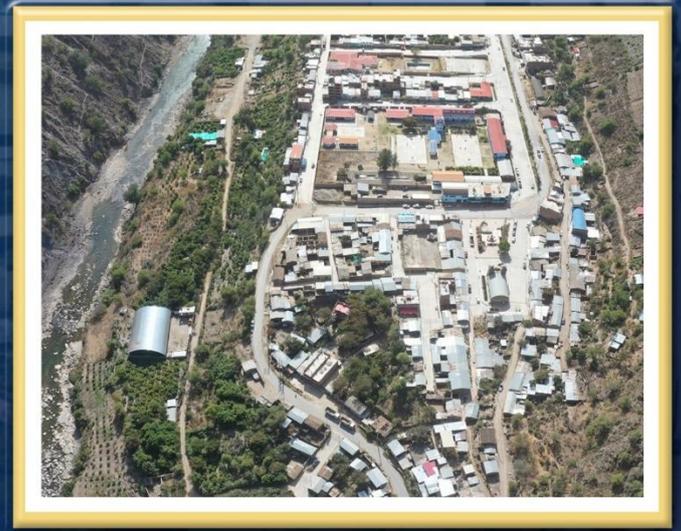


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7577

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBES Y CAÍDA DE ROCAS EN LA LOCALIDAD DE QUICHUAS Y LA CARRETERA QUICHUAS-ACCOYANCA

Departamento: Quichuas
Provincia: Tayacaja
Distrito: Huancavelica



DICIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBES Y CAÍDA DE ROCAS EN LA LOCALIDAD DE QUICHUAS Y LA CARRETERA QUICHUAS-ACCOYANCA

*Distrito Quichuas
Provincia Tayacaja
Departamento Huancavelica*



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

Equipo técnico:

Mauricio A. Núñez Peredo

Norma L. Sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Núñez, M. & Sosa, N. (2024). "Evaluación de peligros geológicos por derrumbes y caída de rocas en la localidad de Quichuas y la carretera Quichuas-Accoyanca". Distrito Quichuas, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7577, 38p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. Ubicación.....	4
1.3.2. Población.....	4
1.3.3. Accesibilidad.....	4
1.3.4. Clima	6
1.3.5. Zonificación sísmica	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
2.1. Unidades litológicas	10
2.1.1. Complejo metamórfico de la Cordillera Oriental	10
2.1.2. Depósitos cuaternarios.....	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
4.1. Pendientes del terreno	13
4.2. Unidades geomorfológicas	14
4.2.1. Unidad de montañas	14
4.2.2. Unidad de vertiente	15
4.2.3. Unidad de terraza.....	17
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	18
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	18
5.2. Derrumbes en la carretera Quichuas-Accoyanca	19
5.2.2. Factores condicionantes.....	23
5.2.3. Factores detonantes desencadenantes	23
5.2.4. Factores antrópicos	24
5.2.5. Daños por peligros geológicos	24
5.3. Caída de rocas en la localidad de Quichuas	25
6. CONCLUSIONES	28
6.1. Carretera Quichuas-Accoyanca	28
6.2. Localidad de Quichuas	28
7. RECOMENDACIONES	29
7.1. Para la Carretera Quichuas-Accoyanca:	29
7.2. Para la localidad de Quichuas:	29
8. BIBLIOGRAFÍA	31
ANEXO 1: MAPAS	32

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por derrumbes y caída de rocas en la localidad de Quichuas y la carretera Quichuas-Accoyanca. Distrito Quichuas, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica. 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 el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el área de estudio aflora una secuencia de rocas metamórficas de la Cordillera Oriental, conformada por esquistos y filitas de resistencia baja (25-50 Mpa), muy fracturadas con espaciamentos muy próximas entre si (<0,06m), aberturas abiertas (1.0 a 5.0 mm) y sin relleno visible; además la roca se muestra fuertemente meteorizada.

Las unidades geomorfológicas identificadas corresponden a montañas modeladas en rocas metamórfica y de piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento, coluvio-deluvial, coluvial), que conforman laderas de montañas con pendientes variables de muy fuertes a muy escarpado (25° a 55°).

En la carretera Quichuas-Accoyanca se ha identificado un deslizamiento rotacional antiguo, con un escarpe principal de forma regular y continua de 390 m de longitud. Al pie del deslizamiento, como consecuencia del cambio de pendiente, cortes de ladera y las filtraciones del agua de escorrentía superficial, se generaron tres derrumbes activos, con longitudes y alturas de arranque de 230 y 580 m respectivamente.

Los derrumbes son condicionados por factores antrópicos como: cortes de talud para la apertura de nuevas trochas carrozables y el sistema de riego constante que se desarrolla en épocas de estiaje, lo que satura los suelos constantemente e inestabiliza la zona.

Así mismo, hacia el norte y noreste de la localidad de Quichuas se tienen caídas de rocas, con bloques transportados entre 0.20 a 1.0 m de diámetro, que impactaron en las viviendas más próximas a la ladera.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas la carretera Quichuas-Accoyanca, es considerado de **Peligro Medio** a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y caída de rocas, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o sismos.

Así mismo, el sector al norte-noreste de la plaza de Quichuas, es considerada como **zona crítica de Peligro Alto** a la ocurrencia de derrumbes y caída de rocas, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o sismos.

Finalmente, se brindan recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica, como: reducir o evitar las prácticas agrícolas dentro y en los alrededores de deslizamientos y derrumbes; prohibir la construcción de carreteras, caminos de herradura, viviendas u otra actividad antrópica; construir muros de contención para mitigar los efectos de las caídas de rocas; implementar campañas de reforestación al pie de ladera a fin de crear una barrera viva natural que reduzca el movimiento o detenga a los bloques caídos; entre otros.

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 evaluación de peligros geológicos”, (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 del Gobierno Regional de Huancavelica, según Oficio N°142-2023/GOB.REG.HVCA/GR-ORDNSCGRDyDS; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en la localidad de Quichuas.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros geólogos Mauricio Núñez Peredo y Norma Sosa Senticala, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado, la cual se realizó en coordinación con las autoridades locales del distrito de Quichuas.

La evaluación técnica se realizó en tres 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 dron, 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, interpretación de imágenes satelitales, cartografiado, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración del Gobierno Regional de Huancavelica 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 la localidad de Quichuas y la carretera Quichuas-Accoyanca.
- 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), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N°69, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la región Huancavelica” (Vílchez *et al.*, 2019). Este estudio determino 45 zonas críticas relacionadas a peligros geológico y geohidrológicos; entre las que destacan varios sectores del valle del río Mantaro, incluido la zona de estudio.

Así mismo, se muestra el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000 (figura 1) donde la localidad de Quichuas y alrededores, se localizan en zonas de susceptibilidad muy alta.

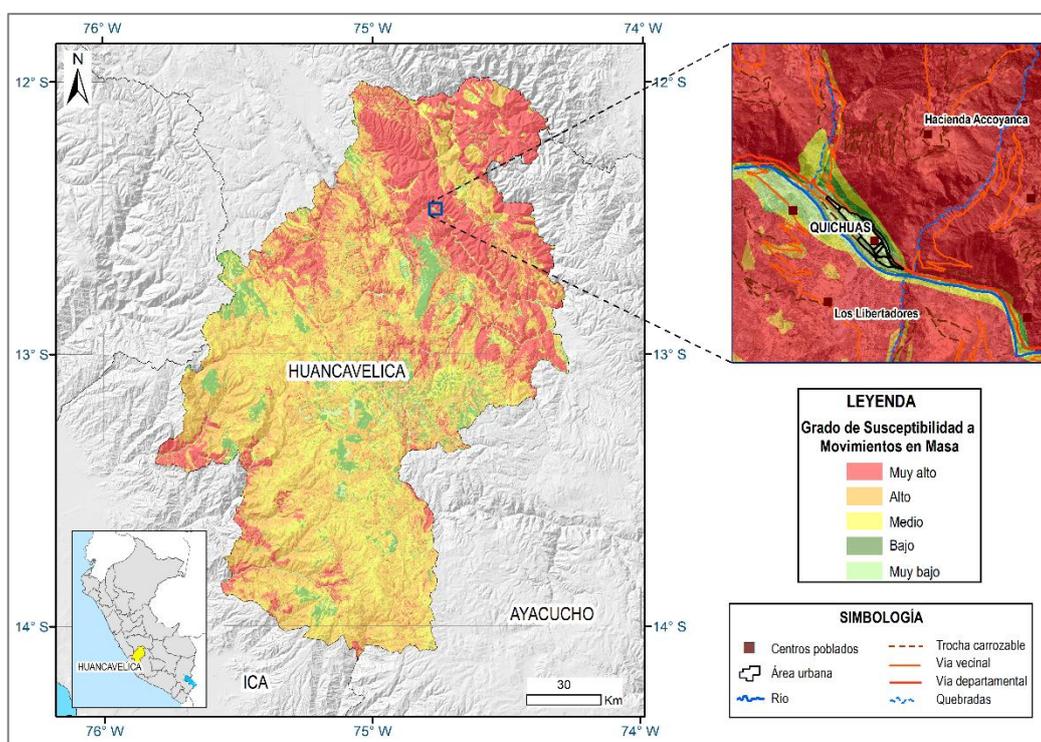


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa en la localidad de Quichuas y alrededores. **Fuente:** Vílchez *et al.*, 2019

- B) Boletín, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas (25-n)” (Cerrón & Ticona, 2003). Describe las unidades litoestratigráficas a escala 1:50 000, donde se exponen principalmente rocas metamórficas de edad neoproterozoica de naturaleza esquistos, esquistos-micaceos y filitas.
- C) Boletín N°12 serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo de Pampas” (Guizado, & Landa, 1964). Describe la geología regional presente en la zona evaluada.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación se ubica en la localidad de Quichuas, margen izquierda del río Mantaro. Políticamente pertenece al distrito Quichuas, provincia Tayacaja, departamento de Huancavelica (figura 2).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	526136.061	8623293.563	-12.45343679°	-74.75950044°
2	526197.8522	8620571.368	-12.4780531°	-74.7589091°
3	524093.7052	8620523.559	-12.47850204°	-74.77827245°
4	524031.912	8623245.847	-12.45388482°	-74.77886198°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
	525134.92	8622474.82	-12.46084873°	-74.76870615°

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la localidad de Quichuas presenta una población censada de 688 habitantes distribuidos en un total de 311 viviendas particulares (tabla 2).

