

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7627

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR CHACATAMA

Departamento: Huánuco

Provincia: Ambo

Distrito: San Rafael



MAYO
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR CHACATAMA

(Distrito San Rafael, Provincia Ambo, Departamento Huánuco)



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

Equipo técnico:

*Wilson Gomez Cahuaya
Griselda Ofelia Luque Poma*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). *Evaluación de peligros geológicos en el sector Chacatama. Distrito San Rafael, provincia Ambo, departamento Huánuco*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7627, 44 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	7
1.3. Aspectos generales.....	8
1.3.1. Ubicación.....	8
1.3.2. Población.....	9
1.3.3. Accesibilidad.....	10
1.3.4. Clima	10
1.3.5. Sismos.....	12
2. DEFINICIONES	13
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	15
3.1. Complejo Metamórfico del Maraón	15
3.2. Depósitos Cuaternarios	16
3.2.1. Depósito coluvio-deluvial	16
3.2.2. Depósitos proluviales.....	17
3.2.3. Depósitos proluvio-aluviales	17
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	18
4.1. Pendientes del terreno	18
4.2. Unidades geomorfológicas.....	19
4.2.1. Montañana en roca metamórfica (RM-rm)	20
4.2.2. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)	20
4.2.3. Vertiente aluvio-torrencial (P-at)	20
4.2.4. Terraza aluvial indiferenciada (T-al).....	21
4.2.5. Abanico proluvial (A-pr)	22
4.2.6. Cárcavas (CR).....	22
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	22
5.1. Movimientos en masa en el sector Chacatama	22
5.1.1. Derrumbe-flujo de detritos (movimiento complejo)	23
5.1.1.1. Características visuales del evento derrumbe-flujo	24
5.1.2. Erosión de ladera (Cárcavas)	27
5.2. Factores condicionantes.....	29
5.3. Factores detonantes o desencadenantes.....	29
6. CONCLUSIONES.....	30

7. RECOMENDACIONES.....	31
8. BIBLIOGRAFÍA.....	33
ANEXO 1: MAPAS.....	34
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS	38

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el sector Chacatama, ubicado en el distrito San Rafael, provincia Ambo y departamento Huánuco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico cumple con la función de brindar asistencia técnica en materia de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno, es decir: local, regional y nacional.

El distrito San Rafael, en su proceso de expansión urbana sin planificación adecuada y carente de estudios de ordenamiento territorial, ha inducido al asentamiento de una parte de la población hacia el sector Chacatama. Estas áreas se sitúan sobre antiguos depósitos de flujo de detritos y al pie de una ladera con pendiente muy pronunciada, donde se observan evidencias claras de movimientos en masa, que las convierte en zonas susceptibles a procesos de remoción en masa, que podrían afectar población e infraestructura local.

En el contexto geológico, el sector Chacatama presenta un basamento rocoso que está conformado por el Complejo Metamórfico del Marañón, cuya litología está constituida principalmente por esquistos y metapelitas con una foliación bien definida, que revela una intensa actividad tectónica a la que fue sometida a lo largo de su historia geológica. Estas rocas presentan un fuerte fracturamiento y un alto grado de meteorización.

Los depósitos coluvio-deluviales, representan secuencias muy incompetentes provenientes de suelos residuales y de antiguos procesos de movimientos en masa que fueron afectados por una dinámica deluvial y que están constituidos por fragmentos heterométricos de formas subangulosas y subredondeadas envueltos en matriz arcillo limosa y arenosa. Por su naturaleza suelta e inconsolidada, se caracterizan por tener una baja cohesión que ofrecen poca resistencia a la erosión, y que favorecieron la ocurrencia de movimientos en masa.

Los eventos suscitados en el sector evaluado, se instalaron sobre una ladera con pendiente muy fuerte que oscila entre 25° a 45°, además se emplazan en una montaña compuesta por un substrato rocoso metamórfico. A su vez, las vertientes coluvio-deluviales, conforman acumulaciones de material incompetente que fueron dispuestos sobre una ladera con pendiente muy fuerte. Estas características del terreno, además, con un relieve accidentado son fuentes que favorecen el desarrollo de procesos de remoción.

El derrumbe ocurrido en el sector Chacatama, se generó en la parte media de la ladera oriental del cerro montañoso, margen izquierda del río Huallaga. El material desprendido se canalizó por la quebrada, generando un flujo de detritos en la parte distal y que movilizó material coluvio-deluvial y suelos residuales que afectaron a la población asentada quebrada abajo.

Las cárcavas originadas por escorrentía superficial, se ubican en la ladera oriental del cerro montañoso. Éstas contribuyen significativamente a la inestabilidad del terreno, favoreciendo la sobresaturación del suelo durante épocas de precipitaciones anómalas y prolongadas, lo que, en un escenario posterior podrían desencadenar derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos de mayor magnitud que podrían impactar directamente sobre población establecida ladera abajo.

De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al sector Chacatama como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** ante la ocurrencia

de derrumbes y flujos de detritos, así también, ante erosión de ladera tipo cárcavas que compromete población asentada ladera abajo, e infraestructura local (carretera asfaltada Huánuco-San Rafael).

Finalmente, se recomienda a las autoridades competentes y tomadores de decisiones, implementar medidas para mitigar los peligros geológicos identificados. Ante derrumbes, se sugiere la construcción de zanjas de coronación en la cabecera de la zona de arranque, sellar los agrietamientos a fin de evitar la infiltración de agua durante lluvias intensas, y reforestar las laderas con especies nativas y raíces densas con la finalidad de contribuir con una mayor resistencia y cohesión a los suelos incompetentes. Ante flujo de detritos, se propone implementar la descolmatación y mantenimiento periódico del cauce de la quebrada y considerar la construcción de diques o muros de roca en los puntos más críticos a lo largo del cauce. Ante cárcavas, se recomienda, construcción de muros para reducir la energía y poder erosivo de la escorrentía y retención de detritos. Y, por último, se recomienda realizar el EVAR correspondiente.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) del “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de San Rafael, según Oficio N°022-2024-MDSR/A. Es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en el sector Chacatama, perteneciente al distrito de San Rafael, provincia de Ambo y departamento de Huánuco.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Geólogos Wilson Gomez Cahuaya, Griselda Ofelia Luque Poma y al Bachiller Ricky Gonzales Salas para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado, la cual se realizó en coordinación con autoridades de la Oficina de Defensa Civil del distrito de San Rafael.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Etapa pre-campo, mediante la recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología del INGEMMET u otras fuentes; ii) Etapa de campo, que consistió en la observación geológica, toma y medición de datos estructurales (levantamiento fotogramétrico con dron, captura de imágenes fotográficas), cartografiado geológico al detalle, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Etapa de gabinete final, donde se realizó el procesamiento digital e interpretación de toda la data extraída en campo, que involucra fotointerpretación cartográfica geológico-estructural y geodinámica para la identificación de procesos de movimientos en masa a través de imágenes satelitales que ofrece la plataforma Google Earth, elaboración de mapas, figuras temáticas y finalmente redacción del informe final.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de San Rafael 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. 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, identificar y caracterizar el peligro geológico por movimientos en masa en el sector Chacatama.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N°34, serie C, Geodinámica e ingeniería geológica: Estudios de riesgos geológicos en la región de Huánuco. Elaborado por Zavala & Vilchez (2006). De acuerdo a la evaluación de campo en la infraestructura, centros poblados y zonas críticas validadas, además de los mapas de susceptibilidad a los movimientos en masa, determinó, por las características de potencialidad del peligro y vulnerabilidad asociada, un total de 60 zonas críticas, donde resaltan en importancia las áreas del sector San Rafael, que son muy susceptibles a peligros por movimientos de masa como derrumbes, huaycos, deslizamientos, movimientos complejos e inundaciones.
- B) Mapa del Cuadrángulo de Ambo (hoja 21k2) a escala 1:50 000. Carta Geológica Nacional, elaborado por Cueva et al., (2024). En donde, describe las unidades litoestratigráficas a escala 1:50 000, principalmente rocas metamórficas de edad Neoproterozoica constituida por esquistos, atribuidos al Complejo Metamórfico del Marañón y de las unidades sedimentarias paleozoicas del Grupo Ambo.
- C) Boletín N°77 serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores. Hojas: 21-k, 22-k, 23-k” de Cobbing et al., (1996), en donde, describe la geología regional presente en la zona evaluada.

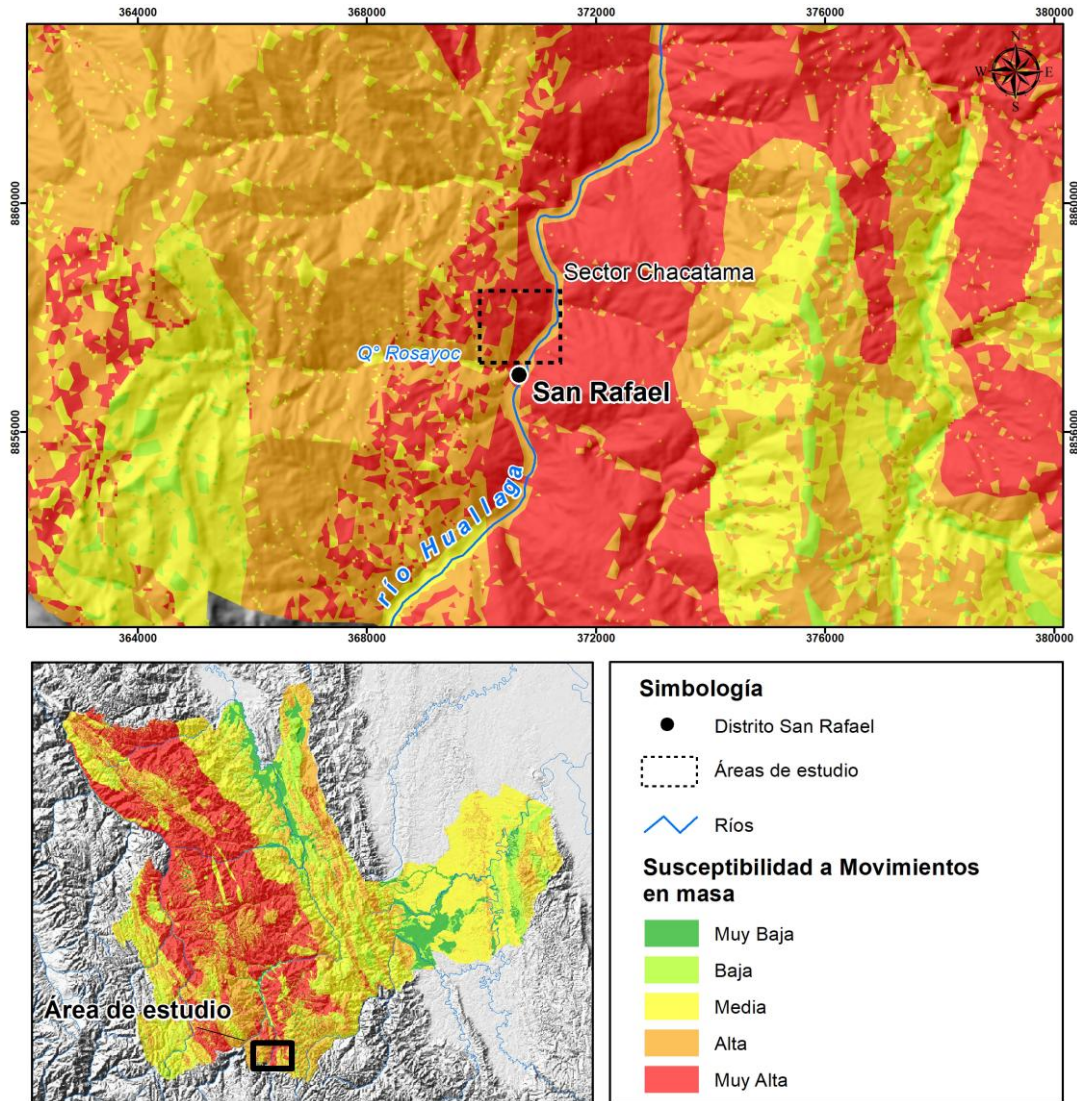


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa en el sector Chacatama, donde muestran valores de alta a muy alta, tomado de Zavala & Vélchez (2006).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Chacatama, se ubica a 320 m en línea recta del distrito de San Rafael y se localiza a una altura de 2829 m s.n.m. Morfoestructuralmente, el área evaluada se ubica en la margen izquierda del valle del río Huallaga de la Cordillera Oriental del centro del Perú (**Figura 2**).

