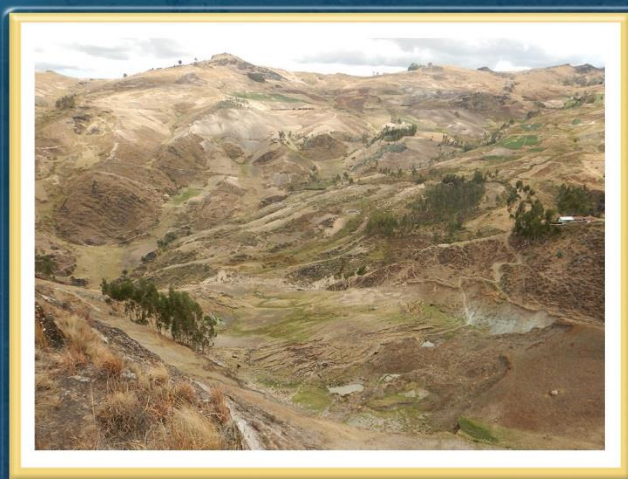


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7131

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS CASERÍOS DE HUAGAL Y LAS PLAYAS

Región La Libertad
Provincia Julcán
Distrito Calamarca



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

Equipo de investigación:

Norma L. Sosa Senticala

Gael E. Araujo Huamán

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos en los caseríos de Huagal y Las Playas”, distrito de Calamarca, provincia Julcán, región La Libertad: INGEMMET, Informe técnico A7131, 38 pág.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivos del estudio	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	4
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Accesibilidad.....	7
1.3.3. Clima.....	8
1.3.4. Hidrografía	8
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
2.1. Unidades litoestratigráficas	8
2.1.1. Secuencia piroclástica Toritos (Po-tor/3)	8
2.1.2. Caldera Calamarca	9
2.1.3. Depósito fluvial (Q-fl)	10
2.1.4. Depósito coluvial (Q-co)	11
2.1.5. Depósito aluvial (Q-al)	11
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
3.1. Pendientes del terreno	13
3.2. Unidades geomorfológicas	14
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	14
3.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional	15
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	18
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	18
4.2. PELIGROS GEOLOGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA Y OTROS DEL CASERÍO DE HUAGAL	18
4.2.1. Características visuales del evento	21
4.3. PELIGROS GEOLOGICOS Y GEOHIDROLOGICOS EN EL CASERÍO LAS PLAYAS	23
4.3.1. Factores condicionantes	28
4.3.2. Factores desencadenantes	28
5. CONCLUSIONES	29
6. RECOMENDACIONES	31
7. BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXO 1: GLOSARIO	34
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	37

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en los caseríos de Huagal y Las Playas, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Calamarca, provincia Julcán, región La Libertad.

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

Las unidades litoestratigráficas que afloran en las zonas evaluadas corresponden a rocas de origen volcánicas de la Secuencia Piroclástica Toritos; conformado por flujos piroclásticos de cenizas dacíticas parduzcas, con cristales de plagioclasas, anfíbol y cuarzo, se encuentra medianamente meteorizada, es decir que la roca ofrece resistividad, presenta espaciamiento regular entre fracturas; la secuencia Caldera Calamarca conformada por flujos de lava andesítica, de coloración gris oscura a gris verdosa, se encuentra medianamente fracturada, con espaciamiento regulares entre fracturas de 1.0 – 0.05. Se identificaron también depósitos cuaternarios como coluvial (bloques rocosos angulosos), aluvial (arenas, cantos, bolos) y fluvial (gravas, arenas y limos) de fácil remoción.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas en rocas volcánicas) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos, que configuran Piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento) y planicie (Terraza aluvial). Se considera que el principal factor condicionante que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa, es la pendiente del terreno que va de fuerte (25° a >45°) a muy escarpado en el caserío Huagal y pendiente suave (1° a 5°) a moderado (5° a 15°), en el caserío Las Playas.

Los procesos identificados en el caserío de Huagal corresponden a los denominados movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbes y reptación; eventos que afectaron cultivos de cuatro familias y estrechó el cauce formando un pequeño represamiento. En el caserío Las Playas se identificó erosión fluvial en la margen izquierda del río Tantada, que podría comprometer infraestructura del PRONOEI de material pre-fabricado.

Por las condiciones geológicas del caserío Huagal (geología, geomorfología y pendiente) se considera como peligro **Alto**, a la ocurrencia del deslizamiento, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (octubre a marzo) y por movimientos sísmicos. Y para el sector Las Playas, dependerá mucho de la reactivación del deslizamiento de Huagal y de las medidas correctivas que empleen.

Finalmente, se brindan algunas recomendaciones que se consideran importantes, para que las autoridades las pongan en práctica para que no se sigan produciendo nuevas reactivaciones; así como para reducir la vulnerabilidad de personas y sus bienes, y por tanto reducir el riesgo a los peligros geológicos identificados en el perímetro de los caseríos de Huagal y Las Playas. Una de las recomendaciones principales, es el revestimiento de los

canales de riego con la finalidad de minimizar la saturación del suelo, que pueden ocasionar la reactivación de los procesos identificados.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Calamara, según Oficio N°023-2020-MDC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo deslizamiento (Huagal) ocurridos en la segunda semana de marzo de 2019 que afectó cultivos de papa olluco y maíz.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a, las ingenieras Norma Sosa y Gael Araujo para que realicen la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron el día 25 de noviembre del 2020.

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 Distrital de Calamarca 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 los caseríos de Huagal y Las Playas, eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población, obras de infraestructura, vías de comunicación y sus medios de vida en la zona de influencia de los eventos.

Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Se tienen trabajos previos y publicaciones en diferentes escalas realizadas por INGEMMET que incluyen los caseríos Huagal y Las Playas, relacionados a temas de geología y peligros

geológicos, de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N°8 de la Serie A, Comisión carta geológica nacional, Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa, Hojas 17-g y 18-g, (Cossío, A. 1964); Se describe las unidades geológicas, así como la representación de las fallas de los caseríos evaluados.
- B) Boletín N° 50, serie C, Geodinámica e ingeniería geológica: “Riesgos geológicos en la región La Libertad” (Medina et al., 2012); se identifican los peligros geológicos y geohidrológicos que pueden causar desastres dentro del ámbito de estudio. Se identificó un total de 2653 ocurrencias de peligros, se determinan 82 zonas críticas, El estudio también realiza un análisis de susceptibilidad por movimientos en masa (escala 1: 100 000). El sector de Huagal se encuentra en zonas de susceptibilidad moderada a alta a movimientos en masa y el sector Las Playas (figura 1) Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno), y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.
- C) Boletín N°28, Serie D, Geología y Metalogénica el Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico) Segmento Santiago de Chuco, Norte del Perú. Refiere las unidades geológicas de las secuencias piroclásticas denominadas: Torios y Calamara, así como los depósitos cuaternarios, como depósito coluviales, aluviales y fluviales donde se asientan los caseríos evaluados.
- D) Informe técnico A6769 – INGEMMET:” Evaluación geológica de las zonas afectadas por el fenómeno del Niño Costero 2017 entre las regiones La Libertad-Cajamarca” (Medina et al., 2017); este informe técnico describe las características geodinámicas y geológicas de un deslizamiento de tipo rotacional.

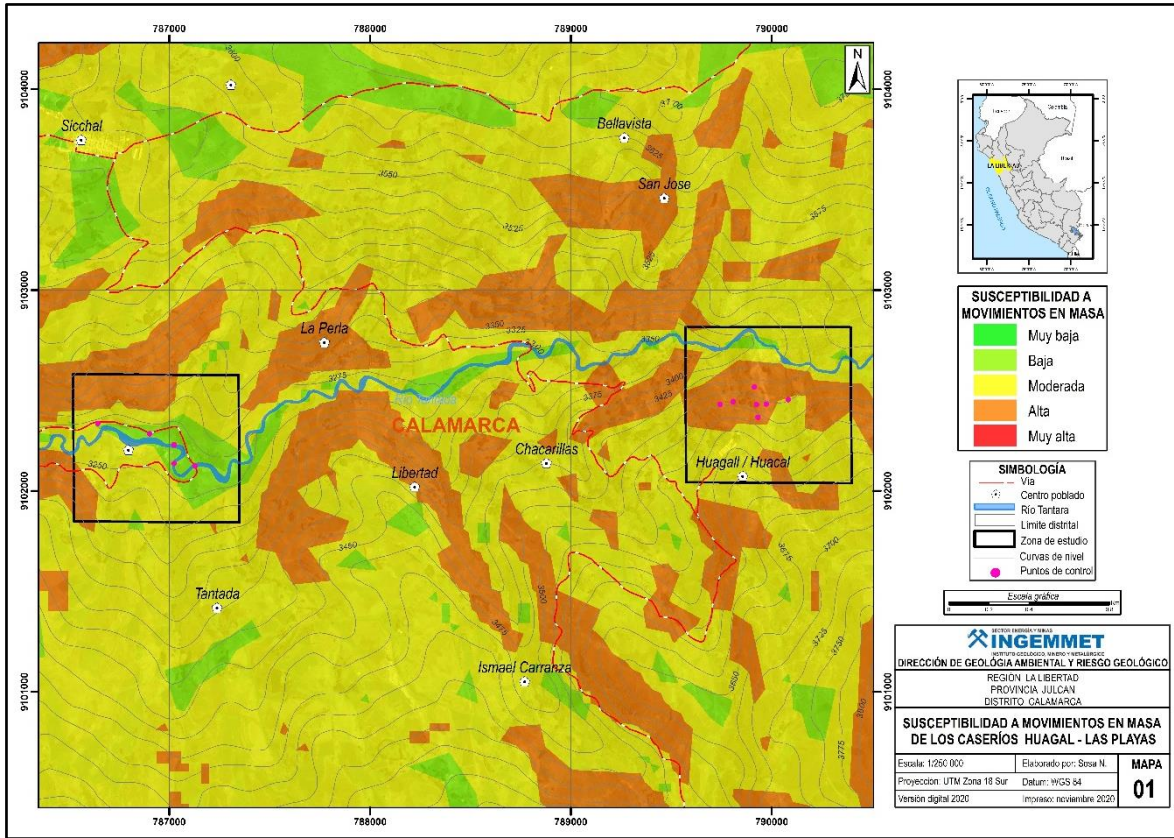


Figura 1. Susceptibilidad de los caseríos evaluados, (Fuente: Medina *et al*, 2012)

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Los caseríos evaluados, pertenecen al distrito de Calamarca, provincia Julcán, región La Libertad (figura 2), se ubican en las coordenadas UTM (WGS84-Zona 17S), siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del caserío Huagal.

