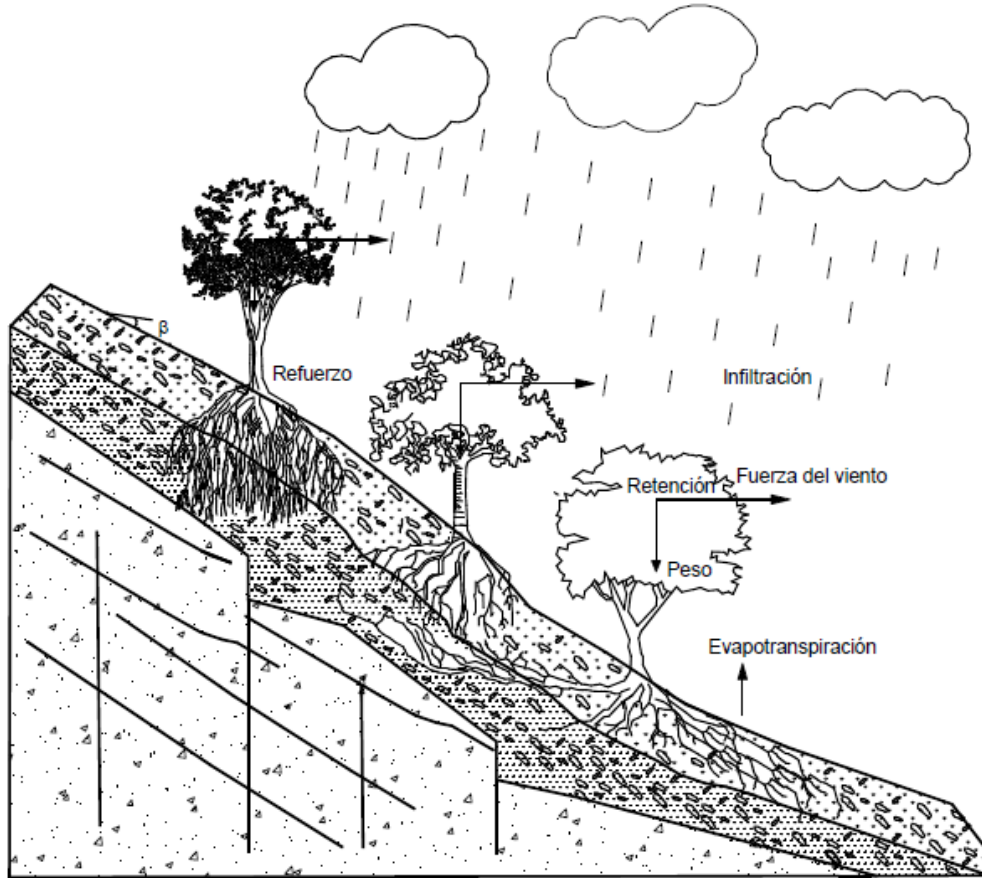


**Mapa 3.** Cartografía de peligros geológicos del área evaluada.

## **ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

## Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).



**Figura 18.** Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz 2007.



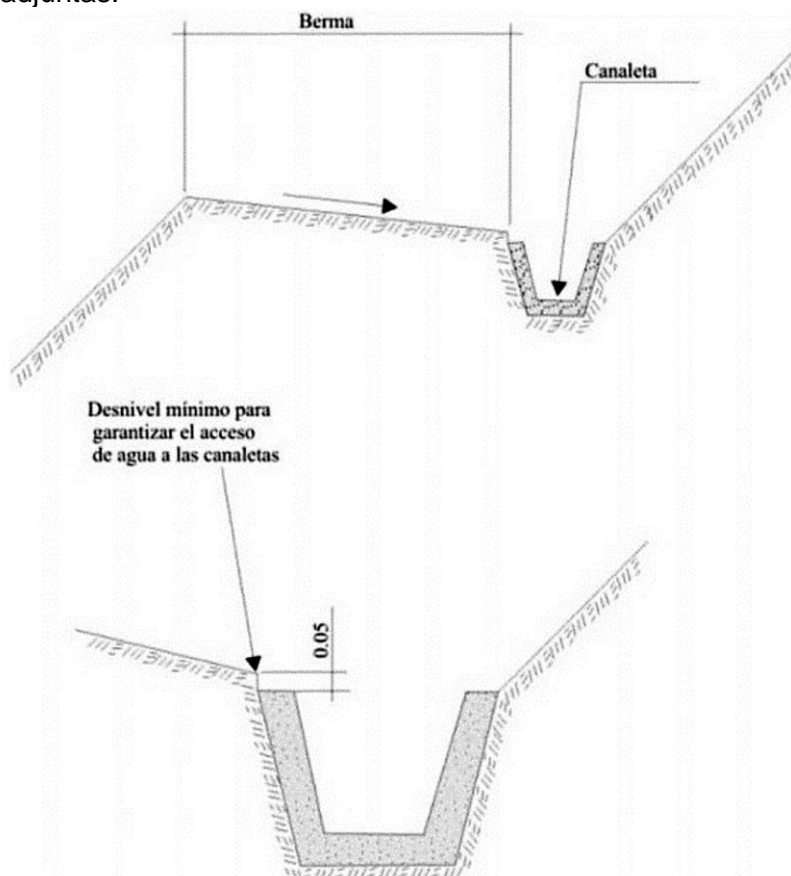
**Figura 19.** Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.

## Para deslizamientos y reptación de suelos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de los movimientos en masa. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suárez Díaz, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

### a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de los movimientos en masa, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento en masa. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura 20). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.



**Figura 20.** Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).