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio del sector Chacatama.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	368988.67	8858780.54	-76.19652°	-10.32163°
2	371769.47	8858780.54	-76.17112°	-10.32173°
3	371769.47	8855909.19	-76.17122°	-10.34769°
4	368988.67	8855909.19	-76.19661°	-10.34760°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
	370535.00	8857466.00	-76.182445°	-10.333577°

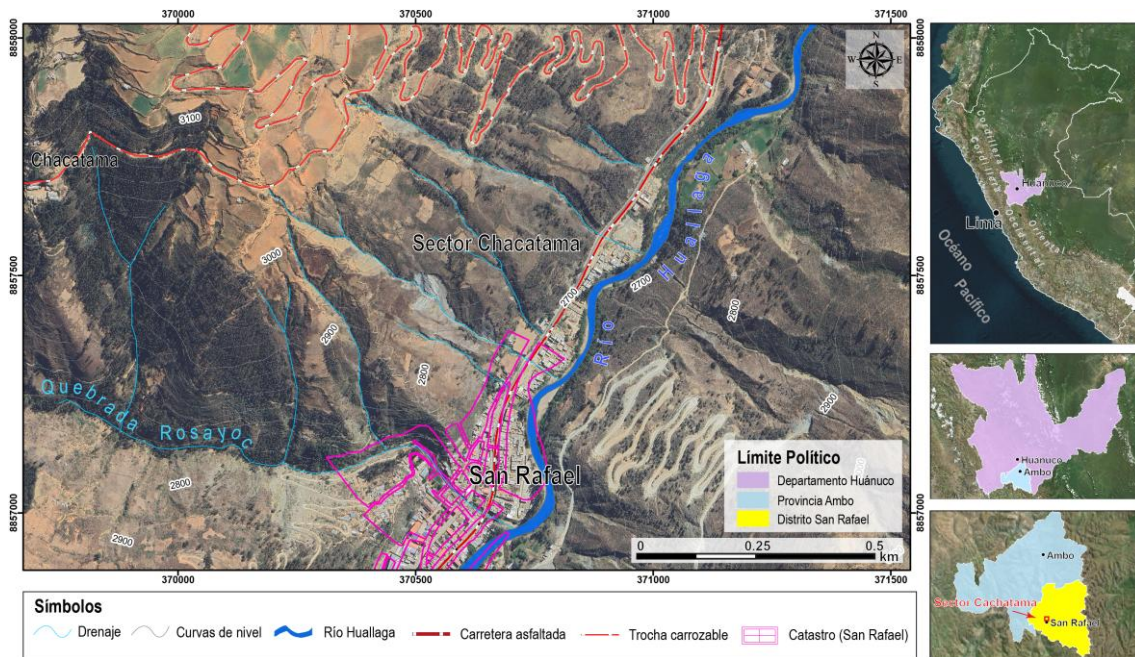


Figura 2. Ubicación del sector Chacatama en relación al área urbana del distrito de San Rafael.

1.3.2. Población

De acuerdo con la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas del 2017, el sector que podría ser afectado ante un potencial evento de flujo de detritos ocasionado por un derrumbe en la zona de Chacatama, alcanza una población total de 117 habitantes, distribuida en 45 viviendas y que ubican al pie de la ladera en la margen izquierda del río Huallaga (**Figura 3**).

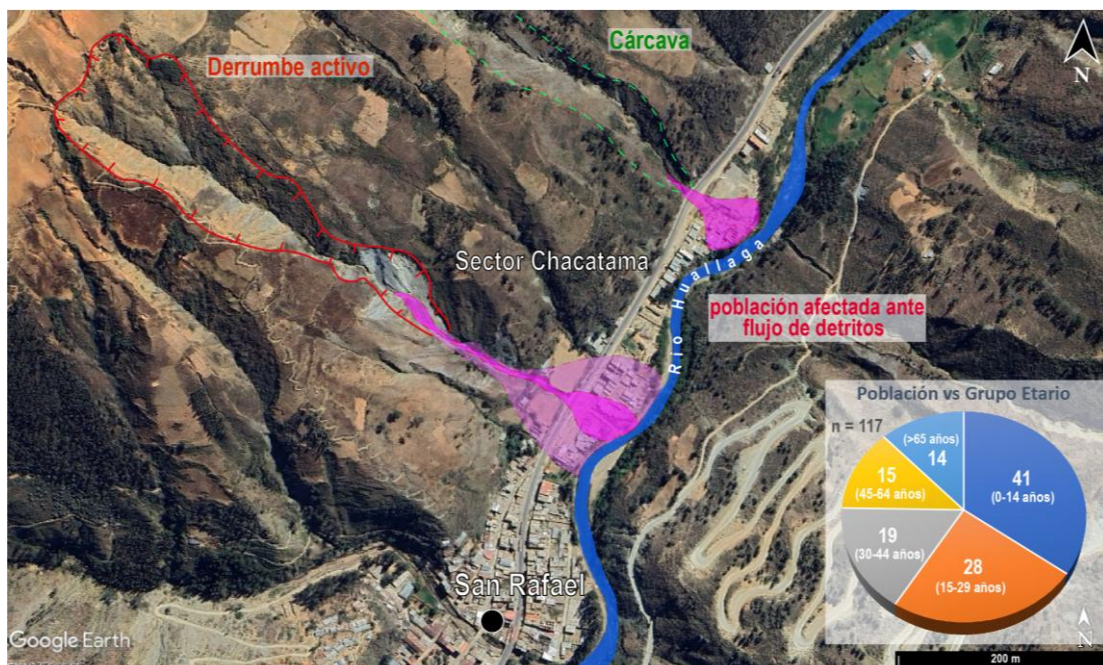


Figura 3. Distribución poblacional de la zona susceptible a peligro geológico por flujo de detritos en el sector Chacatama, tomado de INEI (2017). La zona susceptible de determinó a partir de los elementos expuestos, la pendiente pronunciada y de los antecedentes de flujos de detritos ocurrido en el sector. La imagen satelital fue tomada de Google Earth.

1.3.3. Accesibilidad

Para acceder a los puntos de evaluación, desde la oficina del INGEMMET, ubicada en el distrito de San Borja, Lima, se sigue la ruta que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Lima (INGEMMET) – San Rafael (Huánuco)	Asfaltada	385 km	9 h
San Rafael – Sector Chacatama	Trocha	320 m	05 min

1.3.4. Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito de San Rafael presenta tres tipos de climas de los 38 definidos en la clasificación a nivel nacional (**Tabla 3 y figura 4**).

Tabla 3. Tipos de clima en el distrito de San Rafael. Fuente:

<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

Simbología	Descripción
B (o, i) C'	Lluvioso con otoño e invierno secos. (Frío)
B (r) B'	Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. (Templado)
C (r) B'	Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. (Templado)

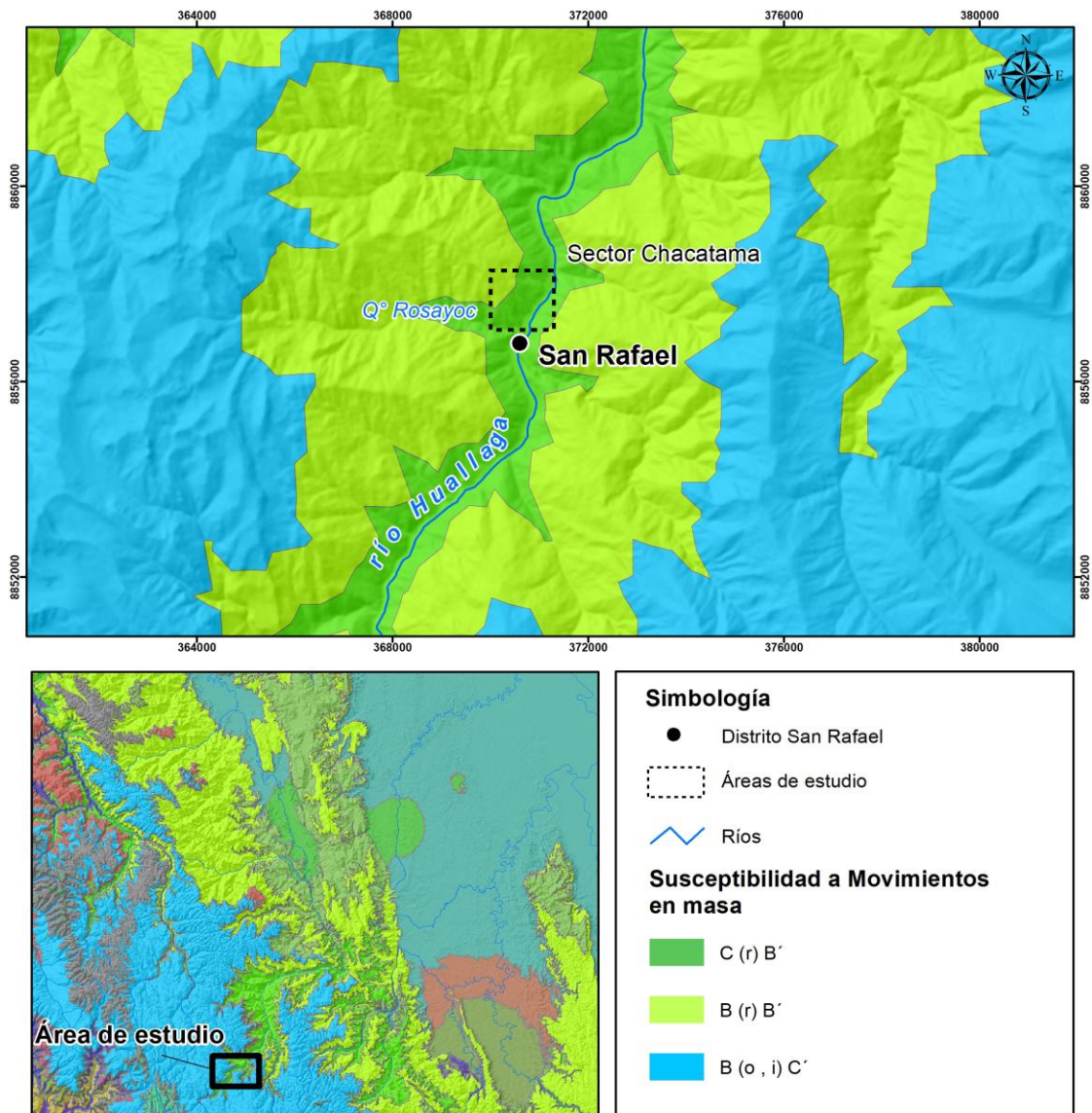


Figura 4. Variación de climas en el sector Chacatama. Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

Respecto a las precipitaciones pluviales, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos ráster y de satélite), se tiene registro de las precipitaciones diarias en el rango de enero del 2022 hasta junio del 2024. Se observa que, en la zona evaluada se produjo mayor precipitación en los meses de febrero, marzo y abril, registrándose, valores como 22.3, 36.1 y 47.1 mm, los cuales, representan los valores pico del año 2022, 2023 y el 2024, respectivamente. Lo que estaría relacionado con la activación de quebradas y flujo de detritos en el sector Chacatama (**Figura 5**).

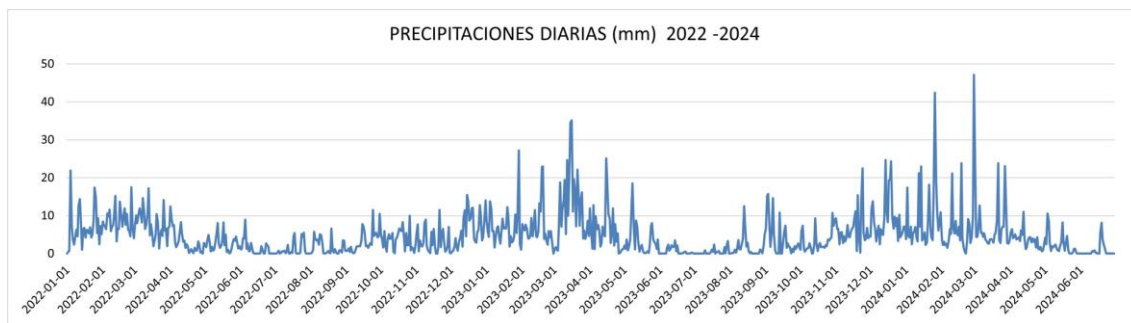


Figura 5. Precipitaciones máximas diarias en mm, registradas en los años 2022 al 2024. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history>.

En el análisis de la figura 6 que compara las temperaturas máximas y mínimas registradas durante el año 2023, basado en datos históricos proporcionados por el servicio aWhere, se observa que la temperatura máxima promedio fue de 17°C, mientras que, la temperatura mínima descendió hasta valores bajo cero, alcanzando un mínimo de -5°C. Estas variaciones térmicas reflejan las condiciones climáticas extremas que caracterizan a la zona durante el periodo analizado (**Figura 6**).



Figura 6. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del año 2023. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history>

1.3.5. Sismos

Para el estudio de movimientos en masa en el sector Chacatama, se analizó la base de datos del IGP, donde se plotea la distribución espacial de los epicentros de sismos ocurridos entre los años 1960 a junio del 2024. Asimismo, se ploteó la traza de las fallas regionales y locales provenientes de la Carta Geológica Nacional (Geocatmin-Ingemmet). El cual, este análisis revela que los sismos superficiales (menores a 30 km de profundidad) con magnitudes entre 4 y 5, podrían estar asociados a las fallas regionales de dirección NNO, así como el Sistema de Fallas Ticlacayán que atraviesa por el lado oeste la zona de San Rafael y Chacatama (**Tabla 4 y Figura 7**).

Las disparadas por sacudidas sísmicas que afectan a un basamento previamente triturado y deformado a lo largo de una compleja historia geológica y tectónica pasada, como el Complejo Metamórfico del Maraón, podrían estar directamente relacionados a la ocurrencia de movimientos en masa, en particular en eventos relevantes que involucren material incompetente, que afectan laderas con pendientes pronunciadas, como las que se observan en el sector Chacatama. Asimismo, estos movimientos sísmicos pueden contribuir significativamente a la inestabilidad de terrenos, incrementando la susceptibilidad por derrumbes y posterior flujo de detritos (**Figura 7**).

Tabla 4. Sismos según su profundidad.

