

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7576

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO MONTERRICO

Departamento: Junín
Provincia: Satipo
Distrito: Mazamari



DICIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO MONTERRICO

Distrito Mazamari, Provincia Satipo, Departamento Junín.



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

Equipo Técnico:

Angel Gonzalo Luna Guillen

Segundo Núñez Juárez

Referencia bibliográfica

Ingemmet. (2024). "Evaluación de peligros geológicos, por deslizamiento en el centro poblado Monterrico, Distrito Mazamari, Provincia Satipo, Departamento Junín: Ingemmet, Informe Técnico N°A7576, 45p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Objetivos del estudio.....	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales.....	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	5
1.3.3. Accesibilidad	5
1.3.4. Clima	7
2. DEFINICIONES	7
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	10
2.1. Unidades litológicas	10
2.1.1. Formación Yahuarango.....	10
2.1.2. Depósitos cuaternarios.....	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	15
4.1. Pendientes del terreno.....	15
4.2. Unidades geomorfológicas	17
4.2.1. Subunidad de Montaña modelada en roca sedimentaria (RM-rs): ...	17
4.2.2. Subunidad de vertiente coluvial (V-cd):.....	18
4.2.3. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):	18
4.2.4. Subunidad de Terraza aluvial (T-al).....	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	20
5.1. Deslizamientos.....	20
5.1.1. Factores condicionantes.....	31
5.1.2. Factores detonantes desencadenantes	32
5.1.3. Factor antrópico	33
6. CONCLUSIONES.....	34
7. RECOMENDACIONES.....	35
8. BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXO 1: MAPAS.....	38

RESUMEN

El Ingemmet, institución 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)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

En el área de estudio afloran rocas sedimentarias de la Formación Yahuarango conformado por lutitas deleznables con altos grados de fracturamiento y meteorización, baja cohesión y capacidad de soportar cargas. Este substrato está cubierto por depósitos coluviales y coluvio-deluviales compuestos por bloques sueltos con diámetro hasta 0.5 m, gravas y fragmentos angulosos a subangulosos con baja compactación, altamente susceptibles a deslizamientos.

Geomorfológicamente, en las vertientes coluviales y vertientes con depósito de deslizamiento, el terreno presenta pendientes que varían de 25° a 45°. En estas pendientes pronunciadas, la capacidad del suelo y roca para resistir el movimiento disminuye, especialmente con el substrato fracturado y meteorizado. Además, las vertientes coluvio-deluviales y los depósitos de deslizamiento presentan una baja cohesión y capacidad de compactación, lo que las hace inestables. Estos depósitos, mal consolidados, tienen menor resistencia frente a la infiltración de agua, aumentando la susceptibilidad a deslizamientos. Las vertientes con depósitos de deslizamientos previos, al tener una estructura interna alterada, son más propensas a reactivaciones debido a factores detonantes, como lluvias intensas o sismos.

Geodinámicamente, la ladera oeste del centro poblado de Monterrico, en la margen derecha del río Pangoa, muestra evidencias de deslizamientos antiguos con coronas de hasta 550 m de longitud y escarpes degradados. Estos deslizamientos han dejado materiales inconsolidados donde se encuentra el centro poblado. Aunque actualmente son inactivos - latentes, las condiciones originales persisten, haciéndolos vulnerables a reactivarse por precipitaciones intensas, cambios en el uso del suelo, deforestación, erosión del río y construcción de infraestructura con cortes de talud no controlado.

En la ladera de estudio se identificaron 02 deslizamientos rotacionales activos (Da-1 y Da-2). El deslizamiento Da-1, ocurrió el 1 de febrero de 2024, presenta una escarpa con altura de 5 m y longitud de 230 m, movimiento influenciado por su pendiente (35°) y material limo arcilloso suelto. El evento ocasionó la pérdida de 4 vidas (familia en faena de agricultura). El deslizamiento Da-2 presenta eventos lentos desde hace más de 5 años, afectando la carretera de acceso y aumentando su actividad durante temporadas de lluvias, la última reactivación (febrero del 2023) de este deslizamiento generó un escarpe de 2 m con longitud de 340 m, **este deslizamiento compromete la seguridad del centro poblado Monterrico** por su cercanía.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el centro poblado Monterrico, se determina que este se encuentra en **Peligro Alto a Muy Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos; los cuales pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o sismos.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones generales a fin de que las autoridades competentes lo pongan en práctica como son: implementar medidas de mitigación

estructural frente a deslizamientos como construir drenes de escorrentía, limitar el área de cultivos y principalmente la reubicación paulatina del centro poblado Monterrico.

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)”, 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 Mazamari, según Oficios N° 136-2024-A/MDM y N°274-2024-A/MDM ; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado Monterrico.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros geólogos A. Gonzalo Luna Guillen y Segundo. A. Núñez Juárez, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector mencionado en el párrafo anterior, el día 13 de abril del año en curso. Los trabajos de campo se realizaron en coordinación con los representantes de la Municipalidad distrital de Mazamari, la subgerencia de Riesgo de desastres de dicha municipalidad y autoridades locales del Centro Poblado Monterrico.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos drone, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó 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 Municipalidad distrital de Mazamari 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 y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado Monterrico.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de 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), así como reportes que señalan la existencia de movimiento en masa en el sector de estudio, de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N°86 serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Satipo y Puerto Prado” (Asociación LAGESA-CFGS; 1997). Describe la geología regional a escala 1:100, 000 de la zona evaluada, donde se exponen principalmente lutitas y limolitas de la Formación Yahuarango.
- B) Boletín N°70, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligros geológicos en la región Junín” (Luque *et al.*, 2020). Donde se describe la Formación Yahuarango como una secuencia lacustre conformado por lutitas y lodolitas, además en este se publica el “Mapa de susceptibilidad por movimiento en masa de la región Junín”. Donde se muestra que el área de estudio, se localizan en zonas de susceptibilidad alta a muy alta (figura 1).

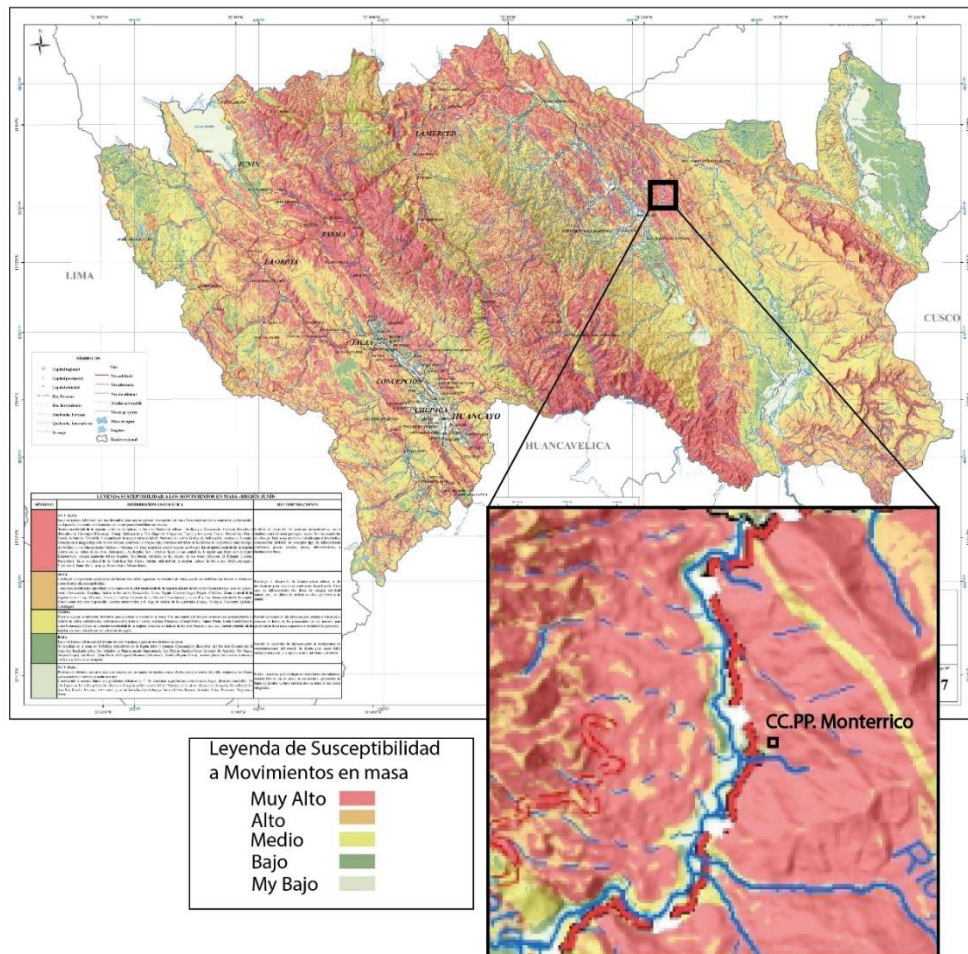


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa en la región Junín. (Fuente: Modificado de : Luque *et al.*, 2020)

- C) Reporte complementario N.º 1222 – 4/2/2024 / COEN-INDECI / 19:10 HORAS, el 01 de febrero del 2024. A consecuencia de las lluvias intensas se produjo un deslizamiento que ocasionó daños a la vida y salud de las personas en el sector Monterrico, distrito Mazamari, provincia Satipo, registrando 04 fallecidos (figura 2).



Figura 2: Evidencias de trabajos de rescate de cuerpos debido al deslizamiento registrado en Mazamari (Reporte COEN).

- D) Boletín N°29, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de riesgos geológicos del Perú: Franja N°4” (Fidel *et al.*, 2006). y la página del Geocatmin (<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/main>) muestra la ocurrencia de derrumbes en el sector Monterrico.



Figura 3: Derrumbe identificado en el sector Monterrico. Fuente: Zavala y Guerrero 2003.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El centro poblado Monterrico políticamente pertenece al distrito de Mazamari, provincia Satipo, departamento Junín (figura 4). Las coordenadas del área inspeccionada UTM (WGS84 – Zona, 18S) se muestran en la Tabla 1, que a continuación se detalla, cabe resaltar que los puntos de inspección D1 y D2 en los sectores 1 y 2 fueron seleccionados estudiar, debido a la ocurrencia de eventos recientes, mostrados en el mapa de la figura 4 :

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Sur	Latitud	Longitud
1	561845.00 m E	8753451.00 m S	-11.275928°	-74.433356°
2	563988.00 m E	8753465.00 m S	-11.275763°	-74.413722°
3	564014.00 m E	8756494.00 m S	-11.248370°	-74.413540°
4	561871.00 m E	8756528.00 m S	-11.248101°	-74.433172°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
D1	563169.04 m E	8754817.04 m S	-11.263551°	-74.421250°
D2	563193.98 m E	8755783.00 m S	-11.254815°	-74.421048°

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el centro poblado de Monterrico, identificado con código de ubigeo: 120640017, presenta una población censada de 250 habitantes distribuidos en un total de 55 viviendas particulares.

Tabla 2: Distribución poblacional en el distrito Mi Perú

DISTRITO	POBLADO	POBLACIÓN	VIVIENDAS
Mazamari	Monterrico	250	55

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la sede central de Ingemmet, mediante la siguiente ruta (tabla 3):

Tabla 3. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Satipo– Mazamari – Monterrico-D1 y D2	Asfaltada/Trocha carrozable	455	10 horas 45 min

