

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7164**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ANEXO JAYO

Región Apurímac  
Provincia Aymaraes  
Distrito Chalhuanca



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

*Equipo de investigación:*

*Norma L. Sosa Senticala  
Hugo Gómez Velásquez  
Mauricio Nuñez Peredo*

**Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). *Evaluación de peligros geológicos en el anexo Jayo, distrito de Chalhuanca, provincia Aymaraes, región Apurímac*. Ingemmet, informe técnico N°A7164, 41 pág.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	2
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	3
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	5
<b>1.3.1. Ubicación</b> .....	5
<b>1.3.2. Accesibilidad</b> .....	6
<b>1.3.3. Clima e hidrografía</b> .....	8
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	9
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	9
<b>2.1.1. Formación Hualhuani (Ki-hu)</b> .....	9
<b>2.1.2. Formación Murco (Ki-mu)</b> .....	10
<b>2.1.3. Formación Arcurquina (Ki-ar)</b> .....	11
<b>2.1.4. Depósitos cuaternarios</b> .....	12
<b>3. ASPECTO GEOMORFOLÓGICAS</b> .....	14
<b>3.1. Pendientes del terreno</b> .....	14
<b>3.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	15
<b>3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional</b> .....	15
<b>3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional</b> .....	16
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS</b> .....	19
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	19
<b>4.2. Reptación de suelos en el anexo Jayo</b> .....	19
<b>4.2.1. Características visuales del evento</b> .....	22
<b>4.2.2. Factores condicionantes</b> .....	23
<b>4.2.3. Factores detonantes o desencadenantes</b> .....	24
<b>4.2.4. Factores antrópicos</b> .....	24
<b>4.2.5. Daños por peligros geológicos</b> .....	25
<b>4.3.1. Características visuales del evento</b> .....	27
<b>4.3.2. Factores detonantes o desencadenantes</b> .....	28
<b>4.3.3. Factores antrópicos</b> .....	29
<b>4.3.4. Daños por peligros geológicos</b> .....	29

<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO 1: MAPAS .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXO 2: GLOSARIO.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN .....</b>	<b>40</b>

## RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el anexo Jayo, que pertenece al distrito Chalhuanca, provincia Aymaraes, departamento Apurímac.

Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área evaluada corresponden a rocas de origen sedimentario, estas corresponden a las formaciones Hualhuani, Murco y Arcurquina, compuestas por areniscas, arcillas y arenisca se superponen delgadas capas de calizas y presencia de alteración hidrotermal. También, se observa que el afloramiento se encuentra medianamente fracturadas (F3) con espaciamiento entre fracturas de 1 – 0.3 mm y altamente meteorizada (A4). Estos se encuentran cubiertas por depósitos coluvio-deluviales conformado por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa no consolidados, susceptibles a movimientos en masa.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico degradacional y erosional (laderas de montañas en roca sedimentaria) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores y configuran geoformas de piedemonte y planicies (vertiente coluvio-aluvial, terrazas aluviales y abanico de piedemonte). Se considera que el principal factor condicionante que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa es la pendiente del terreno, en el área de estudio prevalecen pendientes fuertes (15° - 25°) a muy fuertes (25° - 45°).

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámica, al sector evaluado se considera en peligro **Alto**, a la ocurrencia de peligros de tipo reptación de suelos, hundimiento y flujo de detritos, Estos procesos afectan terrenos de pastoreo, cultivo y podrían afectar las viviendas asentadas aguas abajo.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones que se consideran importante que las autoridades competentes pongan en práctica, como es implementar un sistema de drenaje mediante canales impermeables, señalización para restringir el paso de personas y realizar trabajos de sensibilización a los pobladores en temas de peligros geológicos y gestión de riesgo. Estas recomendaciones se plantean con la finalidad de prevenir los daños que pueden ocasionar los procesos identificados.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Ingemmet, ente técnico-científico que 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 Aymaraes, según Oficio N° 252-2021-MPA-CH./AYM/APU, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación del evento de tipo hundimientos y reptación de suelos ocurrido en setiembre del 2020 que afectó terrenos de pastoreo de la comunidad campesina de Jayo.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Norma Sosa Senticala, Hugo Gómez Velásquez y al Geol. Mauricio Nuñez Peredo, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado. Este trabajo se realizó el día 25 de mayo del presente año, en coordinación con representantes de la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Provincial de Aymaraes.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Aymaraes. y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### **1.1. Objetivos del estudio**

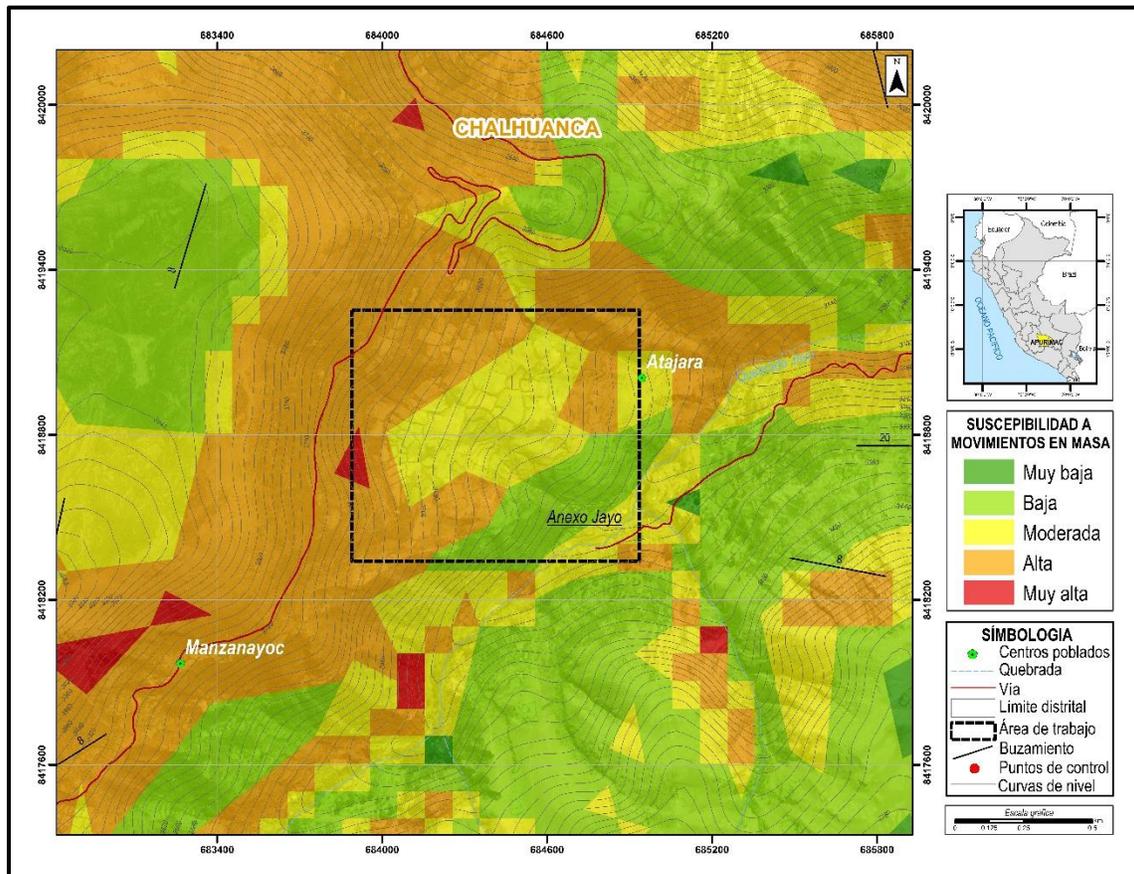
El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar el peligro geológico que se presenta el anexo Jayo, evento que compromete la seguridad física de la población, viviendas y sus medios de vida en la zona de influencia del evento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

## 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) En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, escala 1:2 000 000 (escala regional) elaborada por el Ingemmet (2013), el anexo de Jayo, se localiza en una zona susceptible moderada a alta a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1). 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.
- B) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p). Escala 1:50 000, elaborado por Ingemmet (2003), aquí se describe la Formación Murco, en donde se asienta el anexo Jayo, compuesta de areniscas y arcillitas de un grosor aproximada de 350 m.
- C) Geología de los cuadrángulos Chalhuanca (29p), Antabamba (29q), y Santo Tomás (29-r). Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Serie A: Carta Geológica Nacional, describen las formaciones que se encuentran en la zona de estudio y alrededores, las cuales corresponden a las Formaciones Hualhuani, Murco y Arcurquina, y, así como depósitos cuaternarios recientes.



