

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7061

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA DE CAPLLA SECTOR RUIRIN Y NUEVO PROGRESO

Región Ancash
Provincia Huaylas
Distrito Pueblo Libre



JUNIO
2020

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos	2
2. ANTECEDENTES	2
2.1. Trabajos previos	3
3. ASPECTOS GENERALES	4
3.1. Ubicación	4
3.2. Accesibilidad	5
3.3. Hidrografía	6
4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS	8
4.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	8
4.1.1 Unidades litoestratigráficas	8
4.2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	11
4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	11
4.2.2 Geoformas de carácter depositacional o agradacional	11
4.3 PENDIENTE DEL TERRENO.....	13
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	15
5.1. MARCO CONCEPTUAL.....	15
5.1.1 Movimiento en masa (MM)	15
5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS.....	16
5.3. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES	25
5.3.1 Condicionantes	25
5.3.2 Desencadenantes	25
6. ZONA DE REUBICACIÓN	25
7. CONCLUSIONES	28
8. RECOMENDACIONES	29
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA DE CAPLLA (SECTOR RUIRIN Y NUEVO PROGESO)

(DISTRITO DE PUEBLO LIBRE, PROVINCIA HUAYLAS, REGIÓN ANCASH)

RESUMEN

La zona de estudio pertenece al distrito de Pueblo Libre, provincia Huaylas, Región Ancash y se sitúa en la microcuenca que pertenece a la red fluvial de la cuenca del río Santa, localizada a 20 km al suroeste del centro poblado de San Juan, capital del distrito de Pueblo Libre.

El objetivo del presente trabajo fue identificar y caracterizar los tipos de peligros geológicos por movimientos en masa que están afectando al área de estudio, así como también determinar el origen de los eventos ocurridos mediante el análisis e interpretación de imágenes satelitales y de la cartografía geológica, geomorfológica y geodinámica in situ.

Los peligros geológicos existentes en los sectores evaluados de Nuevo Progreso y parte de Riurin, corresponden a erosiones en cárcava, deslizamientos rotacionales y flujos de detritos (huaicos); los dos primeros eventos generan material suelto, que por la acción de lluvias estacionales y/o extraordinarias es removido y transportado al cauce de la quebrada, y posteriormente se forman huaicos. Estos sectores se les considera como de **PELIGRO ALTO**.

Durante la temporada de lluvia de los años 2018 y 2019, se generaron huaicos provenientes de la quebrada Caplla, estos eventos afectaron la estructura del puente Caplla, obstaculizaron el acceso al sector Nuevo Progreso, como también terrenos de cultivos.

La quebrada Caplla resulta de la confluencia de tres tributarios los cuales se unen a 115 m antes de llegar al puente, en la temporada 2019 se generó un huaico y afectó a dicha estructura.

Los factores condicionantes naturales que influyen en la inestabilidad son: a) Substrato rocoso conformado por areniscas de la Formación Chimú y arcillitas de la Formación Oyón, con meteorización intensa, por lo cual se les considera como de mala calidad; b) Pendiente del terreno comprendida en un rango de 15°-45°, esto favorece procesos erosivos, aumento de la velocidad del agua de escorrentía, desplazamiento del material inestable de la ladera hacia cuesta abajo; c) Laderas y cabecera de la microcuenca con escasa protección vegetal, esto permite una rápida erosión del suelo; d) Entre los factores antrópicos tenemos construcción de vías de acceso y puentes sin criterio técnico; malas técnicas de riego (inundación) para los terrenos de cultivo. Como factor desencadenante tenemos lluvias estacionales y/o extraordinarias.

Como medida de mitigación, es preciso considerar estudios complementarios (geotécnicos e hidrológicos) a fin de realizar obras de encauzamiento en la quebrada Caplla y en sus afluentes, en la cual se deben considerar medidas estructurales como la construcción de muros de contención que permitan canalizar adecuadamente el flujo y controlar la erosión.

Se recomienda implementar en el cauce de la quebrada, disipadores de energía que permitan reducir la velocidad de corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas. Reubicar el puente Caplla y las viviendas que se encuentran situadas en los bordes de las quebradas, para este último se proponen tres zonas de posible reubicación.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) como ente técnico-científico incorpora dentro de las funciones de su Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, (DGAR) la asistencia técnica al Gobierno Nacional, Regional y Local en la identificación y caracterización de peligros geológicos; con el objetivo de contribuir en la prevención y reducción del riesgo de desastres en nuestro país.

La Municipalidad Distrital de Pueblo Libre mediante Oficio N° 0377-2019-MDPL/A y con fecha de ingreso del 28 de octubre del 2019 solicitó al Presidente Ejecutivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), una evaluación de peligros en la zona de la quebrada Caplla, entre los sectores de Riurin y Nuevo Progreso, distrito de Pueblo Libre, provincia de Huaylas, Región Ancash.

En atención a la solicitud, se designó a la Ing. Doreen Carruyo Ruíz para que realizará la inspección técnica de la zona. El trabajo de campo se ejecutó los días 09 y 10 de febrero del 2020 y se contó con la presencia del Coordinador del Centro de Operaciones de Emergencia del distrito de Pueblo Libre.

Durante la inspección se evidenció que los eventos geodinámicos que afectan los sectores Nuevo Progreso y Riurin fue necesario realizar una evaluación de la microcuenca Caplla-Riurin. Se identificó viviendas ubicadas en los bordes de las quebradas Caplla, Riurin y Nuevo Progreso, las cuales deben ser reubicadas por lo cual se proponen tres zonas de reubicación.

El presente informe se ha realizado en base a las observaciones de campo, imágenes satelitales y testimonios de pobladores de la zona, e incluye información sobre las características geológicas y geomorfológicas, descripción de los peligros geológicos identificados, conclusiones y recomendaciones que se ponen a disposición de la Municipalidad Distrital de Pueblo Libre, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades locales 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.

1.1 OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

- Identificar y caracterizar los tipos de peligros geológicos por movimientos en masa que afectan al área de estudio.
- Sugerir medidas preventivas y de mitigación en las áreas con mayor susceptibilidad a movimientos en masa.

2. ANTECEDENTES

- De acuerdo a declaraciones de pobladores del lugar, durante el mes de marzo de los años 2018 y 2019, a causa de las intensas lluvias, se generó un incremento del caudal en la quebrada Caplla (afluente del río Santa), generó un huaico que destruyó zonas de cultivos y barreras o barandas para contención de vehículos del puente Caplla, obstaculizó el paso peatonal y vehicular.
- El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) emitió el 27 de marzo del año 2018, un aviso hidrológico en el cual se informó que debido a las intensas precipitaciones pluviales, en la estación hidrológica Condorcerro se registró un

incremento del nivel y caudal del río Santa, un caudal promedio de 517.0 m³/s, representando una anomalía de más de 50% respecto a su promedio histórico, categorizándose en un nivel de alerta hidrológica naranja, la cual podría afectar zonas urbanas y/o agrícolas y eventualmente, se podrían activar quebradas generando deslizamientos y flujos con obstrucción de vías de acceso.