Tipo	Profundidad (km)
Superficiales	0 a 30
Intermedios	30 a 100
Profundos	> 100

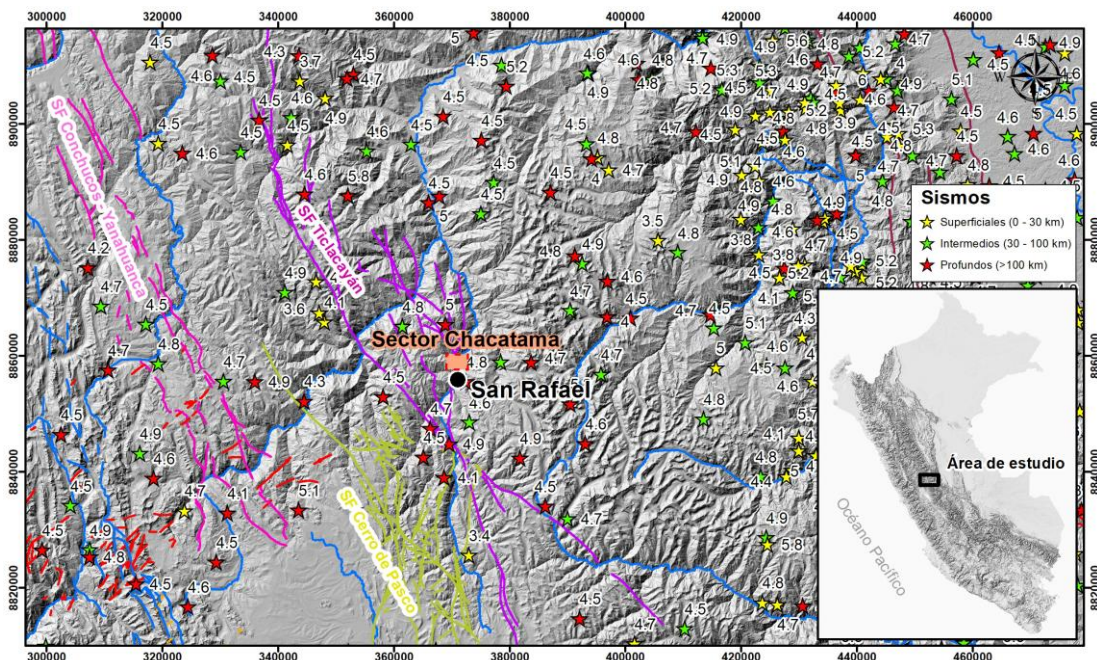


Figura 7. Sismos que podrían estar relacionados a estructuras corticales y Sistema de Fallas (SF) y a los movimientos en masa en el sector Chacatama. Los datos fueron descargados de la plataforma del IGP (<https://ultimosismo.igp.gob.pe/descargar-datos-sismicos>). Fuente: elaboración propia.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales de los tres niveles de gobierno, así como a personal no especializado en geología. En este contexto, se abordan diversas terminologías y definiciones relacionadas con la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos. Para facilitar su comprensión, se han tomado como referencia conceptos clave del libro *“Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas”*, desarrollado por el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). En este informe técnico, se presentan definiciones relevantes explicadas en términos sencillos, como las siguientes:

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 (WPWLI, 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.

Derrumbe. Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

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.

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

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.

Movimiento en masa. Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

Peligros geológicos. Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

Susceptibilidad. Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

Zona crítica. Las zonas o áreas consideradas como críticas, presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según el análisis geológico regional, el sector Chacatama se encuentran dentro de una franja de dirección preferencial NO-SE y N-S compuesta por secuencias de rocas sedimentarias y metamórficas que van desde el Precámbrico hasta el Paleozoico superior. Estas unidades están representadas por el Complejo Metamórfico del Marañón y el Grupo Ambo. El Cuaternario está representado por depósitos coluviales-deluviales, proluvio-aluviales y proluviales principalmente (**Figura 8**).



Figura 8. Unidades litoestratigráficas que afloran en el sector Chacatama. Vista mirando al noroeste.

3.1. Complejo Metamórfico del Marañón

Fue definido por Wilson & Reyes (1964). En el sector Chacatama, esta unidad representa el basamento de las rocas existentes. Aflora ampliamente al pie de la ladera oriental que mira hacia el río Huallaga.

Sus afloramientos se componen por secuencias monótonas constituidas esencialmente de esquistos de cuarzo y metapelitas gris verdosas a oscuras en estructuras con aspecto astilloso. Exhiben una foliación bien definida, su grado de deformación revela una intensa actividad tectónica a la que fue sometida en el pasado, el cual, en superficie se manifestaron a través de fracturas, esquistosidad y discontinuidades. Según la clasificación de rocas ISRM (1981), sus macizos se encuentran muy fracturadas y fuertemente meteorizadas (**Figuras 8 y 8.5**).



Figura 8.5. Corte de carretera situado a la entrada del distrito San Rafael. Se muestra un macizo rocoso constituido por esquistos muy fracturados y fuertemente meteorizados que le dan un aspecto fragmentado a triturado de Complejo Metamórfico del Marañón. Vista mirando al norte.

3.2. Depósitos Cuaternarios

3.2.1. Depósito coluvio-deluvial

Estos depósitos se alojan en la ladera oriental del cerro montañoso que da hacia el río Huallaga. Sus depósitos corresponden a una acumulación sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial combinados con la dinámica deluvial. Estas secuencias están conformadas esencialmente por fragmentos heterométricos de formas subangulosas a subredondeadas envueltos en una matriz arcillo limosa y arenosa. Estas secuencias, por su naturaleza suelta e incompetente se caracterizan por tener una baja cohesión que ofrecen una baja resistencia a la erosión, por lo cual son susceptibles a movimientos en masa (**Figuras 8 y 9**).



Figura 9. Depósitos coluviales-deluviales en la parte media superior de la ladera que mira hacia el río Huallaga.

3.2.2. Depósitos proluviales

Son depósitos acumulados a la salida de quebradas o cauces de mediana longitud, que socavan la cara oriental de la ladera del cerro que da hacia río Huallaga. En ocasiones se extienden y desembocan al este último. (**Figura 8**).

Se caracterizan por ser transportados por flujos de detritos, lodo o huaicos que provienen de la parte alta y son canalizados en quebradas o cauces de corto recorrido. Presentan acumulaciones poco compactas y permeables, susceptibles a procesos de erosión. Están conformados esencialmente por gravas de tamaños heterométricos dispuestos de manera disarmónica en una matriz constituida de arena, limos y arcillas (**Figuras 10 y 11**).

3.2.3. Depósitos proluvio-aluviales

Se trata de materiales transportados y depositados por escorrentía superficial y huaicos antiguos localizados a la salida de la quebrada y cárcava que miran hacia el río Huallaga en el sector Chacatama; que muestran una mezcla con depósitos aluviales transportados por el río, acumulados en sus márgenes.

Los depósitos son de material incompetente constituido de gravas y guijarros de tamaños heterométricos mal seleccionados dispuestos en una matriz areno limosa. Estas secuencias conforman suelos que se caracterizan por presentar baja cohesión y resistencia a la erosión que son fáciles de remover y transportar por escorrentía superficial en épocas de precipitaciones prolongadas y anómalas, relacionados con la activación de quebradas mediante flujo detritos o huaicos (**Figura 10**).



Figura 10. Depósitos proluvio-aluviales y proluviales al pie de la ladera que mira hacia el río Huallaga. Vista mirando al noroeste.



Figura 11. Detalle de los depósitos proluviales al pie de la ladera oriental que mira hacia el río Huallaga. Estos depósitos desembocan a este último. Vista mirando al noroeste.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la propagación de las mismas.

Se tienen seis rangos de pendientes que van de 0° a 1° correspondientes a terrenos llanos; de 1° a 5° como terrenos ligeramente inclinados con pendiente suave; de 5° a 15° definido como pendientes moderadas; de 15° a 25° clasificados como pendientes fuertes; de 25° a 45° correspondiente a pendientes muy fuertes a escarpadas; y, finalmente, aquellas superiores a 45°, consideradas como terrenos muy escarpados.

Para el sector Chacatama, se elaboró un mapa de pendientes a partir de un modelo de elevación digital (DEM) SPOT de 8 m de resolución (**Figura 12**).

En el sector Chacatama, la ladera oriental que mira hacia el río Huallaga se caracteriza topográficamente por su terreno agreste, con una pendiente muy pronunciada e inclinación de 25° a 45°. Esta ladera muestra una clara evidencia con rasgos geomorfológicos que indican actividad geodinámica activa. Sobre esta ladera se tienen cicatrices de derrumbes que modificaron significativamente el relieve del terreno con formas semiescalonadas, asimismo, de procesos de erosión de ladera a manera de cárcavas que disectan y surcan la ladera, a través, de la escorrentía superficial (**Figuras 12 y 13**).

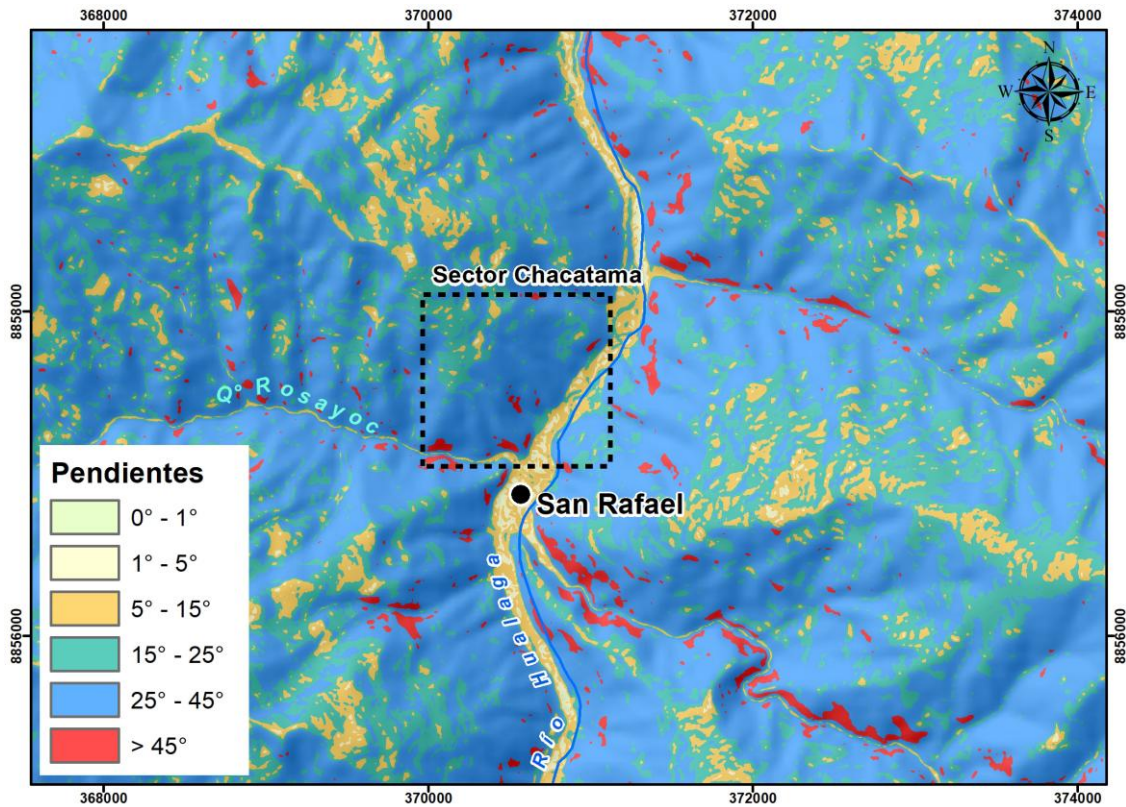


Figura 12. Mapa de pendientes del sector Chacatama, generado a partir de un DEM SPOT de 8 m de resolución.



Figura 13. Relieve del terreno con pendientes muy pronunciadas en el sector Chacatama. Vista mirando al noroeste.

4.2. 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), diferenciándose vertientes y montañas en la que se describen a continuación.

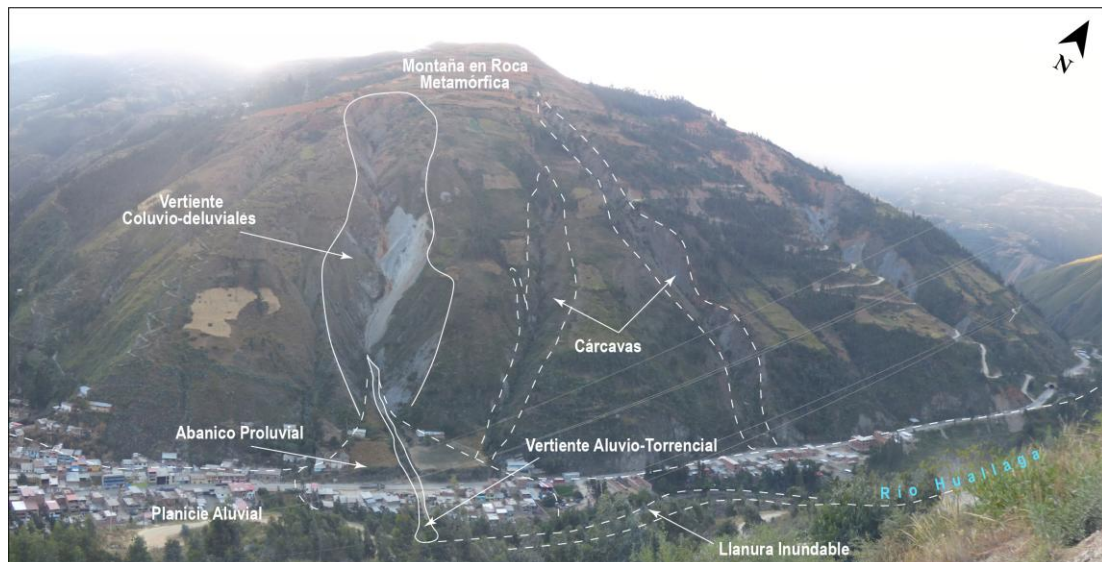


Figura 14. Unidades geomorfológicas en el sector Chacatama. Nótese el relieve accidentado que evidencia una actividad geodinámica activa. Vista mirando al noroeste.

4.2.1. Montañana en roca metamórfica (RM-rm)

Esta unidad se desarrolla ampliamente en el sector Chacatama, y se extiende de manera general a lo largo de la ladera oriental del cerro montañoso disectado por el río Huallaga. Se caracteriza por presentar geoformas modeladas y labradas en rocas metamórficas del Complejo Metamórfico del Marañón, constituido principalmente por esquistos verdes. La topografía de la ladera presenta un relieve ondulado en la parte inferior del talud. Sus pendientes varían de moderadas (5° a 15°) a fuertes (15° a 25°) en las crestas, y muy fuertes (25° a 45°) en su ladera oriental.

