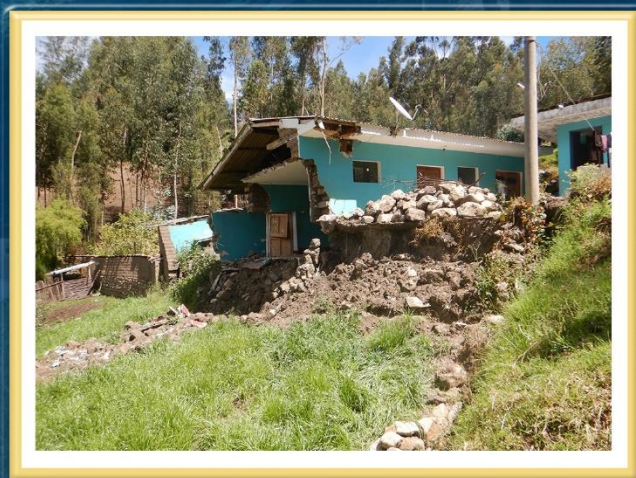


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7158

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE HUANTAY CENTRO POBLADO DE HUALCÁN

Región Áncash
Provincia Carhuaz
Distrito Carhuaz



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

Equipo de investigación:

Norma L. Sosa Senticala

Mauricio A. Núñez Peredo

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). “Evaluación de peligros geológicos en el sector de Huantay, Centro Poblado de Hualcán, distrito Carhuaz, provincia Carhuaz, región Ancash”. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, informe técnico N°7158, Ingemmet, 36 pág.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio.....	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales.....	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Accesibilidad.....	5
1.3.3. Clima e hidrografía	6
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
2.1. Unidades litoestratigráficas.....	8
2.1.1. Formación Chimu (Ki-chi).....	8
2.1.2. Formación Santa (Ki-sa).....	8
2.1.3. Formación Carhuaz (Ki-ca).....	8
2.1.4. Depósitos Cuaternarios	10
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	12
3.1. Pendientes del terreno.....	12
3.2. Unidades geomorfológicas.....	14
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	14
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	15
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	19
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	19
4.2. Deslizamiento en el sector de Huantay del centro poblado de Hualcán	19
4.2.1. Características visuales del evento	20
4.2.2. Factores condicionantes.....	26
4.2.3. Factores detonantes o desencadenantes.....	26
4.2.4. Daños por peligros geológicos	26
6. RECOMENDACIONES	30
7. BIBLIOGRAFÍA	31
ANEXO 1: GLOSARIO	32
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	34

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el sector de Huantay, Centro Poblado de Hualcán que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Carhuaz, provincia de Carhuaz, región Ancash. 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 la zona evaluada corresponden a rocas de origen sedimentario de la Formación Carhuaz, compuestas por areniscas de grano fino, con abundantes intercalaciones de limoarcillitas, muy fracturadas y altamente meteorizadas. Los movimientos en masa identificados en la zona, se desarrollaron principalmente sobre esta formación geológica.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico degradacional y erosional (montañas en rocas 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 (vertiente coluvio-deluvial y terrazas aluviales). Se considera que el principal factor condicionante que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa es la pendiente del terreno que va de moderada (5° - 15°) a fuerte (15° - 25°).

El proceso identificado en el sector de Huantay corresponde al denominado movimiento en masa de tipo deslizamiento rotacional, evento que presenta una actividad geodinámica reciente. Este proceso destruyó parte de una vivienda, afectó a otra, así como áreas de cultivo que se ubican entre las dos viviendas. Así mismo, podría afectar postes de tendido eléctrico.

Por las condiciones geológicas y geodinámicas, mencionadas anteriormente, al sector de Huantay se considera como **peligro alto**, a la ocurrencia de deslizamiento, y como **zona crítica**.

El deslizamiento puede ser detonado por lluvias intensas, debido a las filtraciones de agua al subsuelo o por movimientos sísmicos.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones que se consideran importante que las autoridades competentes pongan en práctica, cómo es la reubicación de dos viviendas, revestimiento del canal de regadío y el uso de un sistema de riego tecnificado por parte de los agricultores y sus organizaciones. Estas recomendaciones se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias y los daños que pueden ocasionar los procesos identificados.

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 Carhuaz, según Oficio N° 070-2021-MPC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación del evento de tipo deslizamiento ocurrido el día miércoles, 27 de enero de 2021 que afectó dos viviendas y terrenos de cultivo, en el sector de Huantay.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a la ingeniera Norma Sosa Senticala y el geol. Mauricio Núñez Peredo, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el sector previamente mencionado y la cual se realizó durante los días 25 y 26 de febrero del presente año en coordinación con representantes del Departamento de Gestión de Riesgos de Desastres de la Municipalidad Provincial de Carhuaz.

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 Carhuaz 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 los peligros geológicos que se presentan en el sector de Huantay, eventos que comprometen la seguridad física de la población, vías de comunicación y sus medios de vida en la zona de influencia de los eventos.
- 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) Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos geológicos en la región Ancash” (Zavala *et al.*, 2009). Este contiene el inventario de peligros geológicos en la región Áncash, en el cual se registra un total de 2129 ocurrencias. Así mismo, de acuerdo al mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, se evidencia que el sector de Huantay se encuentra principalmente en **zonas de susceptibilidad Moderada** (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 Carhuaz (19-h) Escala 1: 100 000 (De la Cruz & Chacaltana, 2003). Este estudio fue realizado dentro del Proyecto de Revisión y Actualización de la Carta Geológica Nacional, el cual contempla la descripción actualizada de la geología de la zona de estudio, que corresponde rocas sedimentarias de la Formación Carhuaz del Grupo Goyllarisquiza.
- C) Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (Wilson, J. 1995). En este boletín se describen las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona de estudio y alrededores; así como la dirección de estructuras principales e interpretaciones geológicas.