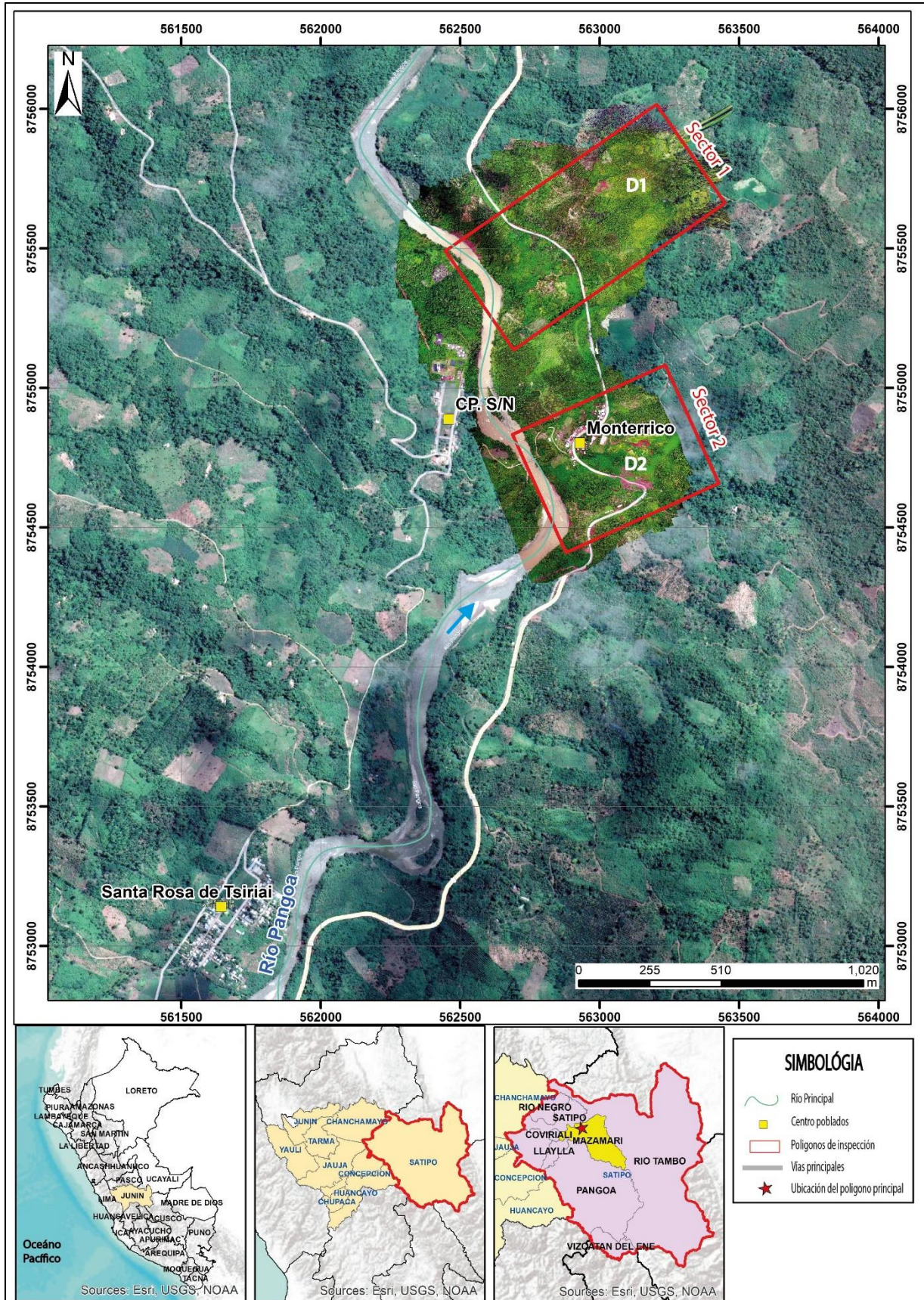


Figura 4: Ubicación del centro poblado Monterrico y las áreas de deslizamiento activo, que se resaltan en cuadros de margen rojo. Están en el distrito Mazamari, provincia Satipo, departamento Junín.

1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el centro poblado Monterrico, presenta un clima templado muy lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, y con humedad relativa calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos raster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo 2020-2024 fluctuó entre (50 y 80 mm).

La temperatura anual oscila entre un máximo de 34.0°C en verano y un mínimo de 8.0°C en invierno (figura 5). Así mismo, presenta una humedad promedio de 83.7% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones:

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.

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

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

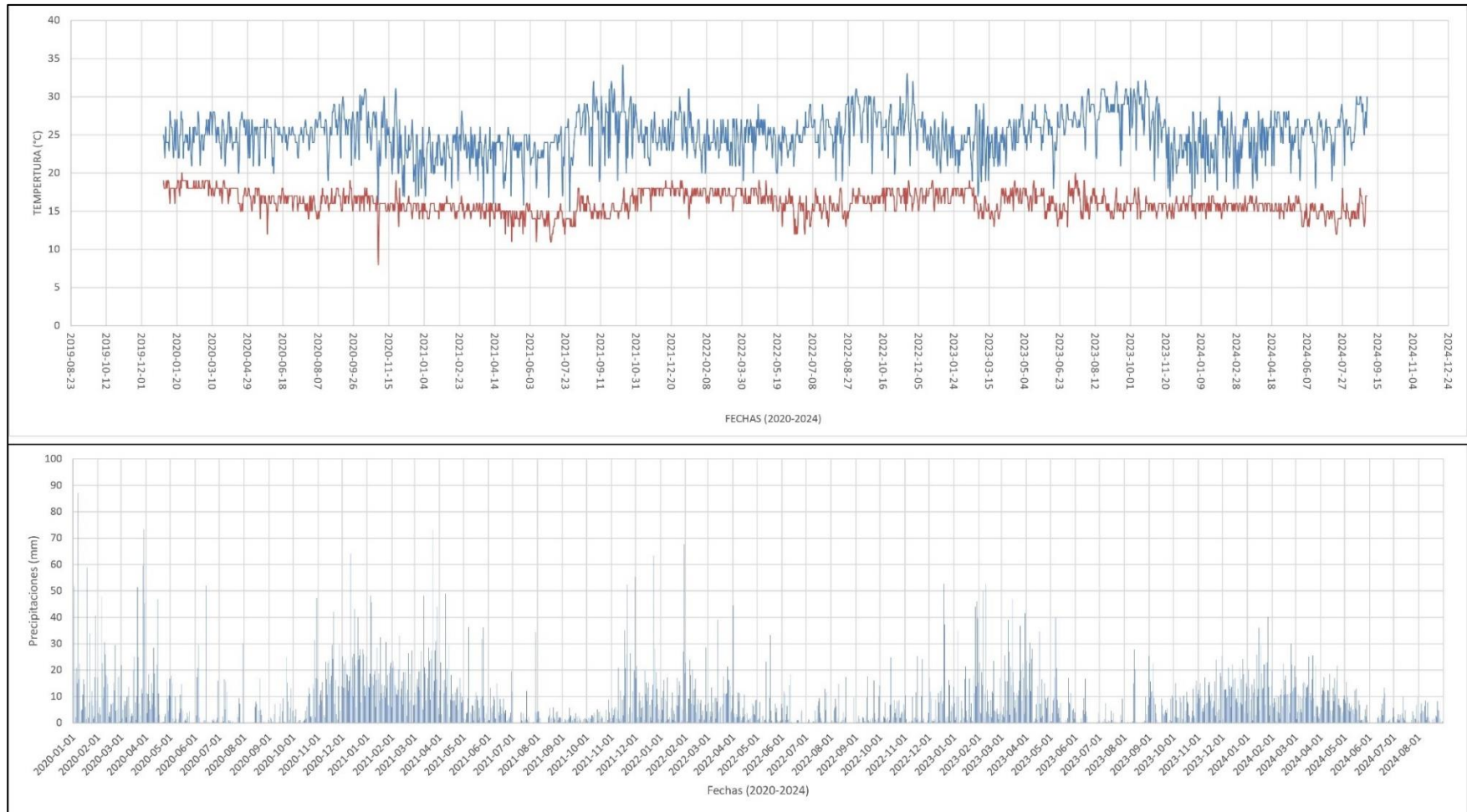


Figura 5. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2020-2024. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo y las temperaturas mínimas y máximas. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/10036911>.

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.

DESLIZAMIENTO: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

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

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

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, transtornos 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.

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

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.

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

ZONA CRÍTICA: Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), 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

La geología local, se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Satipo y Puerto Prado (23-n y 23-ñ), a escala 1: 100,000 (Asociación LAGESA – CFGS, 1997); así como la referencia del Boletín de Riesgo Geológico en la región Junín (Luque et al., 2020).

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

2.1. Unidades litológicas

La unidad litológica que aflora en el área de estudio está conformada principalmente por la Formación Yahuarango. Esta unidad se encuentra cubierta por depósitos recientes coluviales, y coluvio-deluviales, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad, (Anexo 1: Mapa 01).

2.1.1. Formación Yahuarango

Se presenta en ambos márgenes del río Pangoa, donde afloran lutitas de color rojo pardo, intercaladas con lutitas verde amarillentas de hasta 7 cm de grosor (figura 6). Ambas presentan altos grados de fracturamiento (deleznales), característicos de estas rocas blandas, acompañados de una alta meteorización que genera suelos residuales limo-arcillosos. En ciertos sectores, se observan bloques de arenisca caídos, lo que sugiere que provienen de la parte superior de la ladera. Los planos de estratificación de esta formación presentan un rumbo entre N135° y N150°, con buzamientos variables entre 40° y 60° NE, pudiendo este último valor corresponder a basculamientos de afloramientos por deslizamientos antiguos.



Figura 6. Lutitas rojizas deleznales cubiertas por depósitos coluvio-deluviales (P-y).
 Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 563085; N: 8754801.

2.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvial (Qh-co)

Corresponde a depósitos inconsolidados acumulados al pie y en las laderas, en forma de talud de detritos irregulares que descienden hacia terrenos con menor pendiente por acción de la gravedad.

En este caso presenta una naturaleza litológica heterogénea que corresponde a bloques sueltos con diámetro de hasta 0.5 m y gravas (figura 8); con granulometría heterométrica, con fragmentos angulosos a subangulosos y no consolidado.

Este tipo de depósito corresponde a material inestable en las laderas con movimientos recientes tipo deslizamientos, que ante movimientos sísmicos de moderada a fuerte magnitud podrían generar daños en las viviendas asentadas ladera abajo.

Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)

Corresponde a depósitos inconsolidados acumulados en la ladera, en forma de talud de detritos irregulares que descienden hacia el río Pangoa.

En este caso presenta una naturaleza litológica heterogénea que corresponde a bloques sueltos (hasta 1 m de diámetro), gravas (figura 6); con granulometría heterométrica con fragmentos angulosos a subangulosos en una matriz limo arcillosa y grado de consolidación bajo, y saturación media.

Depósito fluvial y aluvial (Qh-fl y Qh-al)

El depósito aluvial se encuentra en las márgenes del río Pangoa, está compuesto por sedimentos transportados y depositados por la corriente fluvial, con una granulometría que varía desde arenas finas hasta gravas y cantos redondeados. La disposición estratificada y bien seleccionada de los materiales refleja la acción del río en su curso, donde la energía de la corriente disminuye, permitiendo que los sedimentos se depositen en los márgenes. Estos depósitos suelen estar asociados a la formación de terrazas y barras fluviales, evidenciando el transporte continuo y la redistribución de los materiales a lo largo del tiempo, en respuesta a cambios en el caudal y las dinámicas fluviales (figura 7)



Figura 7. Depósitos fluviales y aluviales en ambas márgenes del río Pangoa



Figura 8. Depósitos coluviales correspondientes a deslizamientos recientes en la ladera oeste de Monterrico, margen derecha del río Pangoa.

Con base en los datos de campo, podemos inferir que el área de estudio está compuesta por lutitas, que son productos de la diagénesis de antiguos sedimentos lacustres. Estos substratos, debido a la presencia de vegetación y el intemperismo característico de la zona selvática de Monterrico, han experimentado un proceso de meteorización y fracturamiento intenso, generando suelos residuales mezclados con lutitas deleznales.

Estos suelos, a su vez, son transportados por procesos de erosión y se depositan en las laderas, formando depósitos coluviales y coluvio-deluviales. Este proceso ha dado lugar a deslizamientos de tierra en el pasado, así como reactivaciones en el cuerpo de dichos deslizamientos en el presente (figura 9).

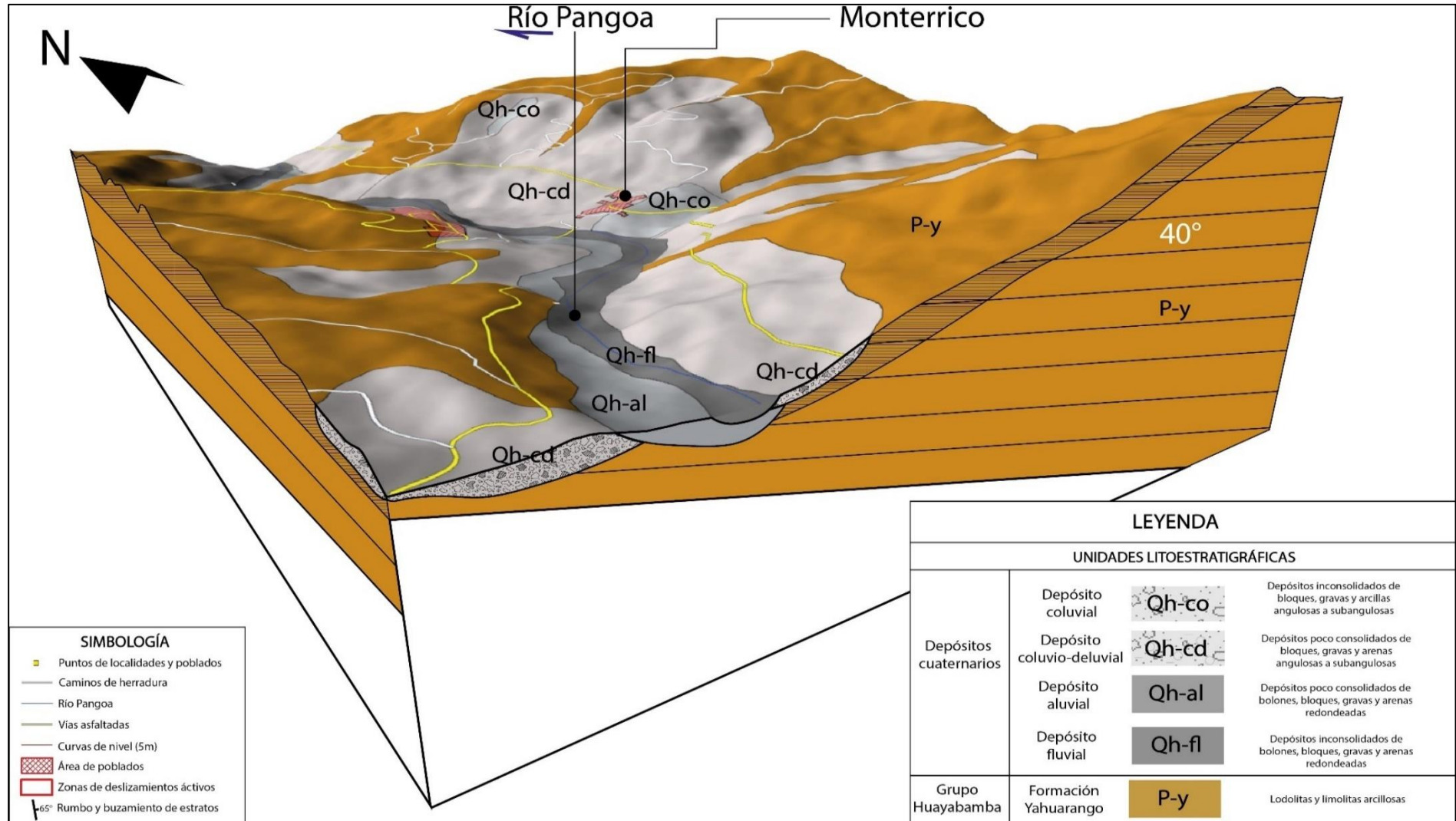


Figura 9. Esquema tridimensional de la distribución de unidades litoestratigráficas en el área de inspección.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

En el área de evaluación, las pendientes del terreno son altamente variables. Obtener una distribución precisa de estas pendientes a través de fotogrametría con drones resulta difícil y algo impreciso debido a la densa vegetación que oculta el relieve real, tanto la vegetación alta como la baja. Sin embargo, con el apoyo de modelos digitales externos, como los proporcionados por ALOS PALSAR y COPERNICUS, junto con los datos de campo, se ha logrado caracterizar las pendientes con mayor precisión.