Esta montaña se encuentra disectado profundamente por el río Huallaga, cuya acción erosiva dio lugar a la formación de un valle maduro caracterizado por paredes empinadas y pendientes pronunciadas asociado a procesos fluviales y de intensa dinámica aluvial (**Figura 14**).

4.2.2. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

En el sector Chacatama, estas geoformas se emplazan en la parte media a baja de la ladera oriental que mira hacia el río Huallaga (**Figura 14**).

Se trata de laderas con acumulación de materiales coluviales combinados con la dinámica deluvial, conformando secuencias inconsolidadas dispuestas sobre laderas con pendientes muy pronunciadas. Por su pendiente y presentar baja cohesión, ofrecen poca resistencia a la erosión y son fácilmente removidas por escorrentía superficial, lo que les convierte en zonas inestables asociadas a procesos de remoción en masa, así como, derrumbes y erosión en cárcavas.

4.2.3. Vertiente aluvio-torrencial (P-at)

Son depósitos de material inconsolidado que alcanzan su mayor desarrollo en terrenos subhorizontales y planicies con pendientes suaves a moderadas que oscilan entre 5° a 15° y 15° a 25° de inclinación. Están conformadas por acumulaciones de sedimentos transportados por corrientes de aguas estacionales.

En el sector evaluado, se extiende a lo largo de la quebrada por incisión de una cárcava de corto recorrido, sus depósitos fueron acarreados por antiguos flujos de detritos que

desembocan al río Huallaga, estos depósitos alcanzan su mayor extensión principalmente en épocas de precipitaciones anómalas y prolongadas (**Figura 15**).



Figura 15. Vertiente aluvio-torrencial que se aloja al pie de la ladera oriental del cerro montañoso que da hacia el río Huallaga. Vista mirando al noroeste.

4.2.4. Terraza aluvial indiferenciada (T-al)

Se trata de una geoforma caracterizada por una superficie relativamente plana o suavemente ondulada con pendientes suaves que oscilan entre 5° a 15°, formada debido a la acumulación de sedimentos transportados por un sistema fluvial. Se emplaza al pie de la ladera oriental del cerro montañoso y se extiende por el flanco oeste del río Huallaga (**Figura 16**).



Figura 16. Terraza aluvial en la margen izquierda del río Huallaga formando una planicie con pendiente suave que oscila de 5° a 15°.

4.2.5. Abanico proluvial (A-pr)

Esta geoforma se emplaza al pie de la ladera oriental del cerro montañoso, situado en la margen izquierda del río Huallaga. Corresponde a un depósito con estructura y morfología tipo abanico, originado por la depositación de un antiguo flujo de detritos y que desembocó hacia el río Huallaga. Este abanico, constituye una clara evidencia que indica una intensa actividad geodinámica a la que está sometida el sector Chacatama (**Figura 14**).

4.2.6. Cárcavas (CR)

Son geoformas de erosión lineal avanzada caracterizadas por la incisión de cárcavas relativamente profundas que se desarrollan en terrenos inestables poco consolidados y en macizos rocosos muy incompetentes debido a la acción de la escorrentía superficial. Estas cárcavas se emplazan en la ladera oriental del cerro montañoso que mira hacia el río Huallaga, y ponen en evidencia la intensa actividad geodinámica a la que está sometida la ladera, especialmente en épocas de precipitaciones anómalas. Asimismo, actúan como agentes o canales por donde discurre el agua, convirtiéndose en zonas susceptibles a generar flujos de detritos (**Figura 14**).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área estudiada se identificaron y cartografiaron varios procesos de movimientos en masa, lo que configuran como peligros geológicos según la clasificación sugerida por el “Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007”.

En el sector Chacatama, se describen los principales peligros geológicos que son objeto de estudio en el presente informe.

5.1. Movimientos en masa en el sector Chacatama

La caracterización de estos eventos en el área evaluada, se realizó en base al análisis a detalle de los rasgos geológicos, geomorfológicos y geodinámica, durante los trabajos de campo y gabinete. Se identificaron y cartografiaron los diferentes tipos de movimientos en masa a través de la toma de datos estructurales que conlleva esta misma, basado principalmente en la observación y caracterización morfométrica in situ; de igual modo se tomaron capturas de imágenes y fotografías a nivel de terreno, complementada con el análisis de imágenes satelitales de la plataforma Google Earth y Sentinel 2.

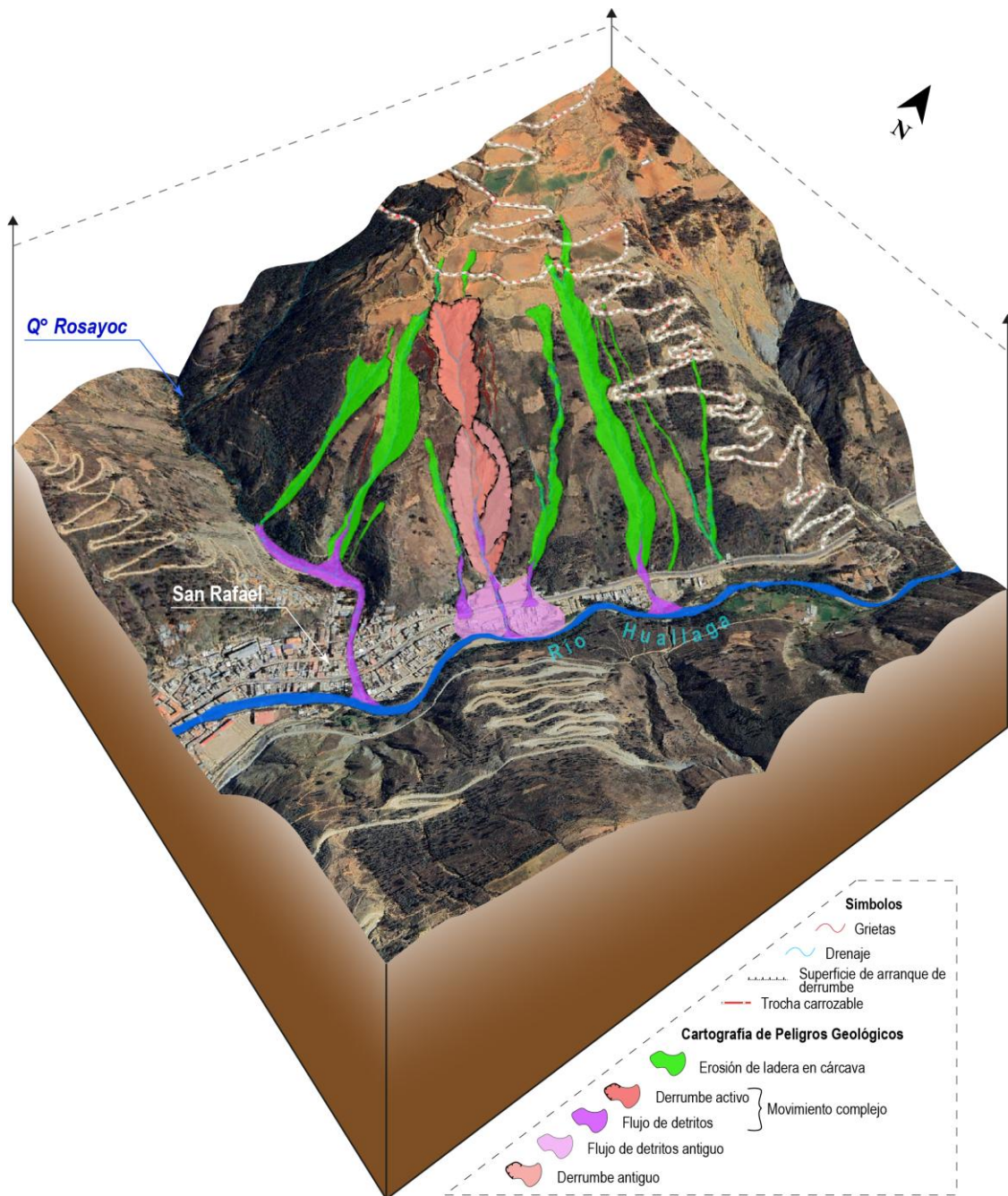


Figura 17. Block diagrama tridimensional esquemático donde se muestra la cartografía de peligros geológicos en el sector Chacatama. Aquí, se pone en evidencia la intensa actividad geodinámica de la ladera oriental del cerro montañoso, margen izquierda del río Huallaga.

5.1.1. Derrumbe-flujo de detritos (movimiento complejo)

En el sector Chacatama, la ladera de pendiente pronunciada que se extiende en la margen izquierda del río Huallaga, presenta evidencias del desarrollo de una antigua cárcava que aparentemente tuvo un gran poder erosivo, producto de ello, provocó el ensanchamiento y su rápida profundización, que posteriormente, ha dado lugar a la formación y generación de una zona altamente susceptible a derrumbes, tal es el caso, el evento tipo derrumbe-flujo originado recientemente, el cual es materia de análisis en el presente informe (**Figuras 17 y 18**).

Este evento se localiza en la parte media de la ladera oriental del cerro montañoso, ahí se produjo un derrumbe que, por sus características del movimiento se convirtió en flujo de detritos en la parte distal y que involucró material coluvio-deluvial y suelos residuales provenientes de los macizos incompetentes del Complejo Metamórfico del Marañón (**Figura 18**).

El derrumbe tiene una geometría semicircular muy elongada con una tendencia en dirección NO-SE; tiene un ancho con longitud de ~109 m en su zona proximal y ~56 m en su zona más distal, que, en total comprometió un área de ~2.5 ha (**Figura 17**). La superficie de ruptura, es decir, la zona de arranque tiene una longitud de ~817 m, y presenta una morfología semicircular irregular y continua. Los saltos causados por el movimiento, dejaron expuesta un desnivel que van de 2 a 4 m en la vertical con respecto al terreno (**Figura 19**).

En la zona de arranque del derrumbe, entre sus flancos más próximos se observan grietas tensionales dispuestos de manera longitudinal y paralela a la dirección del movimiento. Presentan una morfología rectilínea a sinuosa, que en conjunto abarcan un ancho aproximado de 40 m de deformación del terreno (**Figura 18**).

Este derrumbe involucró material coluvio-deluvial saturado que rápidamente se convirtió en flujo de detritos y que, se desplazó aguas abajo en dirección hacia la carretera asfaltada y parte de la población asentada (**Figura 18**).

El flujo de detritos generado tiene una geometría circular muy alargada de forma estrecha, que discurre en una dirección de NO-SE. En la zona de origen inicia con un ancho de 3 m, que luego se canaliza siguiendo el cauce de la quebrada hasta desembocar hacia una zona más llana, abriéndose paso y extendiéndose en forma de un abanico de medianas dimensiones hacia la carretera asfaltada Huánuco-San Rafael (**Figura 20**). Parte del material residual sigue su trayecto a través de una trocha carrozable que funciona como cauce hasta desembocar al río Huallaga. Este último avance, afecta lateralmente las viviendas y construcciones precarias de la población asentada en la misma dirección del flujo (**Figura 21**).

Por otro lado, se evidencian flujos de detritos de pequeña magnitud a la salida de las quebradas que presentan erosión tipo cárcavas. Estos flujos caen sobre la carretera asfaltada, comprometiéndola de manera incipiente. Sin embargo, estos flujos podrían incrementar su magnitud durante avenidas anómalas y prolongadas (**Figura 17**).

5.1.1.1. Características visuales del evento derrumbe-flujo

- Zona arranque: Parte media de la ladera, margen izquierda del río Huallaga.
- Superficie de ruptura: ~817 m
- Morfología de la zona de arranque: Semicircular muy elongada
- Ancho máximo: ~109 m
- Ancho mínimo: ~56 m
- Pendiente: Muy fuerte que oscila entre 25° a 45°
- Área comprometida: ~2.5 ha
- Zona de inicio del flujo de detritos: Media-baja de la ladera
- Morfología del flujo de detritos: Semicircular alargada y estrecha
- Pendiente del flujo de detritos: Zona de inicio 25° a 45°, zona de transporte 5° a 15° y zona de acumulación 1° a 5°
- Longitud de recorrido: ~287 m
- Dirección del movimiento: NO-SE

- Áreas afectadas: Carretera asfaltada, viviendas asentadas al pie del talud
- Zona de desembocadura: Río Huallaga

