

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7153**

# EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CULLUCHACA

Región Áncash  
Provincia Huari  
Distrito Pontó



MAYO  
2021

## **EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CHULLUCHACA**

*(Distrito de Pontó, provincia de Huari, región Ancash)*

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

*Equipo de investigación:*

*Hugo Gómez Velásquez*

*Lucio Medina Allcca*

*Mauricio Núñez Peredo*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el sector Culluchaca. Distrito de Pontó, provincia Huari, región Ancash. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7153, 35 p.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	6
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	6
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	7
1.3.1. Ubicación .....	7
1.3.2. Accesibilidad.....	8
1.3.3. Clima .....	8
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	9
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	10
2.1.1. Formación Chimú (Ki-chi).....	10
2.1.2. Formación Santa, Carhuaz (Ki-s,ca) .....	11
2.1.3. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g).....	11
2.1.4. Formación Crisnejas (Kis-c).....	11
2.1.5. Formación Jumasha (Ks-j) .....	11
2.1.6. Formación Chota (KsP-cho).....	11
2.1.7. Depósito coluvial (Q-cl).....	11
2.1.8. Depósito coluvio-deluvial (Q-cldl).....	12
2.1.9. Depósito proluvial (Q-pl).....	12
2.1.10. Depósito aluvial (Q-al) .....	12
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	15
<b>3.1. Pendientes del terreno</b> .....	15
<b>3.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	15
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	16
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	17
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	18
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	19
4.1.1. Deslizamiento en Culluchaca.....	21
4.1.2. Factores condicionantes.....	28
4.1.3. Factores desencadenantes .....	28
4.1.4. Daños ocasionados por el deslizamiento .....	29
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	29
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	30
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	31
<b>ANEXO 1: GLOSARIO</b> .....	32



<b>ANEXO 2: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>A. Medidas de mitigación para deslizamientos y derrumbes .....</b>	<b>33</b>

## RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamiento ocurrido el 07 de abril 2021 en el sector Culluchaca; perteneciente al distrito de Pontó, provincia Huari, 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.

Las unidades litoestratigráficas aflorantes y comprometidas don el deslizamiento, corresponden a rocas de la Formación Jumasha y Chota, conformado por limoarcillitas calcáreas con niveles de caliza, estas se presentan muy fracturadas y moderadamente meteorizadas. Cubiertas, por sectores, por depósitos coluviales (material proveniente de deslizamientos antiguos) compuesto por bloques y cantos angulosos con cantos y bloques que varían entre 0.3 a 1.5 m de diámetro, en una matriz areno arcillosa; se presentan mal clasificados y medianamente consolidados.

De igual forma podemos observar geoformas de origen tectónico - degradacional (montañas modeladas en rocas sedimentarias) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos, que configuran geoformas de piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento, coluvio – deluvial y piedemonte aluvio – torrencial).

Ambas condiciones, de sitio, litológica y morfología: substratos rocosos muy fracturados y meteorizados, suelos no consolidados (depósitos coluviales), así como laderas con pendientes muy fuerte a escarpada ( $>45^\circ$ ), permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno (propenso a la erosión y remoción del material (roca y suelo); formando así laderas de alta a muy lata susceptibilidad a los movimientos en masa.

El factor desencadenante, para este deslizamiento, fueron las lluvias intensas registradas durante los meses de febrero y marzo. Estas se infiltraron en el terreno y originaron la reactivación del deslizamiento en el flanco oeste del cerro Cashajirca, en la margen derecha del río Puchca. El evento represó el río y destruyó 870 m de vía nacional Huaraz – Tingo María (PE-14A) en el tramo Pomachaca – Yunguilla; así como 900 m de línea de transmisión eléctrica que dejó sin energía a las provincias de Antonio Raimondi (Ancash) y Huacaybamba (Huánuco); así como varios distritos de la provincia de Huari (Ancash). También se destruyeron 230 m de vía afirmada secundaria y 4 hectáreas de terreno de cultivo.

Por lo antes expuesto, el área evaluada se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto (Peligro Inminente)**, a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes que pueden represar el río Puchca, cuyo desembalse violento puede afectar viviendas, tierras de cultivo e infraestructura aguas abajo del río. Estos movimientos en masa pueden ser reactivados por lluvias intensas y movimientos sísmicos.

En el presente informe, se brinda recomendaciones y alternativas de mitigación estructural y no estructural, en especial el cambio de ruta, por la margen izquierda, del tramo afectado de la carretera nacional; así como poner en consideración a las autoridades competentes, la implementación de zanjas de coronación, forestación con plantas nativas e implementar un sistema de monitoreo permanente, del deslizamiento con la finalidad de prevenir los daños que puedan ocasionar nuevos procesos por movimientos en masa que representen el río Puchca.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico – científico desarrolla, a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional”, contribuyendo 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 las solicitudes de la Oficina Regional de Defensa Nacional y Seguridad Ciudadana del Gobierno Regional de Ancash, Oficios N° 158-2021-GRA-ORDNCYSC/J y N° 162-2021-GRA-ORDNCYSC/J; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación del peligro geológico por movimientos en masa de tipo deslizamiento, que destruyó e interrumpió el tránsito en un sector de la Carretera Nacional Huaraz – Tingo María (PE-14A) tramo Pomachaca – Yunguilla (provincia de Huari, Ancash).

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Hugo Dulio Gómez Velásquez y Mauricio Antonio Núñez Peredo para realizar la evaluación de peligros geológicos, del 15 al 17 de abril del 2021.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet y/o otras instituciones. Los datos obtenidos durante el trabajo de campo como el cartografiado geológico y geodinámico, colocación de puntos de control GPS, fotografías terrestres, así como el levantamiento fotogramétrico con dron (con el fin de observar mejor el alcance del evento); datos que sirvieron para la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Ancash, distritos afectado y entidades encargadas en la Gestión del Riesgo de Desastres, donde se consignan los resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar el peligro geológico por deslizamiento ocurrido el 07 de abril 2021 en el sector Culluchaca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia del deslizamiento.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el sector de Culluchaca se tienen:

- A) Zavala et al., (2009). En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1/250,000, publicado en el Boletín N° 38: Riesgo Geológico en la Región Ancash de la Serie C: Geodinámica e ingeniería geológica, caracteriza al sector Culluchaca con susceptibilidad media (Figura 1); donde se presentan derrumbes y procesos erosión fluvial.
- B) Valdivia & Mamani (2003). En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huari (19-i); describe las unidades litoestratigráficas caracterizadas en el mapa geológico a escala 1/100 000, describe el contexto litológico; visualizando que

el sector Culluchaca se rodea de afloramientos de rocas sedimentarias de la Formación Jumasha y Chota.

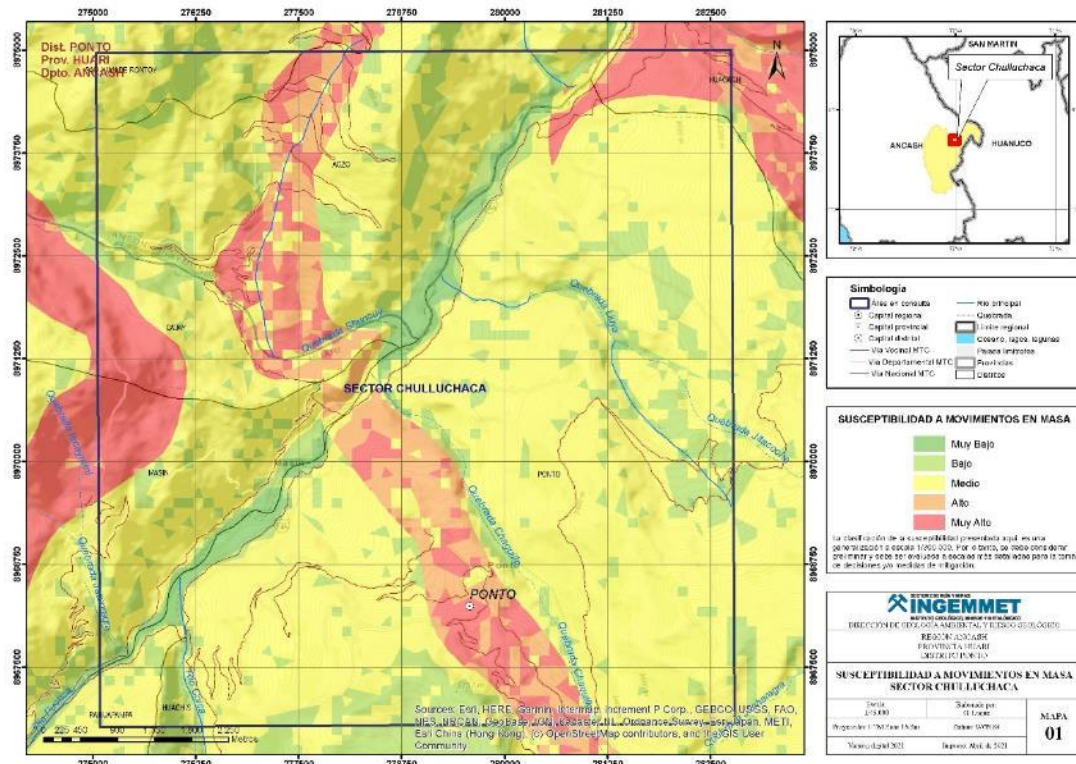


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del sector Culluchaca. Fuente: Zavala et al., (2020).