Desde el cauce del río, se identifican las siguientes características de las pendientes:

- En las barras del río, se encuentran pendientes de terreno llano.
- En el cauce del río, las pendientes son inclinadas, con un ángulo aproximado de 3°.
- A medida que se asciende por la ladera hacia la carretera principal de acceso a Monterrico, las pendientes varían entre 5° y 15°, consideradas moderadas a fuertes.
- Posteriormente, las pendientes aumentan a valores fuertes, alcanzando hasta 25°, donde se registró la ocurrencia del deslizamiento Da-2.
- Ascendiendo más por la ladera, las pendientes se incrementan hasta llegar a 45°, área en la que se registró el segundo deslizamiento Da-1.
- De manera esporádica, se observan pendientes extremadamente escarpadas, superiores a 45°, correspondientes a saltos y escarpes en el terreno.

La variabilidad en la distribución de pendientes en el área de inspección, con un rango que va desde terrenos planos hasta pendientes extremadamente escarpadas, crea condiciones propensas para deslizamientos. Las pendientes moderadas a fuertes, especialmente aquellas que superan los 25°, ofrecen un ángulo crítico que, al combinarse con la saturación del suelo por lluvias o la influencia de la vegetación, pueden desencadenar deslizamientos. Las pendientes extremadamente empinadas, superiores a 45°, aumentan la inestabilidad del terreno y facilitan el movimiento continuo de los materiales (figura 10).

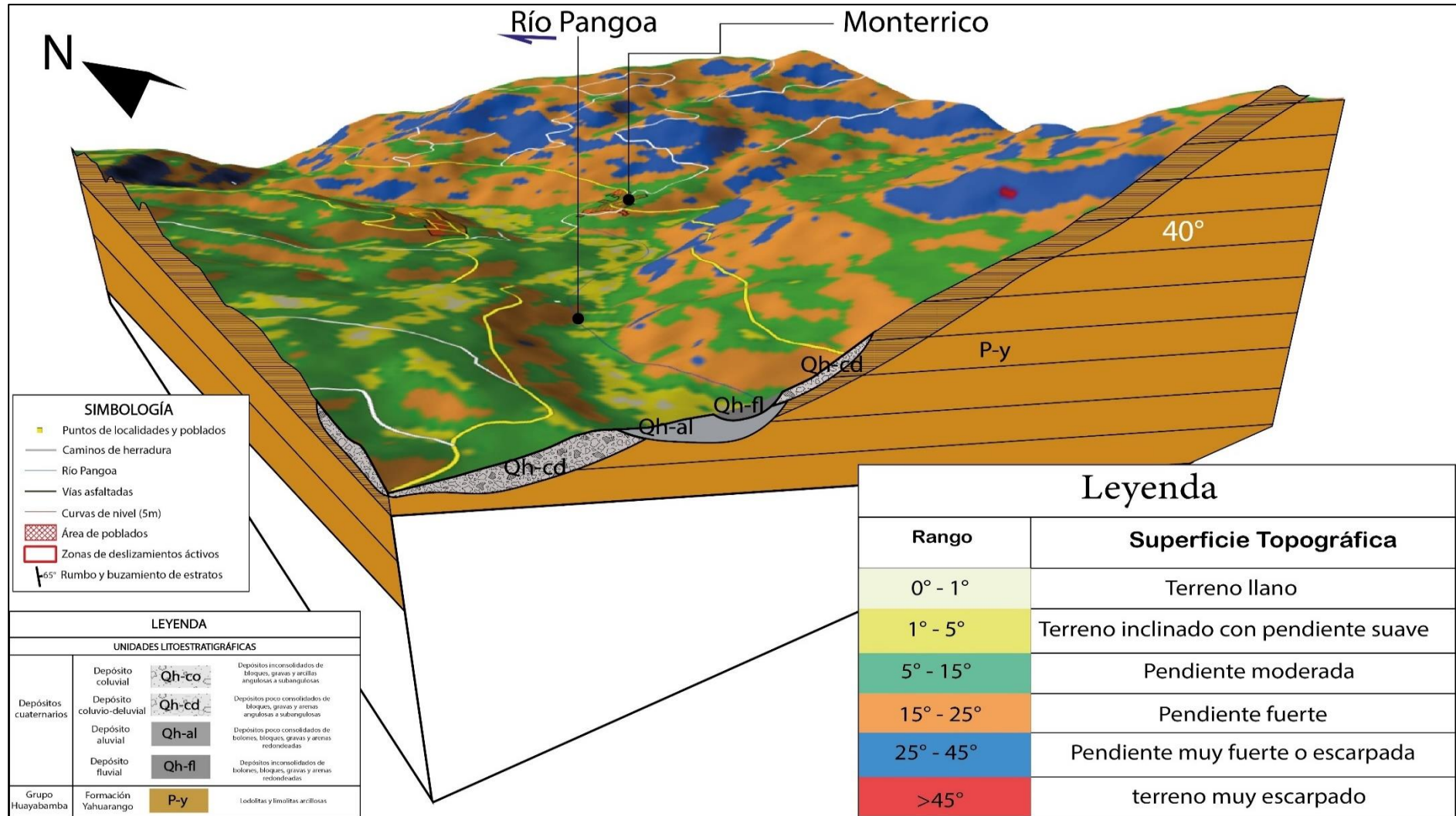


Figura 10. Esquema tridimensional de la distribución de pendientes en el área de inspección, en base a modelos digitales de elevación ALOS PALSAR y COPERNICUS.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (Anexo 1: Mapa 03) y la figura 11, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación; además se usó como referencia el mapa geomorfológico regional a escala 1:250 000 elaborado por Ingemmet.

En la zona evaluada y alrededores se han diferenciado las siguientes geoformas:

A) Unidad de Montañas

Corresponden a relieves con diferentes grados de disección; son de alturas mayores a 300 m desde el nivel base local y con inclinación de laderas promedio superior a 16%. (Villota, 2005).

4.2.1. Subunidad de Montaña modelada en roca sedimentaria (RM-rs):

Corresponde a superficie formada en roca sedimentaria intensamente meteorizado; además, presenta cimas redondeadas y laderas con pendientes que varían entre 25° a 55° (catalogada como muy fuertes a escarpadas). En la ladera de estudio, margen derecha del río Pangoa alcanza los 550 m de altura del nivel base (cauce del río). Ver fotografía 1.



Fotografía 1. Muestra montañas modeladas en roca sedimentaria que circunscriben el área de inspección

B) Unidad de vertiente

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arenas, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos ocupan grandes extensiones. Se identificaron las siguientes subunidades:

4.2.2. Subunidad de vertiente coluvial (V-cd):

Esta vertiente se acentúa en la ladera oeste de las montañas compuestas por lutitas se caracteriza por una serie de elementos distintivos. En primer lugar, la pendiente de la ladera, derivada de la estructura geológica de las lutitas, presenta una inclinación variable de moderadas a fuertes, con ángulos que oscilan desde 5° hasta 45°. Se formó a partir de la acumulación de material que ha sido transportado y depositado por procesos de erosión y sedimentación. Los sedimentos, mezclados con fragmentos de lutitas, se acumularon en las zonas intermedias de la ladera, creando una superficie irregular.

4.2.3. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):

La vertiente con depósitos de deslizamiento se caracteriza por un relieve abrupto y altamente irregular, donde el terreno ha sido transformado por el movimiento masivo de suelo y rocas. Estos depósitos presentan una mezcla caótica de fragmentos de lutitas y otros materiales desintegrados con una matriz limo arcillosa, que forman taludes algo escarpados e inestables. El perfil de la vertiente es abrupto, con pendientes entre 15° y 25° que resultan de la caída y acumulación de material desprendido. Las características de la superficie incluyen surcos profundos, huellas de movimiento y una estructura desordenada que refleja la reciente actividad de deslizamientos. La vegetación natural en estas áreas es escasa debido a la perturbación antrópica, contribuyendo a la falta de consolidación del terreno y a una mayor susceptibilidad a futuros movimientos en masa.

A) Unidad de planicie

Superficies planas con ligeras ondulaciones. Están asociadas a depósitos aluviales limitados en muchos casos por depósitos de piedemonte y laderas de montañas.

4.2.4. Subunidad de Terraza aluvial (T-al)

La terraza aluvial de 2 a 3 m de altura con pendientes de hasta 5° presenta un terreno relativamente plano y estable, elevado sobre el nivel de inundación del cauce del río Pangoa. Esta terraza se caracteriza por una superficie uniforme y ligeramente inclinada.

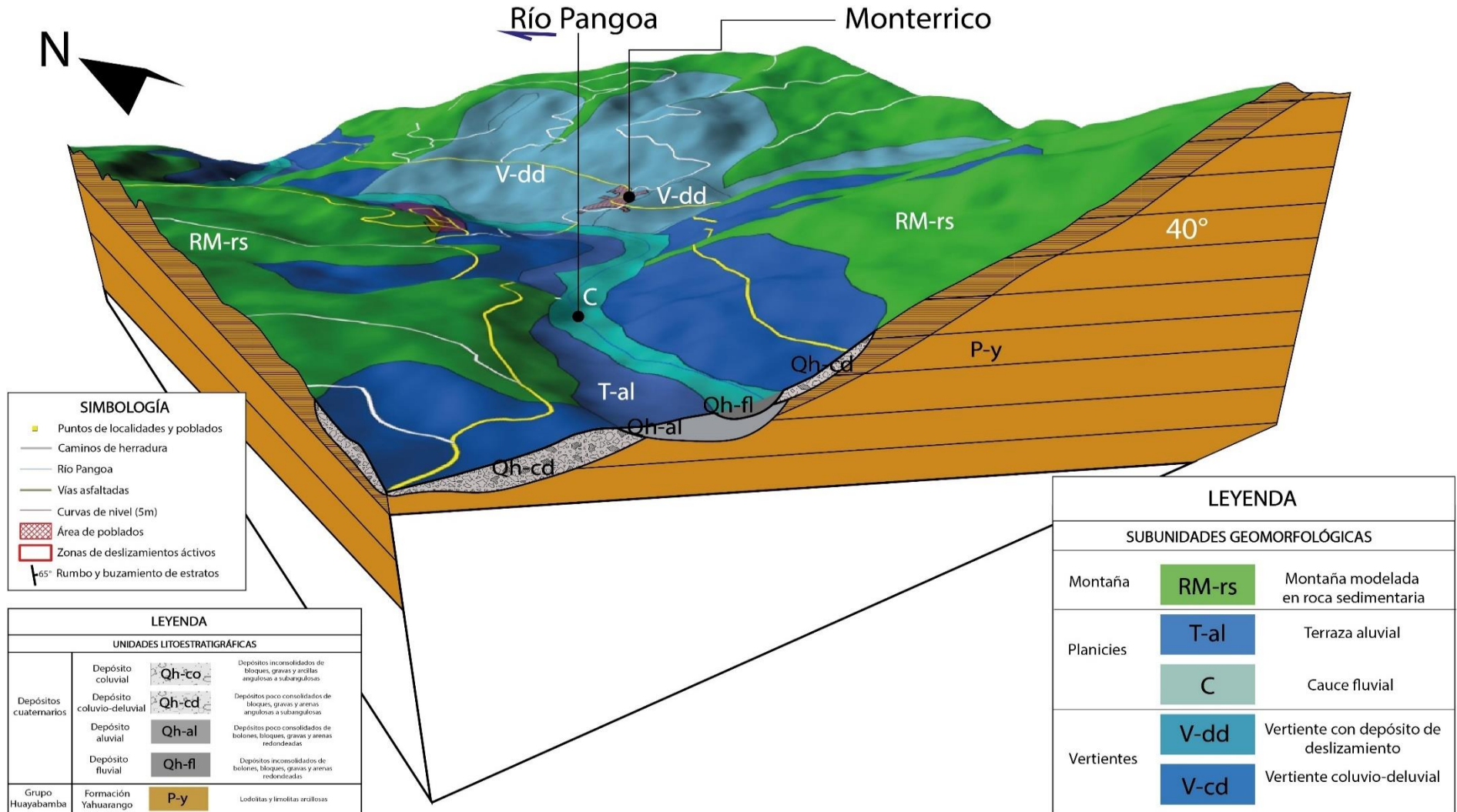


Figura 11. Esquema tridimensional de la distribución de subunidades geomorfológicas, en base a modelos digitales de elevación ALOS PALSAR y COPERNICUS.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el área de estudio, corresponden al tipo deslizamiento, subtipo deslizamientos rotacional (anexo 1: Mapa 4).