**Figura 1:** Susceptibilidad por movimientos en masa del anexo Jayo y alrededores (Fuente: Villacorta et al, 2013)

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El anexo de Jayo de la comunidad campesina de Chuquina, políticamente pertenece al distrito Chahuanca, provincia Aymaraes, región Apurímac (figura 2) Se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	684940.69	8419238.22	14°17'33.09"S	73°17'7.71"O
2	684934.65	8418335.21	14°18'2.47"S	73°17'7.69"O
3	683890.74	8418340.19	14°18'2.56"S	73°17'42.52"O
4	683892.31	8419246.25	14°17'33.08"S	73°17'42.69"O
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	684475.94	8418906.39	14°17'44.00"S	73°17'23.13"O

### 1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre desde la oficina central de Ingemmet (Lima), mediante la siguiente ruta, (cuadro 2):

**Cuadro 2.** Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Nazca	Asfaltada	436	6 horas 30 min
Nazca - Puquio	Asfaltada	193	4 horas 50 min
Puquio – Chalhuanca	Asfaltada	186	3 horas 22 min

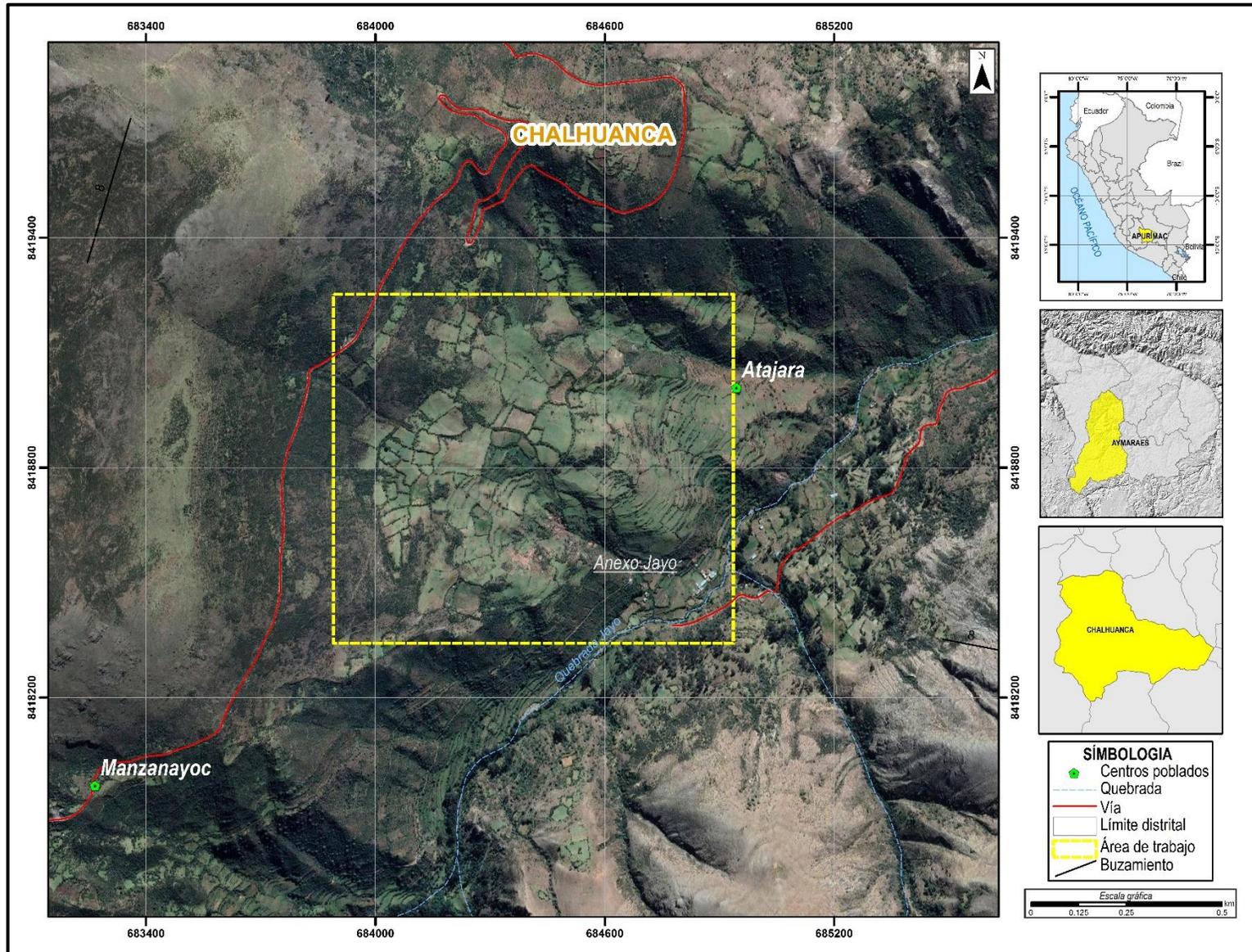
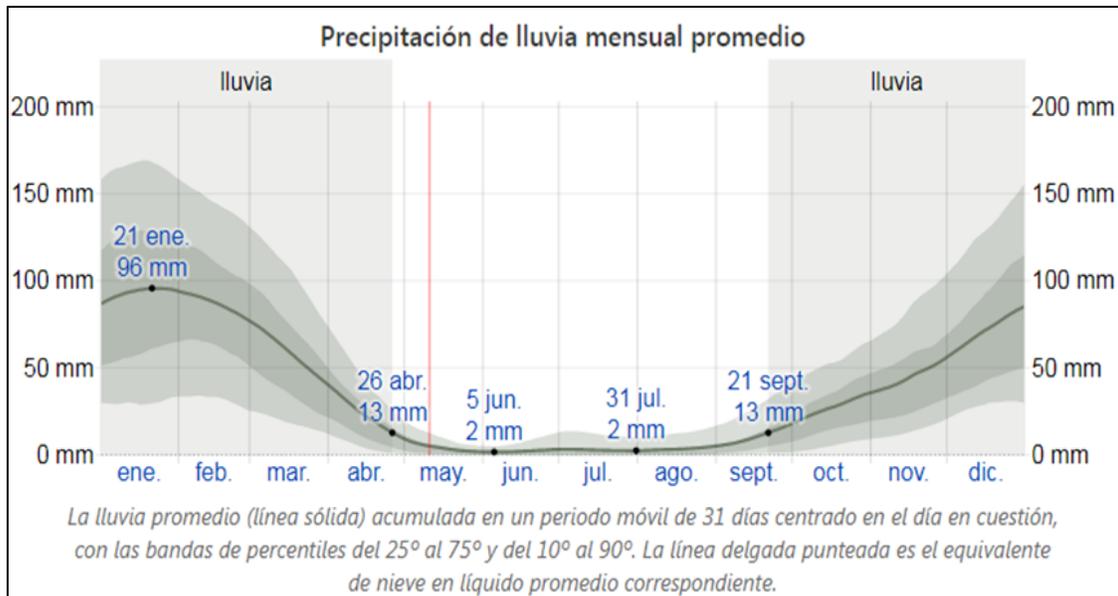


Figura 2. ubicación del anexo Jayo y alrededores. (Fuente: Elaboración propia).

### 1.3.3. Clima e hidrografía

De acuerdo al Mapa climático nacional elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, en el distrito de Chalhuanca, los veranos son cortos; los inviernos son cortos, fríos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -2 °C a 19 °C y rara vez baja a menos de -5 °C o sube a más de 23 °C.

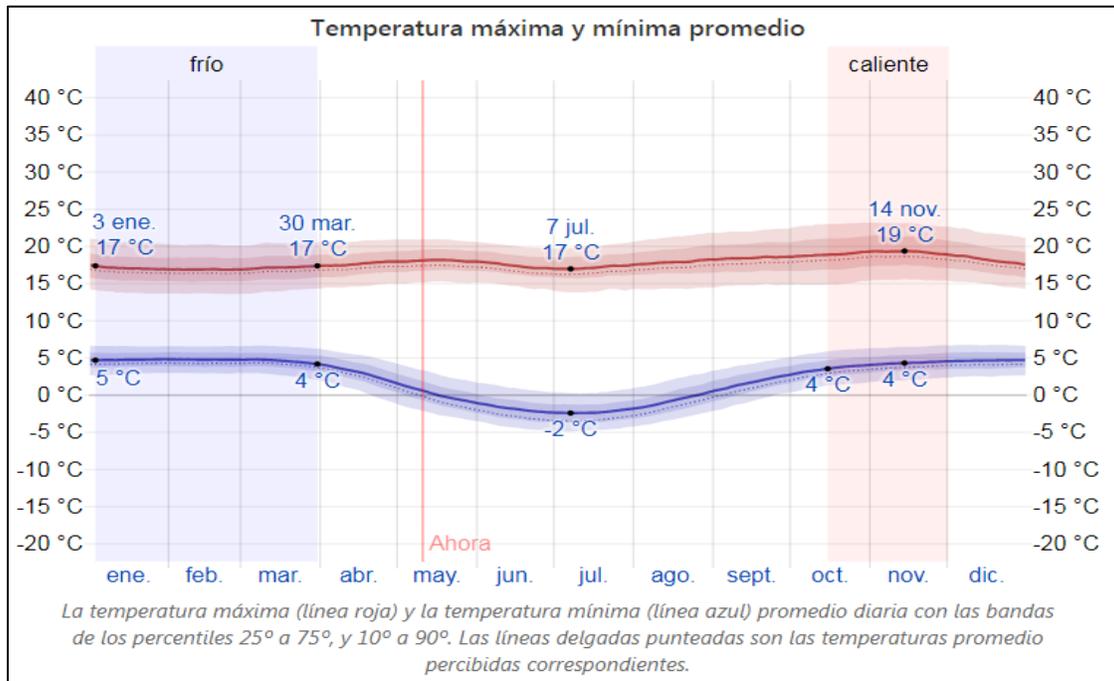
La temporada de lluvia dura 7.1 meses, del 21 de septiembre al 26 de abril, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 21 de enero, con una acumulación total promedio de 96 milímetros (figura 3). El periodo del año sin lluvia dura 4.9 meses, del 26 de abril al 21 de septiembre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 5 de junio, con una acumulación total promedio de 2 milímetros. La precipitación pluvial es variable y está vinculada estrechamente a la altitud.



**Figura 3.** Precipitación de lluvia mensual promedio (Weather Spark, 2021).

La temporada fría dura 2.9 meses, del 3 de enero al 30 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C. El día más frío del año es el 7 de julio, con una temperatura mínima promedio de -2 °C y máxima promedio de 17 °C (figura 4).

La red hidrográfica en la zona evaluada, tiene como afluente de la quebrada Jayo, que discurre directamente al río Chalhuanca que tiene una longitud de 2865 m aproximado, que es afluente indirecto del río Apurímac.



**Figura 4.** Temperatura máximas y medias de la zona del distrito de Chalhuanca, (Weather Spark, 2021).

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Chalhuanca, 29p-III, escala 1:50,000 (Lipa *et al.*, 2001), así como la información contenida en el Boletín N° 35: “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Atabamba y Santo Tomas” (Gutiérrez *et al.*, 1981) y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p), escala 1:50,000” (Lipa *et al.*, 2003).

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

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada y alrededores, son principalmente de origen sedimentario de las formaciones Hualhuani, Murco y Arcurquina, y, así como depósitos recientes, aluviales, proluviales y coluvio-deluviales (anexo 1-mapa 1).

#### 2.1.1. Formación Hualhuani (Ki-hu)

Consiste aproximadamente de 400-500 m de cuarciarenitas blancas con laminación oblicua y paralela, intercaladas eventualmente con horizontes arcillosos negros carbonosos, donde es notorio el cambio gradual de cuarciarenitas blanquecinas a areniscas rojizas hacia la parte superior, próximo al contacto con la Formación Murco, (Lipa *et al.*, 2003).

El afloramiento se encuentra medianamente fracturadas (F3), con espaciamiento entre fracturas de 1 – 0.3 mm y altamente meteorizada (A4). Estos se encuentran coberturados por depósitos coluvio-deluviales conformado por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa no consolidados.

### 2.1.2. Formación Murco (Ki-mu)

Según Lipa *et al.*, (2003). Esta unidad está compuesta de areniscas y arcillitas de un grosor aproximada de 350 m. En la base se observa una secuencia areniscosa pardo rojiza con estratificaciones sesgada y paralela; hacia la parte media presenta limoarcillitas de coloración rojiza, parda y verdes, abigarrados y en la parte superior una intercalación de limolitas rojizas con arcillitas verdes.

En la zona evaluada, tanto las areniscas como las limoarcillitas y limolitas se encuentran altamente meteorizadas, es decir más del 50% está descompuesta y/o desintegrada (fotografía 1); así mismo se encuentran muy fracturadas, con espaciamientos muy próximas entre si (0.30 – 0.05 m) y con aberturas menores a 0.03 m. Estas últimas se encuentran en la parte inferior de las areniscas tal como se observa en la fotografía 2.



**Fotografía 1.** Vista al noroeste del anexo Jayo, ubicado entre las coordenadas UTM N8418647, 684458 E. Sustrato rocoso conformado por areniscas de coloración rojizo de la Formación Murco, con presencia de aguas subterráneas.



**Fotografía 2.** Limoarcillitas de coloración beige. Se presenta muy fractura, con espaciamentos muy próximas entre sí y aberturas menos a 0.03 m.

### 2.1.3. Formación Arcurquina (Ki-ar)

La Formación Arcurquina está compuesta por aproximadamente 800 m de calizas negras a grises, bien estratificadas y delgados niveles aislados de limoarcillitas y limolitas grises. Según Lipa et al., (2003), esta unidad se encuentra fuertemente afectada por plegamientos de tendencia NE-SO, que obedecen a la disposición estructural de la deflexión de Abancay.

Geomecánicamente, estas rocas presentan una resistencia media (estimada manualmente con el martillo de geólogo), moderadamente alteradas y medianamente fracturas.



**Figura 5.** Muestra de mano de caliza de coloración gris, moderadamente alterada, el cual se rompió al tercer golpe de la picota.

#### 2.1.4. Depósitos cuaternarios

##### Depósitos aluviales:

Está conformado por gravas, cantos y bloques inmersos en una matriz areno arcillosa. Su disposición en capas indica una evolución cíclica en la disponibilidad hídrica de las cabeceras fluviales, estos depósitos se encuentran en ambos márgenes de la quebrada Jayo (figura 6), constituye laderas de pendientes moderadas.

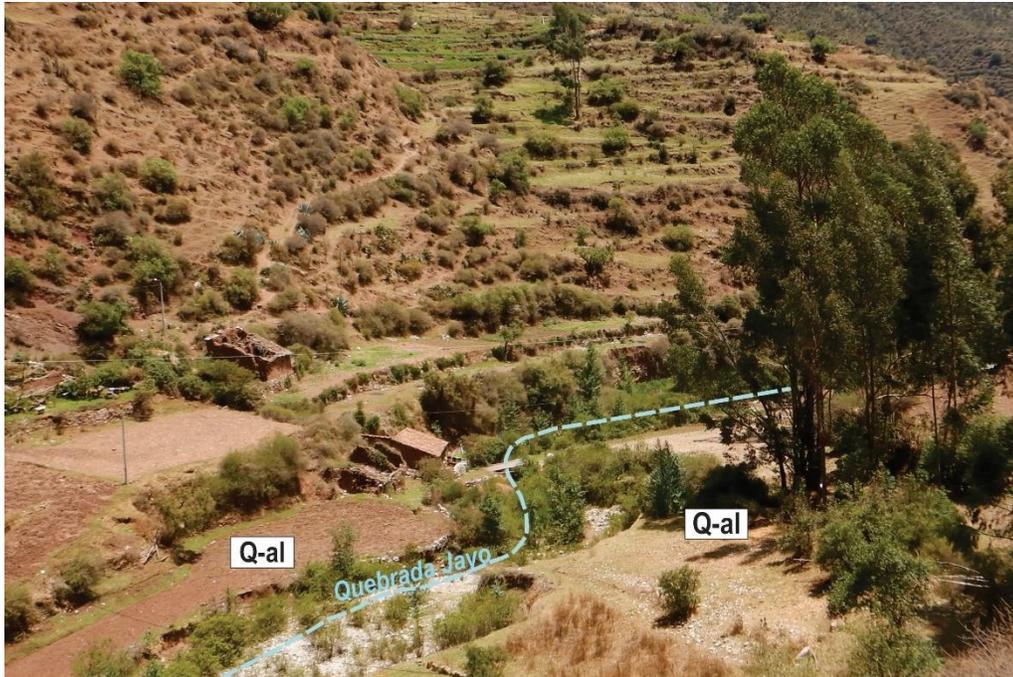


Figura 6. Vista donde se observa depósitos aluviales, en ambas márgenes de la quebrada Jayo.

##### Depósitos proluvial:

Depósito constituido por fragmentos heterométricos de formas angulosas y subangulosas de naturaleza intrusiva, dispuestos en forma caótica, inmersos en matriz areno limosa. Sobre este depósito se asienta el anexo de Jayo de la comunidad campesina de Chuquina (figura 7). Corresponde al material asociado a los flujos de detritos (huaicos).

##### Depósitos coluvio-deluvial:

Son aquellos depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros constituidos por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que han sufrido transporte, se presentan con cierta irregularidad en la hoja de Chalhuanca. Los depósitos de esta unidad son conformados por los depósitos de movimientos en masa antiguos, como son los deslizamientos, avalanchas y derrumbe (figura 8).



**Figura 7.** Se observa un depósito proluvial, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Jayo, donde se observa una secuencia de fragmentos heterométricos, característicos de este depósito.



**Figura 8.** Vista con dirección noroste del anexo Jayo, donde se aprecia depósitos coluvio-deluviales entre las coordenadas UTM 8418678 N, 684426 E, con una altitud de 3408 m s.n.m.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La zona de estudio presenta diferentes unidades geomorfológicas que evidencian las condiciones climáticas y la actividad geodinámica preponderante en el pasado geológico y su evolución. A continuación, se describen las principales geoformas identificadas, las cuales se han clasificado por su morfogénesis (Villacorta *et al.*, 2019).

#### 3.1. Pendientes del terreno

La pendiente, es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable, es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, como factor condicionante.

En el anexo 1 – mapa 2, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS), donde el sector evaluado y alrededores se encuentran en una ladera cuyos rangos de pendientes van desde moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°).

Este amplio rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, cuyas características principales se describen en el siguiente cuadro 3:

**Cuadro 3.** Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
<1°	Llano	Comprende terrenos planos de las zonas de altiplanicie, extremos más distales de abanicos aluviales y torrenciales, bofedales, terrazas, llanuras de inundación fondos de valle y lagunas.
1° a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de fondos de valles, planicies y cimas de lomadas de baja altura, también en terrazas aluviales y planicies.
5° a 15°	Moderado	Laderas con inclinaciones entre 5° y 15° se consideran con susceptibilidad moderada a los movimientos en masa de tipo reptación de suelos, flujos de detritos.
15° a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen principalmente en los bordes de abanicos aluviales, conos, piedemontes proluviales-aluviales y planicies, donde se asienta el anexo Jayo.
25° a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de colinas y montañas sedimentarias, así como terrazas aluviales, que forman acantilados, vertientes de los valles.
>45°	Muy escarpado	Distribución a lo largo de laderas, cumbres de colinas y montañas sedimentarias, así como acantilados al río Chalhuanca

Fuente: Ingemmet, 2014

### **3.2. Unidades geomorfológicas**

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (anexo 1 – mapa 3), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

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

#### **3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional**

Están representadas por geoformas montañosas con pendientes pronunciadas y altitudes mayores a 2500 m s.n.m. La erosión y degradación de su afloramiento en la parte alta originan geoformas de carácter depositacional, por transporte y acumulación de sedimentos.