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El sector Culluchaca, lugar donde ocurrió el deslizamiento, se encuentra ubicado en la margen derecha del río Puchca y margen derecha de la quebrada Chaguillo, a 2.9 km al noroeste de Pontó. Políticamente, pertenecen al distrito de Pontó, provincia de Huari, región Ancash. (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) siguientes (cuadro 1):

**Cuadro 1.** Coordenadas del sector Culluchaca

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	280000	8972000	-9.29°	-77.00°
2	280000	8970000	-9.31°	-77.00°
3	278000	8970000	-9.31°	-77.02°
4	278000	8972000	-9.29°	-77.02°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	279117	8971265	-9.30°	-77.01°



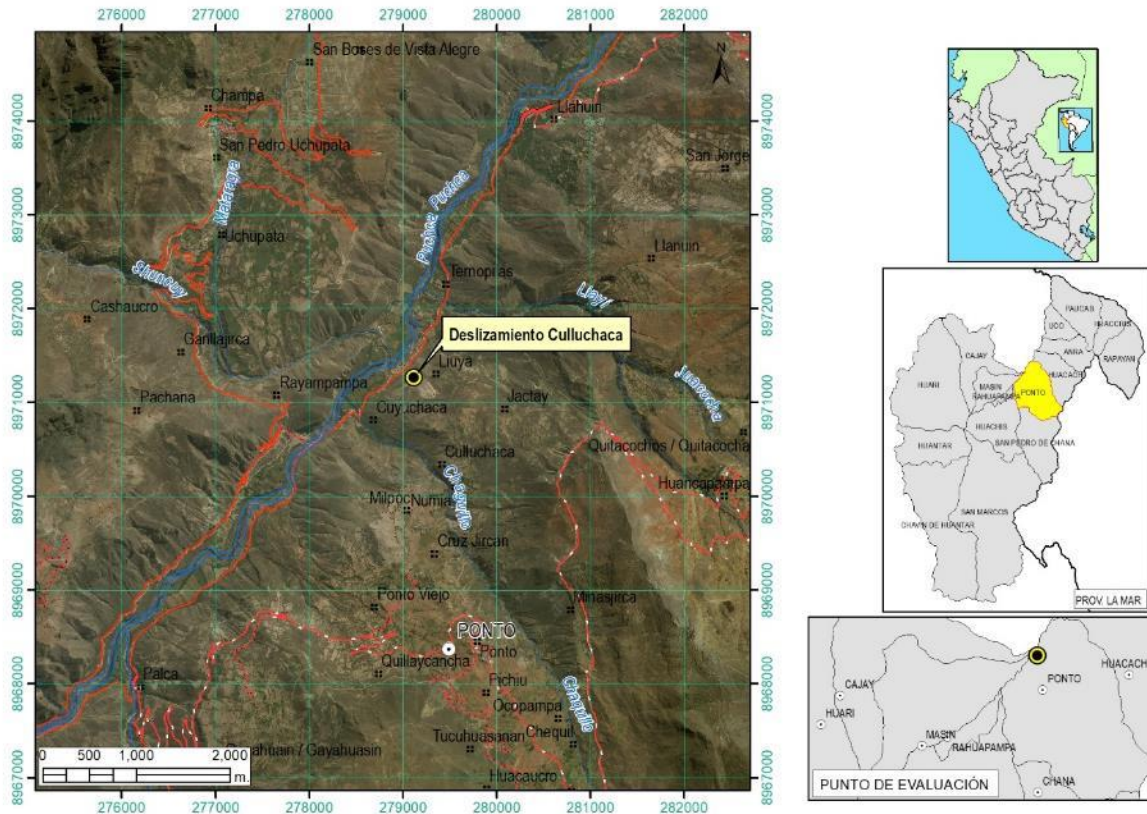


Figura 2. Mapa de ubicación del sector Culluchaca.

### 1.3.2. Accesibilidad

El acceso se hace por vía terrestre desde la ciudad Lima y se sigue la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima - Catac	Carretera asfaltada	367	6:15
Catac – Chavín de Huántar	Carretera asfaltada	67.4	1:20
Chavín de Huántar - Rahuapampa	Carretera asfaltada	38	1:06
Rahuapampa - Culluchaca	Carretera asfaltada	10	0:17

### 1.3.3. Clima

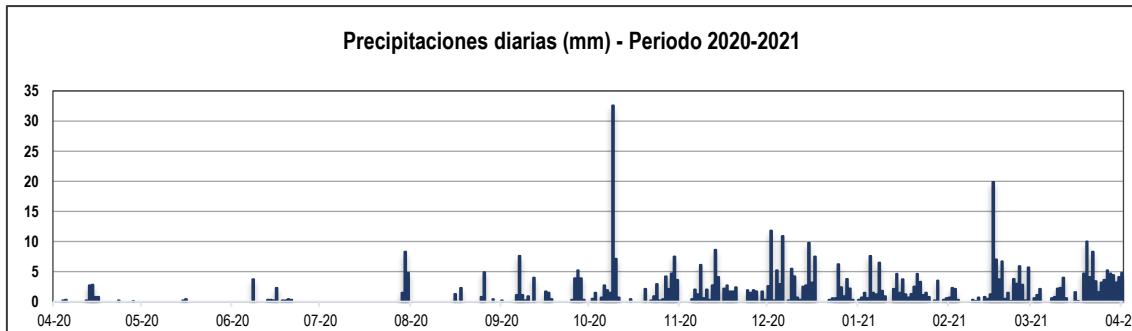
El clima en el distrito de Ponto es muy variado, caracterizado especialmente por tener un clima semifrío con temperaturas promedio de 07° en invierno y 19° en verano.

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

En cuanto a la cantidad de lluvia y de acuerdo a la fuente de datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos ráster y de satélite), la

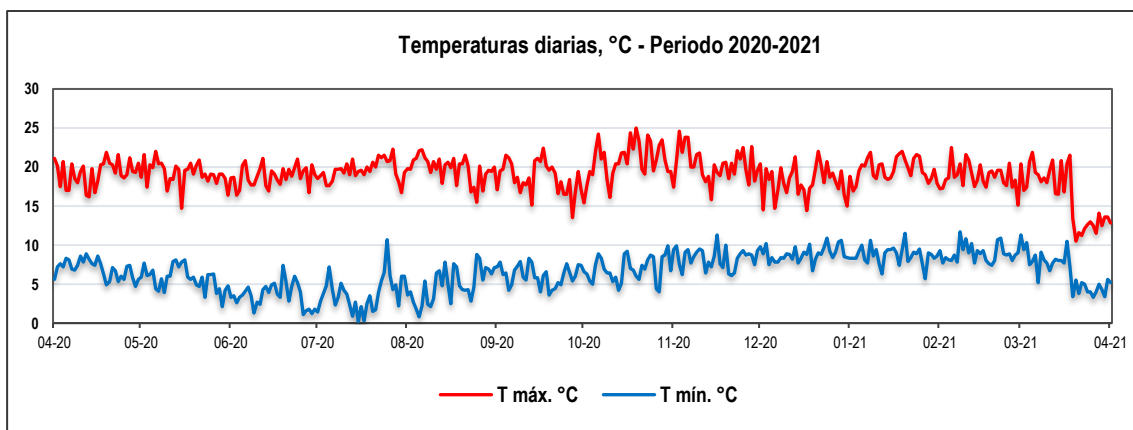


precipitación máxima registrada en el último periodo 2020-2021, fue de 32.6 mm, (figura 3). Así mismo, las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de noviembre a abril.



**Figura 3.** Precipitaciones diarias en mm, distribuidas a lo largo del último periodo 2020-2021. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/7250174>.

La temperatura anual oscila entre máxima de 25.0°C en verano y mínima de 0.2°C en invierno. Presenta una humedad promedio de 63.3% durante casi todo el año, (Fuente: Servicio aWhere).



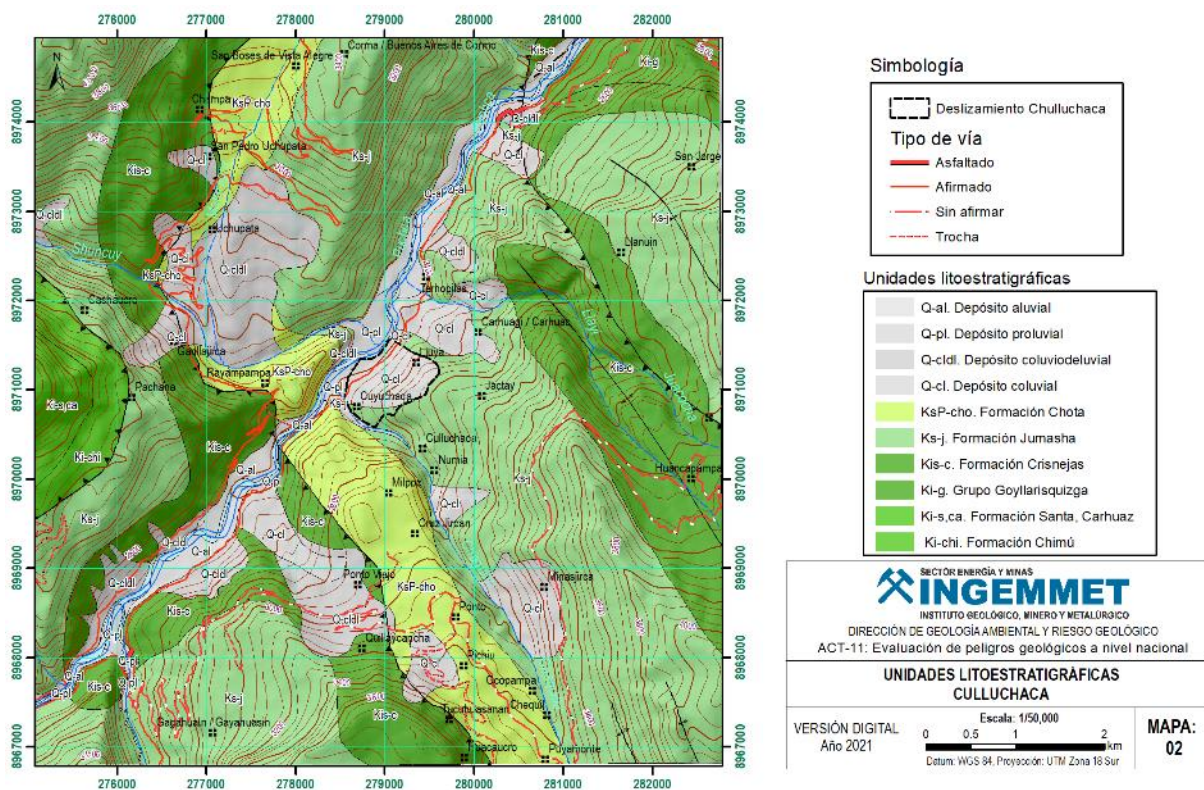
**Figura 4.** Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del último periodo 2020-2021. La figura permite analizar a partir de datos históricos, la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/7250174>.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Los aspectos geológicos y el mapa adaptado a la zona evaluada tienen como base la carta geológica del cuadrángulo de Huarí, hoja 29i, a escala 1/100 000 elaborado e integrado por Ingemmet (2017); donde se reconocen afloramientos de rocas sedimentarias del Cretácico y depósitos superficiales del Cuaternario. La cartografía geológica, se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

## 2.1. Unidades litoestratigráficas

De acuerdo al mapa geológico presentado en la figura 5, se observan el afloramiento de unidades litoestratigráficas que afloran en el sector de Culluchaca y alrededores, son de origen sedimentario y corresponden a las formaciones Chimú, Santa-Carhuaz, Crisnejas, Jumasha, Chota, Grupo Goyllarisquizga. Asimismo, estas unidades se encuentran cubiertos por depósitos coluviales, coluvio-deluviales, proluviales y aluviales (figura 5).



**Figura 5.** Mapa geológico del sector Culluchaca y alrededores. Integrado por Ingemmet (2017).

### 2.1.1. Formación Chimú (Ki-chi)

De acuerdo a Valdivia & Mamani (2003), la base de la Formación Chimú está compuesta por bancos medianos a gruesos, de areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio, intercaladas con limoarcillitas carbonosas y niveles discretos de carbón. Hacia la parte superior está compuesta por bancos gruesos de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, frecuentemente con laminaciones sesgadas y horizontales.