2.1 TRABAJOS PREVIOS

El INGGEMMET ha realizado algunos trabajos relacionados a la geología y peligros geológicos que abarcan la zona de estudio, los cuales son descritos a continuación:

- En el Boletín N°38 de la Serie C: **“Riesgos geológicos en la región Ancash”**, INGGEMMET (Zavala, *et. al* 2009), se grafica en el **“Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa”**, escala 1:250 000, donde muestra que la zona de estudio, se encuentra en susceptibilidad alta.
- En el **“Mapa geológico de Carhuaz, Hoja 19-h”**, escala 1:100 000, (J. Cobbing y A. Sánchez; 1996), se muestra que la zona de estudio se ubica sobre afloramientos de la Formación Oyón, que está conformada por lutitas intercaladas con delgados estratos de areniscas cuarzosas, afloramientos de la Formación Chimú que presenta areniscas cuarzosas blancas masivas en estratos de 1 a 3 m de grosor, y depósitos aluviales.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1 UBICACIÓN

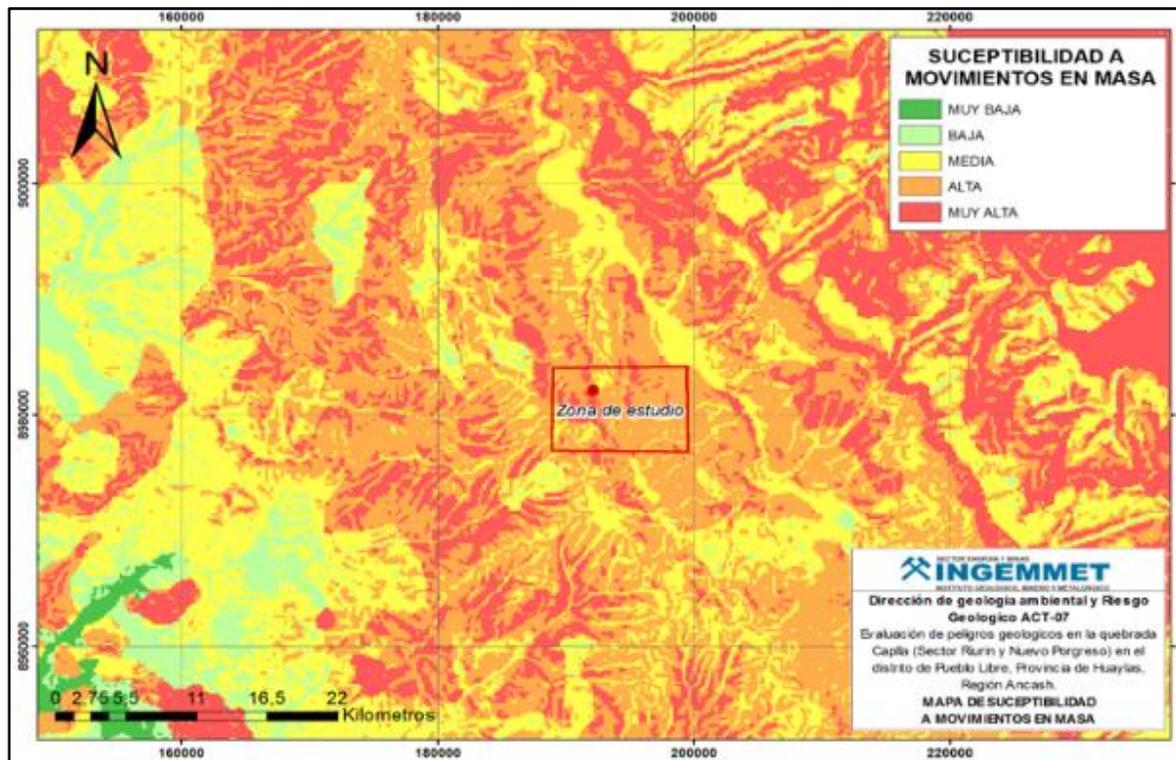
La zona de estudio se ubica en la Cordillera Occidental central del Perú, a unos 20 km al suroeste del centro poblado de San Juan, capital del distrito de Pueblo Libre; sobre 3450 m s.n.m. Políticamente pertenece al distrito Pueblo Libre, provincia Huaraz, departamento Ancash (figura 2).

Las coordenadas (UTM WGS84, Zona 18L) de ubicación de la zona de estudio son las siguientes:

- ✓ Puente Caplla N: 8982191; E: 192473.
- ✓ Sector Nuevo Progreso N: 8982070; E: 192091.

3.2 ACCESIBILIDAD

Para acceder al lugar, se toma desde Lima la carretera Panamericana Norte 1N y carretera 16 auxiliar de la Panamericana Norte hasta llegar a Huaraz, en donde se toma la carretera asfaltada 3N y se recorren aproximadamente 63 km en dirección NO pasando por las ciudades de Carhuaz y Yungay, encontrando antes de llegar a la ciudad de Caraz un desvío a la izquierda que conduce por la carretera 104 al centro poblado de San Juan, capital del distrito de Pueblo Libre, donde se toma nuevamente un desvío a la izquierda por una carretera vecinal (trocha carrozable) hasta llegar a la zona de estudio (cuadro 1).



Leyenda	
	Muy Baja: Laderas no meteorizadas, con discontinuidades favorables. Terrenos con pendientes menores a 5° donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos
	Baja: Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionados, no saturados, con pocas discontinuidades favorables. Pendientes entre 10° a 20°. Zonas que tienen pocas condiciones para originar MM, salvo que puede ser afectada por MM ocurridos en zonas de susceptibilidad alta a muy alta cercanas a ellas, detonadas principalmente por lluvias excepcionales
	Media: Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados, laderas con pendientes entre 20° y 30°, donde han ocurrido algunos MM y no existe completa seguridad de que no ocurran. MM. Estos pueden ser “detonados” por sismos y lluvias excepcionales.
	Alta: Laderas que tienen zonas de falla, masas de roca con meteorización alta a moderada, fracturadas con discontinuidades desfavorables; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, laderas con pendientes entre 25° a 45°, donde han ocurrido MM o existe la posibilidad de que ocurran
	Muy Alta: Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas, saturadas y muy fracturadas; con discontinuidades desfavorables, depósitos superficiales inconsolidados, laderas con pendientes entre 30° a 45°, movimientos en masa anteriores y/o antiguos. En estos sectores existe alta posibilidad de que ocurran MM.

Figura 1: Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (Fuente: Zavala, et. al 2009).