Tabla 2: Distribución poblacional en la localidad de Quichuas.

DISTRITO	POBLADO	POBLACIÓN	VIVIENDA
QUICHUAS	Quichuas	688	311

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (tabla 3):

Tabla 2. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – La Oroya	Asfaltada	186	4 horas 45 min
La Oroya – Huancayo	Asfaltada	123	2 horas 20 min
Huancayo - Quichuas	Asfaltada	103	2 horas 35 min

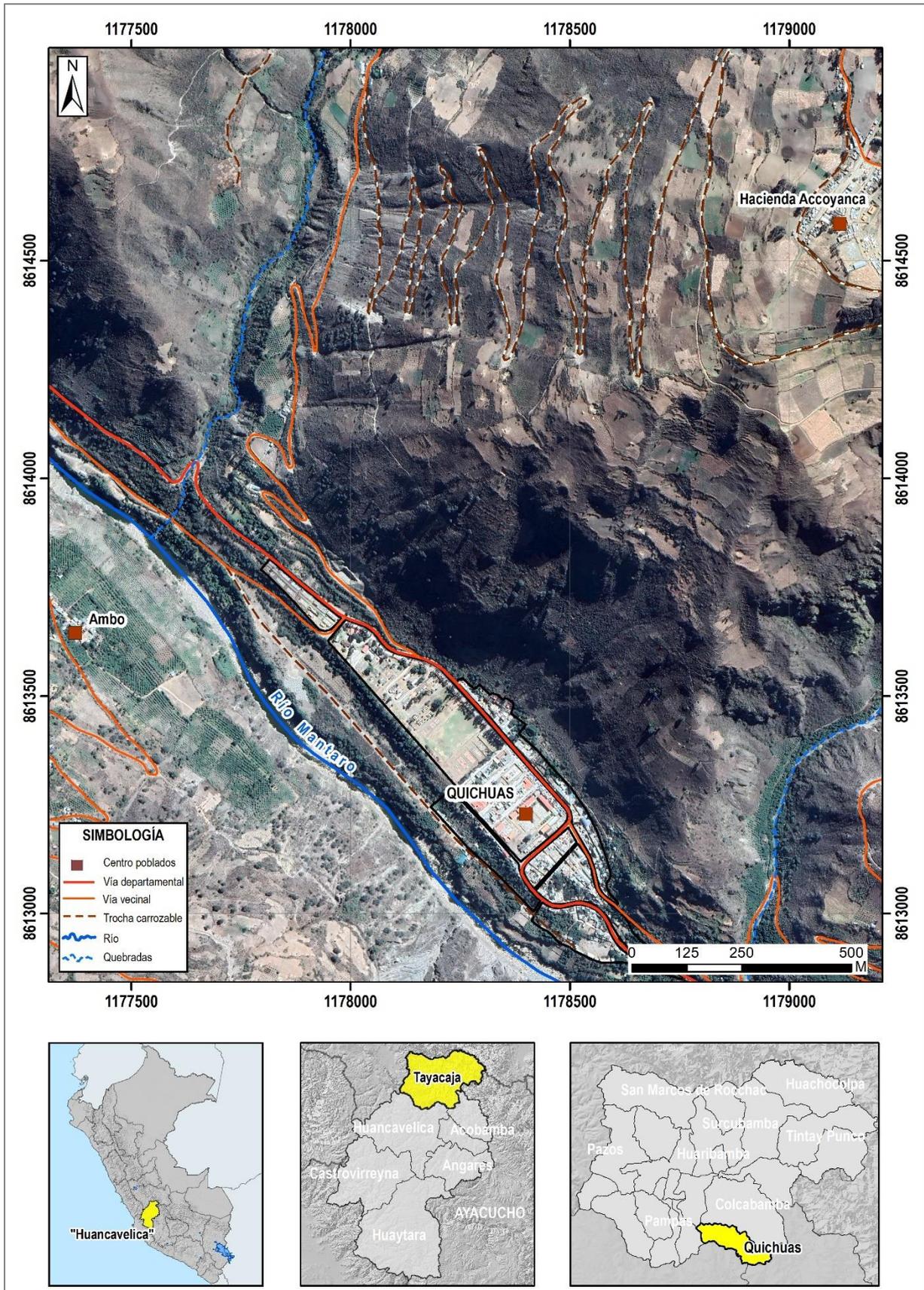


Figura 2: Ubicación de la localidad de Quichuas y la carretera Quichuas-Accoyanca.

1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito de Quichuas presenta un clima semiseco, templado, con deficiencia de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda.

En cuanto a los 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 2019-2023 fue de 32.7 mm, (figura 3). Cabe recalcar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a abril.

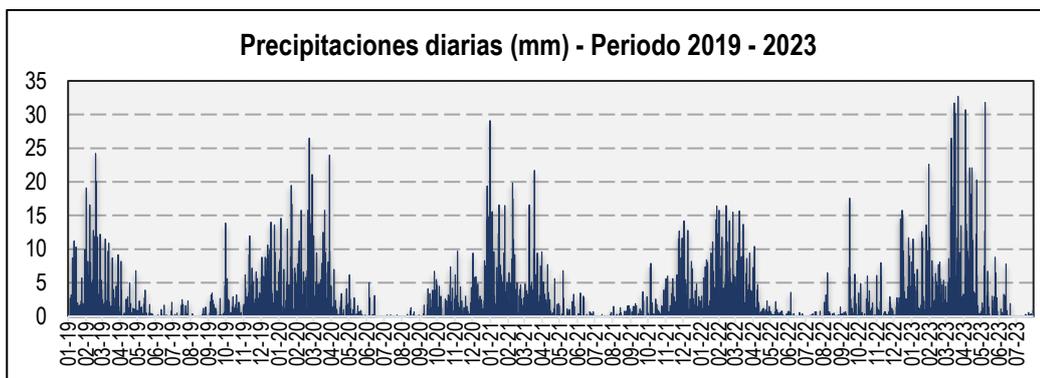


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2019-2023. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/9518635>.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 23.0°C en verano y un mínimo de 2.0°C en invierno (figura 4). Así mismo, presenta una humedad promedio de 65.8% durante casi todo el año (Servicio aWhere).

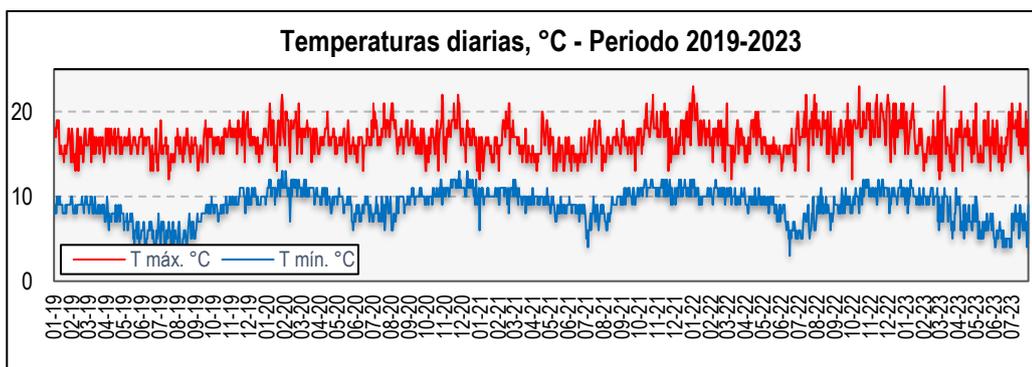


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo 2019-2022. La figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/9518635>.