A nivel regional, el grosor de la unidad es variable, en la parte central al oeste de Huarí puede alcanzar los 500 m, mientras que hacia el norte se adelgaza y puede variar entre los 200 y 300 m. En la zona de evaluación, aflora al sureste del deslizamiento de Culluchaca con dirección sureste y noroeste.

#### 2.1.2. Formación Santa, Carhuaz (Ki-s,ca)

La Formación Santa, está compuesta hacia la base por intercalaciones de areniscas cuarzosas y limoarcillitas calcáreas de color verde, además de delgados niveles de calizas. Hacia la parte superior consiste principalmente de bancos delgados de calizas grises a veces con chert, intercaladas con algunos niveles de limoarcillitas calcáreas grises y con presencia de lentes de yeso. El grosor de la unidad en esta parte de la cuenca varía entre 80 y 100 m. Asimismo, Formación Carhuaz sobreyace concordantemente a la Formación Santa, consiste en bancos delgados a medianos de areniscas cuarzosas de grano medio a fino, que se intercalan con limoarcillitas grises, negras, verdes y rojas. Hacia la parte superior resalta una secuencia de areniscas blancas con laminaciones oblicuas curvas y horizontales, a nivel regional presenta grosores que puede alcanzar los 500 m.

#### 2.1.3. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Al noreste del deslizamiento Culluchaca, en el poblado de Llahuin, el Grupo Goyllarisquizga que compone las formaciones Oyón, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, no fueron diferenciadas.

#### 2.1.4. Formación Crisnejas (Kis-c)

Aflora al noreste del poblado de Llahuin, de acuerdo a Jacay (1996), consiste predominantemente de calizas gris azuladas, margas grises y amarillentas con intercalaciones de calizas graistone; con niveles que desprenden olores algo fétidos (olor a hidrocarburo) en la parte inferior de esta formación.

#### 2.1.5. Formación Jumasha (Ks-j)

Valdivia & Mamani (2003) ha diferenciado tres miembros; sin embargo, por razones de escala y continuidad del mismo, lo cartografió en conjunto.

La secuencia inferior de 20 a 30 m de grosor, consiste en una alternancia de limoarcillitas calcáreas negras y grises con delgados niveles de caliza. La parte media de la formación, comprende una secuencia monótona de calizas grises claros a beige en estratos medianos a gruesos (fotografía 1). La parte superior está compuesta por calizas negras y grises, estratificadas en bancos medianos a delgados, que se intercala con limoarcillitas grises, a veces negras. En conjunto, las calizas están replegadas, presentan fósiles y el grosor aproximadamente tiene entre 400 y 500 m. Se presentan muy fracturadas y meterorizadas, rocas de calidad geomecánica mala a media.

El deslizamiento de Culluchaca, se generó sobre esta formación; también, se observa, ocurrencia eventos similares en otros lugares.

#### 2.1.6. Formación Chota (KsP-cho)

La Formación Chota, consiste de areniscas, limoarcillitas y limolitas rojas. En la base de la formación es frecuente encontrar areniscas y limoarcillitas verdes. Las limolitas hacia la parte superior son calcáreas (fotografía 2). El grosor aproximado de esta formación es variable y puede alcanzar los 800 m.

#### 2.1.7. Depósito coluvial (Q-cl)



Se encuentran en los flancos de los valles y corresponden principalmente a depósitos de deslizamientos antiguos y recientes, está compuesto por bloques y cantos angulosos de tamaños variables, envueltos en una matriz areno arcillosa (fotografía 3).

#### 2.1.8. Depósito coluvio-deluvial (Q-cldl)

Corresponden a la combinación de depósitos coluviales y deluviales; además, son acumulaciones que ubican generalmente en la vertiente con talud suave a moderado. Su origen está asociado a flujos no canalizados. Estos depósitos han sido removidos por la escorrentía formada por precipitaciones pluviales, la cual no se encuentra encauzada o ha sido transportada por torrentes de corto recorrido; asimismo, se les encuentra como capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños y redondeados, y es de alta susceptibilidad por la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamientos, reptaciones y por la erosión en cárcava.

#### 2.1.9. Depósito proluvial (Q-pl)

Los depósitos se originan a partir de los depósitos de los flujos de detritos (huaicos), por la existencia de material detrítico suelto acumulado y cuando ocurren precipitaciones pluviales intensas se saturan, pierden su estabilidad y se movilizan torrente abajo por las quebradas. Sus depósitos llegan a confundirse muchas veces con las terrazas aluviales; el material que los constituye es heterométrico y está mal clasificado, por lo general son subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz fina, permeables, medianamente consolidados; son susceptibles a la erosión fluvial, los derrumbes y los deslizamientos. Geomorfológicamente están asociados directamente a las unidades de abanicos proluvio/aluviales y abanicos aluvionales. Zavala et al., (2009).

#### 2.1.10. Depósito aluvial (Q-al)

Son depósitos semiconsolidados, presentan cierto grado de consolidación, erosionado por el cauce actual del río Pushca. Este depósito corresponde a una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales tienen selección de regular a buena, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial. Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terraza alta, susceptibles a la erosión fluvial (socavamiento en el pie de terrazas) y algunos pequeños derrumbes.



**Fotografía 1:** Vista panorámica tomado con dirección sur, se observa afloramiento de la Formación Jumasha formado por limoarcillitas calcáreas con intercalación de calizas gris claro a beige en estratos medianos a grueso.



**Fotografía 2:** Vista panorámica tomada con dirección noroeste hacia la quebrada Shuncuy, se observa afloramientos de la Formación Chota formado por areniscas y limoarcillitas calcáreas





**Fotografía 3:** Vista tomada margen derecha de la quebrada Chaquillo coordenadas UTM zona 18: 278548.89 m E - 8970878.12 m S, se observa depósitos coluviales compuesto por bloques y cantos angulosos de tamaños variables.



**Fotografía 4:** Vista del fondo del valle del río Pushca, se observa depósitos aluviales



### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Pendientes del terreno

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

En la figura 6, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a la información del modelo de elevación digital de 30 m de resolución (ALOS World 3D), donde se presentan con mayor predominio laderas con pendientes muy fuerte a escarpado ( $25^{\circ}$  -  $45^{\circ}$ ) con un cambio abrupto a terrenos muy escarpados ( $>45^{\circ}$ ). Asimismo, la pendiente en el fondo de valles, márgenes del río Puchca es menor a  $5^{\circ}$ .

En la ladera donde ocurrió el deslizamiento de Culluchaca, se ha formado en laderas de pendiente con rango de  $25^{\circ}$  a  $45^{\circ}$ , considerado como muy fuerte a escarpada; localmente, existe lugares donde la pendiente es mayor a  $45^{\circ}$ .

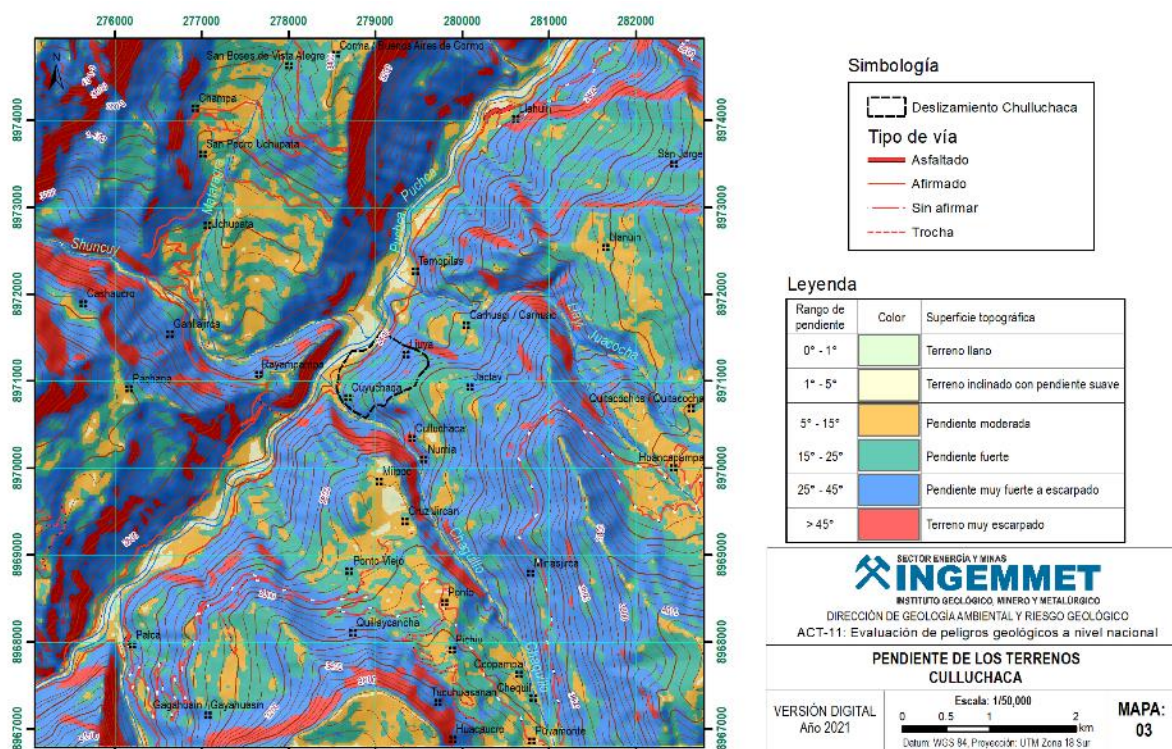


Figura 6. Mapa de pendientes del sector Culluchaca y alrededores

#### 3.2. Unidades geomorfológicas

La cartografía geomorfológica y la delimitación de las unidades geomorfológicas, se realiza utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (geformas de carácter tectónico degradacional y erosional o geformas de carácter depositacional y agradacional); individualizando tres tipos generales y específicos del relieve en función de su altura relativa, diferenciándose montañas, piedemontes y planicies.

Para la delimitación de las subunidades geomorfológicas, se considera los límites de las unidades litoestratigráficas (substrato rocoso y depósitos superficiales dando énfasis en la diferenciación de los depósitos recientes, sobre todo depósitos de movimientos en masa identificados en campo y con ayuda de las fotografías aéreas e imágenes satelitales.

En la figura 7 se presentan dichas unidades y subunidades geomorfológicas identificadas y caracterizadas en la zona de Culluchaca y alrededores, seguida de conceptualizaciones geomorfológicas y características de las siguientes.

