

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7109

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA VÍA DE ACCESO AL CENTRO POBLADO DE CANOCOTA

Región Arequipa
Provincia Caylloma
Distrito Chivay



ENERO
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA VÍA DE ACCESO AL CENTRO POBLADO DE CANOCOTA.

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

Equipo de investigación:

*Yhon Soncco
Kevin Cueva
Saida Japura*

Referencia bibliográfica

Ingemmet (2021). Evaluación de peligros geológicos en la vía de acceso al centro poblado de Canocota, Distrito de Chivay, provincia de Caylloma, región Arequipa, informe técnico A7109, INGEMMET.

INDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1. Objetivos del estudio | 2 |
| 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores | 2 |
| 1.3. Aspectos generales | 3 |
| 1.3.1. UBICACIÓN | 3 |
| 1.3.2. ACCESIBILIDAD | 4 |
| 1.3.3. CLIMA | 4 |
| 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS | 5 |
| 2.1. Geología estructural | 5 |
| 2.2. Unidades litoestratigráficas | 5 |
| 2.2.1. Unidad Tuti (Po-tu)..... | 5 |
| 2.2.2. Centro volcánico Mismi (Nm-mi/2)..... | 5 |
| 2.2.3. Formación Colca (Qp-col) | 5 |
| 2.2.4. Depósito aluvial (Qh-al) | 6 |
| 2.2.5. Depósito fluvial (Qh-fl) | 6 |
| 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS | 6 |
| 3.1. Pendientes del terreno | 6 |
| 3.2. Unidades geomorfológicas | 7 |
| 3.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional..... | 7 |
| 3.2.2 Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional | 8 |
| 4. PELIGROS GEOLÓGICOS | 9 |
| 4.1 Peligros geológicos por movimientos en masa | 9 |
| 4.1.1 Deslizamiento | 9 |
| 4.1.2 Caídas o desprendimientos de rocas | 10 |
| 4.1.3 Flujo de tierra..... | 11 |
| 4.2 Movimientos en masa en el sector Canocota | 11 |
| 4.2.1 Deslizamientos y agrietamientos en la vía de acceso a Canocota.... | 12 |
| 4.2.2 Deslizamientos y flujo de tierra en la parte baja de Canocota | 15 |
| 4.2.3 Factores condicionantes | 17 |
| 4.2.4 factores detonantes o desencadenantes | 18 |
| 5. SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA | 19 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 6. CONCLUSIONES | 20 |
| 7. RECOMENDACIONES | 20 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA | 22 |

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en vía de acceso al centro poblado de Canocota que pertenece a la jurisdicción de la municipalidad distrital de Chivay, provincia de Caylloma, región Arequipa. 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 actualización, confiable, oportuna y accesible en

En el área de estudio afloran rocas de la Unidad Tuti (Po-tu), así como del Centro volcánico Mismi (Nm-mi/2), de la Formación Colca (Qp-col), depósito aluvial (Qh-al) y depósito fluvial (Qh-fl). Las secuencias piroclásticas de la Unidad Tuti (Po-tu), los flujos de lava de Centro volcánico Mismi (Nm-mi/2), se encuentran moderadamente meteorizadas y fracturadas; las areniscas y lutitas no litificadas de la Formación Colca (Qp-col) se encuentran moderadamente meteorizadas y poco fracturadas. Los depósitos fluviales (Qh-fl), están conformados por gravas, bloques, arenas y limos, que son de fácil erosión.

Las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio son montañas, volcánicas y planicies que incluyen las siguientes subunidades; subunidad de montañas en rocas volcánicas (RM-rv), subunidad de estratovolcán (Es-v), sub unidad de coladas o campos de lavas basalto-andesíticas (Ca-la) y subunidad de terraza alta aluvial (Ta-al).

Los peligros geológicos en la zona evaluada están condicionados por la naturaleza litológica, la pendiente de los terrenos y la configuración geomorfológica. Los peligros geológicos por movimientos en masas identificados en el aérea de estudio son deslizamientos y flujos.

De acuerdo a la evaluación de peligros geológicos, el fenómeno más recurrente y de mayor afectación en la vía de acceso a Canocota son los deslizamientos. El substrato sobre la cual está construida la vía y los cambios abruptos de las pendientes en los terrenos hacen la zona muy susceptible a la ocurrencia de movimiento en masas; por lo tanto, es una zona crítica de peligro inminente ante ocurrencia de lluvias intensas y sismos.

Finalmente, se brindan recomendaciones como: la implementación de canales de regadío debidamente revestidos con concreto y controlar el flujo de agua proveniente del túnel transversal del Canal Majes que cruza a un constado centro poblado de Canocota. Estas son medidas que deben tomar en cuenta las autoridades competentes en el marco de la gestión de riesgo de desastre.

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 Caylloma, según N° 051-2019-MPC-CHIVAY-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo “movimientos en masa”, ocurridos el día la carpeta asfáltica de la principal vía de acceso a Canocota. que afectó la carpeta asfáltica de la principal vía de acceso a Canocota.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros, Yhon Soncco, Kevin Cueva y Saida Japura.

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 y fotografías), 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 Caylloma, región Arequipa, 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 por movimientos en masa que se presentan en la vía de acceso al centro poblado de Canocota, en la Provincia de Caylloma los cuales comprometen la integridad de las personas, cultivos y vías de comunicación.
- b) Emitir recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.
- c) Presentar a las autoridades y pobladores del centro poblado de Canocota alternativas de prevención y mitigación para la gestión del riesgo en este sector.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

- A. Boletín N° 57, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio Geoambiental en la Cuenca del Río Colca” (2014). Describe la morfología del valle del Colca, donde diferencian dos grandes grupos de unidades de relieve:
 - a) Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional y
 - b) Geoformas de carácter deposicional. Las geoformas individuales se agrupan en función a su altura relativa y pendiente: 1) montañas, colinas y lomeríos, 2)

piedemontes y 3) planicies. Todos ellos ligados a procesos sismo-tectónicos, volcánicos, gravitacionales, deposicionales y erosivos, ocurridos a lo largo de su historia geológica

- B. Informe técnico N° A6579: “Derrumbe en la localidad de Tuti” (2011). Señala que la inestabilidad y características condicionantes existentes en la ladera, hacen suponer la ocurrencia de desprendimiento de bloques colgados en el substrato rocoso fracturado; los cuales pueden acelerarse con la ocurrencia de movimientos sísmicos y/o lluvias intensas

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

El sector de Canocota, se ubica al NE del volcán Sabancaya, entre los distritos de Chivay y Tuti, de la provincia de Caylloma, región Arequipa. (figura 1).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19S):

Cuadro 1. Coordenada del área de estudio.