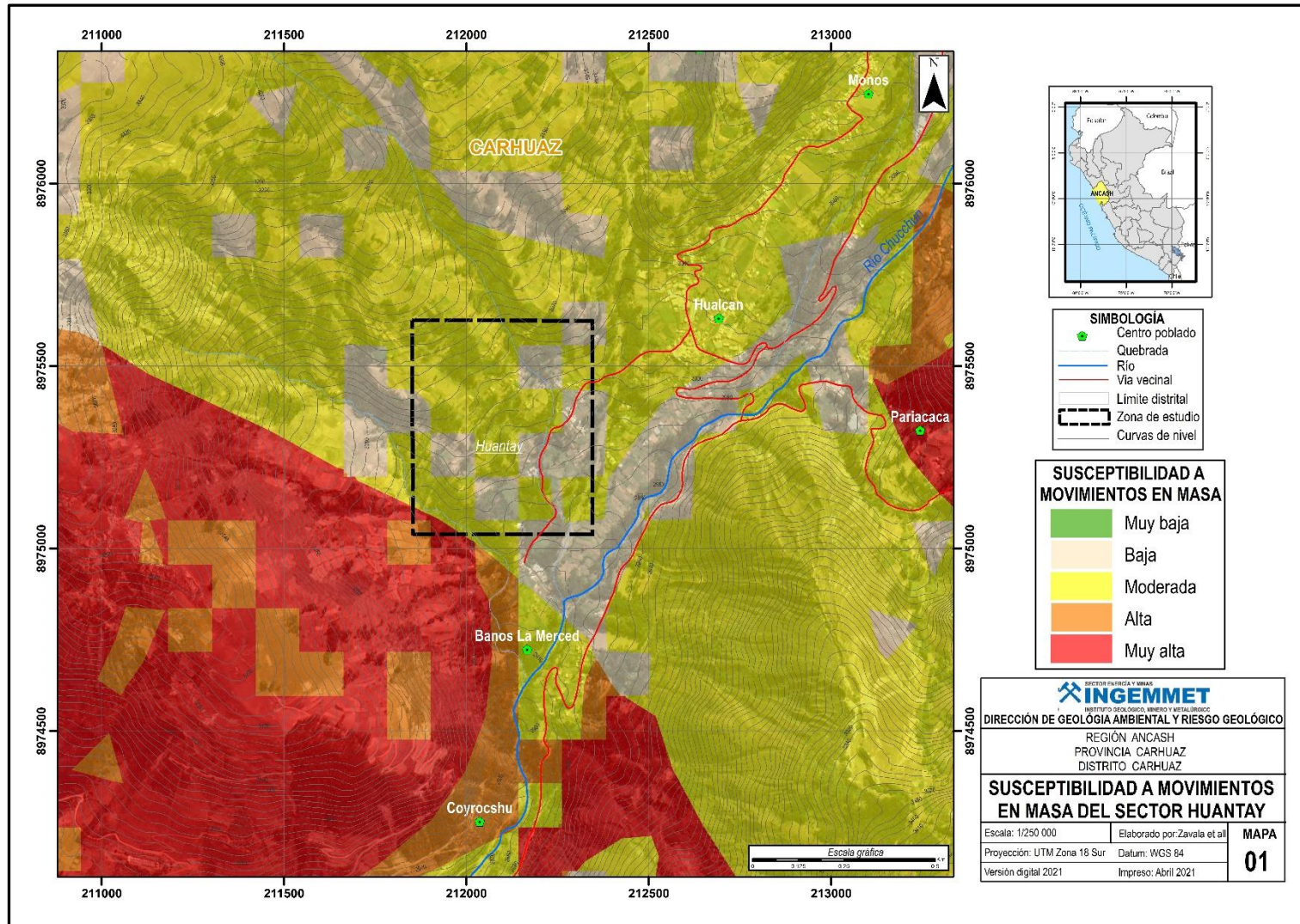


Figura 1: Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del sector de Huantay y alrededores (Fuente: Zavala *et al.*, 2009).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector de Huantay, políticamente pertenece al Centro Poblado de Hualcán, distrito y provincia de Carhuaz, región Ancash (figura 2), se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 19L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	212349.84	8975625.84	-9.25	-77.61
2	212349.84	8975033.17	-9.26	-77.61
3	211851.66	8975033.17	-9.26	-77.63
4	211851.66	8975625.84	-9.25	-77.63
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	212167.17	8975237.16	-9.26	-77.62

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la población censada del sector de Huantay es de 13 habitantes, de los cuales 4 son hombres y 9 mujeres. Así mismo, cuenta con 3 viviendas particulares.

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 – Barranca	Asfaltada	208	3 horas 30 min
Barranca - Huaraz	Asfaltada	217	4 horas 30 min
Huaraz – Carhuaz	Asfaltada	33.5	47 min
Carhuaz – Huantay	Asfaltada/Afirmada	6.7	18 min

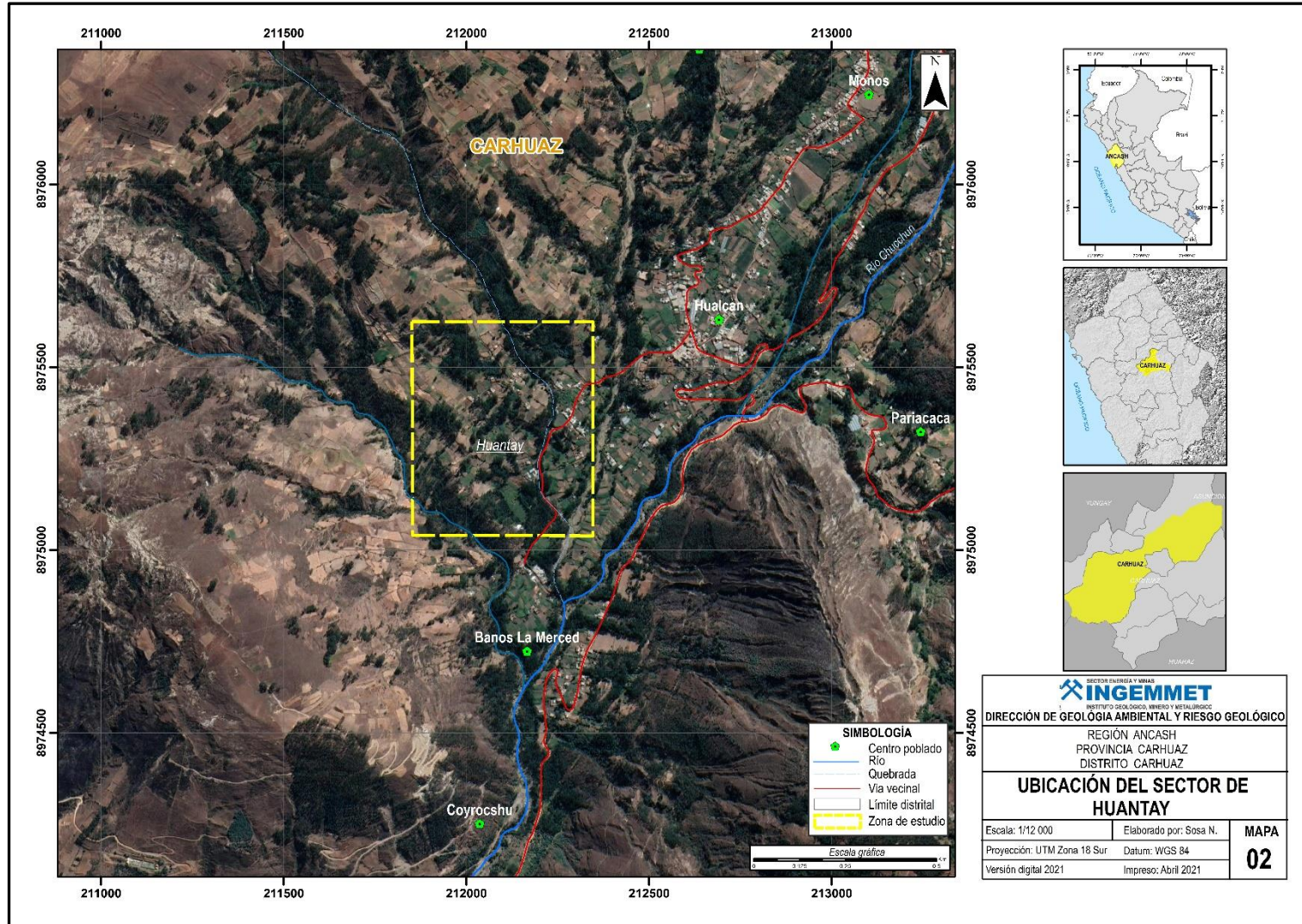


Figura 2. Mapa de ubicación del sector de Huantay. (Fuente: Elaboración propia).

1.3.3. Clima e hidrografía

El clima en el distrito de Carhuaz es muy variado, caracterizado especialmente por tener un clima templado y seco en el día y tornándose frío en las noches.

Por otro lado, y de forma más específica, según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2010), el sector de Huantay y alrededores está influenciada por un clima semicálido-semiseco, caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa del 65% a 84%, calificada como húmeda.

La precipitación pluvial es variable y está vinculada estrechamente a la altitud. La precipitación acumulada anual es de 2371 mm. Así mismo, las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, siendo el mes de julio, el más seco con 80 mm de lluvia y el mes de marzo, alcanza su pico, con un promedio de 303 mm (figura 3). La temperatura media anual se encuentra en 9.3°C (Fuente: Climate-Data.org).

