

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7673

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBES Y CAÍDA DE ROCAS EN EL CASERÍO CORRALES

Departamento: La Libertad
Provincia: Santiago de Chuco
Distrito: Sitabamba



OCTUBRE
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBES Y CAÍDA DE ROCAS EN EL CASERÍO CORRALES

**Distrito Sitabamba
Provincia Santiago de Chuco
Departamento La Libertad**



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

Equipo Técnico:

Luis Miguel León Ordáz
Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2025). *Evaluación de peligros geológicos por derrumbes y caída de rocas en el caserío Corrales, distrito Sitabamba, provincia Santiago de Chuco, departamento La Libertad*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7673, 33p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	5
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	12
3.1. Unidades litoestratigráficas	12
3.1.1 Formación Contaya (Om-c).....	12
3.1.2 Complejo Metamórfico Sitabamba (Os-si-gn)	12
3.1.3 Grupo Mitu (PET-mi)	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	15
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	15
4.2. Pendiente del terreno.....	16
4.3. Unidades y subunidades geomorfológicas.....	17
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional	17
4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional.....	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	20
5.1. Caída de rocas en el caserío Corrales	21
6. CONCLUSIONES	25
7. RECOMENDACIONES.....	26
7.1 Transversales a autoridades y población	26
7.2. Ante caídas de rocas	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXO 1. MAPAS	28
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	32

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligro geológico por caída de rocas, realizado en el caserío Corrales, que pertenece al distrito Sitabamba, provincia Santiago de Chuco, departamento La Libertad. 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 en geología, en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litológicas aflorantes, corresponden a meta andesitas de color verdoso, pertenecientes al Complejo Metamórfico Sitabamba, las cuales están cubiertas por depósitos de origen coluvio-deluvial, conformados por bloques y gravas angulosas; en matriz limo arenosa de baja plasticidad.

Las geoformas en el sector evaluado corresponden a montaña estructural en roca sedimentaria y montaña en rocas metamórficas con laderas de pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°) a terrenos muy escarpados ($>45^\circ$), y una vertiente coluvio – deluvial, que abarca la zona urbana, con pendientes que varían de inclinada a suave (1° a 5°) a pendiente fuerte (15° a 25°).

En abril 2024, se generó una caída de rocas que destruyó una vivienda. El evento aún sigue latente y podría afectar veintiún viviendas. en la ladera se identificaron bloques colgados con diámetros de hasta 4 m que pueden ceder cuesta abajo.

Como factor detonante se tienen las lluvias intensas y prolongadas, donde el agua de escorrentía erosiona el punto de apoyo de los bloques, originando inestabilidad.

Por las condiciones geológicas y geomorfológicas, el área evaluada del caserío Corrales es considerada, como zona de **Peligro Alto a Muy Alto** a la ocurrencia de caída de rocas.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones como, desquincar los bloques sueltos, la prohibición de construcción de viviendas en zonas expuestas al peligro de caída de rocas y reforestar las laderas, evitar la quema indiscriminada de la vegetación nativa. Además, se recomienda la elaboración de un informe EVAR para determinar medidas de control a largo plazo..

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel Nacional (ACT. 16)”, Con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Atendiendo la solicitud remitida por el Gobierno Regional La Libertad, en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos caída de rocas en el caserío Corrales, acontecida en abril del 2024.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el caserío Corrales; llevado a cabo el día 19 de septiembre del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Pre-campo con la recopilación y análisis de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET u otros autores; ii) Campo: a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos con dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Post – campo: etapa final de gabinete que integra el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Sub Gerencia de Defensa Civil del Gobierno Regional de La Libertad e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en el caserío Corrales, distrito Sitabamba, provincia Santiago de Chuco, La Libertad.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros identificados.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

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

- Boletín N° 9, Serie A: Geología del Cuadrángulo de Pataz. Hoja 16 – h. En el mapa del cuadrángulo de Pataz (Reyes & Wilson, 1964), registra en la zona de estudio, mica-esquistos, sobre la cual aflora una filita negra y localmente una meta-andesita verdosa del Complejo del Marañón.
- El Boletín N° 50 Serie C, Estudio de riesgo geológico en la región La Libertad (Medina et al, 2011) presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde el área evaluada en el caserío Corrales, se sitúa en una zona de susceptibilidad muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.
- Informe Técnico N° A7202, Evaluación de Peligros Geológicos en los Centros Poblados Sitabamba, Chagavara, Chagapampa, Pijobamba y Sector Chillín; (Lara, 2021). En dicho informe, los peligros geológicos que ocurren en la zona de estudio son deslizamiento, reptación, flujo de detritos, movimiento complejo (derrumbe – flujo) y caída (caída de rocas y derrumbes), los peligros geohidrológicos de tipo erosión fluvial y otros peligros geológicos como erosión de laderas; consecuencia de las precipitaciones pluviales y factores antrópicos.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Geográficamente el caserío Corrales se ubica en el distrito de Sitabamba, provincia Santiago de Chuco, La Libertad (figura 1). En la tabla 1 se consigna las coordenadas UTM WGS 84 del sector; además la coordenada central referencial del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 18S		COORDENADAS DECIMALES	
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
1	204140	9117470	-7.9753080	-77.6836632
2	204140	9116070	-7.9879578	-77.6837458
3	202850	9116070	-7.9878818	-77.6954385
4	202850	9117470	-7.9752321	-77.6953556
COORDENADA CENTRAL DEL MOVIMIENTO EN MASA IDENTIFICADO				
C	203611	9116635	-7.9828186	-77.6885054

1.3.2. Población

De acuerdo con la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 (INEI, 2018), el caserío

Corrales tiene una población de 200 habitantes (tabla 2), distribuidos en 30 viviendas, con acceso a energía eléctrica.

Tabla 2. Datos del caserío Corrales.

Descripción	Corrales – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	1310080004
Longitud	-77.6870550000
Latitud	-7.98647666670
Altitud	3322.3
Población	200
Viviendas	30
Agua Por Red Publica	no
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	no
Institución Educativa Inicial	no
Institución Educativa Primaria	si
Institución Educativa Secundaria	no
Establecimiento de salud	si
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

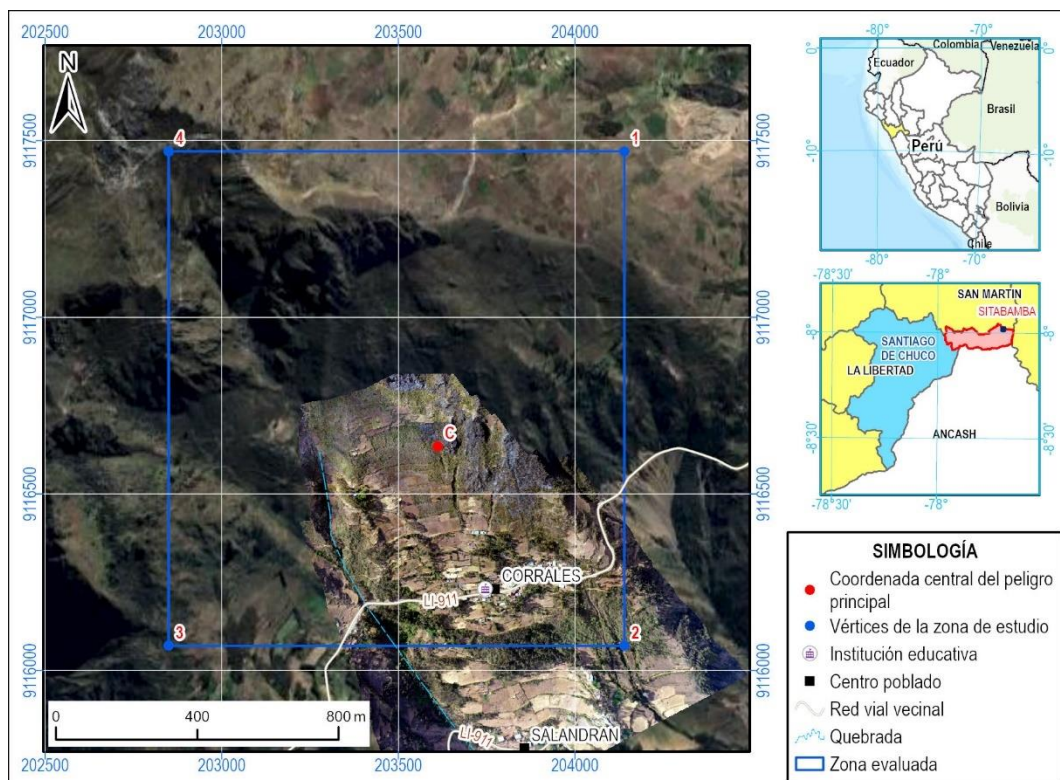


Figura 1. Ubicación del área evaluada.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de una vía asfaltada - afirmada, hasta la ciudad de Huamachuco, posteriormente al caserío Corrales donde se estima distancias y tiempo de arribo (tabla 3):

Tabla 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Sausacocha	Asfaltada – Afirmada	165	4 horas 28 minutos
Sausacocha - Corrales	Asfaltada – Afirmada	116	4 horas 13 minuto

1.3.4. Clima

De acuerdo con el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima de tipo:

Lluvioso con otoño e invierno secos. Templado. B (o, i) B'.