La caracterización de estos eventos, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo, se tomó datos con GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.20 y 0.25 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Además de ello, la zona es considerada de alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Luque et al., 2020):

5.1.Deslizamientos

A) Deslizamientos antiguos

La ladera oeste del centro poblado de Monterrico, en la margen derecha del río Pangoa, presenta evidencias de movimientos en masa pasados, con deslizamientos que han dejado coronas de hasta 550 m de longitud y escarpes degradados cubiertos de vegetación. Estos eventos han depositado materiales inconsolidados a poco consolidados donde se asienta actualmente el centro poblado Monterrico. Aunque estos deslizamientos son considerados inactivos latentes, aún persisten las condiciones que los originaron, lo que los hace susceptibles a reactivarse. Entre los factores que podrían desencadenar nuevos deslizamientos están las precipitaciones intensas, que aumentan la presión de poros y saturan el suelo; el cambio en el uso del suelo de vegetación natural a plantaciones, que disminuye la estabilidad del terreno; la deforestación, que expone el suelo a la erosión; y la dinámica del río Pangoa, que genera socavamiento en la base de la ladera, así como la construcción de infraestructura que incrementa las cargas en el terreno. La combinación de estos factores naturales y antrópicos incrementa la susceptibilidad de la ladera a la reactivación de los deslizamientos, lo que representa un riesgo para la población y la infraestructura local.

A) Deslizamientos activos

Deslizamiento 1.(Da-1)

Este deslizamiento, identificado en los mapas como Da-1, en el sector 1, se registró el 01 de febrero de 2024 y trágicamente generó la pérdida de 4 vidas humanas. Presenta una escarpa principal de 5 m de altura y una longitud de corona de 130 m. Sobre esta escarpa principal, se observan dos escarpes retrógrados de menos de 1 m de altura, mientras que por debajo de la escarpa principal se han identificado otros dos escarpes secundarios de 1.5 y 2.5 m de altura, respectivamente. La altura total desde el pie de avance hasta la corona del deslizamiento es de 120 m, y la longitud total del deslizamiento, desde la corona hasta el pie, alcanza los 230 m (figura 12 y13).

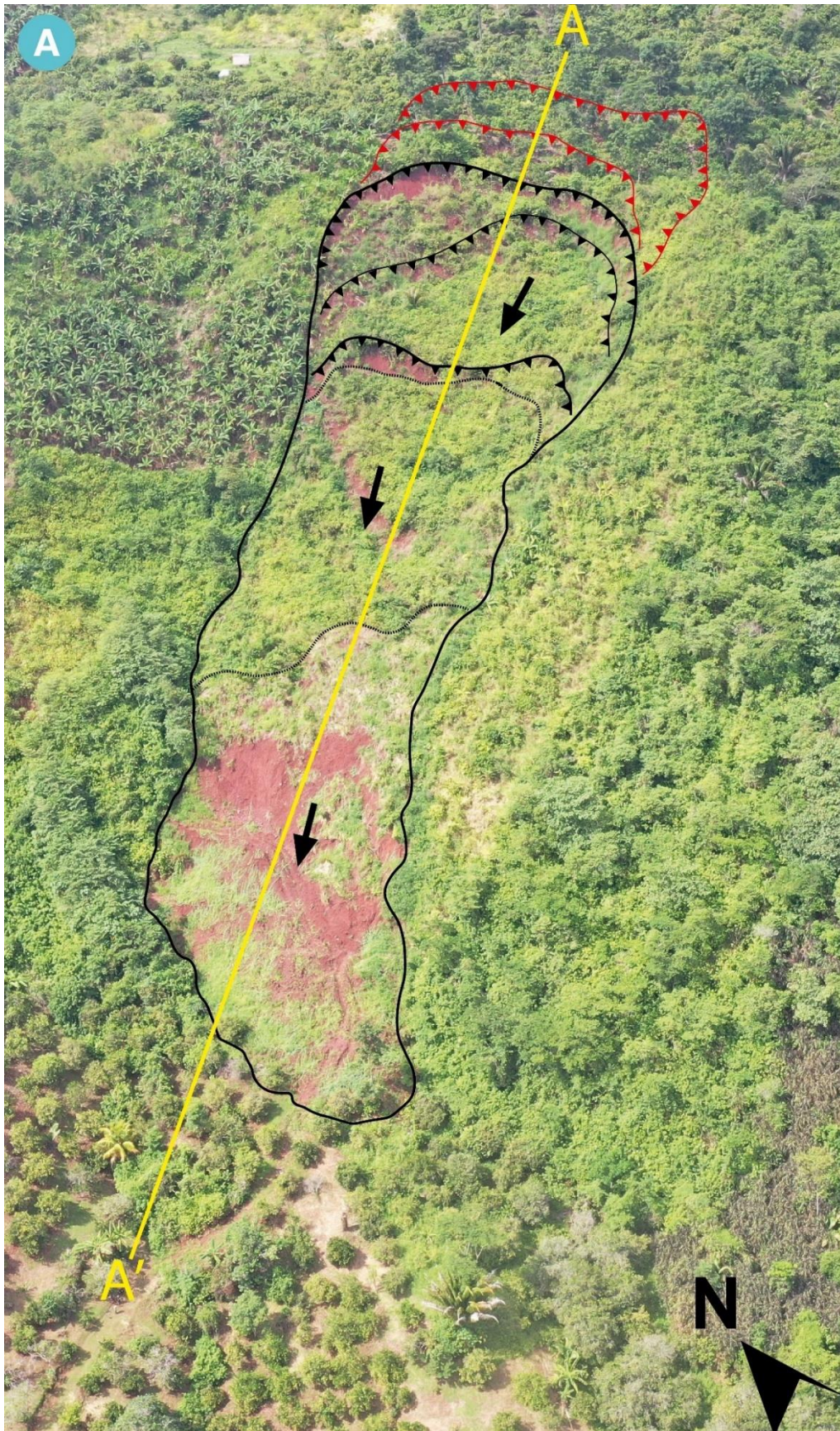


Figura 12. Vista del deslizamiento Da 1, tomado con dron se observan las escarpas secundarias como retrogradas que evidencia el movimiento del mismo.

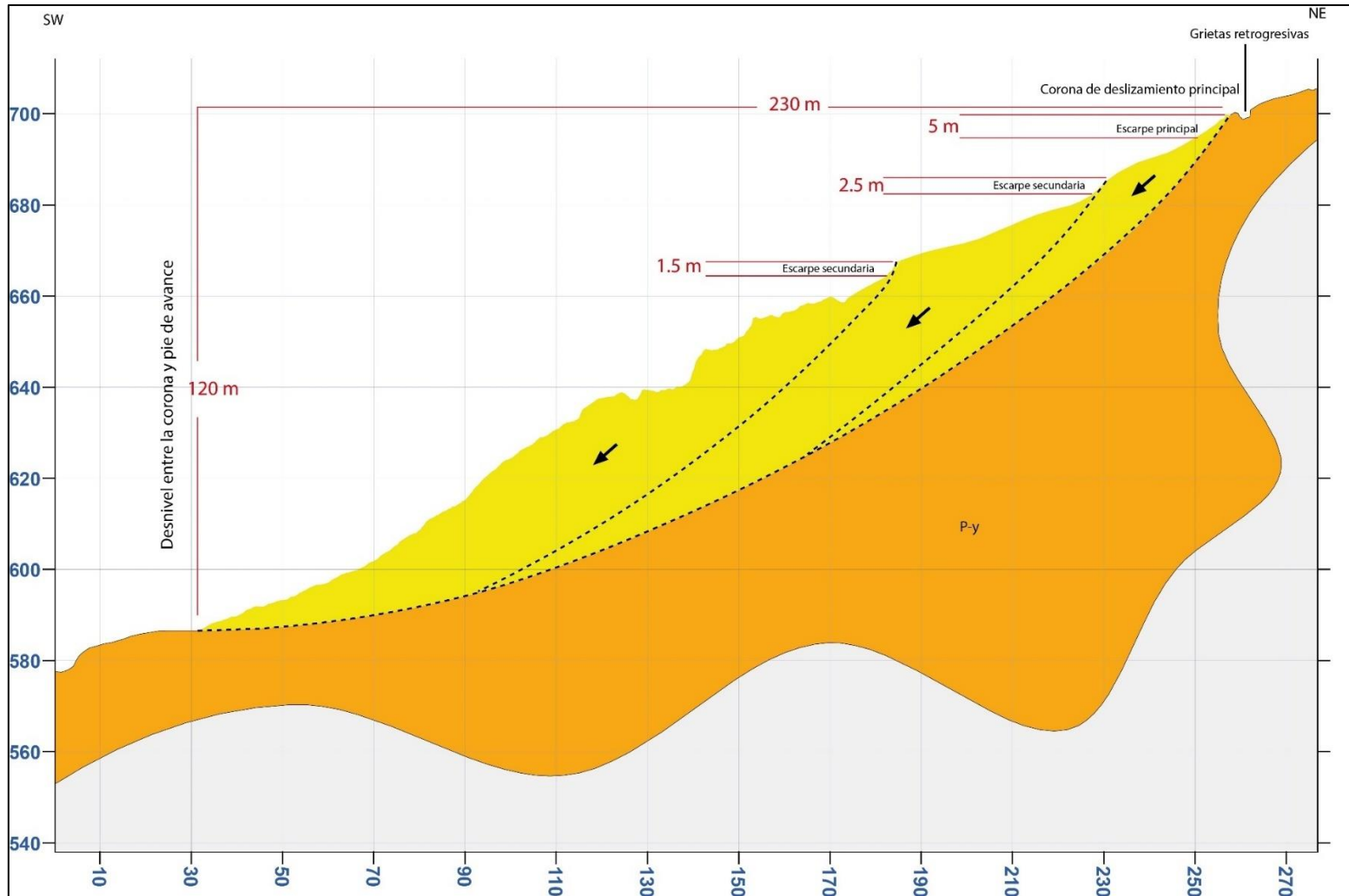


Figura 13. Perfil inferido del deslizamiento Da -1, muestra la escarpa de deslizamiento secundario y su actividad.

Desde la fecha de ocurrencia del deslizamiento Da-1, se han registrado derrumbes en los escarpes (fotografía 2), influenciados por la pendiente fuerte de 35°. El material que conforma esta masa deslizada está compuesto principalmente por lutitas y areniscas en una matriz limo-arcillosa suelta. Este tipo de material es particularmente susceptible a los deslizamientos inducidos por lluvias debido a su baja cohesión y alta capacidad de retener agua (fotografía 2 y 3).



Fotografía 2. Muestra el escarpe principal con derrumbes en sus caras



Fotografía 3. Muestra el escarpe principal del deslizamiento Da-1

Desde un punto de vista geotécnico, cuando ocurren precipitaciones intensas, el agua se infiltra fácilmente en la matriz limo-arcillosa, saturando el material. Al absorber agua, los limos y arcillas tienden a aumentar su volumen, reduciendo la cohesión entre las partículas y provocando un aumento en la presión de poros. Este incremento de la presión de poros reduce la fricción interna del material, lo que disminuye la resistencia al corte del suelo y habría provocado este deslizamiento.

Además, la presencia de lutitas y areniscas, que inicialmente pueden tener una estructura más rígida, no es suficiente para contrarrestar la pérdida de estabilidad generada por la saturación de la matriz fina. A medida que el agua se acumula en las zonas más profundas del deslizamiento, el peso adicional y la pérdida de resistencia del material suelto incrementan los vectores de movimiento de la masa removida, en la pendiente pronunciada de 35°. Esto lleva a que se generen nuevos movimientos en el cuerpo del deslizamiento y/o derrumbes en las caras de los escarpes ya afectados, y a una mayor degradación del terreno durante las temporadas de lluvias (fotografía 4).



Fotografía 4. Muestra los componentes litológicos del cuerpo deslizado, bloques en una matriz limo arcillosa, suelta.

Deslizamiento 2 (Da-2)

El deslizamiento identificado como Da-2 en el sector 2 (figura 14 y 15) representado en los mapas y esquemas gráficos presenta dos eventos o pulsaciones bien definidas. El primero de estos eventos se ha manifestado con movimientos lentos a lo largo de más de cinco años (según la versión de los pobladores). La escarpa de este primer movimiento se sitúa a una altitud de 660 m sobre el nivel del mar (m s.n.m.) y tiene una forma semicircular, con una longitud de aproximadamente 180 m y una altura de escarpe de 5 m. Desde su ocurrencia inicial, este primer movimiento ha afectado alrededor de

150 m de la carretera de acceso al centro poblado de Monterrico, comprometiendo la infraestructura vial y aumentando el riesgo de futuras reactivaciones, especialmente durante eventos de lluvias intensas.