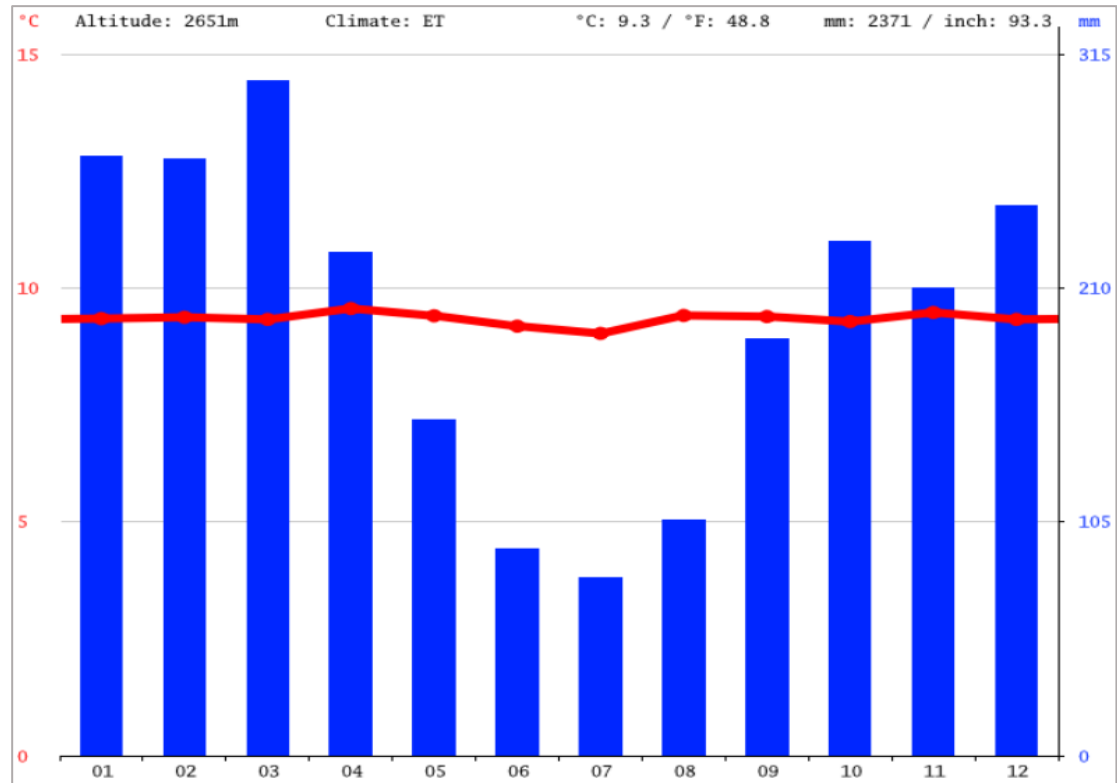


Figura 3. Precipitación acumulada anual, distribuidas a lo largo del año para el distrito de Carhuaz. **Fuente:** Climate-Data.org.

La red hidrográfica en la zona evaluada, tiene como curso principal el río Santa formada por la unión de las quebradas Chucchun, Upecoto, Ulta, Tingua Urán, Tacshacun, Santo Toribio entre otros.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Carhuaz, 19h-II, escala 1:50,000 (Navarro et al, 2010), así como la información contenida en el Boletín N° 60: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (Wilson et al, 1995) y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h) Escala 1: 100 000” (De la Cruz, & Chacaltana, 2003); publicados por Ingemmet.

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 Santa y Carhuaz del Grupo Goyllarisquiszga, así como depósitos recientes coluviales y aluviales.

2.1.1. Formación Chimu (Ki-chi)

Esta unidad está conformada por centenares de metros de cuarcitas, areniscas y arcillitas, sobreyace a la Formación Oyón e infrayace a la Formación Santa, con ligera discordancia. Esencialmente comprende dos miembros, el miembro inferior, consiste de cuarcitas y areniscas con intercalaciones de arcillitas, con presencia de mantos de carbón; el miembro superior, está compuesto de capas macizas de cuarcitas blancas-grisáceas, con escasas capas de arcillitas.

2.1.2. Formación Santa (Ki-sa)

Según De la Cruz y Chacaltana (2003), esta unidad está constituida por calizas y arcillitas calcáreas que sobreyacen a la Formación Chimú e infrayacen a la Formación Carhuaz. Litológicamente consiste de limoarcillitas color gris oscuro a marrones por meteorización y calizas oolíticas arenosas en capas medianas a gruesas.

2.1.3. Formación Carhuaz (Ki-ca)

La Formación Carhuaz consiste de arenisca de gano fino color gris dispuestas en capas delgadas con abundantes intercalaciones de limoarcillitas de color beige a gris oscuras que yacen discordante encima de la Formación Santa.

Estas rocas se encuentran muy fracturadas, con espaciamentos muy próximas entre si (0.05 a 0.30 m) y aberturas algo abiertas (0.1-1.0 mm), lo que permitiría la filtración de agua proveniente de las lluvias y canales de regadío (figura 4). Además, estas rocas se encuentran altamente meteorizadas, es decir más de 50% esta desintegrada a suelo, (fotografía 1).



Figura 4: Afloramiento de limoarcillitas de color beige de la Formación Carhuaz, en el sector Huantay. Estas rocas se encuentran muy fracturada, con espaciamentos muy próximos entre sí y aberturas milimétricas.



Fotografía 1. Limoarcillitas de color gris oscuro altamente meteorizadas de la Formación Carhuaz, con más del 50% desintegrada a suelo.

2.1.4. Depósitos cuaternarios

Depósitos coluviales (Q-co):

Son aquellos depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas, como material del escombro constituido por fragmentos rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea. Los depósitos de esta unidad carecen de relleno, son sueltos sin cohesión, conformando taludes de reposo poco estables (figura 5).



Figura 5. Depósitos coluvio deluvial formado por fragmentos de roca angulosos de tamaño variable envueltos en una matriz limoarcilloso.

Depósito aluvial (Q-al):

Conformados por depósitos de gravas y arenas redondeados a subredondeados; transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales; son de edad Cuaternario.

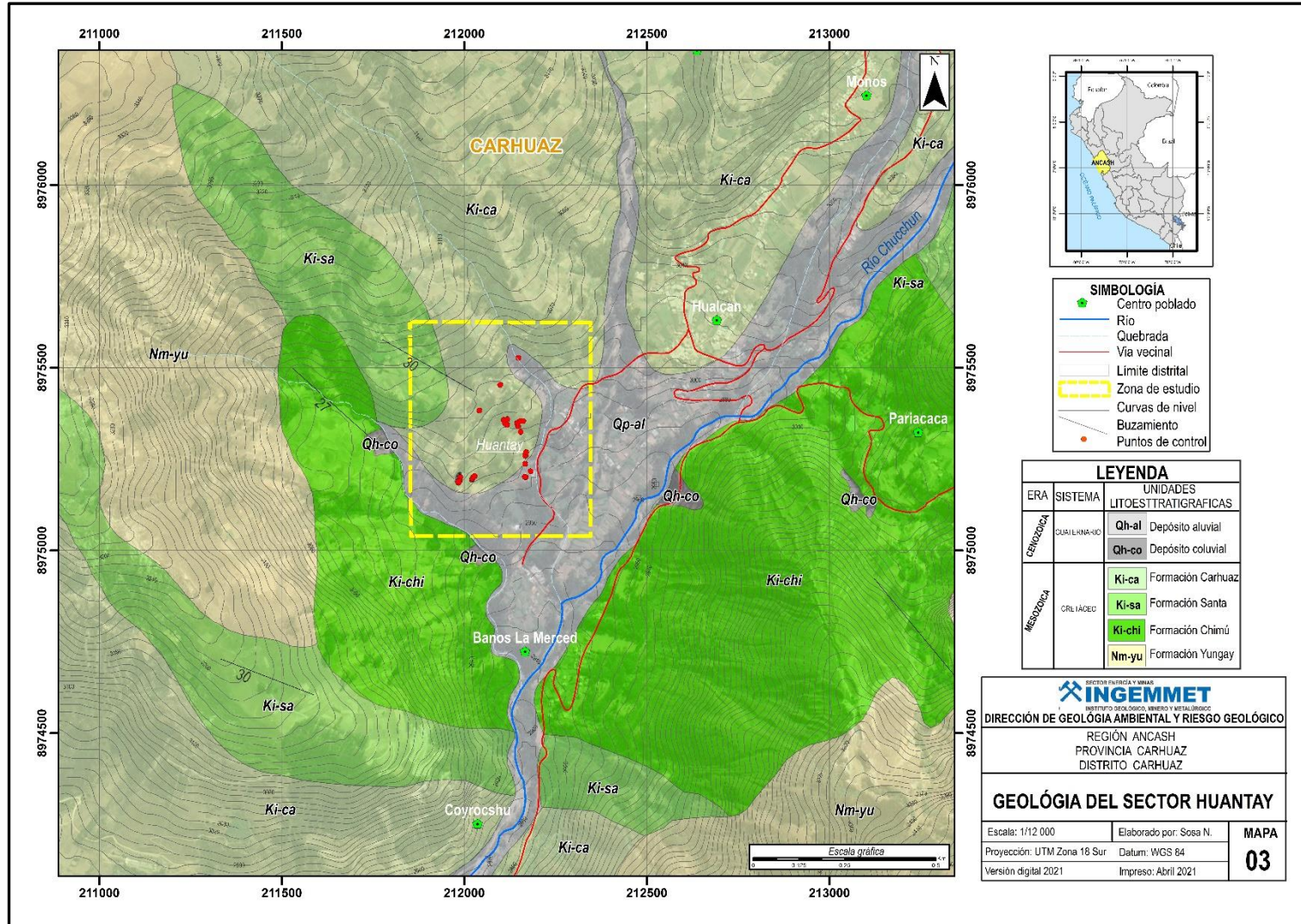


Figura 6. Mapa geológico del sector de Huantay y alrededores. Modificado de Navarro et al, 2010.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

En la figura 7, 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 la conformación de terrenos llanos (0°-1°), que pasan de inclinación suave (1°-5°) a pendiente moderada (5°-15°), conformando una amplia depresión de dirección norte sur, originada por la erosión fluvial y la actividad geodinámica; así mismo se observa un cambio abrupto a terrenos de pendientes fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25°-45°) hasta llegar a terrenos muy escarpados (>45°), los cuales corresponde laderas de montañas, resultantes de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre.