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	789564	9102803	-8.108169°	-78.372546°
2	790275	9102802	-8.108134°	-78.366138°
3	790305	9102060	-8.114850°	-78.365647°
4	789654	9102008	-8.115339°	-78.371678°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	789978	9102008	-8.111650°	-78.368775°

Cuadro 2. Coordenadas del caserío Las Playas.

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	786732	9102704	-8.109606°	-78.399220°
2	787130	9102657	-8.112468°	-78.396440°
3	787176	9102166	-8.113486°	-78.393537°
4	786735	9102250	-8.113772°	-78.399587°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	787195	9102147	-8.114264°	-78.393987°

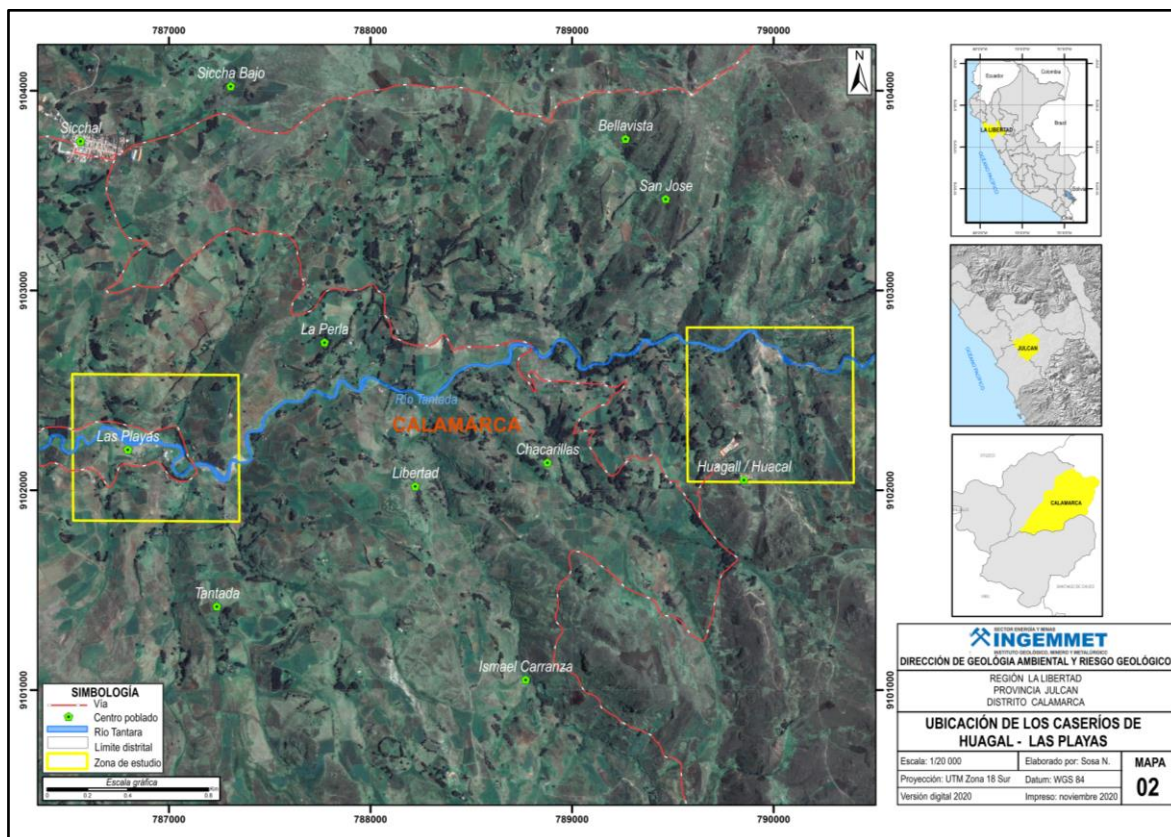


Figura 2. Ubicación de los caseríos evaluados, (Fuente: Elaboración propia).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona evaluada se realizó mediante vía terrestre, desde la ciudad de Lima (Sede INGGEMMET), utilizando la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Trujillo	Asfaltada	559	8h y 40 min
Trujillo – Huagal (dist. Calamarca)	Asfaltado/Trocha carrozable	135	4h y 20 min

1.3.3. Clima

La temperatura varía de acuerdo a las estaciones y a las horas del día, alcanzando un promedio de 21°C en el día y esta desciende a 8°C en la noche. Las lluvias en el distrito son abundantes y continuas, especialmente en los meses de diciembre a abril, constituyendo una fuente alimentadora de las fuentes hidrográficas que determina el periodo de cultivos en el distrito de Pochuanca. Por efectos de la alta intensidad de las lluvias se generan empozamientos de las aguas. (SENAMHI,2019)

1.3.4. Hidrografía

La provincia de Julcán es atravesada transversalmente por ríos, quebradas y riachuelos, todas ellas perteneciente a la vertiente del Océano Pacífico; para nuestro caso representaremos toda la provincia en tres cuencas hidrográficas: Moche, Virú y Huamansaña cuyas aguas discurren al Océano Pacífico.

En torno de estos ríos se asienta un importante porcentaje de la población y se ubican las principales áreas agrícolas de la provincia. En cuanto al caudal de los ríos son esporádicos, de régimen irregular y condicionado a las temporadas de lluvias en las partes altas, aunque permanecen afloramientos y manantiales que permiten la actividad agrícola.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la Geología del Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico) Segmento Santiago de Chuco, Norte del Perú, donde se tienen rocas volcánicas y depósitos Cuaternarios (Navarro et al, 2010). La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en los caseríos evaluados y alrededores son las secuencias de Toritos y Calamarca, son de origen volcánico del Oligoceno, así como depósitos cuaternarios, como los aluviales, fluviales y coluviales del Holoceno (figura 7).

2.1.1. Secuencia piroclástica Toritos (Po-tor/3)

Esta secuencia representa posiblemente una reactivación de la caldera Calamarca y generan varios depósitos piroclásticos que han ido agrupados en dos eventos eruptivos. El primero, está constituido a la base por depósitos de flujos piroclásticos de cenizas dacíticas, parduzcas, con cristales de plagioclasas, anfíbol y cuarzo, además de óxidos, cuarzo secundario y calcita en la matriz; se disponen en capas cohesivas y de poco espesor y el segundo evento eruptivo, se tiene a la base depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, dacíticas, cohesivos, de color gris claro, con cristales de plagioclasas, anfíbol y cuarzo, y fragmentos líticos lávicos dispuestos en niveles de grosor que varían entre 4 a 8 m (Navarro P. et al, 2010).

El substrato rocoso, se encuentra moderadamente meteorizada (A3), según la tabla de rango de meteorización; es decir que la roca ofrece resistividad, presenta fracturamientos del estrato rocoso varía de poco fracturado a fracturado con espaciamientos de 0.20 a 0.60 m de grado (F3), (fotografía 1), considerados como rocas de mala calidad geotécnica; esta secuencia se identificó en el caserío de Huagal.



Fotografía 1. Vista de flujos piroclásticos de color gris, cubiertas de vegetación, ubicadas en las coordenadas UTM 9102430 N, 789925 E, con una altitud de 3509 m s.n.m.

2.1.2. Caldera Calamarca

Esta secuencia litológicamente corresponde a una secuencia estratigráfica, está conformado por dos secuencias:

a) Calamarca I (Nm-cal/1)

Consiste en depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, de color beige y rojo parduzco, dispuestos en capas subhorizontales, y que varían de 0.5 a 2 m de espesor, con cristales de plagioclasa, cuarzo, anfíbol y biotita, y fragmentos líticos lávicos con gradación inversa; están cubiertos por depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas de composición andesítica, son de coloración gris verdosa, con textura porfirítica, fenocristales de plagioclasa y anfíbol; además hay fragmentos líticos. El substrato rocoso, se encuentra moderadamente meteorizado (III), según la tabla de rango de

meteorización ISRM (Anexo 2), y muy fracturada con espaciamiento regular entre fracturas 0.30-0.05 cm.

b) Calamarca II (Nm-cal/2)

Constituido por depósitos de flujos de lava andesítica, de color gris oscuro a gris verdoso, con textura porfídica, fenocristales de plagioclasas y cristales de piroxeno y anfíbol, en la matriz se ve clorita, epidota y óxidos; en los parajes de Barro Negro y Sicchal, estos depósitos se encuentran inclinados ligeramente hacia el oeste. Se intercalan ocasionales depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, grises, con cristales de plagioclasas. El fracturamiento rocoso identificado en este sector es medianamente fracturada, con espaciamiento regulares entre fracturas de 1.0 – 0.05. (F3), según la tabla de rangos de fracturamiento.



Figura 3. Vista con dirección Este, donde se observa flujos piroclásticos de la Secuencia Calamarca I en la parte baja y Calamarca II en la parte superior del caserío Las Palmas, ubicadas en las coordenadas UTM 9101925 N, 788101 E, con una altitud de 3333 m s.n.m

2.1.3. Depósito fluvial (Q-fl)

Están constituidos por gravas, arenas y arcillas inconsolidados, se encuentran en los cauces de los ríos. Se observa en ambos márgenes del río Tantada, 8 km aprox. Como se visualiza en la figura 4, ubicado en las coordenadas UTM 9102285 N, 786902 E, con una altitud de 3261 m s.n.m.

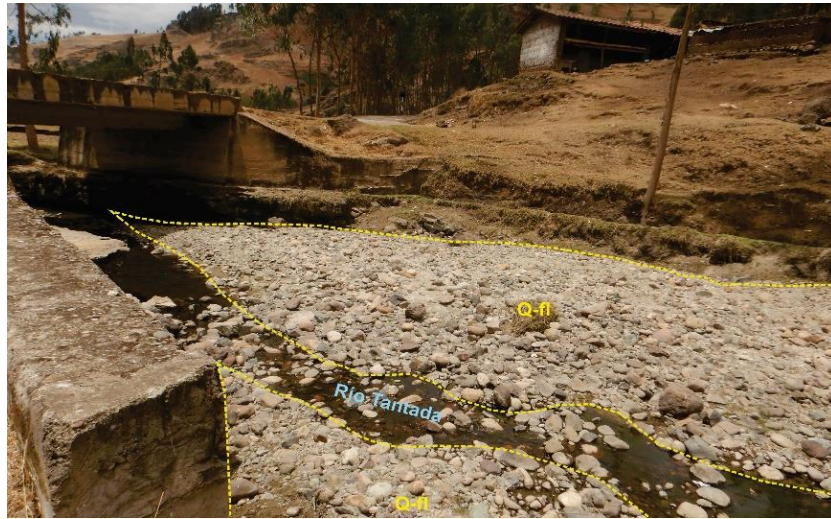


Figura 4. Vista donde se observa depósitos fluviales en ambas márgenes del río Tantada, del caserío Las Playas.

2.1.4. Depósito coluvial (Q-co)

Conformados por rocas angulosos heterométricos, acumulados al pie de taludes escarpados, en forma de conos, los bloques más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son suelos sin cohesión. Taludes de reposo poco estables como se observa en la figura 5, ubicada en las coordenadas UTM 9102000 N, 128650 E, con una altitud de 3250 m s.n.m.



Figura 5. Vista aguas abajo del deslizamiento de Huagal, ubicado en la margen izquierda del río Tantada.

2.1.5. Depósito aluvial (Q-al)

Conformados por gravas subredondeadas y arenas mal seleccionadas en matriz arenolimososa. Afloran en los cursos principales de los ríos, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales.



Figura 6. Se observa depósitos aluviales donde se asentó el caserío Las Playas, ubicados en las coordenadas UTM 9101700 N, 125500 E, con una altitud de 3260 m s.n.m.

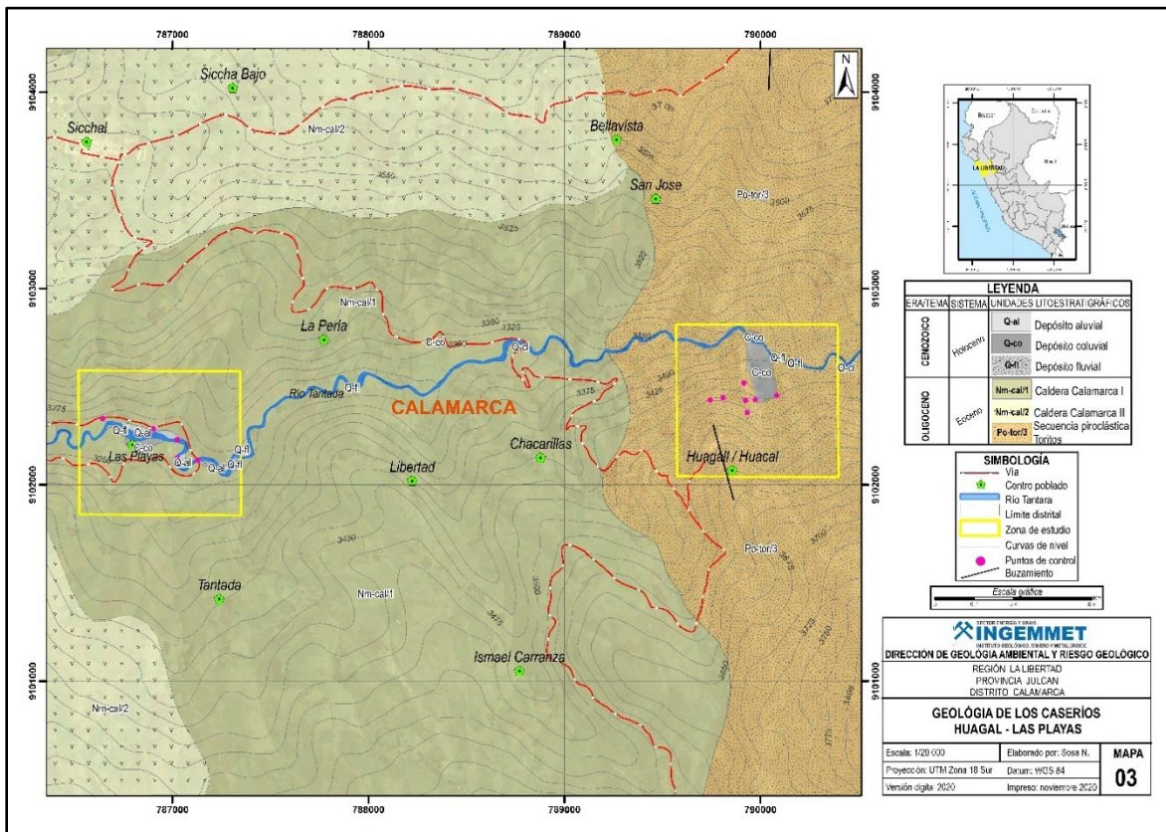


Figura 7. Geológico de los caseríos evaluadas, (Modificado Navarro et al, 2010).

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

La pendiente, es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002), es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masa, en laderas y cauces cuya pendiente principal varía entre media a fuerte ($> 30^\circ$), también es más alta la erosión de laderas (laminar, surcos y cárcavas) en colinas o montañas, porque a mayor pendiente facilita el escurrimiento superficial y por ende la erosión hídrica o pluvial (Vilchez et al., 2013).

El mapa de pendiente de los caseríos evaluados, se elaboró en base a imágenes satelitales, generando un Modelo de elevación digital de 18 m de resolución (figura 8). Se tomaron en consideración cinco rangos $<1^\circ$ grados: terreno llano, inclinados con pendiente suave (1° a 5° , baja), pendiente moderada (5° a 15° , media), pendiente fuerte (15° a 25°), pendiente muy escarpada ($>45^\circ$, abrupta); estas se describen en el cuadro 2 y se presentan en el Mapa 2. (45° , abrupta); estas se describen en el cuadro 3. El caserío Huagal y alrededores se encuentra en una ladera cuyos rangos de pendiente van desde la conformación de terrenos fuerte (15° a 25°) a muy escarpado ($>45^\circ$). Y para el caserío Las Playas presenta distintos pendientes, los centros educativos se encuentran en pendiente suave (1° a 5°) a moderado (5° a 15°), sus partes altas presentan pendientes fuertes y muy escarpados 15° a 45° , representadas por montañas de rocas volcánicas.

Cuadro 3. Rango de pendiente de terreno.

Rango de pendiente	Superficie topográfica	Descripción
$<1^\circ$	Pendiente llano	Se ubican principalmente en el fondo de las quebradas y en la cima o cumbres de las montañas.
$1^\circ-5^\circ$	Inclinado con pendiente suave	Se puede evidenciar este rango en la margen del río Tantada; en la margen izquierda en el sector Huagal y en la margen derecha en el sector Las Playas.
$5^\circ-15^\circ$	Pendiente moderada	Las laderas con inclinaciones entre 5° y 15° se consideran con susceptibilidad moderada a los movimientos en masa de tipo reptación, flujo de detritos. Se observó en los centros educativos, parte baja.
$15^\circ-25^\circ$	Pendiente fuerte	Se ubica en las laderas bajas del sector Las Playas, donde se asientan parte de las viviendas del sector en mención
$25^\circ-45^\circ$	Pendiente muy fuerte	Se ubica en las laderas superiores de las montañas, principalmente en áreas cercanas al caserío Las Playas (área donde se encuentra los centros educativos)

>45°	Pendiente muy escarpada	Superficie muy limitada en el área de estudio. Está relacionado directamente a escarpas de deslizamientos y zonas de arranque de derrumbes; tal como se observa en el talud inferior del caserío Huagal. Y las partes altas del sector Las Palmas.
------	-------------------------	--

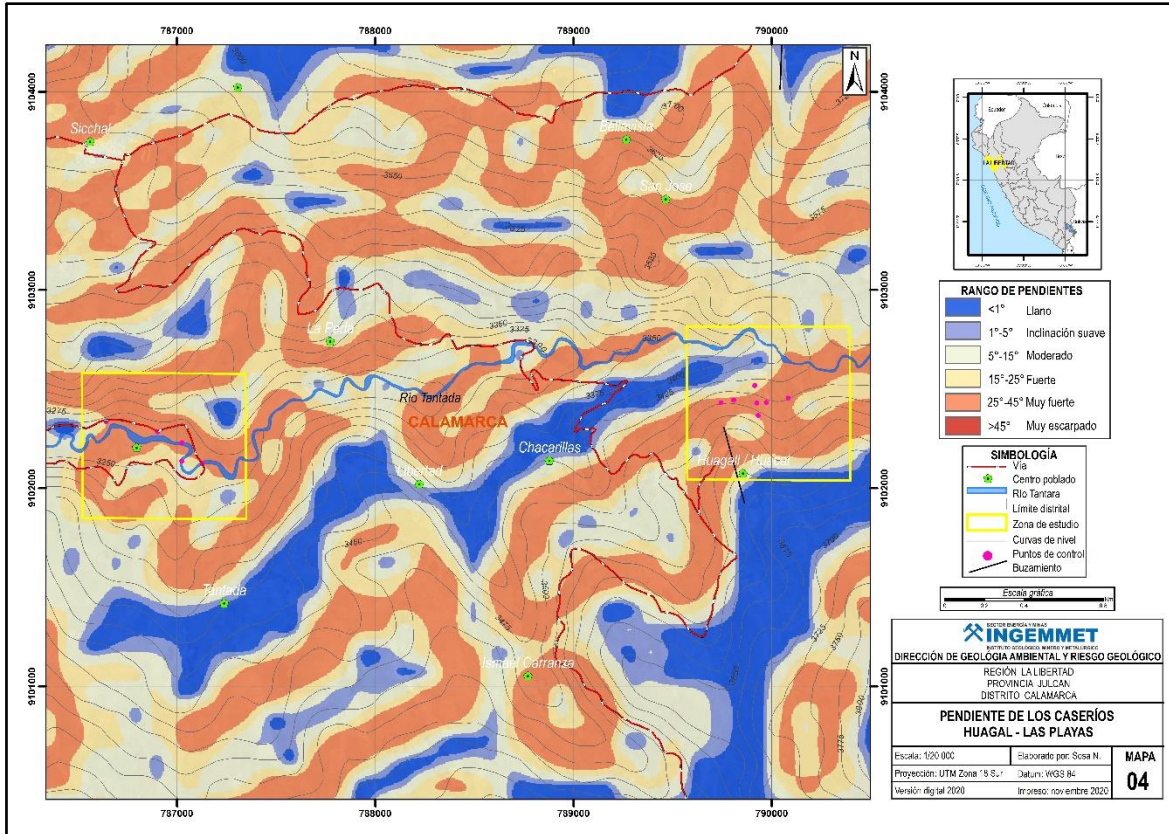


Figura 8. Pendientes de los caseríos evaluados. (Fuente: Elaboración propia).