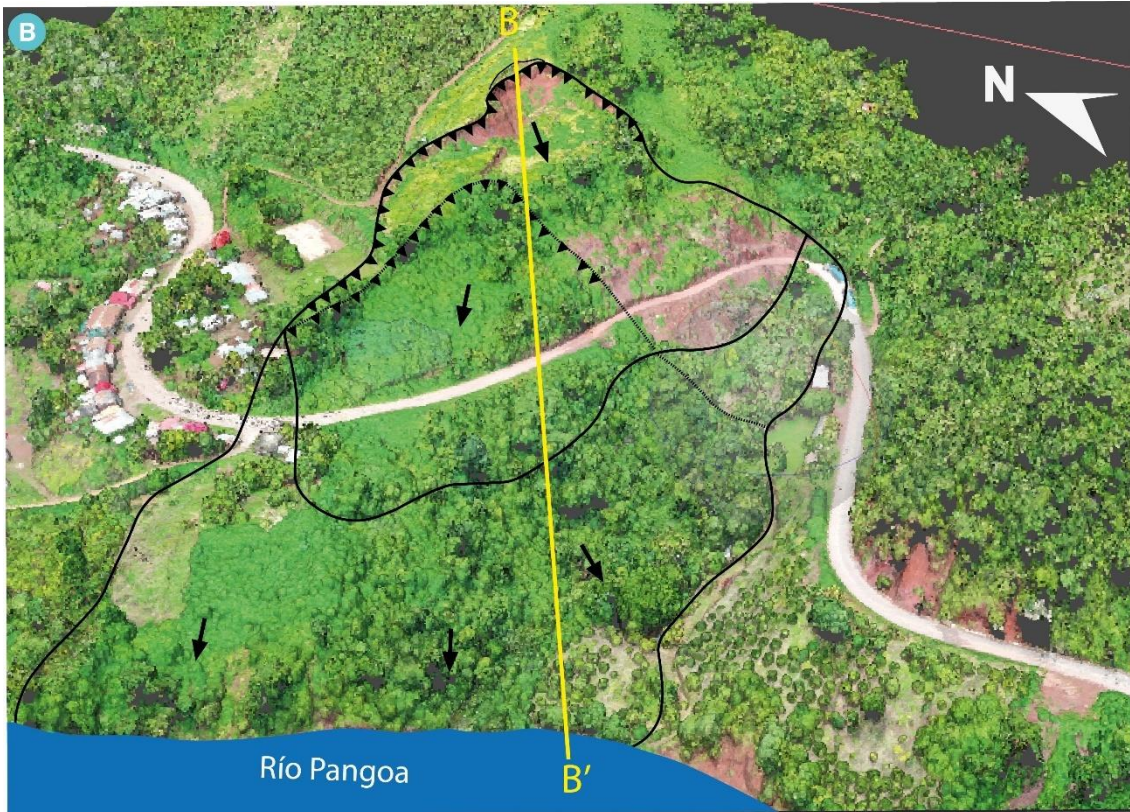


Figura 14. Esquema gráfico del deslizamiento Da-2, muestra los dos eventos que conformaron el cuerpo principal.



Fotografía 5. Muestra como la primera actividad del deslizamiento afecta 150m de la carretera de acceso.

La primera actividad del deslizamiento Da-2 ha generado una inestabilidad significativa en la parte alta de la ladera, formando una nueva escarpa promedio de 2 metros de altura, que ha afectado la totalidad de la misma desde la cota 540 m s.n.m. hasta el nivel del río Pangoa, con una altura aproximada de 100 metros. Desde la corona hasta el pie

de avance del deslizamiento se ha registrado una longitud de 340 m, lo que evidencia la magnitud de este evento.

La inestabilidad de este deslizamiento no solo ha comprometido una gran extensión de la ladera, sino que también afecta de manera directa y gradual al centro poblado de Monterrico. A medida que el deslizamiento continúa avanzando, especialmente en épocas de lluvia o bajo condiciones desfavorables, el riesgo para la población y la infraestructura local aumenta. Esta situación exige medidas urgentes de monitoreo y mitigación, ya que el desplazamiento progresivo de material podría provocar un colapso más severo, comprometiendo aún más la seguridad de las viviendas que se encuentran en la zona de influencia.



Fotografía 6. Muestra el escarpe principal superior del deslizamiento Da 2, con una altura promedio de 2 m.



Fotografía 7. Muestra el escarpe principal superior del deslizamiento Da 2, además de las grietas tensionales ubicadas debajo de ella.

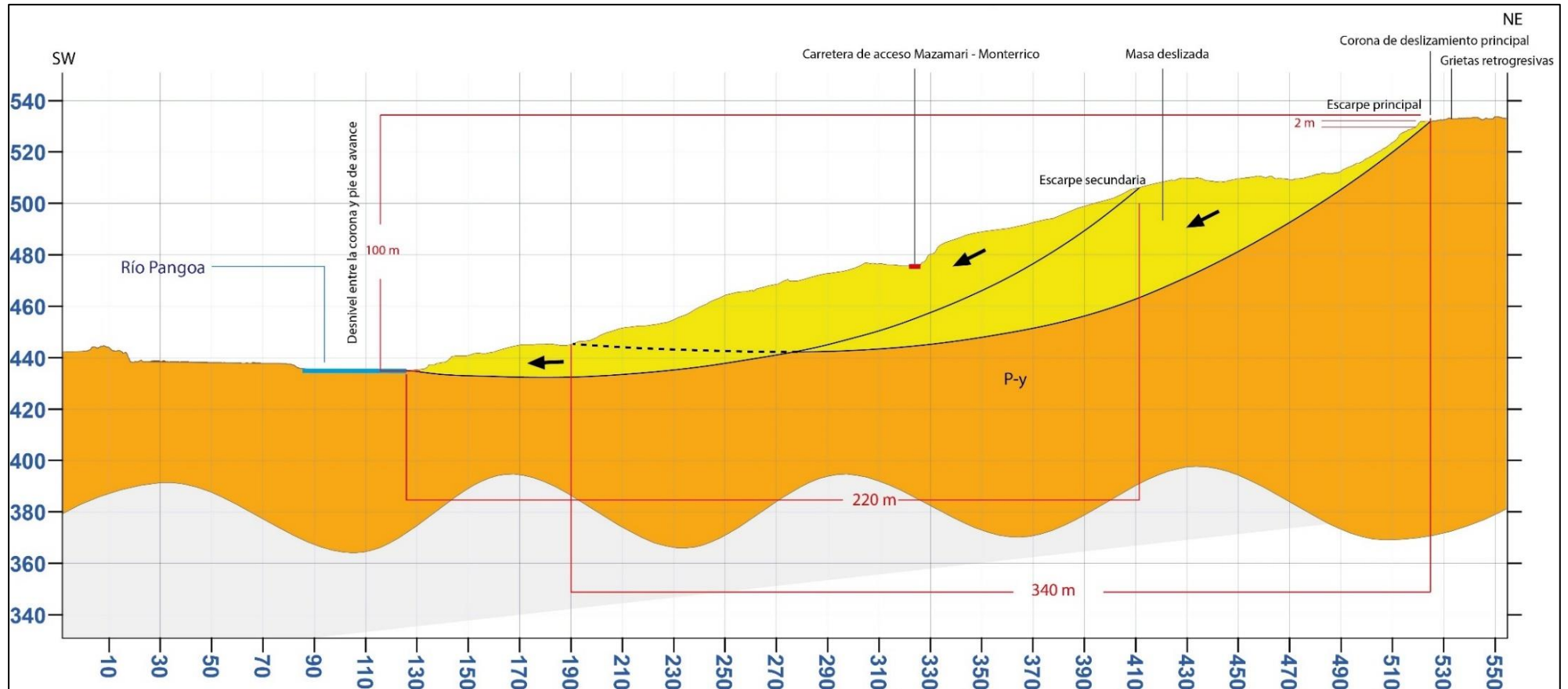


Figura 15. Perfil inferido del deslizamiento Da-2.

Desde el punto de vista geotécnico, la masa deslizada se compone de una intercalación de lutitas deleznales, limos y arcillas, que se observan húmedas. Las lutitas deleznales, al estar compuestas por partículas finas, se desintegran fácilmente cuando se saturan con agua, lo que debilita su cohesión. Al absorber humedad, estas lutitas pierden su estructura, reduciendo significativamente la resistencia al corte del suelo. Los limos y arcillas, por su parte, incrementan la presión de poros cuando están saturados, disminuyendo aún más la estabilidad del terreno. Esta combinación de materiales generó una baja capacidad para soportar cargas, facilitando la ocurrencia de los deslizamientos, en condiciones de fuertes lluvias.



Fotografía 8. Muestra el material detrítico que compone la masa del deslizamiento que es la intercalación de lutitas deleznales intercalado con lodolitas, limos y arcillas, saturadas.



Fotografía 9. Evidencia grietas cercanas al centro poblado de Monterrico (aun lado de cancha deportiva).



Fotografía 10. Muestra evidencias de inestabilidad en la parte baja de la ladera hasta el río Pangoa, en zonas de plantación de plátanos.

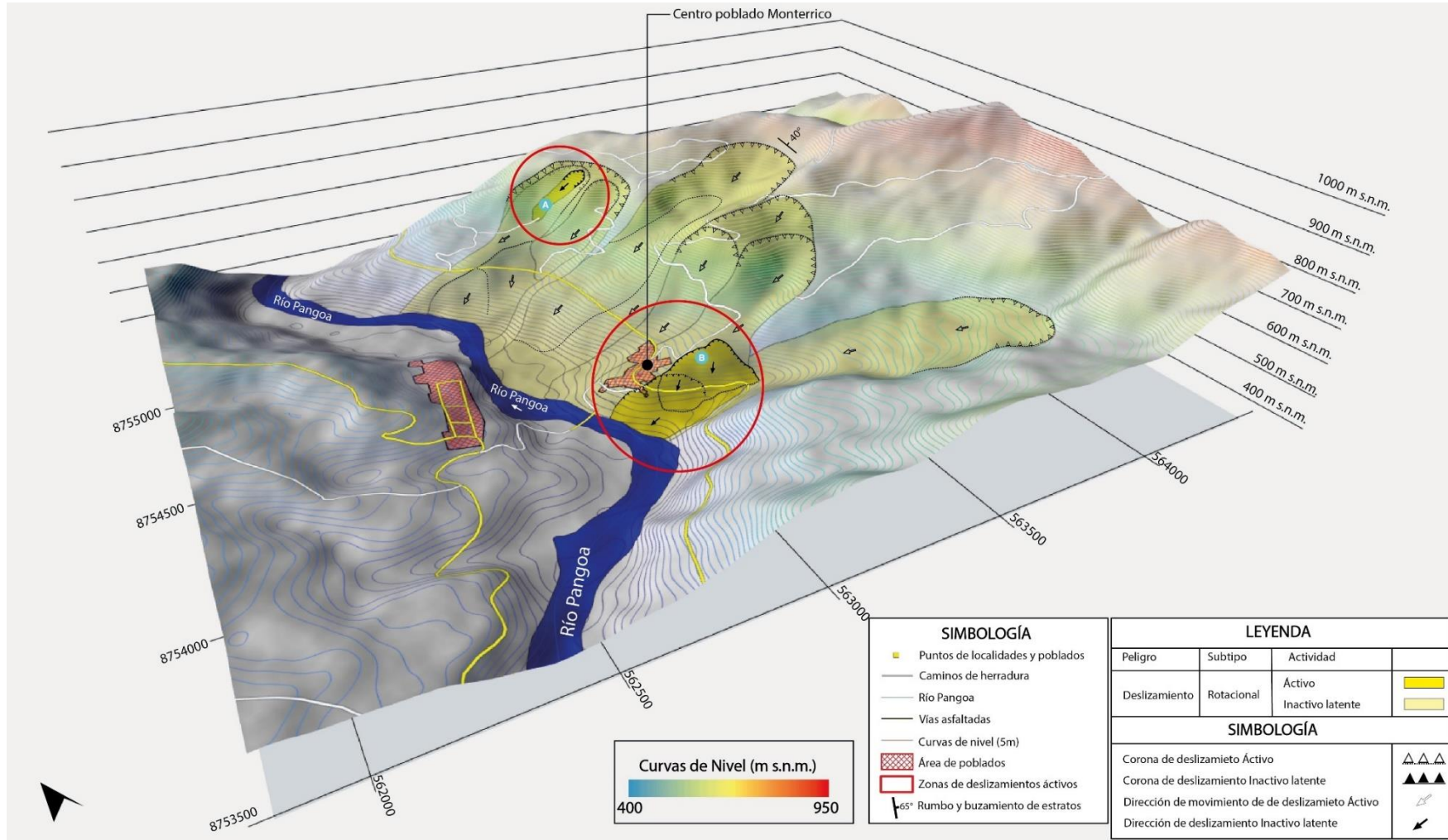


Figura 16. Diagrama esquemático de los movimientos en masa identificados en el sector de inspección.