La pendiente del sector evaluado se encuentra en una ladera cuyo rango de pendiente varía entre moderada (5°-15°) a fuerte (15°-25°). Este rango de pendiente es el resultado de la 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
0°-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. En este rango se generó el deslizamiento.
15°a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen principalmente en los bordes de abanicos aluviales, conos, piedemontes proluviales-aluviales y planicies.
25°a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de colinas y montañas sedimentarias, ubicadas al noroeste del poblado de Huantay, 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 a la quebrada sin nombre.

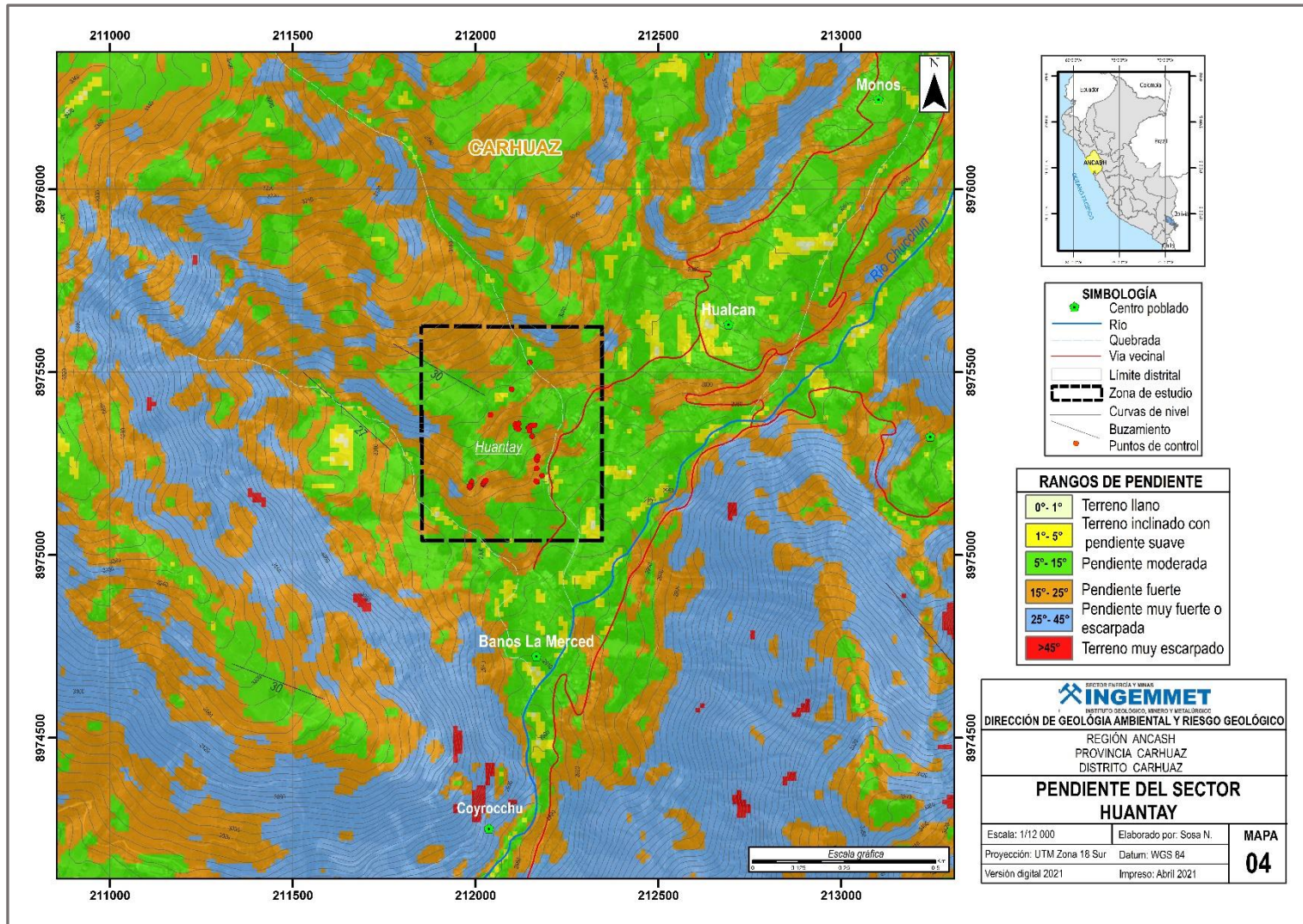


Figura 7. Pendientes del sector de Huantay y alrededores. (Elaboración propia).

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, 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

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005). Así en el área evaluada se tienen:

3.2.1.1. Unidad de montañas

Tienen 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.

Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs): Estas montañas 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.

La zona evaluada corresponde a montañas en afloramientos de rocas sedimentarias de tipo limoarcillitas de color gris a pardo de la Formación Carhuaz (figura 8). Se puede asociar geodinámicamente a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamientos, movimientos complejos, reptación de suelo y flujos de detritos.



Figura 8. Vista con dirección al noroeste donde se observa montañas en roca sedimentaria (RM-rs), conformada por la Formación Carhuaz.

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

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arena, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos pueden ocupar grandes extensiones. Se identificó la siguiente subunidad:

a) Subunidad de vertiente 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 9).

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 9. Vista con dirección al oeste. Donde se observa vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd), esta se encuentra en las coordenadas 8975227 N, 211561 E, con una altitud de 3014 m s.n.m.

b) Subunidad de Terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno que se encuentren dispuestas a los costados de las llanuras de inundaciones o del lecho principal del río Chucchun, a mayor altura, presentan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectadas por las corrientes como consecuencia de profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas (figura 10).

c) Subunidad de Abanico aluvial (A-al)

Depósitos dejados por corrientes fluviales cuando disminuyen la pendiente y la capacidad de carga de sedimentos. Generalmente tienen forma cónica o de abanico. Un lugar favorable para su formación son los piedemontes (figura 11), conformado por sedimentos que han sido arrastrados por el agua de ríos generalmente de alto caudal y depositados en una zona más plana y de menor caudal.

d) Cauce del río (Río)

Dentro de esta unidad se reúne los cuerpos de agua natural (ríos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo, así también se consideran dentro de esta unidad las terrazas aluviales que se encuentran próximos a estos cauces.



Figura 10. Vista al sureste del centro poblado de Hualcán, donde se observa terrazas aluviales en ambas márgenes del río Chucchun, así como las montañas de rocas sedimentarias.