| N° | UTM - WGS84 - Zona 19L | | Geográficas | |
|--|------------------------|---------|---------------|---------------|
| | Este | Norte | Latitud | Longitud |
| COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL | | | | |
| Coordenada | 224854 | 8278347 | 15°33'27.35"S | 71°33'55.26"O |

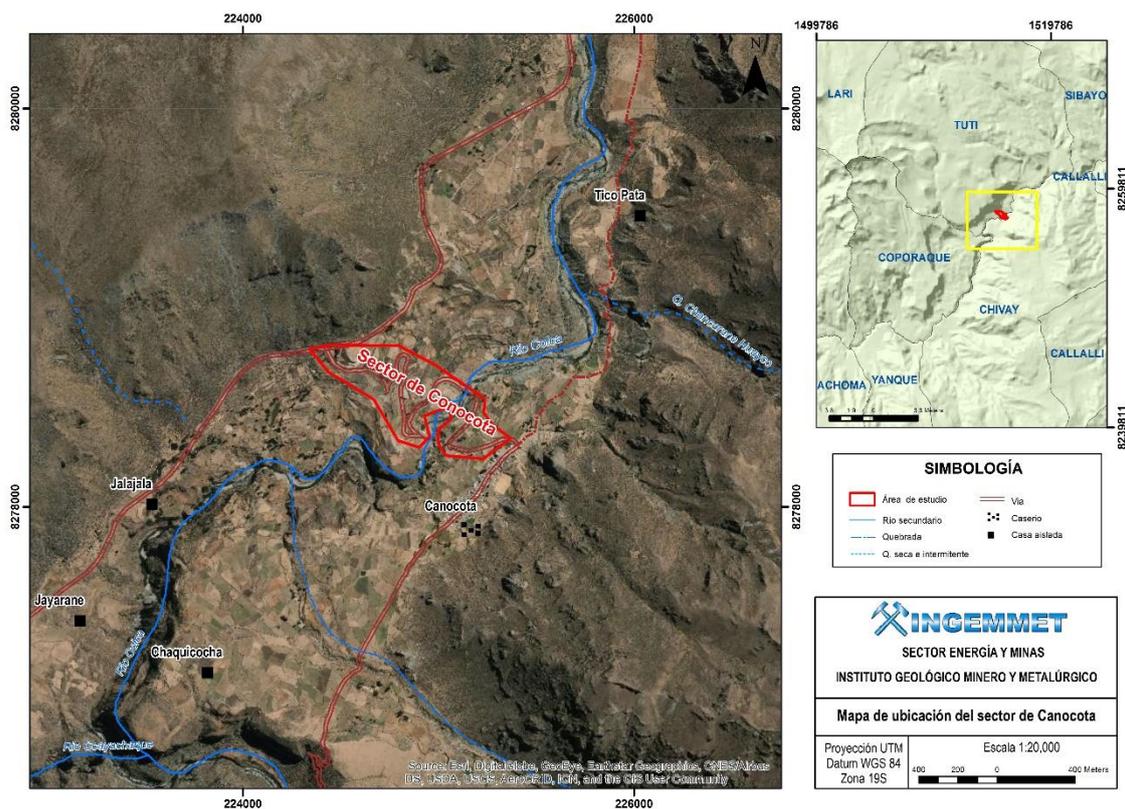


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

Se accede por vía terrestre, mediante la carretera asfaltada Arequipa – Chivay -Tuti, continuando hasta el desvío para Canocota. (Cuadro 2, y figura 1).

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

| Ruta | Tipo de vía | Distancia (km) | Tiempo estimado |
|-------------------|-------------|----------------|-----------------|
| Arequipa - Chivay | Asfaltada | 163 | 3h 06 min |
| Chivay - Canocota | Asfaltada | 14.3 | 20 min |

1.3.3. CLIMA

En este sector de los Andes del sur peruano la temporada seca corresponde a los meses de abril a noviembre, mientras que, los regímenes de lluvias ocurren durante el verano (diciembre a marzo); por lo tanto, tiene una sola estación húmeda, lo que repercute en el régimen de los ríos. El 60 % y 75 % de la precipitación se concentra en los meses de enero a marzo, con períodos críticos secos entre junio y julio. De acuerdo a registro pluviométricos, al noreste del volcán Sabancaya, sobre los 3900 msnm, en la zona geográfica investigada, la precipitación anual total varía entre 480 a 926 mm Lamadon, (1999).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elabora teniendo como base la revisión y actualización de los cuadrángulos de Chivay 32-s-I (Cerpa et al., 2009), en cuyo informe menciona afloramientos principales de depósitos Cuaternarios a lo largo del valle del Colca, circundado por laderas de rocas volcánicas del Paleógeno y Neógeno, y rocas sedimentarias recientes de la Formación Colca.

De igual manera, este contexto geológico se complementa con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

2.1. Geología estructural

En la zona de estudio, (Benavente et al., 2017), al norte de la localidad de Chalhuanca, y norte de Canocota, identifica una falla normal denominada (Falla Chalhuanca), de rumbo NO-SE y dirección de buzamiento de SO (figura 2), que se extiende 90 km en una dirección NW-SE. Presenta un escarpe bien conservado y desnivel de 7m, el cual caracteriza el comportamiento estructural en la zona.

2.2. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes, corresponden a rocas volcánicas del Paleógeno y Neógeno, rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios (figura 2), diferenciándose las siguientes formaciones:

2.2.1. Unidad Tuti (Po-tu)

Aflora a 400 m al Noreste de Canocota. Consiste de un depósito conformado por flujos de lava gris oscuro y piroclásticos de cenizas gris, con espesores aproximados de hasta 1000 m (Cerpa et al., 2009). Se encuentran moderadamente meteorizadas y fracturadas.

2.2.2. Centro volcánico Mismi (Nm-mi/2)

Aflora a 1 km al Noroeste de Canocota. El depósito está conformado de flujos de lava andesítica gris verdoso con textura "flowbanding". (Cerpa et al., 2009). Se encuentran moderadamente meteorizadas y fracturadas.