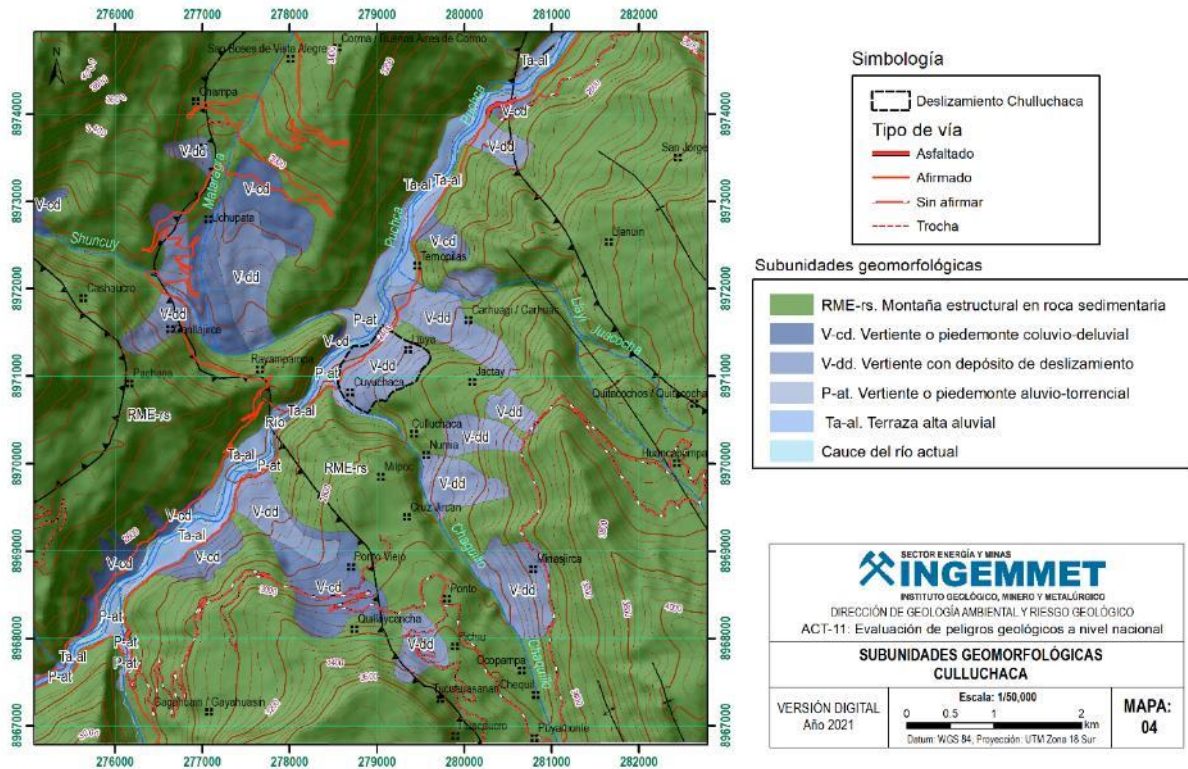


Figura 7. Mapa geomorfológico.

### 3.2.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

#### 3.2.1.1. Unidad de montañas

Las montañas, son geformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se ha diferenciado la siguiente subunidad:

**Montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs):** La morfología de esta subunidad geomorfológica se debe al plegamiento de las rocas superficiales de la corteza terrestre y que todavía conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas por procesos denudacionales.

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria, corresponden a las formaciones Chimú, Santa-Carhuaz, Crisnejas, Jumasha, Chota, Grupo Goyllarisquiza; estructuralmente, se presenta como alineamientos montañosos compuestos por secuencias bien estratificadas, plegadas con buzamientos de las capas que controlan la pendiente de las laderas. Se



encuentran conformando anticlinales, sinclinales, cuestas y espinazos, que le dan una característica particular en las imágenes de satélite.



**Fotografía 4.** Vista aérea del relieve de la montaña estructural modelada en roca sedimentaria (RME-rs) ubicado en el sector de Culluchaca.

### 3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afecta la geoforma anteriormente descrita, aquí se tienen:

#### 3.2.2.1. Subunidad de vertiente con depósito coluvio - deluvial (V-cd)

Subunidad geomorfológica, formada por depósitos inconsolidados a ligeramente consolidados; muestran una composición litológica homogénea; además, los depósitos son de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes de áreas fluviales.

Se desarrolla en las laderas de las montañas, por la acumulación de material caído desde las partes altas por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial.

#### 3.2.2.2. Sub unidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Esta subunidad corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa prehistóricos, antiguos y recientes de tipo deslizamiento. Su morfología es convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

#### 3.2.2.3. Subunidad de piedemonte aluvio – torrencial (P-at)



Corresponde a una planicie inclinada extendida al pie del sistema montañoso, formada por el acarreo de material aluvial, arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional, en ocasiones a manera de flujos y avalanchas de detritos. Se depositaron en la desembocadura de las quebradas y están asociadas a lluvias excepcionales; además, se observa que modificó la dirección del curso del río Pushca.

#### 3.2.2.4. Sub unidad de terraza alta aluvial (T-al)

Son porciones de terreno alargado ligeramente inclinado (pendiente menor a 5°) que se encuentran dispuestas a los costados del cauce principal del río Pushca. Su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos) que corresponden principalmente a rocas polimícticas. Estos materiales fueron acarreados y depositados por el caudal del río Puchca y sus afluentes. Presenta desniveles entre 15 a 20 metros con respecto al nivel de estiaje de los ríos.



**Figura 8.** Vista aérea, se observa unidades geomorfológicas que se identificaron en el área de estudio: relieve de montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs), vertiente coluvio-deluvial (V-cd), vertiente de deslizamiento (V-dd) y terraza aluvial (T-al)

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbes y flujo de detritos (huaicos). Estos procesos son resultado de la actividad geodinámica (procesos exógenos y endógenos) como el modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos procesos 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 a factores intrínsecos como la morfología del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial y subterráneo y la cobertura vegetal. Los “desencadenantes” o “gatillos” de estos eventos son las intensas precipitaciones pluviales y la sismicidad (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007).

#### **4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa**

El área de estudio presenta una geodinámica muy activa en ambas márgenes del río Puchca, representada por deslizamientos antiguos y reactivados, derrumbes, depósitos de flujo de detritos antiguos y recientes, así como erosión de laderas (cárcavas) (figura 8). Luego de la evaluación a detalle del área, esta se considera de susceptibilidad media a muy alta ocurrencia de movimientos en masa; considerándose este deslizamiento como zona crítica.

Según el inventario de peligros geológicos Ingemmet, (2019), en este sector se cartografiaron derrumbes en el talud superior de la carretera nacional (código de inventario 145221134), con la siguiente descripción: *La ocurrencia de estos procesos geológicos se desarrolla por la presencia de material no consolidado en el talud superior de la carretera, formado por depósitos de antiguos deslizamientos, así como también a la actividad antrópica como la construcción de la carretera. Este evento puede ser “detonado” lluvias intensas.* El 7 de abril del presente año, el sector presentó la reactivación de un evento a manera de derrumbes inicialmente, para luego convertirse en un deslizamiento rotacional de gran magnitud, afectando tramo de carretera nacional Huaraz – Tingo Maria, red de transmisión eléctrica y terrenos de cultivo

Por otro lado, también se tiene identificado en la quebrada Shuncuy, que drena al río Puchca por su margen izquierda (al frente del deslizamiento en evaluación), una deslizamiento -avalancha antiguo y reactivado con código de inventario 145221144. Este se desarrolla sobre material no consolidado formado por depósitos coluvio – deluviales, en una ladera de media a fuerte pendiente (15° a 25°). En el mes de junio del año 2020, se produjo la reactivación del deslizamiento, una gran masa de terreno se deslizó en dirección de la quebrada, represándola y provocando la destrucción de terrenos de cultivo (Sosa & Gómez, 2020) (fotografía 4).



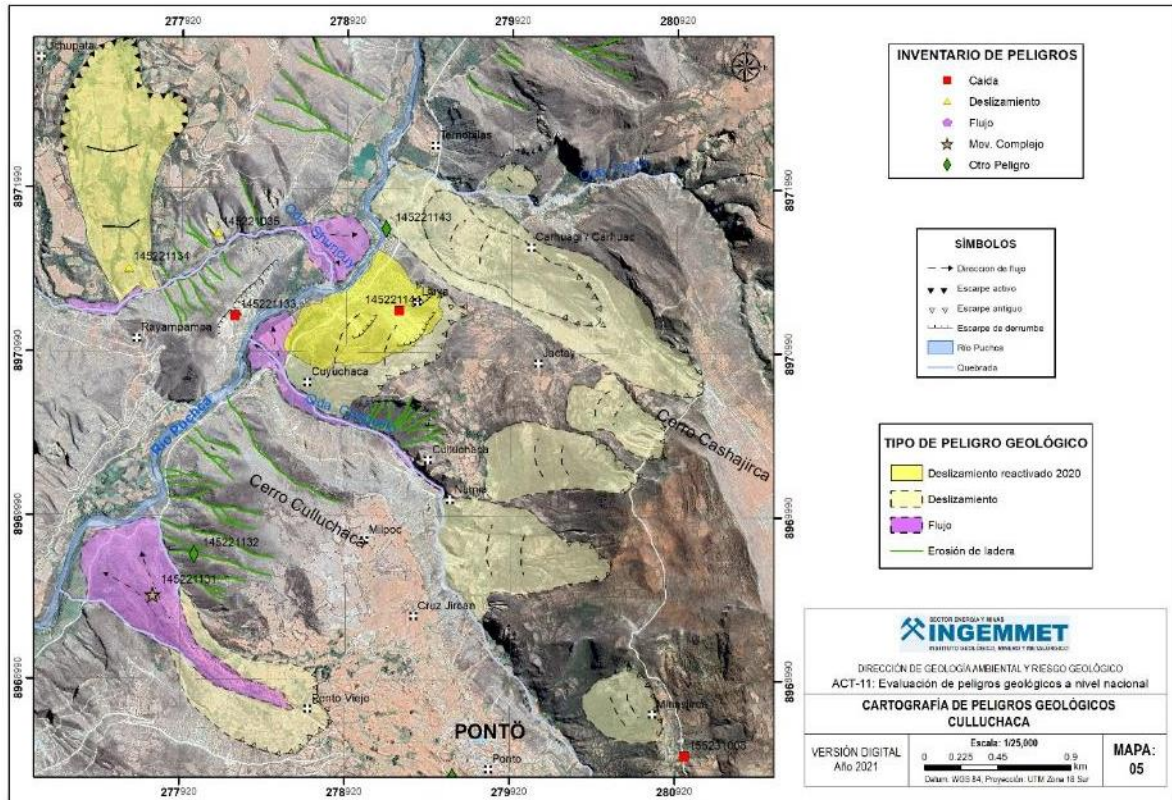


Figura 9. Cartografía de peligros geológicos en el área de estudio.