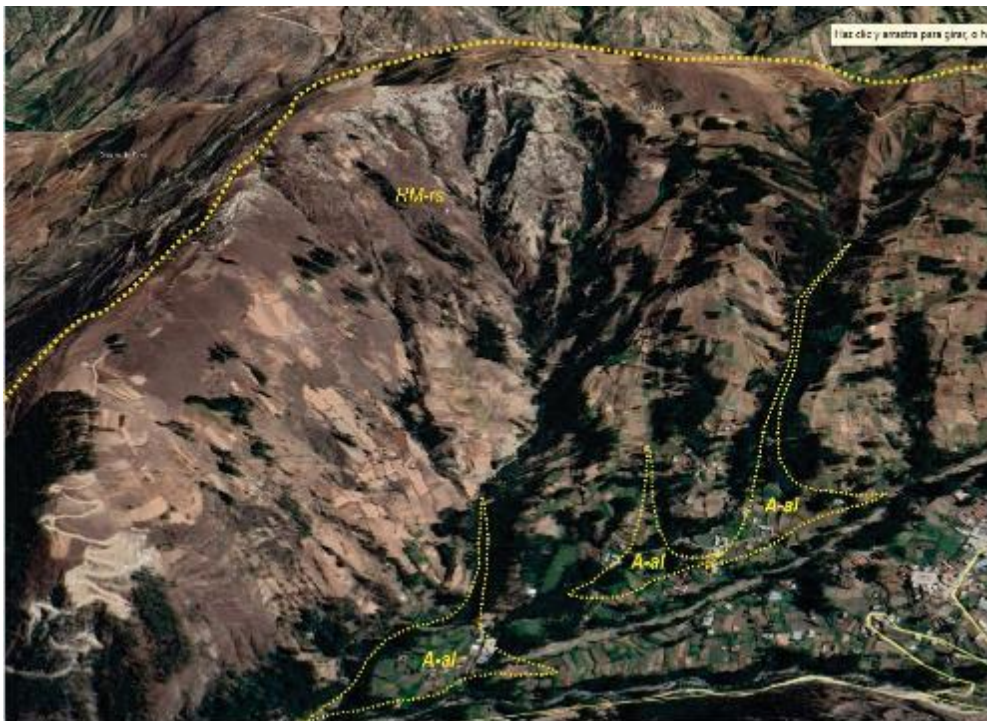


Figura 11. Vista donde se observa abanicos aluviales, con dirección noreste del poblado de Hualcán.

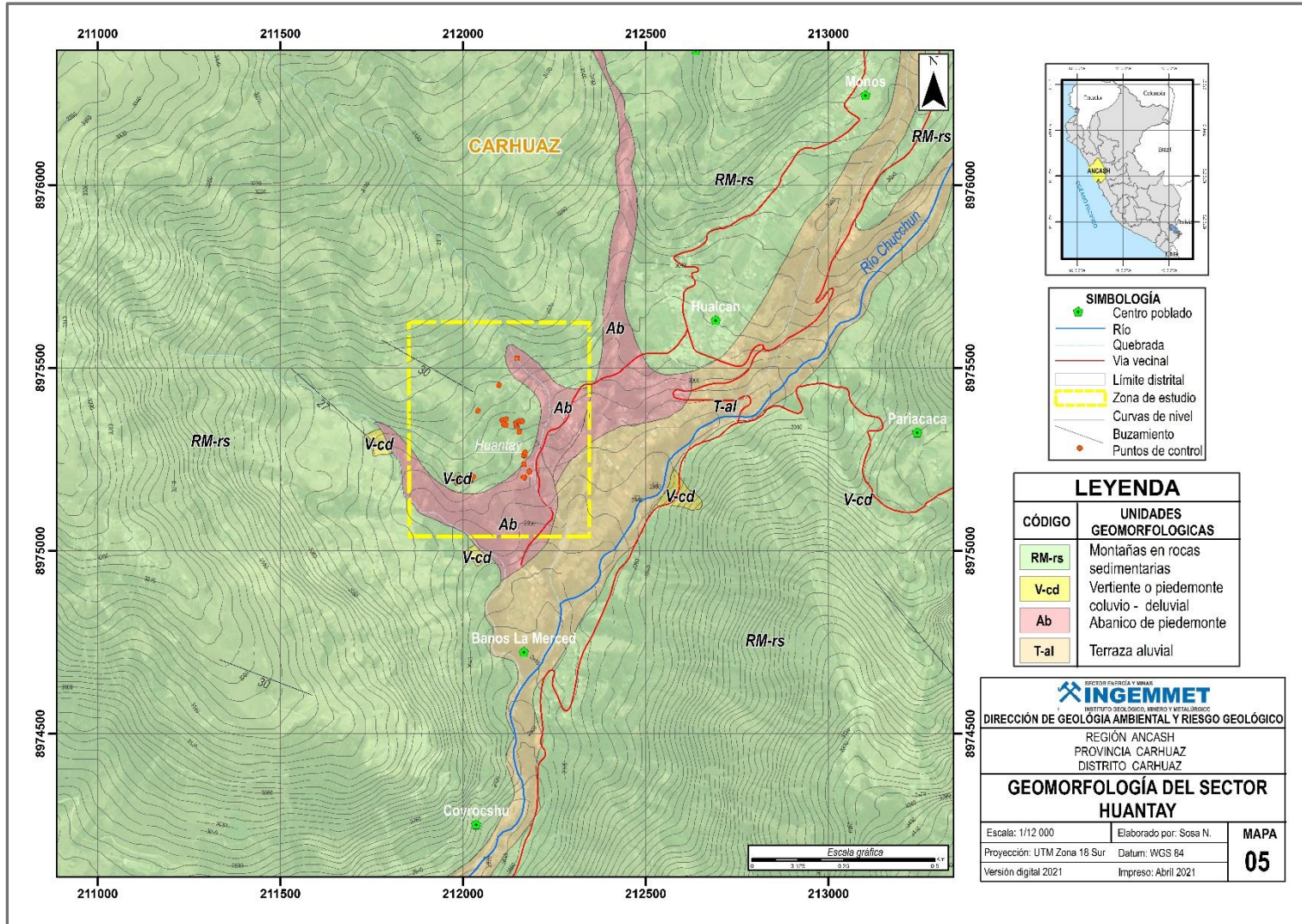


Figura 12. Geomorfología del sector Huantay y alrededores. (Fuente: Elaboración propia).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en el sector evaluado corresponden a los movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbe y erosión de laderas. (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son 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.

Estos movimientos 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.

4.1. 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 identificaron los tipos de movimientos 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 han identificado y caracterizado los siguientes peligros geológicos:

4.2. Deslizamiento en el sector de Huantay del centro poblado de Hualcán

El 27 de enero del presente año, según el formulario de evaluación N°001-2021-MPC (EDAN PERU), se generó un deslizamiento de tipo rotacional, con una escarpa principal de 17 m de longitud y un salto principal de aproximadamente 1.2 m (figura 13). El deslizamiento en el sector de Huantay se ubica entre las coordenadas UTM 8975325 N, 212170 E con una altitud de 2960 m s.n.m.

Este proceso se ha identificado a través de los escarpes, agrietamientos, morfometría con cambios de relieves abruptos y materiales desplazados, los cuales fueron comprobados a través de imágenes satelitales y trabajo de campo in situ.

4.2.1. Características visuales del evento

El deslizamiento de Huantay del centro poblado de Hualcan, presenta las siguientes características y dimensiones:

- Es reciente
- Tipo rotacional
- Escarpa principal de forma semicircular y de actividad reciente.
- Superficie de rotura: Irregular y alargada.
- Longitud de la escapa principal es de 17 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 29 m.
- La superficie del deslizamiento es rotacional.
- Salto de escarpe principal de 1.2 m.
- Agrietamientos transversales de hasta 0.30 cm, con aberturas de 0.05 a 0.10 cm, con profundidades de 0.5 cm de longitudes de hasta 2.5 m, cubiertos de pastos. (figura 14).
- Presenta pendiente moderada (5° a 15°).

El deslizamiento destruyó parte de una vivienda, **(V1)**, en el cual se apreció agrietamientos en el piso y las paredes con aberturas de 0.10 a 0.35 cm, longitudes de hasta 1.7 m y profundidades visibles de hasta 0.50 cm; dos puertas de las viviendas se encuentran inservibles (figuras 15, 16, 17 y 18). Actualmente, esta vivienda sigue siendo habitada por los propietarios, utilizando algunos ambientes que no fueron afectadas. Así mismo, se observó que existe un poste de tendido eléctrico de concreto el cual podría caerse fácilmente, ya que la base del suelo fue removida.

A 17 m hacia el norte de esta vivienda se identificó un canal de riego sin revestimiento, que según indican los pobladores esta presenta agua permanente todo el año para el riego de cultivos de maíz, cebada entre otros; posterior a la ocurrencia del deslizamiento evitaron que dicho canal permanezca circulando agua (fotografía 2. Esta podría ser uno de los factores que detonó dicho deslizamiento.

Otra vivienda que fue afectada **(V2)** se encuentra a 25 m al norte de la primera vivienda **(V1)**, esta presenta grietas en la fachada, así como en las paredes internas y pisos de los ambientes de dicha vivienda (figura 19) con aberturas visibles de 0.5 cm a 0.15 cm, longitudes de hasta 2 m y profundidades de 0.05 cm; además existen otras que no se pudieron visualizar ya que el propietario realizó el sellado de dichas grietas, como medida “correctiva”. Esta vivienda presenta dos ambientes que se encuentran en el primer piso, las cuales se encuentran deshabitadas por temas de seguridad (figura 20).