2.2.3. Formación Colca (Qp-col)

El valle del río Colca es amplio y forma una cuenca de forma elongada, geoforma que fue modelada por geodinámica activa asociada a actividad glaciaria, volcánica y sísmica, permitiendo así la formación de dos lagos que dejaron su registro en la estratigrafía del valle del Colca (Klinck et al., 1986). Sobre la formación Colca se localiza, el tramo evaluado, cuya composición litológica está conformada por areniscas finamente estratificadas, blanco verdosas a blanquecinas, presentan laminación paralela a excepción del tope donde suelen presentar laminaciones oblicuas curvas. Se presenta en algunas zonas en gruesos estratos con intercalaciones de lutitas gris a gris blanquecinas y calizas gris claras. Tiene un espesor aproximado de 150 a 200 m (Cerpa et al., 2009). Se encuentran moderadamente meteorizadas y poco fracturadas

2.2.4. Depósito aluvial (Qh-al)

Los depósitos aluviales se encuentran a lo largo del río Colca, aflora a 800 m al Sur de Canocota, formando pequeñas terrazas. Litológicamente están conformados por arena y limo en capas subhorizontales. Tienen espesores de 10 a 20 m (Cerpa et al., 2009)

2.2.5. Depósito fluvial (Qh-fl)

Aflora a lo largo del Río Colca, conformada por la acumulación de arena y limo en capas subhorizontales depositados en terrazas con espesores de 10 a 20 m (Cerpa et al., 2009)

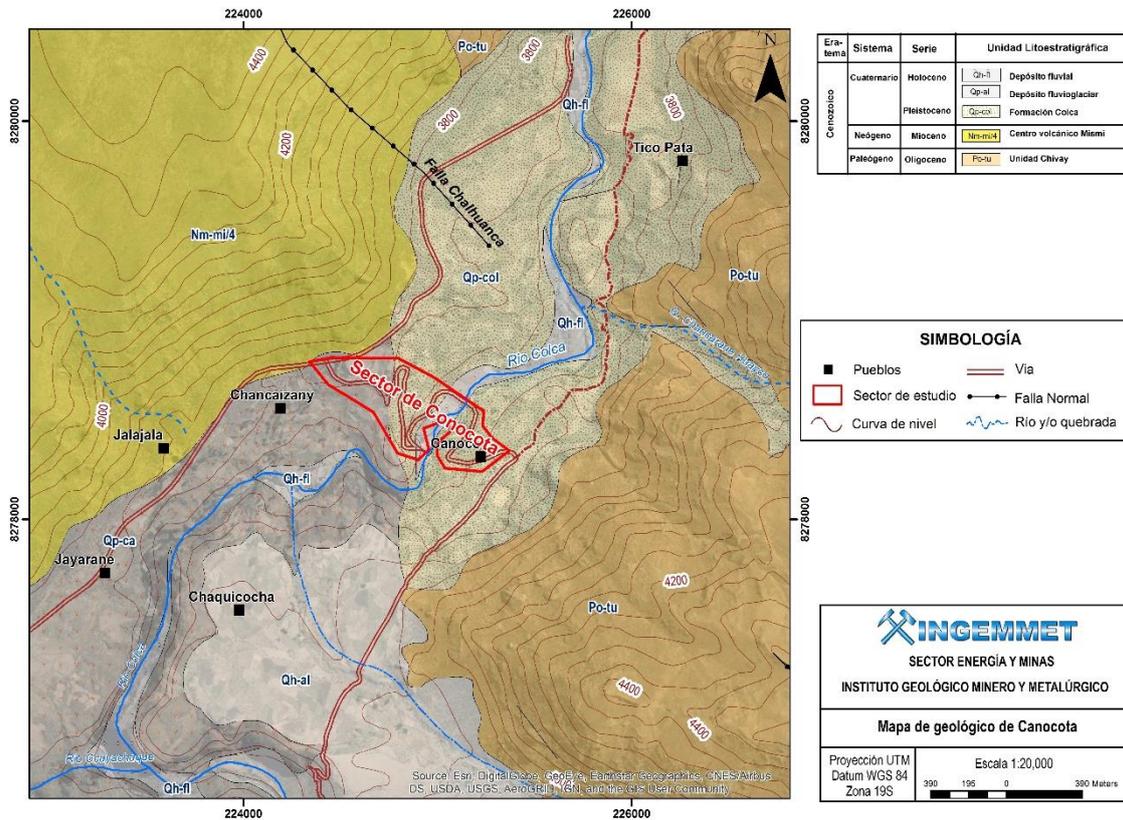


Figura 2. Mapa geológico del sector de Canocota, tomado del cuadrángulo de Chivay 32-s-I (Cerpa et al.; 2009)

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

Las pendientes van de rangos de terrenos llanos a inclinados suavemente (1°-5°), con un cambio abrupto a terrenos escarpados (> 45°) en la base y zona media de acantilados, a pendiente muy fuerte (25°- 45°) en la parte alta del acantilado, para nuevamente cambiar a un terreno con suave pendiente correspondiente a la planicie aluvial

3.2. Unidades geomorfológicas

El área de estudio se encuentra por encima de los 4000 m.s.n.m. con vertientes montañosas elevadas y abruptas asociadas a edificios volcánicos; un sector de rampa, desnivel o vertiente muy disectada o erosionada (figura 3).

La geomorfología evaluada en particular corresponde a la subcuenca del Colca, comprendida entre Andamayo y Sibayo- Callalli. Es muy compleja, con una predominancia en superficie de unidades o relieves de origen volcánico-erosional (65 %), seguidos de unidades de relieve de origen tectónico-erosional (25 %), principalmente en el lado oeste de la cuenca, y relieves de origen deposicional en menor porcentaje (10 %) que se sobreponen a un substrato rocoso de diferente origen (Zavala et al., 2019).

3.2.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

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 las siguientes unidades:

3.2.2.1 Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular.

Sub Unidad de montañas en rocas volcánicas (RM-rv): Esta unidad geomorfológica se da por la continuidad de la colina hacia la zona de montaña y es difícil de separarla, se compone de flujos de lava gris oscuro y depósitos piroclásticos de cenizas, presenta laderas con pendientes suaves y con un patrón de drenaje sub paralelo. Se presenta hacia el Noreste y Sureste de Canocota.

3.2.2.2 Unidad volcánica

Son geformas asociadas a depósitos volcánicos.

Subunidad de estratovolcán (Es-v): Son terrenos con pendientes relativamente moderadas con frente escarpado. Corresponde al centro volcánico Hualca Hualca; conformada por flujos de ceniza con lavas andesíticas porfíricas en frentes escarpados. Esta unidad se presenta hacia Noroeste de Canocota.

Sub Unidad de Coladas o campos de lavas basalto-andesíticas (Ca-la): Corresponden a las últimas manifestaciones de actividad volcánica andina pliocena-holocena, de origen fisural y tectónico que rellenan cauces antiguos de valles fluvio-glaciares, laderas, asociados generalmente a centros volcánicos pequeños y conos monogenéticos. Por su antigüedad y grado de erosión, suelen formar algunos

cañones o cauces estrechos como resultado de la erosión posrepresamiento de los valles.

Algunos frentes de lavas por enfriamiento han condicionado el fracturamiento o diaclasamiento; cuando estos frentes son de regular altura, suelen apreciarse caída de rocas y derrumbes de bloques de diferente dimensión. Esta sub unidad está representada al sur de Canocota.