5.1.1. Factores condicionantes

Factor litológico

- El substrato rocoso conformado por lutitas, caracterizada por altos grados de fracturamiento y meteorización, es susceptible a la generación de deslizamientos. Las lutitas, al ser rocas sedimentarias finamente estratificadas, tienden a debilitarse con la meteorización, lo que reduce su cohesión y capacidad de soportar cargas. El fracturamiento adicional facilitó la infiltración de agua, aumentando la presión de poros y disminuyendo la resistencia al corte de los materiales. Estos factores combinados generan condiciones favorables para el deslizamiento, especialmente en pendientes pronunciadas y en presencia de lluvias intensas.
- Los depósitos coluviales y coluvio-deluviales, compuestos por bloques sueltos de hasta 0.5 m de diámetro, gravas y fragmentos angulosos a subangulosos con baja compactación y sin consolidar, son altamente susceptibles a deslizamientos. La heterogeneidad granulométrica y la forma de los fragmentos generan vacíos que facilitan la infiltración de agua, incrementando la presión de poros y disminuyendo la resistencia interna del material. Al ser poco cohesivos y con una estructura inestable, estos depósitos son susceptibles a deslizamientos, especialmente bajo condiciones de saturación o fuerzas externas como lluvias o sismos.

Factor geomorfológico

- Las pendientes del terreno que varían entre 25° y 45° a medida que se asciende por laderas inestables representan un factor desestabilizante debido a que, con el incremento de la inclinación, la fuerza gravitacional que actúa sobre los materiales sueltos o debilitados aumenta significativamente. En pendientes más pronunciadas, la componente de la gravedad que favorece el deslizamiento es mayor que la fuerza que mantiene los materiales en su lugar. Además, en estas inclinaciones, la capacidad del suelo o roca para resistir el movimiento por fricción disminuye, y si los materiales están fracturados o meteorizados, su estabilidad se ve aún más comprometida, favoreciendo la ocurrencia de deslizamientos.
- Geomorfológicamente, la presencia de vertientes coluvio-deluviales y vertientes con depósitos de deslizamiento es un factor desestabilizante importante. Las vertientes coluvio-deluviales están compuestas por materiales transportados y depositados por procesos gravitacionales y de escorrentía, como suelos sueltos, gravas, limos y arcillas y fragmentos rocosos, que tienden a ser inestables debido a su baja cohesión y capacidad de compactación. Estos depósitos, al estar mal consolidados, tienen menor resistencia frente a fuerzas externas como la infiltración de agua, lo que aumenta la susceptibilidad de deslizamientos.

Por otro lado, las vertientes con depósitos de deslizamientos previos indican una historia de inestabilidad geológica en la zona. Estos depósitos, ya movilizados en eventos anteriores, presentan una estructura interna alterada y debilidades inherentes, lo que los hace más propensos a reactivar deslizamientos bajo condiciones de estrés adicionales, como lluvias intensas o sismos. Así, ambos tipos de vertientes generan un terreno particularmente susceptible a nuevos deslizamientos.

5.1.2. Factores detonantes desencadenantes

a. SISMOS:

Tomando en cuenta el estudio sísmico probabilístico publicado por INGEMMET en el "Estudio de Peligros Geológicos en la Región Junín" (Luque et al., 2020), los mapas de aceleración sísmica para un período de 20 años y una excedencia del 10% muestran que la aceleración sísmica máxima esperada es de 300 gal. Esto indica que, con un 10% de probabilidad, la aceleración sísmica podría superar los 300 gal en algún momento dentro de esos 20 años. Esta información resalta el alto peligro sísmico en el área de inspección, aumentando la susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos, como efectos cosísmicos (figura 16).

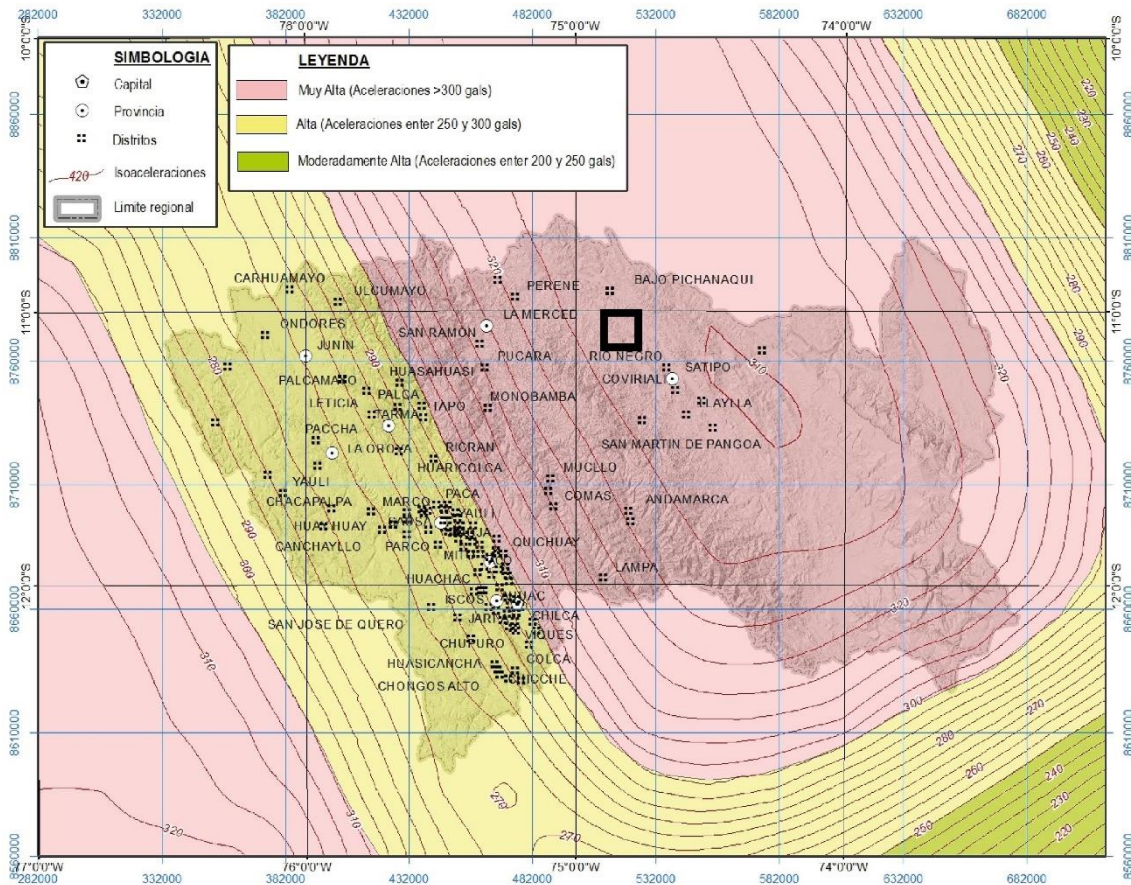


Figura 16. Aceleraciones sísmicas máximas para 20 años de la región Junín (para un 10% de excedencia), muestra Aceleraciones muy altas en el área de estudio.

b. PRECIPITACIONES:

En Monterrico, distrito de Mazamari, las precipitaciones fuertes especialmente en temporadas de lluvias las registradas en 2010 y 2015, con valores extremos superiores a 100 mm/día. Estas lluvias saturan los suelos, desestabilizan laderas y afectan vías, cultivos y viviendas, representando un alto riesgo para la población.

Como antecedente más reciente se tiene que en 2024 debido a lluvias intensas.01 deslizamiento (Da-1), causados por la acumulación de precipitaciones extremas, sepultaron zonas agrícolas y afectaron gravemente a la población local. En febrero, un

deslizamiento en la zona costó la vida a al menos cuatro miembros de una familia que trabajaban en campos de cultivo, mientras que otros lograron escapar. Las condiciones meteorológicas extremas también provocaron bloqueos en carreteras cercanas, dificultando las labores de rescate y asistencia humanitaria

5.1.3. Factor antrópico

En Monterrico, las plantaciones de naranjas y limas pueden contribuir a deslizamientos al tener raíces poco profundas que no estabilizan adecuadamente el terreno. Además, la preparación del suelo, como la remoción de vegetación natural y el uso de maquinaria pesada, incrementó la erosión y la escorrentía. Los cortes de talud realizados para estas plantaciones desestabilizaron las pendientes al alterar el perfil del terreno y facilitar la acumulación de agua, disminuyendo la resistencia del suelo y favoreciendo el desprendimiento de material.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica y geodinámica de la zona de estudio, así como a los trabajos de evaluación de peligros geológicos realizado en campo, se emiten las siguientes conclusiones:

- 1) El sustrato rocoso en el área de estudio es la Formación Yahuarango, compuesto por la intercalación de lutitas, limolitas y lodolitas. Estas presentan un alto grado de fracturamiento y meteorización, lo que lo convierte en un material deleznable y susceptible a deslizamientos. Estas características geotécnicas, como la baja cohesión, la elevada porosidad y la debilidad estructural de la roca, facilitan la generación de suelos residuales poco consolidados.
- 2) Los depósitos coluviales y coluvio-deluviales al este de Monterrico, formados por materiales sueltos y de baja compactación, son altamente susceptibles a deslizamientos. Su heterogeneidad granulométrica y vacíos internos facilitan la infiltración de agua, aumentando la presión de poros y reduciendo la resistencia interna. Estas condiciones, sumadas a su baja cohesión, los hacen vulnerables, especialmente durante lluvias intensas características de la zona de estudio.
- 3) Las pendientes promedio en el área de estudio varían entre 25° y 45° y actúan como un factor desestabilizante, ya que el aumento de la inclinación incrementa la fuerza gravitacional sobre los materiales sueltos o debilitados de la Fm. Yahuarango y los depósitos cuaternarios. Los deslizamientos recientes se presentaron en pendientes promedio de 37° (Da-1) y 27° (Da-2)
- 4) Geomorfológicamente, las vertientes coluvio-deluviales y aquellas con depósitos de deslizamientos previos son factores desestabilizantes significativos. Los materiales sueltos y mal consolidados en las vertientes coluvio-deluviales, como suelos, gravas y fragmentos rocosos, tienen baja cohesión y compactación.
- 5) La ladera oeste del centro poblado de Monterrico presenta evidencias de deslizamientos antiguos, considerados inactivos relictos y latentes, sobre los cuales se han registrado 02 deslizamientos recientes. El primero, denominado Da-1, se activó el 01 de febrero de 2024, con una escarpa retrógrada principal de 5 m y una longitud de 130 m, provocando el trágico fallecimiento de cuatro personas. El segundo deslizamiento, Da-2, ha estado activo durante más de cinco años, afectando 150 m de la carretera de acceso al centro poblado y experimentó una reactivación significativa en febrero de 2024. Este último evento generó una escarpa de deslizamiento con 5 m de altura y 150 m de longitud, afectando directamente al centro poblado debido a su cercanía y evidente actividad.
- 6) Los factores desencadenantes, se atribuyeron a sismos y precipitaciones pluviales excepcionales.

- 7) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el centro poblado Monterrico, se encuentran en **Peligro Alto a Muy Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos; los cuales pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o sismos.

7. RECOMENDACIONES


En base a la evaluación de peligros geológicos realizada en el presente informe, se brindan las siguientes recomendaciones:

- 1) Prohibir el acceso de personas que trabajan en zonas de agricultura, dado que los movimientos de terreno continúan activos y representan un peligro significativo, en zonas cercanas del deslizamiento Da-1.
- 2) Reubicar los cultivos lejos de la zona de influencia del deslizamiento Da-1, para evitar posibles daños y minimizar el riesgo para las personas. Además, se deben implementar canales de drenaje adecuados para controlar la cantidad de agua en el terreno, ya que la infiltración excesiva puede agravar la inestabilidad de depósitos y contribuir a nuevas activaciones del deslizamiento.
- 3) Reforestar con plantas nativas en las áreas afectadas por los deslizamientos Da-1 y Da-2. La reforestación con especies autóctonas favorece la estabilidad del terreno al mejorar la cohesión del suelo y reduce la erosión, gracias al sistema radicular profundo de estas plantas. Además, esta medida contribuye a la protección natural de las laderas, minimizando la infiltración de agua.
- 4) Reasentar (reubicar) paulatinamente las viviendas del centro poblado Monterrico adyacentes al deslizamiento Da-2, ya que la actividad continua de este deslizamiento representa una amenaza significativa para el área habitada. La inestabilidad del terreno sugiere una alta probabilidad de que el deslizamiento alcance y afecte al centro poblado en el futuro. Además, la constante actividad del deslizamiento podría interrumpir la vía que conecta Monterrico con Mazamari, lo que dejaría incomunicada a la población.
- 5) Implementar medidas estructurales para estabilizar el deslizamiento Da-2, utilizando el banquetado de la zona inestable, que consiste en la creación de terrazas para reducir la pendiente y mejorar la estabilidad del terreno. Además, el recubrimiento con geotextiles puede ayudar a controlar la erosión y a mantener la cohesión del suelo, mientras que la bioingeniería, combinada con redes de drenaje, gestionará eficazmente el exceso de agua que contribuye a la inestabilidad. Estos trabajos deben complementarse con monitoreos geodésicos constantes, que permitan evaluar la evolución del deslizamiento y ajustar las intervenciones según sea necesario, asegurando así la efectividad de las medidas implementadas.