Clima de tipo lluvioso, templado y con otoño e invierno seco. Ocupa 1% del área nacional. Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 19°C a 23°C en áreas del norte y de 17°C a 21°C en áreas de sur; mientras que, las temperaturas mínimas varían entre los 3°C y 7°C. Los acumulados anuales de precipitación varían desde los 700 mm hasta los 1500 mm aproximadamente.

Durante los meses de noviembre y diciembre de 2023, y enero, febrero y marzo de 2024 se registró en la estación meteorológica de Huamachuco (figuras 2 al 6), precipitaciones que llegaron hasta los 33 mm/día, considerado como lluvioso por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014.

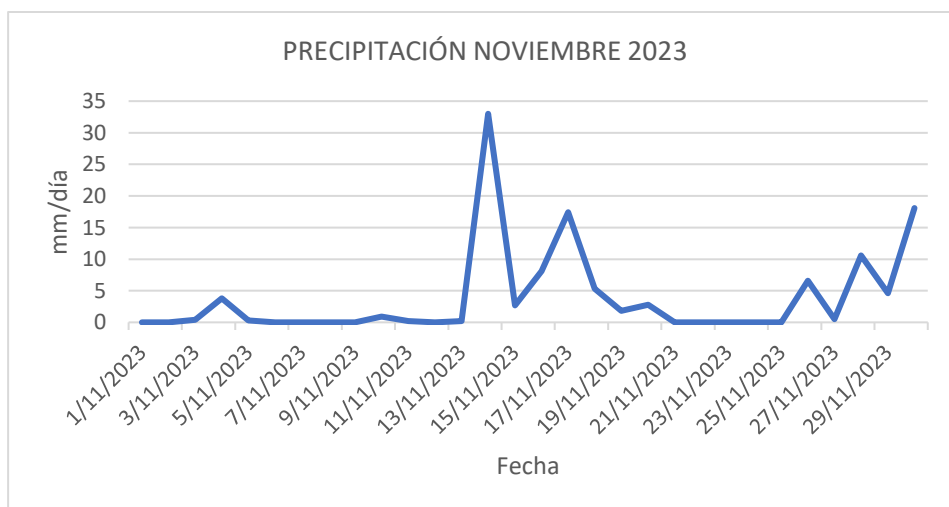


Figura 2. Precipitación diaria registrada en la estación Huamachuco, noviembre 2023.
Fuente: SENAMHI

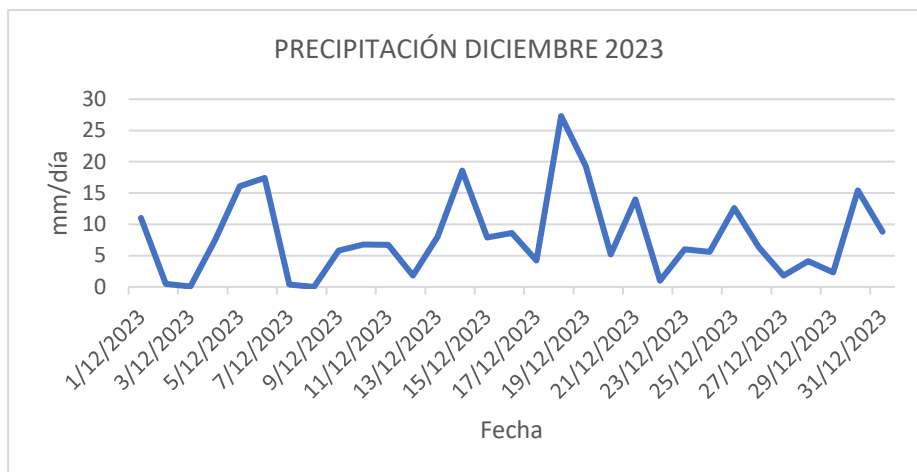


Figura 3. Precipitación diaria registrada en la estación Huamachuco, diciembre 2023.
Fuente: SENAMHI

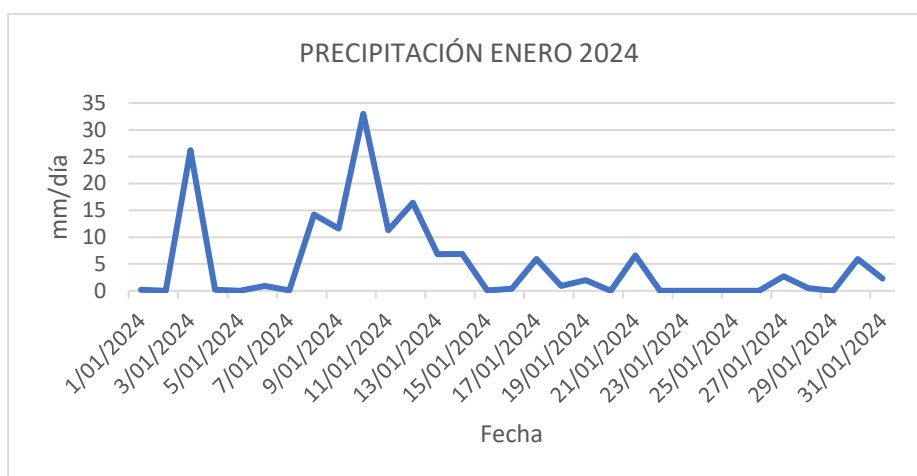


Figura 4. Precipitación diaria registrada en la estación Huamachuco, enero 2024.
Fuente: SENAMHI



Figura 5. Precipitación diaria registrada en la estación Huamachuco, febrero 2024.
Fuente: SENAMHI



Figura 6. Precipitación diaria registrada en la estación Huamachuco, marzo 2024.
Fuente: SENAMHI

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

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

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

Arcilla: Suelo con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Buzamiento: Ángulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

Caída de rocas: Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

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

Deluvial: Terreno constituido por enormes depósitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.

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.

Escarpe o 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.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

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

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

Inactivo latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

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.

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

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.

Talud: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

Velocidad: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

Zona crítica: Zona o área con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. 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

La descripción geológica se desarrolló en base a la información del - Boletín N° 9, Serie A: Geología del Cuadrángulo de Pataz. Hoja 16 – h, a escala 1:100 000 (Reyes & Wilson, 1964), información complementada y validada con trabajo en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas. Considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (Mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprende unidades sedimentarias y metamórficas; así como depósitos cuaternarios no consolidados, producto de movimientos en masa.

3.1.1 Formación Contaya (Om-c)

Aflorante al norte del Complejo Metamórfico Sitabamba, compuesta por lutitas y pizarras negras o gris oscura en láminas y capas delgadas, en las cuales se intercalan escasas capas delgadas de cuarcita.

3.1.2 Complejo Metamórfico Sitabamba (Os-si-gn)

Aflorante macizo conformado por meta-andesita (roca de grano fino a medio) de color predominantemente verdoso, con diaclasas pronunciadas, medianamente a muy fracturada y moderadamente meteorizada, (fotografía 1).



Fotografía 1. Meta-andesita medianamente a muy fracturada y moderadamente meteorizada, coordenadas UTM WGS84 18M. 204011, 911625.



Fotografía 2. Muestra de mano de meta-andesita, se aprecia esquistosidad en la roca, coordenadas UTM WGS84 18M. 204011, 911625.

3.1.3 Grupo Mitu (PET-mi)

Ubicada al norte de la zona de estudio, sobre la Formación Contaya y el Complejo Metamórfico Sitabamba, conformado por areniscas y conglomerados de color rojo oscuro, el conglomerado está compuesto por elementos subredondeados.

3.1.3 Depósitos cuaternarios

En la zona de estudio se expone depósitos cuaternarios diferenciados de acuerdo a su composición y tiempo de depositación en:

Depósito coluvial (Q-cl)

Son depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas, como material de escombros no consolidados, heterométricos constituidos por bolos, cantos, gravas, gránulos de formas subangulosas a angulosas; además de arenas.

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Conformados principalmente por material de deslizamientos antiguos, compuestos por una mezcla heterogénea de materiales sueltos, como bloques angulosos, gravas, arenas y suelos finos (matriz limo arenosa), de plasticidad baja, (tablas 4, fotografías 3); su grosor es variable. Movilizados por efecto combinado de gravedad y arrastre superficial, provocado por el agua, durante eventos de precipitaciones intensas y prolongadas.