3.2.2 Geofomas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosiónales que afectan las geofomas anteriores; se tienen las siguientes unidades y subunidades:

3.2.2.1 Unidad de planicie

Son geofomas asociadas a depósitos coluviales y aluviales, limitados por depósitos de piedemonte o ladera de montaña, caracterizados por presentar pendientes bajas a llanas

Subunidad de terraza alta aluvial (Ta-al): Son terrenos con pendientes bajas a subhorizontales, se encuentran a mayor altura que las terrazas bajas y el cauce del río Colca, dispuestos a los costados de la llanura de inundación. Representan niveles antiguos inconsolidados de materiales aluviales, con procesos erosivos como consecuencia de la profundización del valle. Sobre esta subunidad se sitúa el sector evaluado.

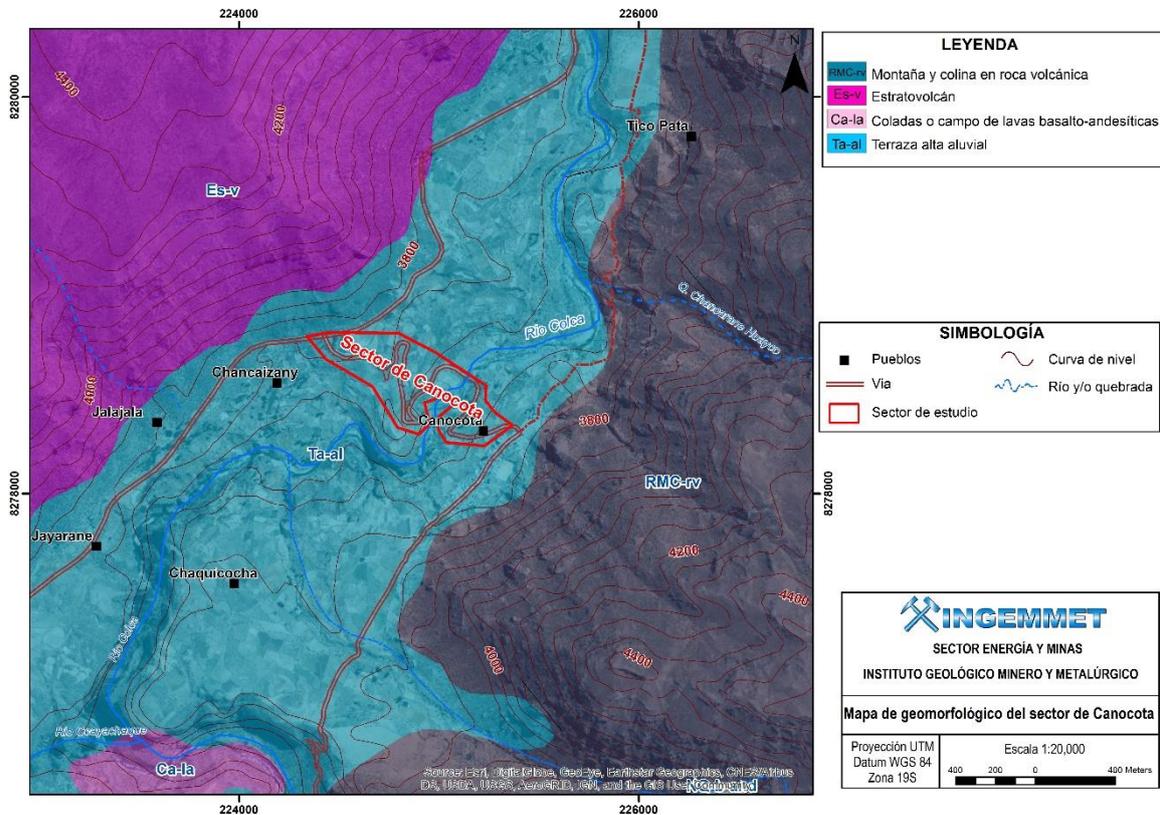


Figura 3. Mapa geomorfológico del sector de Canocota

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos, corresponden a movimientos en masa de tipo (deslizamientos y caídas) (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, 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 (calidad de la roca y permeabilidad), el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal.

En el área de estudio, los movimientos en masa, están estrechamente ligados a factores desencadenantes/detonantes como lluvias de gran intensidad o gran duración asociadas a eventos excepcionales y sismos tectónicos.

4.1 Peligros geológicos por movimientos en masa

4.1.1 Deslizamiento

Llamado también fenómenos de ladera o movimientos de ladera; son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, se entiende como movimiento del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad, Corominas y García Yagüe, (1997).

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un movimiento de ladera tipo rotacional, como evidencia en la zona, (figura 4), ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990).

Deslizamiento rotacional, es cuando la superficie de rotura es una superficie cóncava. Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados, Antoine, (1992), se suelen diferenciar por una inclinación contrapendiente de la cabecera.

Se puede mencionar algunos factores que desencadenan los deslizamientos: rocas muy fracturadas y alteradas o suelos poco coherentes, saturación de suelos o roca alterada por intensas lluvias, deforestación de tierras, erosión fluvial, erosión de laderas (cárcavas), modificación de taludes de corte, actividad sísmica y volcánica.