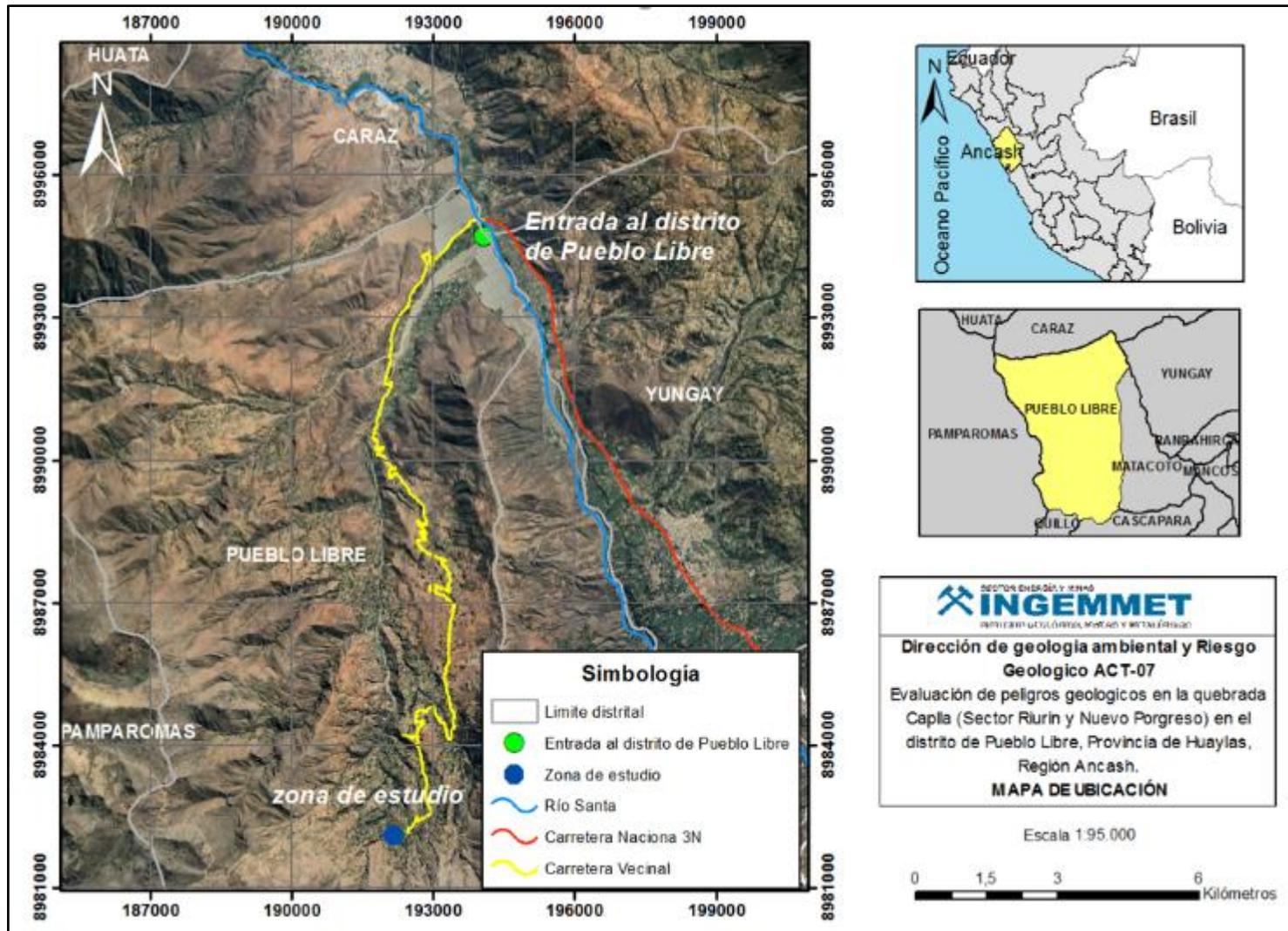


Figura 2: Mapa de Ubicación y acceso a la zona de estudio.

Cuadro 1: Acceso desde Lima a la zona de estudio.

TRAMO	TRAMO	HORAS RECORRIDAS	TIPO DE VÍA
Lima - Huaraz	408 km	8 horas	Asfaltada
Huaraz –Desvío al distrito de Pueblo Libre	63 Km	1 hora y 30 min	Carretera asfaltada 3N
Desvió-C.P Riurin-Nuevo Progreso	22 km	45 min	Carretera vecinal (Trocha carrozable)
TOTAL	493 km	10:15 min	

3.3 HIDROGRAFÍA

La zona de estudio se encuentra dentro de una microcuenca que corresponde a la red fluvial de la cuenca del río Santa, la cual presenta un sistema de drenaje conformada por quebradas que se unen en el sector de Huayllo, concentrándose en un solo curso de agua, que desemboca en el río Santa.

La quebrada Caplla es activa y resulta de la confluencia de tres quebradas tributarias que atraviesan un sustrato rocoso meteorizado (figura 3), en la cual se ha generado huaicos en los años 2018 y 2019. A su margen derecha se sitúa el sector Riurin y a su margen izquierda se sitúa el sector Nuevo Progreso.



Figura 3: Vista de la red hidrográfica de la zona de estudio, en la cual se observa que la quebrada Caplla resulta de la confluencia de tres quebradas tributarias, acumulando gran cantidad de flujos de detritos en su zona media.

4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

4.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

4.1.1 Unidades litoestratigráficas

La zona de estudio se encuentra dentro del cuadrángulo geológico de Carhuaz (19-h), según Wilson (1967), se tienen rocas sedimentarias del Cretáceo superior y depósitos sedimentarios del Cuaternario-Holoceno (figura 7)

Sustrato rocoso sedimentario (*Cretáceo Superior*):

Formación Oyón (KI-oy): Conformadas por arcillitas gris oscuras intercaladas con delgados estratos de areniscas cuarzosas mal seleccionadas, estos afloramientos se evidencian con una marcada foliación en sus planos de estratificación y una moderada a intensa meteorización (fotografía 1).

Formación Chimú (KI-Ch): Sobreyace a la Formación Oyón, y comprende dos miembros; el Inferior conformado por areniscas y cuarcitas con intercalaciones de arcillitas con presencia de mantos de carbón, y el superior por capas macizas de cuarcitas blancas grisáceas, con escasas capas de arcillitas, las cuales también se presentan con moderada a intensa meteorización.

Depósitos sedimentarios (*Cuaternario Holoceno*):

Depósitos aluviales (Q-al): Litológicamente están conformadas por bloques subredondeados a subangulosos y gravas; englobados dentro de un matriz limo-arenosa poco compacta.