Fotografía 3. Se observa un depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques y gravas angulosas, en matriz limo arenosa. Coordenadas UTM WGS84 17M. 203696, 9116206.

Tabla 4. Descripción de formaciones superficiales. Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 3

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDEZ	
	Eluvial	Lacustre	3	Bolos	X	Esférica		Redondeado
X	Deluvial	Marino	13	Cantos		Discoidal		Sub redondeado
X	Coluvial	Eólico	27	Gravas		Laminar	X	Anguloso
	Aluvial	Orgánico	23	Gránulos		Cilíndrica		Sub anguloso
	Fluvial	Artificial	10	Arenas				
	Proluvial	Litoral	18	Limos				
	Glaciar	Fluvio Glaciar	6	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		LITOLOGÍA	
	Alta	X	Masiva	X	Harinoso		Intrusivos
	Media		Estratificada		Arenoso		Volcánicos
X	Baja		Lenticular		Áspero		Metamórficos
	No plástico					X	Sedimentarios

COMPACIDAD	
SUELOS FINOS	
Limos y arcillas	
X	Blanda
	Compacta
	Dura

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región La Libertad, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en septiembre del 2024; información que permitió evaluar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir las subunidades.

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 3200 a 4098 m s.n.m., en los cuales se distinguen nueve niveles altitudinales (figura 7), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 3650 a 4000 m, correspondiendo a las geoformas de montaña en roca metamórfica, montaña estructural en roca sedimentaria, vertiente coluvial de detritos y vertiente coluvio - deluvial.

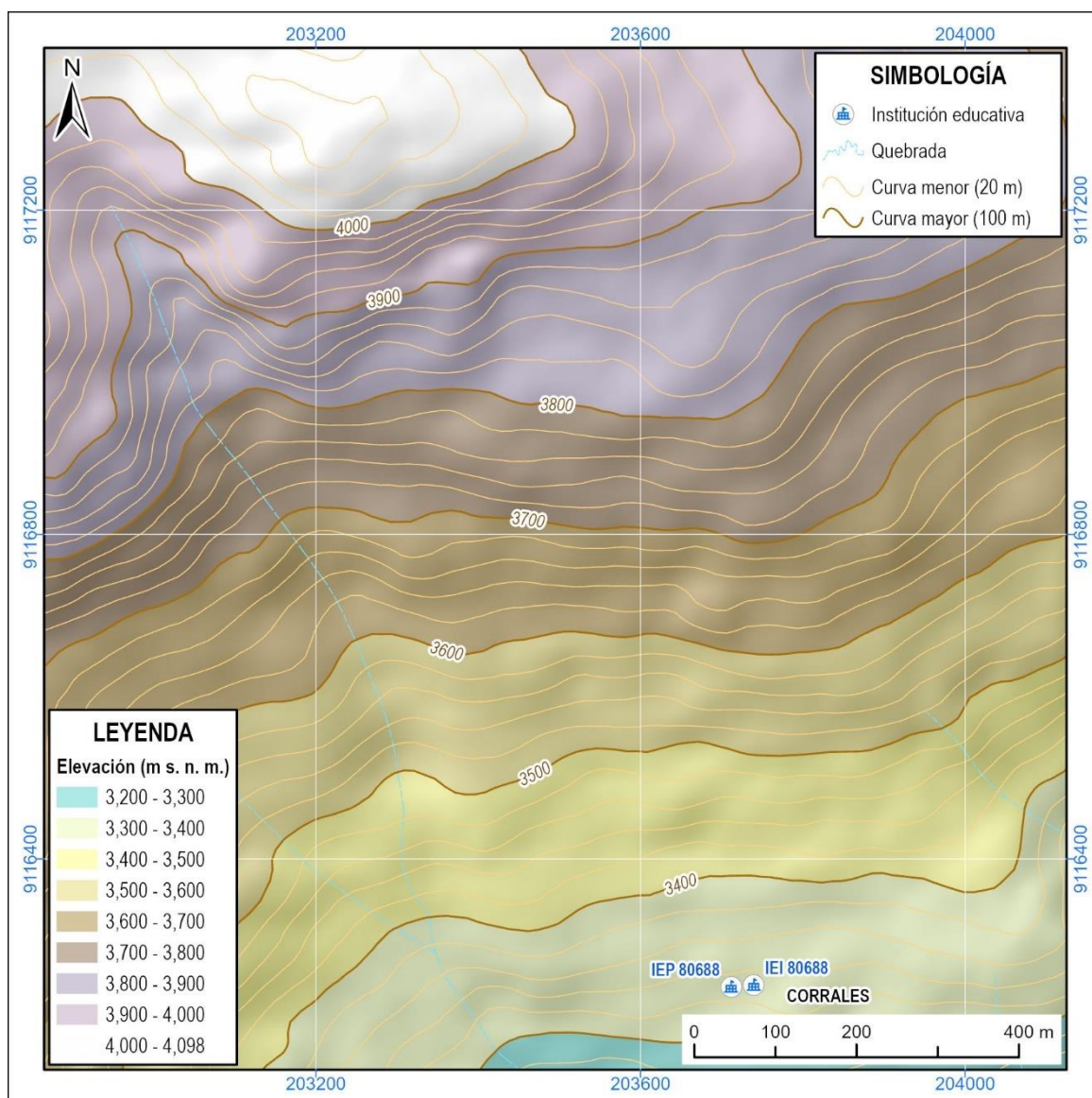


Figura 7. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

En el sector evaluado, el movimiento en masa (caída de rocas), se genera en una ladera con pendiente muy fuerte o escarpada ($25^\circ - 45^\circ$) a pendiente muy escarpada ($>45^\circ$), ubicada hacia el norte; el sector urbano, se desarrolla en terrenos de pendiente moderada ($5^\circ - 15^\circ$) a muy fuerte o escarpada ($25^\circ - 45^\circ$), (figuras 8 y 9).

Las variaciones de la pendiente, se muestran en el mapa de pendientes (mapa 3).

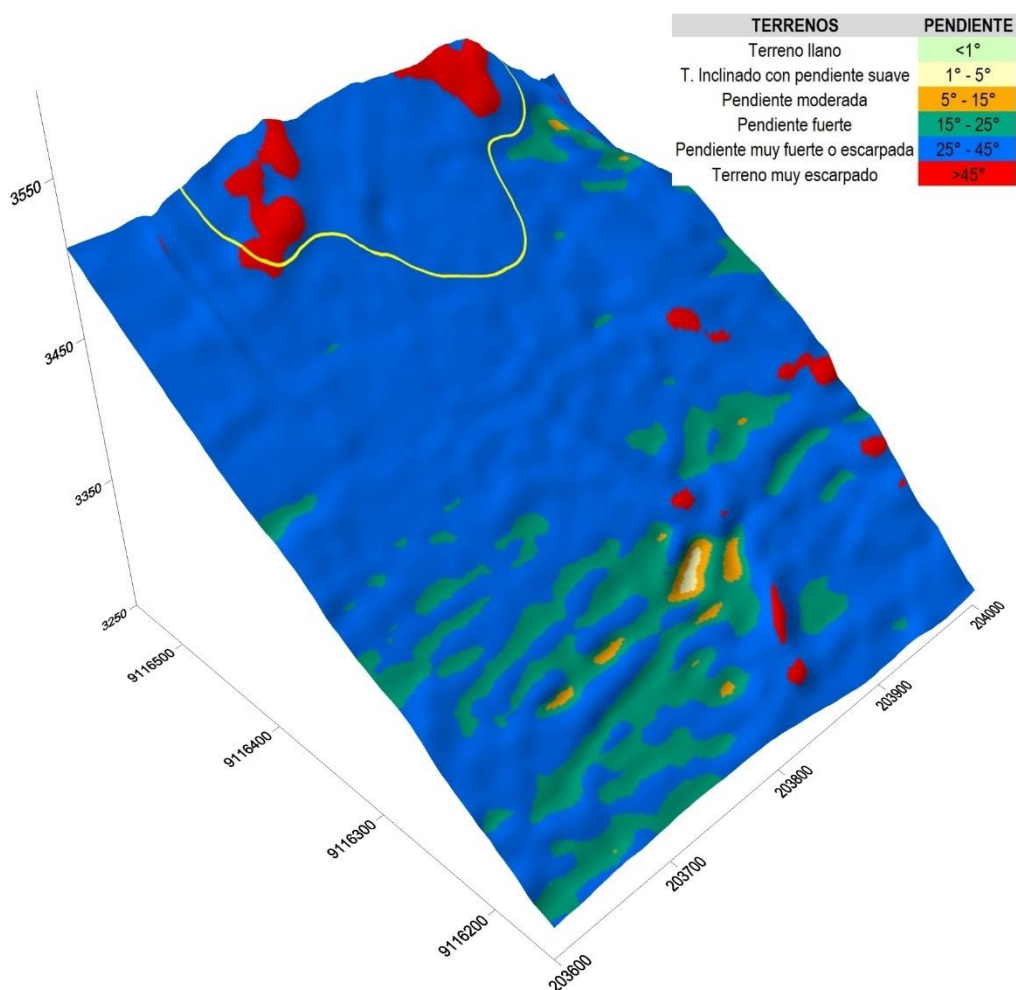


Figura 8. Modelo 3D de las pendientes en el caserío Corrales; la zona de donde caen las rocas está delimitado en la parte superior con línea amarilla.