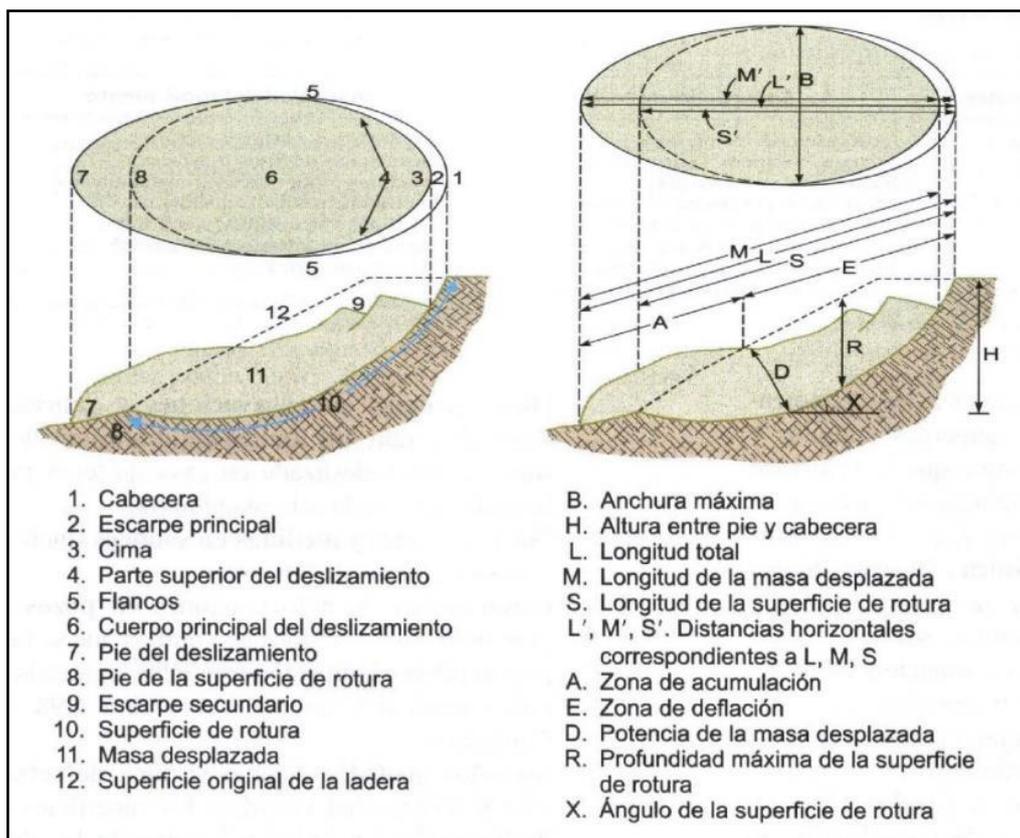


Figura 4. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento, tomado de González de Vallejo., (2002).

4.1.2 Caídas o desprendimientos de rocas

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento, Varnes, (1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

En Evans y Hungr (1993) se pueden consultar ejemplos de caída de roca fragmentada (figuras 5 y 6). Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo, también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

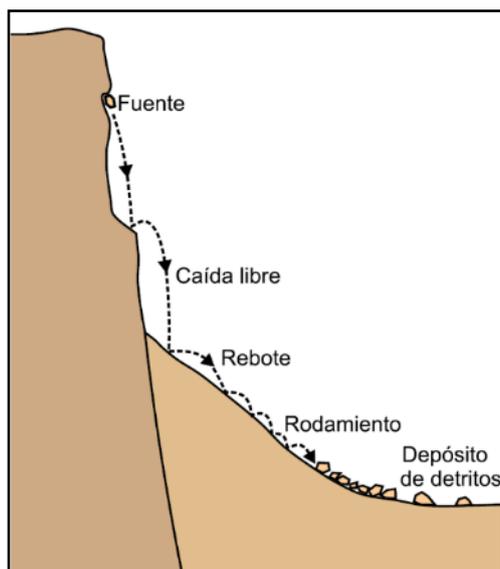


Figura 5. Esquema de la caída de rocas

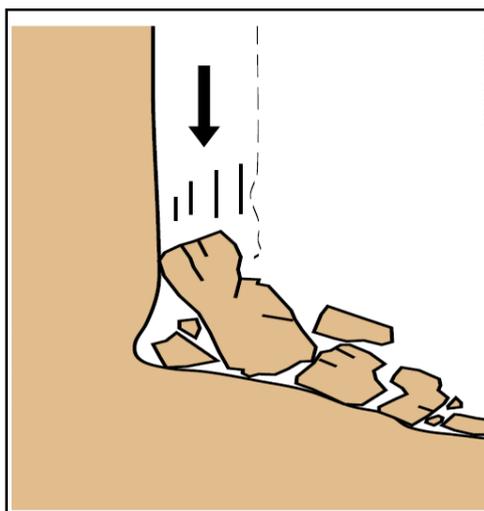


Figura 6. Esquema de Corominas y Yague (1997) denominan a este movimiento "colapso".

4.1.3 Flujo de tierra

Es un movimiento intermitente, rápido o lento de suelo arcilloso plástico (Hungry et al., 2001). Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto (Hutvinsin, 1998). El volumen de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos.

4.2 Movimientos en masa en el sector Canocota

Los eventos de movimientos en masa están localizados en ambos márgenes del río Colca, a la altura del distrito de Canocota; en los cuales pueden identificarse grietas, hundimientos, escarpes de deslizamientos antiguos, deslizamientos recientes y caída

de rocas, además, se evidencian cavernas con aguas subterráneas que generan dolinas. Asimismo, el río Colca es la principal fuente de erosión fluvial en el sector. Para realizar una cartografía de peligros geológicos a detalle, se realizó un levantamiento fotogramétrico, empleando dron.

4.2.1 Deslizamientos y agrietamientos en la vía de acceso a Canocota

Este tramo de la vía se ubica a 500 metros al noroeste de la plaza de Canocota; sobre la cual se evidencian hasta cuatro deslizamientos antiguos y dos deslizamientos recientes; la mayoría de estos ubicados por encima de la carretera. A continuación, se describen estos procesos identificados.

Deslizamiento antiguo D1: Se trata de un deslizamiento tipo rotacional, cuya corona posee forma regular y mide 90 m de largo, se ha estimado que el escarpe del deslizamiento tiene 1.5 m de alto, debido a la vegetación y la intervención antrópica no es claro su observación.

A través de la fotogrametría se puede identificar la localización de este deslizamiento comprendido entre las cotas 3725 m s.n.m. a 3712 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 13 m. cuya masa se desplaza en dirección sureste. Este deslizamiento es parte de una serie de deslizamientos ubicados en este sector. El pie del deslizamiento está a pocos metros de la carretera de acceso a Canocota, la masa del deslizamiento descansa directamente sobre la terraza donde está ubicado la pista y el puente Canocota.

A 100 metros en dirección del movimiento se ubica el principal puente que une ambos márgenes del río Colca, (el cual según manifiestan los pobladores, viene siendo afectado año tras año; el tablero del puente se pliega un poco, y tienen que retirar pequeños tramos del tablero para que el tablero se mantenga horizontal). Aparentemente los deslizamientos D1 y algunos otros que serán descritos abajo, generan un esfuerzo en las terrazas, que empujan un extremo del puente (figura 7).



Figura 7. Muestra el deslizamiento antiguo D1 en la vía de acceso a Canocota, (coordenadas UTM E: 225018, N 8278643).

Deslizamiento antiguo D2 y D3: En la parte alta de la vía de acceso a Canocota, a unos 110 metros aguas abajo del deslizamiento D1, se evidencian una serie de depresiones con forma de herradura correspondiente a deslizamientos antiguos, (figura 8); la corona y el escarpe de deslizamiento no se observan nítidamente debido a la erosión, la vegetación y debido al proceso de intervención antrópica que ha modificado el relieve para la construcción de la vía de acceso al centro poblado de Canocota.