Depósitos proluviales (Q-pr): Conformados por fragmentos rocosos heterométricos (gravas, bloques, arenas, limos, arcillas, etc.). Se le denomina así a los materiales arrastrados y lavados por escorrentía fluvial turbulenta, que ocupan el cauce de las quebradas secas o fondo de valles tributarios, generados por los huaicos más recientes (figura 5 y 6).

Depósitos fluviales (Q-fl): Se consideran dentro de esta clase, el material que es constantemente movilizado por las corrientes de aguas de los ríos o quebradas. Se encuentran conformados por gravas, arenas y arcillas inconsolidados, que se encuentran en los cauces de los ríos y suelen de material redondeado.



Fotografía 1: Sustrato rocoso fracturado conformado por arcillitas gris oscuras correspondiente a la Formación Oyón, el cual aflora en zonas adyacentes al centro poblado de Ruirin.

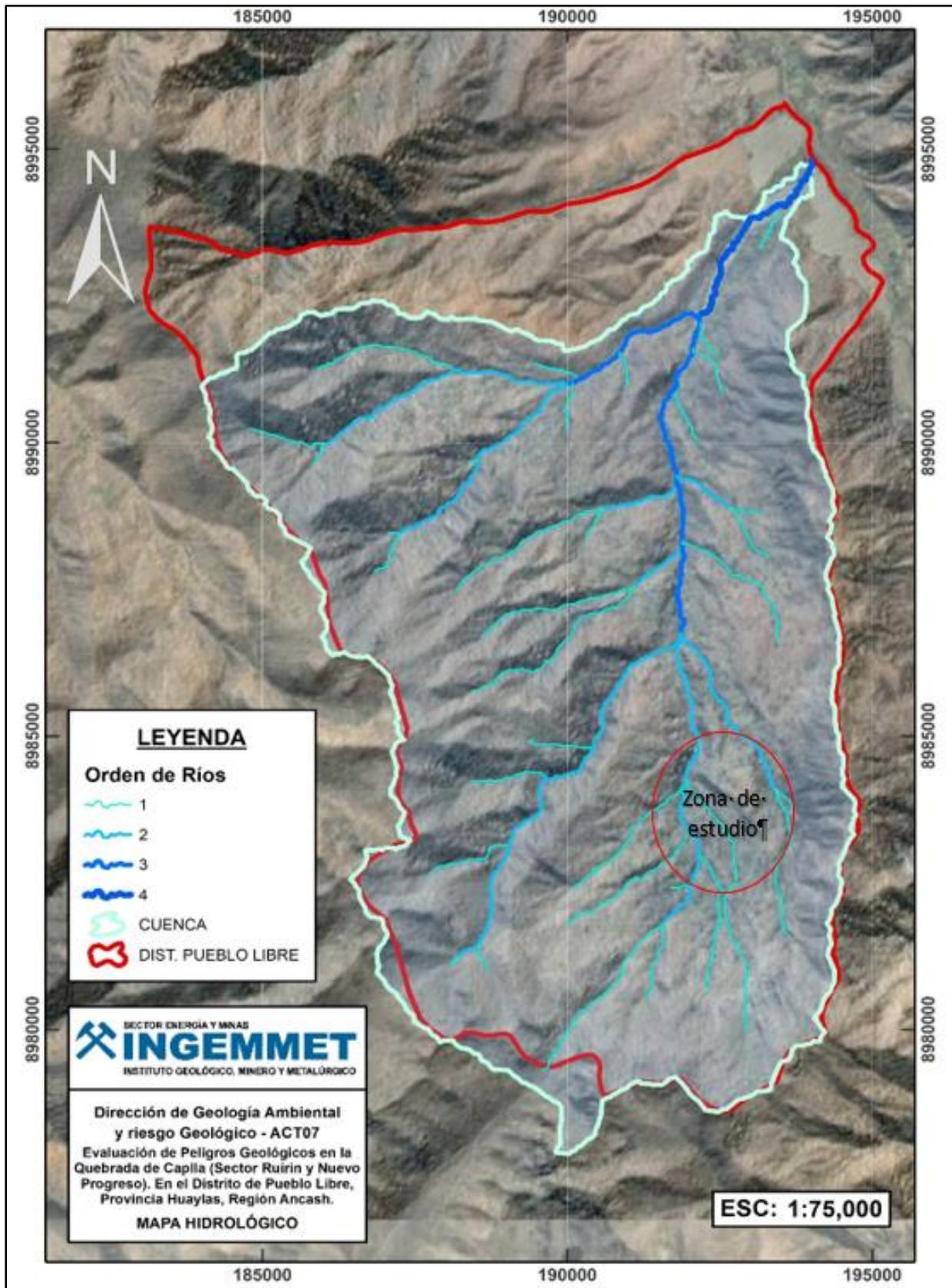


Figura 4: Se muestra la microcuenca hidrográfica correspondiente al distrito de Pueblo Libre donde se observa que la zona de estudio se ve influenciada por una microcuenca que alimentan a un río secundario, el cual desemboca en el río Santa.



Figura 5: Se muestran depósitos proluviales, conformados por material de diferente tamaño, los bloques llegan a medir hasta 3 m.



Figura 6: Depósitos proluviales o aluvio-torrenciales provenientes de quebradas que descienden al sector de Nuevo Progreso.



Figura 7: Vista aérea donde se observan las diferentes unidades litoestratigráficas de la zona de estudio.