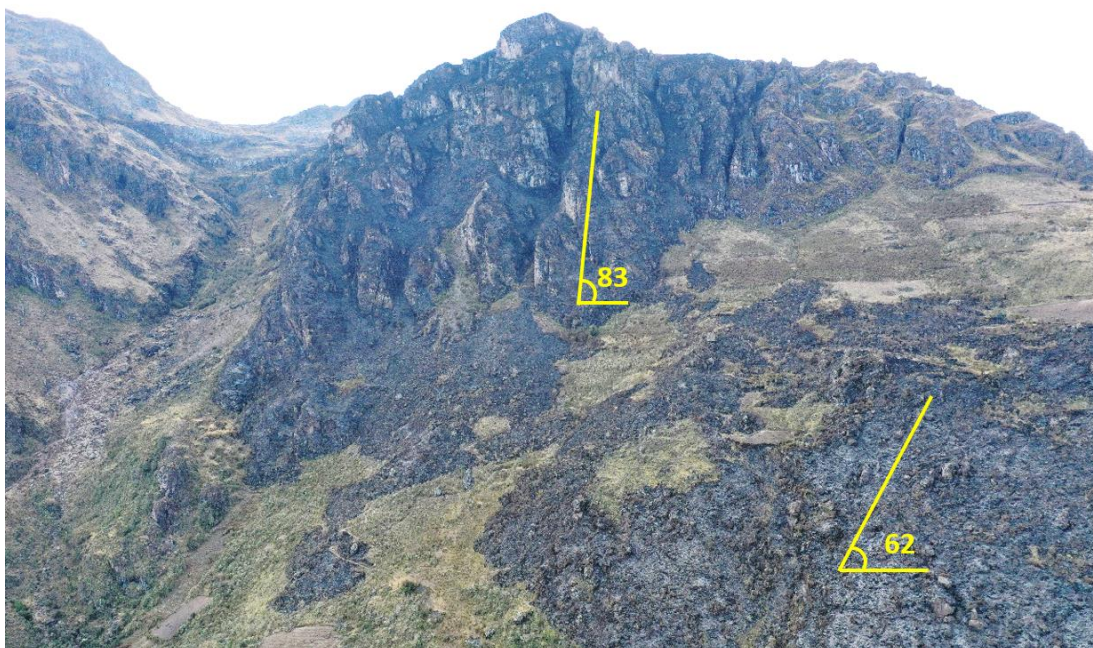


Figura 9. Laderas con pendiente muy escarpada, ubicado en la parte alta de la localidad de Corrales.

4.3. Unidades y subunidades 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 dos tipos generales y específicos del relieve en función de la altura relativa, diferenciándose, vertientes y montañas (figura 10).

De acuerdo a su origen, se distingue geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña estructural en roca sedimentaria y montaña en roca metamórfica), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente coluvial de detritos y vertiente coluvio-deluvial); las geoformas se grafican en el mapa 3.

4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local; se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan como pendiente promedio superior al 30%, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas pueden ser regulares, irregulares y complejas (como se cita en Villota, 2005).

Subunidad de montaña estructural en roca sedimentaria (ME-rs)

En el área de estudio se identificó la geoforma de montaña estructural en roca sedimentaria. Litológicamente corresponde a rocas sedimentarias de la Formación Contaya. El patrón de drenaje sub paralelo, las pendientes de sus laderas varían de muy fuerte a muy escarpado. Esta unidad geomorfológica es levantada por la actividad tectónica y modeladas por procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía. Se observa estratificación en el macizo rocoso esta unidad se asocia la ocurrencia de movimientos en masa de tipo caída de rocas.

Sub unidad de montaña en rocas metamórfica (M-rm)

Corresponde a geoformas modeladas en afloramientos de rocas metamórficas de tipo meta andesitas y grises y verdosas, reducidos por procesos denudativos, con laderas de pendiente fuerte a terrenos muy escarpados.

4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento y por agentes móviles; tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de Piedemonte

La unidad de piedemontes, corresponde a un conjunto de depósitos que conforman una superficie inclinada y disectada que se extiende al pie de sistemas montañosos y que ha sido formada por la depositación de las corrientes de agua que emergen de los terrenos más elevados hacia las zonas más bajas y abiertas (Villota, 1991).

Sub Unidad de vertiente coluvial de detritos (V-d)

Corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (derrumbes), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas.

Sub Unidad de Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada 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.



Figura 10. Vista de las geoformas de montaña estructural en roca sedimentaria (ME-rs), montaña en roca metamórfica (M-rm) y vertiente coluvio-deluvial (V-cd), en el caserío Corrales.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre.

La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo caída de rocas y derrumbes. Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que con llevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

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

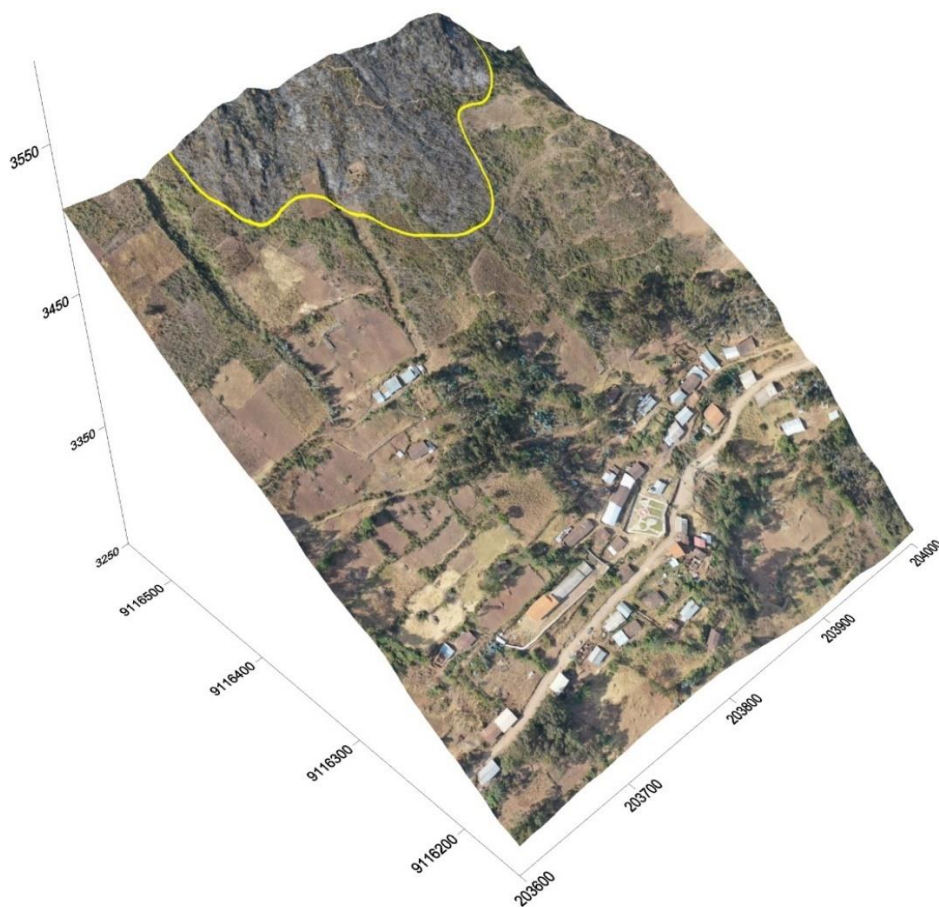


Figura 11. Modelo 3D del sector evaluado en el caserío Corrales, el área de donde caen las rocas están delimitado en línea amarilla.

5.1. Caída de rocas en el caserío Corrales

Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en el caserío Corrales, se realizaron trabajos de campo, donde se identificó un proceso de caída de rocas.

Este tipo de movimiento en masa es uno de los más rápidos, ya que la trayectoria que siguen los bloques y la distancia que llegan a alcanzar dependen de la morfología del terreno.

La caída de rocas en el sector, se da, en varios puntos de la ladera. La base de los bloques está siendo erosionada por escurrimiento de agua, proveniente de precipitaciones pluviales, lo que reduce su punto de apoyo, ocasionando inestabilidad y caída. Los bloques van a descender ladera abajo hasta llegar a la zona urbana, quedando expuestas al peligro población y viviendas.