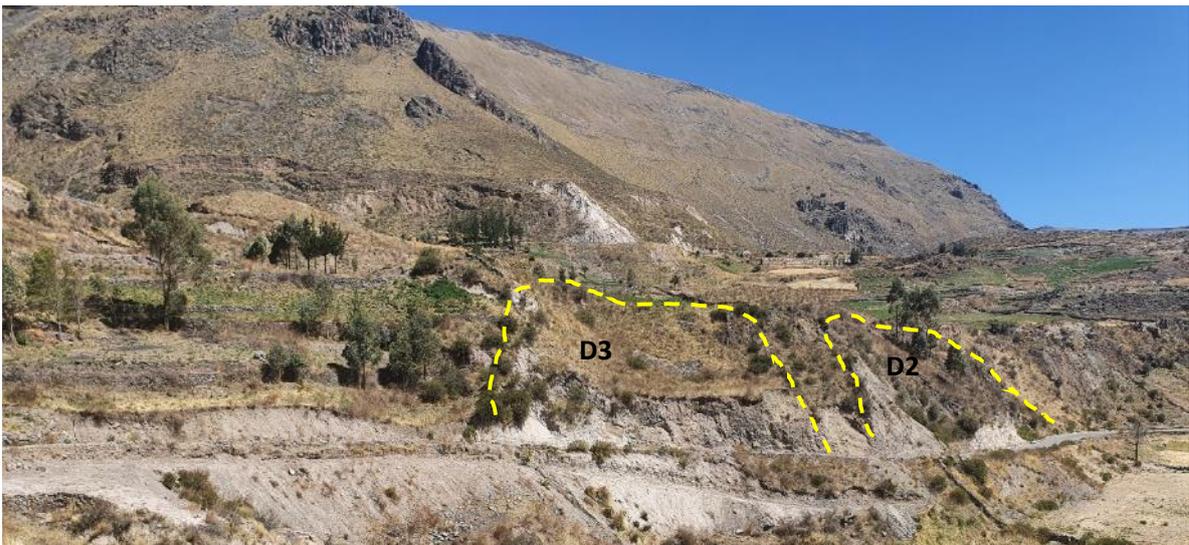


Figura 8. Muestra los deslizamientos antiguos D2 Y D3 en la vía de acceso a Canocota.

Deslizamiento antiguo D4: Se trata de un deslizamiento tipo rotacional. La corona del deslizamiento posee forma regular y mide 28 m de largo, el cual no es claro debido a la

vegetación y la intervención antrópica. Este deslizamiento está comprendido entre las cotas 3722 m s.n.m. a 3714 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 8 m. desplazada en dirección noreste. Este deslizamiento es parte de una serie de deslizamientos ubicados en este sector, cuya masa deslizada llegan a dar hasta el río Colca, (figura 9).



Figura 9. Muestra el deslizamiento antiguo D4, en la parte baja de la vía de acceso a Canocota.

Deslizamiento reciente DR1: Se trata de un deslizamiento tipo rotacional reciente. Posee una corona de forma irregular y mide 30 m de largo y escarpes o saltos de hasta 2.8 m. La masa se desplaza en dirección este; cuyo pie de deslizamiento está a pocos metros de un tramo de la carretera de acceso a Canocota que cruza este sector, (figura 10).

Deslizamiento reciente DR2: Se trata de un deslizamiento tipo rotacional. La corona del deslizamiento posee forma regular y mide 12 m de largo, el escarpe del deslizamiento tiene 1.5 m de alto, la masa del deslizamiento se desplazó en dirección este; el pie del deslizamiento está a 12 metros de un tramo de la carretera de acceso a Canocota que cruza este sector, (figura 15).



Figura 10. Muestra el deslizamiento reciente DR1, ubicado a un costado de la vía de acceso a Canocota, (coordenadas UTM E: 224852, N 8278414).

En la vía principal de acceso a Canocota se viene presentando tres sectores con una serie de agrietamientos en la carpeta asfáltica. Aproximadamente estas se ubican entre el kilómetro 1.2 y 1.5 medidos desde el centro poblado de Canocota, (figuras 11).

- El primer sector presenta grietas de hasta 70 metros de largo, de 4-5 cm de ancho, (figura 11A).
- En el segundo sector se presentan grietas de hasta 12 metros de largo, y llegan a medir 7 cm de ancho, (figura 11B).
- En último sector se presentan grietas de hasta 27 metros de largo, de 7-8 cm de ancho, (figura 11C).

Este tramo de la vía esta sobre material poco consolidado, conformado por paquetes de limo-arcillas, arenas, además de gravas, conglomerados al tope de la secuencia y suelos retrabajados, provenientes de deslizamientos antiguos, considerados suelos inestables y deslizantes ante la presencia de agua en su estructura, (figura 11D).



Figura 11. A, B y C), Muestran los distintos agrietamientos a lo largo de la carpeta asfáltica de la vía de acceso al centro poblado de Canocota, en D) muestras los distintos depósitos limo-arcillosos y los depósitos retrabajados al tope de la secuencia, sobre el cual está emplazado la vía.

4.2.2 Deslizamientos y flujo de tierra en la parte baja de Canocota

En la parte baja del centro poblado de Canocota, aproximadamente a 150 metros al norte de la plaza de Canocota, se evidencian una serie de depresiones con forma de herradura correspondiente a deslizamientos antiguos, cuya corona y escarpe de deslizamiento no se observan nítidamente debido a procesos de intervención antrópica que ha modificado el relieve para usos de agricultura. Aparentemente el desplazamiento de la mayoría de los deslizamientos fue hacia el noroeste, (figura 14).

En la zona también se aprecia un flujo de tierra que se originó en el cuerpo de un antiguo deslizamiento, se observa claramente el depósito del flujo a lo largo de su trayectoria hacia el río Colca. su punto de arranque presenta un escarpe de 8 metros de largo y 2.7 metros de desnivel. Este tipo de eventos se genera en suelos sumamente saturados, y

conformados por suelos retrabajados, provenientes de deslizamientos antiguos, considerados suelos inestables, (figura 12).



Figura 12. Flujo de tierra ubicado en la parte baja del centro poblado de Canocota, (coordenadas UTM E: 225008, N 8278062).

En la zona agrícola que está ubicada a 420 m al noreste desde la plaza de Canocota, se han encontrado una serie de dolinas (hundimiento del suelo, que poseen formas semicirculares) alineadas unas con otra. Estos hundimientos están directamente ligados a la presencia de aguas subterráneas que en su paso hacia el río Colca crean cavernas, los cuales colapsan formando dolinas de hundimiento, (figura 13). Es importante mencionar que en la parte alta de la zona se vierte abundante agua desde el túnel transversal de acceso al canal Majes Siguan; las cuales, si no se transportan por canales revestidos, tienden a infiltrarse en el subsuelo generando problemas en las partes bajas, (figura 14).



Figura 13. Dolinas de hundimiento en la zona agrícola, (coordenadas UTM E: 225163, N 8278424).



Figura 14. Túnel trasversal al canal Majes Siguas.