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, (figura 12), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vilchez, M., et al, 2019).

3.2.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Las formas de carácter tectónico degradacional y erosional resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos

agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Unidad de Montaña: Se consideran dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.).

3.2.1.1. Subunidad de montañas en rocas volcánicas (RM-rv)

Estas geoformas litológicamente están conformadas por rocas volcánicas de tipo flujos piroclásticos de cenizas dacíticas, parduzcas, con cristales de plagioclasas, anfíbol y cuarzo, además de óxidos, cuarzo secundario y calcita en la matriz de la Secuencia Piroclástica Toritos (figura 9). En ambas márgenes del río Tantada.

La red de drenaje esta densamente ramificada con disposición dendrítica paralela, sobre esta unidad se tienen depósitos de deslizamientos y derrumbes, están disectadas por quebradas por donde se generan flujos de detritos

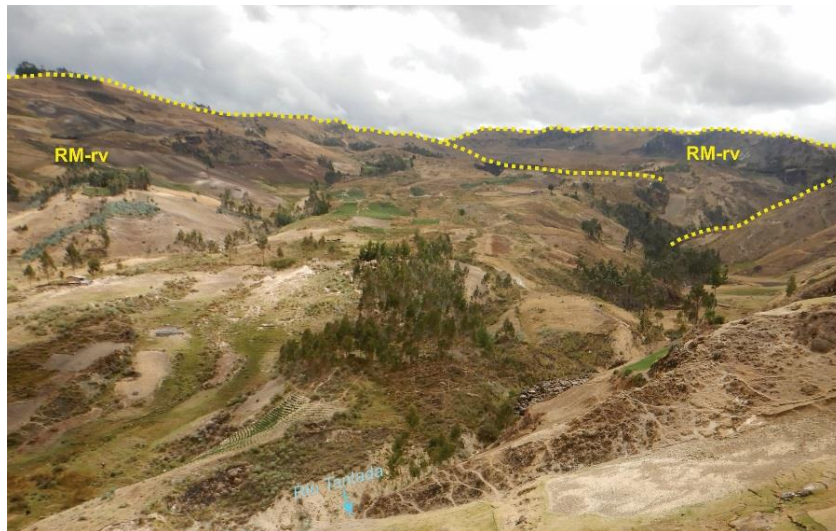


Figura 9. Vista con dirección al noreste desde el poblado de Huagal, donde se observa montañas volcánicas.

3.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Las geoformas de carácter depositacional y agradacional son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos. Estos tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de piedemonte: Corresponden a aquellas geoformas con acumulación de material detrítico, siendo identificados por sus cambios bruscos de pendiente, se

observan en las laderas de las montañas o en la base de las mismas (Medina et al., 2012).

3.2.2.1. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa (figura 10).

Geodinámicamente, se asocia a reactivaciones en los materiales depositados por los movimientos en masa antiguos, así como por nuevos aportes de material provenientes de la actividad de eventos activos.



Figura 10. Vista en la se puede ver el depósito, con presencia de agrietamientos con presencia de aguas subterráneas, esta subunidad de ubica en las coordenadas UTM 9102732 N, 789936 E con una altitud de 3416 m s.n.m.

3.2.2.2. Terraza aluvial (T-al)

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

En esta subunidad se asienta parte del caserío de Las Playas (figura 11)



Figura 11. Vista donde se observa los centros educativos del caserío Las Palmas asentadas sobre esta unidad, Ubicado en las coordenadas UTM 9102229 N, 787018 E con una altitud de 3551 m s.n.m.

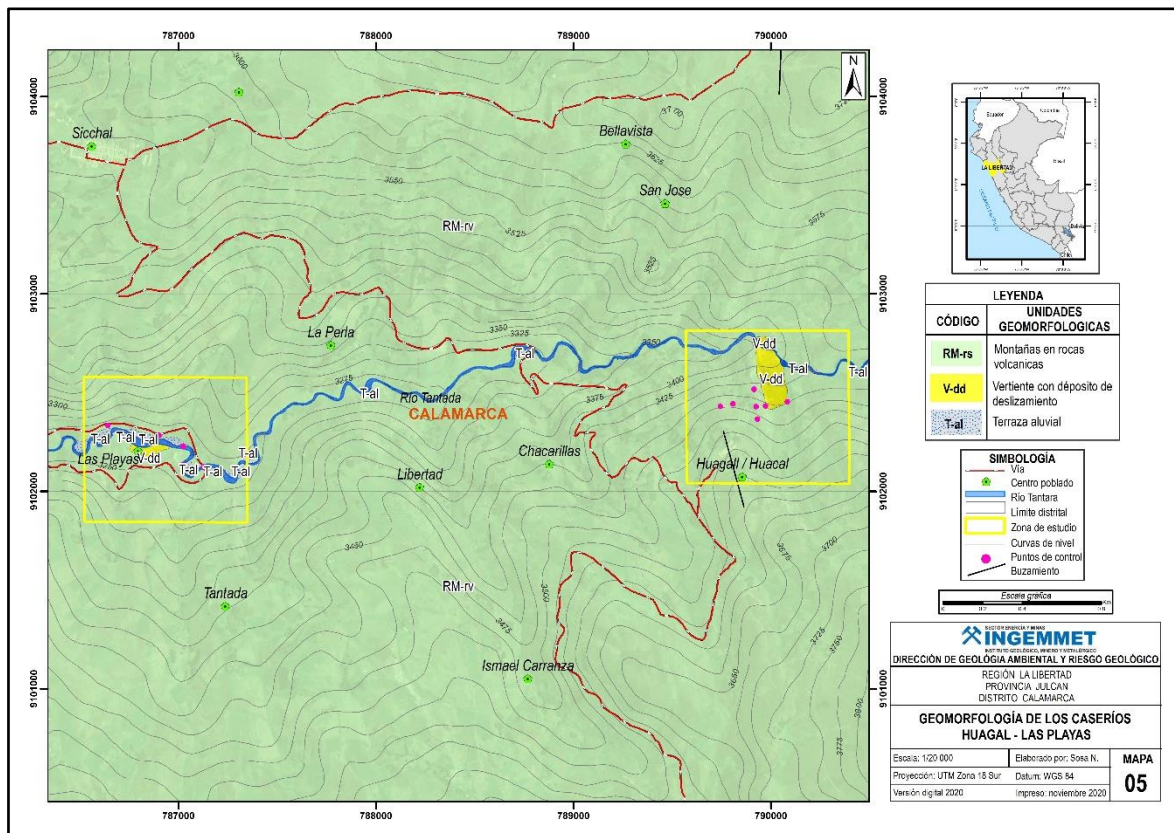


Figura 12. Unidades geomorfológicas de los caseríos evaluados. (Fuente: Elaboración propia).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona inspeccionada corresponden al grupo de los movimientos en masa, denominados como deslizamientos, flujo de detritos, reptación y otros peligros (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en la Cordillera de los Andes por cursos de agua, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “**desencadenate**” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa y geohidrológicos, en el caserío Huagal se identificó deslizamiento y en Las Playas procesos de erosión fluvial e inundación (Anexo 1) se visualiza los conceptos de los términos geológicos.

A continuación, se describe los eventos presentes en las zonas evaluadas:

4.2. PELIGROS GEOLOGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA Y OTROS DEL CASERÍO DE HUAGAL

El deslizamiento de Huagal está ubicado en la margen izquierda del río Tantada. Se trata de un deslizamiento de tipo rotacional con desplazamiento retrogresivo (figura 13). El desplazamiento ocurrió en marzo del 2019 (la segunda semana, no se tiene fecha exacta del evento). Una gran masa de terrenos de cultivo se deslizó en dirección del río Tantada, formando un pequeño dique natural que podría generar un represamiento de las aguas del río. (figura 21)

La escarpa principal del deslizamiento, es de forma elongada, tiene 110 m de longitud y 290 m de desplazamiento desde la escarpa hasta el río Tantada, presenta saltos de 0.50 a 2 m, grietas transversales de hasta 78 m, con aberturas de 0.20 a 0.30 m.

El área del deslizamiento abarca un área de 40 721.64 m² (incluyendo la zona de arranque y el depósito), así mismo se observó un embalse por el material acumulado; este embalse está generando un peligro, ya que podría romperse y podría generar afectaciones en el caserío Las Playas, que se encuentra a 3.3 km con dirección noroeste.

Actualmente, en el cuerpo del deslizamiento existe la acumulación de agua, producto de las aguas discurridas de los canales sin revestimiento, así como de aguas subterráneas que en ciertas temporadas infiltran a la superficie (figura 14).

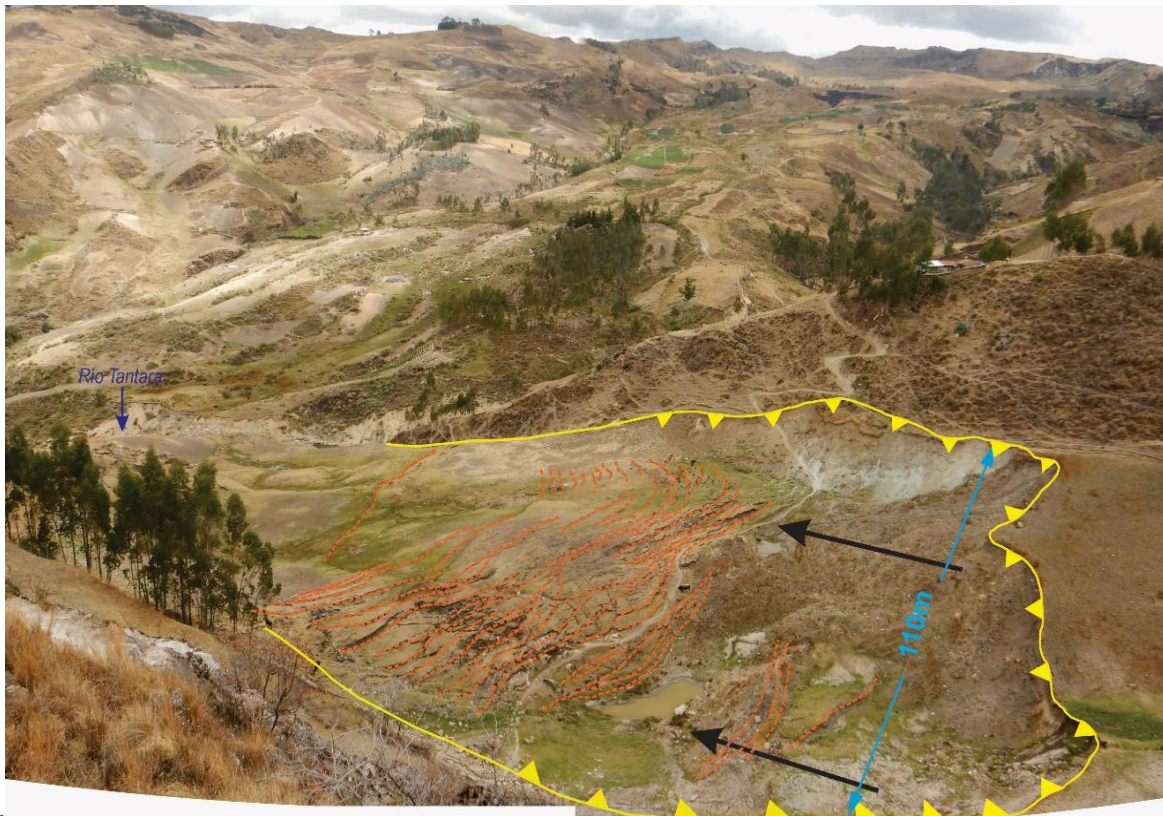


Figura 13. Vista del deslizamiento de Huagal, muestra la escarpa del deslizamiento.

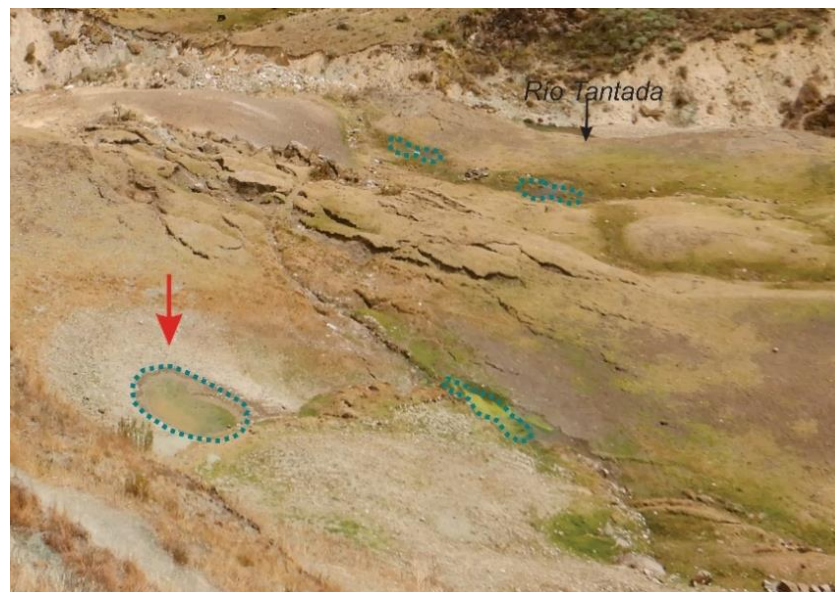


Figura 14. Se observa ojos de agua (aguas subterráneas), que se combinan con el agua que discurre de los canales de riesgo sin revestimiento; los que se depositan en el cuerpo del deslizamiento, como se observa en la figura, ubicadas en las coordenadas UTM. 9102590N, 789977 E con una altitud de 3452.

Se hizo una comparación de imágenes satelitales de alta resolución de la plataforma Google Earth, de los años 2016 (presencia la presencia de humedad) y 2020 donde se generó el deslizamiento (figura 15), con derrumbe que involucra material. Se observa la variación de del cauce del río que en el año 2017 tiene un ancho de 14 m, actualmente se redujo a 3.8 m.

Según información de los pobladores, las presencias de estas grietas se han presentado gradualmente, el área afectada se encuentra en una zona agrícola. Lo cual genera pérdidas económicas en los pobladores (específicamente en cuatro familias).

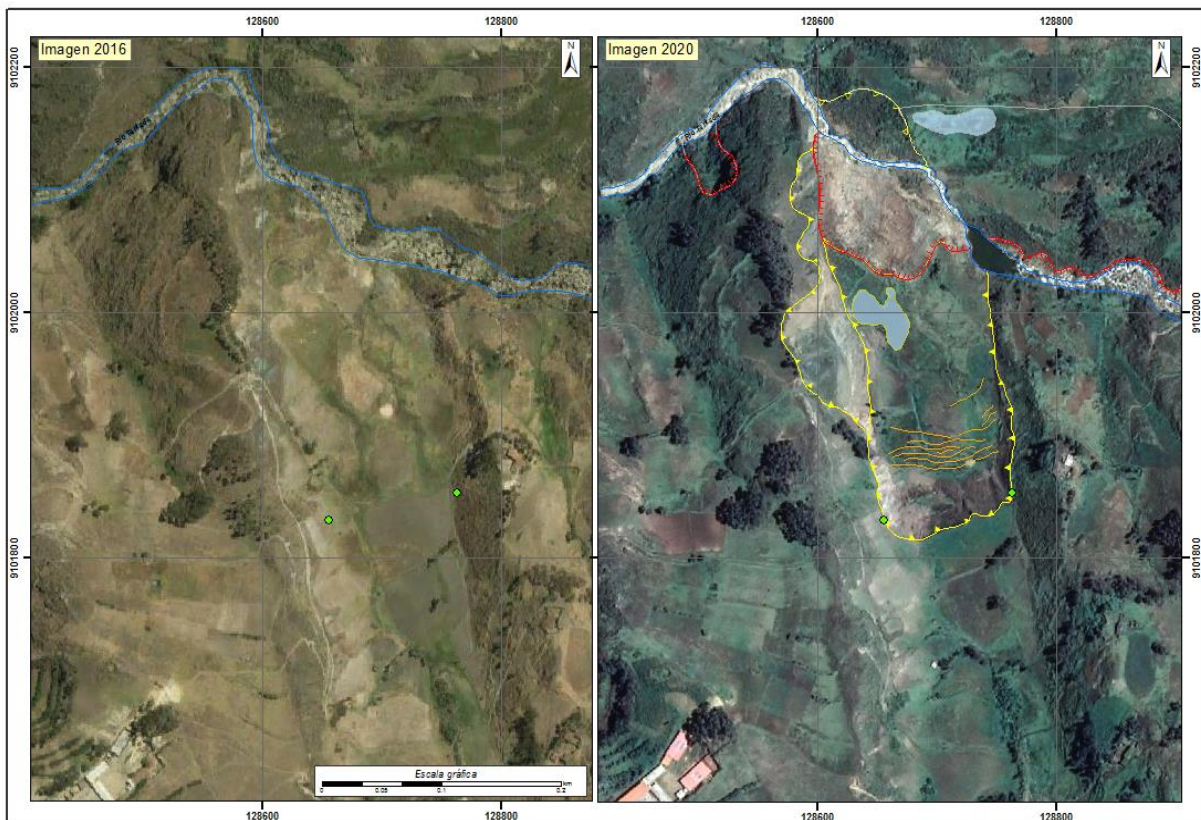


Figura 15. Imágenes satelitales de los años 2016 y 2020, en la zona del deslizamiento, donde se visualiza el represamiento del río Tantada.

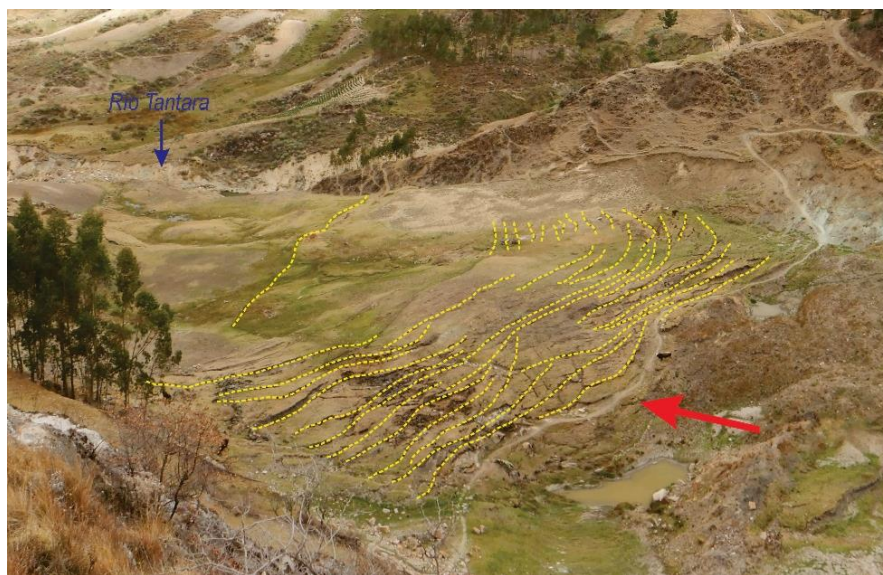


Figura 16 Se observa grietas transversales en el cuerpo del deslizamiento del caserío de Huagal.

4.2.1. Características visuales del evento

La segunda semana de marzo del 2019, se generó un deslizamiento de tipo rotacional que desplazó material de la ladera hacia el cauce, conformado principalmente por depósitos de flujos piroclásticos.

El deslizamiento de tipo rotacional del caserío de Huagal, tiene las siguientes características y dimensiones:

- La forma de la escarpa es semicircular
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada
- Longitud de la escarpa es de 110 m.
- La superficie del deslizamiento es rotacional
- El salto principal es de 0.50 a 2 m.
- Área del deslizamiento: 40,721.64 m²
- Agrietamientos transversales de hasta 78m, con aberturas de 0.10 a 0.30 m.
- Distancia entre la escarpa y el ápice es de 313 m
- Produjo el represamiento del río Tantada con el dique formado por el colapso de la quebrada de 780 m² (figura 15)



Figura 17. Vista del deslizamiento de Huagal, se observa agrietamientos transversales (Imagen satelital del año 2019).

Daños ocasionados por el deslizamiento

- Afectó 4.7 hectáreas de cultivos de papa, cebada y choclo, de 4 familias del caserío de Huagal.
- Produjo el represamiento del río Tantada y redujo el ancho del cauce.

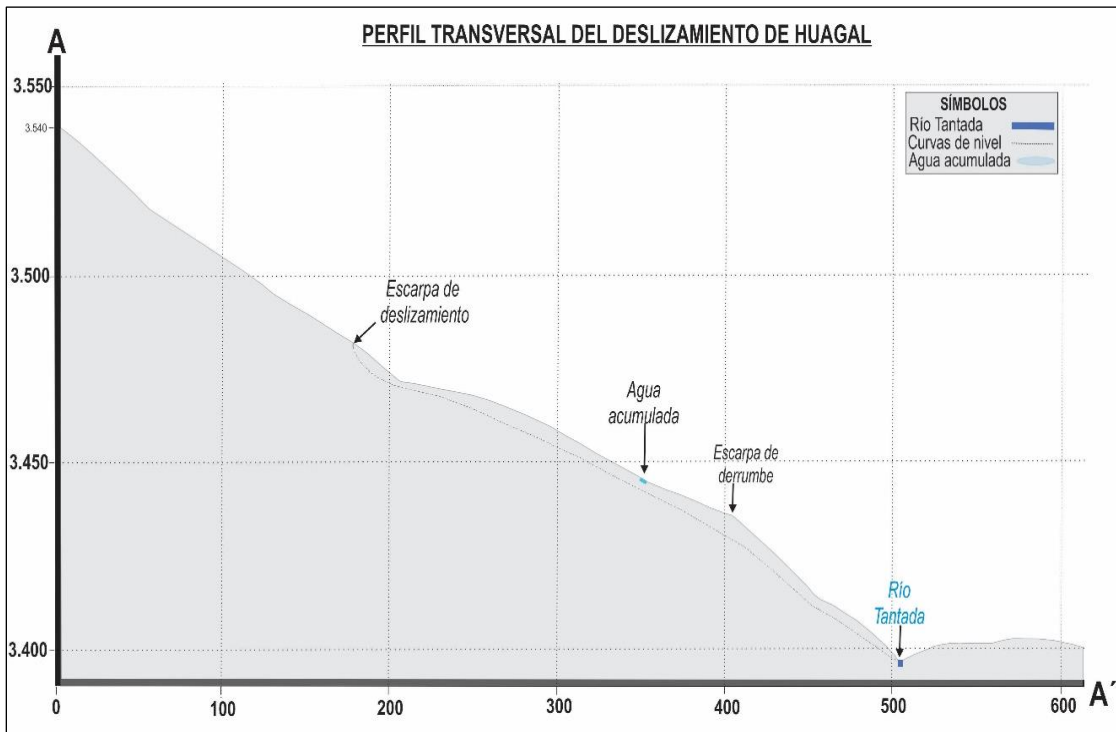


Figura 18. Perfil del deslizamiento de Huagal.

4.3. PELIGROS GEOLOGICOS Y GEOHIDROLOGICOS EN EL CASERÍO LAS PLAYAS

Durante los trabajos de campo se identificó dentro del perímetro del caserío Las Playas, donde se asienta parte del caserío; procesos de erosión fluvial, así como zonas donde se podrían generar inundaciones de la margen izquierda del río Tantada (figura 22)

El proceso de erosión fluvial del río Tantada está en la margen izquierda del río, se puede visualizar en la figura 17, que dicho evento se ubica a 20 m de la instalación prefabricada utilizada por el PRONOI del caserío Las Playas, la misma que se encuentra en las coordenadas UTM 9102235 N, 787017 E, con una altitud de 3255 m s.n.m. y el centro educativo N°82036 Las Playas (fotografía 2)

Es importante mencionar que, en tiempo de lluvias excepcionales, se generan inundaciones, debido a que la terraza del caserío presenta un nivel descendente entre el sector donde se ubican las instituciones al sector donde existen las pequeñas canteras artesanales (figura 19).



Fotografía 2. Vista donde se puede apreciar las Instituciones educativas del caserío Las Playas.

Según indican los pobladores del caserío el deslizamiento de Huagal, generó un pequeño represamiento el cual posteriormente se desplazó hasta el caserío Las Playas generando flujo, es por eso la preocupación de los pobladores ya que podría ser fuertemente afectados si dicho deslizamiento tiene a generar un nuevo represamiento, el mismo que podría desplazarse aguas abajo y generar alguna afectación al caserío de las Playas.



Figura 19. Se observa erosión fluvial en la margen izquierda próximo a las instalaciones educativas del caserío de Las Playas.



Figura 20. Vista con dirección noreste, donde se puede observar las zonas inundables del caserío, ubicada en las coordenadas UTM 9102328 N, 786597 E con una altitud 3250 m s.n.m.

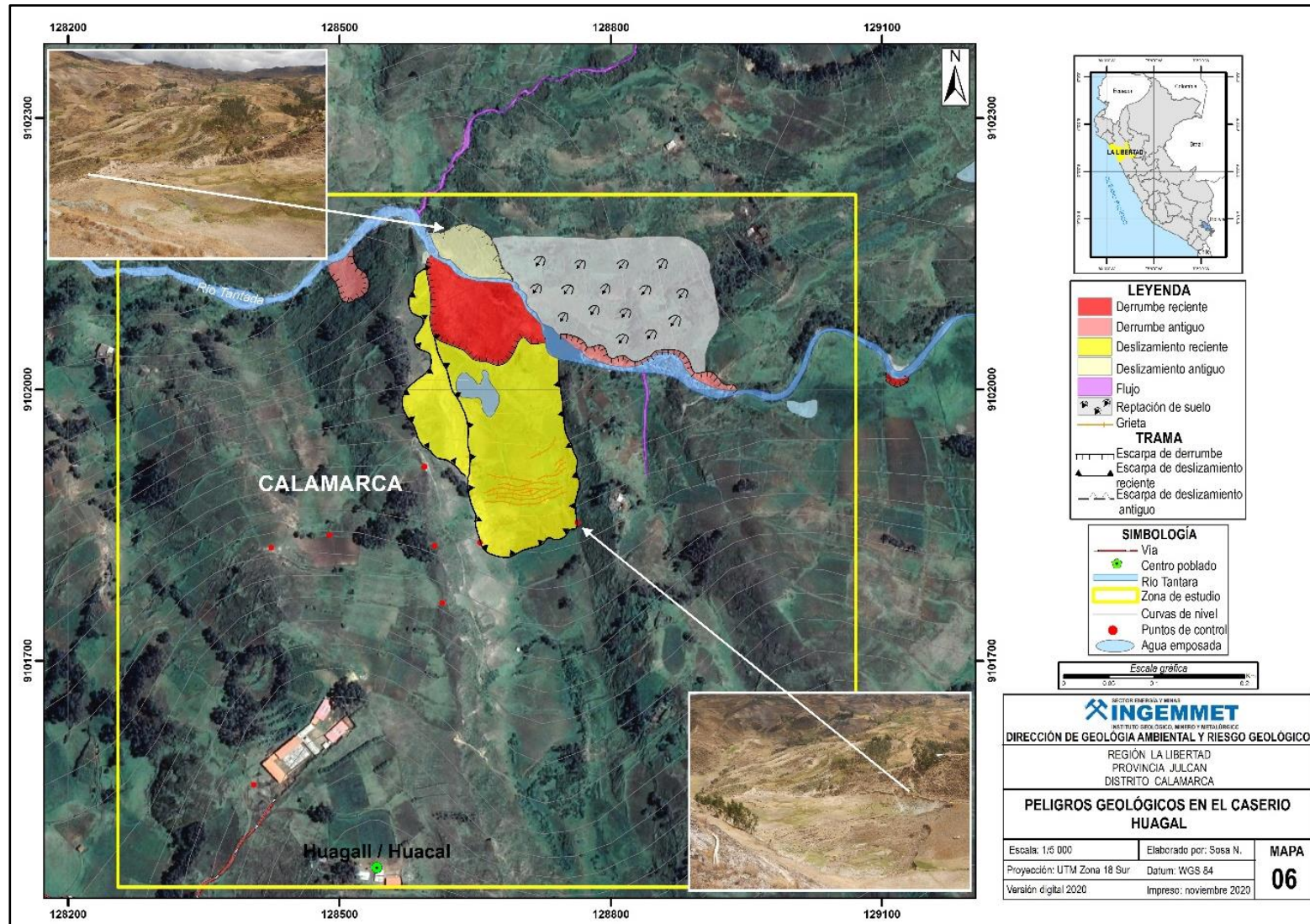


Figura 21. Peligros geológicos en el caserío Huagal.

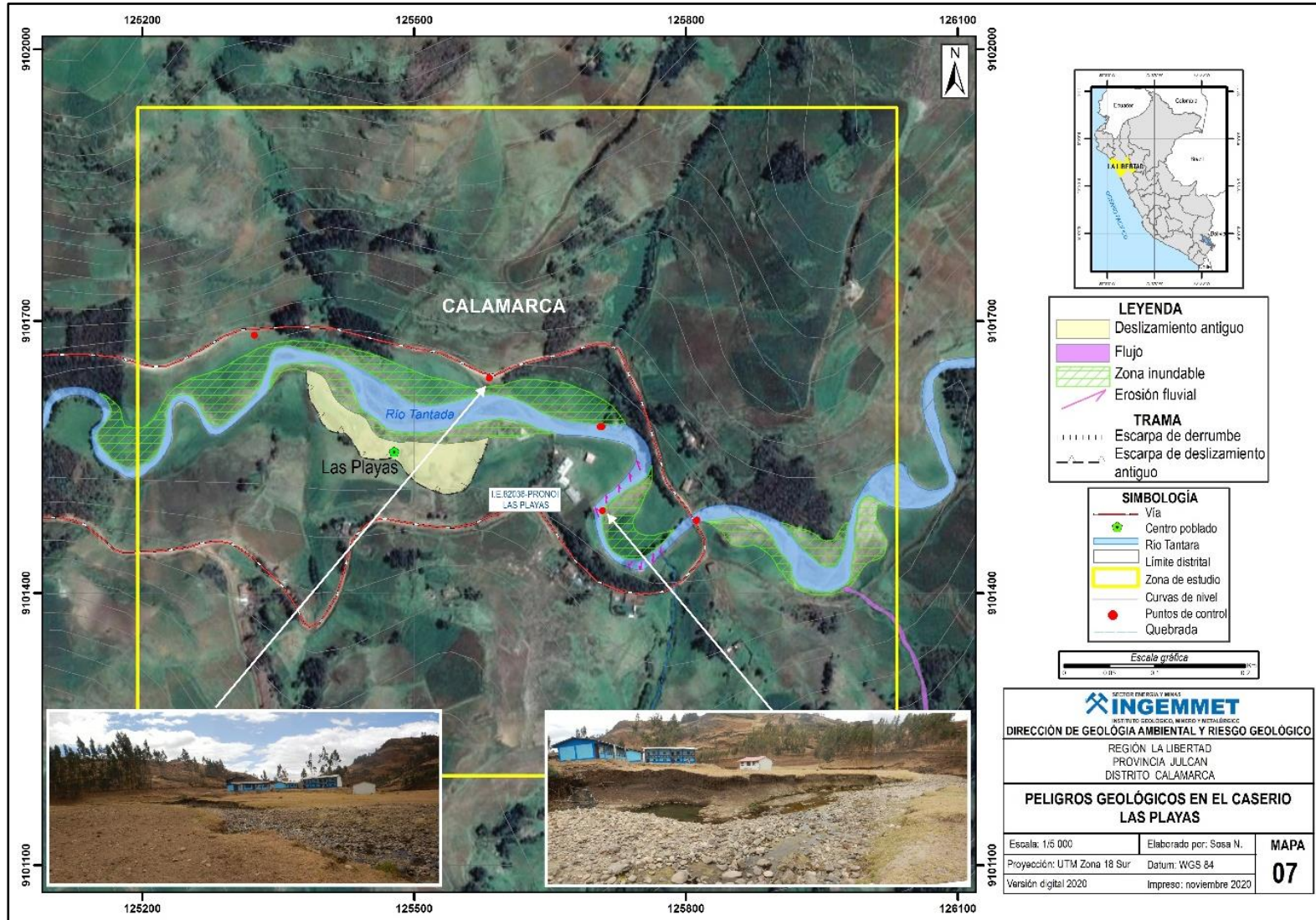


Figura 22. Peligros geológicos y geohidrológicos del caserío Las Palmas.

4.3.1. Factores condicionantes

- Pendiente: En el caserío Huagal se tienen montañas de pendiente entre fuerte (15° a 25) a muy escarpado (>45°). En estas zonas hay más ocurrencia de deslizamientos. Para el caserío de Las Playas la pendiente esta entre suave (1° a 5°) a moderado (5° a 15°),
- Litología: la presencia de rocas volcánicas constituidos por depósitos de flujos piroclásticos de cenizas dacíticas, moderadamente meteorizados y muy fracturados; además, se observó la presencia de depósitos coluviales y aluviales.
- Agua subterránea (ojos de agua).

4.3.2. Factores desencadenantes

- Lluvias intensas y/o extraordinarias entre los meses de noviembre a marzo.
- Movimientos sísmicos de gran magnitud, generan o activan deslizamientos.

4.3.3. Factores antrópicos

- Canal de riego sin revestir, que atraviesa cerca de la zona inestable y utilizan sistema de riego por gravedad, sin revestimiento, por saturación de suelos.
- No cuenta con sistema de drenaje
- Construcciones de reservorios próximos a la escarpa del deslizamiento.

5. CONCLUSIONES

Caserío Huagal

- 1) El caserío se ubica sobre relieves montañosos de rocas volcánicas, vertiente de depósitos de deslizamiento. En zonas de moderada a alta susceptibilidad a movimientos en masa, donde se ha identificado peligros geológicos como deslizamiento, derrumbe y reptación, los cuales representan un Peligro Alto que compromete la seguridad física de los pobladores, así como de sus cultivos.
- 2) Las causas del deslizamiento ocurrido en marzo del 2019 son:
 - Rocas moderadamente meteorizadas y muy fracturadas con espaciamiento regular entre fracturas 0.30-0.05 cm.
 - Pendiente del terreno comprendida entre 25° a 45°, que permite que la masa inestable se desplace cuesta abajo
 - Aumento de peso de la masa inestable, por la saturación del terreno.
 - Canales de regadío en mal estado y malas técnicas de regadío que permite la infiltración de agua al subsuelo.
 - El conglomerado permite la infiltración de agua y las rocas piroclásticas las retienen, lo que ocasiona una saturación. Esto conlleva a la pérdida de la cohesión.
- 3) El detonante de estos eventos son las intensas lluvias y sismos.
- 4) El deslizamiento es de tipo rotacional, con saltos verticales de 0.50 a 2 m, con presencia de agrietamientos con aberturas de 0.10 a 0.30 cm, con profundidades visuales de hasta 0.50 m, la distancia entre la escarpa y el ápice es de 313 m. Manifiesta el grado de actividad e inestabilidad de la zona, en donde no se descarga la ocurrencia de una reactivación de esta masa de terreno.
- 5) El deslizamiento afectó 4.7 hectáreas de cultivos de papa, cebada y choclo de 4 familias del caserío de Huagal, produjo el represamiento del río Tantada, reduciendo el ancho del cauce del río Tantada.
- 6) Por las condiciones del terreno del caserío (litología, geomorfología y pendiente) se considera como peligro **Alto** el deslizamiento de Huagal, donde se pueden producir nuevas reactivaciones de movimiento en masa, que podría afectar hasta el poblado Las Playas.

Caserío Las Playas

- 1) Este caserío se localiza en rangos de baja a moderada susceptibilidad a movimientos en masa, donde se ha identificado procesos de erosión e inundación fluvial, deslizamiento y flujo de detritos, los cuales se consideran como **peligro alto**. Están comprometidas infraestructuras educativas, por encontrarse próximos al cauce.
- 2) Las Playas presenta terrenos con distintas pendientes, los centros educativos se encuentran en los rangos de 1° a 5° y de 5° a 15°, sus partes altas presentan pendientes fuertes y muy escarpados (15° a 45°), representadas por montañas de rocas volcánicas.
- 3) Las rocas que afloran son de la unidad volcánica Caldera Calamarca, estas se encuentran medianamente fracturada, porque entre fractura y fractura presentan en rangos de 1.0 – 0.05 cm.
- 4) Los depósitos cuaternarios como coluviales (bloques rocosos angulosos), aluvial (arenas, cantos, bolos, etc) y fluvial (gravas, arenas y limos), son de fácil erosión
- 5) La erosión fluvial que se generó por el paso del flujo del 2019, producto del desembalse del río Tantada, afectó las terrazas del caserío Las Playas. De seguir el proceso se erosión podría afectar al centro educativo PRONOEI que se encuentra tierra adentro a 20 m del borde de la terraza.

6. RECOMENDACIONES

Caserío Huagal

- 1) Canalizar e impermeabilizar el canal de riego que se encuentra en la cabecera del deslizamiento y prohibir el riego en parte de la cabecera y cuerpo del deslizamiento, así como evitar el almacenamiento de aguas en los reservorios próximos al deslizamiento.
- 2) Realizar el relleno y sellado de grietas abiertas, localizadas dentro del cuerpo y sobre la corona del deslizamiento, para evitar la infiltración de aguas de lluvia, con ello se obtiene que el terreno no se sature.
- 3) Identificar y reparar los canales que presentan problemas de rotura, para no saturar el suelo.
- 4) Evitar la formación de lagunas en terrenos cóncavos, para evitar la saturación del cuerpo de deslizamiento. Realizar un drenaje en espiga de pescado.
- 5) Captar y derivar las aguas del manantial que se encuentran dentro del cuerpo del deslizamiento; estas aguas deberán ser conducidas por medio de canales revestidos hacia el río Tantada, ubicadas lejos de las zonas inestables.
- 6) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de ambos sectores en temas de peligros geológicos y gestión de riesgos de desastre, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos que pueden afectar su seguridad física.
- 7) Para el caserío de Huagal, realizar el monitoreo del deslizamiento, que puedan reactivarse y generar nuevamente un represamiento que podrían afectar aguas abajo.
- 8) Construir un sistema de drenaje tipo Espina de pescado: Para disminuir la infiltración de agua en la parte alta del talud, se construyen canales colectores en forma de Espina de pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (Anexo 3).
- 9) Reforestar las laderas afectadas, y evitar la tala de zonas reforestadas.
- 10) Realizar un monitoreo continuo y progresivo de las zonas donde presentan agrietamientos, que permitan tener un registro de su desarrollo, lo mismo que servirá para dar alertas ante movimientos rápidos que representarían la intensificación de los eventos; así también, identificar y registrar la aparición de nuevas grietas en el suelo.

Caserío Las Playas

- 1) De ser posible reubicar el módulo prefabricado del PRONOEI, a un caserío más alejado del cauce e instalar espigones laterales, enrocado o gaviones en la margen izquierda del río Tantada (caserío Las Playas)
- 2) Instalar gaviones en la margen derecha del río Tantada.
- 3) Reforestar las laderas afectadas, y evitar la tala de zonas reforestadas.



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



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

7. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Villota, H. (2005) – Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. 2. Ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.
- Medina, L., Luque, G., Parí, W., (2012) Boletín N° 50, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos geológicos en la región La Libertad” – INGEMMET.
- Cossío, A. (1964) Boletín N°8, Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa, Hojas 17-g y 18-g Comisión carta geológica nacional, 69p.
- Navarro, P., Rivero, Marco., Monge, R., (2010), Boletín N°28, Serie D, Geología y Metalogénica el Grupo Calipuy – INGEMMET, 192p.
- Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (2015) Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. -- Lima: MINAM, 2015. 100: il. col., maps., tbls.
- Medina, L., Ramos, W., Latorre, O., & Gonzales, J., (2017) “Informe técnico A6769 – INGEMMET:” Evaluación geológica de las zonas afectadas por el fenómeno del Niño Costero 2017 entre las regiones La Libertad-Cajamarca”
- Senamhi, Clasificación de climas de Werm Thornthwaite: www.senamhi.gob.pe
- Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/>

ANEXO 1: GLOSARIO

SUSCEPTIBILIDAD

Entendiéndose susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

DESLIZAMIENTO

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

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

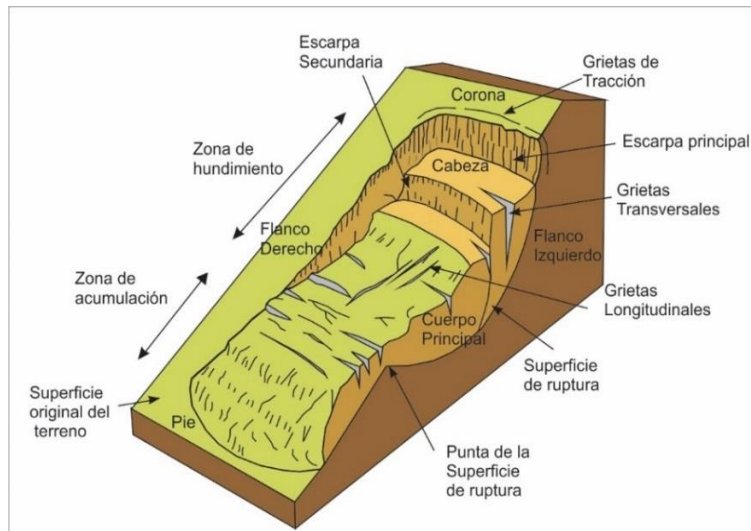


Figura 01: Esquema de un deslizamiento rotacional donde se muestran sus diferentes partes.

EROSIÓN FLUVIAL

Se define como trabajo continuo que realizan las aguas corrientes, sobre la superficie terrestre y se realiza en forma de arranque del material, abrasión fluvial, corrosión y atrición fluvial (Figura 2).

INUNDACIÓN

Son procesos naturales que se producen periódicamente, ocupando y modelando llanuras en los valles de los ríos. Generalmente ocurren cuando se presentan lluvias excesivas durante un periodo de tiempo prolongado haciendo un río exceda su capacidad (Maddx, I. 2014). El agua excede rebosa en las orillas y corre hacia tierras adyacentes bajas (Sen 2018).

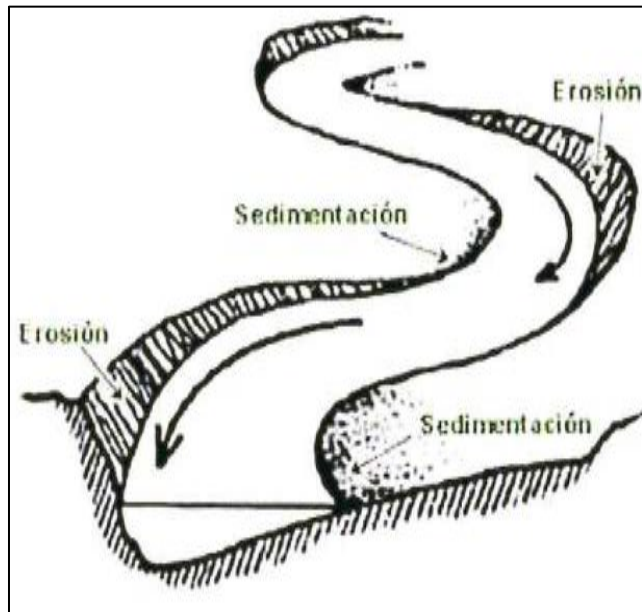


Figura 2. Erosión fluvial que ensancha el cauce del río.

ANEXO 2: GRADO DE METEORIZACIÓN ISRM (1981)

TERMINO	DESCRIPCIÓN	GRADO
Roca Fresca	No presenta signos visibles de meteorización en la roca: tal vez una leve decoloración en las superficies de las discontinuidades mayores	I
Levemente Meteorizada	La decoloración indica meteorización de la roca y en las superficies de las discontinuidades. La roca en su totalidad puede estar decolorado por la meteorización y puede estar extremadamente algo más débil, que en su condición fresca.	II
Moderadamente Meteorizada	Menos de la mitad de la roca esta descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos continuos	III
Muy Meteorizada	Más de la mitad de la roca esta descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos discontinuos.	IV
Completamente Meteorizada	Toda la roca esta descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La estructura original del macizo aún se mantiene en gran parte intacta.	V
Suelo Residual	Toda la roca está convertida como suelo. La estructura del macizo y la fábrica del material están destruidas. Existen un gran cambio de volumen, sin embargo, el suelo no ha sido transportado significativamente.	VI

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A partir de las condiciones geomorfológicas, geológicas y de sitio identificadas, que caracterizan la susceptibilidad de los peligros geológicos identificados en los caseríos de Huagal y Las Playas:

- Construir un sistema de drenaje tipo Espina de pescado: Para disminuir la infiltración de agua en la parte alta del talud, se construyen canales colectores en forma de Espina de pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (Figura 3). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración del agua

Figura 3. Sistema de drenaje tipo Espina de pescado.



- Protección de las terrazas aluviales de los procesos de erosión fluvial por medio de diques de defensa o espigones, que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización (figura 4).

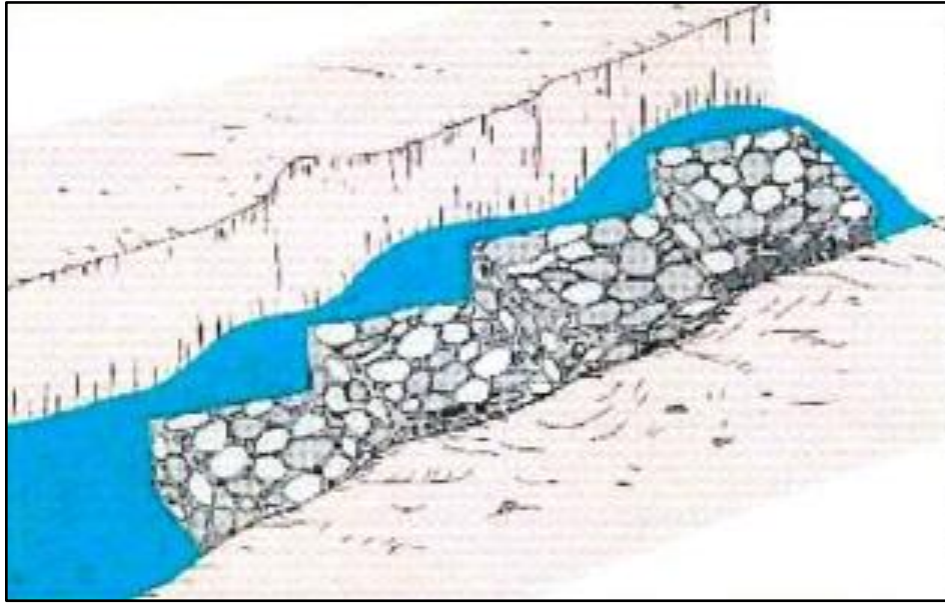


Figura 4. Gaviones para encauzar el lecho del río.

- Forestar las laderas afectadas, y evitar la tala de zonas reforestadas (figura 5).

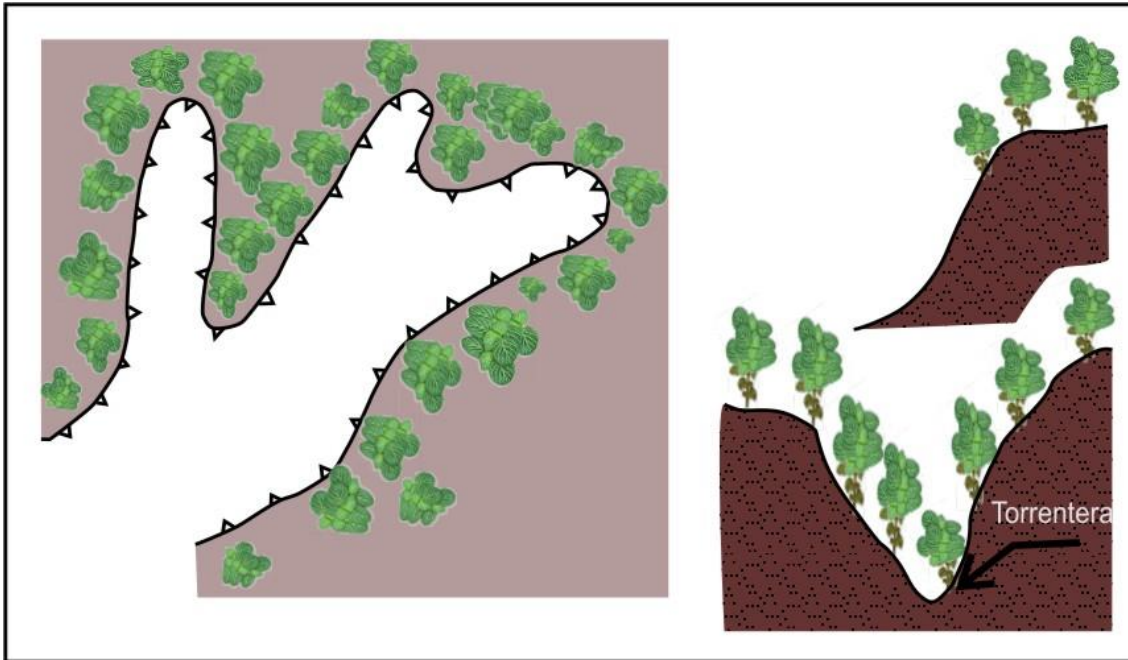


Figura 5. Vista de planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.