Fotografía 4: Vista panorámica tomado con dirección oeste del deslizamiento con código de inventario 145221144 ubicado en el sector Uchupata, reactivado en junio del año 2020, que represó parcialmente las aguas de la quebrada Chuncuy



#### 4.1.1. Deslizamiento en Culluchaca

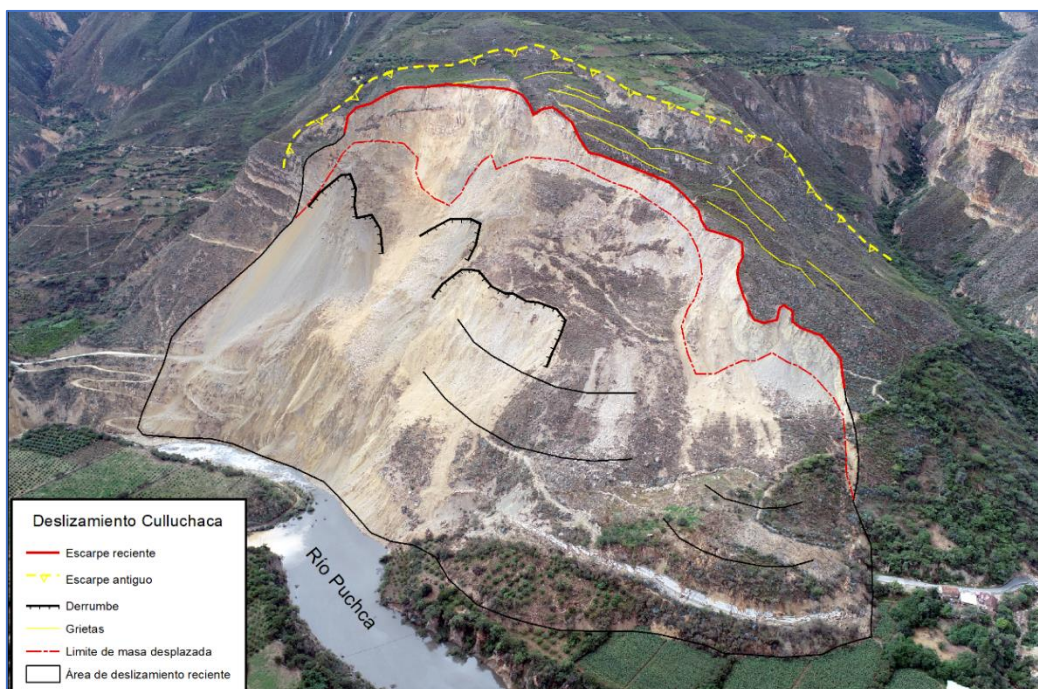
Antes del evento, se identificaron escarpes de deslizamientos antiguos y derrumbes, principalmente en las laderas del flanco noroeste del cerro Cashajirca, en la margen derecha del río Pushca (código de inventario 145221134), de los cuales resalta el deslizamiento antiguo que presenta un escarpe con longitud aproximado de 780 m (figura 10) con movimiento vertical de 15 y 20 m (fotografía 5). También, grietas longitudinales de 100 y 400 m de manera discontinua con distanciamiento entre sí de 30 a 40 m (figura 11 Y 12). Estas grietas por la antigüedad presentan erosión y con cobertura vegetal.

Los procesos geológicos se desarrollan en rocas de tipo limoarcillitas calcáreas y de calizas (Fm. Jumasha), estratos con azimuth  $162^\circ$  y su buzamiento  $11^\circ$  al suroeste. La masa desplazada presenta estratos con azimuth de  $201^\circ$  y su buzamiento  $22^\circ$  noroeste, lo cual indica que el cuerpo presenta un leve giro o desplazamiento al oeste, ver figura 14.

La Carretera Nacional PE-14 A (tramo Pomacacha – Yunguilla) se construye sobre el depósito de deslizamiento antiguo. El material está formado por cantos y bloques angulosos con diámetros que varían entre 0.3 a 1.5 m de diámetro, en una matriz arcillo – limosa y formando depósitos inconsolidados.

Con los trabajos de campo realizados, se identificaron los siguientes procesos: reactivación del deslizamiento cuya masa se desplaza con dirección al río Pushca, así como la ocurrencia de derrumbes (figura 9). Estos represaron el río Puchca, formando un dique natural de una altura de 28 m, 280 m de largo, abarcando un área de  $7,840 \text{ m}^2$  y un volumen de  $196,000 \text{ m}^3$ .

El embalse generado, actualmente fluye parcialmente, erosionando el costado izquierdo del dique. De ocurrir un evento similar, en épocas de avenidas, este volvería a represar el río, la posterior ruptura del dique puede ser violenta y podría afectar viviendas, terrenos de cultivo e infraestructura aguas abajo del río Pushca.

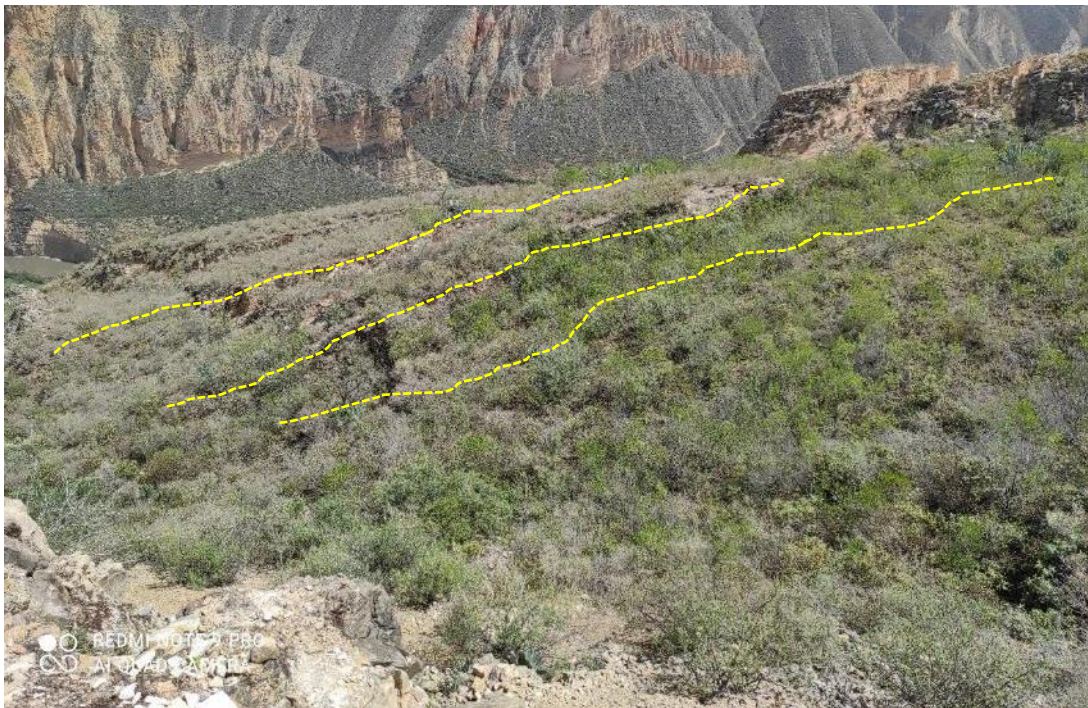


**Figura 10.** Vista aérea del deslizamiento de Culluchaca, sobre el que se observa el escarpe antiguo (líneas entre cortadas de color amarillo), escarpe reactivado del 08 de abril (línea de color rojo) y grietas (línea de color negro).



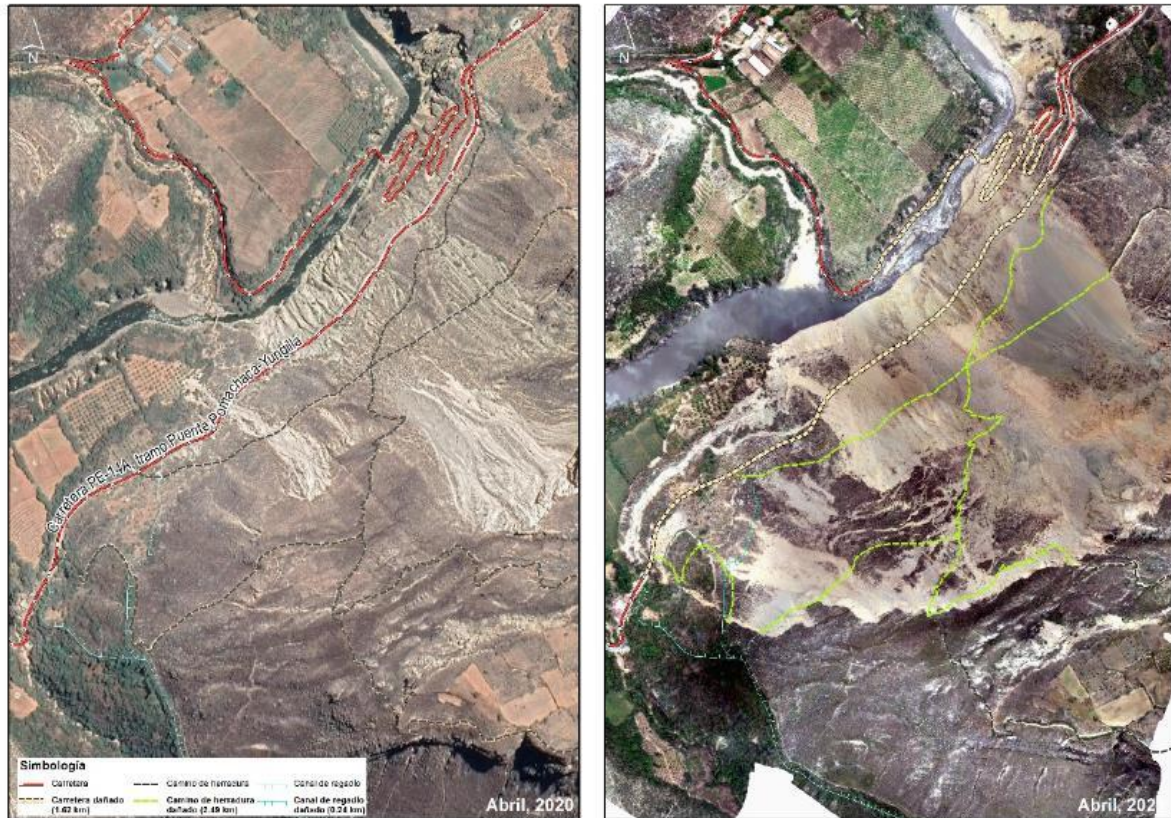


**Fotografía 5.** Vista panorámica de escarpe principal de antiguo deslizamiento, tomado con dirección sur. Se observa salto vertical que varía entre 15 a 20m.



**Figura 11.** Vista de grietas longitudinales de antiguo deslizamiento que presenta una longitud de 80 a 100m de longitud con un espaciado de 30m entre sí (tomado con dirección noroeste)





**Figura 12.** Vista de dos imágenes, izquierda (antes del evento (abril 2020)) y derecha (post evento (abril 2021)), donde se aprecia el área del deslizamiento reactivado. Nótese los daños ocasionados por el evento del 2021, tanto en vía nacional PE-14<sup>a</sup> (tramo Pomachaca-Yunguilla), vías afirmadas, caminos de herradura, canal de regadío sin revestir, puente y terrenos de cultivo

#### 4.1.1.1. Características del deslizamiento

La cartografía del deslizamiento que se ubica en la margen derecha del río Pushca; así como, el área reactivada el 7 de abril del presente año (figura 13), para demostrar la dinámica del deslizamiento se realizó un perfil transversal (figura 14).

A continuación, se detalla las características del deslizamiento:

- Escarpe principal reactivado: 1130 m.
- Ancho promedio de la masa desplazada: 788 m.
- Desplazamiento vertical que varía entre 20 a 25 m. (figura 15)
- Desplazamiento horizontal que varía entre 50 a 60 m. (figura 16)
- Forma de la superficie de rotura: irregular semicircular.
- Diferencia vertical aproximada de la corona a la base del deslizamiento 340 m.
- Dirección (azimut) del movimiento de la masa: norte 312°
- Área del deslizamiento reactivado: 403 214 m<sup>2</sup>
- Volumen deslizado: ~ 6'000,000 m<sup>3</sup>

Características del embalse:

- Tipo de represamiento: Tipo III (represamiento sin run up y abarcando el cauce encajonado del río)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Según Costa y Shuster (1988) en Proyecto Multinacional Andino: GCA (2007)

- Longitud: ~ 215 m
- Altura: ~ 14 m
- Ancho: 20 m
- Condiciones actuales: corona rebosada por el caudal, este sale de la represa y fluye superficialmente sobre la presa, erosionándola moderadamente
- Volumen de material embalsado: 60,200 m<sup>3</sup>

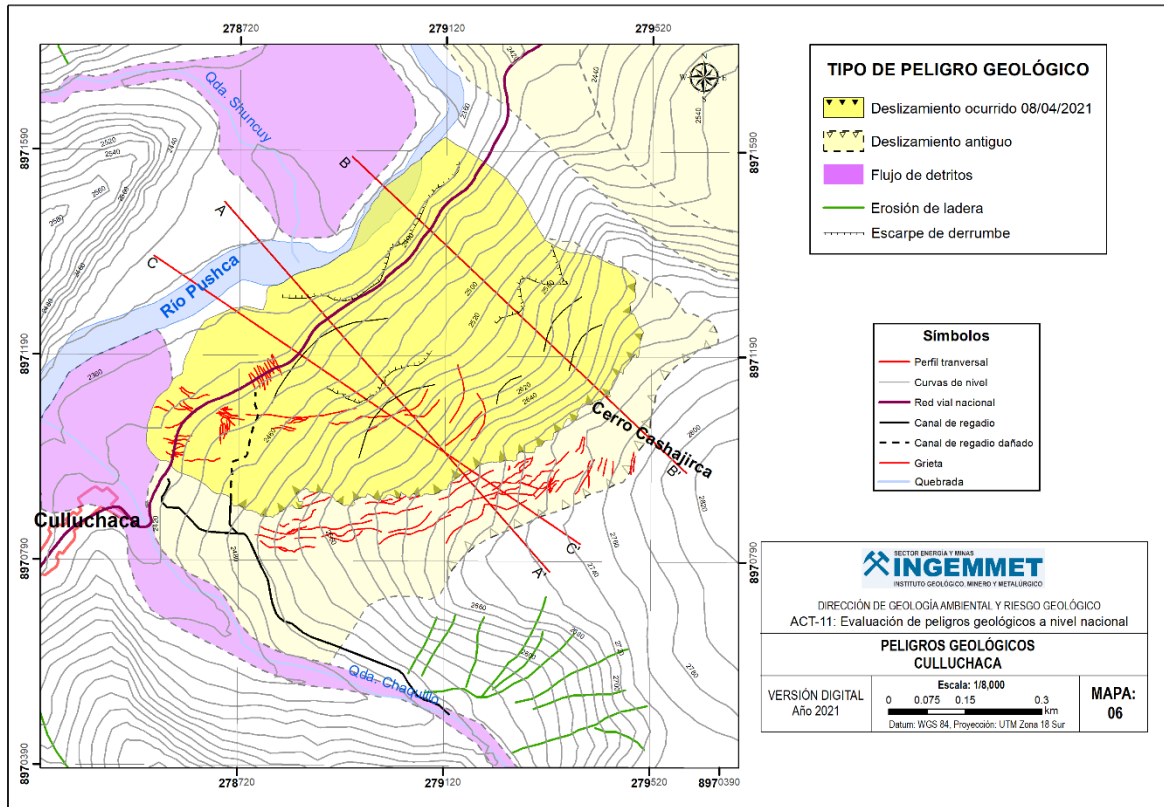


Figura 13. Cartografía de peligros geológicos en el sector de Culluchaca,



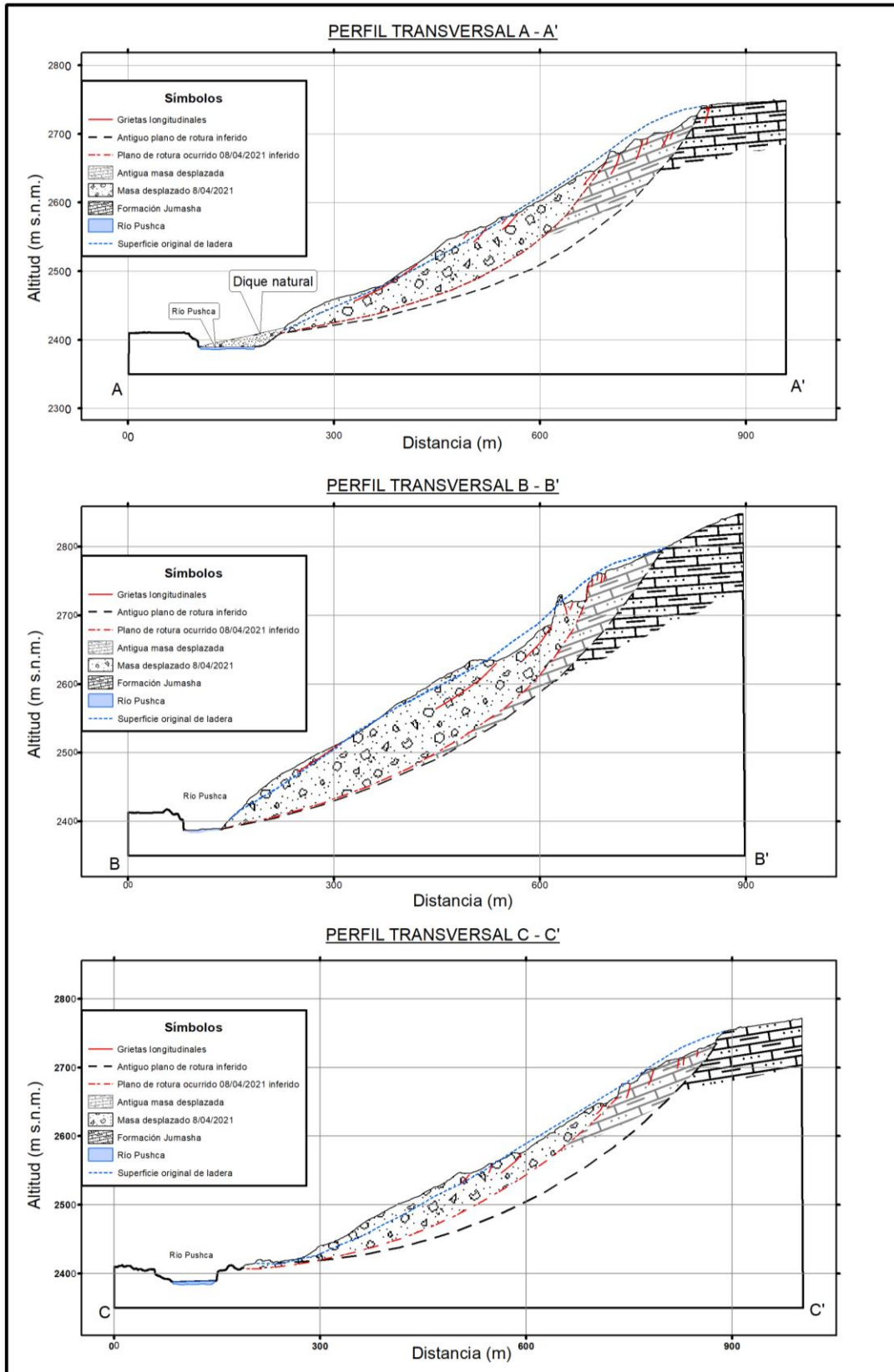
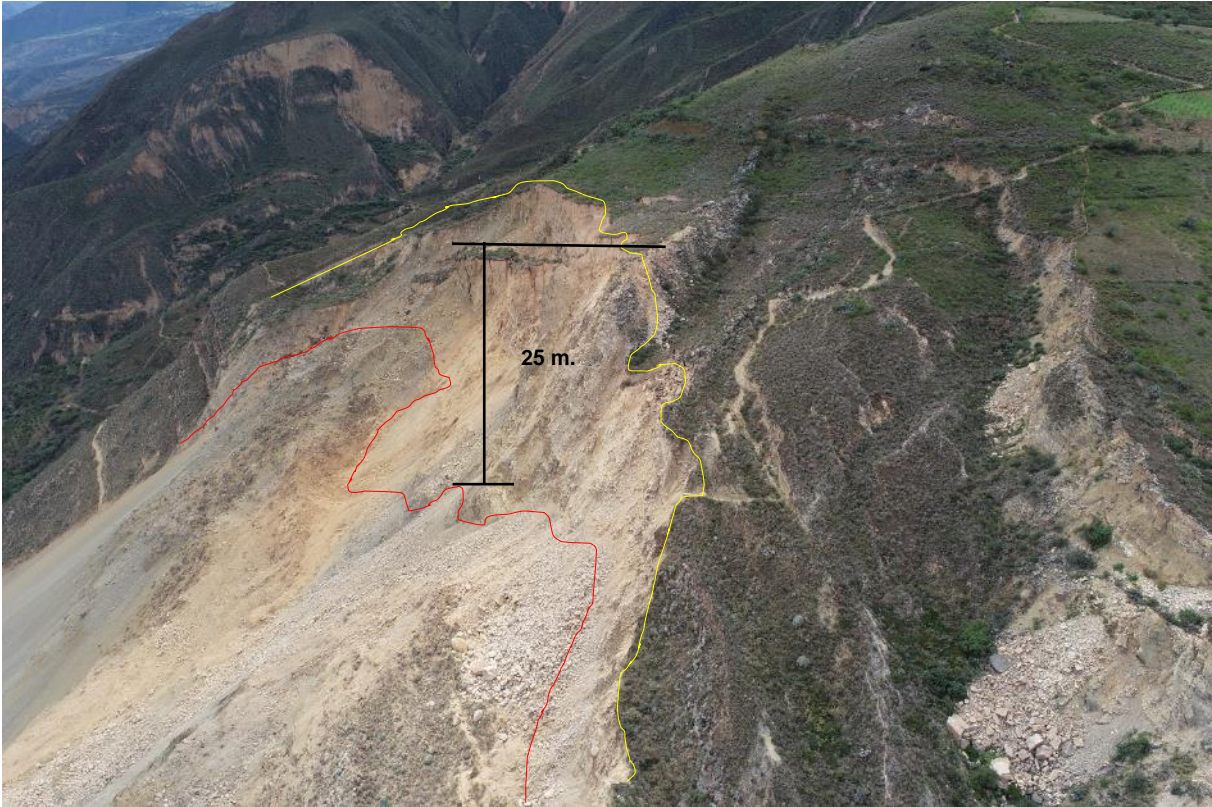
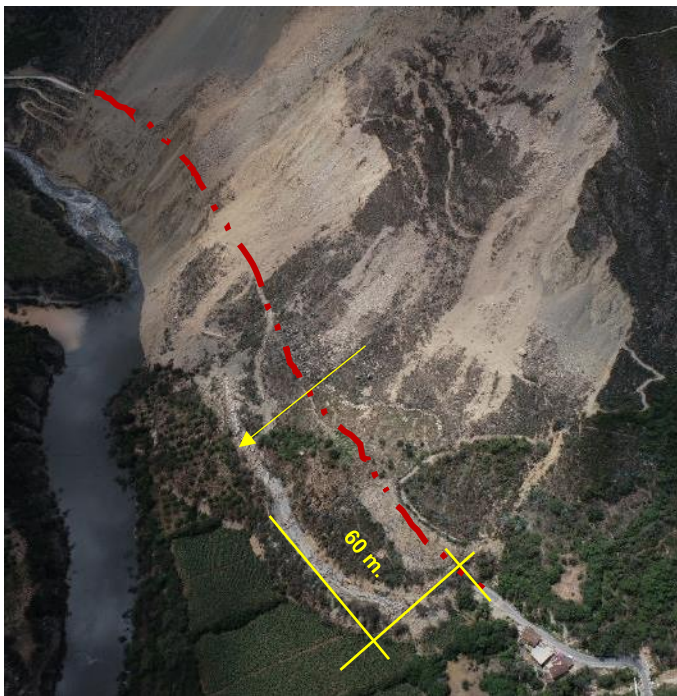


Figura 14: Perfil transversal del deslizamiento antiguo y el reactivado el 7 de abril.



**Figura 15** Imagen aérea se observa escarpe del deslizamiento ocurrido el 8 de abril del 2021 con desplazamiento vertical de 25m.



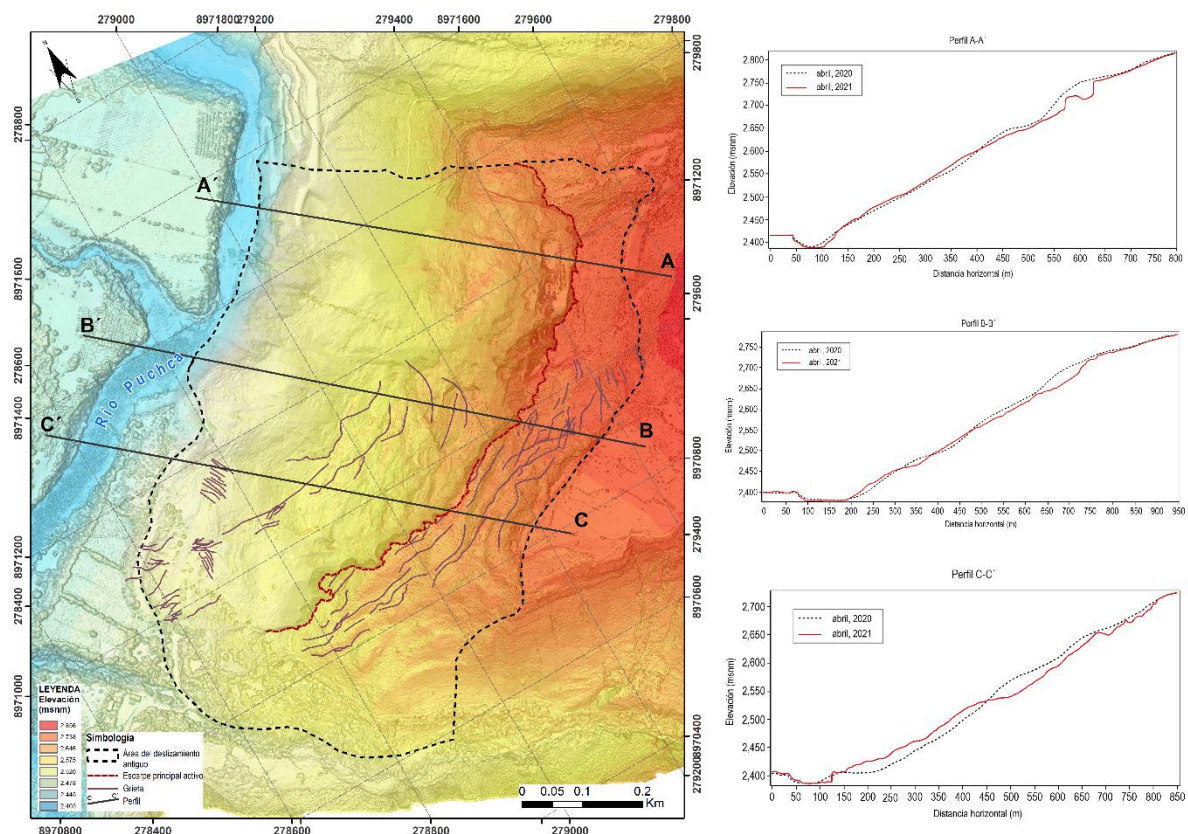
**Figura 16** Imagen aérea, se observa el pie del deslizamiento donde se produjo un desplazamiento horizontal de 60



#### 4.1.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento en el sector de Culluchaca

Con el MDT (Modelo Digital del Terreno) de resolución 0.18 m/px, obtenido mediante levantamiento fotogramétrico aéreo con Drone, en el sector Culluchaca se ha realizado un perfil transversal (figura 15), que se describe a continuación; sobre el cual se realiza un análisis del relieve del terreno del año 2020 con el relieve post evento donde:

- En el perfil A-A': se observa la zona de hundimiento que inicia en el escarpe del evento hasta los 2600 m s.n.m. de altitud, seguido por una zona de acumulación hasta la base del evento.
- En el perfil B-B': se observa la zona de hundimiento que inicia en el escarpe del evento hasta los 2550 m s.n.m. de altitud, seguido por una zona de acumulación hasta la base del evento.
- En el perfil C-C': se observa la zona de hundimiento que inicia en el escarpe del evento hasta los 2540 m s.n.m. de altitud, seguido por una zona de acumulación hasta la base del evento. En este sector es donde el desplazamiento de la masa es mayor (ver figura 17)



**Figura 17.** Perfiles longitudinales donde se hace una comparación de un relieve donde se observa la zona de acumulación y hundimiento usando imágenes del año 2020 con imagen post evento.



#### 4.1.2. Factores condicionantes

##### Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por una alternancia de limoarcillitas calcáreas con niveles de calizas; meteorizado y muy fracturado (presencia de fallas geológicas en el área), los cuales condicionan la inestabilidad en las laderas.
- Los suelos no consolidados (depósitos coluvio – deluviales), adosados a las laderas del cerro Cashajirca, compuestos principalmente por bloques de formas angulosas a subangulosas, con diámetros que varían de 0.3 a 1.5 m de diámetro, en una matriz arcillo – limosa. Materiales inestables de fácil erosión y remoción con precipitaciones pluviales intensas.

##### Factor geomorfológico

- Unidades de montaña que se encuentran modeladas en rocas sedimentarias, de laderas con pendientes muy fuerte (25°) a escarpado (45°); permite que el material (rocas trituradas y suelos) se erosione y movilice pendiente abajo por efecto de la gravedad (deslizamientos y derrumbes) y acción de las aguas de escorrentía.

##### Factor antropogénico

- Ocupación inadecuada del suelo como terrenos de cultivos en zonas vulnerables (sobre la cabecera del deslizamiento).
- Sistema de riego precario, con canales sin revestir, que atraviesan la zona inestable.
- Corte de talud y trazo de carretera sobre el pie del deslizamiento (depósitos inconsolidados)

#### 4.1.3. Factores desencadenantes

- Intensas precipitaciones pluviales: la precipitación máxima registrada en el periodo 2020-2021, de aproximadamente 32.6 mm; así como de lluvias estacionales.



**Fotografía 6.** Vista tomado con dirección noroeste en la coordenada

#### 4.1.4. Daños ocasionados por el deslizamiento

- Afectó 870 m de Carretera Nacional Huaraz – Tingo María (PE-14A), tramo Pomachaca - Yunguilla.
- 900 m de línea de transmisión eléctrica que dejó sin energía a las provincias de Antonio Raimondi (Ancash) y Huacaybamba (Huánuco); así como varios distritos de la provincia de Huari (Ancash).
- 01 puente destruido.
- 230 m de vía afirmada.
- 4 hectáreas de terrenos de cultivo

## 5. CONCLUSIONES

1. El deslizamiento de Culluchaca comprometió rocas sedimentarias compuestas por una alternancia de limoarcillitas calcáreas y calizas en estratos delgados de Formación Jumasha. Cubiertas por depósitos coluviales no consolidados, formados por cantos y bloques angulosos de tamaño que varían entre 0.3 hasta 1.5 m de diámetro, en una matriz arcillo – limosa, muy susceptibles a la generación de movimientos en masa.
2. El deslizamiento de Culluchaca ocurrido el 7 de abril, en el flanco oeste del cerro Cashajirca, ubicado en la margen derecha del río Puchca, es de tipo rotacional y podría considerarse como retrogresivo. La escarpa principal del deslizamiento tiene 1,130 m de longitud, con desplazamiento vertical entre 20 y 25 m; desplazamiento horizontal entre 50 y 60 m movilizó aproximadamente 6'000,000 m<sup>3</sup> de material.
3. Parte del material removido represó el río formando un dique natural de Tipo III, con 215 m de longitud, 20 m de ancho y 14 m de altura promedio, con un volumen 60,200 m<sup>3</sup> de material. Un nuevo deslizamiento puede volver a represar el río, el desembalse violento podría afectar viviendas, terrenos de cultivo e infraestructura aguas abajo del río. Considerándose **peligro inminente**.
4. El deslizamiento afectó 870 m de Carretera Nacional Huaraz – Tingo María, 900 m de línea de transmisión eléctrica, 01 puente, 230 m. de vía afirmada y 4 hectáreas de terreno de cultivo.
5. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector, es considerado como **zona crítica** y de **peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.
6. La ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa en la zona de evaluación, están condicionados por los siguientes factores: geológicos y geomorfológico; así como, la presencia de suelos no consolidados conformados por depósitos coluviales, que son fácilmente erosionables y removibles ante precipitaciones pluviales intensas.