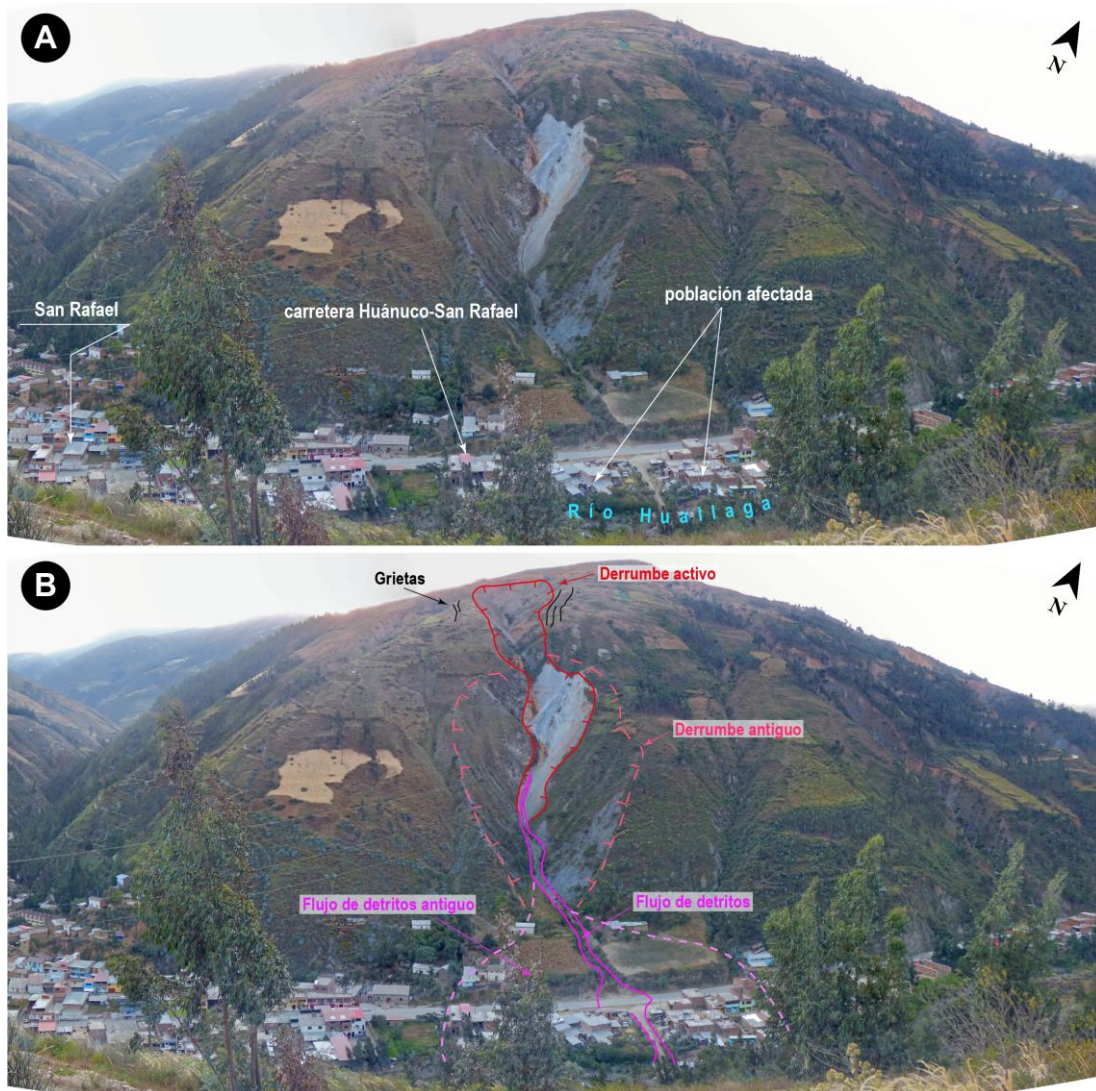


Figura 18. Vistas comparativas de los procesos de movimientos en masa en el sector Chacatama. A) y B) Se observa eventos de derrumbe-flujo en la margen izquierda del río Huallaga, además de la población propensa a ser afectada ante un evento mayor, esto debido al antecedente de un flujo de detritos antiguo ubicado al pie de la ladera. Nótese, el relieve con pendiente muy pronunciada de la ladera afectada. Vista mirando al noroeste.

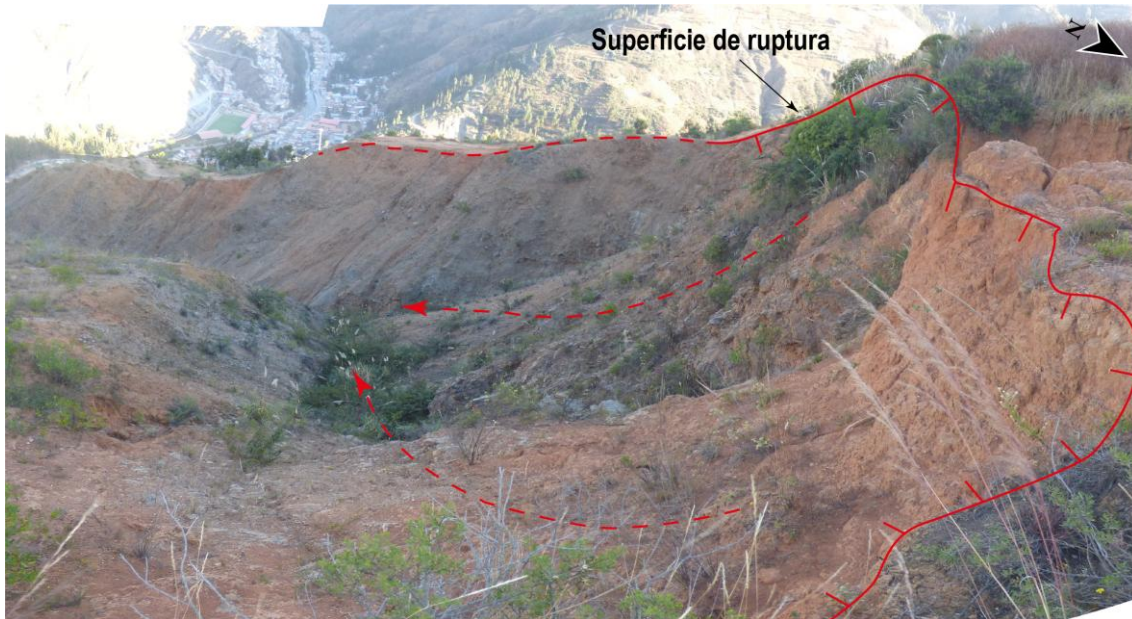


Figura 19. Detalle de la superficie de ruptura, es decir, la zona de arranque del derrumbe que originó posteriormente el flujo de detritos en el sector Chacatama. Vista mirando al suroeste.

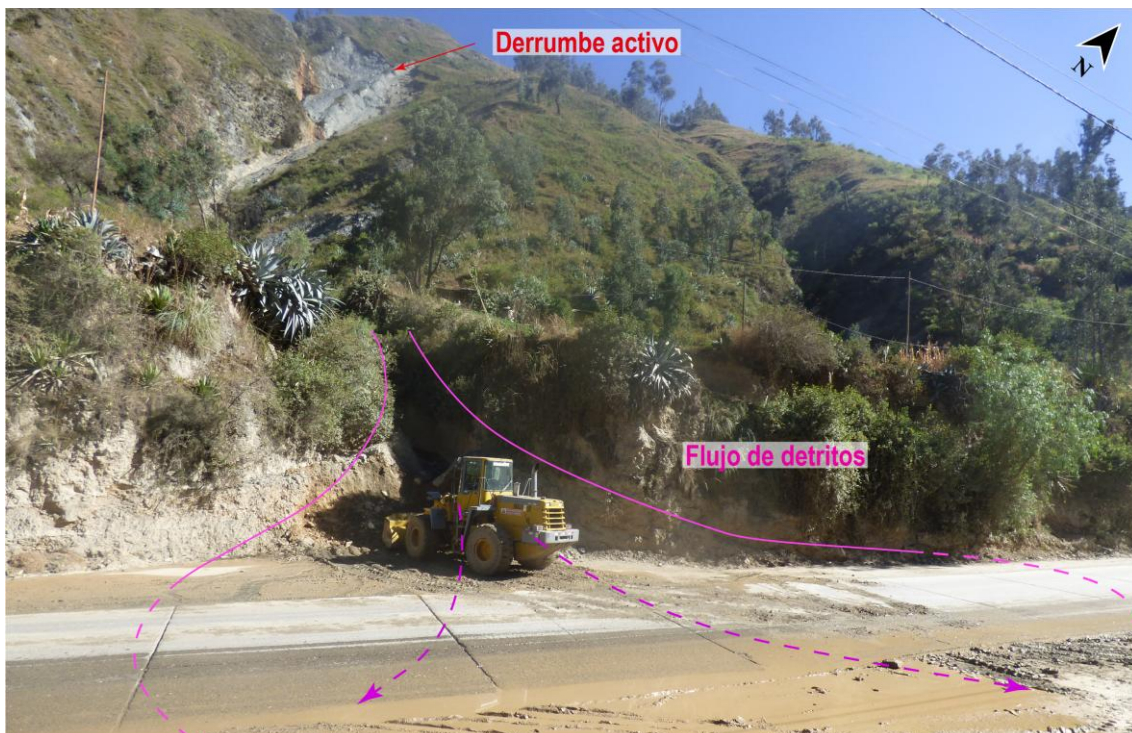


Figura 20. Flujo de detritos que afectó parte de la carretera Huánuco-San Rafael. Vista mirando al noroeste.



Figura 21. Flujo de detritos que se abre paso en la misma dirección de una trocha carrozable que se dirige hacia el río Huallaga. Este evento afectó lateralmente a la población asentada al pie de la ladera. Nótese, el nivel precario de la construcción. Vista mirando al noroeste.

5.1.2. Erosión de ladera (Cárcavas)

En el sector Chacatama ocurren procesos erosivos que se manifiestan a través de cárcavas, los cuales aprovecharon en desarrollarse a lo largo de incisiones generadas producto de la escorrentía superficial.

En el contexto geológico, estas cárcavas se originaron en una ladera con pendiente pronunciada, sobre suelos residuales limoarcillosos, de poco espesor, que derivaron de macizos incompetentes de esquistos y metapelitas del Complejo Metamórfico del Marañón altamente meteorizadas y muy fracturadas que, previamente fueron afectados por una intensa actividad tectónica a la que fue sometida en el pasado. Estas características suelo-roca incompetentes propiciaron la generación y rápida evolución de las cárcavas.

En la zona evaluada, se identificaron siete cárcavas que se sitúan paralelas al derrumbe-flujo, sus características morfológicas están confinadas a la topografía agreste y a la intensa actividad geodinámica a la que está sometida, lo que revela una interacción dinámica entre la erosión superficial y la inestabilidad del terreno (**Figura 22**).

Dentro de ellas, las cárcavas denominadas 1, 2 y 3 toman relevancia por su impacto negativo y riesgo significativo para la población asentada ladera abajo. La cárcava 1 tiene una geometría a manera de una franja alargada y estrecha con cierta sinuosidad, en el que, tiene una longitud de ~558 m, mientras que, de ancho tiene un promedio de 25 m y presenta una incisión en forma de "V" que expone paredes subverticales de 2 a 8 m de altura (**Figura 23**).

La cárcava 2, presenta una geometría rectangular muy alargada y algo bandeada, recorre una longitud de ~658 m, y en promedio presenta un ancho de 41 m. El nivel de profundización de esta cárcava pone en evidencia 4 a 12 m entre sus paredes laterales. Mientras que, la cárcava 3, se desarrolló inmediatamente paralela al flanco derecho del derrumbe-flujo, se trata de una cárcava de menores dimensiones, tiene una longitud de ~262 m y 15 m de ancho en promedio (**Figura 23**).

En conjunto, estas cárcavas guardan relación, debido a que, a la salida de sus cauces presentan flujos de detritos de menor proporción, que discurren sobre la carretera Huánuco-San Rafael. No obstante, podrían incrementar su capacidad erosiva durante precipitaciones anómalas, y aumentar el volumen de los flujos afectando población establecida al pie del talud (**Figuras 22 y 23**).

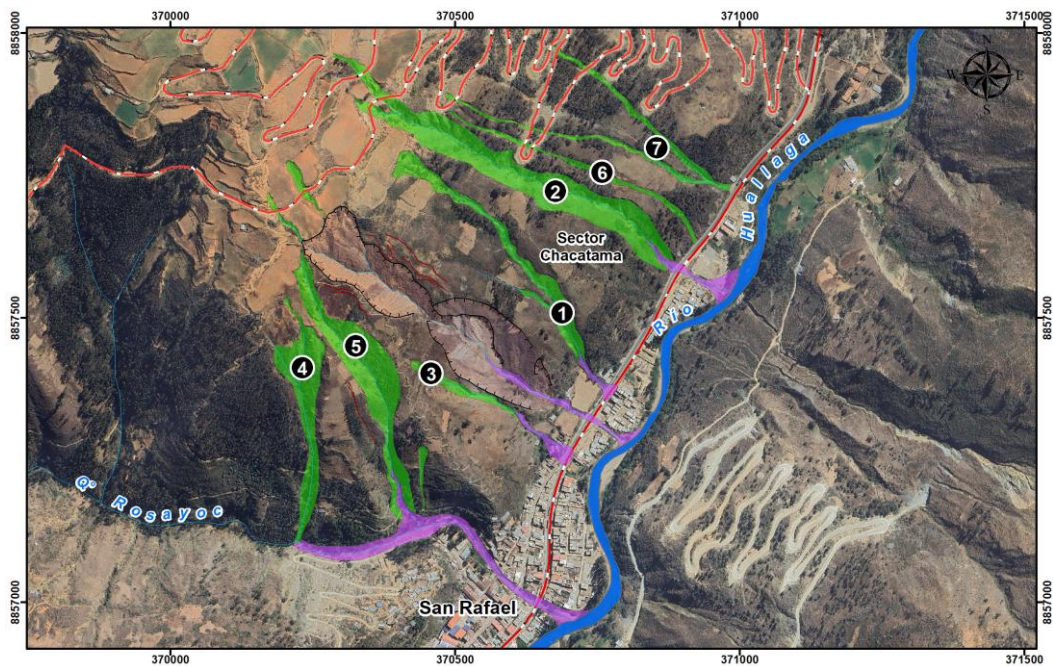


Figura 22. Procesos de erosión de ladera en cárcavas en el sector Chacatama. Nótese, la interacción de estos procesos con la generación de flujos de detritos que afectan población asentada al pie de la ladera, margen izquierda del río Huallaga.