En abril del 2024, se generó una caída de rocas (figura 12) donde un bloque destruyó una vivienda. El bloque tiene un diámetro aproximado de 1.7m.

En la superficie de la ladera se aprecian bloques sueltos, que pueden ceder cuesta abajo. En el área no se muestra medidas de control que eviten un posible desprendimiento ladera abajo (figuras 13), quedando expuestas las viviendas del área urbana.

En la cima de la montaña, se observa la quema de la vegetación para la habilitación de terrenos de cultivos, estas prácticas permiten la erosión acelerada del suelo (por escurrimiento de agua) y de la base del punto de apoyo de los bloques rocosos (figura 14).

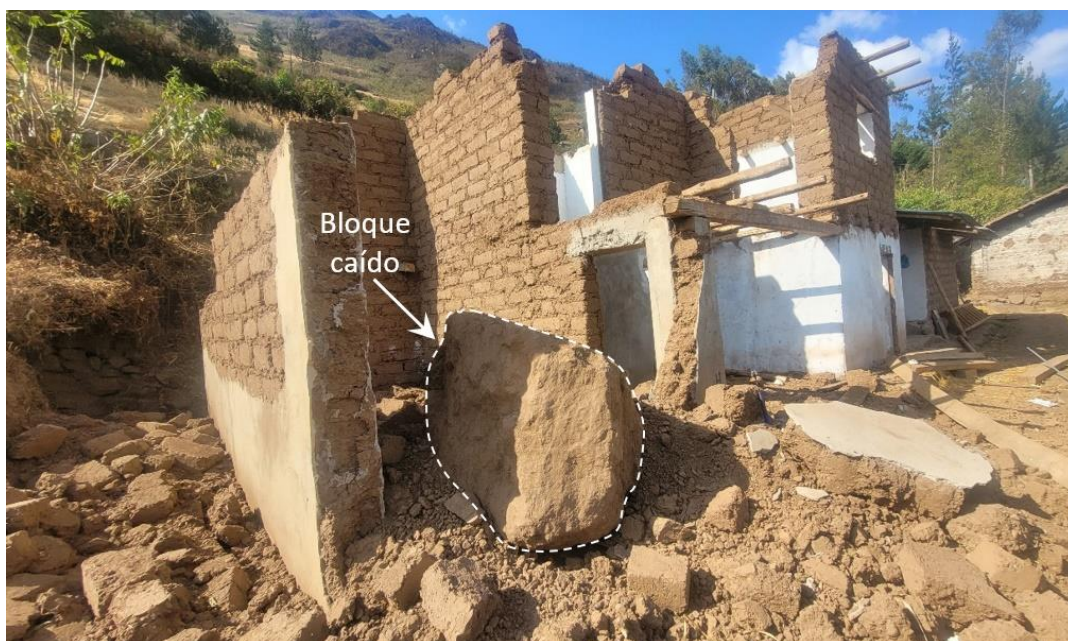


Figura 12. Se observa el bloque que afectó vivienda, dejándola inhabitable.



Figura 13. Se observa bloques ubicados en la ladera sin medidas de control.



Figura 14. Quema de vegetación para implementación de ternos de cultivos, permite la erosión acelerada de la base de los bloques rocosos.

En la figura 15, se muestra la extensión horizontal de la zona del desprendimiento que da origen a la caída de rocas; además se observa la vivienda afectada y las expuestas al peligro en la parte inferior.

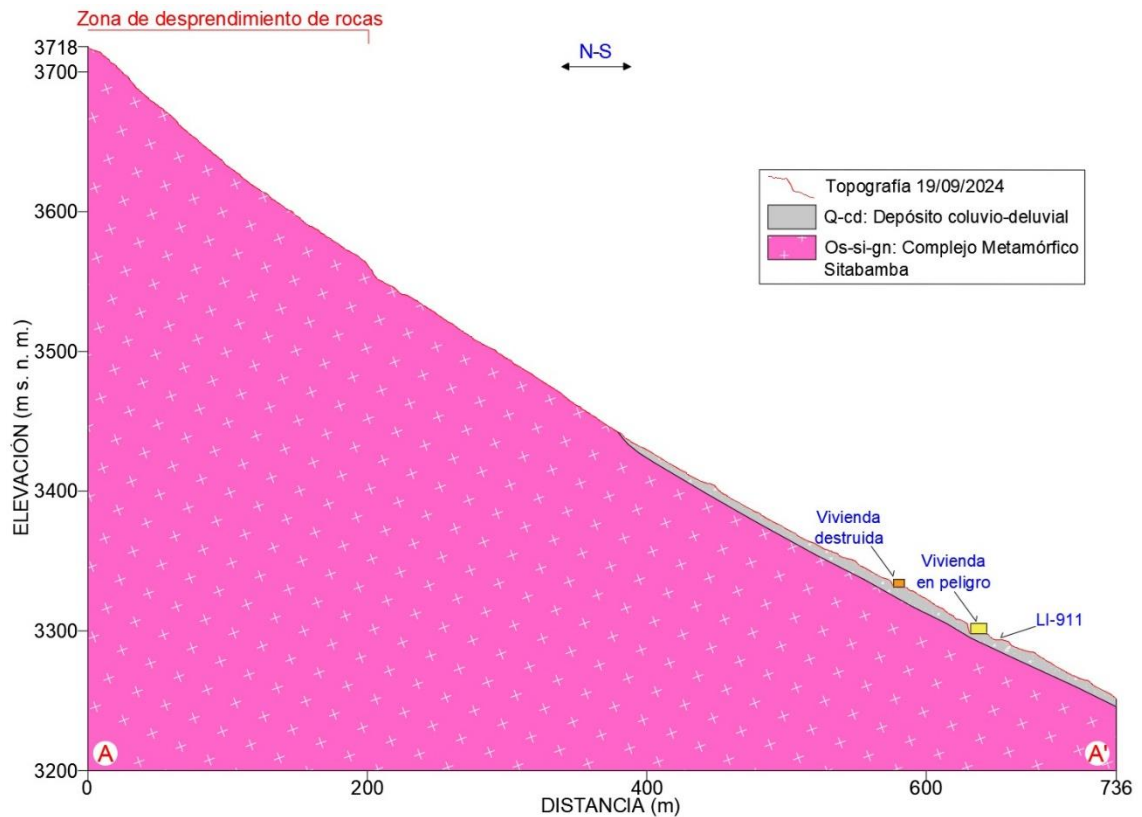


Figura 15. Perfil longitudinal A-A' donde se aprecia la distribución de los materiales geológicos por caída de rocas en el caserío Corrales.

5.1.1. Características visuales

- Tipo de movimiento: caída de rocas.
- Estado: Activo.
- Velocidad: Muy rápido.
- Pendiente: de 25° a >45°.

5.1.2 Morfometría:

- Área: 56 hectáreas.
- Alcance de los bloques: 400 a 600 m.
- Tamaño de bloques: 1.2 a 3.5 m de diámetro.

5.1.3 Factores condicionantes

Dentro de los factores litológicos que han condicionado la caída de rocas tenemos:

- Bloques sueltos, ubicados en la ladera.
- Ladera de pendiente mayor a 25°, en las partes alta, que conforma la geoforma de montaña estructural en roca sedimentaria y montaña en roca metamórfica, permite el rápido desplazamiento de los bloques hacia la zona urbana.
- Escasa vegetación en la ladera, permite que los bloques se desplacen libremente, aumentando la velocidad de su caída en su recorrido.
-

5.1.4 Factor detonante

- Lluvias intensas y prolongadas, acontecidas en el mes de abril del 2024, que generan escorrentía, donde el agua erosiona el punto de apoyo de los bloques, originando la inestabilidad del terreno.
- Lo sismos generan movimientos que puede generar caída de rocas.

Daños ocasionados y probables

- Una (1) vivienda afectada (fotografía 1).
- Veintiún (21) viviendas expuestas. (fotografía 2).



Fotografía 1. Se observa la vivienda afectada (inhabitable).