1.3.5. Zonificación sísmica

De acuerdo a los niveles de zonificación sísmica en el Perú (figura 5); el área de estudio se ubica en la Zona 3 (sismicidad Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 3. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

Tabla 3. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

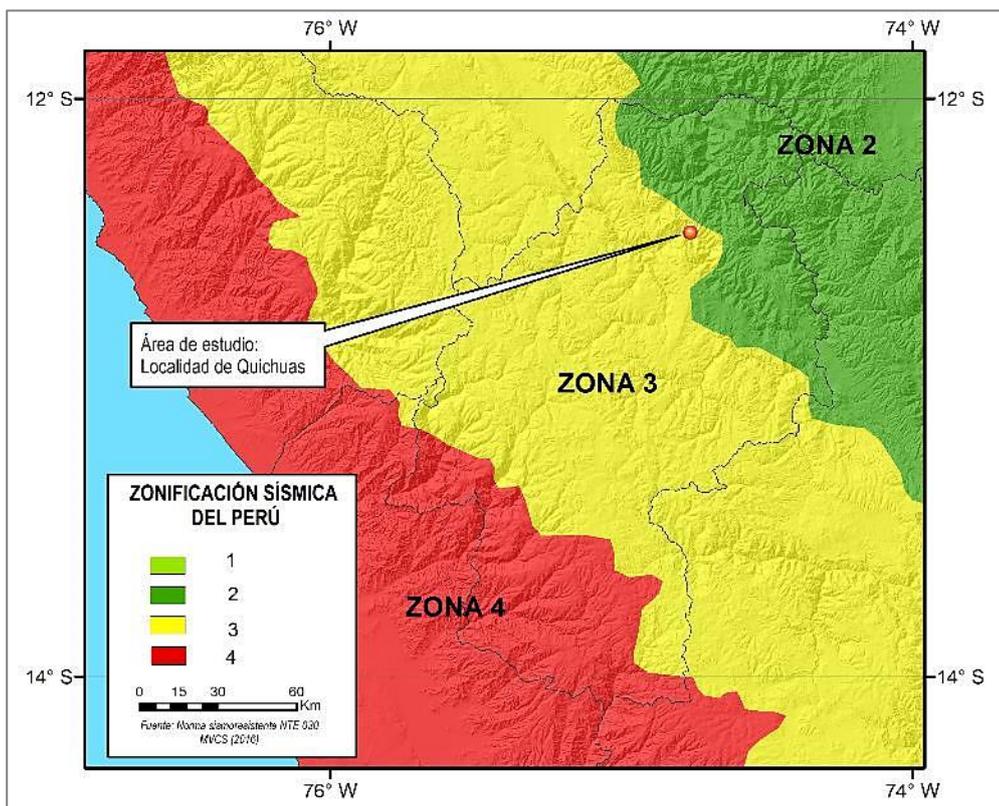


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú.

Fuente: Norma sismorresistente NTE 030 MVCS, 2016.

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 relevantes en términos sencillos como son:

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.

CAÍDA: Tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la superficie de un talud, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire, pero con algunos golpes, rebotes y rodamiento. Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. Algunos autores, como Corominas y Yague (1997) denominan colapso a los casos en que el material cae de manera eminentemente vertical.

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

CÁRCAVA: Tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas.

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: Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el

material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña.

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

ESCARPE O ESCARPA: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

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

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

INACTIVO: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

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, huacos, 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.

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 Pampas (25-n-III), a escala 1: 50,000 (Cerrón & Ticona, 2002); así como, la referencia del Boletín N°A12: "Geología del cuadrángulo de Pampas (Guizado & Landa, 1964) y la Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas (25-n) a escala 1:50, 000 (Cerrón & Ticona, 2003), publicados por Ingemmet.

Además, se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

2.1. Unidades litológicas

Las unidades litológicas que afloran en el área de estudio corresponden principalmente a rocas metamórficas de edad Proterozoico. Estas unidades se encuentran cubiertas parcialmente por depósitos recientes coluvio-deluvial, coluvial, proluvial, aluvial y fluvial, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (anexo 1: Mapa 01).

2.1.1. Complejo metamórfico de la Cordillera Oriental

Corresponde a una secuencia de rocas metamórficas que se presentan como un bloque levantado y limitado por fallas. Sus afloramientos se encuentran de manera continua con dirección NO-SE a lo largo de la Cordillera Oriental. Se presentan formando cadenas de cerros elevados y lomadas alargadas, de topografía abrupta.

Tomando como base las características litológicas y tipo de facie metamórfica, las rocas del Complejo Metamórfico han sido subdivididas en tres secuencias (Cerrón & Ticona, 2003), de las cuales, una aflora en la zona evaluada:

Esquistos, esquistos-micáceos y filitas (PE-f,es/em/ecl): Se distribuyen en una franja alargada con rumbo NO-SE, donde se presentan esquistos cloritosos, conjuntamente con filitas y en menor proporción mica-esquistos. Los esquistos tienen coloración gris-verdosa a verdosa y exfoliación pronunciada (fotografía 1). La roca más abundante es el esquisto micáceo que tiene como principal componente la muscovita. Las filitas son de grano fino, presenta una foliación marcada, que al intemperizarse generan fragmentos con brillo satinado; esta secuencia por sus características mineralógicas corresponde a una secuencia metamórfica de bajo grado.

En general, estas rocas metamórficas presentan una resistencia baja (25-50 MPa), muy fracturadas a fragmentada (fotografía 2) con espaciamientos muy próximas entre sí (<0,06m), aberturas abiertas (1.0-5.0 mm) y sin relleno visible; además la roca se muestra fuertemente meteorizada.



Fotografía 1. Vista de un esquistos de coloración gris-verdosa que aflora en los alrededores de la zona evaluada. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 523745; N: 8622279.



Fotografía 2. Vista de los esquistos, donde se puede observar el fracturamiento, que va desde muy fracturados hasta fragmentados. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 524942; N: 8622723.

2.1.2. Depósitos cuaternarios

a. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos en el mapa. Se localizan en forma caótica al pie de laderas por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. Están compuestos por fragmentos líticos, angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 0.02 a 0.20 m envueltos en una matriz de limos arcillas, medianamente consolidadas.

Así mismo, se evidenció lentes de travertinos (Tr), de color blanco amarillento y textura porosa, que indican el alto grado de filtración de aguas meteóricas (figura 6).

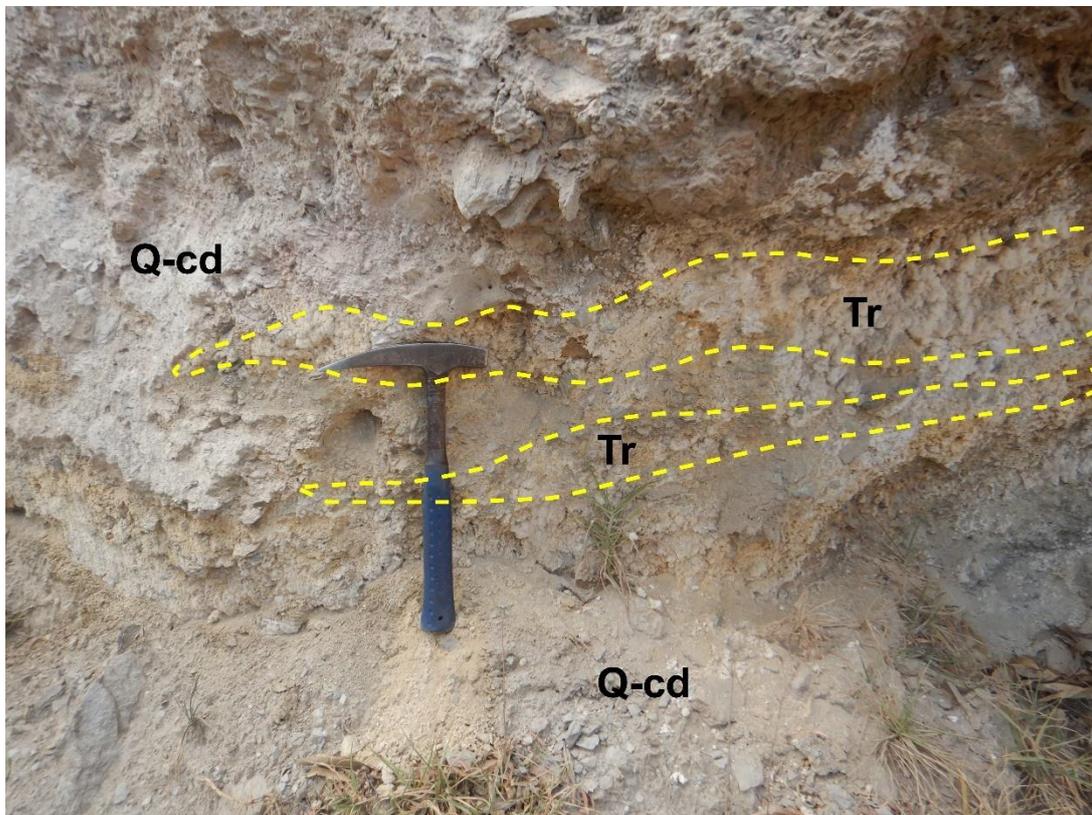


Figura 6. Vista de depósitos coluvio-deluvial (Q-cd), formando por fragmentos líticos, angulosos a subangulosos, heterométricos, semiconsolidado; con la presencia de lentes de travertinos (Tr).

b. Depósito coluvial (Q-cl)

Son depósitos inconsolidados, compuestos por fragmentos de roca angulosos, heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, en forma de conos o canchales. Los bloques más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión. Conforman taludes de reposo poco estables; se encuentran acumulados al pie de taludes escarpados; generalmente corresponde a depósitos de derrumbes, caídas de rocas y deslizamientos.

c. Depósito proluvial (Q-pl)

Los depósitos proluviales se originan a partir de los flujos de detritos. La existencia de material detrítico suelto acumulado, la presencia de bofedales y cuando ocurren precipitaciones pluviales intensas se saturan, pierden su estabilidad y se movilizan torrente abajo por las quebradas.

Están compuestos por fragmentos líticos angulosos a subangulosos con tamaños variables, envueltos en una matriz arenoso limoso-arcilloso, permeables y medianamente consolidados

d. Depósito aluvial (Q-al)

Se ubican en llanuras antiguas y/o niveles de terrazas adyacentes a los valles. En el área de estudio se le encuentra formando una terraza hacia la margen izquierda del río Mantaro, y sobre la cual se asienta la localidad de Quichuas. Están compuestos por una mezcla de fragmentos heterométricos y heterogéneos (bolos, gravas, arenas, etc.), redondeados a subredondeados, transportados por la corriente de los ríos y quebradas. Tienen regular a buena selección y se presentan estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial.

e. Depósito fluvial (Q-fl)

Los constituyen los materiales de los lechos de los ríos o quebradas, terrazas bajas y llanura de inundación. Son depósitos heterométricos constituidos por bolos, cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y arenolimosos. Son transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por el curso actual del río y ubicados en su llanura de inundación. Son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles, cuya permeabilidad es alta. En la zona de estudio se encuentra en el lecho del río Mantaro.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el anexo 1: Mapa 02, se presenta el mapa de pendientes elaborado en base a información de un modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución obtenido del conjunto de datos Alos Palsar que se proporciona a través del proyecto: "Sistema de Información y Datos de Ciencias de la Tierra" (ESDIS) de la NASA.

De acuerdo a este mapa, la zona de evaluación se localiza en laderas de montañas cuyos rangos de pendientes van desde muy fuerte (25° a 45°) a muy escarpado (>45°). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre (figura 7).



Figura 7. Vista de la inclinación de las laderas colindantes a la localidad de Quichuas (margen izquierdo del río Mantaro), mostrando pendiente muy fuerte a muy escarpadas ($25^\circ - >45^\circ$).

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (Anexo 1: Mapa 03), 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:

4.2.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual, (Villota, 2005).

a. Subunidad de montañas en rocas metamórficas (M-rm)

Corresponde a las cadenas montañosas donde los procesos denudativos (fluvio-erosionales) afectaron rocas metamórficas. Estas montañas se hallan expuestas en ambas vertientes del río Mantaro, cuyas laderas presentan pendientes fuertes a muy fuerte (15° a 45°), incluso llega a tener paredes semiverticales, de pendientes mayores a 45° .

El patrón de drenaje es paralelo a subdendrítico, con valles profundos. Por la configuración geomorfológica de estas se les considera susceptibles a caídas de rocas, derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas (fotografía 3).



Fotografía 3. Vista de la subunidad de montaña modelada en rocas metamórficas. Sus relieves se encuentran asociadas a procesos dominantes de erosión de laderas, caídas de roca y derrumbes.

4.2.2. 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 identificó las siguientes subunidades:

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

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de laderas de montañas, resultado de la acumulación de material de origen coluvial y deluvial. Los principales agentes formadores de esta subunidad son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento, agua de escorrentía superficial y son altamente susceptibles a sufrir procesos geodinámicos como derrumbes y deslizamientos (figura 7).

Están compuestos principalmente por fragmentos líticos de rocas metamórficas heterométricos. Estas geoformas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de montañas, con pendientes predominantes de muy fuerte a muy escarpado (25° - $>45^\circ$) y fáciles de remover.

b. Subunidad de vertiente coluvial (V-c):

Corresponde a las geoformas originados por procesos gravitacionales, varían de pequeños a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales y/o prolongadas o actividad sísmica.

Esta subunidad corresponde a la combinación de geoformas formadas por la acumulación de depósitos de movimientos en masa (prehistóricos, antiguos y

recientes) y acumulaciones de material movilizado por la escorrentía superficial que se acumulan lentamente.

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

Zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido. Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa (figura 8).

Estas geoformas se observaron cómo cuerpos de deslizamientos antiguos y recientes, depositadas en las laderas superiores, donde las pendientes van de fuerte a muy fuerte (15°- 45°).

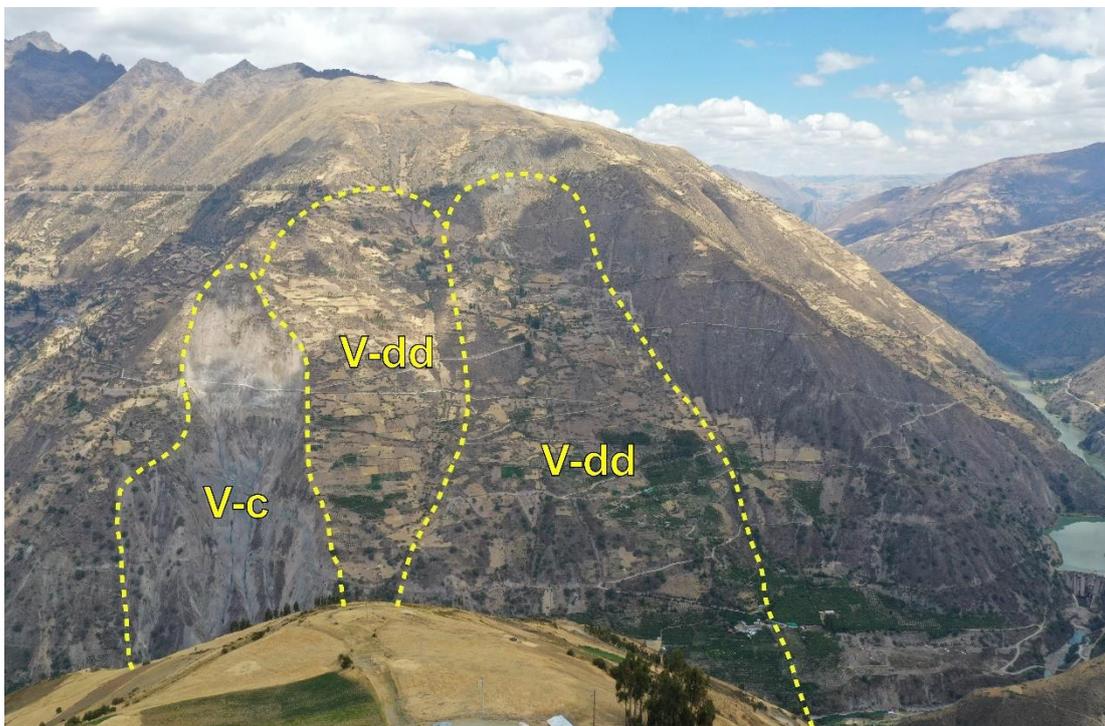


Figura 8. Vista de la subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) ubicado hacia el suroeste de la zona de evaluación (margen derecho del río Mantaro), formados por procesos de movimientos en masa antiguos.

d. Subunidad de piedemonte proluvial o aluvio-torrencial (P-pral)

Corresponden a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de los sistemas montañosos, formado por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales y de carácter excepcional, en ocasiones a manera de flujos de detritos.

Se depositan en la desembocadura de las quebradas y están asociadas a lluvias excepcionales. El material que los constituye es heterométrico, subangulosos a subredondeados, permeables y medianamente consolidados. Actualmente son áreas ocupadas por terrenos de cultivo (figura 9).



Figura 9. Vista de la subunidad de piedemonte proluvial o aluvio-torrencial (P-pral), ubicado al norte del área de estudio y actualmente se ubican áreas de cultivo.

4.2.3. Unidad de terraza

Se identificó las siguientes subunidades:

a. Subunidad de terraza aluvial (T-a)

Es el depósito de materiales no consolidados acumulados por acción de los cursos hídricos. Generalmente presenta pendientes suaves y se ubica de forma adyacente al lecho de los cauces de ríos como el Mantaro y quebradas adyacentes. Los materiales que lo componen son de diferentes composiciones, tamaños y de geometrías redondeadas. Esta es una unidad importante por constituir una evidencia de los pasados eventos de avenidas e inundaciones en la zona. Actualmente es usado como terrenos de cultivo (figura 10).

b. Subunidad de terraza fluvial (T-f)

Superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y al mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuestos de material gravo-arenoso con limos, no consolidado y removible con cada subida estacional del caudal del río Mantaro.



Figura 10. Vista de la subunidad de terraza aluvial (T-a), sobre la cual se asienta actualmente la localidad de Quichuas y zonas de cultivo; así mismo se puede distinguir la subunidad de terraza fluvial (T-f), conformada por superficies bajas adyacentes a río Mantaro.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos activos e inactivos latentes identificados en la localidad de Quichuas y alrededores, corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y otros peligros geológicos de tipo erosión en cárcava (anexo 1: Mapa 4).

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

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 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 0.15 y 0.05 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Además de ello, la zona es considerada de alta a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Vílchez *et al.*, 2019):

5.2. Derrumbes en la carretera Quichuas-Accoyanca

La topografía irregular y cóncava que presenta la carretera Quichuas-Accoyanca, permitió identificar la presencia de una cicatriz de deslizamiento antiguo, de aproximadamente 500 m de ancho. La geometría de la corona del movimiento tiene forma semicircular y elongada, estrecha hacia la cabeza y abierta hacia sus dos extremos. El escarpe principal se muestra de forma regular y continua con una longitud de 390 m, saltos verticales no visibles y pendientes del terreno entre 25° a 45°.

Al pie del deslizamiento, como consecuencia del cambio de pendiente (35°- 55°), cortes de talud y las filtraciones del agua de escorrentía superficial, se presenta tres derrumbes activos, con longitudes y alturas de arranque promedios de 230 y 580 m respectivamente. El tipo de rotura es planar y la forma de arranque es irregular y discontinua. La disposición del depósito se da en forma de canchales con la dirección de movimiento hacia la quebrada.

En la actualidad, estos derrumbes generan la pérdida de terrenos de cultivo de palta; así como la afectación constante de la vía de comunicación entre Quichuas y la Hacienda Accoyanca, especialmente en temporada de precipitaciones (fotografía 4) o lluvias.



Fotografía 4. Vista panorámica de múltiples procesos de derrumbes que afectan terrenos de cultivo y la vía de comunicación entre la localidad de Quichuas y la hacienda Accoyanca.

Estos eventos activos comprometen suelos arcillo-gravosos, de color gris a gris amarillentos, que provienen de la alteración de las rocas del substrato, conformado por esquistos muy fracturados a fragmentados.

Las capas de esquistos, presentan una inclinación de las capas de roca de 60° a favor de la ladera; esta condición favorece los desprendimientos de material pendiente abajo por la ladera.

Además de las condiciones intrínsecas del terreno, se tiene como otra condicionante para la formación de estos eventos, la actividad antrópica, determinando por los cortes de talud que se realizaron en la ladera (fotografía 5), con el fin de tener una vía de comunicación más rápida entre la localidad de Quichuas y la hacienda Accoyanca.

Otro factor antrópico muy importante son las labores agrícolas, que remueve la delgada capa de suelo, facilitando de esta manera el ingreso de las aguas de precipitación pluvial y riego hacia el substrato, que debilita y aumenta el peso de la roca.

Por otro lado, el mecanismo de ruptura del substrato, estaría controlado por la presencia de familias de fracturas que intersectan las capas de roca y permiten el desplazamiento del terreno.



Fotografía 5. Cortes de talud para el desarrollo de vías de comunicación local.



Fotografía 6. Vista de la ladera donde se muestra que el material coluvio-deluvial afectado por el agua de escorrentía, inestabiliza el talud en temporada de lluvias.

5.2.1. Características visuales

Los derrumbes identificados en la carretera Quichuas-Accoyanca, en general tienen las siguientes características:

- Arranque: Talud rocoso fracturado.
- Tipo de rotura: Planar
- Zona de arranque: Ladera.
- Forma de zona de arranque: Irregular.
- Características del depósito: Canchales.
- Alcances máximos: ≈5-10 metros.
- Longitud de arranque: 230 m.
- Altura de arranque: 580 m.
- Volumen de depósito: 1.5 km³
- Efecto principal: Podría afectar la carretera Quichuas- Accoyanca.
- La pendiente varía entre 35° a 55°.

Al realizar una comparación multitemporal de tres imágenes satelitales (setiembre del 2022, enero del 2014 y agosto del 2021) con el ortomosaico obtenido mediante sobrevuelos de dron (agosto 2023), se puede distinguir que el área es afectada por constantes cortes de talud para la apertura de trochas carrozables.

Las figuras 11 y 12, muestran las comparaciones multitemporales, con las siguientes características:

- Para la ventana de tiempo (setiembre, 2012 – enero 2014), se puede distinguir un tramo de carretera aperturado de 6.5 km lineales, utilizado como vía rápida entre el poblado de Quichuas y la hacienda Accoyanca.
- Para la ventana de tiempo (agosto, 2021 – agosto 2023), producto de los constantes derrumbes, se puede visualizar la obstrucción de un tramo de trocha carrozable de 500 m lineales. Esta acción provocó que se vuelva aperturar un pequeño tramo de carretera de 350 m lineales; estas acciones, hacen que se desestabilice la ladera constantemente.

Todos estos rasgos observados en campo son evidencias que los derrumbes son activos y latentes, con actividad progresiva hacia el oeste. Si bien es cierto, al momento de la evaluación no presentaba reactivaciones, pero las lluvias intensas y/o prolongadas; así como la infiltración de las aguas y los cortes de talud pueden acelerar el proceso.



Figura 11. Comparación de dos imágenes satelitales izquierda (setiembre, 2012), derecha (enero, 2014), donde se muestra que la ladera presenta cortes de talud para la apertura de una vía de comunicación entre Quichuas y la hacienda Accoyanca.

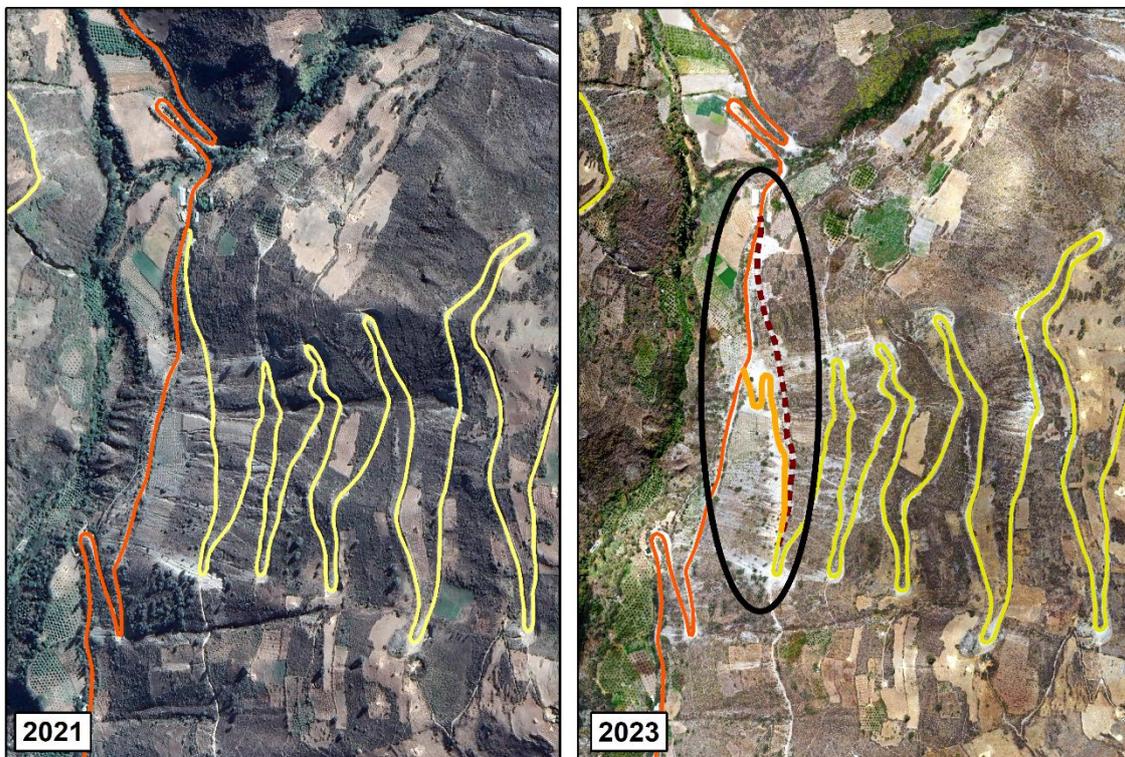


Figura 12. Comparación de una imagen satelital dispuesto a la izquierda (agosto, 2021), y el ortomosaico obtenido de sobrevuelos de dron, derecha (agosto, 2023), donde se muestra la destrucción de un tramo de trocha carrozable de 500 m lineales y la apertura de otro tramo de carretera de 350 m lineales. Esta acción desestabiliza constantemente la ladera.



Fotografía 8. Presencia de grietas milimétricas, lo que es una evidencia que la masa se encuentra latente y podría generar desplazamientos.

5.2.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Características litológicas del área (afloramiento de rocas metamórficas). Se consideran como rocas de calidad geotécnica muy mala, muy fracturada y fuertemente meteorizada y alterada. Estas características han descompuesto totalmente la roca transformándola en suelo.
- Depósitos inconsolidados de tipo coluvial y coluvio-deluvial de tipo arcillo-gravoso.

Factor geomorfológico

- Configuración geomorfológica de la zona de estudio (montañas modeladas en rocas metamórficas).
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 25° y 45°, lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

5.2.3. Factores detonantes desencadenantes

Precipitaciones: Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de noviembre a abril, las cuales saturan los terrenos y los desestabilizan.

Sismos: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), el área de estudio se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

Realizar un breve análisis de la actividad sísmica reciente en la zona, sobre todo sismos superficiales y asociados a fallas activas

5.2.4. Factores antrópicos

- Cortes de talud para la apertura de nuevas trochas carrozables, que sirven de comunicación entre Quichuas y la hacienda Accoyanca.
- Sistema de riego constantes que se desarrollan en épocas de estiaje, lo que satura los suelos constantemente e inestabiliza las zonas de derrumbes y deslizamientos.

5.2.5. Daños por peligros geológicos

- Pérdida de terrenos de cultivo de palta.
- Destrucción de un tramo de 500 m lineales de carretera.
- Obstrucción constante de la vía de comunicación entre Quichuas y la hacienda Accoyanca, producto del material que cae desde el talud superior.
-



Fotografía 9. Pérdidas de terrenos de cultivo de palta, productos de las reactivaciones del deslizamiento en forma de derrumbes.



Fotografía 10. Sistemas de riego por aspersión que se utilizan en temporadas de estiaje que saturan constantemente las zonas inestables.

5.3. Caída de rocas en la localidad de Quichuas

Hacia el norte y noreste de la plaza de Quichuas se han identificado caída de rocas, que, de acuerdo a los testimonios de los pobladores, los bloques desprendidos parten de ladera media, dirigiéndose hacia la parte baja e impactando con las viviendas más cercanas a la ladera.

La ladera fuente tiene pendiente abrupta, con variaciones de pendiente, mayormente superiores a 35°; además, el área presenta escasa vegetación nativa. Los bloques transportados tienen diámetros entre 0.20 m a 1.0 m. Además, se observó varias viviendas asentadas muy próximas a la ladera, teniendo una distancia entre 5.0 a 7.0 m, las mismas que podrían ser afectadas por la caída de rocas (fotografía 11).

Aplicando el criterio de Evans y Hungr (1993), quienes determinan un ángulo mínimo de sombra de 27.5° para determinar el alcance máximo de caída de rocas, se observa que aproximadamente 10 viviendas, se ubican dentro de la zona de alcance máximo, lo que permite indicar que, ante la ocurrencia de sismos de gran magnitud, los bloques de rocas tienen alta probabilidad de caer y comprometer la seguridad física de viviendas y personas asentadas ladera abajo (figura 13).

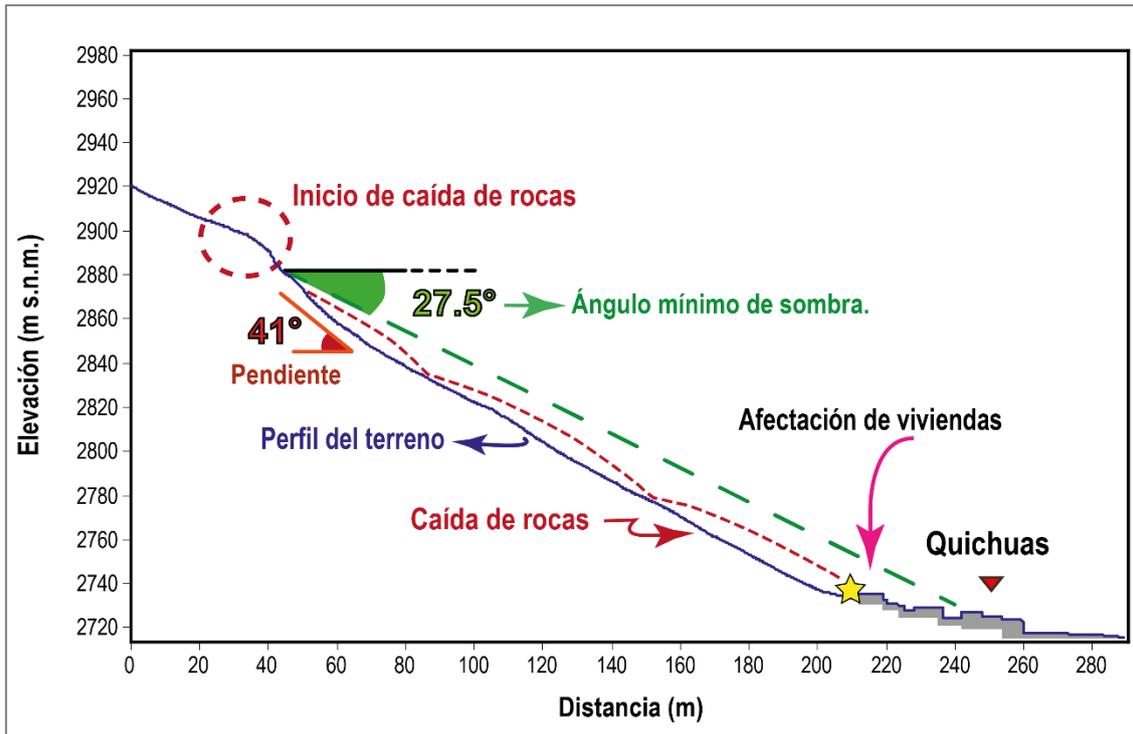


Figura 13. Perfil transversal representativo de la localidad de Quichuas, mostrando un ángulo de arranque de 41° . Así mismo se muestra el ángulo mínimo de sombra, como el alcance máximo que se debería considerar según el criterio de Evans, S.G. y Hungr, O. (1993).

5.3.1. Características visuales

- Arranque: Talud rocoso fracturado/suelo.
- Tipo de rotura: Mixto
- Zona de arranque: Ladera (figura 14).
- Forma de zona de arranque: Irregular, discontinua
- Características del depósito: Bloques aislados
- Alcance máximo: 10 metros
- Tamaño de bloques: 0.20 a 1.0 m de longitud
- Efecto principal: Afectaciones de viviendas.
- La pendiente varía entre 35° a 55°



Figura 14. Zona susceptible a caída de rocas, y su posible dirección de desplazamiento, señalada en flechas entre cortadas amarillas.



Fotografía 11. Viviendas ubicadas muy cerca de la ladera, las cuales se encuentran expuestas al peligro por desprendimientos de rocas.

6. CONCLUSIONES

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

6.1. Carretera Quichuas-Accoyanca

- a) La carretera Quichuas-Accoyanca presenta un deslizamiento rotacional antiguo, con un escarpe principal de forma regular y continua de 390 m de longitud. Al pie del deslizamiento, como consecuencia del cambio de pendiente, cortes de talud y las filtraciones del agua de escorrentía superficial, se generaron tres eventos de derrumbes activos, con longitudes y alturas de arranque promedio de 230 m y 580 m respectivamente.
- b) La ocurrencia de los derrumbes está condicionada por el fuerte fracturamiento de las rocas metamórficas, la presencia de suelos inconsolidados producto de la meteorización y removidos por procesos de movimientos en masa antiguos y la pendiente muy fuerte de las laderas (25°-45°), lo que permite que el material suelto se erosione y se remueva fácilmente.
- c) Además, los derrumbes son condicionados por factores antrópicos como: Cortes de talud para la apertura de nuevas trochas carrozables y el sistema de riego constante que se desarrolla en épocas de estiaje, lo que satura los suelos y desestabiliza la zona.
- d) El factor desencadenante se le atribuye a las lluvias y las filtraciones de agua de la parte superior del área inestable, que ayudaron a humedecer el material coluvio-deluvial de la ladera, provocando sobresaturación y pérdida de cohesión.
- e) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas la carretera Quichuas-Accoyanca, es considerado de **Peligro Medio** a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y caída de rocas, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o sismos.

6.2. Localidad de Quichuas

- a) Hacia el norte y noreste de la plaza de Quichuas se tiene caída de rocas, con bloques transportados entre 0.20 m a 1.0 m de diámetro que impactaron en las viviendas más próximas a la ladera.
- b) La ocurrencia de estas caídas está condicionada por la presencia de suelos inconsolidados producto de la meteorización, la pendiente de las laderas (35°-55°), cortes de ladera y la escasa vegetación nativa.
- c) Ante la ocurrencia de sismos de gran magnitud, los bloques de rocas tienen alta probabilidad de caer y comprometer la seguridad física de viviendas y personas asentadas en las zonas próximas del ladera, por encontrarse dentro del ángulo mínimo de sombra de caída.

- d) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas el sector al norte-noreste de la plaza de Quichuas, es considerada como **zona crítica de Peligro Alto** a la ocurrencia de derrumbes y caída de rocas, que 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:

7.1. Para la Carretera Quichuas-Accoyanca:

- a) Dado que las condiciones de inestabilidad en la carretera Quichuas-Accoyanca son afectadas por constantes derrumbes y caídas de rocas; el tránsito de personas y vehículos debe realizarse de forma restringida en temporadas de lluvia, ya que nuevas reactivaciones pueden poner en riesgo su seguridad física. Por lo cual se debe señalar la zona, colocando avisos o letreros que adviertan el peligro.
- b) Reducir o evitar la práctica agrícola dentro y en los alrededores de deslizamientos y derrumbes, ya que el riego de cultivos ayudaría a seguir desestabilizando la ladera.
- c) Prohibir la construcción de nuevas carreteras, caminos de herradura, viviendas u otra actividad antrópica dentro y en los alrededores del derrumbe.
- d) Considerar el cambio del trazo de la carretera Quichuas-Accoyanca.
- e) Realizar monitoreo visual y geodésico para analizar la velocidad de desplazamiento de los derrumbes

7.2. Para la localidad de Quichuas:

- a) Construir muros de contención de concreto armado para mitigar los efectos de las caídas de rocas y derrumbes. Dichas obras deben ser realizadas por profesionales especializados que deben evaluar primeramente la capacidad portante del suelo, entre otros estudios.
- b) Implementar campañas de reforestación desarrollados al pie de la ladera, a fin de proteger los suelos de la erosión y crear una barrera viva natural que reduzca el movimiento o detenga a los bloques caídos. Trabajo que debe ser diseñado e implementado con personal especializado en el tema
- c) Prohibir la construcción de nuevas viviendas y/o algún tipo de infraestructura al pie de laderas. Además, no permitir cortes de talud en la ladera.
- d) Elaborar un plan de contingencias ante caídas de rocas; además, se debe señalar las rutas de evacuación y las zonas seguras en caso de activación de caídas de rocas a causa de sismos. Ejecutar simulacros de evacuación

- e) Realizar la evaluación de riesgos (EVAR) por caída de rocas por parte de las autoridades locales, a fin de evaluar los elementos expuestos a la generación de nuevos peligros geológicos.
- f) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro al que se encuentran expuestos el poblado de Quichuas y alrededores.



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



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

8. BIBLIOGRAFÍA

Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf

Cerrón, F. & Ticona, P. (2003) – Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas (25-n). Escala 1:50 000. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica, 21 p., 4 mapas. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2122>.

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1966) - Landslide types and process, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washinton D. C., National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75.

Fuente de Datos Meteorológicos y Pronostico del tiempo del Servicio de Awhere. (2021). Disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/8404119>.

Guizado, J. & Landa, C. (1964) - Geología del cuadrángulo de Pampas (Hoja 25-n). Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín, 12, 75 p., 1 mapa.

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. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.

Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.

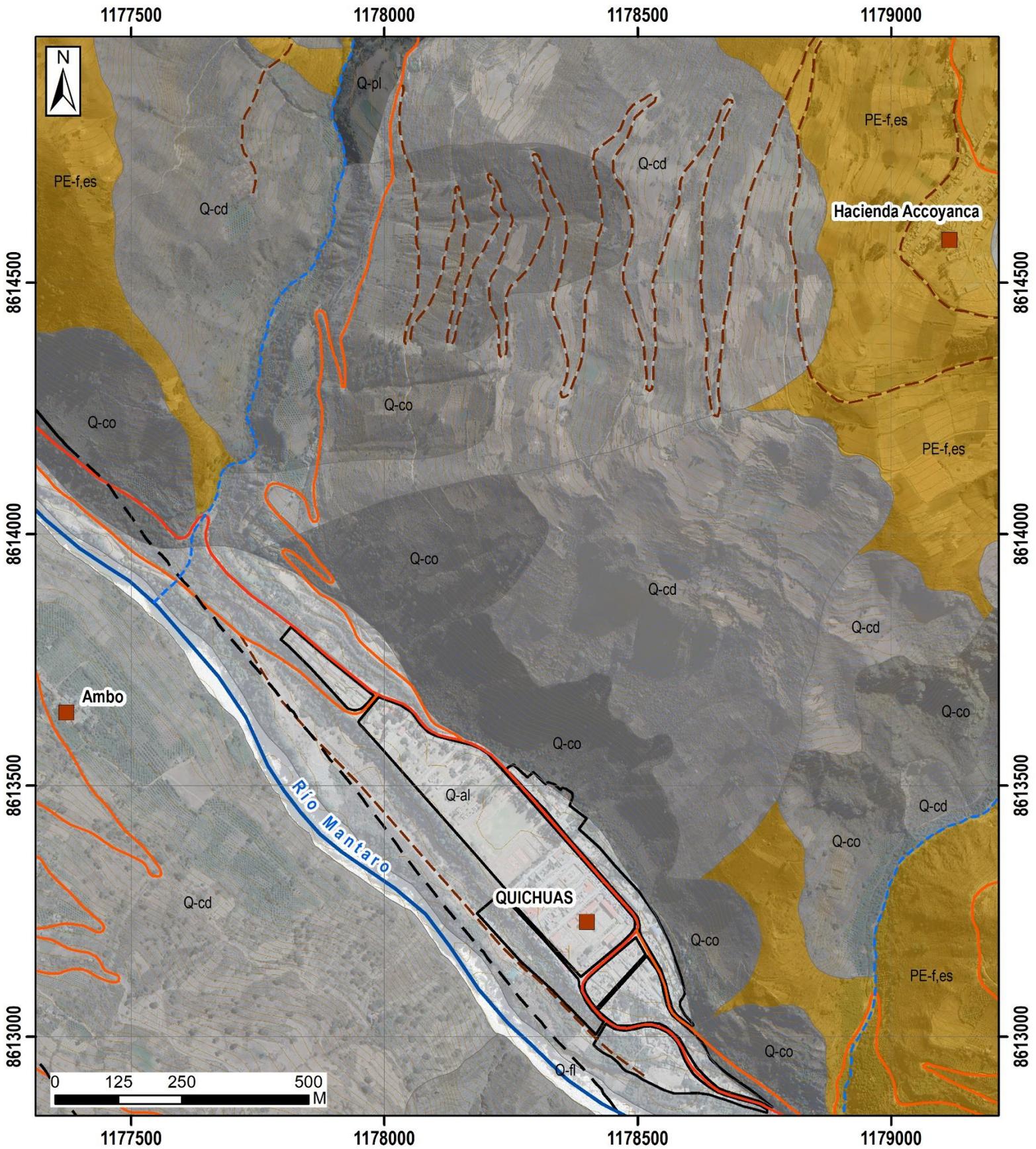
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Servicio Nacional de Meteorologica e Hidrológica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>.

Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Huancavelica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 69, 225 p., 9 mapas.

Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito fluvial	Q-fi
			Depósito aluvial	Q-al
			Depósito coluvial	Q-co
			Depósito coluvio-deluvial	Q-cd
			Depósito proluvial	Q-pl
NEOPROTE ROZOICA	PERMIANO		Complejo metamórfico de la Cordillera Oriental	PE-f,es

SIMBOLOGÍA

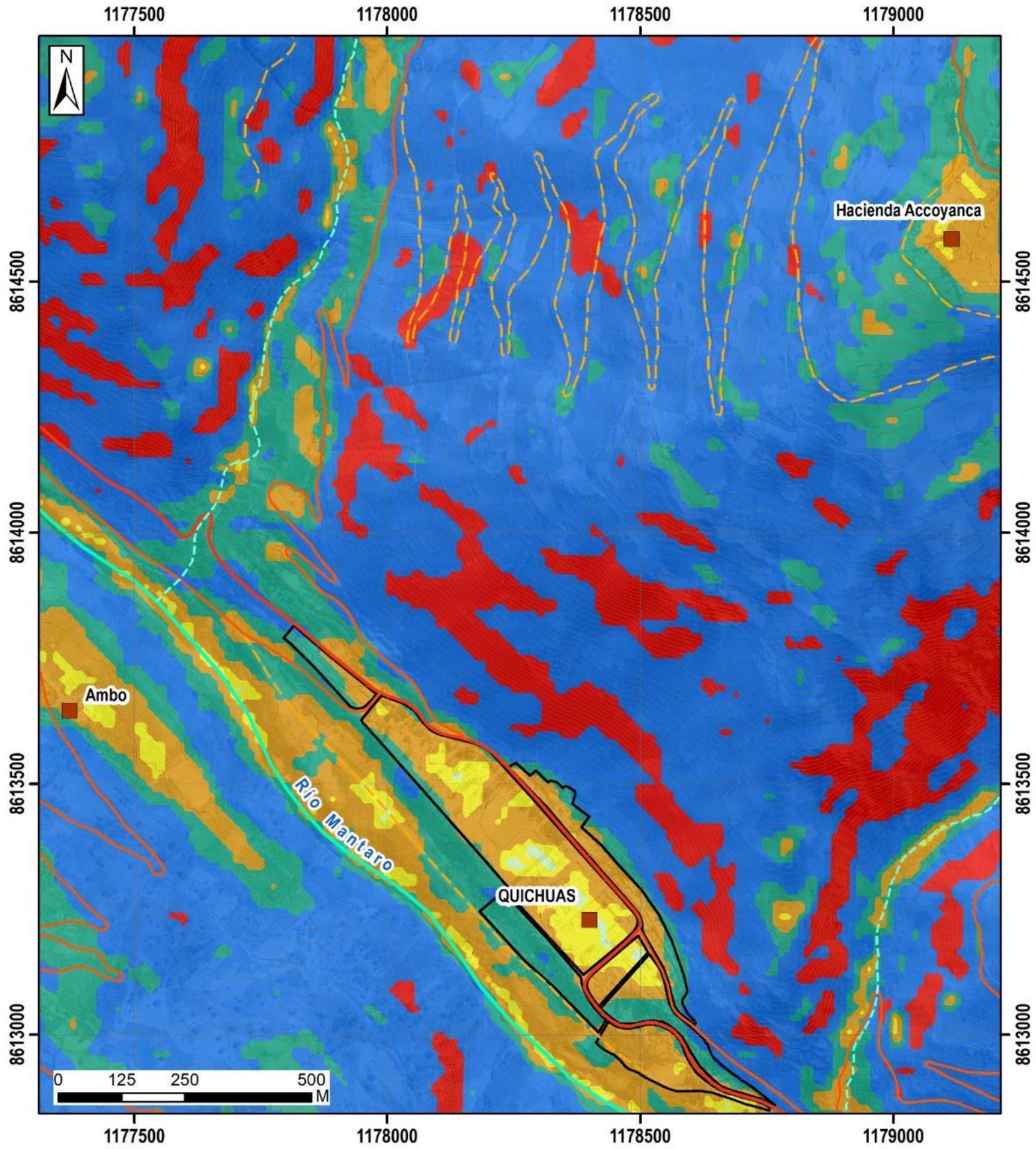
- Centro poblados
- Vía departamental
- Vía vecinal
- Trocha carrozable
- Curvas de nivel
- Falla inferida
- Río
- Quebradas
- Área urbana

INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

DEPARTAMENTO: HUANCAYELICA
 PROVINCIA: TAYACAJA
 DISTRITO: QUICHUAS

GEOLOGICO

Escala: 1/10,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	01
Versión digital 2023	Impreso: Agosto, 2023	



RANGO DE PENDIENTES

0°-1°	Terreno llano
1°-5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5°-15°	Pendiente moderada
15°-25°	Pendiente fuerte
25°-45°	Pendiente muy fuerte a escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

SIMBOLOGÍA

	Centro poblados
	Vía departamental
	Vía vecinal
	Trocha carrozable
	Curvas de nivel
	Río
	Quebradas
	Área urbana