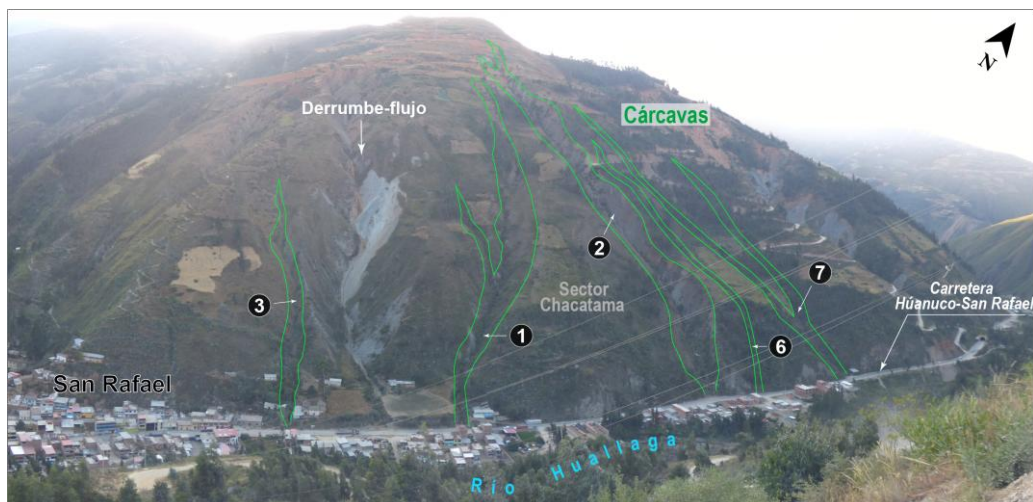


Figura 23. Detalle de las cárcavas emplazadas en la ladera oriental del cerro montañoso. Estas cárcavas ponen en evidencia una intensa actividad geodinámica en la ladera. Vista mirando al noreste.

5.2. Factores condicionantes

Los factores condicionantes que están relacionados a los procesos de movimientos en masa se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Litológico	- El substrato rocoso representado por el Complejo Metamórfico del Maraón está constituido por secuencias deformadas y muy foliadas de esquistos de cuarzo y metapelitas muy fracturadas con fuerte meteorización superficial. Estas características las convierte en zonas altamente inestables confinadas a la generación de procesos de movimientos en masa, como derrumbes, flujo de detritos y erosión en ladera tipo cárcavas. - Los depósitos coluvio-deluviales, representan secuencias muy incompetentes que, provienen de suelos residuales y antiguos depósitos que, fueron afectados por una dinámica deluvial y están constituidos por fragmentos heterométricos inmersos en una matriz limoarcillosa y arenosa. Por su naturaleza suelta e inconsolidada, se caracterizan por tener baja cohesión que ofrecen poca resistencia a la erosión, lo que las convierten en zonas susceptibles a remoción.
Geomorfológico	- En el sector Chacatama, los eventos ocurridos se ocurrieron en una ladera con pendiente pronunciada muy fuerte que oscila entre 25° a 45°. Mientras que, al pie de la ladera, estos eventos alcanzaron su máxima extensión, en el que, se desarrollaron sobre pendientes suaves a moderados que van de 1° a 5° y de 5° a 15° respectivamente. - Las geoformas originadas, así como, la vertiente coluvio-deluvial se sitúa en la parte media-baja de la ladera del cerro montañoso, conformados por depósitos acumulados por la acción combinada de procesos gravitacionales y la dinámica deluvial, dispuestos en terrenos con pendiente muy pronunciada que oscilan entre 25° a 45°. Son producto de procesos de movimientos en masa, como, derrumbe-flujo de detritos y erosión en cárcavas.

5.3. Factores detonantes o desencadenantes

Los principales factores desencadenantes que están asociadas a la ocurrencia de movimientos en masa se detallan a continuación.

Tabla 7. Factores desencadenantes por movimientos en masa.

Factores desencadenantes	Características asociadas
Precipitaciones	Intensas precipitaciones pluviales registradas de manera excepcional y prolongada, principalmente entre los meses de enero a abril.
Sismos	Ocurrencia de sismos superficiales podrían estar relacionados con la inestabilidad de laderas y con depósitos coluvio-deluviales acumulados en pendientes muy pronunciadas, tal como se muestra en la figura 7.
Antrópicos	- Cortes de carretera que contribuyen significativamente con la inestabilidad del terreno ubicados al pie de la ladera del cerro montañoso que mira hacia el río Huallaga. - El uso de suelos para actividad agrícola que remueven material en la parte media-alta de la ladera.

6. CONCLUSIONES

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

- 1) En el sector Chacatama, el basamento rocoso está constituido por el Complejo Metamórfico del Maraón compuesto por esquistos y metapelitas con una foliación bien definida, que revela una intensa actividad tectónica a la que fue sometida en el pasado; que se manifiesta en superficie a manera de fracturas, esquistosidad y discontinuidades. Estas rocas se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas, típicas de secuencias metamórficas. Estas condiciones las convierten en zonas altamente susceptibles a generar procesos de movimientos en masa.
- 2) Los depósitos coluvio-deluviales, representan secuencias incompetentes provenientes de suelos residuales y de antiguos procesos de movimientos en masa que fueron afectados por una dinámica deluvial y que están constituidos por fragmentos heterométricos de formas subangulosas y subredondeadas envueltos en una matriz arcillo limosa y arenosa. Por su naturaleza suelta e inconsolidada, se caracterizan por tener una baja cohesión que ofrecen una baja resistencia a la erosión, que favorecieron la ocurrencia de movimientos en masa.
- 3) Desde una perspectiva geomorfológica, los eventos suscitados en el sector Chacatama, se presentan en una ladera con pendiente muy pronunciada a muy fuerte (entre 25° a 45°); labrada en roca metamórfica. Las geoformas originadas de vertiente coluvio-deluvial, conforman depósitos de material inconsolidado que fueron dispuestos sobre una ladera con pendiente muy fuerte. Estas características del terreno, son fuentes que favorecen los procesos de remoción.
- 4) El evento ocurrido en el sector Chacatama, se instala en la parte media de la ladera oriental del cerro montañoso, margen izquierda del río Huallaga. Allí se produjo un derrumbe que, por sus características y emplazamiento se convirtió en flujo de detritos asimilando material coluvio-deluvial y suelo residual de un substrato rocoso incompetente que afecta parte de la población asentada quebrada abajo.
- 5) Las cárcavas originadas por la escorrentía superficial, afectan peligrosamente la ladera oriental del cerro montañoso, sector Chacatama. Contribuyen significativamente a la inestabilidad del terreno, favoreciendo la sobresaturación del suelo durante épocas de precipitaciones anómalas y prolongadas, pudiendo desencadenar en derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos afectando la población establecida ladera abajo.
- 6) De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al sector Chacatama como **Zona Crítica y Peligro Alto** ante la ocurrencia de derrumbes y flujos de detritos, así también, como erosión de ladera tipo cárcavas que comprometen población asentada ladera abajo, e infraestructura local, como es la carretera asfaltada Huánuco-San Rafael.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el sector Chacatama.

Transversales a autoridades y población

- 1) Incluir los peligros geológicos identificados por el Ingemmet en los planes específicos de la Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad distrital de San Rafael.
- 2) Identificar rutas de evacuación y zonas seguras ante la ocurrencia de peligros geológicos. Posteriormente, implementar simulacros de evacuación y simulaciones, con la finalidad de contar con una respuesta rápida y adecuada en situaciones de emergencia.
- 3) Implementar Sistemas de Alerta Temprana-SAT en coordinación con el INDECI, para la inmediata evacuación de la población ante la ocurrencia de un movimiento en masa.
- 4) Elaborar evaluaciones de riesgo (EVAR) con el objetivo de determinar las medidas de control de riesgo definitivas frente a los peligros. Es necesario esta medida en sectores o poblados donde estos peligros puedan ocurrir y causar daños a la infraestructura local, así como, vías de acceso, viviendas, entre otros.

Ante derrumbes

- a) Construir zanjas de coronación en la cabecera de la zona de arranque con una sección de concreto armado u otro material impermeable (geomembranas o arcillas), con el objetivo de derivar las aguas de escorrentía superficial a otro cauce.
- b) Sellar los agrietamientos a fin de evitar la infiltración de agua durante lluvias intensas y prolongadas.
- c) Reforestar las laderas con especies nativas y raíces densas a fin de contribuir con una mayor resistencia y cohesión a los suelos incompetentes.
- d) Riego por goteo para la actividad agrícola localizadas en la parte media-alta de la ladera. Las mangueras deben estar en buenas condiciones para evitar fugas de agua hacia el terreno que podrían causar sobresaturación del suelo y la reactivación de derrumbes.

Ante flujo de detritos

- a) Implementar la descolmatación y mantenimiento periódico del cauce de la quebrada después de cada época de precipitaciones.
- b) Considerar la construcción de defensas ribereñas como enrocado o muros de piedra en puntos más críticos a lo largo del cauce de la quebrada. Ello debe ser ejecutado por profesionales técnicos con experiencia en la materia.

Ante cárcavas

- a) Implementar una infraestructura o sistema de drenaje pluvial, teniendo como referencia las quebradas adyacentes como principales recolectores de la escorrentía superficial, a fin de disminuir la saturación del terreno.

- b) Realizar la limpieza de las cárcavas con la finalidad de tener un adecuado drenaje, esto evitará desbordes hacia zonas inestables.
- c) Realizar el monitoreo del avance retrogresivo, ensanchamiento y profundización de las cárcavas, los cuales contribuyen a la inestabilidad y sobresaturación del terreno.
- d) Realizar un control en los procesos de erosión en cárcavas y flujos de detritos, mediante la construcción de muros o diques para reducir la energía y poder erosivo de la escorrentía.
- e) Reforestar las laderas formadas por los procesos de carcavamiento, y zonas aledañas, para evitar el avance retrogresivo.
- f) Construcción de barreras dinámicas a lo largo del cauce de la quebrada, para atenuar la velocidad del flujo.



Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS



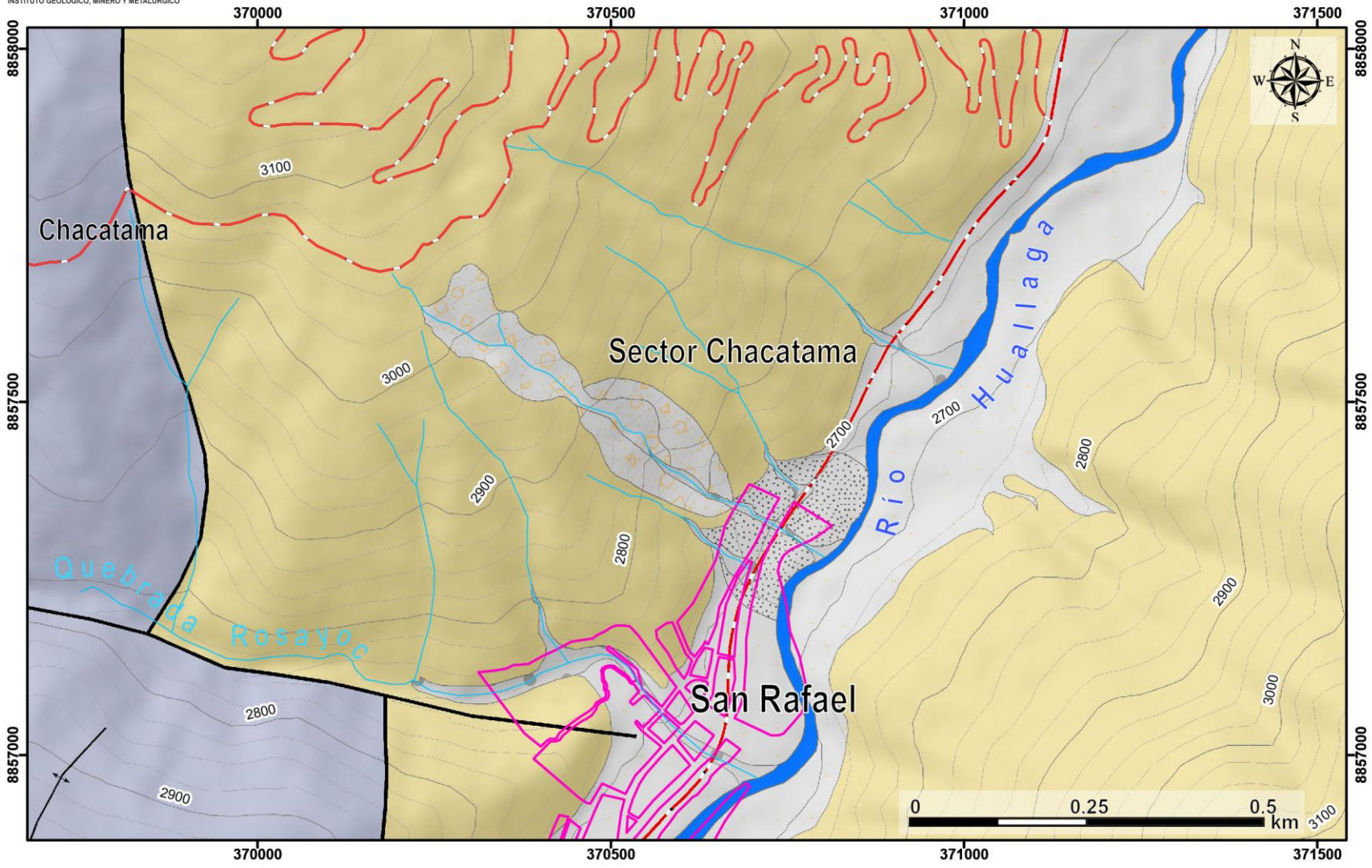
Ing. BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Cobbing, J.; Quispesivana, L. & Paz, M. (1996). Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores. Hojas: 21-k, 22-k, 23-k. Lima Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 238 p. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional N°77.
- Cueva, E. & Chumpitaz, M. (2024). Geología del cuadrángulo de Ambo (hojas 21k1, 21k2, 21k3 y 21 k4). Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 124 p. 4 mapas. INGEMMET, Boletín Serie L: Carta Geológica Nacional, 64.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 1. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 23, 330 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017). Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
- ISRM (1981). Suggest method for the quantitative description of discontinuities in rock masses: International Journal of Rock Mechanics, Min. Sci. & Geomech. Abstr. V. 18, p. 85-110.
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica, SENAMHI (2020). Mapa de clasificación climática del Perú. Lima, Perú.
- Suárez Díaz, J. (2007). Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1a ed.). Erosion.com.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes, en Shuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9-23.
- Wilson, J.J. & Reyes, L. (1964). Geología del cuadrángulo de Pataz. Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín 9, 91 p.
- WP/WLI, (1993). A suggest method for describing the activity of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, N°47. p. 53-57.
- Zavala, B.; & Vílchez, M. (2006). Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. Boletín N°34, Serie C. INGEMMET.