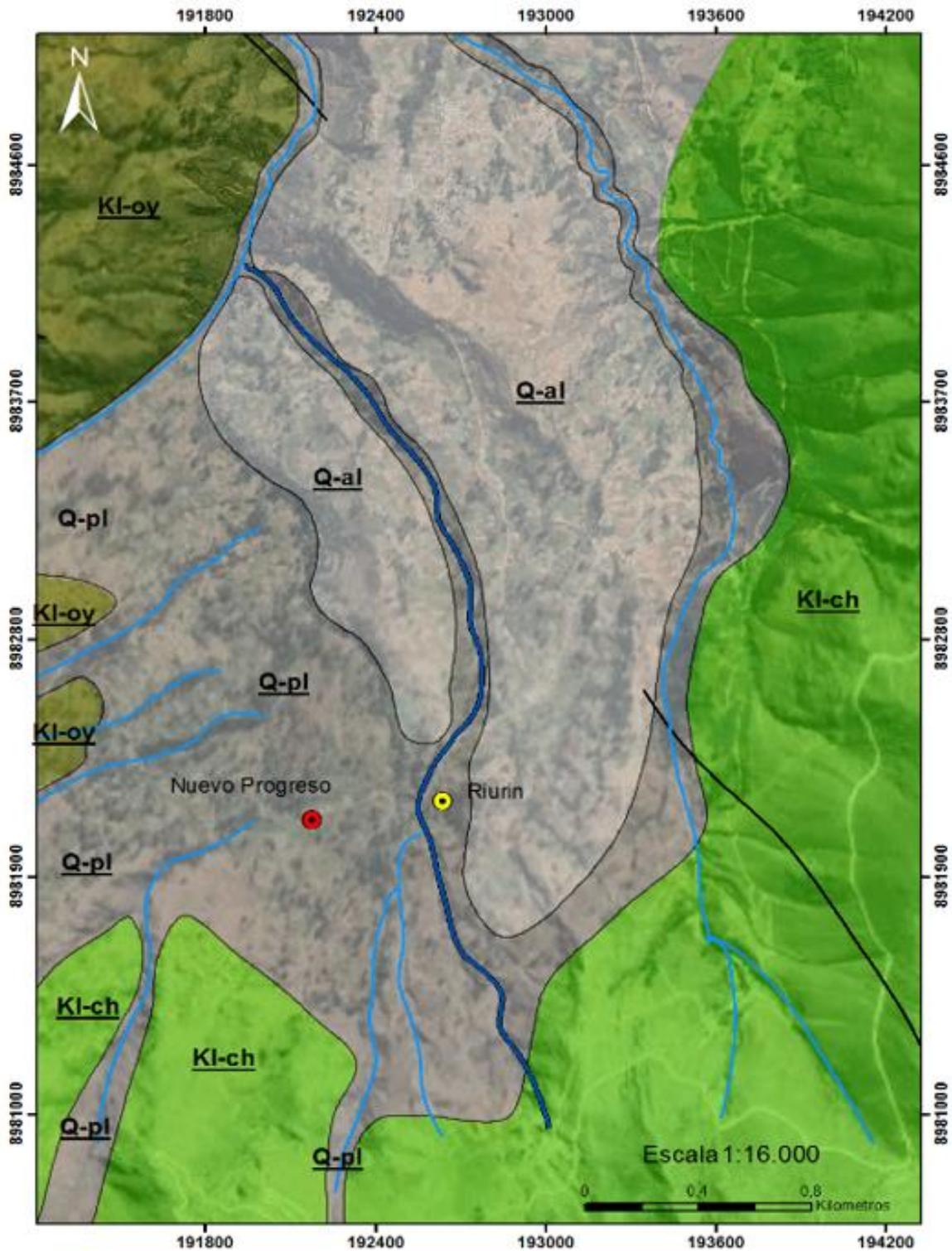


Figura 8: Mapa geológico del sector Nuevo Progreso (modificado de J. Cobbing y A. Sánchez

4.2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

4.2.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montañas: Se considera como montañas, a cerros que tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local. En base a esta característica, se identificó las siguientes subunidades:

Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs): corresponden a afloramientos de las formaciones Oyón y Chimú, se encuentran conformando elevaciones de formas alargadas, presentan susceptibilidad alta a muy alta, se tienen procesos de erosión de laderas (figura 10).

4.2.2 Geformas de carácter depositacional o agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan otras geformas preexistentes:

Unidad de Piedemonte: Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes. Las subunidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (V-at): Se considera a una planicie inclinada a ligeramente inclinada y extendida, posicionadas al pie de las estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales; constituidos por fragmentos rocosos heterogéneos (cantos, bolos, y bloques, etc.), con relleno limo-arenoso-arcilloso depositado en el lecho y/o margen de los ríos, quebradas y fondo de valles tributarios (figura 9).

Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Corresponde a acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que son de tipo deslizamiento, presenta materiales inconsolidados a ligeramente consolidados relacionados a desprendimientos de zonas superiores.

Unidad de planicies: Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, porque provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

Subunidad de Terraza aluvial media (Tm- al): corresponde a mesetas sedimentarias antiguas que se forman en un valle fluvial por depósitos de sedimentos del río o quebrada (figura 9).

Unidad de Planicies inundables: Esta unidad agrupa a relieves generados por las acumulaciones aluviales formadas gradualmente cuando se depositan sedimentos por inundación periódica de corrientes o ríos. Se caracterizan por su relieve plano a plano-ondulado, con pendientes que varían de 0 a 8°.

Subunidad de Terraza baja aluvial (Tb-al): Corresponden a mesetas sedimentarias jóvenes que se han formado a los márgenes del cauce de las quebradas Caplla y Riurin; son de susceptibilidad alta ante inundaciones y erosión fluvial durante periodos de ("lluvias extraordinarias" (figura 10).

Subunidad de Llanura o planicie inundable (PL-i): Originado por sedimentación del material depositado por flujos de agua que no siguen un curso definido, sino que se desplazan formando una planicie que puede ser inundada con un aumento del caudal (figura 9).

Unidad de Geoformas Particulares:

Subunidad de cauce de río (R-ío): Corresponde a la unidad, por donde discurre el agua de las quebradas o río (figura 10).



Figura 9: Subunidades geomorfológicas identificadas en la quebrada Caplla.



Figura 10: Subunidades geomorfológicas identificadas en la quebrada Caplla y alrededores.

4.2 PENDIENTE

Este parámetro influye en la formación de los suelos y condiciona el proceso erosivo, puesto que, mientras más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor. (Belaústegui, 1999).

Para la zona de estudio se realizó un mapa a escala 1:30 000 con topografía realizada de imágenes de Vertex; (FBS); Alos Palsar de 12.5 m/px, obtenidas de EARTH DATA de la NASA, donde se muestran las pendientes en grados (°).

De acuerdo a Zavala et al (2011), se ha tomado la clasificación de los rangos de pendientes (Cuadro 3), los divide en 6 rangos.

La red de drenaje que involucra la zona de estudio, se inicia en laderas montañosas que presentan un rango de pendientes muy fuertes (25°-45°), donde tiende a generar mayor velocidad de escurrimiento y acarreo del material suelto provenientes de las laderas. En su zona media la pendiente disminuye a un rango fuerte (15°-25°) (figura 11). Los centros poblados de Nuevo Progreso y Riurin (figura 12) se asientan en una zona de pendiente moderadas a suaves ($\leq 15^\circ$).

Cuadro 3: Rangos de pendientes del terreno.

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
< 1	Llano
1 - 5	Inclinado suave
5 - 15	Moderada
15 - 25	Fuerte
25 - 45	Muy fuerte
> 45	Muy escarpado

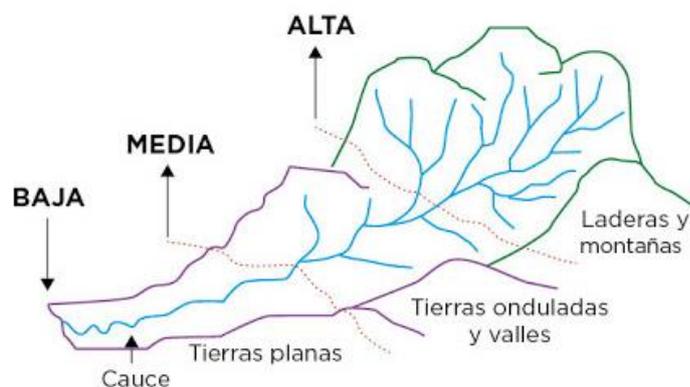


Figura 11: Perfil longitudinal de una subcuenca donde se muestra el nivel de pendientes desde su nacimiento hasta su desembocadura.