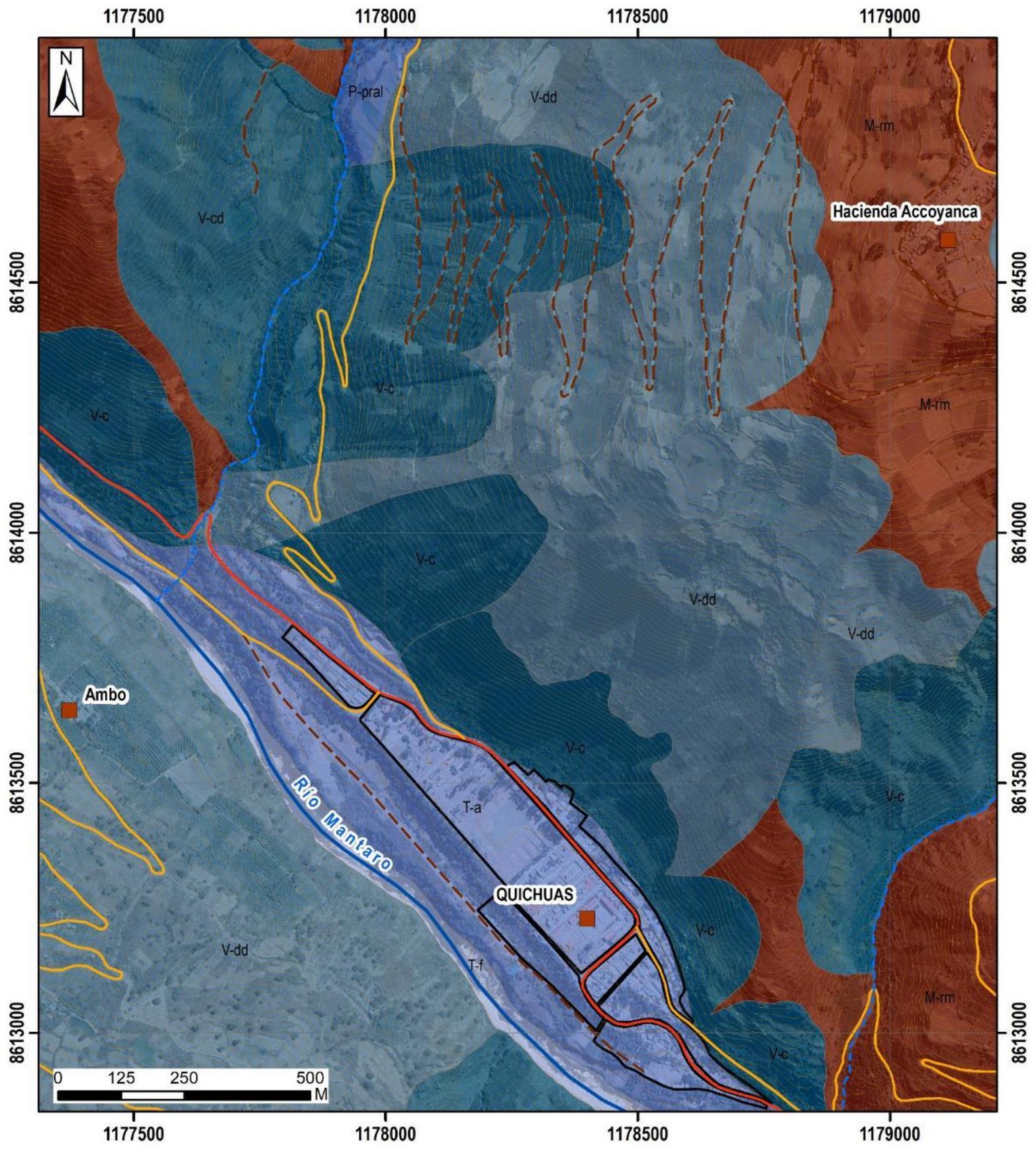
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: HUANCAMELICA
 PROVINCIA: TAYACAJA
 DISTRITO: QUICHUAS

PENDIENTES DEL TERRENO

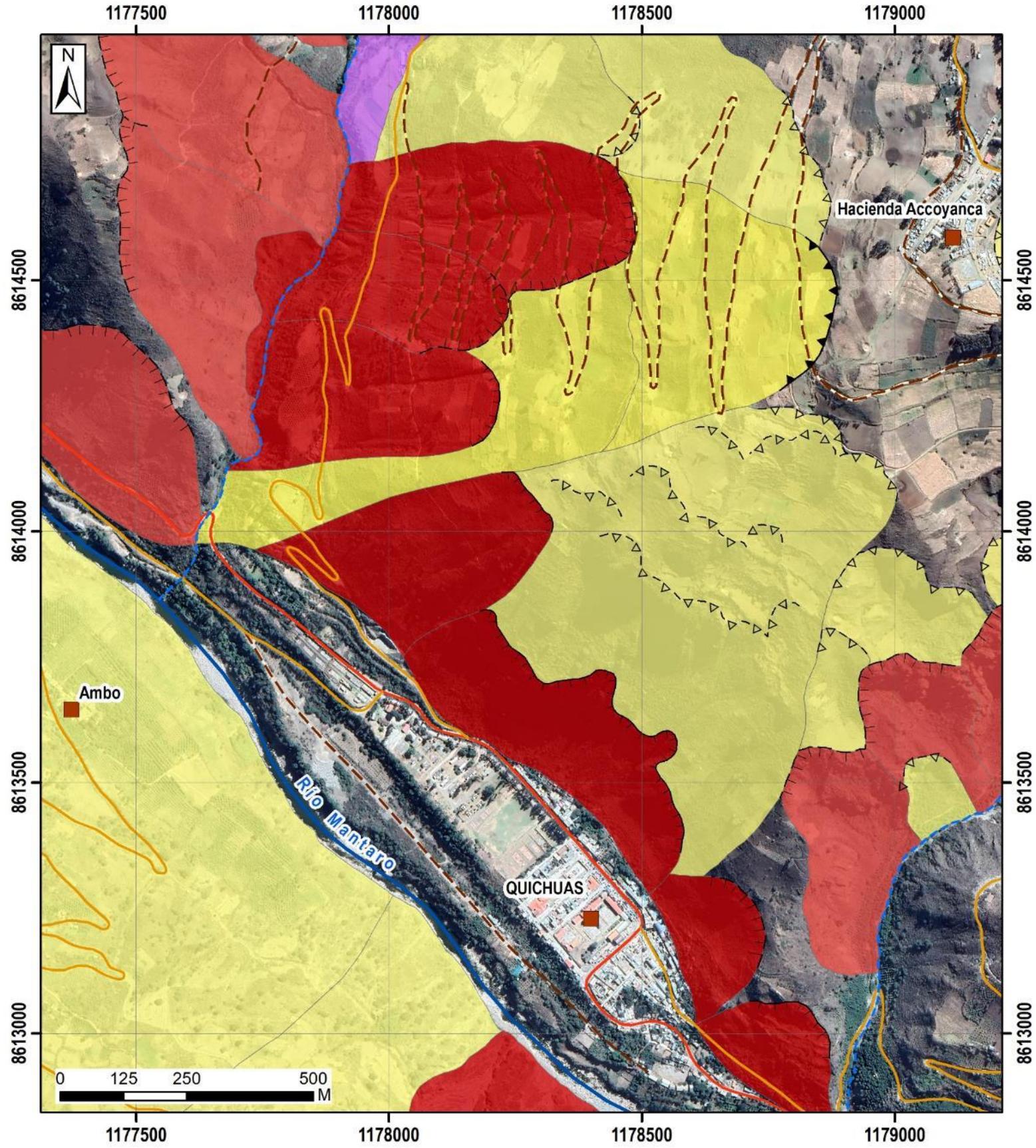
Escala: 1/10,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023	Impreso: Agosto, 2023	



UNIDAD	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA	
MONTAÑA	Montaña en roca metamórfica	M-rm
VERTIENTE	Vertiente coluvial	V-c
	Vertiente coluvio-deluvial	V-cd
	Vertiente con depósito de deslizamiento	V-dd
PIEDEMONTE	Piedemonte proluvial o aluviotorrencial	P-pral
TERRAZA	Terraza aluvia	T-a
TERRAZA INUNDABLE	Terraza fluvial	T-f

SIMBOLOGÍA	
	Centro poblados
	Vía departamental
	Vía vecinal
	Trocha carrozable
	Curvas de nivel
	Río
	Quebradas
	Área urbana

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET <small>INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</small>		
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO		
DEPARTAMENTO: HUANCAVELICA PROVINCIA: TAYACAJA DISTRITO: QUICHUAS		
GEOMORFOLÓGICO		
Escala: 1/10,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023	Impreso: Agosto, 2023	



LEYENDA

	Caida de rocas, Activo
	Derrumbe, Activo
	Derrumbe, Inactivo-latente
	Deslizamiento, Activo
	Deslizamiento, Inactivo-latente
	Movimiento complejo, Inactivo-latente
	Flujo de detritos, Inactivo-latente

TRAMA

	Escarpa de derrumbe antiguo
	Escarpa de derrumbe reciente
	Escarpa de deslizamiento antiguo
	Escarpa de deslizamiento activo

SIMBOLOGÍA

	Centros poblados		Río
	Vía departamental		Quebradas
	Vía vecinal		Área urbana
	Trocha carrozable		

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: HUANCABELICA
 PROVINCIA: TAYACAJA
 DISTRITO: QUICHUAS

PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA

Escala: 1/10,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023	Impreso: Agosto, 2023	