Fotografía 2. Se observa las viviendas expuestas ubicadas en la parte baja de la ladera.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica obtenida en el sector evaluado – caserío Corrales, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

- a. Litológicamente, el área evaluada está conformada por rocas metamórficas, meta-andesita, de color verdoso, con diaclasas pronunciadas, medianamente a muy fracturada y moderadamente meteorizada, pertenecientes a Complejo Metamórfico Sitabamba, cubiertas por depósitos de origen coluvio-deluvial, conformados por bloques y gravas angulosos, en matriz limo arenosa de plasticidad baja.
- b. Las geoformas identificadas corresponden montañas estructurales en roca sedimentaria, vertiente coluvial de detritos y una vertiente coluvio-deluvial, los terrenos presentan pendientes que varían de suave (1° a 5°) a fuerte (15° a 25°) en el sector urbano, muy fuerte o escarpada (25° a 45°) a muy escarpado ($>45^\circ$) en la ladera.
- c. Al noroeste del caserío Corrales, se ubica un sector inestable, que puede generar la caída de rocas que afectaría 21 viviendas, los bloques sueltos tienen diámetros de hasta 4 m, se debe mencionar que, en abril del 2024, se generó la caída de una roca que afectó una vivienda dejándola inhabitable.
- d. Como factores condicionantes se tienen:
 - Ladera de pendiente mayor a 25° , que contiene bloques sueltos, permite el material inestable de la ladera se desplace cuesta abajo, hacia la zona urbana.
 - Escasa vegetación en la ladera, permite que los bloques se desplacen libremente, aumentando la velocidad de su caída en su recorrido.
 - Agua de escorrentía que erosiona los puntos de equilibrio.
 - Quema de vegetación, permite el incremento de erosión por escorrentía, en la base de los bloques.
- e. El factor detonante es el agua de escorrentía originada por lluvias intensas y prolongadas durante el mes de abril del 2024, erosiona el punto de apoyo de los bloques, originando su inestabilidad.
- f. De acuerdo al análisis en el área de impacto por caída de rocas en el caserío Corrales, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Alto a Muy Alto**.

7. RECOMENDACIONES

7.1 Transversales a autoridades y población

Implementar las medidas correctivas recomendadas en el presente informe técnico, en el marco de sus competencias y obligaciones (Congreso de la República del Perú, 2018; Presidencia de la República del Perú, 2023).

- a. Difundir los informes técnicos de evaluación de peligros geológicos elaborados por el Ingemmet a las poblaciones y autoridades locales en la influencia de las zonas críticas, en base al “Principio de Oportuna Información” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).
- b. Compartir los avisos, alertas y alarmas que pueda consolidar el Centro de Operaciones de Emergencia Regional, en base a la información técnico-científica de las diversas entidades que forman parte del Sinagerd (Presidencia del Consejo de Ministros, Perú, 2021).
- c. Monitorear las prácticas que puedan incrementar el peligro de un lugar, como la excavación de laderas, deforestación, riego inadecuado, entre otras; en base al principio de “Autoayuda” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).

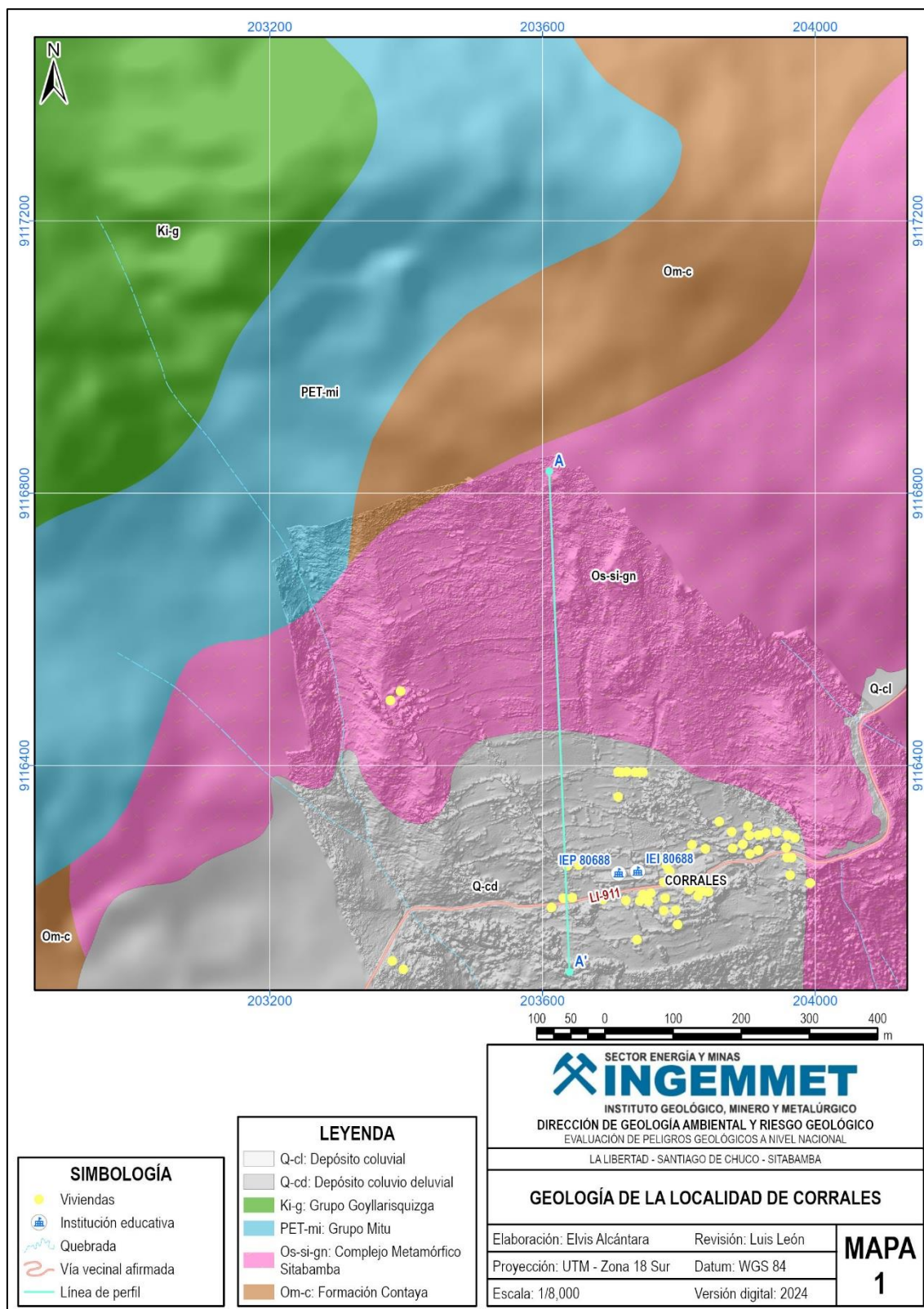
7.2. Ante caídas de rocas

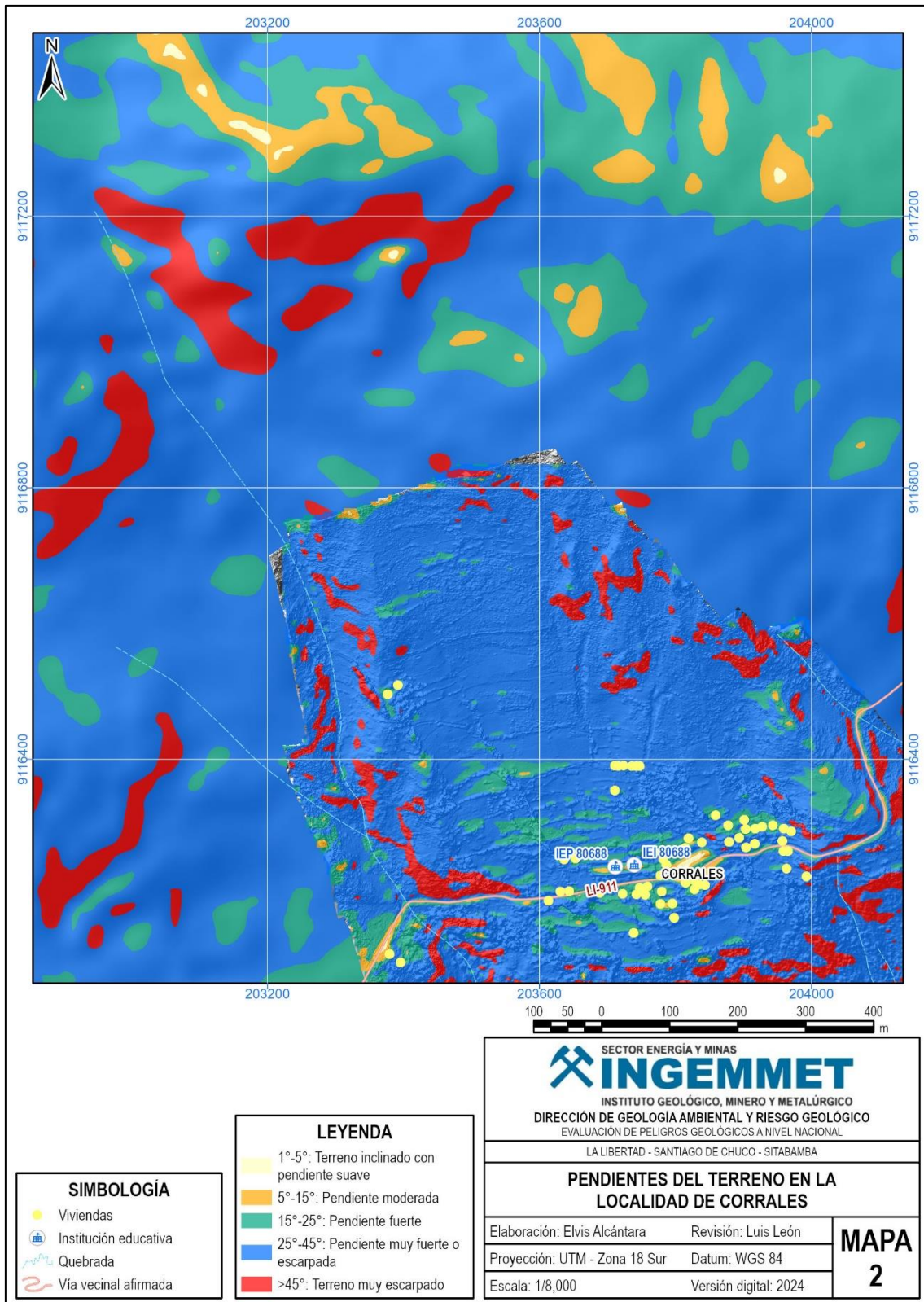
- a. Desquinchar de manera urgente los bloques sueltos que se encuentren suspendidos en la ladera, para evitar su caída y posible afectación de pobladores y viviendas; el desquinche de los bloques debe ser realizado con el asesoramiento de un especialista en geotecnia, para realizar los trabajos de una manera controlada. Desalojar a los pobladores de la parte baja, al momento del desquinche.
- b. Reforestar las laderas con el fin de evitar la erosión.
- c. No construir infraestructura o viviendas en las áreas que pueden ser afectadas por caída de rocas al pie del talud.
- d. Instalar mallas dinámicas para evitar el desplazamiento de bloques provenientes de posible caída de rocas a viviendas.
- e. Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de peligro. Estas charlas deben ser canalizadas por la municipalidad, donde Ingemmet puede participar.
- f. Evitar la quema indiscriminada de la vegetación, esto acelera los procesos de erosión por escorrentía en las laderas, disminuyendo el tamaño del punto de apoyo de los bloques.