4.2.3 Factores condicionantes

Las causas para la ocurrencia de deslizamientos, se relacionan con la litología del substrato, pendiente del terreno, presencia de agua en los materiales (rocas y suelos). En el área evaluado está condicionado por:

- Rocas de mala calidad, conformadas principalmente por areniscas no litificadas y gravas, Además de suelos retrabajados, provenientes de deslizamientos antiguos en el sector. Considerados suelos inestables con fácil capacidad de infiltración y saturación de agua. El flujo de tierra, está ligado al tipo de suelos de mala calidad y presencia de agua en los materiales; así como la presencia de dolinas de hundimientos por saturación de suelos porosos.
- Pendiente del terreno de 25° - 45°, que permite que la masa inestable se desestabilice y se desplace cuesta abajo.
- La infiltración de aguas utilizadas para riego por gravedad mediante canales, que no cuentan con el revestimiento adecuado para evitar la infiltración de agua en las partes altas, donde se ubican los terrenos agrícolas.
- La infiltración de las aguas vertidas a través del túnel transversal al canal Majes. Este túnel transversal está ubicado en inmediaciones del pueblo de Canocota, (figuras 14)

4.2.4 factores detonantes o desencadenantes

Los factores desencadenantes son:

- Precipitaciones de lluvias intensas, en períodos de lluvia, que ocurre anualmente de (diciembre a marzo) en la zona.
- Ocurrencias de sismos tectónicos.

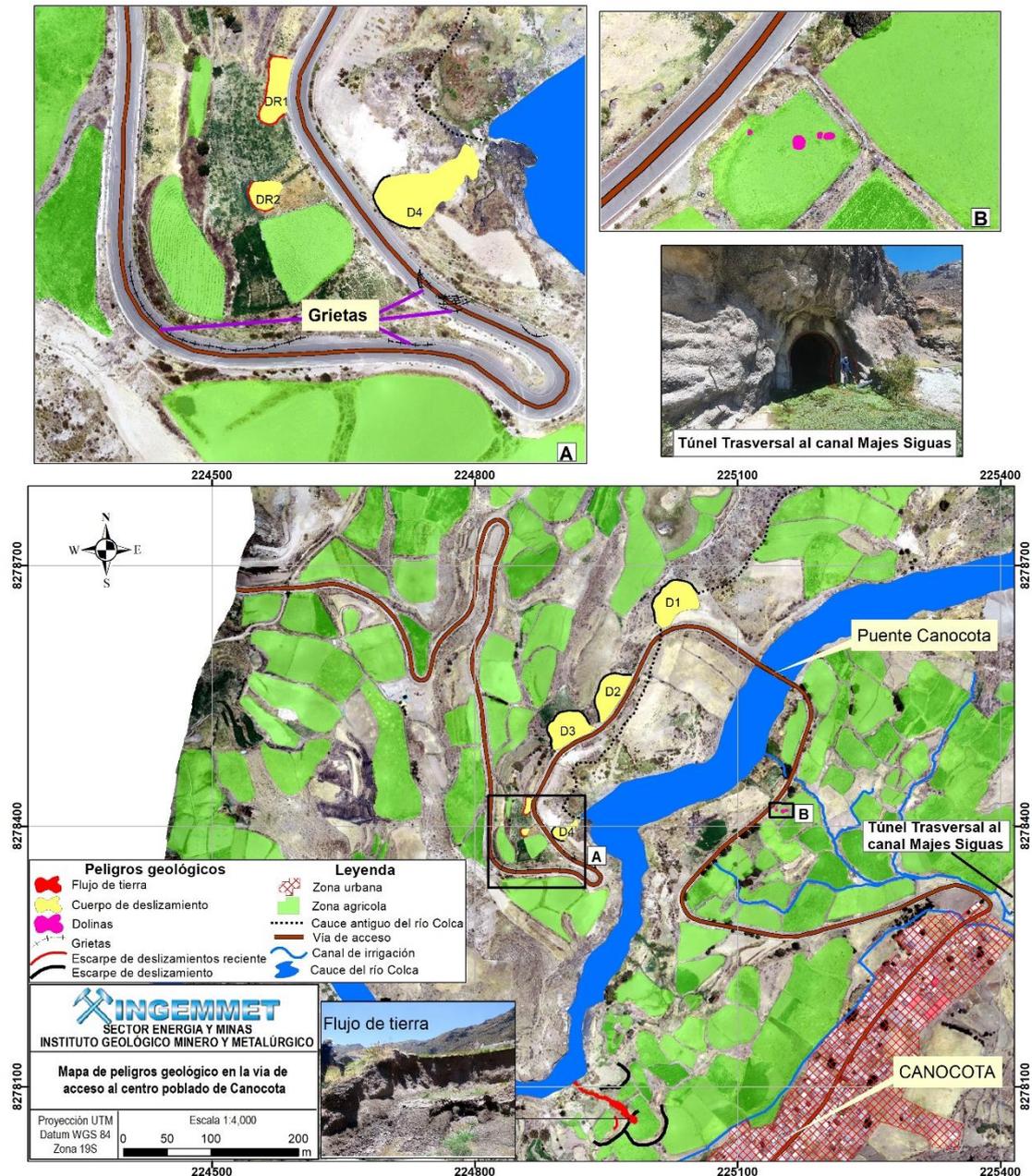


Figura 15. Mapa de peligros en la vía de acceso al centro poblado de Canocota, en A) se muestra las grietas en la vía de acceso a Canocota, en B) se muestra las zonas afectadas por hundimientos en terrenos agrícolas.

5. SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

El INGENMET a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), elaboró en el año 2009 el “Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa del Perú” escala 1:1 000 000. El mapa tiene como objetivos plantear un modelo que indique las zonas de mayor exposición a proceso de remoción en masa, a fin de contar con una herramienta dinámica para la gestión de riesgos; priorizar escenarios donde se desarrollen estudios específicos, así como plantear las medidas de prevención o mitigación para asegurar la estabilidad física de zonas urbanas y/o infraestructuras vulnerables.

El logro de estos objetivos tiene como paso previo, el inventario y/o cartografiado a nivel nacional de movimientos en masa. El modelo de susceptibilidad, utilizó un modelo heurístico multivariado, que implica el análisis cruzado de mapas y geoprocésamiento. Para la validación del modelo se utilizó el Inventario de Peligros Geológicos nacional, resultando que el 86% de movimientos en masa inventariados, se concentran en las categorías de alta a muy alta susceptibilidad. Debido a la ocurrencia del Niño Costero 2017, el INGENMET puso a disposición la plataforma virtual “Perú en Alerta”, en donde se puede observar e identificar un punto específico en el territorio expuesto a peligros geológicos como zonas susceptibles a ocurrencia de deslizamientos, caída de rocas, flujos, inundaciones, entre otros.

De dicho mapa, se puede evidenciar, que el sector de Canocota presenta una susceptibilidad alta y muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa, sobre el cual se encuentra gran parte del tramo de la vía de acceso a Canocota (objeto de estudio del informe), (figura 16).