*Toda recomendación debe considerarse de manera referencial, ya que las medidas y la disposición final de las obras de infraestructura deben estar respaldadas por estudios geotécnicos especializados. Estos estudios determinarán la viabilidad y los detalles específicos de las intervenciones, garantizando que las soluciones propuestas sean adecuadas para las condiciones particulares del terreno. Solo a través de un análisis técnico exhaustivo se podrá asegurar la estabilidad y efectividad de las obras, minimizando riesgos y optimizando los resultados de las intervenciones estructurales.



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

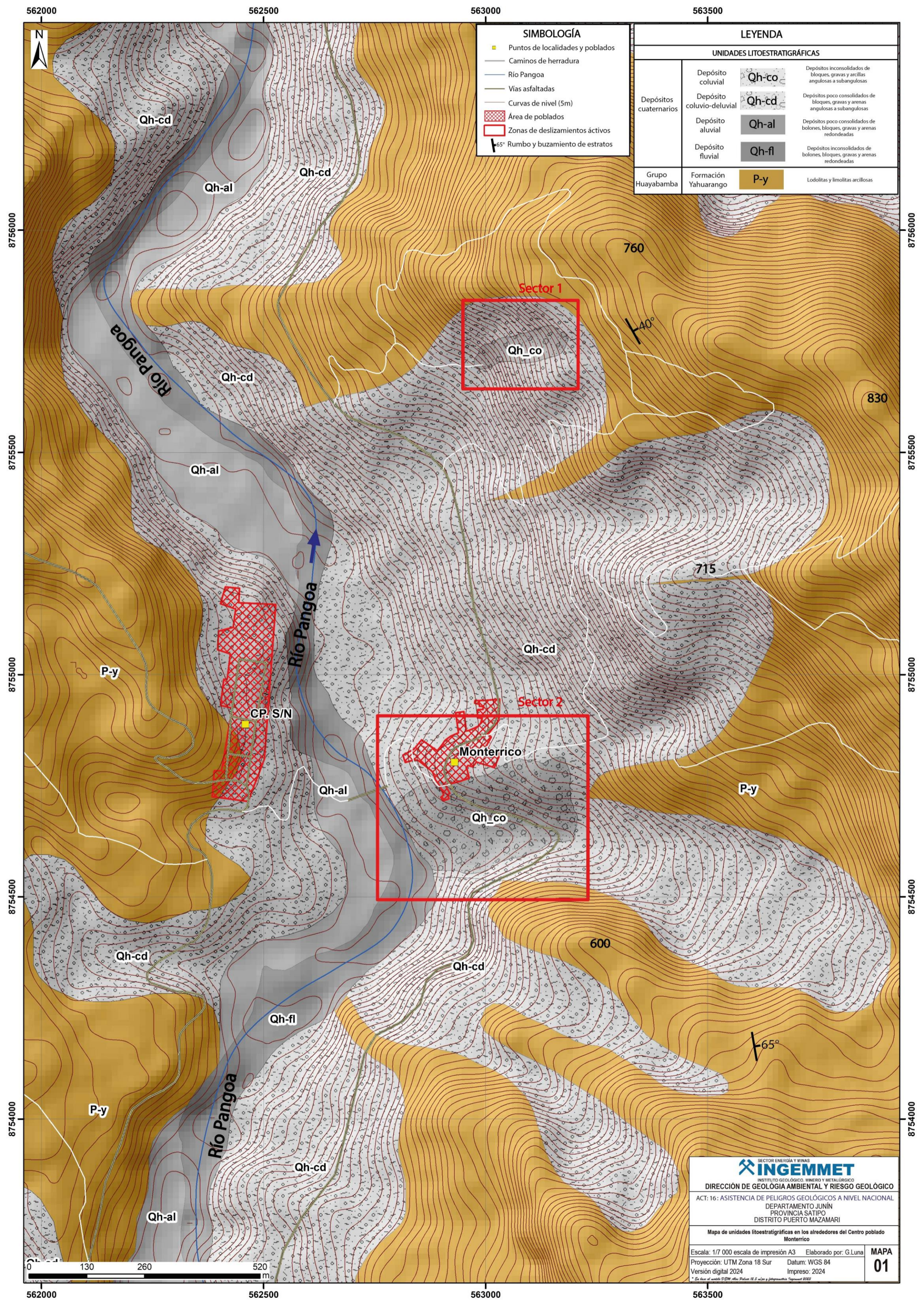


Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11

8. BIBLIOGRAFÍA

- Fidel, L.; Zavala, B.; Núñez, S.; Valenzuela, G. 2006, Estudio de Riesgos Geológicos del Perú. Franja 4. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, N° 29, 386p., 19 mapas escala 1:900,000.
- Raymundo, T. y De la Cruz, O. (2003) - Mapa geológico del cuadrángulo de Oxapampa (Actualizado), Hoja 22-m, 1: 100 000. INGEMMET, Dirección de Geología Regional, Carta geológica Nacional.
- De la Cruz, O. y Gómez, D. (2017) - “Evaluación de Peligros Geológicos en el Sector Villa Oyón”, Informe Técnico, Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, 21p.
- Ingemmet, 2018 “Evaluación de peligros geológicos en los sectores San Crispín – Villa Oyón y Barrio Industrial Villa Rica” (Núñez y Albinez, 2018).
- Monge, R., León, W. & Chacón, N. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. Hojas 21-m, 22-I, 22-m, 23-m, 1 : 100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 78, 151p.
- Robert, A., 2003, River processes - An introduction to fluvial dynamics: London, Arnold, 214 p. http://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwm-network/learning_content/environmental_background/fluvial_processes/fluvial_erosion/index.html
- Thorne, C.R.; Hey, R.D. and Newson, M.D. (1997): Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. Chichester. http://www.geo.fuberlin.de/en/v/iwmnetwork/learning_content/environmentalbackground/fluvial_processes/fluvial_erosion/index.html
- Maddox, I. 2014 - Three Common Types of Flood Explained, Blog web, <http://www.intermap.com/risks-of-hazard-blog/three-common-types-of-floodexplained>
- 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. Sen, D. 2018 - What Is a River FloodBlog web, <https://sciencing.com/about-6310709-river-flood-.html>.
- Pierson, T.C., 1986, Flow behaviour of channelized debris flows, Mount St. Helen’s, Washington, en Abrahams.
- USGS 2004 - Landslide Types and Processes, U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.

ANEXO 1: MAPAS



SIMBOLOGÍA

- Puntos de localidades y poblados
- Caminos de herradura
- Río Pangoa
- Vías asfaltadas
- Curvas de nivel (5m)
- ▨ Área de poblados
- ▭ Zonas de deslizamientos activos
- ↙↘ Rumbo y buzamiento de estratos

LEYENDA

UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS			
Depósitos cuaternarios	Depósito coluvial	Qh-co	Depósitos inconsolidados de bloques, gravas y arcillas angulosas a subangulosas
	Depósito coluvio-deluvial	Qh-cd	Depósitos poco consolidados de bloques, gravas y arenas angulosas a subangulosas
	Depósito aluvial	Qh-al	Depósitos poco consolidados de bolones, bloques, gravas y arenas redondeadas
	Depósito fluvial	Qh-fl	Depósitos inconsolidados de bolones, bloques, gravas y arenas redondeadas
Grupo Huayabamba	Formación Yahuarango	P-y	Lodolitas y limolitas arcillosas

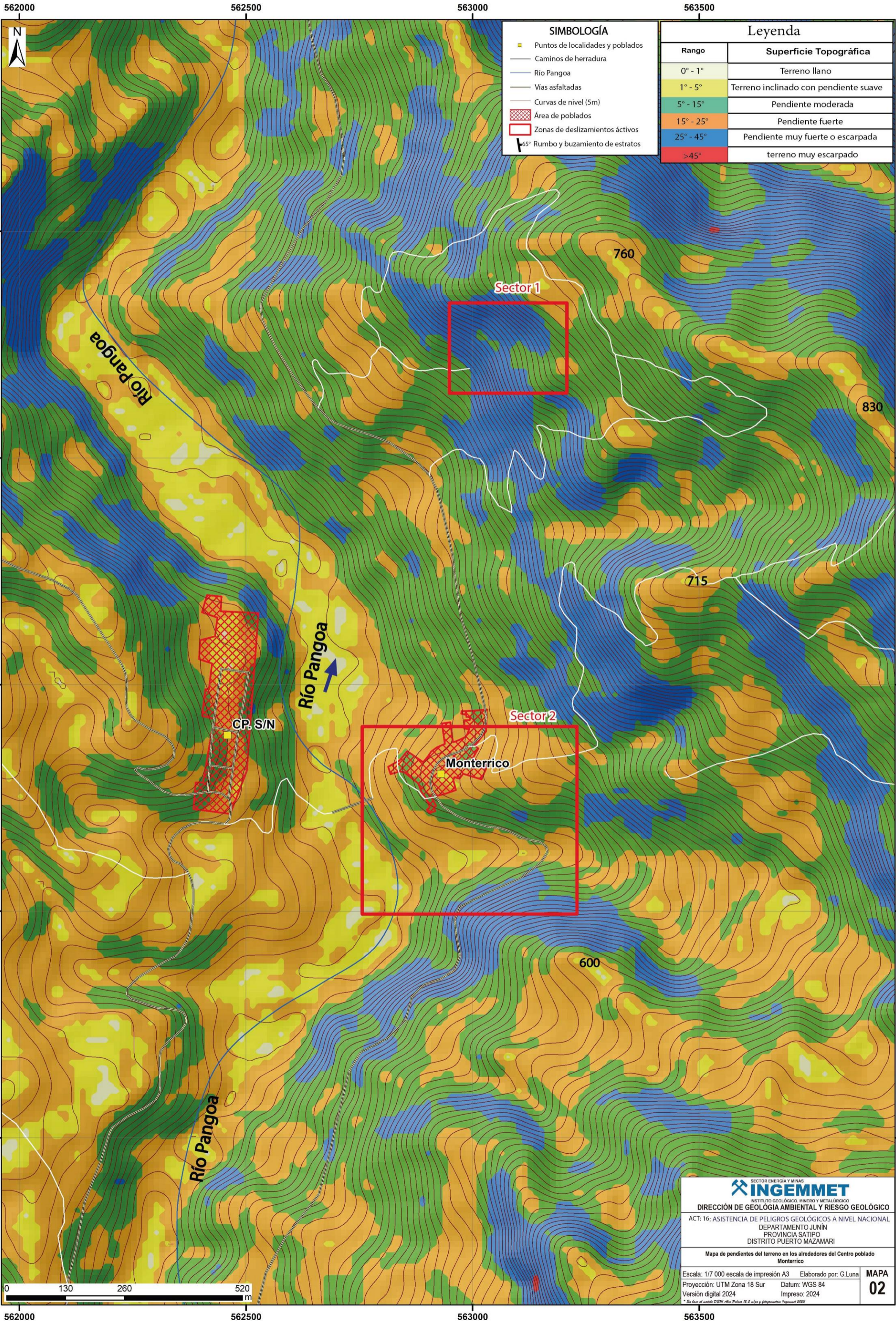


SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 ACT: 16: ASISTENCIA DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNIN
 PROVINCIA SATIPO
 DISTRITO PUERTO MAZAMARI

Mapa de unidades litoestratigráficas en los alrededores del Centro poblado Monterrico

Escala: 1/7 000 escala de impresión A3	Elaborado por: G.Luna	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: 2024	

* Se basa en el modelo DTM-Plus Prodam 10.0 y en fotografías aéreas 2008



SIMBOLOGÍA

- Puntos de localidades y poblados
- Caminos de herradura
- Río Pangoa
- Vías asfaltadas
- Curvas de nivel (5m)
- Área de poblados
- Zonas de deslizamientos activos
- 65° Rumbo y buzamiento de estratos

Leyenda

Rango	Superficie Topográfica
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	terreno muy escarpado

Sector 1

Sector 2

Monterrico

CP. S/N

Río Pangoa

Río Pangoa

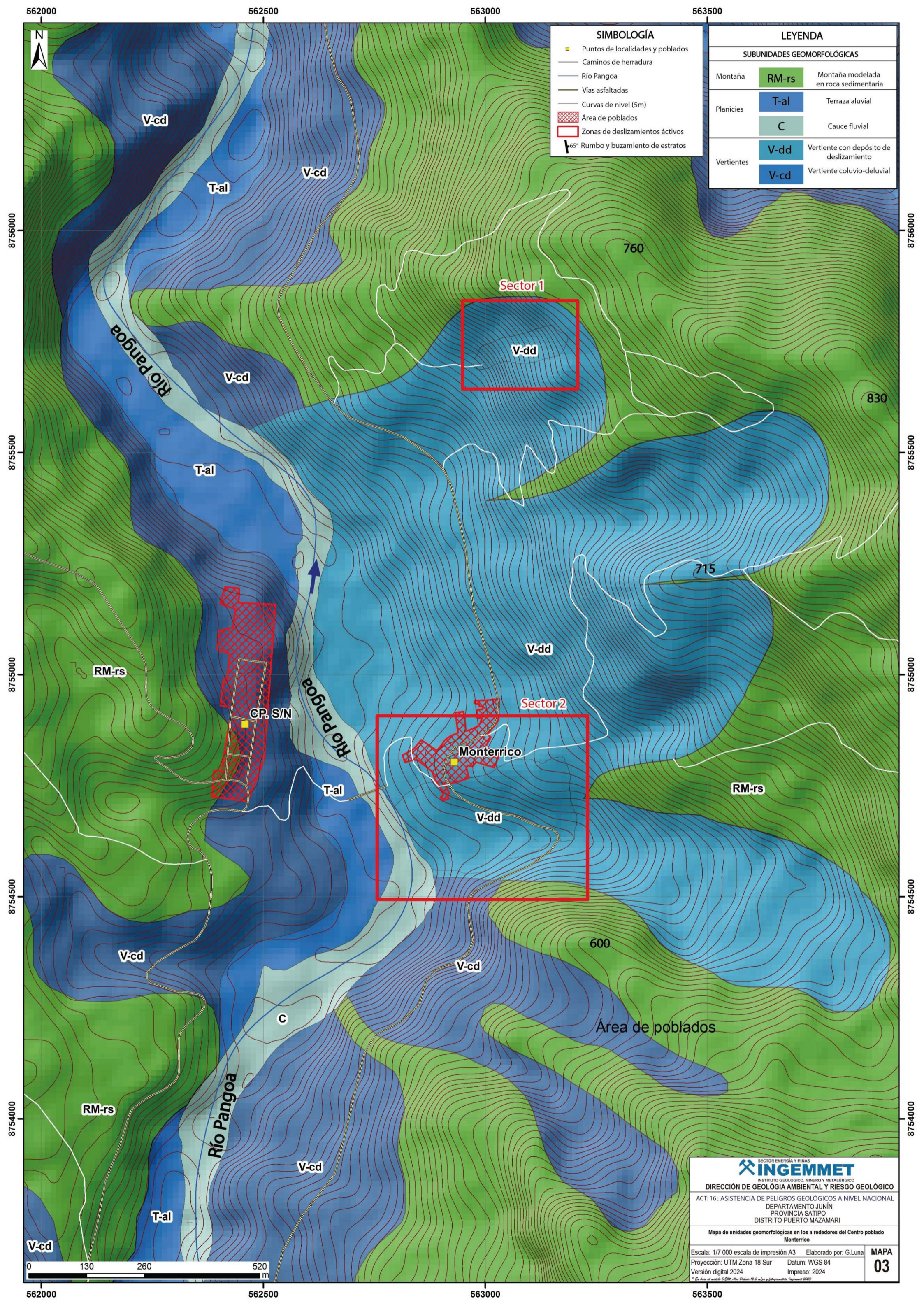
Río Pangoa

0 130 260 520 m

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT: 16: ASISTENCIA DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA SATIPO
 DISTRITO PUERTO MAZAMARI

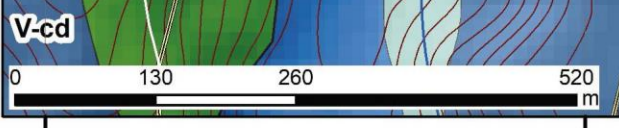
Mapa de pendientes del terreno en los alrededores del Centro poblado Monterrico

Escala: 1/7 000 escala de impresión A3 Elaborado por: G.Luna **MAPA 02**
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2024 Impreso: 2024



SIMBOLOGÍA	
■	Puntos de localidades y poblados
	Caminos de herradura
	Río Pangoa
	Vías asfaltadas
	Curvas de nivel (5m)
	Área de poblados
	Zonas de deslizamientos activos
	65° Rumbo y buzamiento de estratos

LEYENDA		
SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS		
Montaña	 RM-rs	Montaña modelada en roca sedimentaria
Planicies	 T-al	Terraza aluvial
	 C	Cauce fluvial
Vertientes	 V-dd	Vertiente con depósito de deslizamiento
	 V-cd	Vertiente coluvio-deluvial



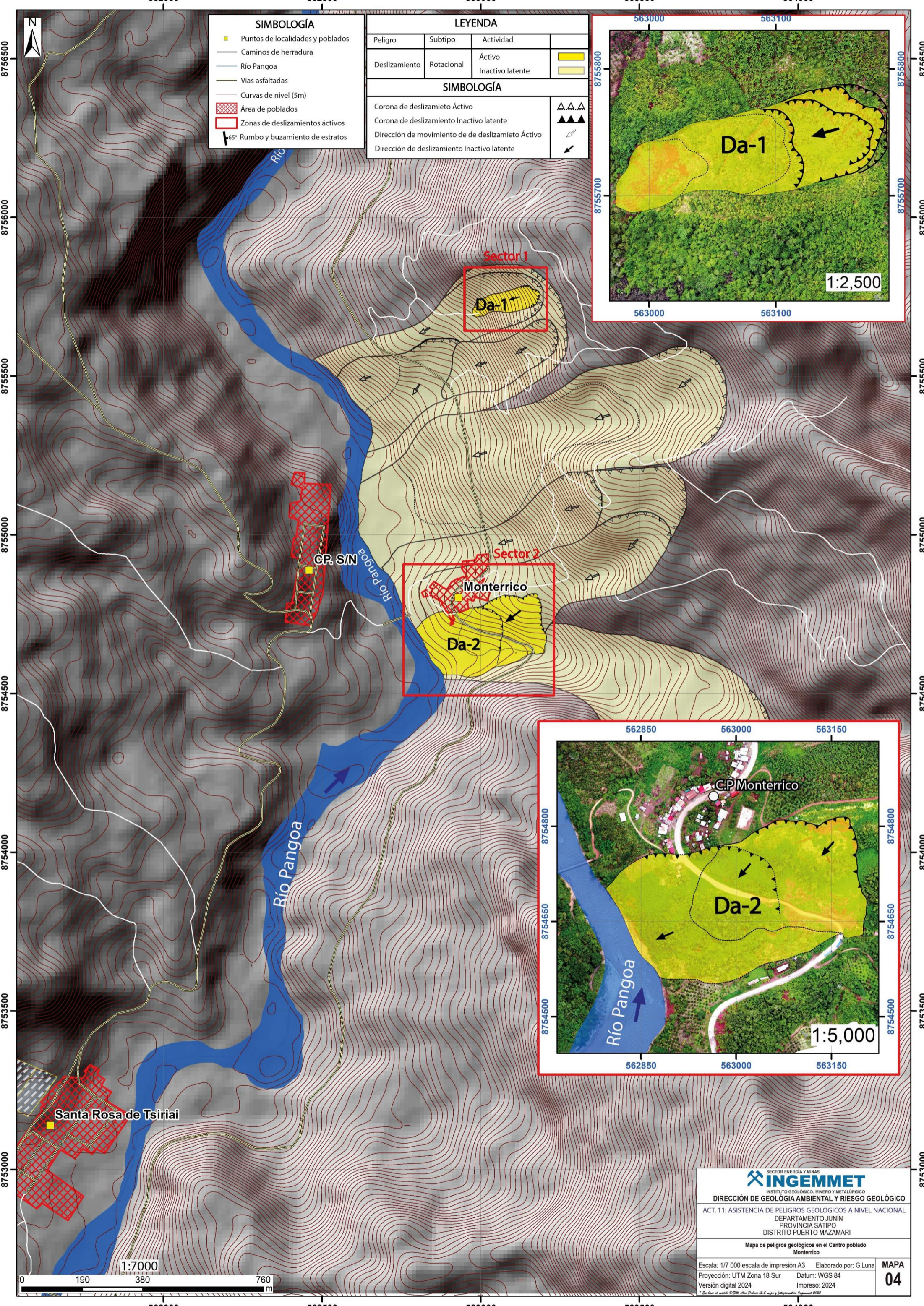
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT: 16: ASISTENCIA DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA SATIPO
 DISTRITO PUERTO MAZAMARI

Mapa de unidades geomorfológicas en los alrededores del Centro poblado
 Monterrico

Escala: 1/7 000 escala de impresión A3	Elaborado por: G.Luna	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: 2024	

* Se basa en el modelo DTM - Alto Páscar III, S. López y J. Pacheco, September 2000



SIMBOLOGÍA

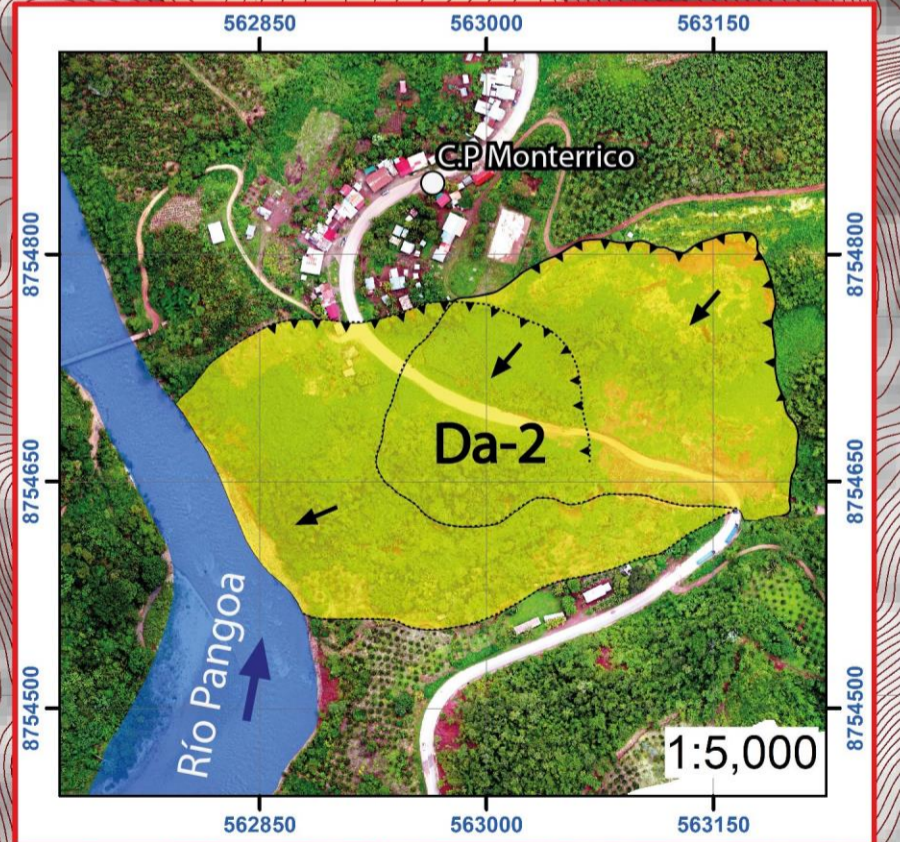
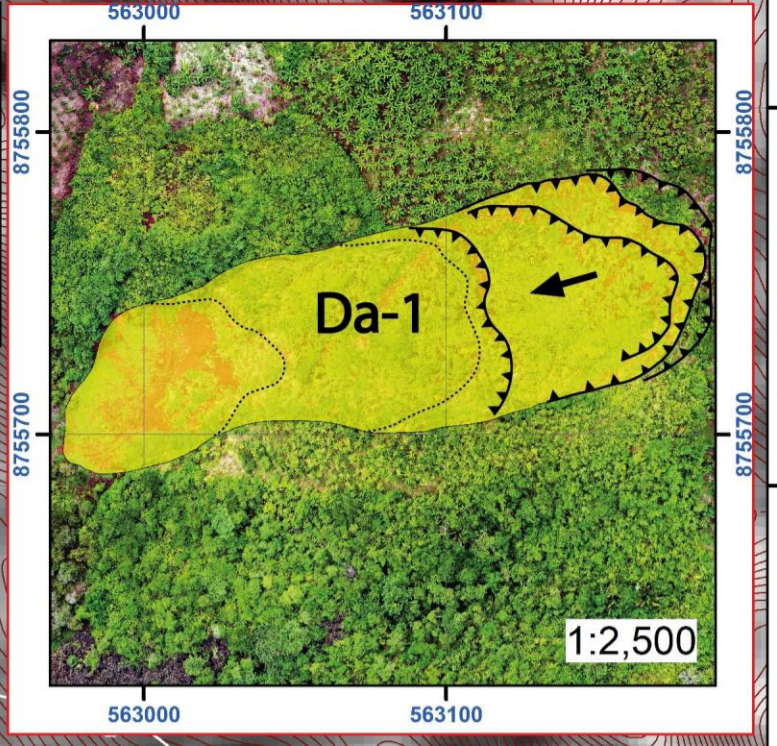
- Puntos de localidades y poblados
- Caminos de herradura
- Río Pangoa
- Vías asfaltadas
- Curvas de nivel (5m)
- ▨ Área de poblados
- ▭ Zonas de deslizamientos áctivos
- ↖ ↘ Rumbo y buzamiento de estratos

LEYENDA

Peligro	Subtipo	Actividad	
Deslizamiento	Rotacional	Áctivo	■
		Inactivo latente	■

SIMBOLOGÍA

- ▲▲▲ Corona de deslizamiento Áctivo
- ▲▲▲ Corona de deslizamiento Inactivo latente
- ↖ Dirección de movimiento de de deslizamiento Áctivo
- ↘ Dirección de deslizamiento Inactivo latente



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS AMBIENTALES Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: ASISTENCIA DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA SATIPO
 DISTRITO PUERTO MAZAMARI

Mapa de peligros geológicos en el Centro poblado
 Monterrico

Escala: 1/7 000 escala de impresión A3 Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2024	Elaborado por: G.Luna Datum: WGS 84 Impreso: 2024	MAPA 04
---	---	------------------------------

* En base al cartón D'20W - Alto Pánuco 16.2 miles y fotografías topográficas 8053