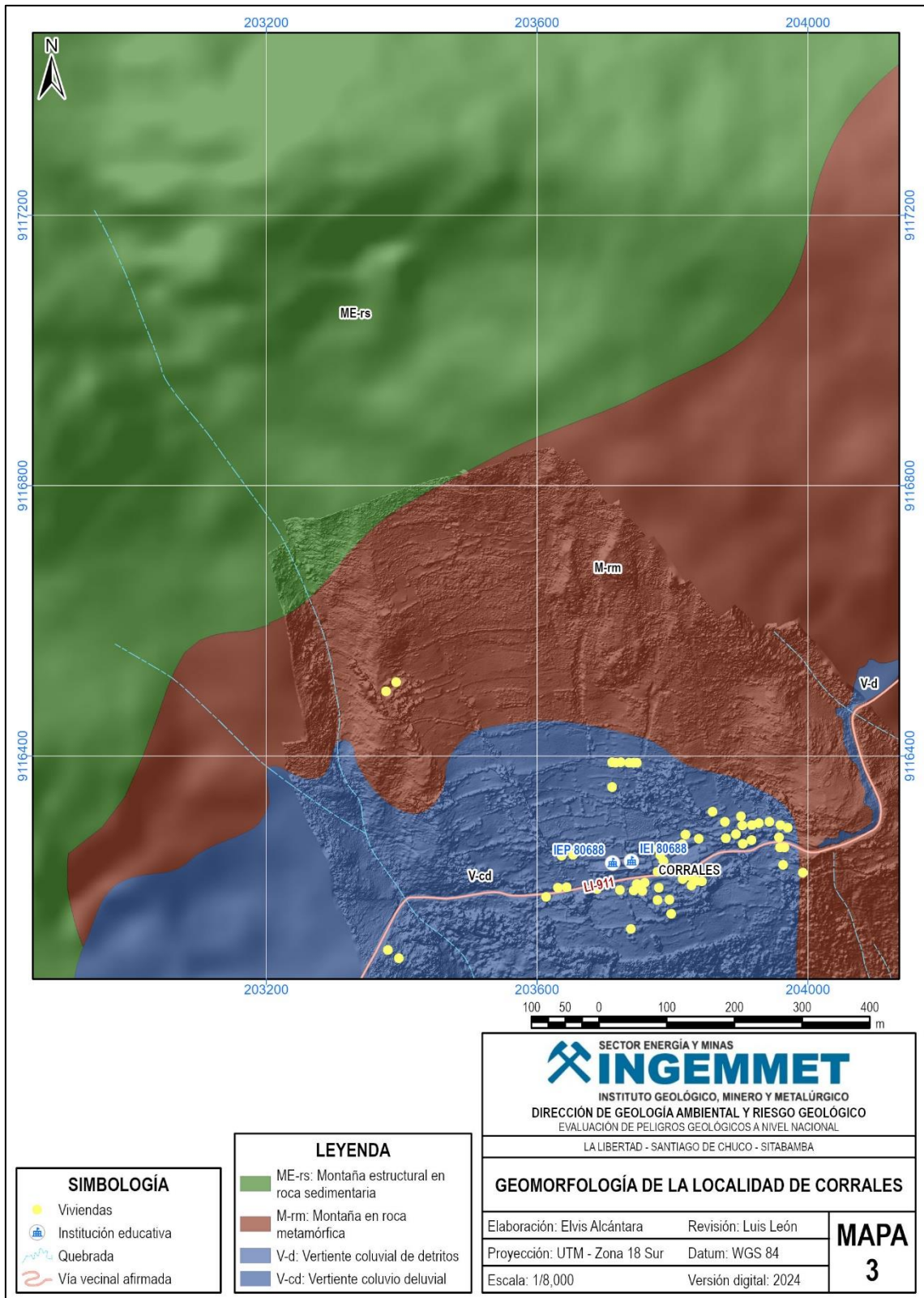
BIBLIOGRAFÍA

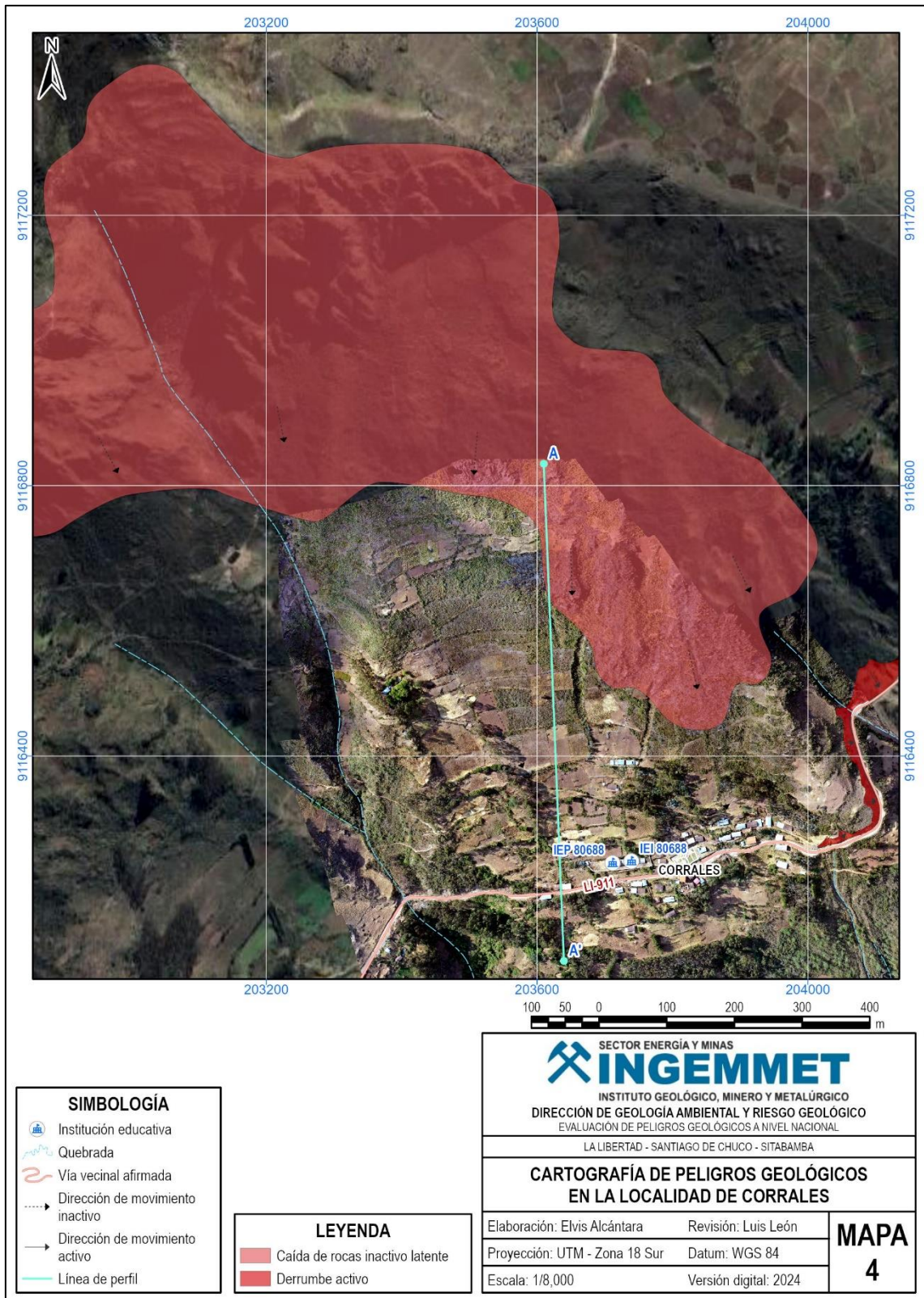
- Congreso de la República del Perú. (2018, junio 5). *Ley N° 30779, ley que dispone medidas para el fortalecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)*. 2.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-dispone-medidas-para-el-fortalecimiento-del-sistema-ley-n-30779-1655993-1/>
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En *Practical Rock Engineering* (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Medina, L.; Luque, L. y Pari, W. 2012, Riesgo Geológico en la Región La Libertad. Ingemmet Boletín N° 50, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 245p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/290>
- PMA:GCA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Presidencia de la República del Perú. (2023, noviembre 24). Decreto Legislativo N° 1587. *Decreto Legislativo que Modifica la Ley 29664, Ley que Crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Sinagerd)*, 4.
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2238192-1>
- Presidencia del Consejo de Ministros del Perú. (2021). *Lineamientos para la organización y funcionamiento de los Centros de Operaciones de Emergencia - COE. Resolución Ministerial N° 258-2021-PCM*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2370158/RM%20N%C2%B0%20258-2021-PCM%20%281%29...pdf.pdf?v=1636130560>
- Reyes, L. & Wilson, J. (1964). *Geología de los Cuadrángulo de Pataz (16-h)*. Boletín 9. Comisión de la Carta Geológica Nacional. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/150>
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. In *Special Report 176: Landslides: Analysis and control* (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), Transportation and Road research board, 9–33.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