También se observó que, por la margen derecha de ambas viviendas discurre un canal de regadío, lo cual estaría contribuyendo a la saturación de terreno (figura 21).

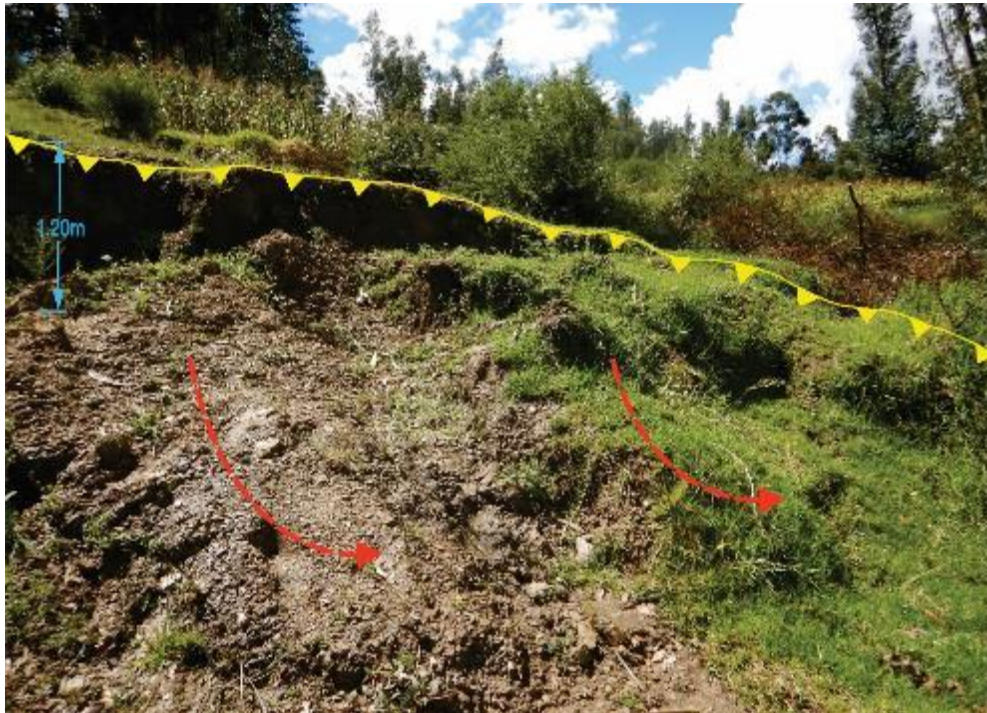


Figura 13. Se observa la escarpa principal de 17 m de longitud del deslizamiento rotacional, con salto principal de 1.2 m. presenta grietas transversales de hasta 1 m, con aberturas de 0.2 a 0.10 cm y profundidades visuales de 0.5 cm.



Figura 14. Saltos de 0.20 cm con profundidades 0.5 a 0.10 cm con longitudes de 2.5 m con dirección sureste, este se encuentra entre las coordenadas UTM 8975340 N, 212147 E con una altitud 2955 m s.n.m.



Figura 15. Vista hacia el noroeste, donde se observa parte de la vivienda destruida, así como un poste de tendido eléctrico que podría caer. La vivienda presenta grietas en las paredes y piso; actualmente, esta sigue siendo habitando en algunos ambientes que no fueron afectados, lo cual se considera peligroso.



Figura 16. Vista donde se observa grietas transversales en el piso de la vivienda, con medidas de 0.10 a 0.30 cm, con profundidades de hasta 0.50 cm, así como las puertas de madera que quedaron inservibles.



Figura 17. Se identificaron grietas longitudinales en las paredes de adobe internas de la vivienda, con aberturas de 0.5 cm al 10 cm, con profundidades del ancho del adobe; así como en el patio de concreto.



Figura 18. En las imágenes es posible observar los agrietamientos en paredes de adobe de viviendas en el sector Huantay del centro poblado de Hualcán; así como el empuje de la pared de adobe.



Fotografía 2. Canal de regadío sin revestimiento, el que se encuentra próximo a las viviendas afectadas, actualmente no está discurriendo agua por el evento generado, se ubica en 8975262 N, 212171 E con una altitud de 2955 m s.n.m.



Figura 19. Vista donde se observa grietas en la fachada de su vivienda, el cual fue sellada con yeso; los agrietamientos de las paredes internas y en los pisos estas fueron selladas con cemento, estas grietas tienen aberturas de 0.5 a 0.12 cm



Figura 20. Se observa grietas en las paredes y piso de dos ambientes de la vivienda, que fueron selladas como medida correctiva, como indica las flechas de color rojo, ambientes que se encuentran deshabitados por medidas de seguridad.



Figura 21. Se observa canal por donde discurre el agua del regadío que pasa a menos de 0.50 cm de ambas viviendas afectadas.

4.2.2. Factores condicionantes

- Pendiente pronunciada de la ladera, de moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°).
- Configuración geomorfológica del área (montaña en roca sedimentaria), en esta unidad se observa mayor frecuencia la erosión de laderas y presencia de movimientos en masa..
- Litología conformada por arenisca de grano fino, dispuestas en capas delgadas con abundantes intercalaciones de limoarcillitas, muy fracturadas y altamente meteorizadas.

4.2.3. Factores detonantes o desencadenantes

- Lluvias intensas y/o extraordinarias entre los meses de diciembre a marzo, que saturan los terrenos y los desestabilizan.
- Filtraciones de agua al subsuelo.
- Movimientos sísmicos de gran magnitud, generan o activan deslizamientos.

4.2.4. Factor antrópico

- Canales de riego sin revestimiento, por donde discurre el agua permanentemente; lo que podría estar generando la saturación de terreno.

4.2.5. Daños por peligros geológicos

El evento sucedió el 27 de enero del presente año, generó los siguientes daños:

- a) El deslizamiento destruyó parte de una vivienda, (**V1**), fotografía 3,
- b) Afectó otra vivienda (**V2**) que se ubica a 25 m de la primera vivienda destruida,
- c) Afectó cultivos que se encontraba entre las dos viviendas.
- d) Podría afectar poste de tendido eléctrico, fotografía 4.

La ubicación de las viviendas afectas (V1 y V2) se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Ubicación de las viviendas afectadas.

Código de vivienda	Punto de control	Coordenadas		
		Este	Norte	Altitud (m s.n.m)
V1	197	212180	8975244	2950
V2	231	212184	8975218	2940



Fotografía 3. Se observa parte de la vivienda destruida por el deslizamiento, el suelo de la base de dicha vivienda presenta humedad.



Fotografía 4. Poste de tendido eléctrico, que podría caer, ya que la base se encuentra expuesta, por la remoción de material que generó el deslizamiento.