ANEXO 1: MAPAS

Sector Chacatama



Unidades litoestratigráficas

- Depósitos proluviales
- Depósitos proluvio-aluviales
- Depósitos coluvio-deluviales
- Depósitos aluviales
- Grupo Ambo
- Complejo Metamórfico del Maraón

Símbolos

- Falla
- Anticlinal
- Drenaje
- Curvas de nivel
- Río Huallaga
- Carretera asfaltada
- Trocha carrozable
- Catastro (San Rafael)



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

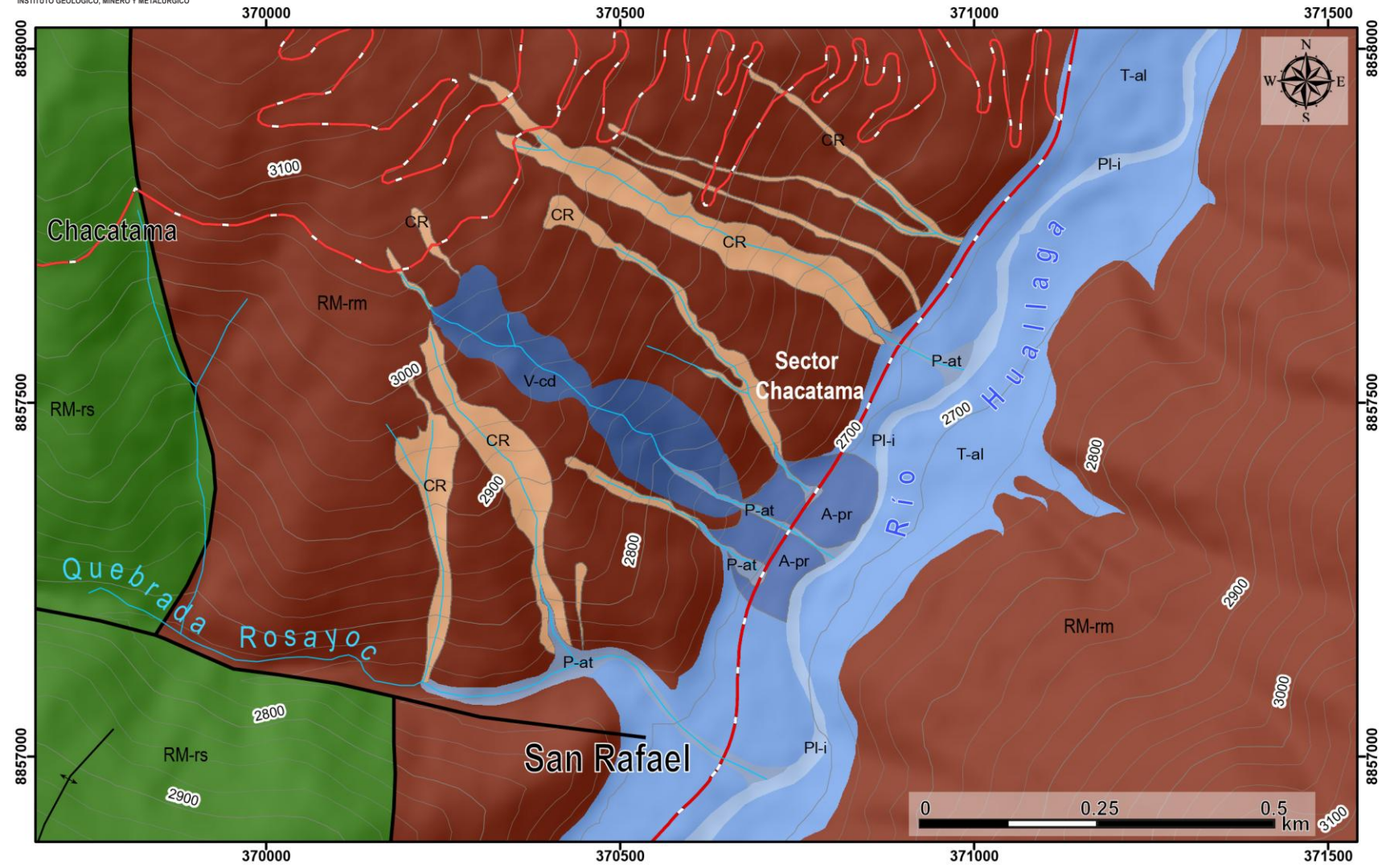
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa Geológico
Sector Chacatama

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2024. Versión impreso: 2024

01



Unidades geomorfológicas

	P-at	Vertiente aluvio-torrencial		A-pr	Abanico proluvial
	T-al	Terraza aluvial indiferenciada		RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
	V-cd	Vertiente coluvial-deluvial		RM-rm	Montaña en roca metamórfica
	PI-i	Llanura inundable		CR	Cárcava

Símbolos

	Drenaje
	Curvas de nivel
	Trocha carrozable
	Carretera asfaltada

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

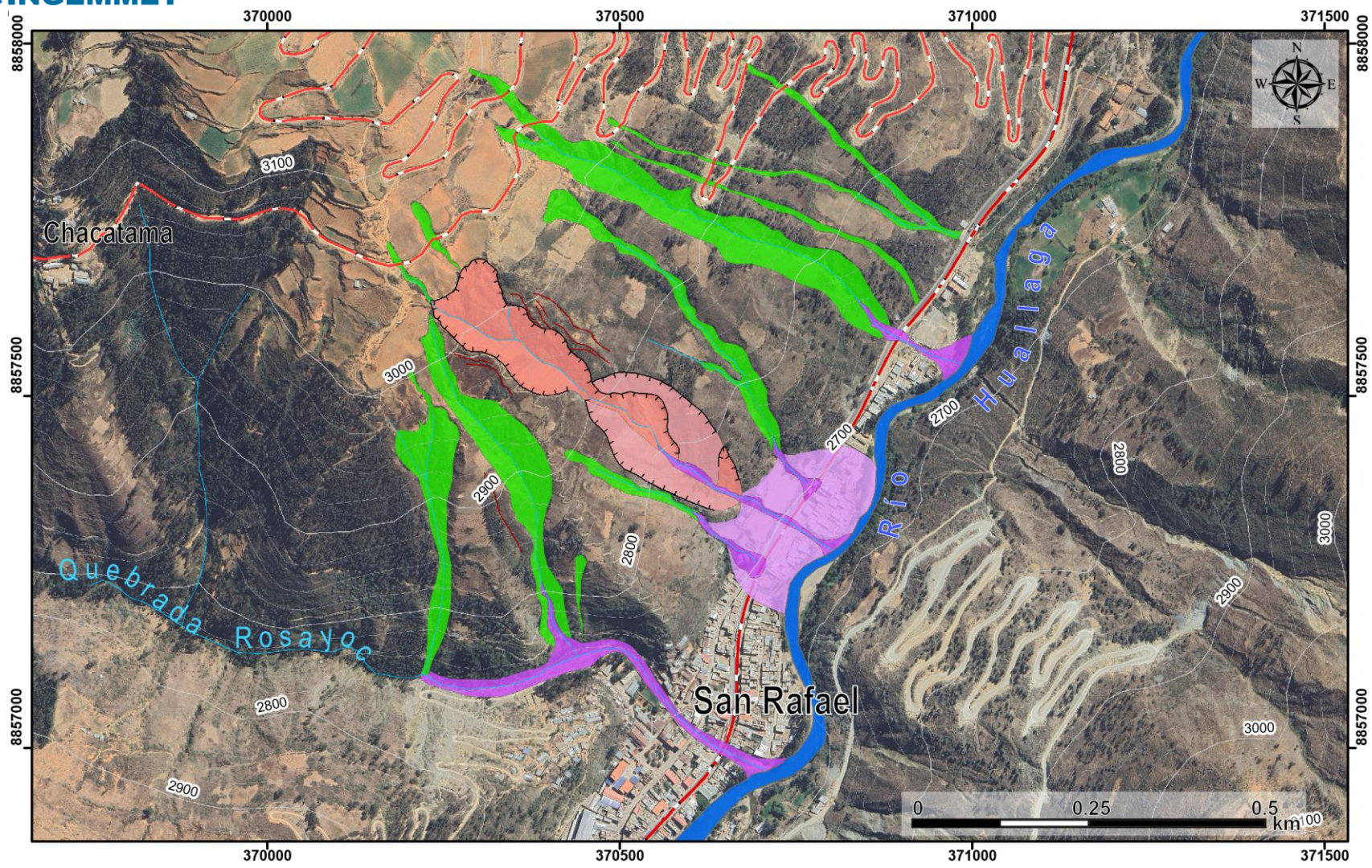
DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

**Mapa Geomorfológico
Sector Chacatama**

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2024. Versión impreso: 2024

02



Cartografía de peligros geológicos

Derrumbe activo	} Movimiento Complejo	Derrumbe antiguo
Flujo de detritos		Flujo de detritos antiguo
		Erosión de ladera (cárcava)

Símbolos

Superficie de arranque de derrumbe	Curvas de nivel	Carretera asfaltada
Grietas	Río Huallaga	
Drenaje	Trocha carrozable	

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Cartografía de peligros geológicos Sector Chacatama

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2024, Versión impreso: 2024

03

ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS

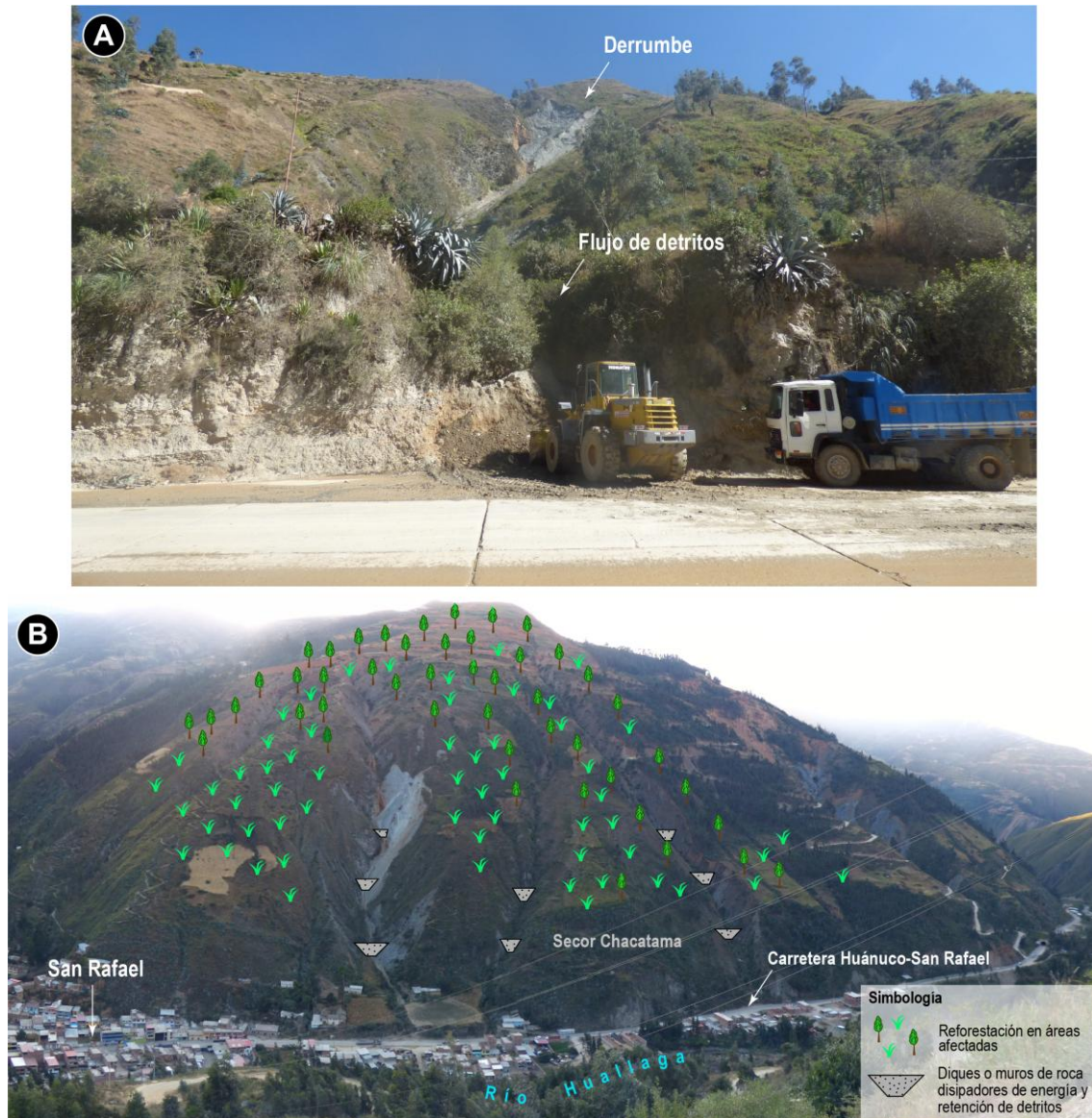


Figura 24. A) En la imagen de arriba, ejemplo de cómo implementar descolmatación y limpieza periódica a la salida del cauce afectada por flujo de detritos. B) Construcción de diques o muros de roca con el objetivo de disipar la energía de la escorrentía y retener detritos. Además, de ejemplo de implementar un programa de reforestación con plantas y árboles en las áreas afectadas con movimientos en masa. La escala es referencial. Estos trabajos deben ser realizados por profesionales con experiencia en la materia. Fuente: Elaboración propia.