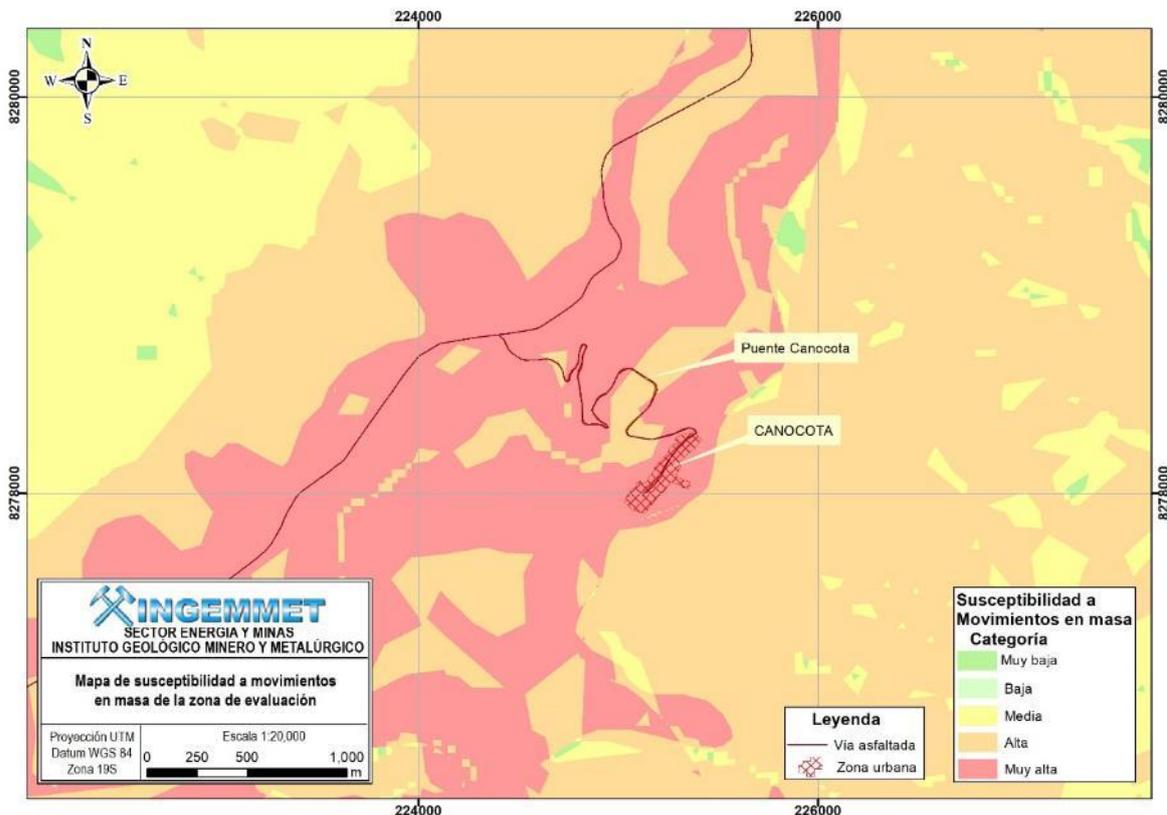


Figura 16. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la zona de estudio.

6. CONCLUSIONES

- a) En la margen derecha del cauce del río Colca, se aprecian deslizamientos antiguos, sobre la cual está construida la vía de acceso al centro poblado de Canocota.
- b) Desde el punto de vista litológico, la vía de acceso a Canocota está construida sobre secuencias de areniscas no litificadas, gravas, limo-arcillitas no litificadas. En la zona también se evidencian suelos inconsolidados (provenientes de deslizamientos antiguos) y suelos retrabajados. Estos tipos de suelos son fáciles de remover cuando están saturados de agua.
- c) Las grietas entre los kilómetros 1.2 y 1.5 de la vía de acceso al centro poblado de Canocota, son originadas por el tipo de litología (areniscas no litificadas, gravas y limos), Además los suelos en la zona se consideran residuales, por que provienen de movimientos en masas antiguos; se sobre la cual está construida la carpeta asfáltica. Estos suelos son inestables si se saturan de agua.
- d) Las aguas vertidas desde el túnel transversal del Canal Majes, están generando infiltración y saturación en los suelos, generando dolinas de hundimiento en los terrenos de cultivo; las dolinas se crean por el colapso de cavernas subterráneas construidas por el paso de las aguas de infiltración.
- e) En base al mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, la vía de acceso a Canocota presenta categoría "Muy alta", frente a movimientos en masas.
- f) Tomando en cuenta los factores condicionantes, tales como litología del terreno, pendiente de los terrenos y presencia de agua en los materiales, se determina que el tramo entre los kilómetros 1.2 y 1.5 de la vía de acceso a Canocota es considerada de "**Peligro Alto**" frente a movimientos en masa, que podría afectar la integridad física de la carpeta asfáltica.

7. RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda realizar un estudio geotécnico a detalle en el tramo afectado por las grietas en la vía de acceso al centro poblado de Canocota.
- b) Mejorar e implementar el sistema de canales con revestimiento de concreto a lo largo de las zonas agrícolas en el sector Canocota, para evitar saturar los terrenos de cultivo.
- c) Controlar el flujo de agua proveniente del túnel transversal del canal Majes Siguan, a fin de evitar la sobre saturación de los suelos en las partes bajas, donde se ubican las zonas agrícolas.
- d) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, que les permita estar preparados ante la ocurrencia de nuevos eventos.

- e) Tomar en cuenta los mapas de susceptibilidad e informes técnicos identificados en los estudios previos, a fin de servir como herramienta en la gestión del riesgo de desastre en la localidad.



Ing. Kevin Arnold Cueva Sandoval



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

8. BIBLIOGRAFÍA

Benavente C.; Delgado G.; García B.; Aguirre E. (2017). Neotectónica, evolución del relieve y peligro sísmico en la región Arequipa. INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

Cerpa L. & Paniagua M. (2009). Carta Geológica del Perú: Mapa Geológico del Cuadrángulo de Chivay, Hoja 32-s, Cuadrante I, escala 1:50 000. Mapa publicado por Ingemmet.

Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072

Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.

Lamadon, S. (1999) - Fluctuations glaciaires et Tephrostratigraphie dans les montagnes intertropicales: Une revue et applications dans les Andes du Sud du Pérou (massifs des Nevados Ampato et Coropuna). Mémoire DEA, Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, 205 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.

Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33

Zavala B.; Churata D. & Varela F. (2019). Geodiversidad y Patrimonio Geológico en el Valle del Colca. INGEMMET, Boletín Serie I: Patrimonio y Geoturismo.