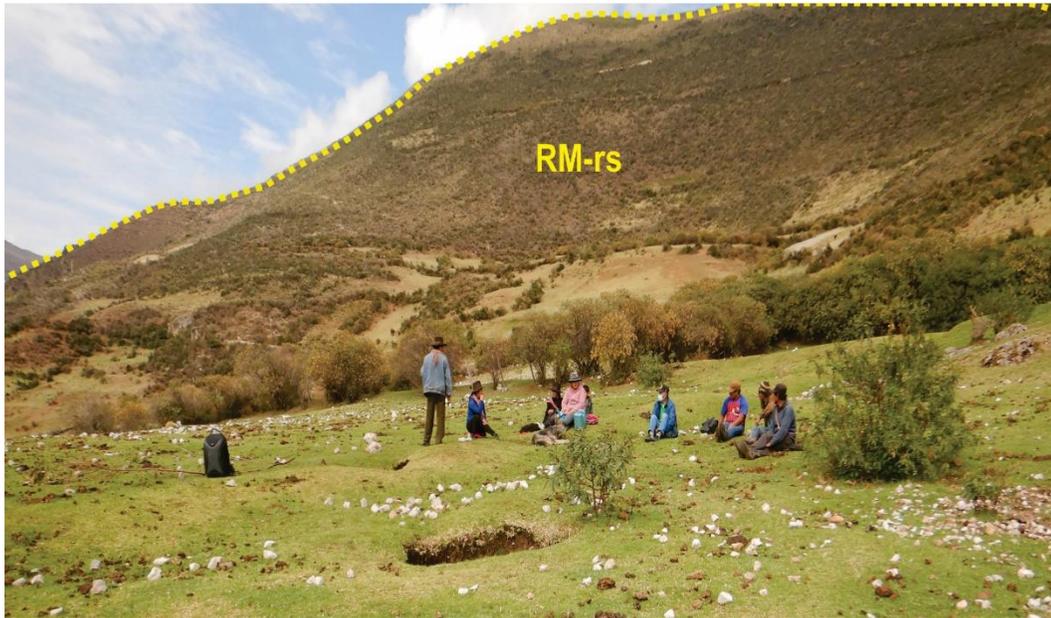
##### **3.2.1.1. Unidad de montañas**

La unidad tiene una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

#### **A) Subunidad de montañas en rocas sedimentaria (RM-rs):**

Estas subunidades han sido levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía, los glaciares y el agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad. En estas montañas el plegamiento de las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias, sin que lleguen a constituir cadenas montañosas.

El área evaluada corresponde a montañas en afloramientos de rocas sedimentarias de las formaciones Murco y Hualhuani; sus relieves se encuentran asociadas a procesos dominantes de erosión de ladera, caída de rocas, deslizamientos, movimientos complejos y huaicos. Se distribuyen en forma adyacente a las zonas de fuerte pendiente y se ubican en las partes medias y superiores de la quebrada Jayo (figuras 9 y 10).



**Figura 9.** Vista de la unidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs) de la Formación Murco. Fotografía tomada con dirección al noreste del anexo Jayo, ubicada entre las coordenadas UTM 8419019 N, 684143 E, con una altitud de 3537 m s.n.m



**Figura 10.** Vista de la unidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs) de la Formación Hualhuani. Fotografía tomada con dirección al suroeste del anexo Jayo, ubicada en las coordenadas UTM 8417872 N, 684993 E, con una altitud de 3817 m s.n.m.

### 3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores. Se tienen las siguientes unidades y subunidades:

### 3.2.2.1. Unidad de Piedemonte

Esta unidad son resultado de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales solidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

#### a) Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (**V-cd**)

Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acarreados y acumulados por efecto de la gravedad) y deluvial (acumulación de material al pie de laderas, depositados por flujos de agua que lavan materiales sueltos de las laderas). Se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales, estos se acumulan al pie de laderas de montañas o acantilados de valles (figura 11). Se pueden asociar geodinámicamente a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo movimientos complejos, reptación de suelos, avalancha de detritos y flujos de detritos.



**Figura 11.** Vista con dirección al norte del anexo de Jayo, en donde se observa la vertiente coluvio - deluvial.

### 3.2.2.2. Unidad de Planicies

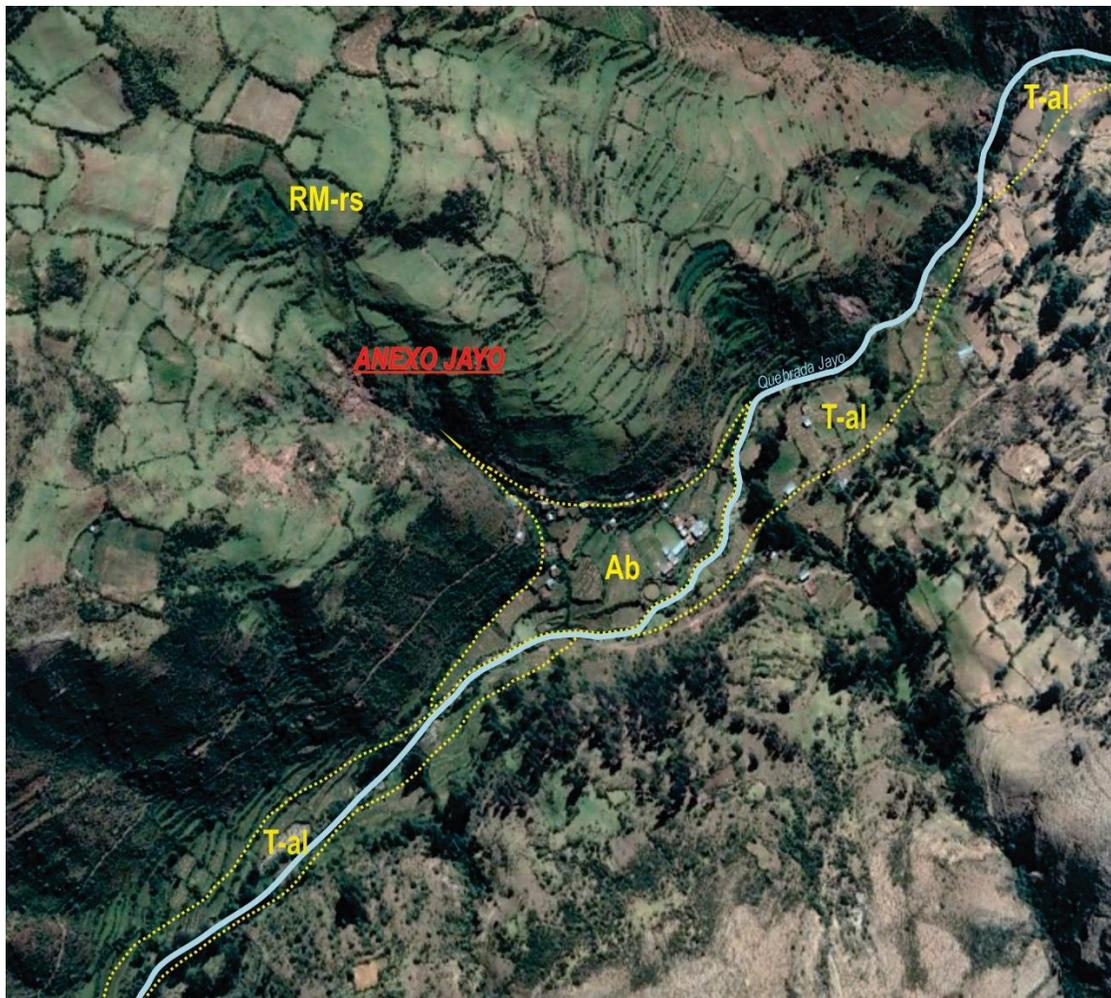
Están asociados a depósitos aluviales, fluvio-glaciares, marinos y eólicos, limitados en muchos casos por depósitos de piedemontes y laderas de montañas o colinas en afloramientos rocosos. Se identificó las siguientes subunidades.

a) Subunidad de Terraza aluvial (**T-al**)

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la quebrada Jayo, que desemboca en el río Chalhuanca, a mayor altura, presentan niveles antiguos de sedimentación fluvial, lo cuales han sido disectadas por las corrientes como consecuencia de profundización del valle; sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas (figura 12).

b) Subunidad Abanico de piedemonte (**Ab**)

Es una forma del relieve depositacional originado en la base o pie de un frente montañoso, asociada a la descarga de sedimentos de un curso de agua (río o quebrada), drena desde un área topográficamente elevada a un área baja y plana adyacente. Esta subunidad se encuentra en la margen izquierda de la quebrada Jayo (figura 12).



**Figura 12.** Se delimitó las terrazas aluviales, en las márgenes de la quebrada Jayo, así mismo se observó el abanico de piedemonte, en donde se asienta las viviendas del Anexo de Jayo.

## PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

El peligro geológico reconocido en el sector evaluado corresponde a los movimientos en masa de tipo reptación, y hundimiento; Así como, flujo de detritos (huaico). (PMA: GCA, 2007). Este proceso es el resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en la Cordillera de los Andes por cursos de agua, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Este movimiento en masa, tienen como causas o condicionantes, factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “**desencadenate**” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad. Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa (anexo 1 – mapa 4).

### 3.3. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica) actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambiando el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Para la caracterización de los eventos geodinámicos, se realizó en base a la información obtenida de los trabajos de campo, en donde se identificó el tipo de movimiento en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotogramétrico con dron, de donde se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.15 y 0.08 cm por pixel, respectivamente. Esta información se complementó con el análisis de imágenes de satélite.

En la zona de estudio se ha identificado y caracterizado los siguientes peligros geológicos:

### 3.4. Reptación de suelos en el anexo Jayo.

Se identificó dentro del perímetro del anexo de Jayo de la Comunidad campesina de Chuquinga, donde se viene produciendo reptación de suelos denominados como R1, R2, R3 y R4 con las siguientes coordenadas UTM WGS-84:18648

Código de reptación	Coordenadas		
	Norte	Este	Cota
R1	8418788	684440	3405
R2	8418695	684529	

R3	8418648	684272	
R4	8418680	684424	

La reptación **R1**, es la más representativa. Tiene un área de 10,650.50 m<sup>2</sup>, con una longitud de 170 m; ubicado al noreste del anexo Jayo, específicamente a 300 m de la población (figura 13).

El evento afectó cultivos de papa y maíz (figura 14); así como, un tramo de 2 m de canal de regadío, el cual no presenta revestimiento.



**Figura 13.** Vista donde se observa reptación de suelos, (R1 y R2) que afecta cultivos, es importante mencionar que en el sector se observó manantes de agua subterráneas (puntos de color azul), las cuales discurren por gravedad en dirección hacia al sur. Fotografía ubicada entre las coordenadas UTM 8418679 N, 684422 E, con una altitud de 3410 m s. n. m.



**Figura 14.** Vista al sur este donde se observa reptación de suelos (R3), la misma que afecta un camino de herradura (delimitada con una línea separada de color azul).

Así mismo en este sector se observó la presencia de irregularidades en el terreno, generando saltos entre 0.10 a 0.30 cm, con longitudes de hasta 25 m (figura 15)



**Figura 15.** Se observa saltos de 0.10 a 0.30 cm con dirección sureste, delimitadas con líneas de color rosado.

#### **3.4.1. Características visuales del evento**

La reptación de suelos, presenta las siguientes características y dimensiones:

- Actividad reciente
- Ladera suave/avance cara libre a quebrada.
- Desgarre de cobertura.
- Saltos y discontinuidades pequeñas en la ladera.
- Saturación y remoción de suelo superficial (fotografía 3)
- Zonas involucradas (cultivos y pastizales)



**Fotografía 3.** Vista donde se observa emanación de aguas subterránea. Fotografía ubicada entre las coordenadas UTM8418669 N, 684455 E con una altitud de 3404 m s.n.m

#### **3.4.2. Factores condicionantes**

- **PENDIENTE:** El área de estudio definida por montañas y vertientes de pendiente moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°), es en estas pendientes donde se produce la ocurrencia de reptaciones.
- **GEOMORFOLOGIA:** la cartografía del área de estudio es representada geomorfológicamente como unidades de vertiente coluvio - deluvial, producto de la denudación y transporte de sedimentos. La unidad de montañas en roca sedimentaria, se observa en la parte alta del área de estudio.
- **LITOLOGIA:** en el área de estudio las rocas son sedimentarias cretácicas de la Formación Murco (Ki-mu) y Huancapi (Ki-hu), así como depósitos coluvio deluviales que cubren parte de estas formaciones dando lugar a movimientos en masa de tipo reptación y hundimiento; estos depósitos están conformados por bloques de areniscas, limoarcillitas y cuarcitas, acompañadas de matriz arcillo-limosa.

### 3.4.3. Factores detonantes o desencadenantes

- **PRECIPITACIONES:** Lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de noviembre y marzo  
La infiltración de aguas subterránea y superficial a lo largo, las mismas que pueden desencadenar reptaciones, deslizamiento, después de un periodo lluvioso.
- **SISMOS:** La presencia de sismos de gran magnitud, desencadenan movimientos en masa.
- **AGUA SUBTERRÁNEA:** La presencia de ojos de agua en los cuerpos de las reptaciones mencionada, generando permanente infiltración de agua.

### 3.4.4. Factores antrópicos

- **ANTRÓPICA:** Los canales usados para el regadío de los terrenos de cultivo, distribuidos a lo largo del área de estudio, las cuales no cuentan con revestimiento (fotografía 4).



**Fotografía 4.** Se observa canales de regadío sin revestimiento, tienen un ancho de 0.35 cm, con profundidades varias de 0.25 a 0.30 cm. La misma que se encuentra en las coordenadas UTM 8418700N, 684524 E, con una altitud de 3392 m s.n.m.

### 3.4.5. Daños por peligros geológicos

El evento, generó los siguientes daños:

- a) Afectó un tramo de 2 m del canal de riego, ubicada en las coordenadas UTM 8418679 N, 684422 E, con una altitud de 3410 m s.n.m. Además, si el evento continuara podría afectar a 11 viviendas que se encuentran a 200 m al sureste.

### 3.5. Hundimiento en el anexo de Jayo

El anexo Jayo presenta un relieve suave a ondulado, con presencia de dolinas, formas típicas en las zonas de karts donde se han presentado hundimientos:

Las dolinas suelen ser encontradas en aquellas regiones en las cuales las rocas se encuentran compuestas por caliza y arcilla en variadas proporciones de las mismas, aunque, también es posible hallarlas en las zonas calcáreas, pero en menor medida.

El proceso de formación de la dolina consiste en lo siguiente: el anhídrido carbónico que existe en la atmósfera se combina con el agua de la lluvia y conforma el ácido carbónico, el cual procederá a atacar al carbonato cálcico de las calizas y las arcillas y finalmente lo transformará en bicarbonato cálcico, que sí será soluble en el agua, por tanto, la arcilla quedará libre y se depositará en las zonas más bajas del relieve conformando las llamadas dolinas o depresiones. En la figura 16 se puede observar la formación de dolinas.

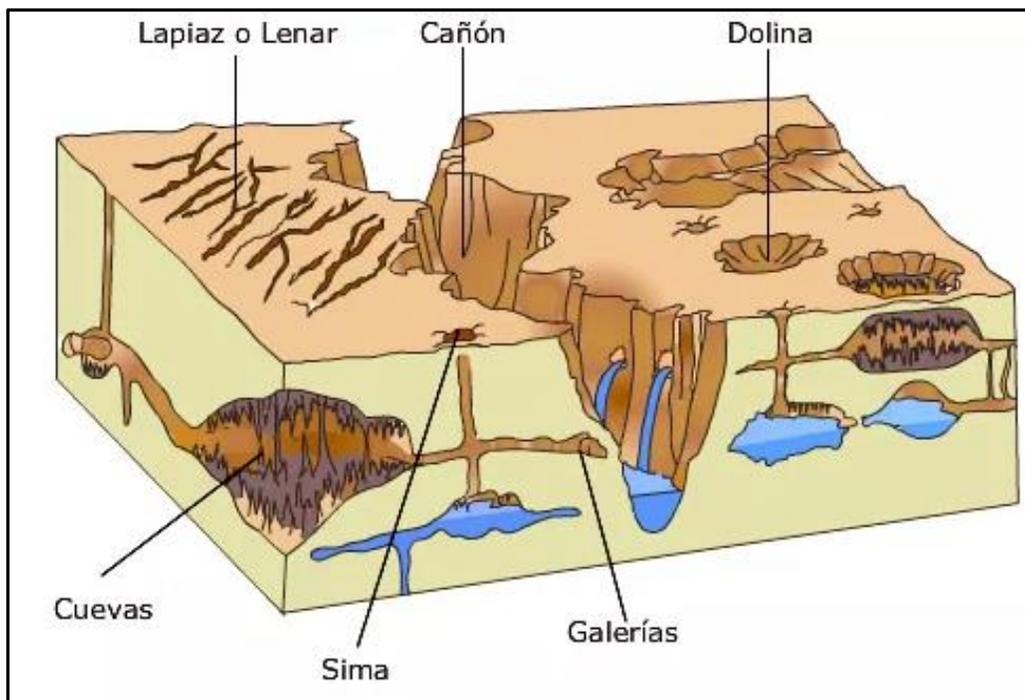


Figura 16. Esquema grafico de la formación de las dolinas

En el área del anexo Jayo el problema importante es el relacionado con los hundimientos del terreno, proceso generado por la disolución del sulfato de calcio (yeso), a través de la infiltración de agua proveniente de la lluvia, mala técnicas de riego y ojos de agua (aguas subterráneas). En el sector se identificó dos procesos, los cuales se desarrollan a continuación:

Código de hundimiento	Estado	Norte	Este	Cota
H1	Reciente	8418912	684476	3444
H2	Antiguo	8418916	684476	

Según información de los pobladores, el hundimiento (**H1**), se generó el 15 de octubre del 2020. Este tiene un diámetro de 2.8 m, con profundidad de 2 m. El suelo es limo-arcilloso con presencia de humedad, los cuales son utilizados para el pastoreo de animales (figura 17).

Es importante mencionar que próximo a este hundimiento se puede visualizar pequeñas deformaciones en el suelo, lo cual podría indicar la formación de nuevos eventos, los mismos que tienen medidas de 0.30 cm con profundidades máximas de 0.08 cm.



**Figura 17.** Personal de Ingemmet ingresando, para verificar el tipo de material (limo-arcilloso). El diámetro del hundimiento H1 es de 2.8 m. Estos terrenos son utilizados para el pastoreo de animales.

El hundimiento (H2), es un evento que se generó a mediados del año 2017. Tiene un diámetro de 2.2 m y una profundidad de 1.5 m. Los pobladores indicaron que, debido a estos procesos, cayó un animal, y a consecuencia de esto, se optó por rellenar el agujero con material de la zona (figura 18)



**Figura 18.** Vista de la dolina antigua, donde se observa que está a sido rellenada.

### 3.5.1. Características visuales del evento

Las dolinas, presenta las siguientes características y dimensiones:

- Diámetro de las dolinas: 28 m (H1) y 2.2 m (H2).
- Profundidad: 2 m(H) y 1.5m (H2).
- Desgarre de cobertura.
- Zonas involucradas (pastizales de pastoreo).
- Saturación y asentamiento de suelo superficial.



**Figura 190.** Se aprecia las dolinas identificadas; antigua (H2), generada en el 2017 y el reciente (H1) generada en octubre del 2020, cabe mencionar que los eventos se encuentran a 3.5 m de distancia.

### 3.5.2. Factores detonantes o desencadenantes

- **PRECIPITACIONES:** Lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de noviembre y marzo  
La infiltración deguas subterránea y superficial a lo largo, las mismas que pueden desencadenar reptaciones, deslizamiento, después de un periodo lluvioso.
- **SISMOS:** La presencia de sismos de gran magnitud, desencadenan movimientos en masa.
- **AGUA SUBTERRÁNEA:** La presencia de ojos de agua en los cuerpos de las reptaciones mencionada, generando permanente infiltración de agua.

### 3.5.3. Factores antrópicos

- ANTRÓPICA: Los canales sin revestimiento usados para el riego de los terrenos de cultivo, distribuidos a lo largo del área de estudio debido a la infiltración del agua saturan el subsuelo (fotografía 4).

### 3.5.4. Daños por peligros geológicos

El evento sucedido en los años 2017 y 2020, generó y puede generar los siguientes daños:

- Afectó terrenos de pastoreo.
- Podría generarse un incidente como la caída de algún poblador y/o animal en el área del hundimiento; como lo sucedido años atrás en el evento antiguo (H2).

### 3.6. Flujo de detritos (huaico)

Se identificó un flujo de detritos antiguo, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Jayo, donde asienta las viviendas del anexo Jayo, (Fotografía 5) ocurrido hace más de 30 años aproximadamente, su medida desde el ápice hasta el pie del flujo de 270 m, con ancho aproximado de 300 m, entre las coordenadas UTM 8418492 N, 684819 E. con una altitud de 3292 m s.n.m.



**Fotografía 5.** Visa donde se observa viviendas asentadas en un flujo antiguo.

#### 4. CONCLUSIONES

- 1) La comunidad campesina de Chuquina, es afectado por peligros geológicos (movimientos en masa), de tipo reptación de suelos, hundimientos y flujo de detritos (huaico), que afectan terrenos de pastoreo, cultivo y afectaría viviendas asentadas a 200 m aguas abajo.
- 2) Según el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa a escala regional, La comunidad campesina de Chuquina y sus alrededores, se ubica en una zona con grado de susceptibilidad moderada a alta a peligros geológicos por movimientos en masa.
- 3) Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio, está conformado por rocas sedimentarias de las formaciones Hualhuani, Murco y Arcurquina, compuestas por arenisca, areniscas y arcillas se sobreponen delgadas capas de calizas, se encuentra medianamente fracturadas (F3) con espaciamiento entre fracturas de 1 – 0.3 mm y altamente meteorizada (A4); así como, depósitos recientes Coluvio-deluviales no consolidados.
- 4) Geomorfológicamente el área de estudio, se encuentran representada por unidades de montañas en roca sedimentaria, reducido por procesos denudativos y erosionales originando geformas de piedemonte y planicies. Así mismo, el área presenta laderas con pendientes moderados a muy fuerte (15° a 45°).
- 5) Se considera como factor desencadenante las lluvias intensas registradas durante diciembre a marzo; así como, el factor antropogénico canales de riego sin revestir.
- 6) Por las condiciones geológicas y geomorfológicas, al sector se considera en peligro **Alto** a procesos geológicos de tipo reptación de suelos y hundimiento.

## 5. RECOMENDACIONES

### Para reptación de suelo:

- 1) Implementar un sistema de drenaje mediante canales impermeabilizados y evitar la filtración de aguas al subsuelo (anexo 3).
- 2) Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles deben contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. También, se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión (anexo 3).
- 3) Elaborar un estudio hidrogeológico de la zona, por profesionales con cocimiento y experiencia en el tema.

### Para hundimientos:

- 1) En la zona que presenta hundimientos, se debe señalar como advertencia y restringir el paso de personas y ganados, con el objetivo de salvaguardar sus vidas.
- 2) Prohibir la practica agrícola y el uso de sistema de riego por gravedad
- 3) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores del anexo Jayo en temas de peligros geológicos por movimientos en masa y gestión del riesgo de desastres, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de este tipo de eventos.



**Norma Luz Sosa Senticala**  
Especialista en peligros geológicos  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico



.....  
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Gutierrez, P. (1981). Geología Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomás. Hojas: 29-p, 29-q, y 29-r. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 96 p.

Lipa, V. & Zuloaga, A. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p) Escala 1:50 000. INGEMMET.

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 Meteorología e Hidrología (2010a) – Mapa de precipitación anual periodo lluvioso Set-May (en línea). (consulta: 26 mayo 2014). Disponible en <http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/Images/Atlas/SENAMHI/02precipitacion.jpg>

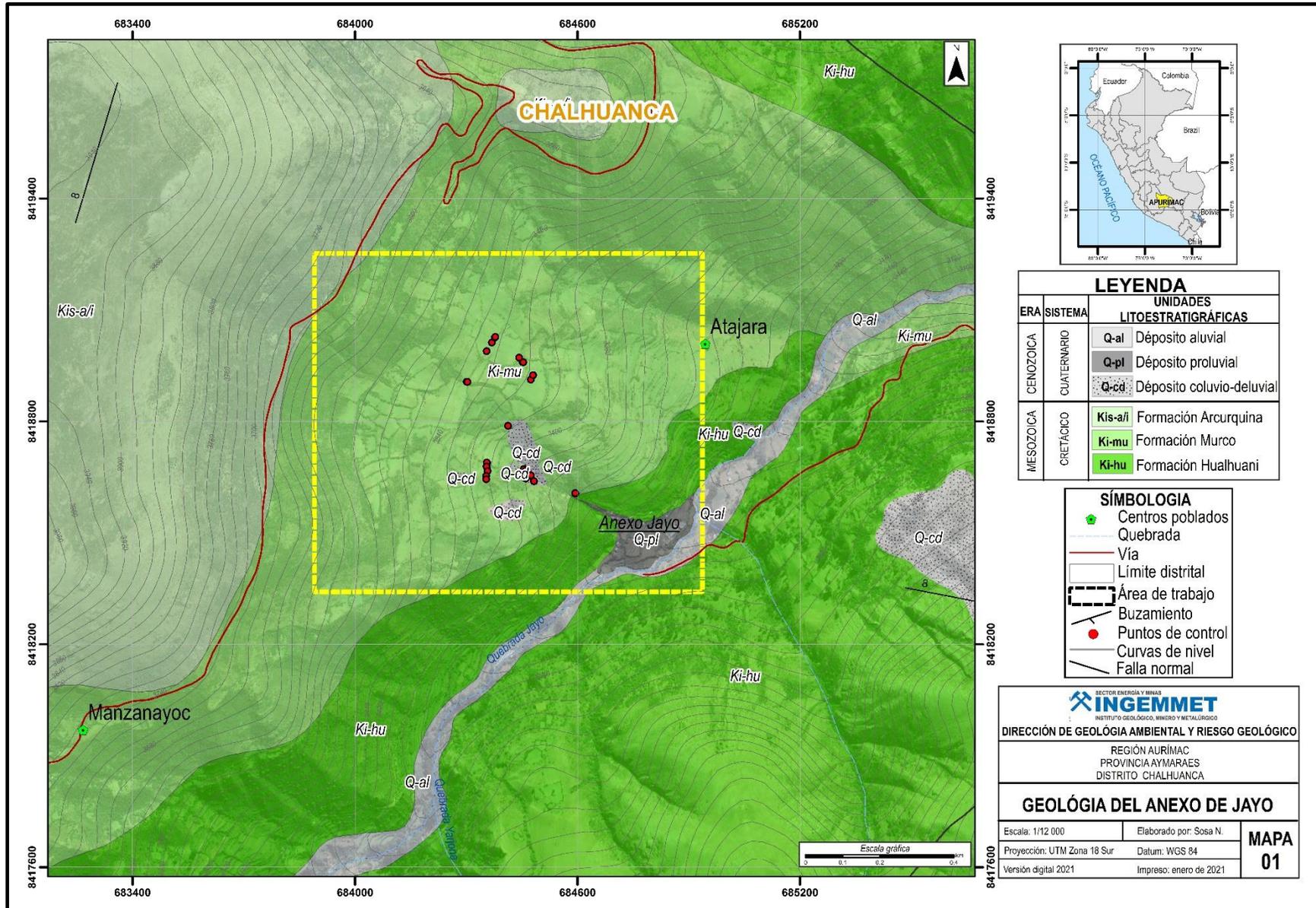
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010b) – Mapa de precipitación acumulada El Niño 1997-1998 (en línea). (consulta: 26 mayo Informe Técnico N° A7132 35 2014). Disponible en: [http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/Images/Atlas/SENAMHI/05\\_p\\_nino.jpg](http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/Images/Atlas/SENAMHI/05_p_nino.jpg)

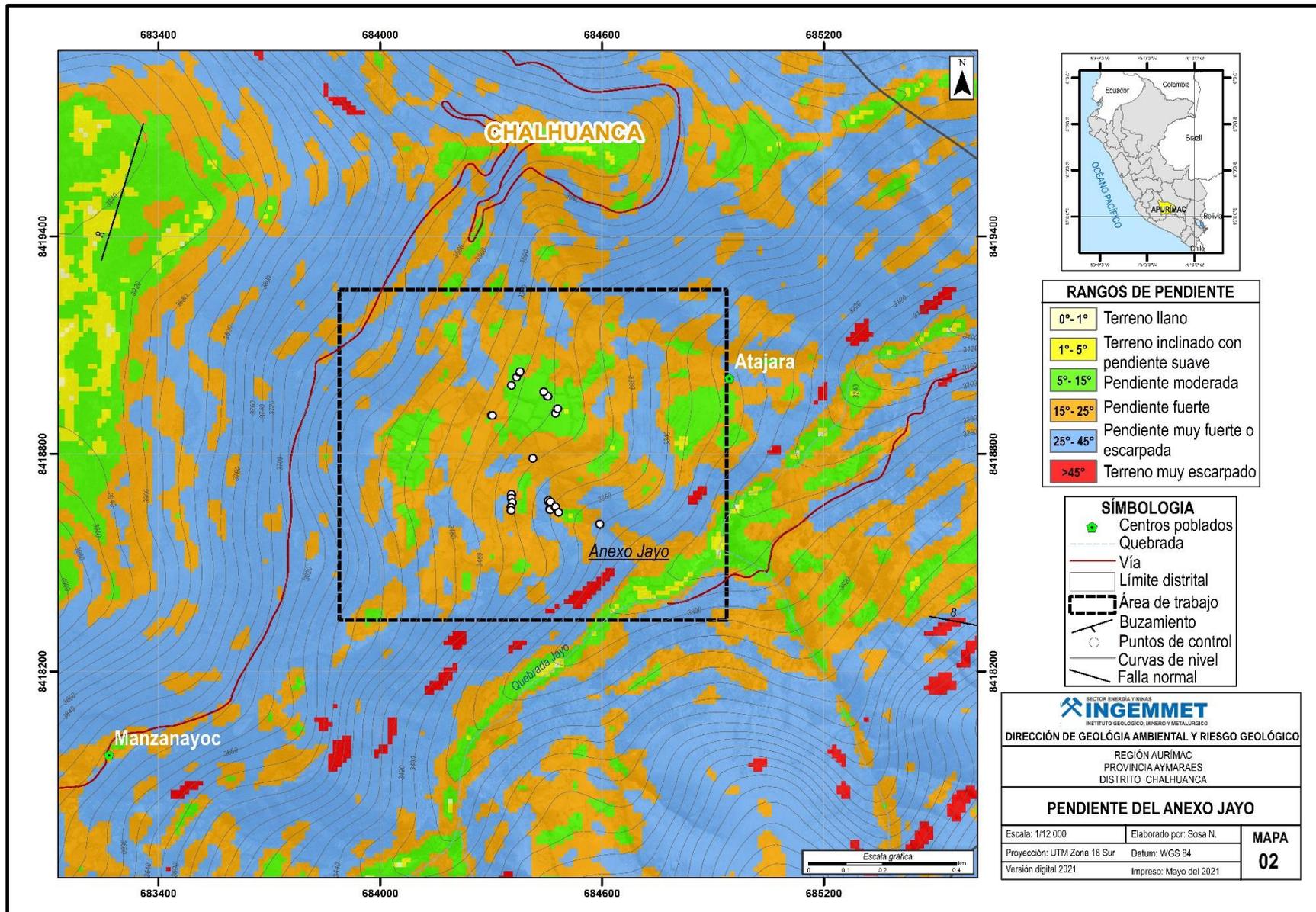
UNDRO(1979), Natural disaster and vulnerability analysisist. Informe de reunion del grupo de expertos. Ginebra, Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastres.

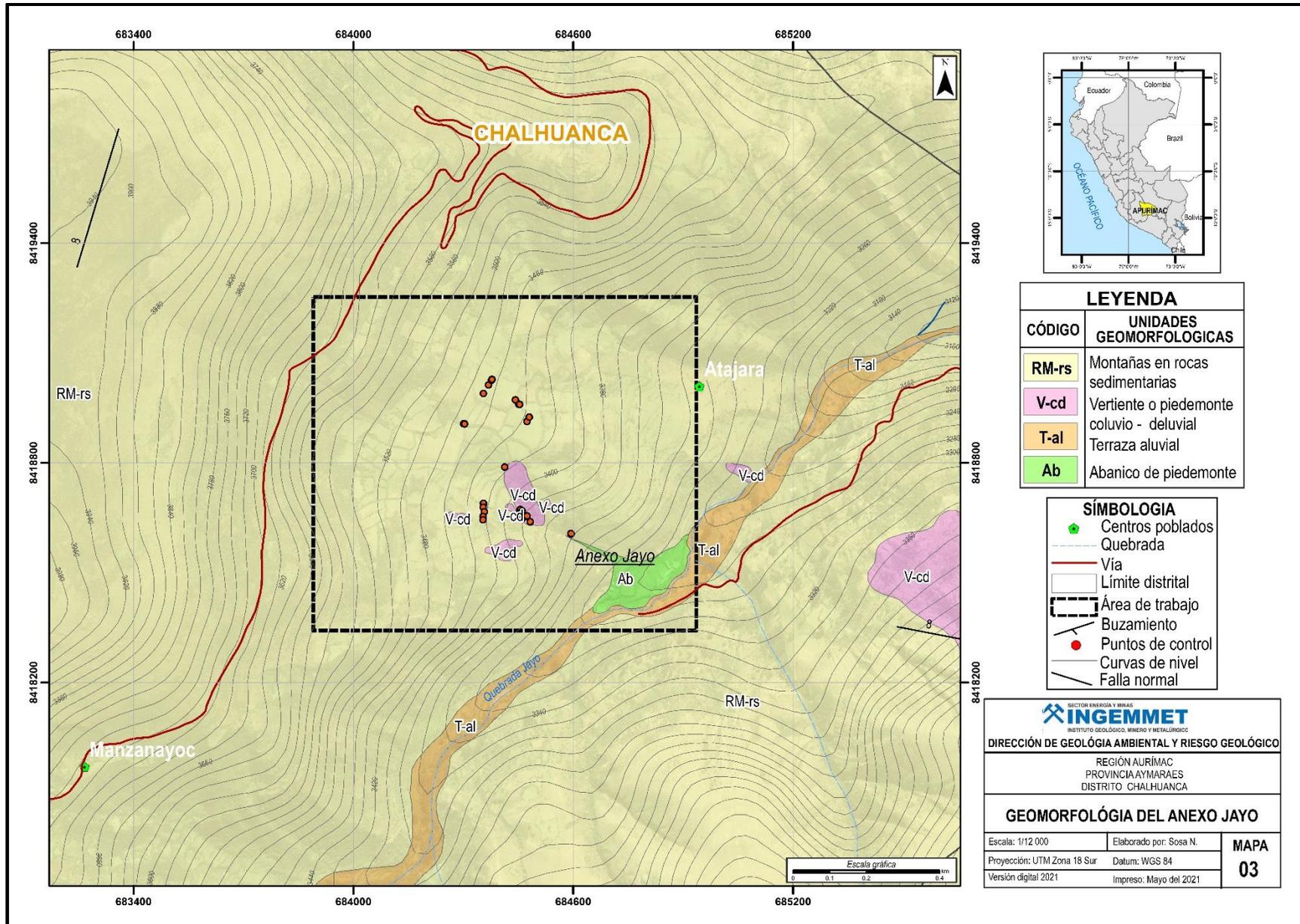
Villacorta S., Vasquez E., Madueño M. & Chumbes R. (2016) - Análisis de peligros geológicos en la región Apurímac: origen, características y tratamiento.

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

## **ANEXO 1: MAPAS**







LEYENDA	
CÓDIGO	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
RM-rs	Montañas en rocas sedimentarias
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial
T-al	Terraza aluvial
Ab	Abanico de piedemonte

SÍMBOLOGIA	
	Centros poblados
	Quebrada
	Via
	Límite distrital
	Área de trabajo
	Buzamiento
	Puntos de control
	Curvas de nivel
	Falla normal

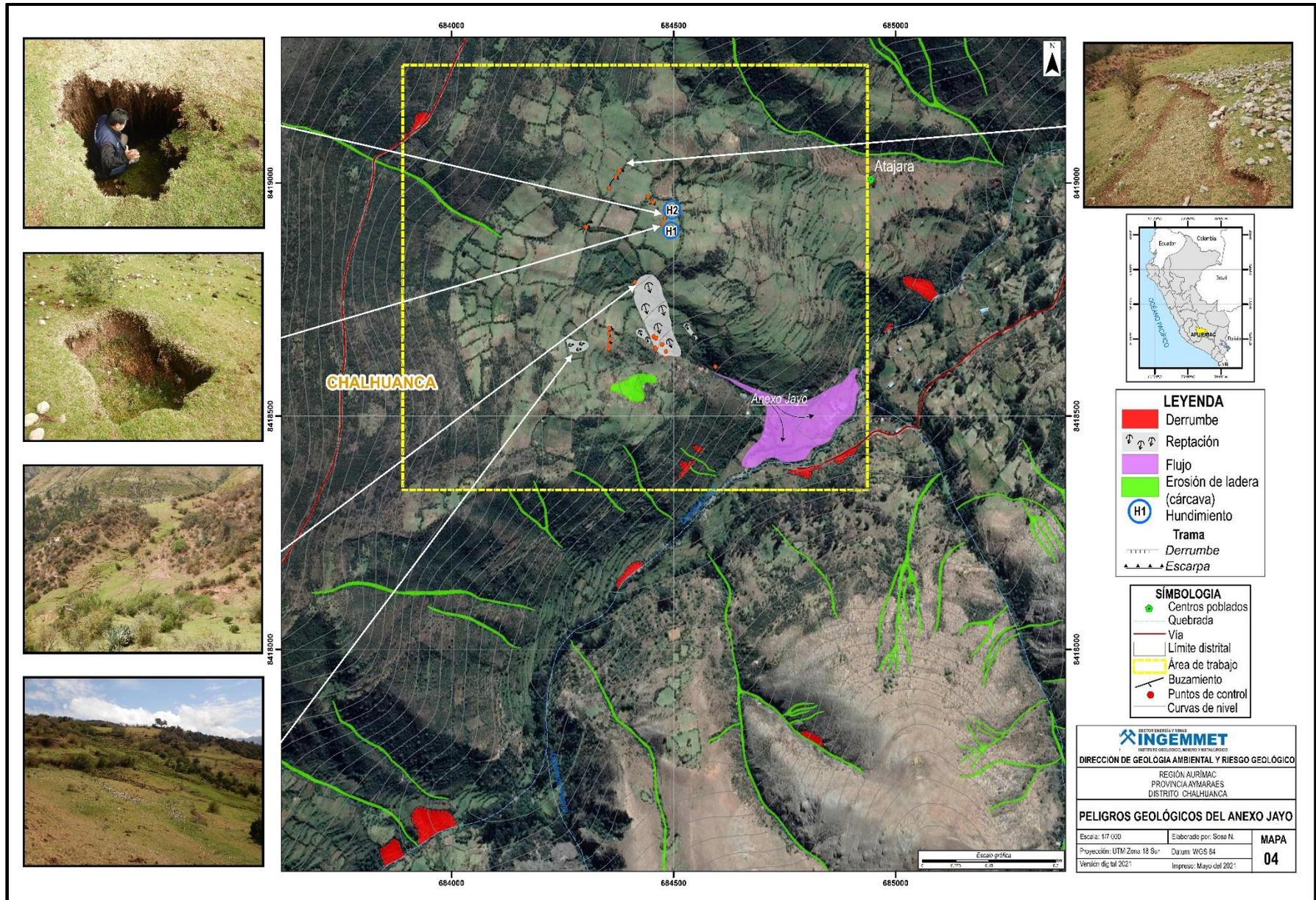
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

REGIÓN AURIMAC  
 PROVINCIA AYMARAEAS  
 DISTRITO CHALHUANCA

**GEOMORFOLOGÍA DEL ANEXO JAYO**

Escala: 1/12 000	Elaborado por: Sosa N.	<b>MAPA</b> <b>03</b>
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2021	Impreso: Mayo del 2021	



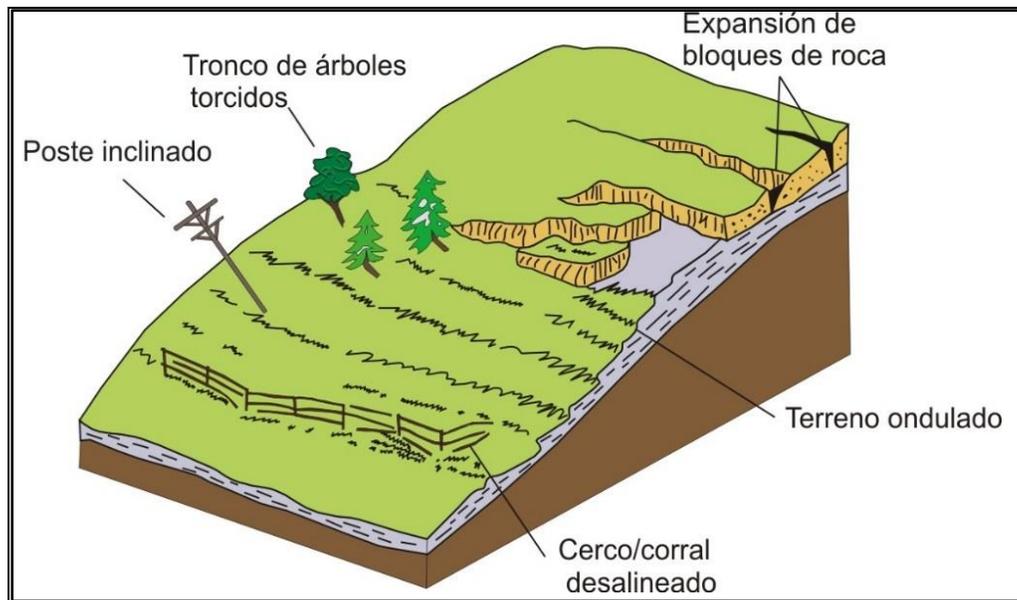
## **ANEXO 2: GLOSARIO**

**PELIGROS GEOLÓGICOS:** Son fenómenos que podrían ocasionar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.

**SUSCEPTIBILIDAD:** La 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.

**DOLINA:** Depresión geológica, característica de los relieves conocido como kársticos, una forma de relieve generada por la meteorización química de ciertas rocas conformadas por minerales solubles en el agua, tales como Caiza, dolomita, yeso, etc.

**REPTACIÓN:** Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional cuando se asocia a cambios climáticos, o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo. (figura 1)



**Figura 1.** Esquema de una ladera afectada por reptación de suelos.

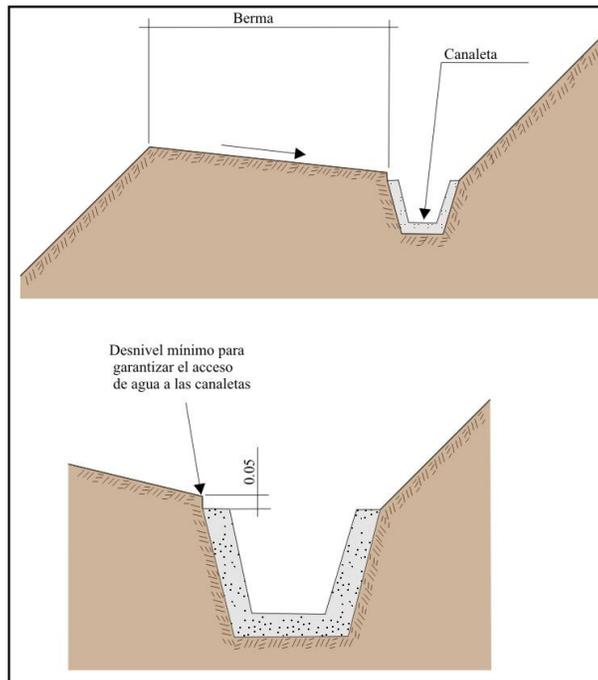
**EROSIÓN DE LADERA (Cárcava):** Zanja producto de la erosión que generalmente sigue la pendiente máxima del terreno y constituye un cauce natural en donde se concentra y corre el agua proveniente de las lluvias. El agua que corre por la cárcava arrastra gran cantidad de partículas del suelo.

**PELIGRO:** Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino de origen natural o inducido por la acción humana, se presenta en un lugar específico, con una cierta intensidad, en un periodo de tiempo y frecuencia definida

**PELIGRO GEOLOGICO:** Proceso natural que puede causar daños materiales o la pérdida de vidas, la interrupción de actividades sociales y económicas, así como también la degradación ambiental.

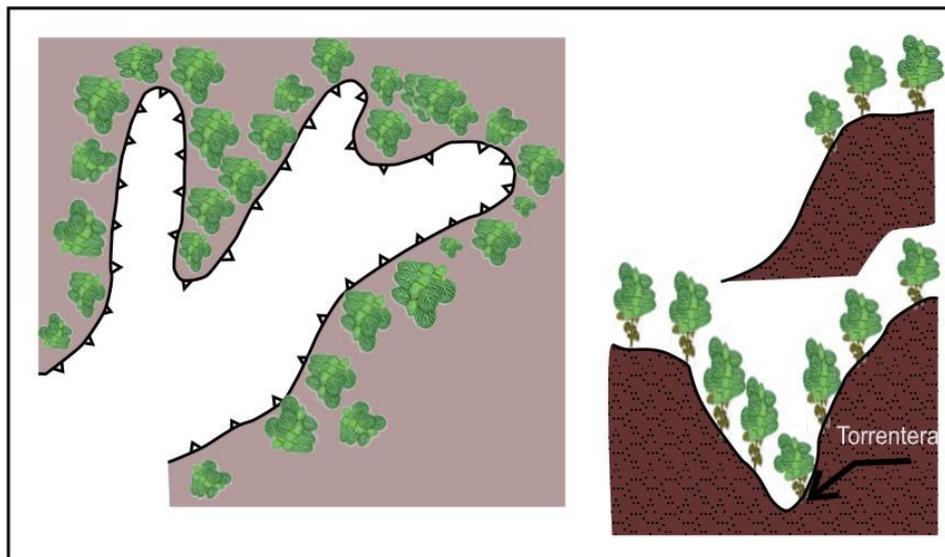
## **ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

**Drenaje superficial.** Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, para así evitar su infiltración (Figura 1).



**Figura 1.** Detalle de una canaleta de drenaje superficial (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000).

**Forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.** Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (Figura 2) asegura su estabilidad.



**Figura 2.** Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.