ANEXO 1. MAPAS









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

a. Mallas dinámicas

Las mallas dinámicas consisten en estructuras de metal que son instaladas para disminuir la energía de bloques rocosos y/o retenerlos (figura). Las dimensiones y calidad de resistencia deben ser evaluados previo modelamiento numérico de los bloques rocosos sueltos.

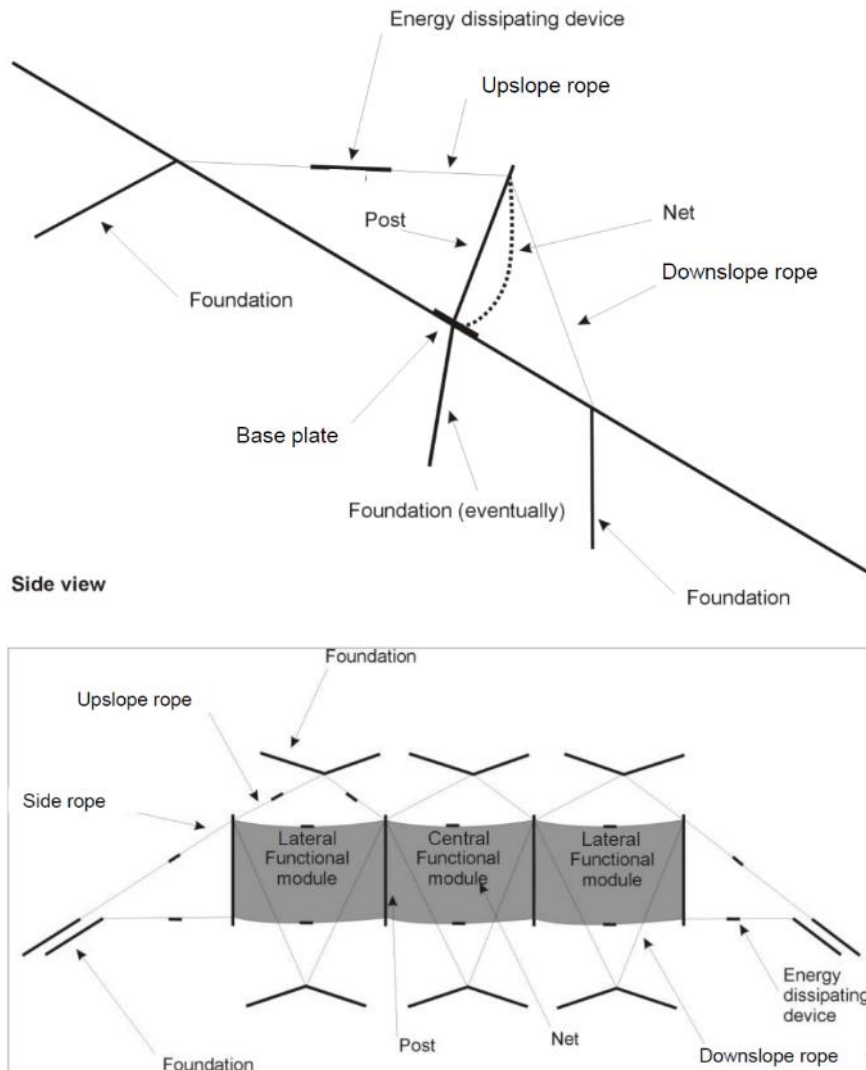


Figura 16. Esquema de la instalación de mallas dinámicas para detener caídas de rocas.

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos muestran una resistencia adicional contra los bloques que son desprendidos de la ladera, sirviendo como un cerco vivo, además de servir

para mantener la cohesión de los suelos y evitar su erosión por medio de agentes meteorológicos (Suárez Díaz, 2007).

El control de erosión con plantas debe considerar la utilización de plantas locales y de raíces densas (figura y fotografía 18).

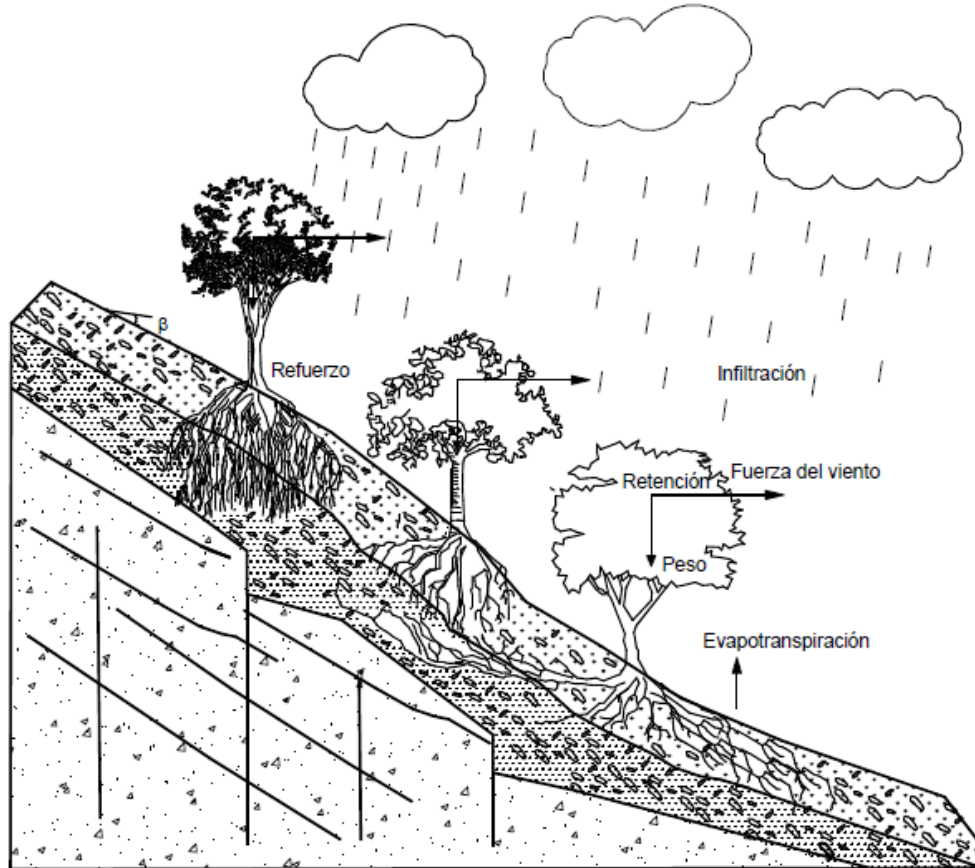


Figura 17. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 18. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales.