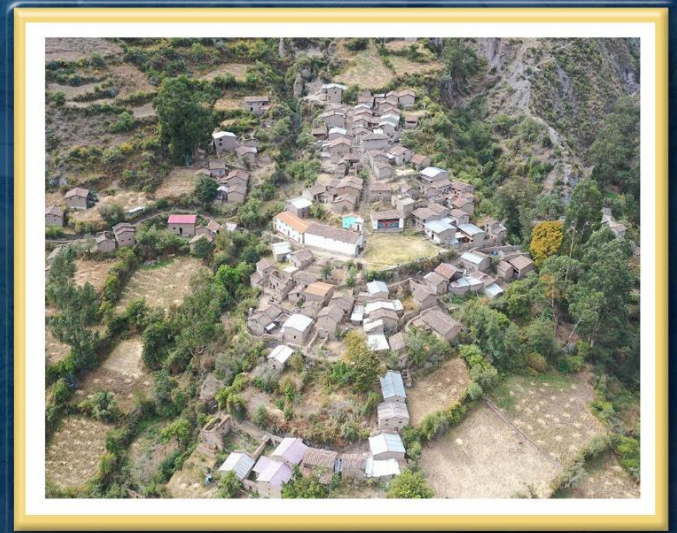


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7465**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AYAI

Departamento Ayacucho  
Provincia Vilcas Huamán  
Distrito Independencia



DICIEMBRE  
2023



## ***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AYAI***

Distrito Independencia, provincia Vilcas Huamán, departamento Ayacucho

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

*Equipo de investigación:*

*Guisela Choquenaira Garate*

*Norma Sosa Senticala*

*Mauricio Núñez Peredo*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos en la comunidad campesina de Ayai. Distrito Independencia, provincia Vilcas Huamán, departamento Ayacucho*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7465, 31 p.

## INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1. Objetivos del estudio.....	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores .....	5
1.3. Aspectos generales.....	6
<b>2. DEFINICIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>11</b>
3.1. Pendientes del terreno .....	11
3.2. Modelo digital de elevaciones (MDE) .....	12
3.3. Unidades geomorfológicas .....	12
3.1.1. Unidad de montaña .....	12
3.1.2. Unidad de piedemonte .....	13
<b>4. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>14</b>
4.1. Unidades Litoestratigráficas .....	14
4.2. Depósitos superficiales .....	14
4.2.1. Depósito coluvial .....	14
4.2.2. Depósito coluvio - deluvial.....	14
4.2.3. Depósito proluvial.....	15
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>17</b>
5.1. Movimientos en masa .....	17
5.2. Otros peligros geológicos.....	18
5.3. Factores condicionantes .....	21
5.4. Factores desencadenantes .....	22
5.5. Factores Antrópicos .....	22
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>23</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA: .....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>26</b>
<b>ANEXO 2: .....</b>	<b>30</b>

## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos, realizado en la comunidad campesina de Ayai perteneciente a la jurisdicción distrital de Independencia, provincia de Vilcas Huamán, departamento Ayacucho. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos, para los tres niveles de gobierno.

En el contexto geológico, la comunidad campesina de Ayai se encuentra sobre depósitos coluvio deluviales, de estructura masiva, poroso y poco consolidados, producidos por agua de escorrentía superficial, meteorización y destrucción mecánica de lavas andesíticas intercaladas con tobas de lapilli, así como por depositación gravitacional de antiguos deslizamientos y avalanchas de rocas. Por estas características litológicas, se le considera como suelos inestables y muy susceptibles a peligros geológicos.

Desde el punto de vista geomorfológico, presenta un relieve accidentado, formando vertientes coluvio-deluviales de pendiente media (5°-15°), y laderas de montaña vulcano sedimentaria de pendiente muy fuerte (25°-45°), los cuales han permitido la activación y /o reactivación de deslizamientos, avalanchas y erosión de laderas en la comunidad campesina de Ayai y alrededores.

Los peligros geológicos identificados y cartografiados, corresponden a movimientos en masa, tipo avalancha de rocas, deslizamientos y derrumbes antiguos y reactivados; así como, otros peligros de tipo erosión de ladera tipo cárcavas, que en conjunto conforman un área total de ~ 145.2 ha.

El principal peligro que podría afectar la comunidad campesina de Ayai es la erosión en cárcavas producida en la ladera sureste del cerro Llajta, cuya reactivación en forma de derrumbes y/o deslizamientos durante lluvias intensas y/o prolongadas podría acontecer flujo de detritos. Además, aguas arriba de Ayai, se tiene un derrumbe de aproximadamente 4.3 ha, representa el peligro activo y latente debido al represamiento que este puede generar en la quebrada Ayayhuaico, cuyo desembalse podría afectar a las viviendas asentadas muy próximas al cauce de la quebrada y el puente de aproximadamente 10 m de longitud que conduce a la comunidad referida.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, se determina que la comunidad campesina de Ayai presenta **Peligro Alto** a erosión de laderas, flujo de detritos y derrumbes.

Por todo lo expuesto anteriormente, se recomienda mitigar el impacto de peligros asociados a erosión de ladera, derrumbes, y flujo de detritos en la comunidad campesina de Ayai, como, por ejemplo: Reforestar con plantaciones nativas la ladera superior que delimita Ayai y repoblar dentro de las zonas de carcavamiento, sobre todo en las márgenes, las cuales servirán para reducir o atenuar la erosión del suelo. Además, considerar implementar diques y/o barreras transversales al cauce de la quebrada Ayayhuaico y las zonas de carcavamiento que delimitan la comunidad campesina, estos diques pueden realizarse de forma artesanal con sacos y troncos de madera resistentes; con fin de reducir la velocidad y /o retener material proveniente desde la parte alta en forma de flujo de detritos.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad provincial de Vilcas Huamán, según Oficio N° 194-2023- MPVH/A, en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos en la comunidad campesina de Ayai, donde las viviendas se encuentran susceptibles a movimientos en masa (avalancha de rocas, flujo de detritos, derrumbes y deslizamiento) y otros peligros tipo cárcavas.

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 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, 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 provincial de Vilcas Huamán e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

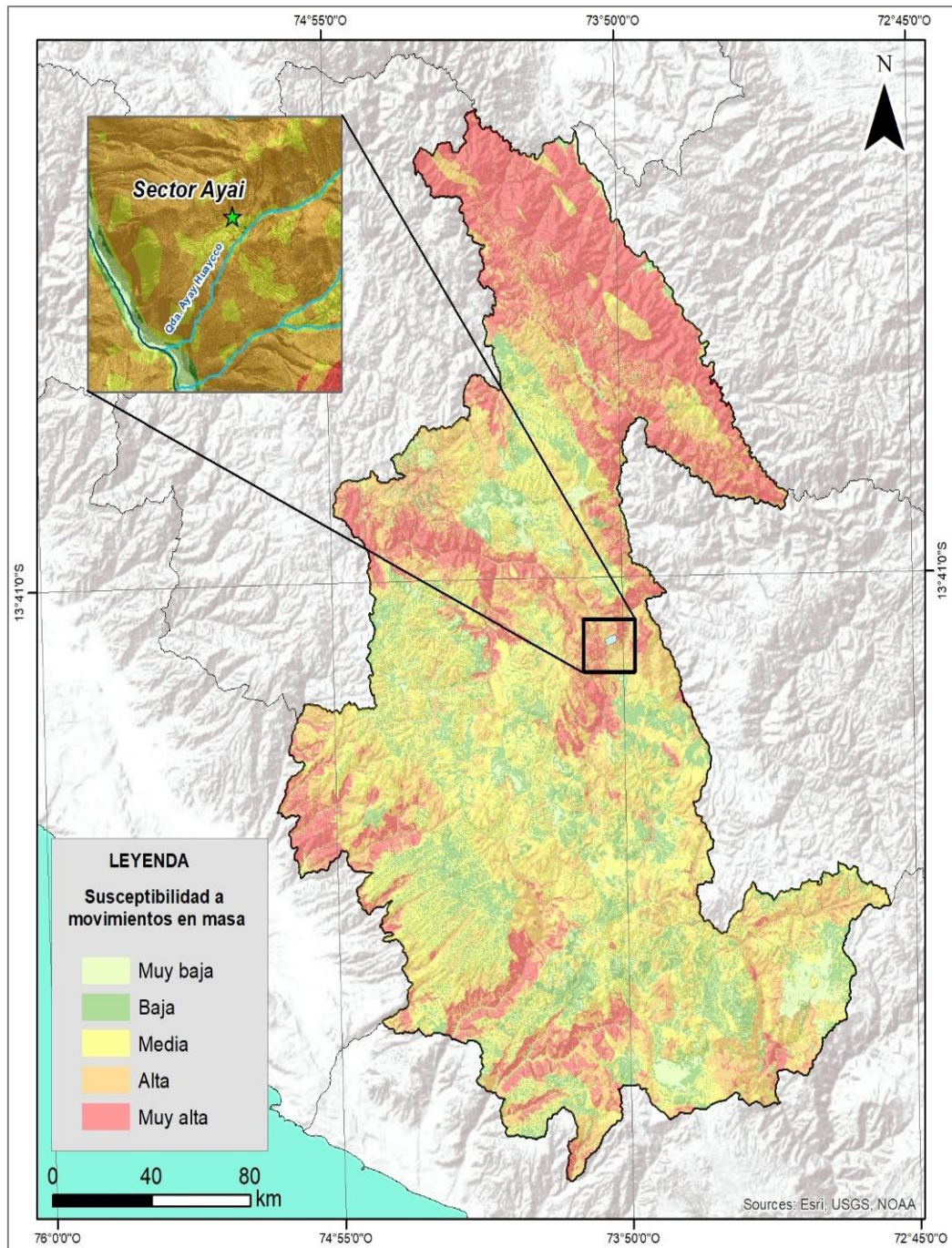
### 1.1. Objetivos del estudio

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros en la comunidad campesina de Ayai, que compromete viviendas, terrenos de cultivo e infraestructura vial.
- b) Determinar los factores condicionantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de mitigación, viables por las autoridades locales, ante los peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel regional en Ayacucho, se tiene la siguiente información:

- A. Boletín N° 70, serie C: Geodinámica e ingeniería geológica en el departamento de Ayacucho, realizado por Vílchez, M. et al 2019; realiza un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa presentado en un mapa a escala 1: 250 000, donde la Comunidad campesina de Ayai se encuentran en zona de susceptibilidad media, sin embargo, las laderas con proceso de carcavamiento que lo delimitan presentan Alta susceptibilidad. Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.



**Figura 1.** Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del departamento Ayacucho. Fuente Vélchez, 2019.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

La comunidad campesina de Ayai se encuentra en la margen derecha del río Cangallo y margen derecha de la quebrada Ayayhuaico, y al suroeste del centro poblado Runcua. Políticamente, pertenece al distrito de Independencia, provincia de Vilcas Huamán, departamento Ayacucho (figura 2); en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) (tabla 1):



**Tabla 1.** Coordenadas del área evaluada

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	622051	8465788	13°52'30.70"	73°52'13.71"
2	622292	8464484	13°53'13.10"	73°52'5.47"
3	620585	8463008	13°54'1.40"	73°53'2.11"
4	619920	8464291	13°53'19.74"	73°53'24.46"
<i>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</i>				
C	620994	8464382	13°53'16.62"	73°52'48.70"

### 1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde la ciudad de Lima (Ingemmet-sede central), mediante la siguiente ruta (cuadro 1):

**Cuadro 1.** Rutas y accesos al área evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Vilcas Huamán	Carretera asfaltada	608	10h 56 minutos
Vilcas Huamán – Tambo Occo Chirura	Trocha carrozable	128	3h 40 minutos
Tambo Occo Chirura - Ayai	Camino de herradura	-	2 h 50 minutos

### 1.3.3. Población

Según el sistema de Información geográfica del Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI, 2017), la distribución poblacional de la comunidad campesina de Ayai asciende a 60 viviendas censadas. <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>. Con apoyo de los trabajos de campo se evidencia que las viviendas del centro poblado están construidas en su mayoría de material rústico (adobes).

### 1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), la comunidad campesina de Ayai presenta un clima variado, durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 6 °C a 21 °C y rara vez baja a menos de 4 °C o sube a más de 24 °C. Usualmente, las lluvias inician en noviembre y culminan en marzo, la estación seca está comprendida entre los meses de abril a octubre. En relación a las condiciones bio-antrópicas, el modo de vida, está íntimamente ligado al ambiente climático. Las plantas crecen bien en los meses de verano y cultivan productos típicos de la zona como el maíz, papa, oca, habas, trigo, etc.

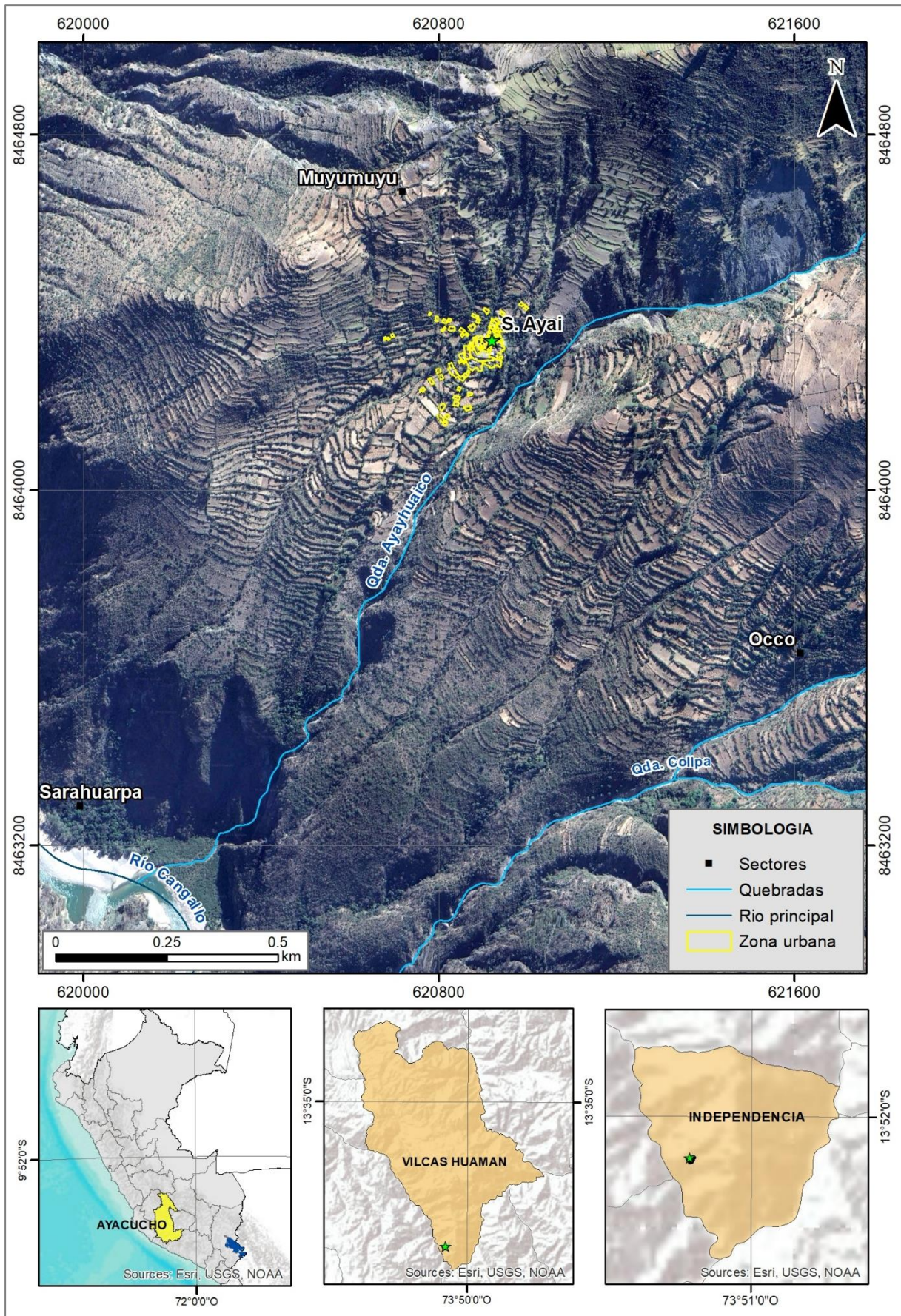


Figura 2. Mapa de ubicación del área evaluada.