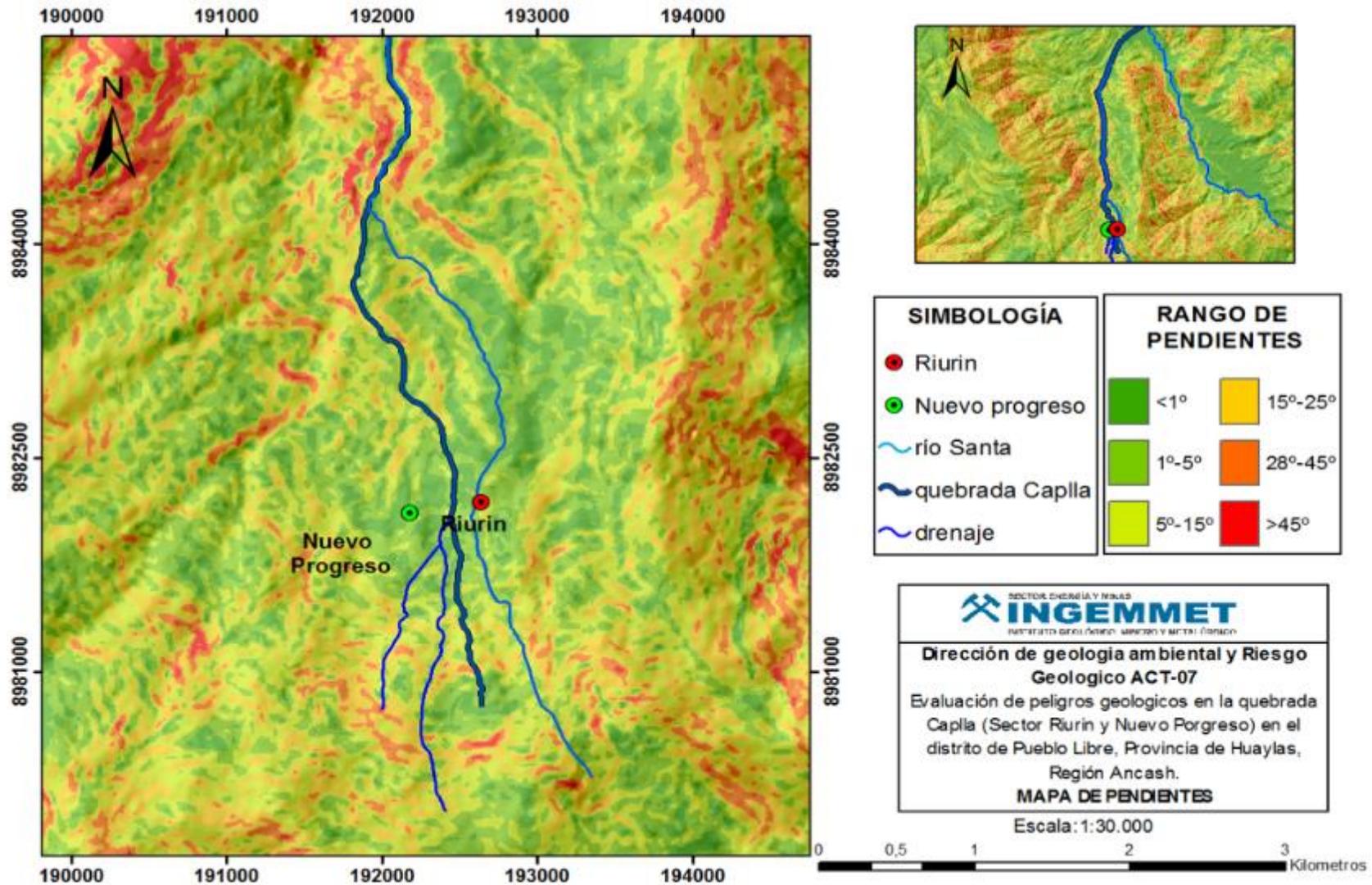


Figura 12: Mapa de pendientes de los sectores Riurín y Nuevo Progreso

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En esta sección, se detalla un marco conceptual en el cual se explican algunos conceptos básicos relacionados a los peligros geológicos identificados en la zona de estudio y seguidamente se describen las características de los eventos geodinámicos identificados.

5.1 MARCO CONCEPTUAL

5.1.1 Movimiento en Masa (MM)

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras, o combinación de ellas por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

- **Deslizamientos:** Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona, en donde ocurre una gran deformación cortante. Se caracterizan por desarrollar una o varias superficies de ruptura (Cruden & Varnes, 1996; Ayala-Carcedo y Olcinas, 2002). En el sistema de Varnes (1978). Se clasifican a los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En la zona de estudio se evidencian deslizamientos de tipo rotacional.

- **Deslizamiento rotacional** (Rotational slide, Slump)

Se define como un deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior se inclina hacia atrás en dirección al escarpe (Cruden y Varnes, 1996) (figura 13).

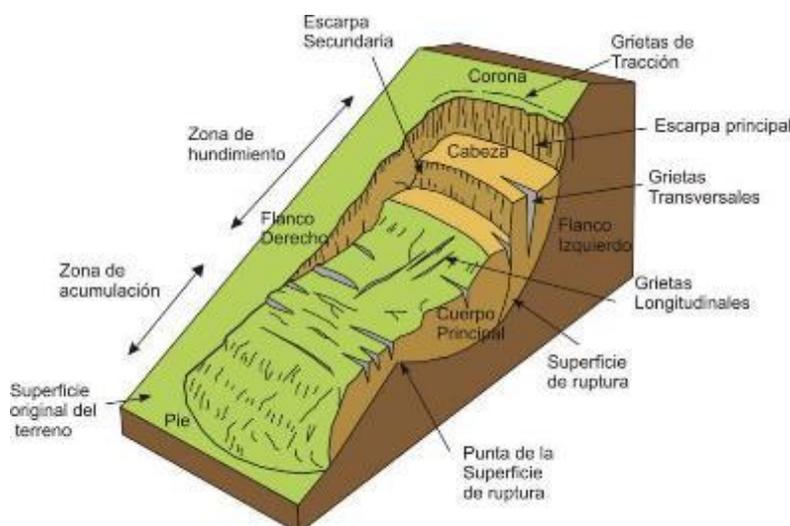


Figura 13. Deslizamiento típico rotacional (Modificado de: Cruden & Varnes, 1996).