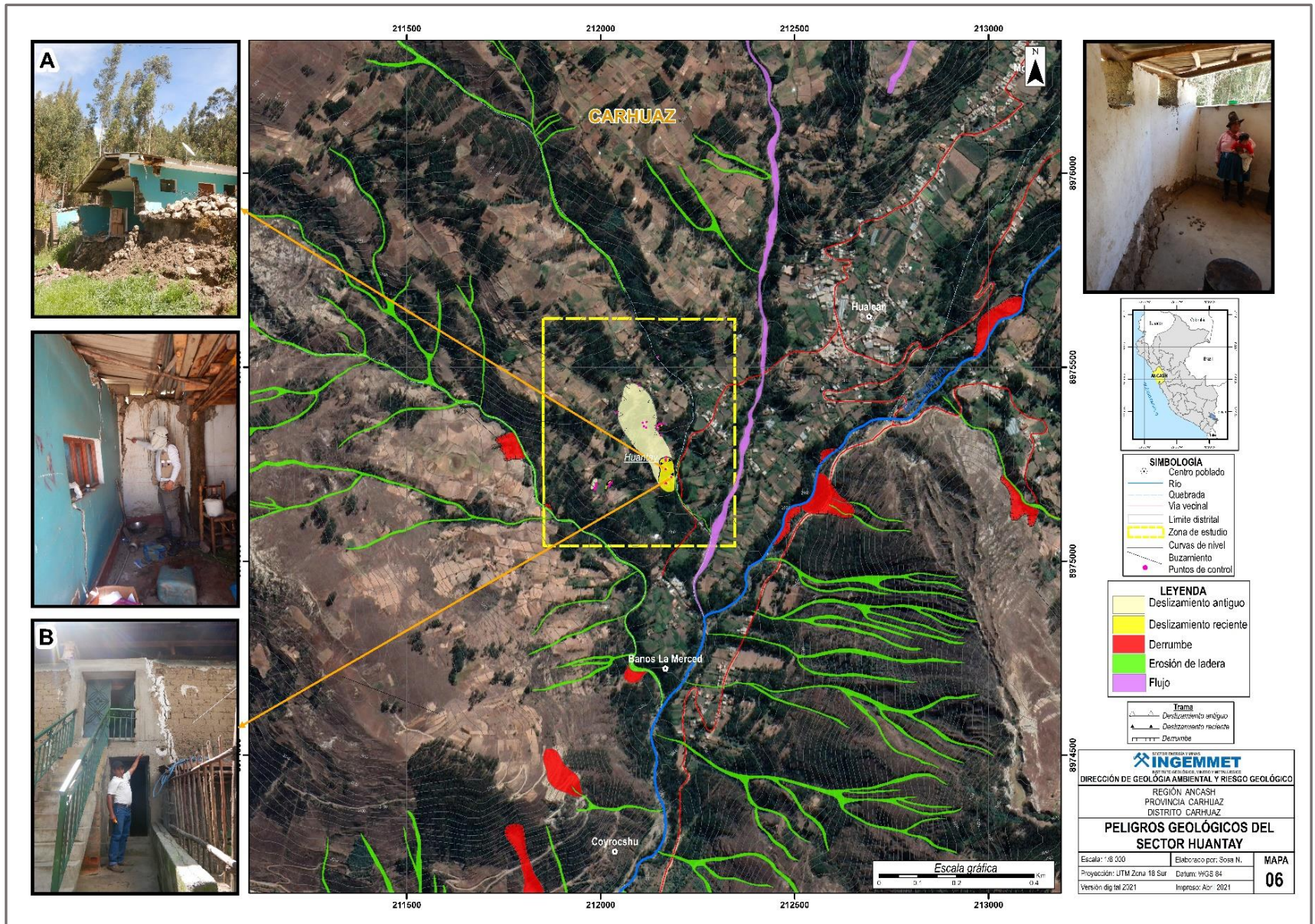


Figura 22. Mapa de peligros geológicos del sector de Huantay y alrededores. (Fuente: Elaboración propia).

5. CONCLUSIONES

- 1) En el sector Huantay del centro poblado de Hualcán y alrededores se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa (deslizamiento, derrumbe y flujo), así como erosión de laderas.
- 2) El 27 de enero del presente año se generó un deslizamiento de tipo rotacional, con una escapa con longitud de 17 m y salto de 1.2 m; en su superficie del cuerpo se observó agrietamientos con longitudes de hasta 2.5 m y saltos de hasta 0.20 cm.
- 3) El deslizamiento destruyó parte de una vivienda y afectó dos de sus ambientes. Actualmente, la vivienda aún se encuentra habitada en los demás ambientes; el cual podría exponer la seguridad física de los habitantes. Existe otra vivienda afectada que presenta grietas en las paredes y pisos.
- 4) Litológicamente, en la zona de estudio, se identificó la Formación Carhuaz, compuesto de arenisca de grano fino dispuestas en capas delgadas con abundantes intercalaciones de limoarcillitas. Estas rocas se encuentran muy fracturadas, con espaciamientos muy próximas entre sí y aberturas algo abiertas, lo que permitiría la filtración de agua proveniente de las lluvias y canales de regadío. Además, estas rocas se encuentran altamente meteorizadas, es decir más de 50% está desintegrada a suelo.
- 5) Geomorfológicamente, la zona de estudio se encuentra sobre montañas en roca sedimentaria, reducido por procesos erosionales originado por movimientos en masa recientes. Así mismo, se encuentran terrenos de pendiente moderada (5°-15°) a fuerte (15°-25°). La pendiente es un factor condicionante ante la ocurrencia de movimientos en masa.
- 6) Se considera como factor detonante del deslizamiento, las precipitaciones pluviales periódicas y/o extraordinarias.
- 7) Por las condiciones geológicas mencionadas anteriormente el sector Huantay del centro poblado de Hualcán se considera como **peligro alto**, a la ocurrencia de deslizamiento, y se consideraría como **zona crítica**. que pueden ser desencadenados por lluvias, o movimientos sísmicos.

6. RECOMENDACIONES

- 1) Deshabitar las viviendas V1 y V2, descritas párrafos arriba; como medida de seguridad, con el objetivo de salvaguardar la seguridad de los habitantes de dichas viviendas.
- 2) Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terrocemento entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos, considerar direccionar a otro sector dichos canales, también se debe cambiar el trazo del canal que pasa por un costado de las viviendas; estos trabajos tienen que ser realizados por un especialista.
- 3) El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- 4) Realizar el sellado de grietas abiertas en el terreno, por medio del uso de material fino (arcilla), para evitar la infiltración del agua a través de las mismas.
- 5) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona 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 que pueden afectar su seguridad física, por parte de la oficina de Defensa Civil, gobierno local, entre otros.
- 6) Determinar la napa freática o puntos de acumulación de agua subterránea, para realizar un drenaje subterráneo o sub horizontal, para asegurar la estabilidad de la ladera.
- 7) La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial, pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- 8) El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.



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

7. BIBLIOGRAFÍA

De la Cruz, J. & Chacaltana, C. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h) Escala 1: 100 000". INGEMMET.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos del sector Anantigua-Shancayan: INGEMMET, Informe Técnico A6994, 30 p.

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

Wilson, J.; Reyes, L. y Garayar, J. (1995). Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari". INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 60, 79 p.

Zavala, B.; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes, R. (2009). Riesgos geológicos en la región Áncash. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 38, 280p.

ANEXO 1: 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.

Deslizamiento (Slide)

Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña.

Deslizamiento rotacional: En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal (figura 1). La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es autodeslizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es, con frecuencia, baja excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

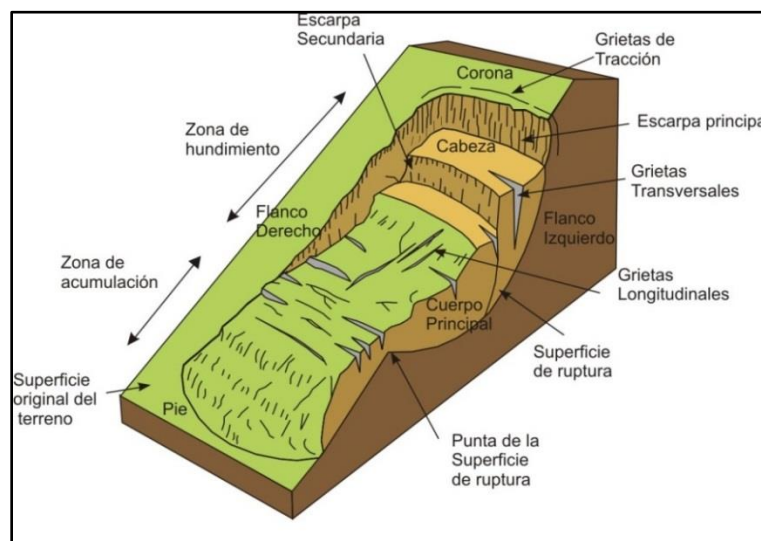


Figura 1. Partes de un deslizamiento rotacional.

Derrumbe:

Son fenómenos asociados a la inestabilidad de las laderas de los cerros, consisten en el desprendimiento y caída repentina de una masa de suelo o rocas o ambos, que pueden rodar o caer directamente en forma vertical con ayuda de la gravedad (figura 2). Son producidos o reactivados por sismos, erosión (socavamiento de la base en riberas fluviales o acantilados rocosos), efecto de la lluvia (saturación de suelos incoherentes) y la actividad humana (acción antrópica: cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas (Vilchez, 2019).

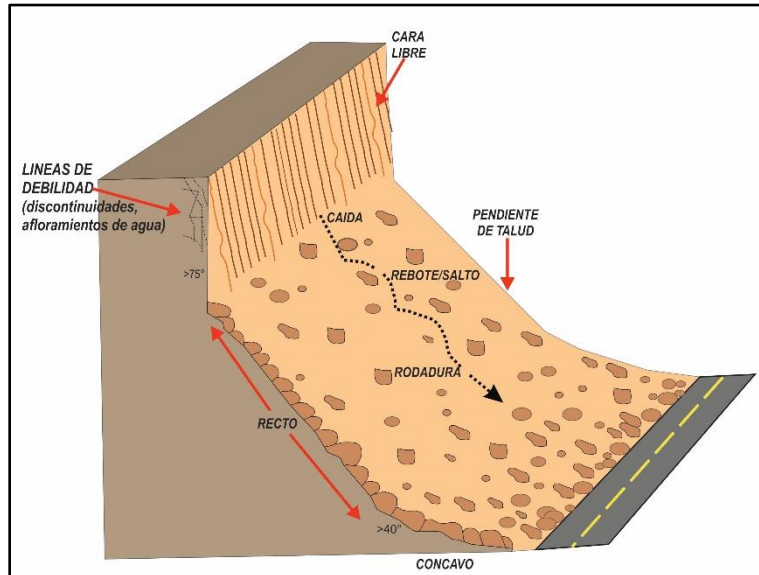


Figura 2. Esquema de Derrumbe (Vilchez 2015).

Erosión de laderas:

Este tipo de eventos son considerados predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento (figura 3). El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas, que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Gonzalo et al., 2002).

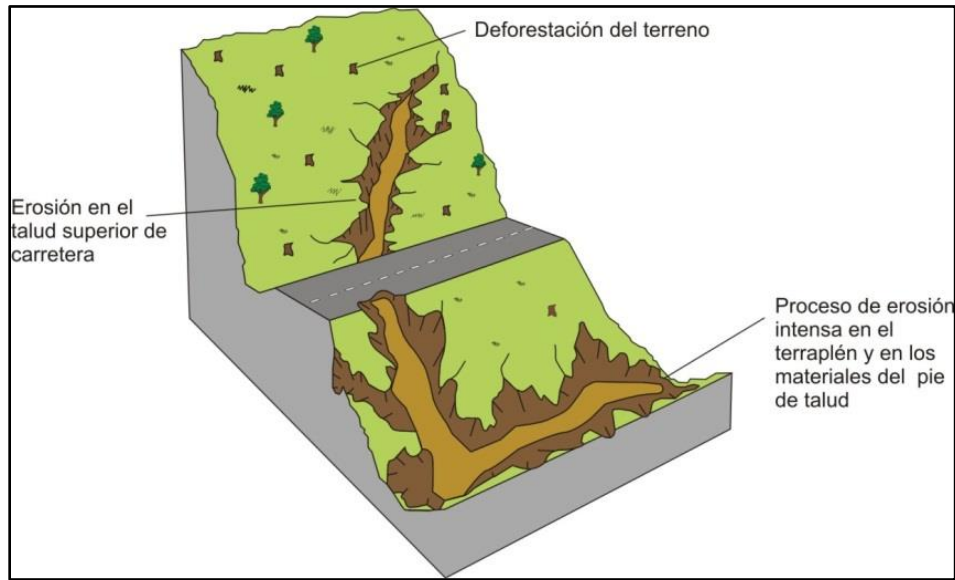


Figura 3. Esquema de erosión de laderas en cárcavas.

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

- a) Construir zanjas de coronación. Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 4)



Figura 4. Canales de coronación.

- b) Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado: Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (figura 5). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración del agua.

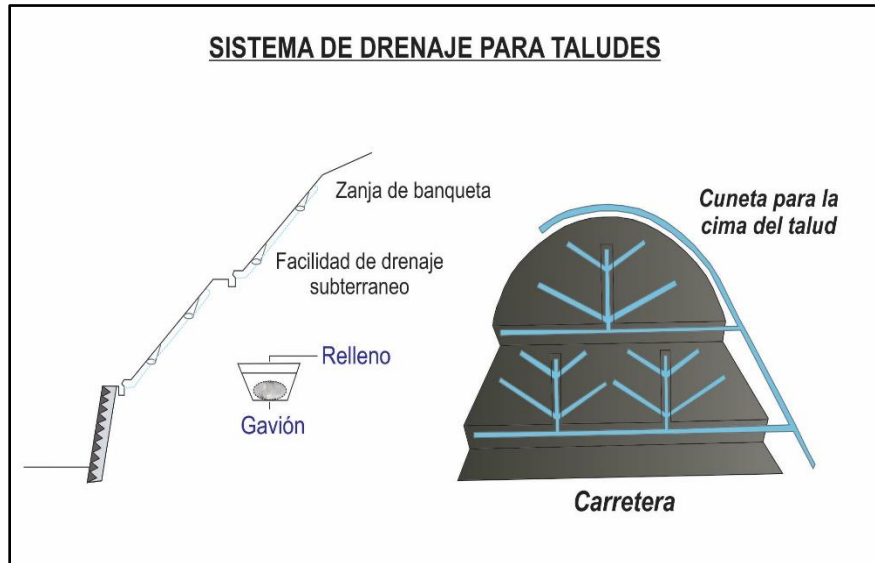


Figura 5. Drenaje tipo espina.

- c) Hablar de los tipos de muros de contención para una casa implica un gran despliegue de opciones que van desde los muros de piedra tradicionales hasta las pantallas hechas con micropilotaje. En este caso hemos decidido organizar este post distinguiendo cada tipo de muro según su forma de trabajar, es decir, la forma en que la estructura trabaja para resistir el empuje de las tierras (figura 6).

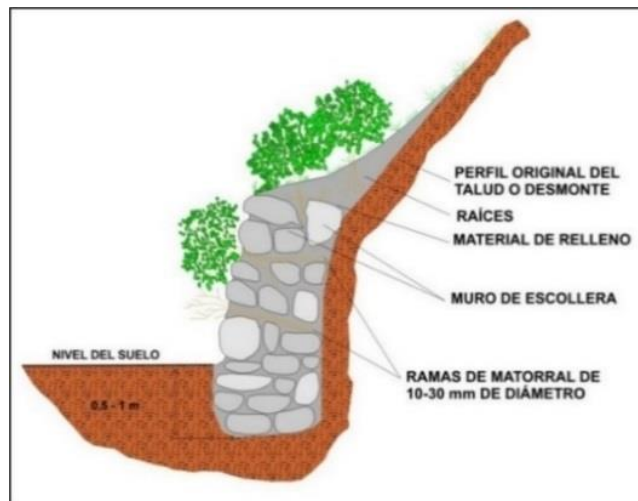


Figura 6. Muros de gravedad de piedra seca.

- d) Monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso: Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.

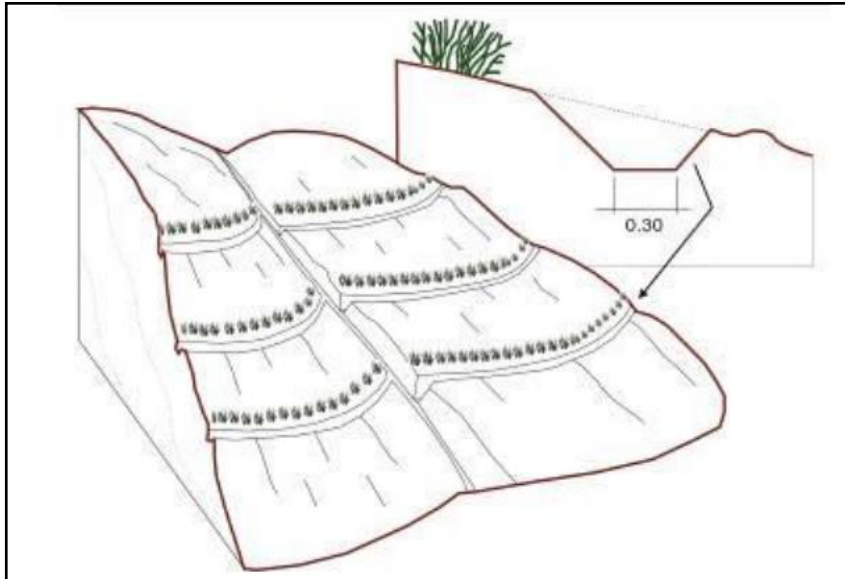


Figura 7. Sistema de drenaje en laderas ocupados por cultivos