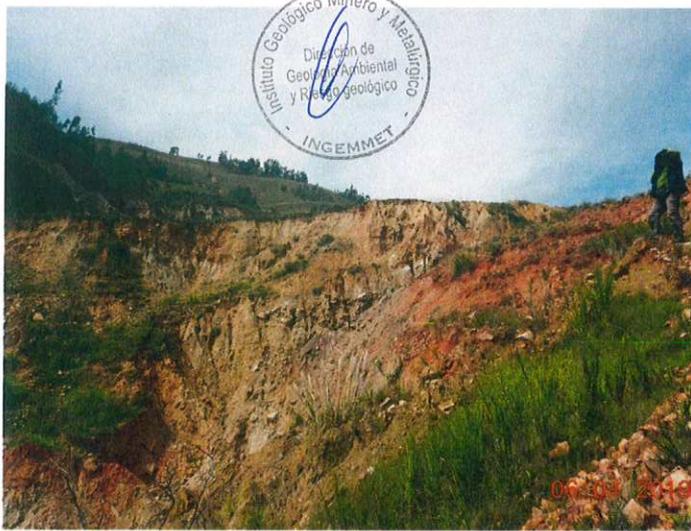


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7029

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LAS QUEBRADAS LLAMAC-TOTORA Y LA SHILLA - LA HUARACLLA

Región Cajamarca
Provincia Cajamarca
Distrito Jesus



MARZO
2020

CONTENIDO

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	3
3. TRABAJOS PREVIOS	3
4. ASPECTOS GENERALES	4
4.1. Ubicación y accesibilidad	4
4.2. Objetivos	5
4.3. Características de la zona de estudio	5
5. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	5
5.1. Geología	5
5.2. Geomorfología	6
6. PELIGROS GEOLÓGICOS	8
6.1. Conceptos generales	9
6.2. Erosión de laderas, deslizamientos antiguos y flujos en la quebrada Llamac - Totora	12
6.3. Flujos e inundaciones en la quebrada La Shilla	15
CONCLUSIONES	17
RECOMENDACIONES	18

RESUMEN

El alcalde del centro poblado La Huaraclla solicitó al INGEMMET, la evaluación técnica de las quebradas Llamac-Totora y La Shilla correspondientes a la parte alta de la localidad, a consecuencia de los peligros geológicos presentes.

Durante los trabajos de campo se reconocieron las subunidades geomorfológicas de montañas estructurales en roca sedimentaria y piedemontes de abanicos proluviales, en el contexto de La Huaraclla.

Las litologías presentes corresponden principalmente a afloramientos de rocas sedimentarias pertenecientes a Formaciones del Grupo Goyllarisquisga, siendo la Formación Farrat la que aflora en mayor extensión y está constituida por cuarcitas y areniscas. En la parte baja se observan depósitos proluviales compuestos por clastos subangulosos y heterométricos.

Las montañas del oeste, aledañas a la Huaraclla, se encuentran en una zona de susceptibilidad alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

Los trabajos de campo permitieron identificar erosión de laderas, deslizamientos y flujos a lo largo de la quebrada Llamac Totora. La quebrada La Shilla es afectada por erosión de laderas en su parte alta y flujos de detritos en la zona de piedemonte.

Por las condiciones actuales y presencia de movimientos en masa activos de grandes dimensiones, se concluye que las áreas de influencia y sectores de la Huaraclla por los que pasan los cauces de las quebradas Llamac-Totora y La Shilla, son Zonas Críticas de Muy Alto Peligro ante la Ocurrencia de Movimientos en Masa y Peligros Geohidrológicos, ante la ocurrencia de lluvias excepcionales y/o sismos de gran magnitud.

Se recomienda realizar la descolmatación periódica del cauce, previo a la temporada de lluvias, la construcción de zanjas de coronación para los deslizamientos de la confluencia de las quebradas Llamac y Totora, ampliar y canalizar el cauce de la quebrada La Shilla a fin de no generar estrangulamientos, entre otros.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora, dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el apoyo y/o asistencia técnica a los gobiernos nacional, regionales y locales; su alcance consiste en contribuir con entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico, de peligros geológicos en territorios vulnerables, con la finalidad de proporcionar una evaluación técnica que incluya resultados y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos, en el marco de la Gestión de Riesgo de desastres.

Mediante oficio remitido por el Sr. Javier Vásquez Alvarado, alcalde del centro poblado La Huaraclla, se solicitó a nuestra institución, la evaluación técnica de peligros geológicos de las quebradas Llamac-Tоторa y La Shilla, a consecuencia de los movimientos en masa que la afecta dichos sectores.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó a los Ing. Luis Albinez, Dulio Gómez y Luis León, para realizar la evaluación técnica, en coordinación con el alcalde del centro poblado La Huaraclla, quien presentó la problemática de la zona.

Para esta evaluación, se realizaron los siguientes trabajos: Recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos y GPS, cartografiado, procesamiento de información y redacción de informe.

El presente informe se pone a consideración de la municipalidad del centro poblado La Huaraclla, distrito de Jesús, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades locales y regionales, y otras autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. ANTECEDENTES

En febrero del 2017, el cauce de la quebrada Llamac se incrementó, trayendo consigo flujos que afectaron terrenos de cultivo y viviendas de la parte baja. Según los pobladores locales, las crecidas, flujos y otros movimientos en masa son recurrentes en la zona. Dichos peligros geológicos aumentan su magnitud durante el fenómeno de El Niño y al presentarse lluvias excepcionales.

A consecuencia de estos fenómenos, la municipalidad del centro poblado La Huaraclla, solicitó al INGEMMET, la evaluación técnica de peligros geológicos en las quebradas Llamac-Tоторa y La Shilla. Se efectuaron coordinaciones con el alcalde del centro poblado.

3. TRABAJOS PREVIOS

La zona evaluada está incluida en el área de estudio de trabajos de geología y peligros de escala regional y local, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

- a) Boletín N° 31 Serie A: "Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajamarca", INGEMMET, (Reyes, 1980). En el "Mapa geológico de San Marcos Hoja 15-g", escala 1:100,000, (Reyes, 1980), la quebrada Llamac se ubica sobre afloramientos del Grupo Goyllarisquizga.

- b) Boletín de “Riesgos geológicos en la región de Cajamarca”, INGEMMET (Zavala & Rosado 2011). En el “Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa”, escala 1:250,000, La Quebrada Llamac se encuentra en zona de alta susceptibilidad.
- c) En el informe “Caracterización Geológica, Geomorfológica y Geodinámica de la Microcuenca Quebrada Seca, caserío la Huaraclla, distrito de Jesús, provincia y región Cajamarca”, (Cruzado, 2015), se menciona que, en casi la totalidad de las laderas del curso de la quebrada Seca, se presentan movimientos en masa que son fuente materiales continuamente removidos por precipitaciones pluviales, afectando los terrenos de la parte baja.
- d) En la tesis de grado “Identificación de Peligros por Remoción en Masa en la Microcuenca Quebrada Llamac, caserío La Huaraclla, Distrito De Jesús, Cajamarca”, (León, 2016), se menciona que, en dicha quebrada, se pueden identificar en mayor medida, deslizamientos de tipo rotacional y zonas de caída de rocas. Las formaciones Farrat y Carhuaz son las que presentan mayor ocurrencia de movimientos en masa. También se menciona que los movimientos en masa presentes en la microcuenca quebrada Llamac, afectan directamente 28 hectáreas y 09 hectáreas de manera indirecta.