- **Flujos:** Es un tipo de movimiento en masa que, durante su desplazamiento, exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978) (figura 14). Se distingue los deslizamientos por flujo de arcilla en que el flujo de lodo incorpora agua superficial durante el movimiento (Hungr *et al.*, 2001). Según Hungr & Evans (2004) (tomado de PMA: GCA, 2007) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el

confinamiento lateral (canalizado o no canalizado). En la zona de estudio se presenta un tipo de flujo canalizado.

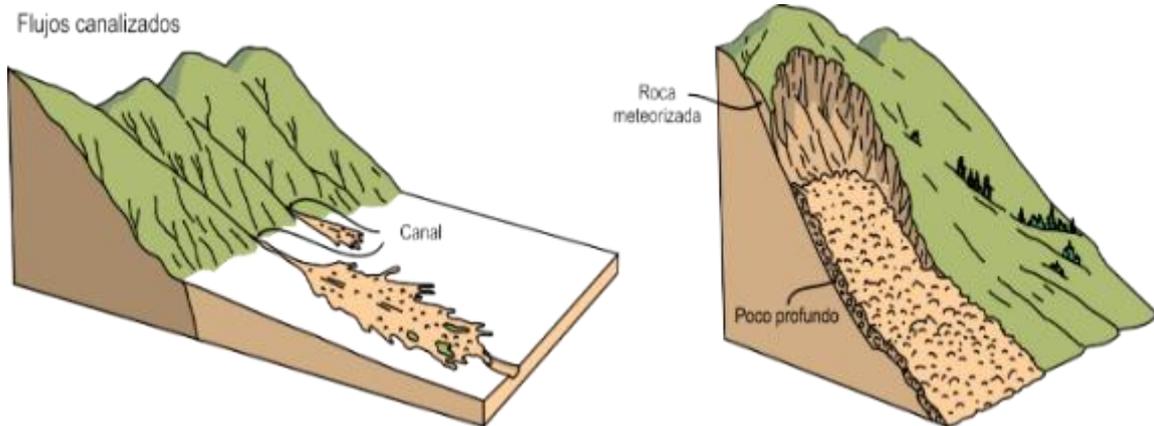


Figura 14 (a) y (b). Esquema de flujos canalizados y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996).

- **Cárcavas:** 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 la ocurrencia de movimientos en masa como flujos, derrumbes y deslizamientos (figura 15).

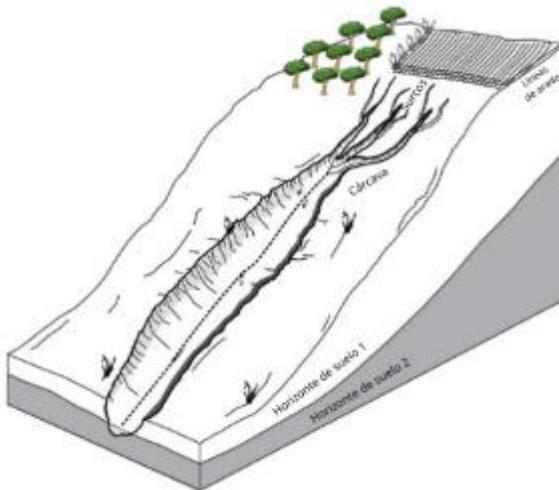
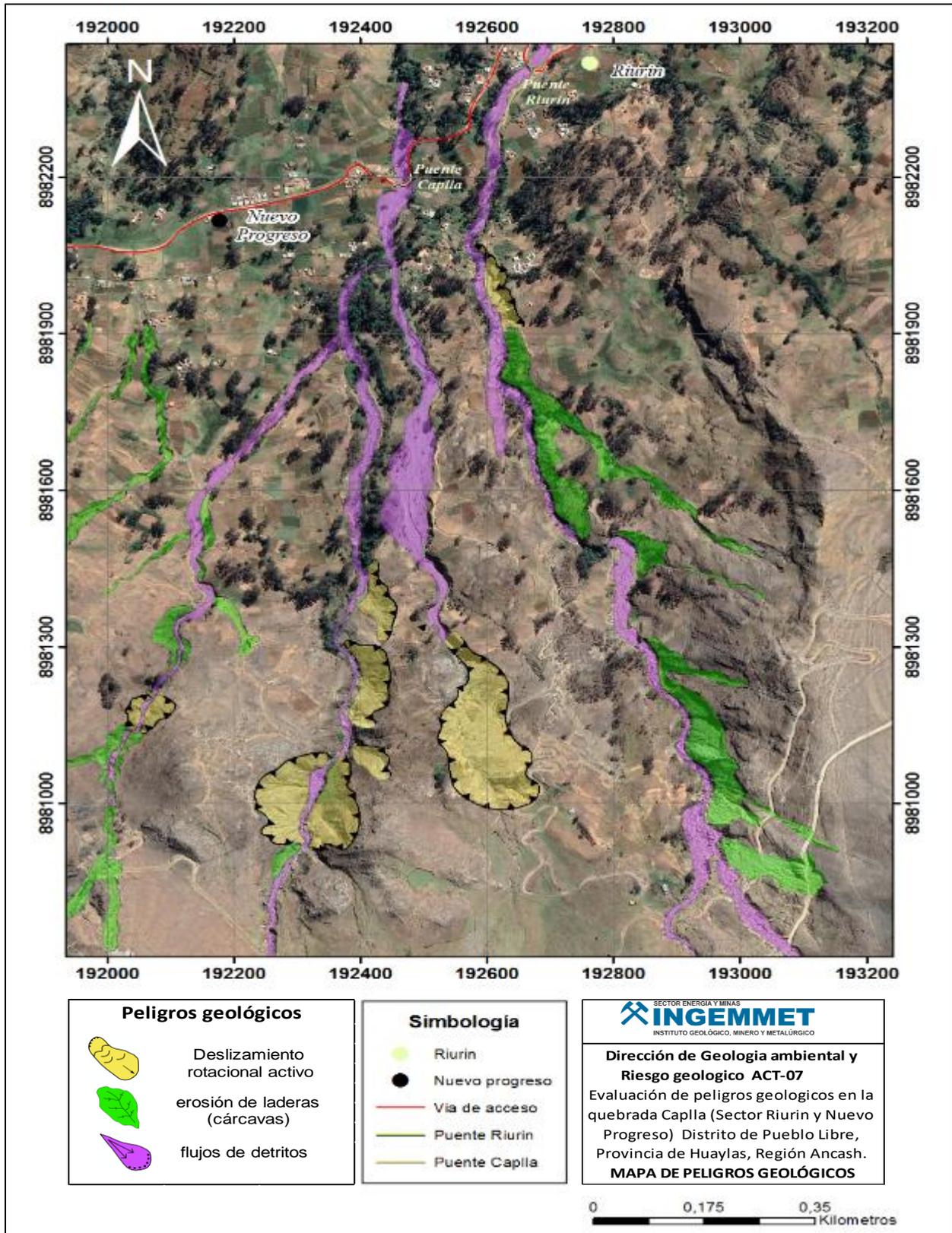


Figura 15. Esquema de la formación de cárcavas originadas por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi *et al.*, 2011).