## 6. RECOMENDACIONES

1. Siendo el tramo afectado calificado como zona crítica y de peligro muy alto, se recomienda modificar el tramo afectado de la Carretera Nacional (PE-14A) Huaraz – Tingo María. Se recomienda trasladar la carretera por la margen izquierda del río Puchca.
2. Se recomienda a las autoridades competentes, promover la construcción de zanjas de coronación por encima del escarpe antiguo, así como también evitar la implementación de terrenos de cultivo y el riego indiscriminado. Reforestar con plantas nativas, así como evitar la quema indiscriminada de la cobertura vegetal en las laderas del cerro (ver Anexo). Recomendaciones por implementar para evitar posibles deslizamientos que represen el río Puchca.
3. Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear el deslizamiento del cerro Cashajirca. Dicha implementación debe tener en cuenta la instalación de puntos de control geodésico, con el objetivo de tener avisos oportunos ante la ocurrencia de nuevos movimientos en masa como deslizamientos y derrumbes que pueda represar el caudal del río Pushca.
4. Prohibir la construcción de carreteras, caminos de herradura, canales de riego u otra actividad antrópica dentro y en los alrededores del cuerpo activo del deslizamiento Culluchaca.
5. Restringir el acceso de las personas a la zona del deslizamiento, señalar con letreros preventivos.



Ing. DULIO GOMEZ VELASQUEZ  
Especialista en Peligros Geológicos



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

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Jacay, J. (1996) Geología del cuadrángulo de Singa. INGEMMET. *Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*; n° 67, 173 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/189>.

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.

Valdivia, W. & Mamani, C. (2003). *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huari (19-i), Escala 1:100 000*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 19p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2157>

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

Landviewer, disponible en: <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/7250174>.



## ANEXO 1: GLOSARIO

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

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

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

**DESLIZAMIENTO** (slide) Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez J., 2009).

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

**MOVIMIENTO EN MASA** (mass movement, landslide) sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

## ANEXO 2: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

### A. Medidas de mitigación para deslizamientos y derrumbes

Los deslizamientos ocurren esencialmente de forma natural, pero también la actividad antrópica (construcción de caminos y carreteras, actividad agrícola, deforestación) mal desarrollada aceleran los procesos; asimismo por el socavamiento al pie de laderas, y la utilización de canales agrícolas sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas medidas para el manejo de estas zonas:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terrocemento, entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece la infiltración y saturación del terreno.
- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- 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.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos debido a que, el desarrollo de esta vegetación 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.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y alturas que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.

Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

### Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

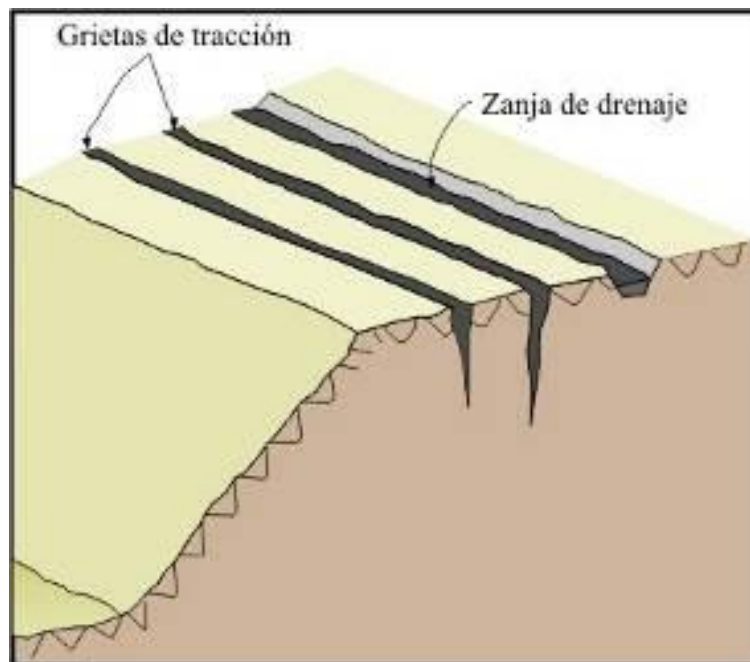
- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Otras medidas son:

**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 de 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 18).

Se debe tener en cuenta el mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de coronación, a fin de evitar problemas que pueden incidir en la estabilidad del talud.



**Figura 18.** Canales de coronación.





**Figura 19.** Zanjas de coronación se debe ubicar en la parte superior del escarpe antiguo

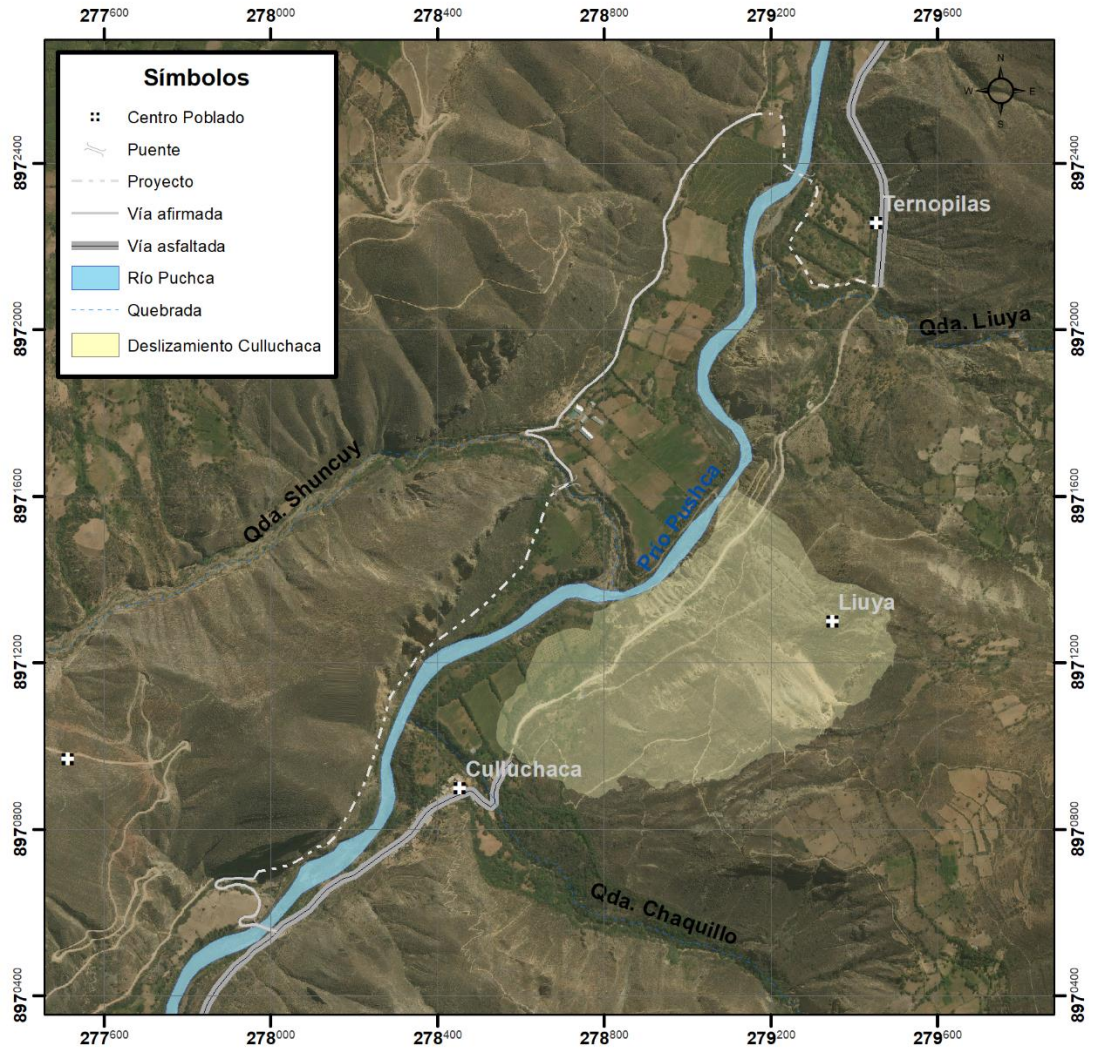
#### **B. Propuesta de nuevo tramo de carretera.**

La Carretera Nacional PE-14A (tramo Pomachaca – Yunguillas) construido por la margen derecha del río Pushca, es afectado por movimientos en masa de tipo deslizamiento el tramo kilómetro 103 al 104, que interrumpe el libre tránsito de vehículos que los pobladores utilizan para trasladar sus productos a los diferentes poblados.

El tramo afectado, no tiene las condiciones para realizar construcción de carretera, debido a que se encuentra considerado como Zona Crítica a la ocurrencia de nuevos deslizamientos.

Modificar el tramo de carretera y se propone un tramo por la margen izquierda del río Pushca, para el cual se recomienda realizar estudios detallados de ingeniería geológica y determine su viabilidad. (figura 20 y 21). El nuevo tramo tendrá las siguientes características: una longitud de 2.4 kilómetros con 1.5 kilómetros de vía afirmada.

El tramo nuevo geológicamente presenta afloramientos de rocas sedimentaria conformado por areniscas, limoarcillitas y limolitas calcáreas (Formación Chota), son substratos que tienen un buzamiento contra el talud; así como depósitos coluviales, compuesto por bloques y cantos ángulos de tamaño variable. Morfológicamente corresponde a unidades de montaña con talud de pendiente muy escarpado ( $>45^\circ$ )



**Figura 20.** Imagen donde se observa, alternativa para un nuevo tramo de Carretera Nacional, propuesto por la margen izquierda del río Pushca





Figura 21. Vista tomados con drone, se observa el tramo propuesto (A y B)