4. ASPECTOS GENERALES

4.1. Ubicación y accesibilidad

La Huaraclla se localiza al sureste de Cajamarca (figura 1), en el distrito Jesús, provincia y región Cajamarca, sobre los 2650 m s.n.m., en las coordenadas WGS84 – 17S: 785876 E; 9199732 N.

Se accede por la siguiente ruta: Lima - Chiclayo - Cajamarca - La Huaraclla.

El itinerario desde Oxapampa, llevado a cabo de acuerdo a la programación fue:

Ruta	Tipo de vía	Tiempo / kilometraje
Cajamarca - La Huaraclla	Carretera asfaltada	30 m / 15 km
La Huaraclla - Quebrada Llamac Titora	Carretera afirmada	10 m / 2 km

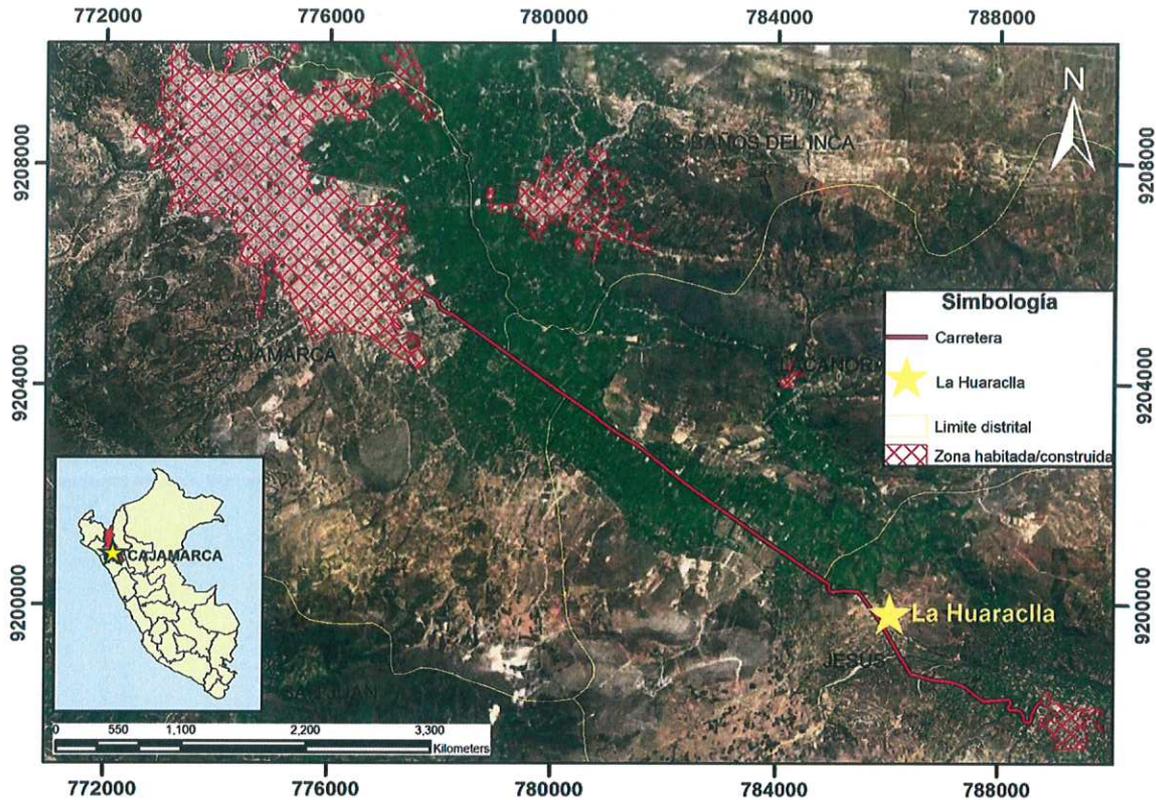


Figura 1. Mapa de ubicación del Centro Poblado La Huaraclla.

4.2. Objetivos

- Identificar y evaluar las zonas con peligros geológicos que afecten o afectaron a las quebradas Llamac Totora y La Shilla.
- Recomendar medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

4.3. Características de la zona de estudio

Según la clasificación climática de Thornthwaite, la zona presenta un clima sub-húmedo y templado con tendencia a seco, templado, deficiente de lluvia en el otoño e invierno y sin cambio térmico invernal bien definido. La precipitación generalmente es de entre 630 a 780 mm en promedio anual y la temperatura media al año es de 14°C. Los volúmenes de precipitación aumentan entre enero y marzo y decrecen de mayo a octubre. No obstante las precipitaciones se pueden presentar como ligeras lluvias ocasionales de mayo a agosto (Sánchez & Vásquez, 2010).

Los terrenos son utilizados para fines de vivienda, agrícola y pastoreo. Se pueden encontrar principalmente pastos naturales, cultivos diversos, terrenos en descanso, escasas tierras sin uso actual y bosques. La microcuenca de la quebrada Llamac-Totora no presenta un caudal permanente, solo en épocas de lluvia. (León, 2016).

5. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

5.1. Geología

En relación a la geología, a lo largo de las quebradas Llamac-Totora o quebrada Seca y La Shilla, se observan a las formaciones Chimu, Carhuaz, Santa y Farrat,

pertenecientes al Grupo Goyllarisquisga (Reyes, 1980). Hacia el sur aflora principalmente la Formación Farrat, constituida por cuarcitas y areniscas de grano medio a grueso.

Continuando el curso de la quebrada, se puede encontrar una alternancia de areniscas y lutitas de la Formación Carhuaz (Reyes, 1980). En las márgenes del cauce intermedio, 100 m al N de la afluencia de la quebrada Totorá a la Llamac, se observan bancos de cuarcitas blancas (figura 4) que se intercalan con arcillitas y areniscas pertenecientes a la Formación Carhuaz.

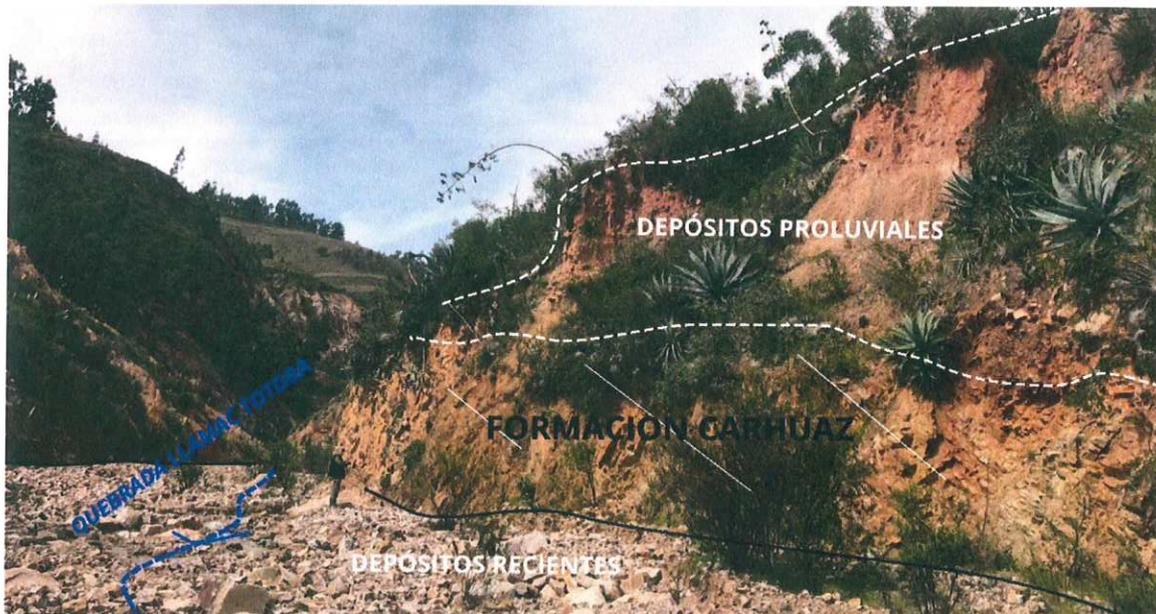


Figura 4. Depósitos proluviales antiguos sobre afloramientos de cuarcitas blancas de la formación Carhuaz. También se observan clastos recientemente transportados por flujos provenientes de la quebrada Llamac Totorá.

Al norte de la zona montañosa, se observa una intercalación de arcillitas, calizas margosas y areniscas pertenecientes a la Formación Santa. Al oeste de las quebradas Llamac-Totorá y La Shilla aflora la Formación Chimu la cual consta de una alternancia de areniscas, cuarcitas y arcillitas. (Reyes, 1980).

Las terrazas de depósitos proluviales de la parte baja (Zavala & Rosado, 2010), están compuestas principalmente por clastos heterométricos, de forma subangulosa a subredondeada, con diámetro máximo promedio de 50 cm, dispuestos dentro de una matriz areno limosa. En el cauce de la quebrada Llamac-Totorá, se observan clastos sub angulosos, principalmente de cuarcitas, de hasta dos 2 m de diámetro, relacionados a materiales transportados por flujos recientes (figura 4).

Según la carta nacional y observaciones de campo, las zonas de carcavamiento y deslizamientos, afectan principalmente afloramientos de la Formación Farrat, altamente fracturados y con intensa meteorización.

5.2. Geomorfología

Geomorfológicamente, la zona abarca un relieve montañoso o colinado estructural-erosional en rocas sedimentarias y de abanicos de piedemonte (Zavala & Rosado 2010).

5.2.1. Unidades geomorfológicas

5.2.1.1. Unidad de Montañas

Una montaña es la unidad o componente de una cadena montañosa, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel respecto a su nivel de base local, cuya cima puede ser aguda, redondeada o tabular, sus laderas regulares e irregulares a complejas, y su pendiente o declive superior al 30% (Zabala & Rosado, 2011).

- Sub unidad de montañas estructurales en roca sedimentaria

Esta sub unidad geomorfológica está caracterizada por afloramientos de rocas de origen sedimentario, afectados por procesos tectónicos y erosivos, formados por rocas sedimentarias: conglomerados, areniscas, arcillitas, limolitas, lodolitas, calizas y cuarcitas del Cretáceo. El drenaje es paralelo y su disposición está controlada por pliegues y fallas. La inclinación de las laderas está controlada por el buzamiento de las capas, variando de moderadas a muy abruptas (Luque et al 2013).

Las montañas del suroeste de la Huaraclla muestran un relieve abrupto y erosionado (figura 3), de orientación principal de laderas hacia el noreste. La dirección preferente SO-NE de las quebradas, está relacionada con características litológicas y a la disposición de los estratos visibles en la cabecera. Las pendientes presentes en la zona montañosa son mayormente superiores a 30° (figura 2).

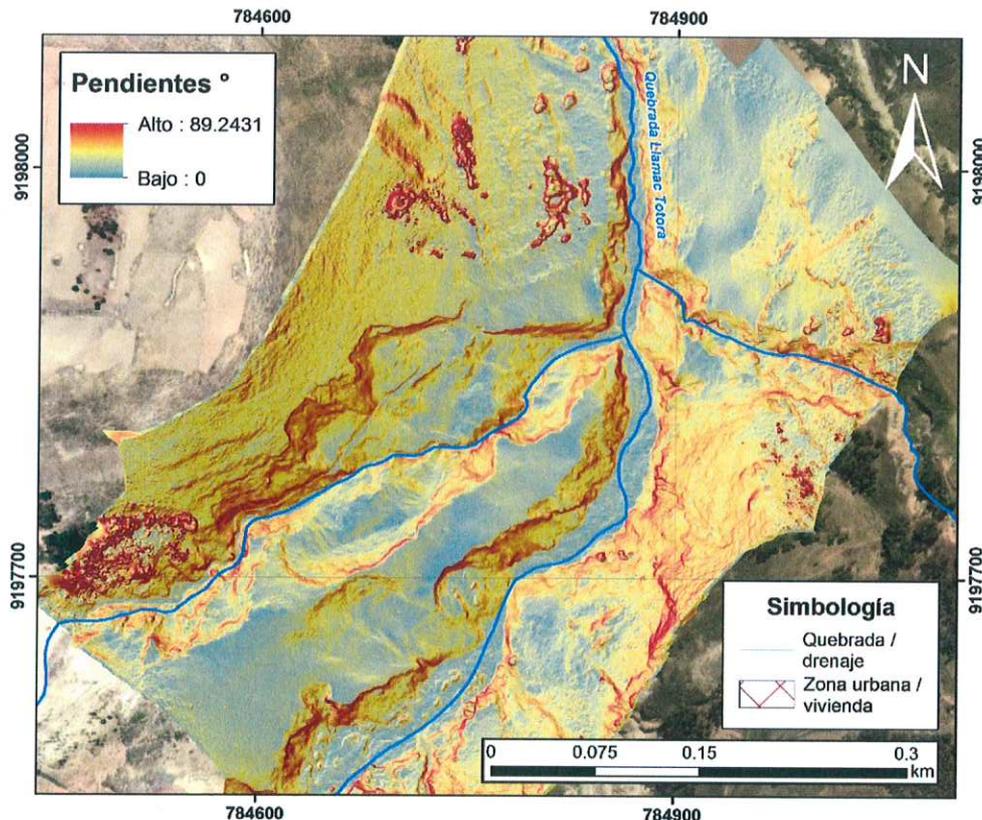


Figura 2. Mapa de pendientes de zona de confluencia en la quebrada LLamac Torora. Se distingue un relieve abrupto.



Figura 3. Fotografía aérea del contexto geomorfológico y geológico.

5.2.1.2. Unidad de Piedemontes

La palabra piedemonte deriva del italiano “piemonte”, que significa “al pie de las montañas” (Lugo, 2011). Lo constituyen principalmente depósitos acumulados ladera abajo.

- Sub unidad de abanicos proluviales

Son depósitos de flujos de detritos canalizados en forma de abanico, ubicados en la parte terminal o desembocadura de una quebrada o curso fluvial. Debido a que su origen está dado por eventos individuales de diferente magnitud, confundándose en algunos casos con terrazas aluviales. Están compuestos por depósitos de detritos clásticos, que vistos en planta presentan formas característicamente cónicas, con pendientes generalmente desde suave (2°), hasta 10° - 15° (Zabala & Vilchez 2006). A diferencia de otros movimientos en masa están relacionados enteramente a la ocurrencia de flujos de detritos (Zabala & Rosado, 2011).

La zona de piedemonte de la Huaraclla (figura 3) se caracteriza por su relieve homogéneo, con pendientes que varían entre de 5° a 10° (figura 2).

La quebrada Llamac-Totora nace con una dirección preferente EO en su parte más alta, para luego cambiar su dirección de S a N. Al llegar a la zona proluvio-aluvial, su cauce retoma la dirección preferente EO, condicionado por el abanico de piedemonte presente (figura 3).

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

La parte alta correspondiente al contexto quebradas Llamac Totora y La Shilla, se encuentra en una zona de susceptibilidad alta ante la ocurrencia de movimientos en masa (Zavala & Rosado 2010, GEOCATMIN).

Los trabajos de campo permitieron identificar erosión de laderas, deslizamientos y flujos a lo largo de la quebrada Llamac Totora (figura 8). La quebrada La Shilla es afectada por erosión de laderas en su parte alta y flujos de detritos en la zona de piedemonte (figura 8).

6.1. Conceptos generales

Los **deslizamientos** son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante, pueden ser de tipo rotacional o traslacional. El **deslizamiento de tipo rotacional** (figura 5), se caracteriza porque su masa de desplazamiento se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava, la cabeza del movimiento deja un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior tiende a inclinarse hacia atrás en dirección al escarpe (PMA 2007). Los deslizamientos presentes en la quebrada LLamac-Totora son principalmente de tipo Rotacional, relacionados a los procesos erosivos del entorno y la incompetente litología.

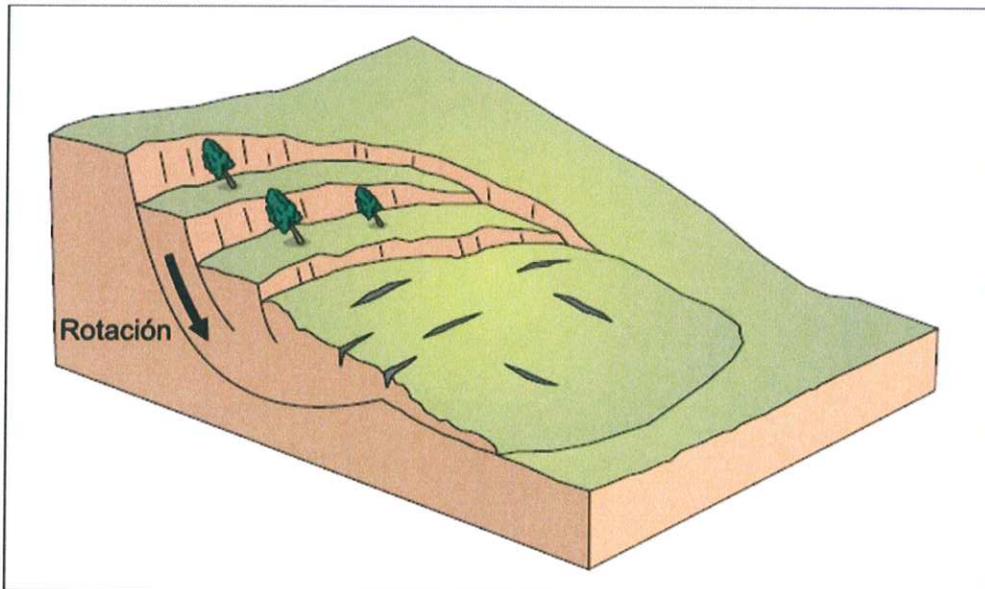


Figura 5. Esquema de deslizamiento rotacional (PMA 2007).

Las **cárcavas** (figura 6) son pequeños valles de paredes verticales, cabeceras verticalizadas y perfiles longitudinales de pendiente elevada, que transmiten flujos de agua efímeros y están sujetos a una intensa erosión hídrica (Lucía *et al.*, 2008), además de a la ocurrencia de movimientos en masa como flujos, derrumbes y deslizamientos. Intensos procesos de erosión de laderas y carcavamiento afectan la parte alta de los cauces altos montañosos de las quebradas LLamac Totora y La Shilla.

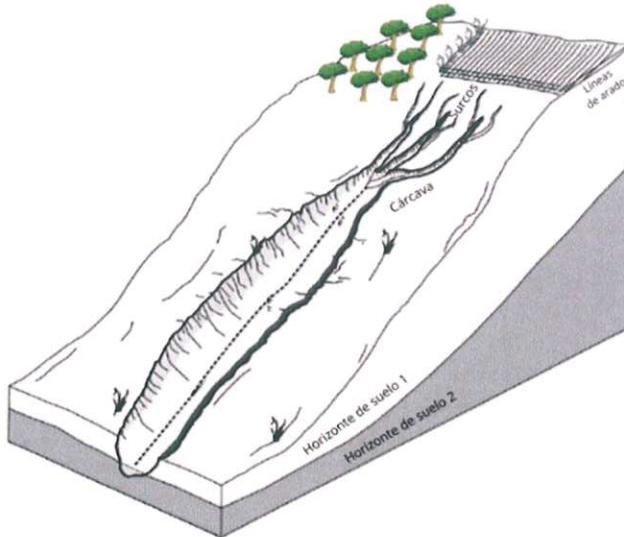


Figura 6. Esquema de la formación de cárcavas originadas por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi *et al.*, 2011).

Los **flujos de detritos (huaicos)** (figura 7) son movimientos en masa que transcurren principalmente confinados a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos (huaicos) incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (PMA 2007). Se observan depósitos de flujos recientes en el cauce canalizado de la quebrada Llamac-Totora. También se observan depósitos de flujos recientes, que afectaron terrenos de cultivo, en las márgenes del cauce canalizado de la quebrada La Shilla.

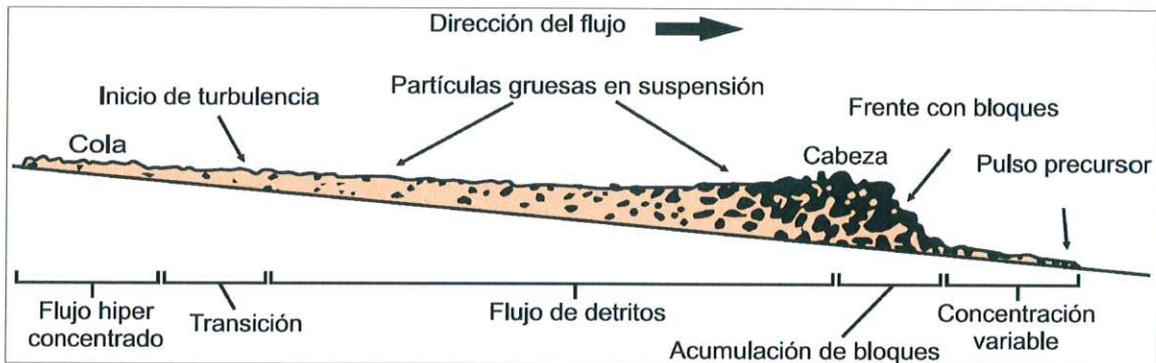


Figura 7. Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986, en PMA 2007).

Las **crecidas o inundación de detritos** son flujos muy rápidos de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal (Hungry *et al.*, 2001). Los depósitos de crecidas colmatan el cauce de la quebrada Llamac-Totora también están relacionados a este tipo de fenómenos.

Las **inundaciones fluviales o ribereñas** 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 período de tiempo prolongado haciendo que un río exceda su capacidad (Maddox, 2014 en <http://www.intermap.com>). El agua excedente rebosa en las orillas y corre hacia tierras adyacentes bajas (Sen, 2018 en <https://sciencing.com>). De acuerdo a versiones de pobladores, los años pasados se presentaron inundaciones por desbordes baja de la quebrada La Shilla y las márgenes correspondientes al cauce bajo de la quebrada Llamac – Totora.

784000

785000

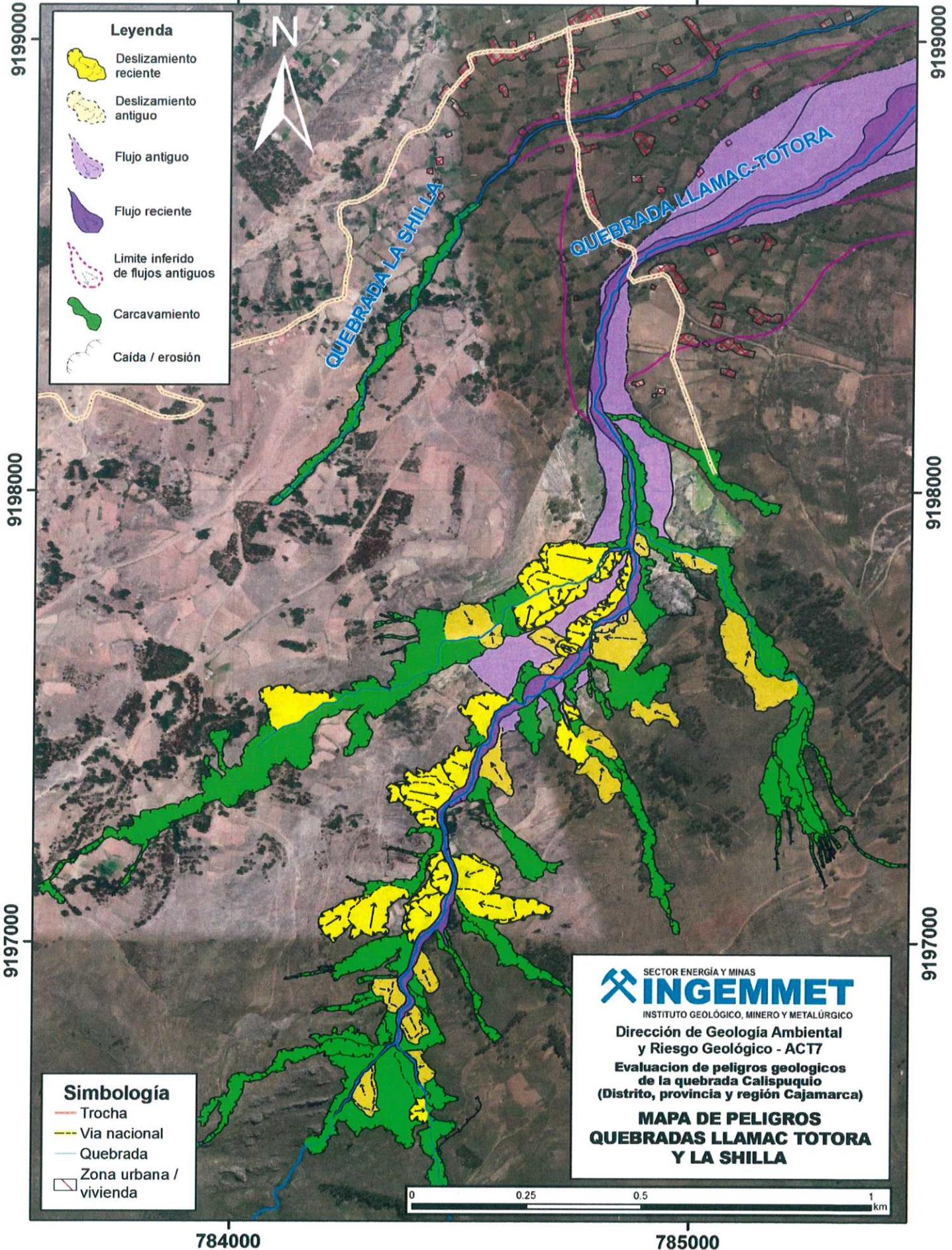


Figura 8. Mapa de peligros geológicos de las quebradas LLamac Totorá y La Shilla.

6.2. Erosión de laderas, deslizamientos antiguos y flujos en la quebrada Llamac - Totorá

La parte alta de la quebrada Llamac-Totorá, ubicada en la zona montañosa del sur, es afectada por intensa erosión de laderas y movimientos en masa asociados (figura 9). El área total aproximada afectada es de 478300 m². La profundización generada por el cárcavamiento activo promedia los 30 m en algunos sectores.

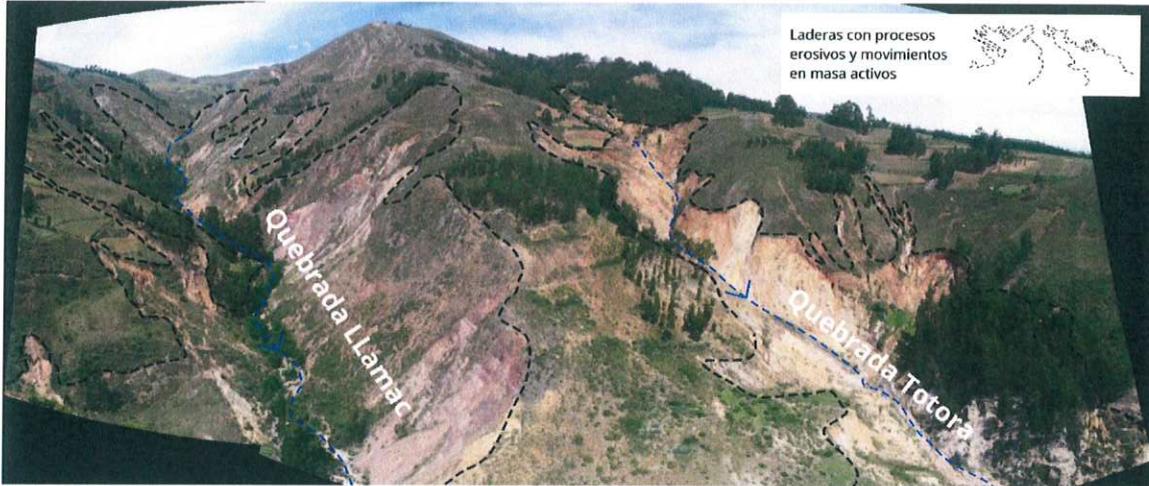


Figura 9. Mosaico de fotografías aéreas mostrando procesos de erosión y deslizamientos asociados de las quebradas Llamac y Totorá.

A partir del sector con coordenadas 784834 E; 9197864 S, en la afluencia de la quebrada Totorá a la Llamac, se observan grandes deslizamientos activos (figuras 9, 10 y 11).

El deslizamiento de mayores dimensiones es de tipo rotacional, ubicado en el sector con coordenadas 784713 E; 9197828 S, en la margen izquierda de la quebrada Totorá (figuras 10 y 11). Presenta 2 coronas paralelas a consecuencia de reactivaciones laterales, con una longitud acumulada aproximada de 220 m. El escarpe del primer evento, de aproximadamente 30 m de altura, presenta erosión en forma de surcos, lo cual indica recurrente presencia de agua de escorrentía e incompetencia litológica. El escarpe del lado sureste, tiene aproximadamente 20 m de salto y también presenta surcos por erosión pero de menor profundidad. Ambas coronas tienen material suspendido en sus lados izquierdos (figura 11). En la zona del pie del deslizamiento, en su lado izquierdo, se observa presencia de humedad y agrietamientos. El estrechamiento de la quebrada y la deformación de la parte frontal, sugieren el continuo avance del cuerpo (figura 10). Cabe mencionar que por la parte media, en la base del escarpe principal, pasa una tubería que abastece de agua a los terrenos de la zona de abanico aluvial. Dicha tubería se encuentra colgada por tramos a consecuencia de derrumbes (figura 11). La vegetación predominante presente en el cuerpo e inmediaciones, consiste en pastizales, matorrales y algunos árboles de eucalipto dispersos.

En el sector con coordenadas 784710 E; 9197760 S, en la margen derecha de la quebrada Totorá, frente al deslizamiento de mayores dimensiones (figuras 8 y 11), se observan otros deslizamientos de tipo rotacional y derrumbes asociados a la erosión, que se prolongan lateralmente por aproximadamente 400 m, quebrada arriba hacia el suroeste. Al igual que el deslizamiento de enfrente, estos eventos movilizan litologías de la Formación Farrat, además de depósitos de eventos proluviales antiguos.

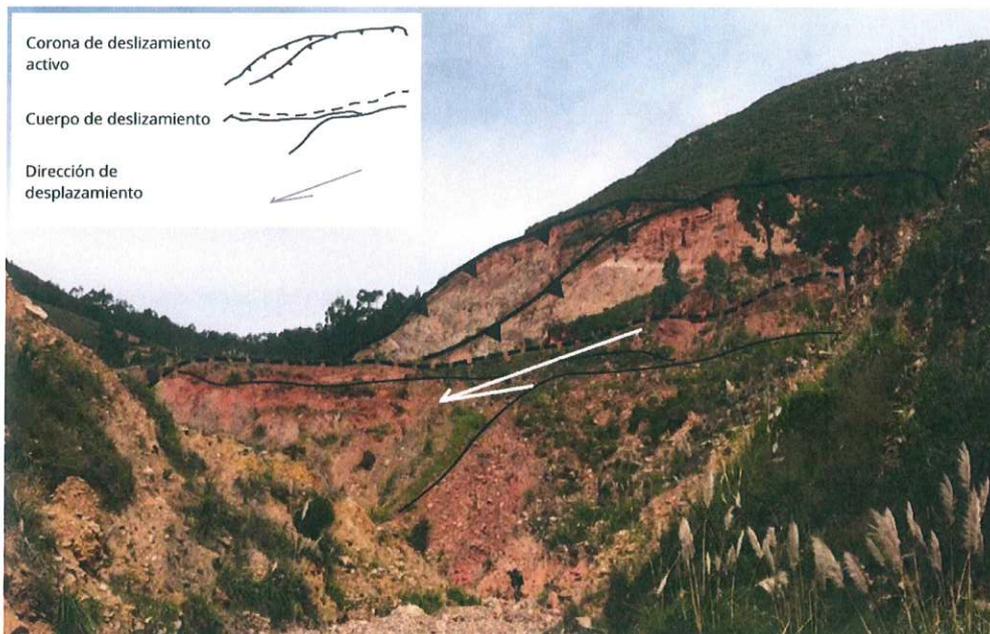


Figura 10. Deslizamiento en la margen derecha de la quebrada Totora. Se observa el cuerpo movilizado estrechando el cauce.

Los procesos erosivos y deslizamientos asociados se pueden encontrar en ambos márgenes, a lo largo de toda la quebrada Llamac, a partir del sector con coordenadas 784862 E; 9197914 S, observándose ramales de carcavamiento más extensos, en su margen derecha (figura 11).

Colindante a la zona de afluencia de la quebrada Totora, en la margen izquierda de la quebrada Llamac (figuras 8 y 11), se observan deslizamientos paralelos con reactivaciones de tipo lateral, que se prolongan hacia el suroeste.

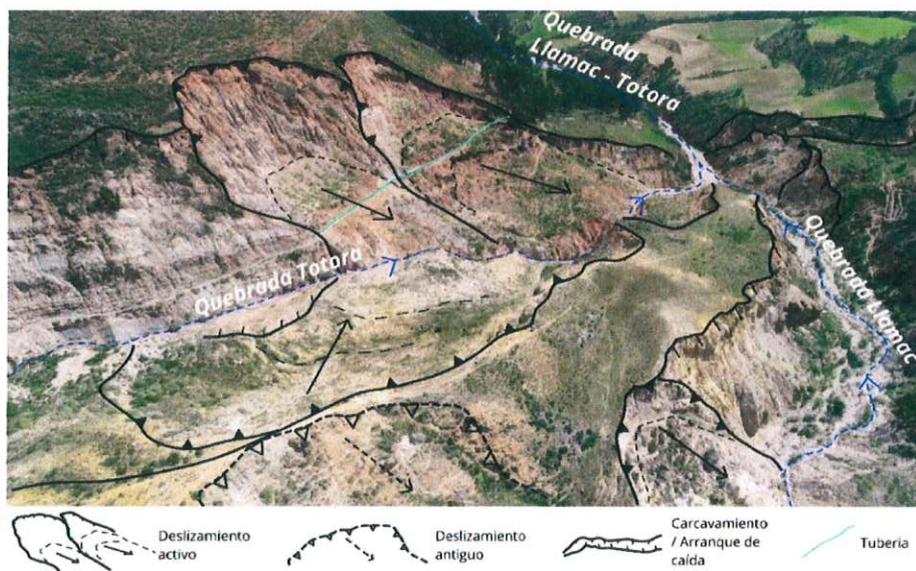


Figura 11. Fotografía aérea mostrando procesos de erosión y deslizamientos asociados en la confluencia de las quebradas Llamac y Totora. Se observan deslizamientos activos de grandes dimensiones estrechando el cauce.

De acuerdo a pobladores locales, en la parte alta de la quebrada Llamac Totora, pueden encontrarse 6 manantiales de caudal constante. La presencia de aguas subterráneas y

la falta de adecuadas obras para su captación, conjuntamente con las desfavorables condiciones litológicas del lugar, condicionan la inestabilidad de las laderas.

Los materiales inestables producidos por el carcavamiento activo y deslizamientos asociados, son removilizados periódicamente en forma de flujos, que afectan los márgenes del cauce bajo de la quebrada Llamac-Totora. Los depósitos más recientes de estos flujos son visibles colmatando el cauce (figura 12), que se mantiene con muy poco caudal la mayor parte del año. Los clastos o fragmentos de roca, tienen forma subangulosa a subredondeada, con longitudes que promedian los 20 cm, observándose también bloques dispersos de hasta 2 m.

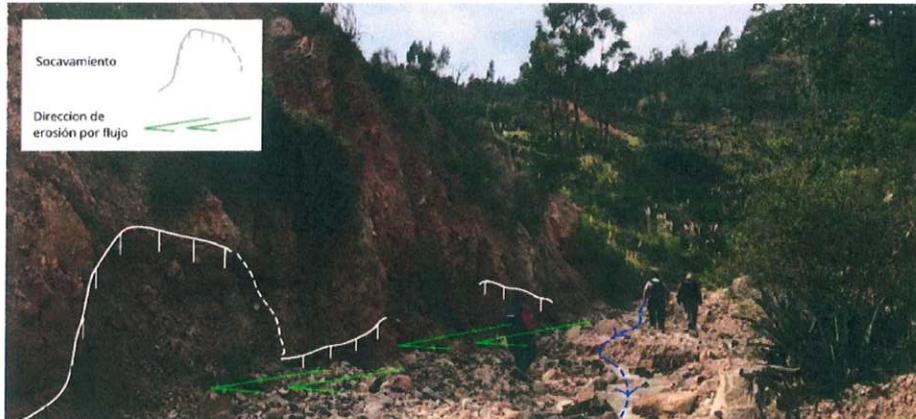


Figura 12. Socavamiento de depósitos de flujos antiguos, en la margen derecha de la quebrada Llamac – Totora, generado por flujos recientes.

A lo largo del cauce canalizado también son visibles sectores con socavamiento en la parte baja de las terrazas proluviales, generados por los flujos (figura 12 y 13).

Las obras de encauzamiento se realizaron acarreado material del lecho hacia los lados, para construir defensas ribereñas tipo muro, obteniendo un nuevo cauce restringido de aproximadamente 8 m de ancho en promedio (figura 13). De acuerdo a versiones de pobladores, estas obras concluyeron el año 2017. Los flujos generados durante la temporada lluviosa del 2018, dañaron estas obras, en mayor proporción en los sectores con coordenadas 784813 E, 9198341 S; 784771 E, 9198273 S y 784797 E 9198174 S.



Figura 13. Canalización de la quebrada Llamac – Totora. Se observa un estrechamiento de cauce y socavamiento generado por flujos recientes.

La morfología de flujos de detritos de grandes dimensiones y litología correspondiente a depósitos antiguos presente en el sector, indican la ocurrencia de eventos de mayores proporciones en el pasado, cuyos límites se infieren mediante la disposición de todo el

abanico proluvial (figura 3). A partir de esta característica morfológica, se asume que las márgenes de la quebrada Llamac-Tоторa y gran parte de la zona agrícola de la Huaraccla, son propensas a recibir flujos de mayores proporciones, de presentarse condiciones climáticas extraordinarias y precipitaciones constantes, superiores a la de la época actual.

6.3. Flujos e inundaciones en la quebrada La Shilla

Las márgenes de la parte alta de la quebrada La Shilla, a partir del sector con coordenadas 784083 E; 9197970 S, muestran procesos erosivos no muy desarrollados, y se prolongan por aproximadamente 800 m en dirección NE (figura 4). La quebrada permanece seca todo el año hasta la temporada lluviosa.

A partir del sector con coordenadas 784531 E; 9198648 S, comienza el cauce canalizado, en la zona de piedemonte de pendientes más bajas. Dicho cauce muestra socavamiento generado por flujos en distintos sectores identificándose los puntos 785521 E; 9199113 S y 785555 E; 9199143 (figura 14). Los clastos de flujos recientes, tienen dimensiones de 10 cm y forma sub angulara a sub redondeada.



Figura 14. Socavamiento generado por la erosión de flujos temporales en la quebrada La Shilla.

En el sector con coordenadas 785703 E; 9199238 S, en la margen derecha, se observan depósitos de detritos que sobrepasaron la canalización y afectaron terrenos aledaños. 50 metros quebrada abajo. En la margen izquierda también se encuentran depósitos de flujos pasados. Los clastos visibles tienen un diámetro promedio de 10 cm y de forma sub angulara a sub redondeada (figura 15).



Figura 15. Depósitos de flujos antiguos en la margen izquierda de la quebrada La Shilla.

Al final de la canalización, en el sector cercano a la carretera de coordenadas 786000 E; 9199480 S, se observa un cambio brusco de dirección de SONE a NOSE, generado por la adecuación antrópica del sector. A partir de este punto el cauce se encuentra colmatado y sin muros adecuados. La quebrada continua su curso hasta afluir a Llamac-Totora en el sector con coordenadas 786233 E; 9199125 S (figuras 16 y 17).



Figura 16. Fotografía aérea mostrando un cambio de dirección brusca de la quebrada la Shilla, canalizada hacia la quebrada Llamac-Totora.

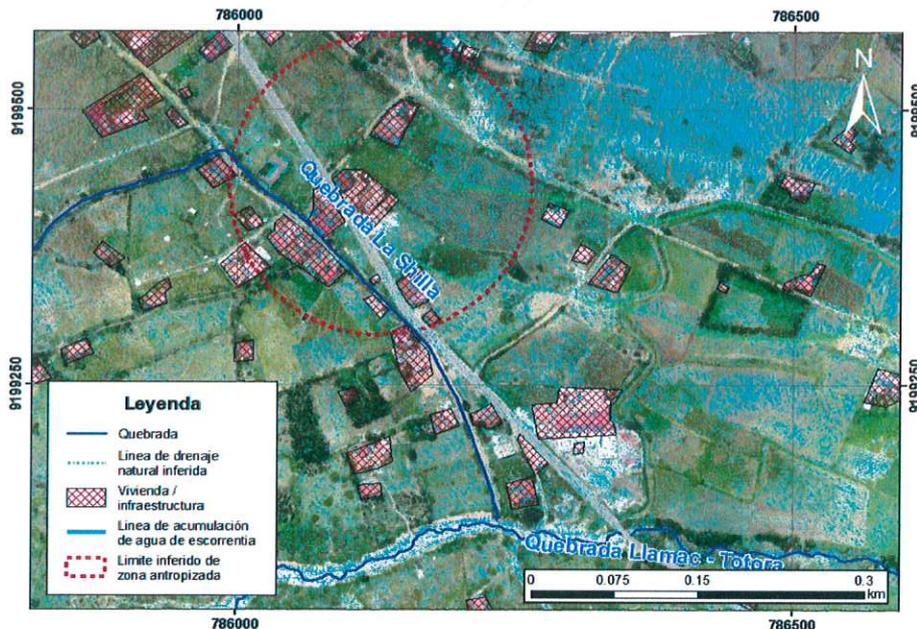


Figura 17. Mapa de acumulación de flujos generado a partir de topografía de detalle, en la desembocadura de la quebrada La Shilla. Se observan drenajes de escorrentía de dirección principal NS, con vergencia hacia cauces antiguos actualmente antropizados.

CONCLUSIONES

1. El suroeste de la Huaraclla se encuentra sobre un relieve de montañas estructurales en roca sedimentaria con pendientes mayormente superiores a 30°. La zona de abanico tiene un relieve homogéneo, con pendientes que varían entre de 5° a 10°. La geología de las quebradas Llamac-Totora o quebrada Seca y La Shilla corresponde al Grupo Goyllarisquisga, donde predominan afloramientos de la Formación Farrat, constituidos por cuarcitas y areniscas de grano medio a grueso, altamente fracturadas y meteorizadas, además de depósitos proluviales antiguos constituidos por clastos heterométricos de forma sub-angulosa a subredondeada, dispuestos dentro de una matriz areno limosa.
2. Las partes altas de las quebradas Llamac Totora y La Shilla, se encuentran en zonas de susceptibilidad alta, ante la ocurrencia de movimientos en masa. Los trabajos de campo permitieron identificar erosión de laderas, deslizamientos y flujos a lo largo del cauce de la quebrada Llamac Totora. La quebrada La Shilla es afectada por erosión de laderas y flujos de detritos.
3. La parte alta de la quebrada Llamac-Totora es afectada por intensa erosión de laderas y movimientos en masa asociados (deslizamientos, caídas y flujos de detritos o huaicos), que afecta un área de 478300 m².
4. A partir del sector con coordenadas 784736 E; 9197822 S se observan grandes deslizamientos activos. El deslizamiento de mayores dimensiones es de tipo rotacional en la margen izquierda de la quebrada Totora. También se observan grandes deslizamientos en la margen derecha de esta quebrada, que se prolongan lateralmente hacia el suroeste.
5. En la parte alta de la quebrada Llamac-Totora se encuentran, según los pobladores, manantiales de caudal constante. La presencia de aguas subterráneas y la falta adecuadas de obras de captación, conjuntamente con las desfavorables condiciones litológicas, condicionan la inestabilidad de la zona.
6. Los materiales inestables producidos por el socavamiento activo y deslizamientos asociados, son transportados periódicamente en forma de flujos (huaicos) que afectan las zonas aledañas al cauce bajo de la quebrada Llamac-Totora. A lo largo del cauce canalizado se observan sectores con socavamiento generado por dichos flujos.
7. Las obras de contención se observan afectadas por los recientes movimientos en masa.
8. La quebrada La Shilla muestra socavamiento generado por flujos en distintos sectores a lo largo de su cauce. Al final de la canalización, en el sector con coordenadas 786000 E; 9199480 S, se observa un cambio brusco de dirección de SONE a NOSE, generado por la incorrecta adecuación antrópica del sector. A partir de este punto el cauce se encuentra colmatado y sin obras de canalización adecuadas.
9. Por las condiciones actuales y presencia de movimientos en masa activos de grandes dimensiones en las partes altas de las quebradas Llamac-Totora y La Shilla, se considera a estas quebradas, áreas de influencia y sectores de la Huaraclla por los que pasan sus cauces, como **Zonas Críticas de Muy Alto Peligro a la Ocurrencia de Movimientos en Masa y Peligros Geohidrológicos**, ante la ocurrencia de lluvias excepcionales y/o sismos de gran magnitud.

RECOMENDACIONES

QUEBRADA LLAMAC-TOTORA:

1. Construcción de zanjas de coronación para los deslizamientos de la confluencia de las quebradas Llamac y Totorá. Implementar sistemas de drenaje a fin de evitar la acumulación de aguas de escorrentía superficial generada por lluvias, agua de riego o manantial; pueden ser tipo espina de pescado u otros planteados por especialistas. Forestar los deslizamientos e inmediaciones con árboles propios de la zona, los cuales deben ser propuestos por especialistas con experiencia en el tema.
2. Implementar obras de contención tales como muros de gaviones trapezoidales u otras estructuras de protección que prevengan la ocurrencia de máximas crecidas o flujos en las márgenes del cauce, de acuerdo a los movimientos en masa y peligros geohidrológicos que afectan la zona. La canalización no debe estrangular el cauce y debe realizarse considerando la morfología y alcance de los flujos (huaicos), además de la ocurrencia de crecidas por lluvias extraordinarias con periodos de retorno acorde a la zona (50, 100 o 500 años). Las obras de contención deben ser propuestas, diseñadas y ejecutadas por especialistas con experiencia en el tema.
3. Las obras deben estar acompañadas con la arborización integral de las márgenes del cauce y considerando una zona intangible. Las márgenes intangibles no deben ser usadas para la construcción de viviendas, ni para otro uso o fin que pueda exponer la integridad de los pobladores.
4. Realizar la descolmatación periódica del cauce, previo a la temporada de lluvias.
5. Implementar adecuados sistemas de captación de los manantiales de toda la quebrada y evacuar las aguas captadas con canales impermeables. Dichas obras deben ser diseñadas y ejecutadas por especialistas con experiencia en el tema.
6. Prohibir la expansión urbana desordenada considerando parámetros geotécnicos y urbanísticos. No permitir nuevas construcciones en los sectores afectados por peligros geológicos. El uso urbano de los sectores que aún no fueron ocupados, debe ser planificado, respaldado por normativas que controlen el adecuado manejo del terreno, respetando los parámetros establecidos.
7. Por la incompetencia litológica presente, preferentemente, las zonas con laderas escarpadas, deben tener uso forestal u otros usos que no expongan los suelos a la erosión y a la consecuente ocurrencia de nuevos movimientos en masa.
8. Evitar o prohibir cultivos que expongan prolongadamente los suelos a la lluvia o requieran grandes cantidades de agua que saturen los terrenos y generen inestabilidad en zonas de laderas escarpadas sin tratamiento. Prohibir prácticas de riego por gravedad en laderas. Revestir los canales de riego. Practicar riego por goteo u otras técnicas que no saturen los suelos, propuestas por especialistas.
9. Para la mitigación y prevención de movimientos en masa y el control de cárcavas, considerar las medidas de mitigación propuestas en Zabala & Rosado 2010 u otras acorde a la zona. Las obras deben ser planeadas y/o llevadas a cabo por especialistas con experiencia en el tema.

QUEBRADA LA SHILLA:

1. Reubicar las viviendas ubicadas aledañas o dentro del cauce.
2. Canalizar y ampliar el cauce actual a fin de no generar estrangulamientos. La ampliación debe realizarse considerando la morfología y alcance de los flujos, además de la ocurrencia de crecidas por lluvias extraordinarias con periodos de retorno acorde a la zona (50, 100 o 500 años). Las obras deben estar acompañadas con la arborización integral de las márgenes del cauce y considerando una zona intangible. Las obras deben ser propuestas, diseñadas y ejecutadas por especialistas con experiencia en el tema.
3. Canalizar y ampliar adecuadamente la quebrada a partir del sector de cambio de dirección con coordenadas 786000 E; 9199480 S.
4. De presentarse grietas o hundimientos en los terrenos de la zona de cauce antiguo antropizado, reubicar las viviendas presentes en la zona.
5. Realizar la descolmatación periódica del cauce, antes de la temporada lluviosa.
6. Implementar adecuados sistemas de capación de manantiales de la parte alta y drenarlos con canales impermeables. Las obras deben ser propuestas y ejecutadas por especialistas con experiencia en el tema.
7. Prohibir la expansión urbana desordenada considerando parámetros geotécnicos y urbanísticos. No permitir nuevas construcciones en los sectores afectados por peligros geológicos. El uso urbano de los sectores que aún no fueron ocupados, debe ser planificado, respaldado por normativas que controlen el adecuado manejo del terreno, respetando los parámetros establecidos.
8. Por la incompetencia litológica presente, preferentemente, las zonas con laderas escarpadas, deben tener uso forestal u otros usos que no expongan los suelos a la erosión y a la consecuente ocurrencia de nuevos movimientos en masa.
9. Evitar o prohibir cultivos que expongan prolongadamente los suelos a la lluvia o requieran grandes cantidades de agua que saturen los terrenos y generen inestabilidad en zonas de laderas escarpadas sin tratamiento. Prohibir prácticas de riego por gravedad en laderas. Revestir los canales de riego. Practicar riego por goteo u otras técnicas que no saturen los suelos, propuestas por especialistas.
10. Para la mitigación y prevención de movimientos en masa y el control de cárcavas, considerar las medidas de mitigación propuestas en Zabala & Rosado 2010 u otras acorde a la zona. Las obras deben ser planeadas y/o llevadas a cabo por especialistas con experiencia en el tema.

.....
Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

REFERENCIAS

- Cruzado, G. (2015) - "Caracterización Geológica, Geomorfológica y Geodinámica de la Microcuenca Quebrada Seca, caserío la Huaracilla, distrito de Jesús, provincia y región Cajamarca", FEDU - Universidad Nacional de Cajamarca, Ingeniería Geológica.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.
- León, L. (2016) - "Identificación de Peligros por Remoción en Masa en la Microcuenca Quebrada Llamac, caserío La Huaracilla, Distrito De Jesús, Cajamarca", tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca, Ingeniería Geológica.
- Lucía, A.; Vicente, F.; Martín-Moreno, C.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A.; De Andrés, C.; Bodoque, J.M.; 2008. Procesos geomorfológicos activos en cárcavas del borde del piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Segovia, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.), 102: 47-69.
- Maddox, I. 2014 - Three Common Types of Flood Explained, Blog web, <http://www.intermap.com/risks-of-hazard-blog/three-common-types-of-flood-explained>
- Pierson, T.C., 1986, Flow behaviour of channelized debris flows, Mount St. Helen's, Washington, en Abrahams, A.D., ed., Hillslope processes: Boston, Allen and Unwin p. 269–296.
- 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
- Reyes, L. (1980) - "Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajambamba". INGEMMET, Boletín N° 31 Serie A: Carta Geológica Nacional.
- Sánchez A. & Vásquez C. (2010) – "Mapa Climático del Departamento de Cajamarca", Gobierno Regional de Cajamarca, ZEE-OT, 33 p.
- Sen, D. 2018 - What Is a River Flood?, Blog web, <https://sciencing.com/about-6310709-river-flood-.html>
- Shruthi, R. B. V., Kerle, N., & Jetten, V. G. (2011). Object - based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. *Geomorphology*, 134(3-4), 260-268. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.07.003.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010) – "Riesgo geológico en la región Cajamarca". INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19 mapas.