Para derrumbes

Zanjas de coronación

Las zanjas de coronación, ubicadas en la corona, encima de superficies de ruptura o en la parte superior de un talud, cumplen la función de interceptar y canalizar eficientemente y de manera adecuada las aguas de pluviales, evitando su infiltración y luego debilitar el talud. Estas estructuras no deben construirse demasiado próximos al borde superior del talud, ya que podría contribuir a la inestabilidad y desequilibrio del talud, lo que actuaría como factor desencadenante ante nuevos derrumbes o desarrollo de nuevas superficies de falla de movimientos en masa (**Figura 25**).

Es fundamental realizar un mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de coronación, con el objetivo de garantizar su funcionamiento eficazmente y prevenir obstrucciones o deterioros que puedan comprometer la estabilidad del talud. La acumulación de sedimentos, colapso parcial de las paredes o la misma erosión interna pueden alterar su capacidad de drenaje, lo que aumentaría significativamente su infiltración y afectar la resistencia del suelo.

Pueden ser de dos tipos:

- **Zanjas de talud.** Son las que siguen la línea de máxima pendiente del talud y son aplicables cuando los derrumbes o deslizamientos están situados a poca profundidad (**Figura 26**).
- **Zanjas horizontales.** Son paralelas al talud y se sitúan próximos al hombro del talud. Son útiles los drenes en forma de “*espina de pescado*” (**Figura 27**), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas afectadas debe tener buena vigilancia.

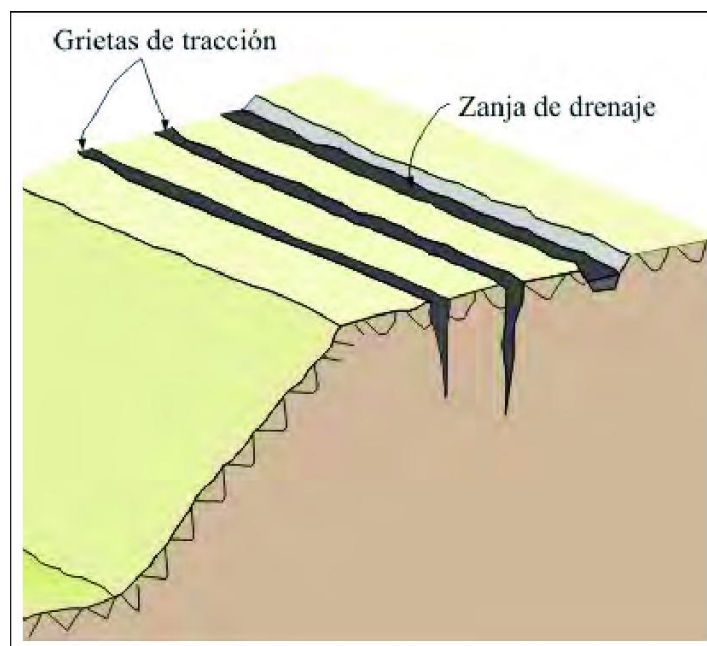


Figura 25. Zanjas o canales de coronación para derrumbes o deslizamientos. Tomado de INGEMMET (2000).

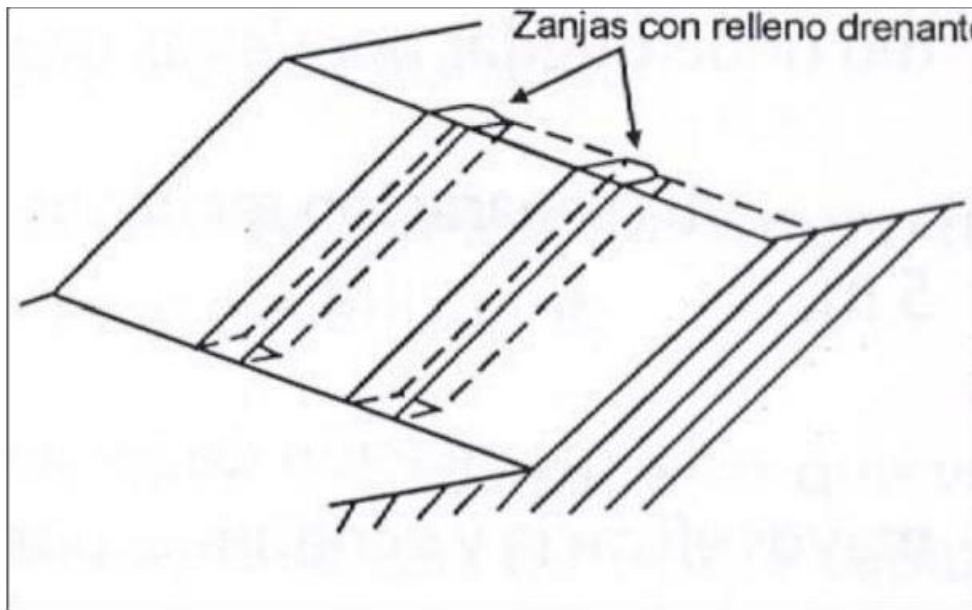


Figura 26. Zanjas de talud. Tomado de INGEMMET (2000).



Figura 27. Drenaje tipo espina de pescado. Tomado de INGEMMET (2000).

Reforestación o revegetación

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).

El control de erosión con plantas debe considerar la utilización de plantas locales y de raíces densas (**Figuras 28 y 29**).

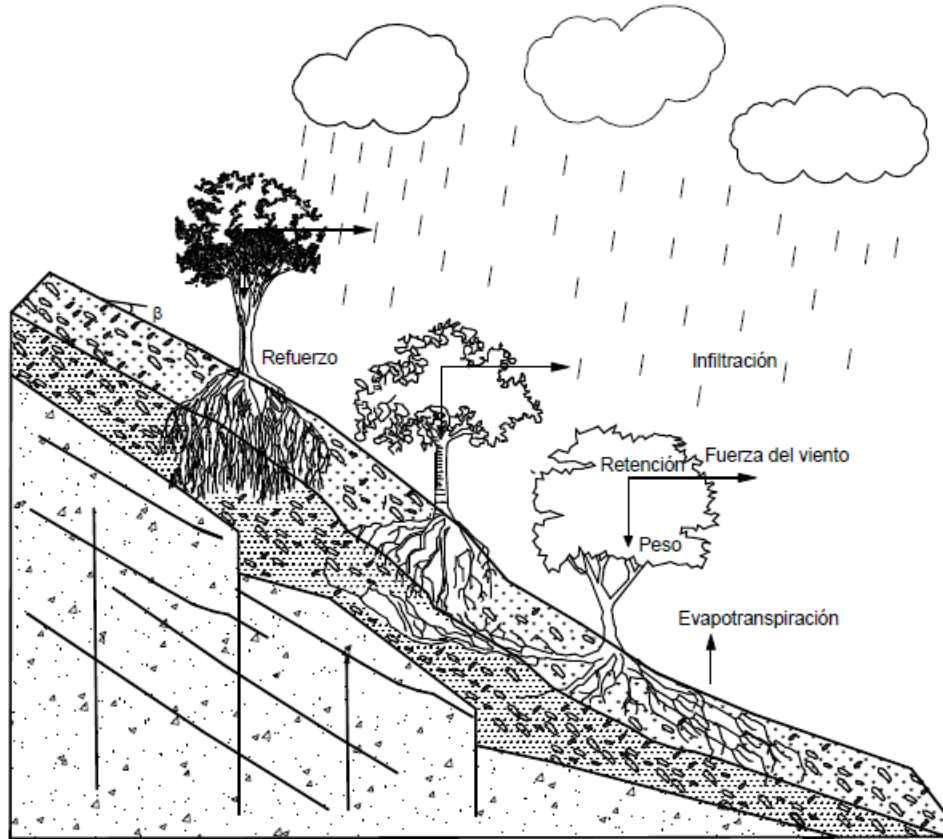


Figura 28. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz (2007).



Figura 29. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) para reforestación de taludes inestables.

Para cárcavas

Las cárcavas son el resultado de la erosión superficial, precedida por la erosión en forma de salpicadura, laminar y en surcos; al aumentar el volumen de escorrentía o su velocidad. En muchos casos estas formas de erosión alcanzan estados de gran avance y desarrollo, de difícil control posterior.

Considerando las condiciones geomorfológicas-geológicas y los peligros geológicos evaluados se debe llevar un manejo adecuado de conservación de suelos cuyos 3 principios fundamentales son:

- Reducir la velocidad de la escorrentía que define la energía con la cual se transportan y emplazan los materiales.
- Favorecer la infiltración del agua.
- Crear cobertura vegetal.

Las medidas de prevención y mitigación son las siguientes:

- Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales de la zona urbana del sector evaluado, evacuando sus aguas hacia otras quebradas.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (**Figura 30**), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Promover el desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (**Figura 31**).
- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas.
- En las partes altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida del terreno; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.

Realizar un monitoreo diario del movimiento de los deslizamientos y ocurrencia de derrumbes, con el fin de estar prevenidos.

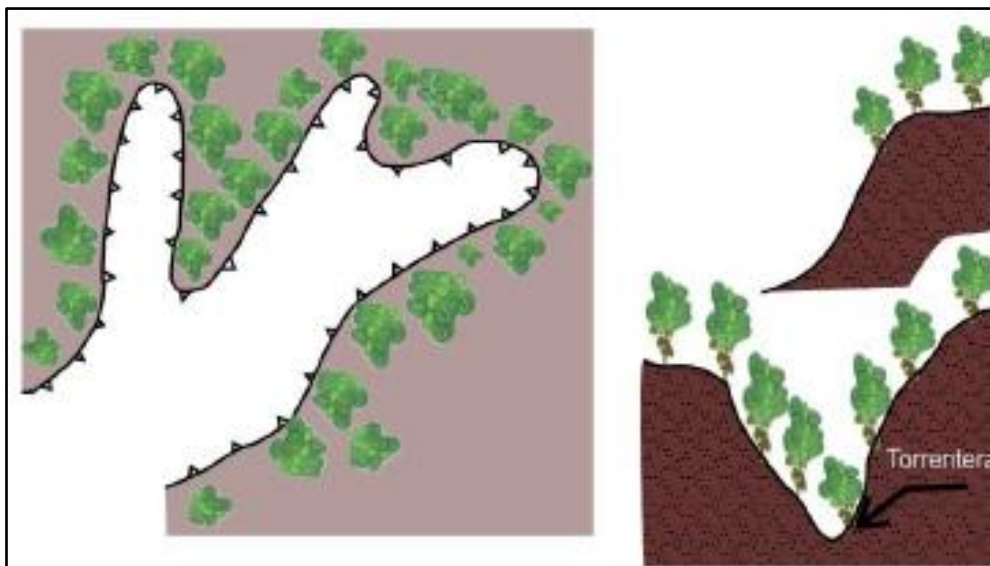


Figura 30. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

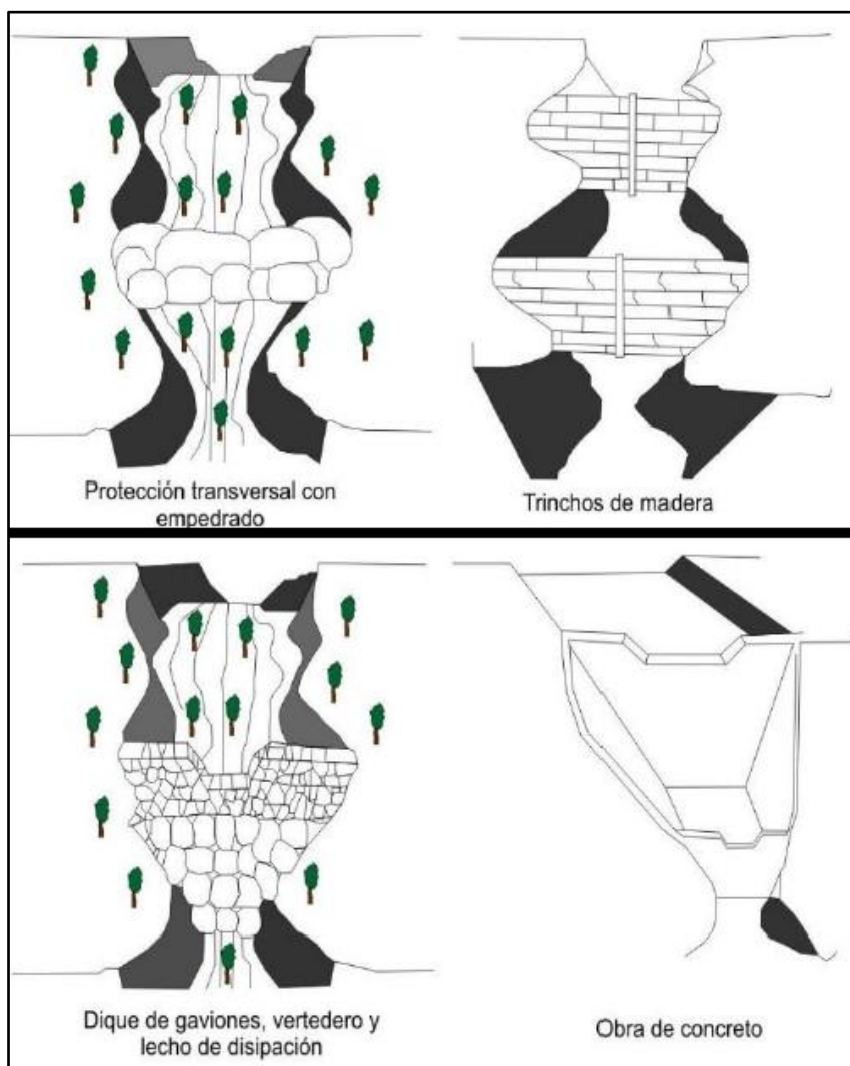


Figura 31. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables en el caso de cárcavas y flujo de detritos incipientes.