## 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 informe se desarrollan terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. La terminología técnica utilizada, tiene como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

**AVALANCHA DE ROCAS:** Movimiento tipo flujo, extremadamente rápido y masivo de roca fragmentada proveniente de un gran deslizamiento de roca, o de una caída de roca (Hungry *et al.*, 2001).

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

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

**DERRUMBE:** Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

**DESLIZAMIENTO:** Movimiento lateral abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. 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).

**DESLIZAMIENTO ROTACIONAL:** Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

**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** 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.
- FLUJO DE DETRITOS (HUAICO):** Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.
- 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** Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).
- PELIGRO O AMENAZA GEOLÓGICA:** Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.
- SUSCEPTIBILIDAD:** La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.



### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa y otros peligros geológicos; ya que actúa como uno de los factores condicionantes y dinámicos en la generación de movimientos en masa.

En la figura 3 (A), de forma muy local, se muestra el mapa de pendientes del actual relieve de la comunidad campesina de Ayai, elaborado en base al modelo de elevación digital de 0.6 m de resolución, obtenido a través de fotogrametría (Dron). Se consideraron seis rangos de pendientes que van de 0°-1° considerados terrenos llanos; 1° a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5° a 15° pendiente moderada; 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado.

El terreno donde se encuentran asentadas las viviendas de Ayai presenta una morfología variada, debido a la ocurrencia de eventos antiguos (avalancha de rocas), que a la actualidad han formado vertientes coluvio-deluviales de pendiente media (5°-15°), con un cambio a pendiente muy fuerte (25°-45°) en la ladera suroeste que limita la comunidad campesina, según el análisis de imágenes satelitales, a lo largo del tiempo, en estas laderas se han producido reactivación en forma de derrumbes y deslizamientos.

Así también, se evidencia procesos de erosión de ladera en cárcavas que han disectado depósitos de avalancha de rocas antiguas, ensanchándose y profundizándose en los últimos años. Las laderas sub verticalizadas de las cárcavas presentan pendientes abruptas (>45°), originando derrumbes y deslizamientos en su interior.

En el cuadro 2 se detalla únicamente los rangos de pendientes existentes en el área de estudio.

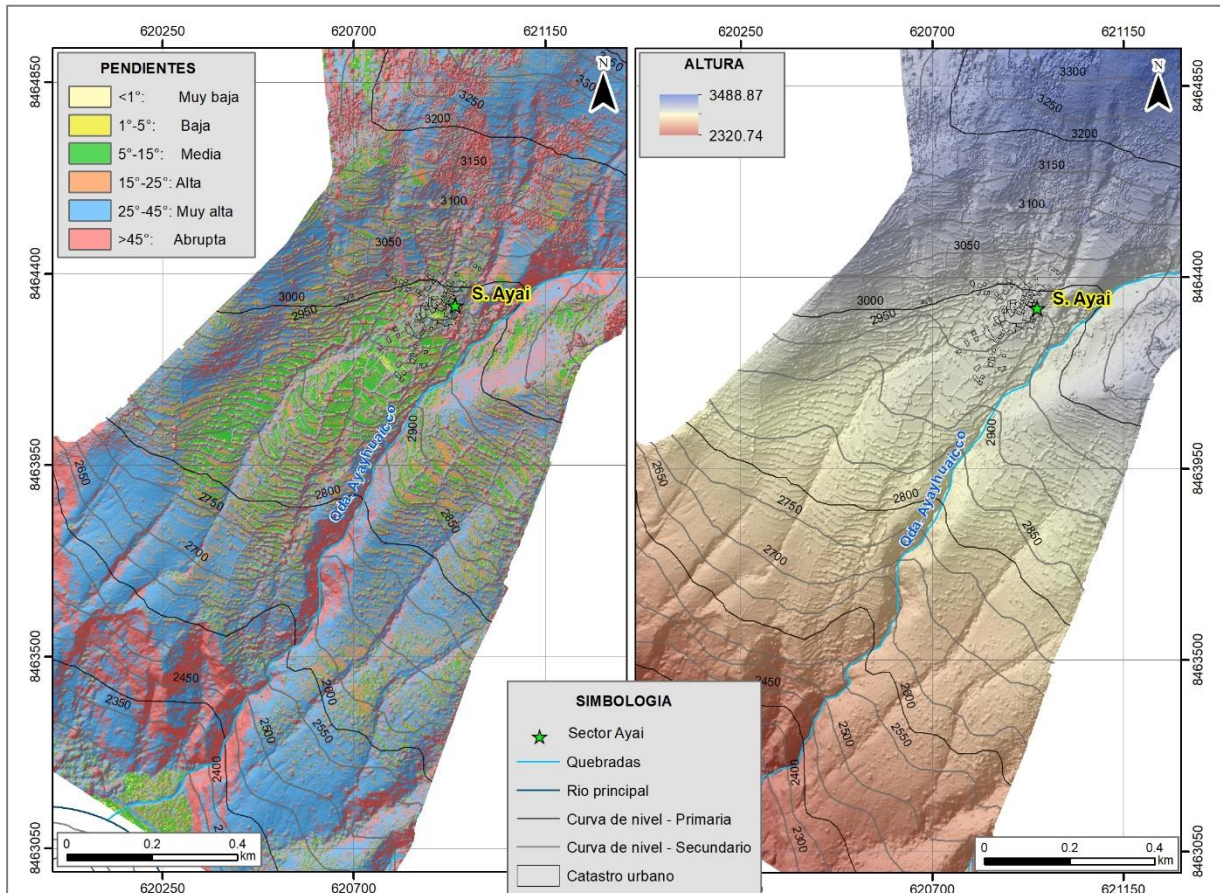
**Cuadro 2.** Rangos de pendiente identificados en el área evaluada.

RANGO	DESCRIPCIÓN	SECTOR	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
5°-15°	Pendiente moderada	La comunidad campesina de Ayai está asentada sobre avalancha de rocas antiguas. Este rango de pendientes ha contribuido a la formación de procesos de erosión de ladera. Se tiene desarrollo de terrenos de cultivo.	Vertiente coluvio-deluvial Piedemonte aluvio proluvial
15°-25°	Pendiente fuerte	Se presenta en la ladera suroeste que limita a la comunidad campesina de Ayai. Sobre este rango de pendientes se han desarrollado terrenos de cultivo.	Ladera de montaña vulcano-sedimentaria
25°-45°	Pendiente muy fuerte o escarpada	Se presenta en la ladera suroeste que limita a la comunidad campesina de Ayai. Este rango de pendientes ha favorecido la formación de cárcavas.	Vertiente coluvio-deluvial Ladera de montaña intrusiva
>45°	Terreno muy escarpado	Mayormente se observan en las paredes subverticalizadas de las zonas de carcavamiento y en la cima de la ladera suroeste que delimita la comunidad campesina de Ayai.	Vertiente coluvio-deluvial Ladera de montaña disectada por cárcavas

### 3.2. Modelo digital de elevaciones (MDE)

En la figura 3 (B), se presenta el mapa de alturas de la zona de estudio, clasificados en tres niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de elevaciones. La comunidad campesina de Ayai se encuentra a 3044 m s.n.m.

Los procesos de erosión de ladera inician a 3305 m s.n.m. finalizando en el río Cangallo a 2311 m s.n.m.



**Figura 3** A) Pendientes de la comunidad campesina de Ayai y alrededores. B) Mapa de elevaciones de Ayai.

### 3.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio se utilizó el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve. Asimismo, para la delimitación de las subunidades, se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (afloramiento y substrato rocoso, así como depósitos superficiales).

En el Anexo 1. Mapa 1 y figura 4 se presentan las subunidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio.

#### 3.1.1. Unidad de montaña

**Montaña en roca vulcano - sedimentaria (ME-ri):** Relieve modelado sobre rocas tipo lavas andesíticas intercaladas con tobas; esta geoforma se ubica en la parte alta de Ayai, configurando una morfología variable de cimas subredondeadas a alargadas, y laderas de pendiente muy fuerte (25°-45°) a escarpada (>45°); sobre la cual se han desarrollado erosión de ladera en cárcavas y deslizamientos, que, a la actualidad presentan reactivaciones.



**Montaña estructural en roca intrusiva (ME-ri):** Relieve modelado sobre rocas intrusivas, conformado por granitos. La ladera media que limita la comunidad campesina de Ayai, presenta morfología variable, debido a la ocurrencia de movimientos en masa antiguos (avalancha de rocas, derrumbes y deslizamientos), y la pendiente fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25°-45°). Esta geoforma es susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa y otros peligros geológicos.

### 3.1.2. Unidad de piedemonte

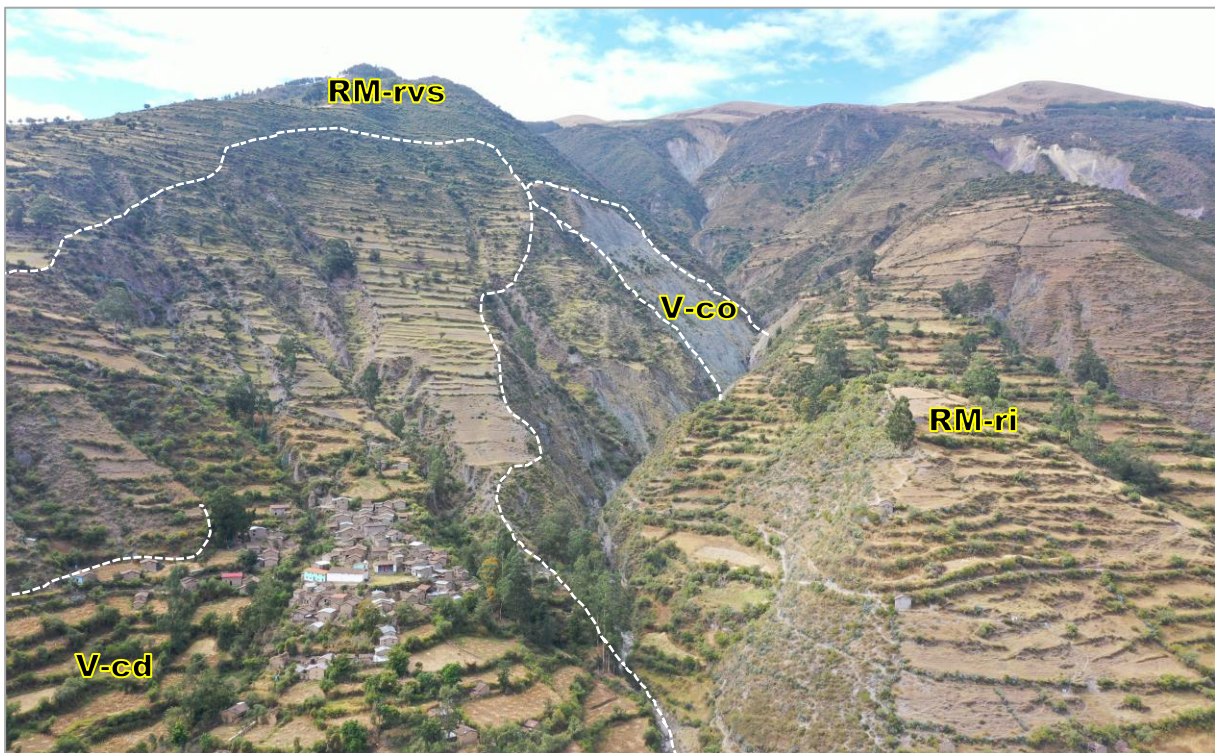
Corresponde a la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afecta las unidades de montaña, generalmente se encuentran en las laderas y piedemonte, aquí se tienen:

**Vertiente coluvial:** Corresponde a la acumulación de material proveniente de las laderas que delimitan la quebrada Ayayhuayco por efecto de la gravedad. Están compuestas por material heterométrico de gravas, arenas, limos y arcillas.

**Vertiente coluvio-deluvial (V-cd):** Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Su morfología es usualmente convexa con disposición semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Sobre esta geoforma se encuentra asentada la comunidad campesina de Ayai.

**Piedemonte proluvio aluvial (P-at):** Unidad geomorfológica formada a partir de la ocurrencia de huaicos antiguos, Hacia la desembocadura de la quebrada Ayayhuaico se tiene un abanico de pendiente media (5°), alimentado contantemente por el material que desciende desde la parte alta de la quebrada.



**Figura 4.** Sub unidades geomorfológicas identificadas en la comunidad campesina de Ayai. RM-rvs: Montaña modelada en roca vulcano sedimentaria, RM-ri: Montaña modelada en rocas intrusivas V-cd: Vertiente coluvio deluvial y V-co: Vertiente coluvial.

## **4. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

La geología se desarrolló en base a la información obtenida en campo, apoyada en la carta Geológica del cuadrángulo de Chinchero – hoja 28-o (Cereceda et al., 2021), a escala 1/50 000, donde se presentan rocas sedimentarias del Paleozoico, vulcano-sedimentarias, intrusivas y depósitos Cuaternarios, estos materiales a través de la cartografía y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas se completa en el mapa geológico, presentado en el Anexo 1. Mapa 2.

### **4.1. Unidades Litoestratigráficas**

Corresponden al Grupo Mitu y Complejo Querobamba; también, se tienen depósitos coluvio – deluviales y coluvial, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad.

#### **4.1.1. Complejo Querobamba**

Se compone de diorita, sienogranitos/granitos y granitos/monzogranitos. El plutón de diorita aflora principalmente en la zona NO de la hoja 28o4; a su vez, infrayace en inconformidad erosional al Grupo Mitu, tal como se observa en la comunidad campesina de Ayai, Concepción, entre otros. Estas rocas se presentan medianamente fracturadas a muy fracturadas en algunas zonas y moderadamente meteorizadas.

#### **4.1.2. Grupo Mitu**

Aflora ampliamente en la comunidad campesina de Ayai, de norte a sur, compuesta por lavas andesíticas de textura porfírica, color gris rojizo intercaladas con tobas de lapilli de color gris rojizo a verdoso, rica en cristales de feldespato y líticos de volcánicos andesíticos. Estas rocas se encuentran muy fracturados con espaciamentos muy próximas a próximas entre sí (0.02-0.10 m), aberturas milimétricas, sin relleno visible, resistencia baja (25-50 MPa); en superficie se encuentran alteradas y moderadamente meteorizadas.

### **4.2. Depósitos superficiales**

#### **4.2.1. Depósito coluvial**

Se encuentran en la ladera que delimita la quebrada Ayayhuaico, compuestos por bloques de hasta 3 m, así como por gravas heterométricas y angulosas de origen vulcano – sedimentario. Son suelos no competentes, de malas características geotécnicas, susceptibles a la generación de nuevos movimientos en masa como deslizamientos y derrumbes. Por las evidencias de campo se cataloga como zona inestable.

#### **4.2.2. Depósito coluvio - deluvial**

Este depósito se presenta en la ladera media de la comunidad campesina de Ayai, producto de la ocurrencia de deslizamientos y avalanchas de detritos antiguos, está compuesto por fragmentos de formas angulosas a subangulosos con diámetros de hasta 60 cm color gris oscuro (fotografía 1), envueltos en una matriz areno – limosa, con poco contenido de arcillas. Parte de estos depósitos se han originado por meteorización y destrucción mecánica de las rocas preexistentes, así como por depositación gravitacional de reactivaciones y acción de las aguas de escorrentía superficial, produciéndose acumulaciones en la base de las laderas.



Los depósitos observados son de estructura masiva y poroso, heterogenias en su composición, muy variable de sus propiedades mecánicas y espesores. Se presentan poco consolidados por reacomodo de sus constituyentes.



**Fotografía 1.** Depósito coluvio- deluvial, compuesto por bloques de formas angulosas a subangulosos con diámetros de hasta 60 cm, envueltos en una matriz de areno – limoso color gris oscuro, con poco contenido de arcilla.

#### 4.2.3. Depósito proluvial

Depósito formado por acumulación de material movilizadado a manera de flujos, modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales.



En la zona de estudio, la quebrada Ayayhuaico, afluente al río Cangallo por la margen derecha transporta material de flujo de detritos hacia la parte baja, formando un abanico de aproximadamente 2.7 ha. En ambos márgenes del cauce se observa material de flujos antiguos, compuesto por bloques de hasta 50 cm, gravas, arenas, limos y arcillas. Así mismo, en el cauce de la quebrada se tiene material detrítico que puede ser acarreado en temporada de lluvias intensas y /o prolongadas (fotografía 2).



**Fotografía 2.** Depósito proluvial, compuesto por bloques angulosos, gravas arenas y limos, acarreado por flujo de detritos antiguos.



## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área de estudio se han identificado movimientos en masa tipo, avalancha de rocas, derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos (huaicos) antiguos y recientes, así como otros peligros tipo erosión en cárcavas (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos peligros son resultado del proceso de modelamiento del terreno, coadyuvado por las condiciones del macizo rocoso (afloramiento meteorizado y fracturado) y depósito de eventos antiguos. Así también, el factor antrópico contribuye en la ocurrencia de estos procesos (Anexo 1: Mapa 3).

A continuación, se describen los procesos de movimientos en masa que ponen en peligro a la zona evaluada, haciendo referencia a eventos pasados y antecedentes que representan los peligros geológicos identificados (figura 5).

### 5.1. Movimientos en masa

#### 5.1.1. Avalancha de rocas

En la ladera sureste del cerro Llajta, margen derecha de la quebrada Ayayhuaico se observa evidencias de avalancha de rocas antiguas que abarcan un área aproximada de 26.05 ha. Este evento inicia a una altitud de 3290 m, con una corona de forma irregular y finaliza a 2650 m, teniendo un recorrido de aproximadamente 1.3 km.

El cuerpo de la avalancha tiene una morfología variable - ondulado, de pendiente media (5°-15°) en promedio, lo que facilitó el asentamiento de la comunidad campesina de Ayai y el desarrollo de terrenos de cultivo (fotografía 3).

La constante erosión pluvial y escorrentía superficial sobre el cuerpo antiguo del depósito de la avalancha, han producido procesos de erosión, que se describe a detalle en el ítem 5.2.



**Fotografía 3.** Vista de la avalancha de rocas sobre la cual se encuentra asentada la comunidad campesina de Ayai.

### 5.1.2. Deslizamientos y derrumbes

Aguas arriba de la comunidad campesina de Ayai, especialmente en la margen derecha de la quebrada Ayayhuaico se han producido derrumbes y deslizamientos, reactivados principalmente por la dinámica erosiva que genera las aguas de la quebrada (figura 5A).

El principal derrumbe en dirección sur, de aproximadamente 4.3 Ha, representa el peligro activo y latente debido al represamiento que se puede generar en la quebrada Ayayhuaico, cuyo desembalse podría afectar a las viviendas asentadas muy próximas al cauce de la quebrada y el puente de aproximadamente 10 m de longitud que conduce a la comunidad referida.

Según el análisis de imágenes satelitales disponible del Google Earth, se observa que desde el año 2013 hasta la actualidad el derrumbe se mantiene activo. Presenta una longitud de 275 m y un ancho de 183 m.

Las condiciones intrínsecas del terreno, como la litología (andesitas fracturada y meteorizada), suelos inconsolidados (fotografía 4) a pendiente empinada (25°-45°) han contribuido a la ocurrencia de estos movimientos en masa.

## 5.2. Otros peligros geológicos

### 5.2.1. Erosión de ladera

Dentro del cuerpo de la avalancha se han desarrollado procesos de erosión de ladera en cárcavas, según la cartografía de peligros geológicos cubren un área de aproximadamente 124 ha.

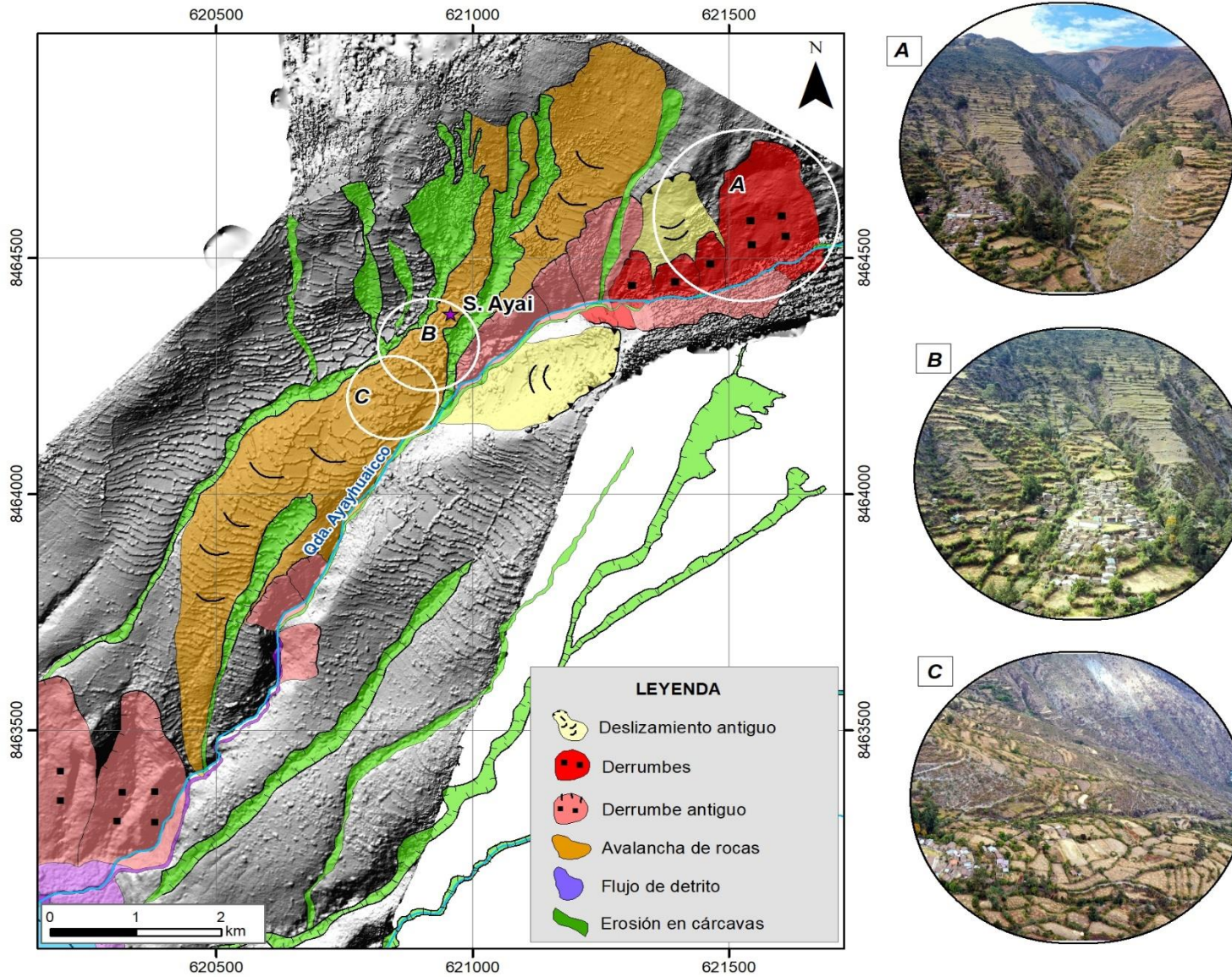
Ayai está delimitado principalmente por dos procesos de cárcavamiento, la primera, disecta por el lado noroeste y se prolonga en dirección sur, hasta la confluencia con el río Cangallo. En la parte alta presenta un ancho de 30 m, hacia el poblado tiene un ancho ~12 m y una profundidad ~10 m (figura 5B). Si bien es cierto, la cobertura vegetal propia de la zona podría atenuar el ensanchamiento de la misma, según Valentín, 2005, una vez formada una cárcava puede continuar creciendo y generando sedimentos, aunque las causas que motivaron su aparición cesen.

La segunda cárcava ubicada al sureste de Ayai, confluye por la margen derecha a la quebrada Ayayhuaico. En la parte media, presenta un ancho de ~60 m, debido a la acción directa del flujo que incide sobre la parte baja de las paredes, provocando incisión lateral. Esta actividad sobre la base de la cárcava combinada con la humedad, los flujos de agua dentro del suelo y la fuerza gravitatoria son los responsables del ensanchamiento y profundización de la cárcava.

La actividad retrogresiva de la cárcava podrían afectar 4 viviendas y terrenos de cultivos; actualmente, la trocha carrozable de acceso se encuentra cortada producto de un huaico, ubicado a 1 km.

Así también, en las calles de Ayai se observa pequeños canales formados por la escorrentía superficial, con el tiempo estas podrían incrementar en tamaño y profundidad (fotografía 5).





**Figura 5.** Peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos identificados en la comunidad campesina Ayai





**Fotografía 4.** La presencia de depósitos semiconsolidados, compuesto con bloques, arenas limos y arcillas, favorece la ocurrencia de movimientos en masa y otros peligros geológicos.



**Fotografía 5.** Vista de pequeños canales formados en las calles de la comunidad campesina de Ayai,

### 5.3. Factores condicionantes

Se detalla los principales factores que podrían condicionar la ocurrencia de peligros geológicos y otros peligros, los cuales se detallan a continuación:

**Cuadro 3.** Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa.

<b>Factores geológicos - geotécnicos inherentes (factores de sitio)</b>		
<b>Procesos o causas naturales</b>	<b>Características</b>	<b>Peligros geológicos inducidos</b>
<b>Litología del substrato</b>	La intercalación de lavas andesíticas con tobas de lapilli, además, del fracturamiento con espaciamentos entre 0.02-0.10 m, y la meteorización condicionan la ocurrencia de los diferentes peligros identificados y cartografiados en la comunidad campesina de Ayai.	Procesos de erosión de laderas, deslizamiento y derrumbes.
<b>Tipo de suelo (naturaleza del suelo)</b>	Depósitos de estructura masiva, poroso y poco consolidados, producidos por meteorización y destrucción mecánica de las rocas preexistentes, así como por depositación gravitacional de reactivaciones como deslizamientos y avalanchas de rocas antiguos y aguas de escorrentía superficial, favorecen la formación a de los diferentes de los peligros cartografiados en la comunidad campesina de Ayai.	Erosión de laderas en cárcavas, deslizamiento, avalancha de rocas y derrumbes.
<b>Material de remoción antiguos</b>	Presencia de depósitos de avalancha de rocas antiguas, sobre el cual se han asentado las viviendas de la comunidad campesina Ayai.	Avalancha de rocas
<b>Pendiente del terreno</b>	El terreno donde se encuentran asentadas las viviendas de Ayai presenta una morfología variada de pendiente media (5°-15°), con un cambio a pendiente muy fuerte (25°-45°) en la ladera suroeste que limita la comunidad campesina, lo cual coadyuva a la ocurrencia de movimientos en masa. Los procesos de erosión de ladera en cárcavas han sido favorecidos por la pendiente muy fuerte (25°-45°) de la ladera. Las laderas sub verticalizadas de las cárcavas presentan pendientes abruptas (>45°), originando en su interior derrumbes y deslizamientos.	Erosión de ladera, derrumbes.

#### 5.4. Factores desencadenantes

**Cuadro 4.** Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

<b>Factores naturales del entorno geográfico</b>		
<b>Climáticos e Hidrológicos</b>		
<b>Precipitaciones pluviales</b>	Altos índices de pluviosidad durante los meses de noviembre a marzo saturan los suelos y/o rocas, aumentan las presiones del terreno al infiltrarse por discontinuidades, grietas y la sobrecarga debido a su propio peso. Absorción de agua por minerales arcillosos en suelos adhesivos, produciendo saturación de los mismos.	<b>Tipo de peligro:</b> Flujo de detritos, deslizamiento, derrumbes y erosión de laderas en cárcavas.

#### 5.5. Factores Antrópicos

**Cuadro 5.** Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

<b>Factores Antrópicos (humanos)</b>		
<b>Ocupación inadecuada del suelo por el hombre</b>	Asentamiento en zonas susceptibles a movimientos en masa, alteran el estado natural del suelo.	<b>Tipo de peligro:</b> Derrumbes, flujo de detritos y erosión de ladera.



## 6. CONCLUSIONES

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

1. La comunidad campesina de Ayai se encuentra sobre depósitos de estructura masiva, poroso y poco consolidados, producidos por aguas de escorrentía superficial, meteorización y destrucción mecánica de lavas andesíticas intercaladas con tobas de lapilli, así como por depositación gravitacional de antiguos deslizamientos y avalanchas de rocas. Por estas características litológicas, se le considera como suelos inestables y muy susceptibles a peligros geológicos.
2. La configuración morfológica de la zona de estudio, de relieve variable-escalonado, de pendiente media (5°-15°), y laderas de montaña vulcano sedimentaria de pendiente muy fuerte (25°-45°) han permitido la activación y /o reactivación de avalancha de rocas, deslizamientos, y erosión de laderas en la comunidad campesina de Ayai y alrededores.
3. En la ladera sureste del cerro Llajta, margen derecha de la quebrada Ayayhuayco se ha producido avalancha de rocas antiguas, teniendo un recorrido de aproximadamente 1.3 km sobre la cual se han originado procesos de erosión de ladera, ante la activación de estas podría desencadenar flujo de detritos, lo cual afectaría parte de las viviendas de la comunidad campesina de Ayai.
4. Aguas arriba de Ayai, se tiene un derrumbe de aproximadamente 4.3 Ha, representa el peligro activo y latente debido al represamiento que este puede generar en la quebrada Ayayhuaico, cuyo desembalse podría afectar las viviendas asentadas próximas al cauce de la quebrada, así como también el puente de aproximadamente 10 m de longitud que conduce a la comunidad referida.
5. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, se determina que la comunidad campesina de Ayai presenta **Peligro Alto** a erosión de laderas, flujo de detritos y derrumbes.

## 7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan algunas recomendaciones que tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a erosión de ladera, derrumbes y flujo de detritos en la comunidad campesina de Ayai. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá atenuar y/o reducir a los peligros que está expuesta dicha comunidad.

### NO ESTRUCTURALES

1. Prohibir el asentamiento de viviendas en el cauce de las zonas de carcavamiento.
2. Reforestar con plantaciones nativas la ladera superior que delimita Ayai. Además, repoblar dentro de las zonas de carcavamiento, sobre todo en las márgenes, las cuales servirán para reducir o atenuar la erosión del suelo. Así mismo, ayudará a reducir la infiltración de agua pluvial al subsuelo, reduciendo la inestabilidad de este.
3. Prohibir el vertimiento de agua servidas y desagüe hacia las zonas de carcavamiento, ya que ello contribuye en aceleración la erosión de las mismas.
4. A las autoridades locales se recomienda, difundir a la comunidad en general, el informe técnico con la identificación de las zonas de peligro en su jurisdicción, a fin de hacerles conocer los peligros geológicos a los que están expuestos.

### ESTRUCTURALES

5. Realizar estudios de detalle que permitan determinar el tipo de medidas estructurales a ejecutar, entre ellos la construcción de zanjas de coronación impermeabilizadas por encima de la corona del derrumbe activo y latente ubicado en la margen derecha de la quebrada Ayayhuaico, con el propósito de captar las aguas de escorrentía que se formen en la ladera superior del derrumbe, derivándolas hacia quebradas próximas por medio de canales revestidos.
6. Implementar defensa ribereña, preferentemente en la margen derecha de la quebrada Ayayhuaico para evitar erosión fluvial en la base, lo cual esta coadyuvando en la reactivación de derrumbes.
7. Considerar implementar diques y/o barreras transversales al cauce de la quebrada Ayayhuaico y las zonas de carcavamiento que delimitan la comunidad campesina, estos diques pueden realizarse de forma artesanal con sacos y troncos de madera resistentes; con el fin de reducir la velocidad y/o retener material proveniente desde la parte alta en forma de flujo de detritos (ver anexo 2).

Ing. Guisela Choquenaira Garate

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

## BIBLIOGRAFÍA:

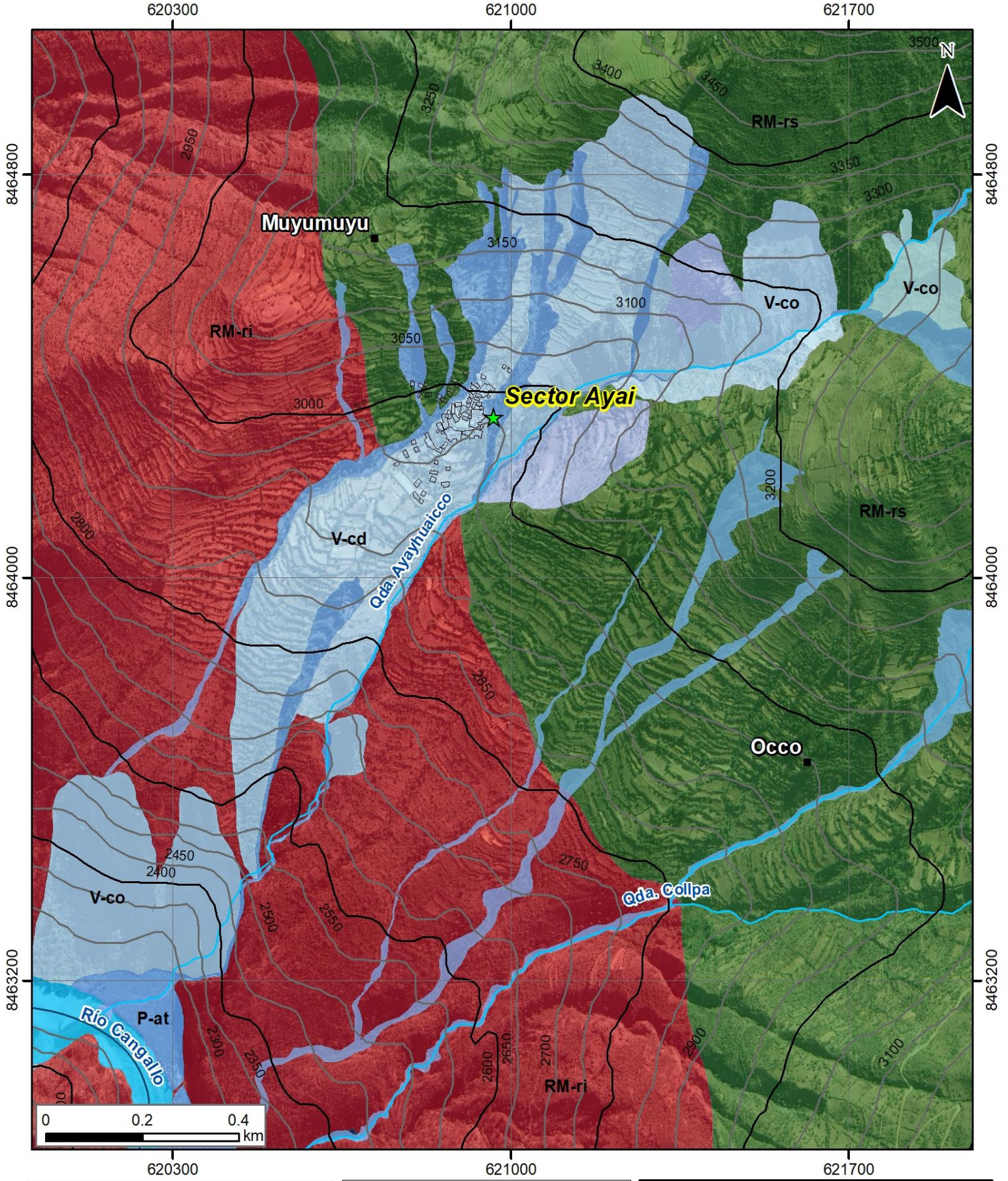
- Carrasco, J. (2015) – Técnicas de control de cárcavas. Biblioteca digital de Chile.
- Cereceda, C; Ayala, L. & Anastasio, A. (2021) - Geología del cuadrángulo de Chincheros. Hoja: 2O-o. Ingemmet, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 76, 297 p. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3133>.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.
- Suárez, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Universidad Industrial de Santander, 548 p.
- Vílchez, M, Ochoa, M. & Pinto, W. (2019) - Boletín N° 44, serie C, “Peligros geológicos en la región Ayacucho. Boletín N° 70, serie C, Ingemmet. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2480>



# **ANEXO 1**

## **MAPAS DEL SECTOR AYAI**





**LEYENDA**

- V-co Vertiente coluvial
- V-cd Vertiente coluvio-deluvial
- P-at Piedemonte aluvio- proluvial
- RM-ri Montaña en roca intrusiva
- RM-rs Montaña en roca sedimentaria

**SIMBOLOGIA**

- Sectores
- Quebradas
- Río principal
- Curva de nivel - Primaria
- Curva de nivel - Secundario
- Zona urbana

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

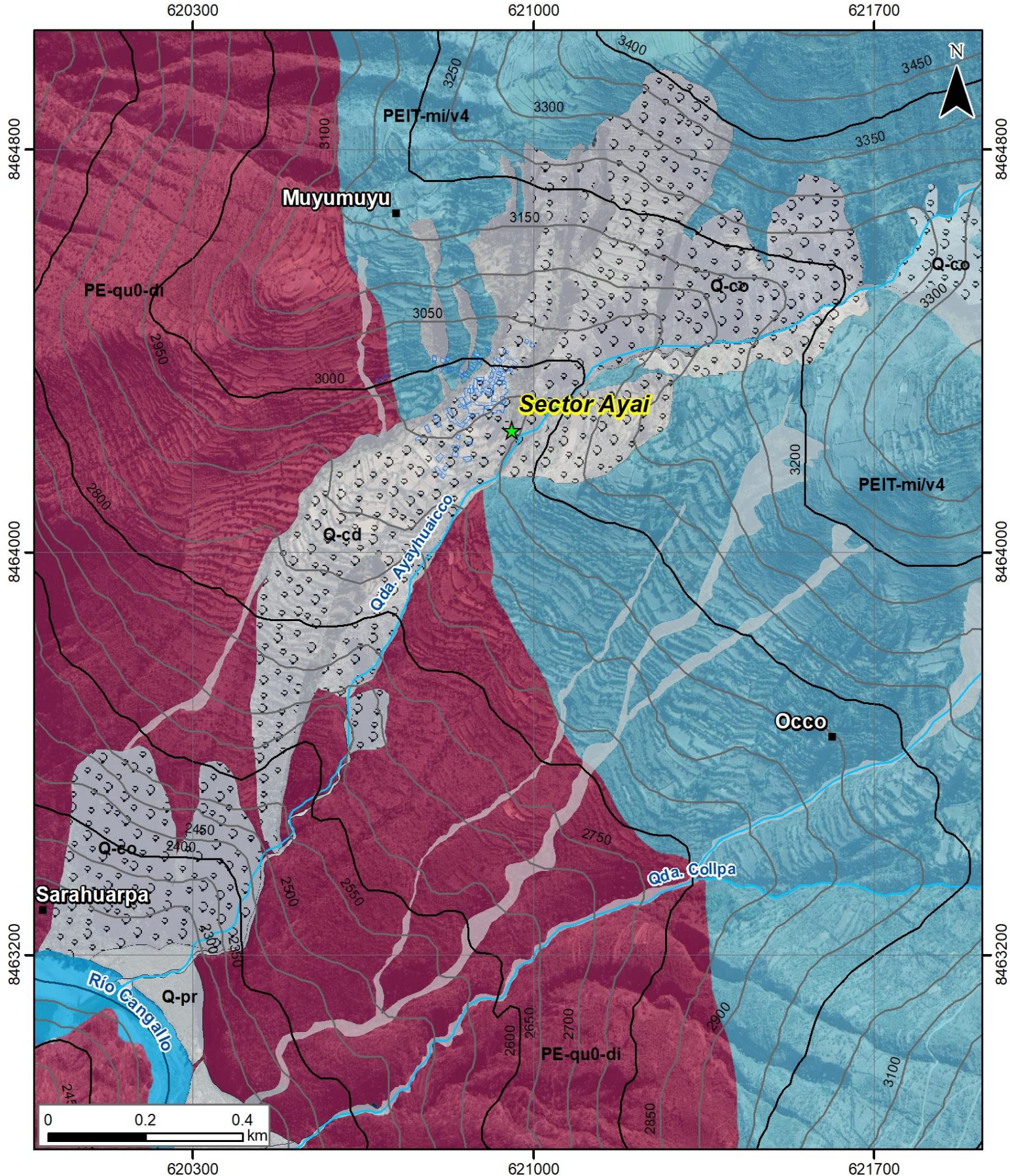
**ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL**

**MAPA GEOMORFOLÓGICO DE AYAI**

**1**

Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s  
 Versión digital: año 2023 Impreso: setiembre 2023





LEYENDA	
	Q-co Depósito coluvial
	Q-cd Depósito coluvio-deluvial
	Q-pr Depósito proluvial
	PE-qu Complejo Querobamba
	PEIT-mi Grupo Mitu - M. Volcánico

SIMBOLOGIA	
	Sectores
	Quebradas
	Río principal
	Curva de nivel - Primaria
	Curva de nivel - Secundario
	Zona urbana



SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

---

**ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL**

---

<b>MAPA GEOLÓGICO DE AYAI</b>	<b>2</b>
-------------------------------	----------

---

Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s  
Versión digital: año 2023 Impreso: setiembre 2023



620300

621000

621700

8464800

8464800

8464000

8464000

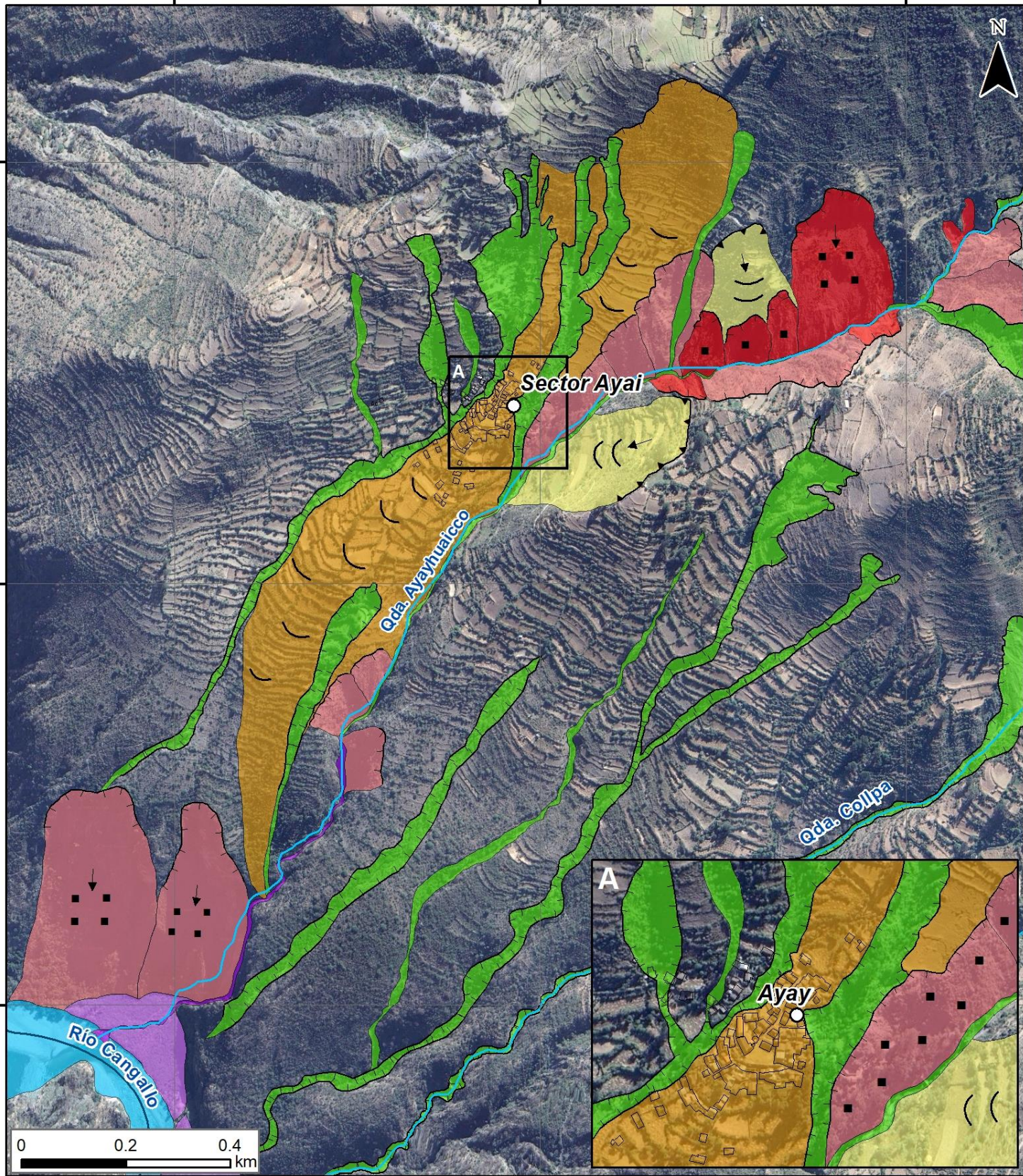
8463200

8463200

620300

621000







621700



**LEYENDA**

-  Deslizamiento antiguo
-  Derrumbes
-  Derrumbe antiguo
-  Avalancha de rocas antiguo
-  Flujo de detrito
-  Erosión en cárcavas

**SIMBOLOGIA**

-  Sector Ayay
-  Quebradas
-  Río principal
-  Escarpe de deslizamiento
-  Zona de arranque
-  Zona urbana

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL**

**CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE AYAI**

Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s  
 Versión digital: año 2023 Impreso: setiembre 2023

**3**



## **ANEXO 2: EJEMPLOS DE MITIGACIÓN**



**Figura 6.** Ilustra medida de mitigación para reducir el avance retrogresivo de las cárcavas con plantaciones nativas, además, incluye la colocación de saco con abono y semilla de plantaciones, para reducir y/o atenuar la energía y material proveniente de desde la parte alta en forma de flujo de detritos. Fuente: Carrasco, J.