5.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS

La cartografía geomorfológica y geodinámica realizada en la zona de estudio, permitió identificar en las vertientes montañosas procesos de erosión de laderas (cárcavas), deslizamientos y huaicos, esto se debe a las condiciones geológicas y geomorfológicas del terreno. Estos se desencadenaron por las lluvias extraordinarias del 2018-2019.

A continuación, se detallan los eventos geodinámicos identificados (Figura 16):



.Figura 16: Mapa de peligros geológicos de la zona de estudio

- **Flujo de detritos (Huaicos) en la quebrada Caplla**

De acuerdo a la versión de pobladores del lugar, durante el mes de marzo de los años 2018 y 2019, se generaron huaicos provenientes de la quebrada Caplla; el material que trajo este evento atravesó y cubrió el puente Caplla, cerrando completamente el paso vehicular y peatonal, además causó la destrucción de las barreras o barandas para la contención de vehículos y daños a los terrenos de cultivos.

El material movilizado por los huaicos (reciente y antiguos), es heterogéneo se compone de gravas, arena, arcilla y bloques, esto últimos van de 0.50 m hasta los 3.00 m, los de mayor tamaño provienen de huaicos antiguos. Las gravas tienen formas angulosas a subangulosas (figura 5 y fotografía 2).

Los huaicos se activan frecuentemente en la quebrada Caplla, y excepcionalmente en sus quebradas adyacentes, en estas últimas, los eventos han tenido poco recorrido. La zona de estudio presenta numerosas vertientes que alimentan al río Santa.



Fotografía 2: Flujo de detritos constituido por materia grueso como bloques, gravas, cantos y material fino (arena y arcillas) proveniente de la quebrada Caplla, el cual generó el colapso del puente Caplla que conecta a los pobladores al Sector de Nuevo Progreso.

En las imágenes satelitales tomadas en junio del 2019 y disponibles en el Google Earth, se puede observar, que luego después del periodo lluvioso el puente quedo totalmente cubierto de flujos de detritos, además de que se produjo un ensanchamiento del cauce de la quebrada (figura 17, imagen B).



Figura 17: Imagen A): De enero del año 2019 donde se muestra que la quebrada Caplla presenta un cauce de 30 m de ancho y se observa el puente Caplla en condiciones adecuadas para el tránsito.
Imagen B) De junio 2019, donde se muestra el puente Caplla afectado, y a su vez se observa un ensanchamiento del cauce de la quebrada, de 30 m a 45 m.

En la cabecera o naciente de la quebrada Caplla, se tienen rocas con intensa meteorización, presentan procesos de erosión de laderas (cárcavas) y un deslizamiento activo; estos eventos generan materiales sueltos, que luego alimentan al lecho de la quebrada, los cuales con lluvias estacionales y extraordinarias (fenómeno de “El Niño”), propician la generación de huaicos.

En la zona alta de la quebrada Caplla, el cauce tiene anchos entre 9m a 10m y una pendiente longitudinal menor de 20°, esto favoreció el rápido movimiento del huaico, la erosión lateral y arrastre de material.

En la zona media y parte baja de dicha quebrada, hay un cambio de pendiente del cauce, esto originó que el huaico perdiera velocidad de transporte dejando en su camino material detrítico; también la ausencia de encauzamiento, permitió que el fluido se expandiera y ensanchara el cauce de la quebrada a 62 m.

El huaico continuó su recorrido por un cauce con ancho de 25 m, el cual antes de llegar al puente Caplla recibió el aporte de dos vertientes o quebradas adyacentes, esto aumentó el volumen de material y generó un colapso del puente.

Condiciones de inestabilidad y deslizamiento en la quebrada Caplla:

Es necesario tener en cuenta que los problemas de inestabilidad en las laderas de las quebradas no son recientes, estos procesos antiguos muestran cierta reactivación y afectan a la zona en la actualidad, debido a las modificaciones realizadas por los pobladores, como construcciones de vías de acceso, y el aumento de la actividad agrícola.

En la zona superior de la quebrada Caplla la escorrentía se produce a través de un canal principal angosto que presenta procesos de erosión de laderas (carcavamiento) en su zona media-superior, así también, donde se inicia y se unen sus primeras vertientes se evidencia un deslizamiento rotacional activo, cuyas dimensiones son las siguientes:

Características del deslizamiento: Corresponde a un deslizamiento tipo rotacional activo. La corona presenta una longitud de 350 m, con un salto aproximado de 17 m, es de forma semicircular. La distancia entre la corona al pie del deslizamiento es de 324 m; la zona de arranque del deslizamiento inicia en los 3788 m s.n.m y culmina a los 3654 m s.n.m por lo que el desnivel es de 164 m, con una pendiente promedio de 35°. El área del deslizamiento corresponde a 30,876 m². Por encima de la corona se evidencian procesos de erosión de laderas (cárcavas), escurrimiento de flujos de agua que indica que el área que se encuentra muy inestable y es muy posible que se incrementen las dimensiones del deslizamiento (figuras 17, 18 y 20).

Condiciones de inestabilidad en vertientes que confluyen a la Quebrada Caplla:

Es importante mencionar que en las quebradas adyacentes que confluyen y alimentan a la quebrada Caplla también se han identificado y diferenciando zonas que presentan movimientos en masa, y que también constituyen zonas potenciales de peligro geológico.

A estas quebradas se les denominará quebrada 1 y 2, por carecer de nombres que las definan (figuras 18, 18 y 20).

Quebrada 1: presenta procesos de erosión de laderas y dos deslizamientos activos los cuales poseen las siguientes dimensiones.

Deslizamiento 1: Corresponde a un deslizamiento tipo rotacional activo. La corona presenta una longitud de 343m, con un salto aproximado de 15m, la distancia entre la corona y el pie del deslizamiento van desde 49m a 66m, el área del deslizamiento corresponde a 15068 m², (figura 17).

Deslizamiento 2: Corresponde a un deslizamiento tipo rotacional activo. La corona presenta una longitud de 130 m y un salto aproximado de 10m, la distancia entre la corona al pie del deslizamiento es de 47 m, y el área del deslizamiento corresponde a 3939 m², (figura 17).

Quebrada 2: Presenta procesos de erosión de laderas, (figura 18), y un deslizamiento rotacional activo el cual presenta una corona con una longitud de 75 m, una distancia entre la corona al pie del deslizamiento de 13m y un área total de 593 m² (figura 17).

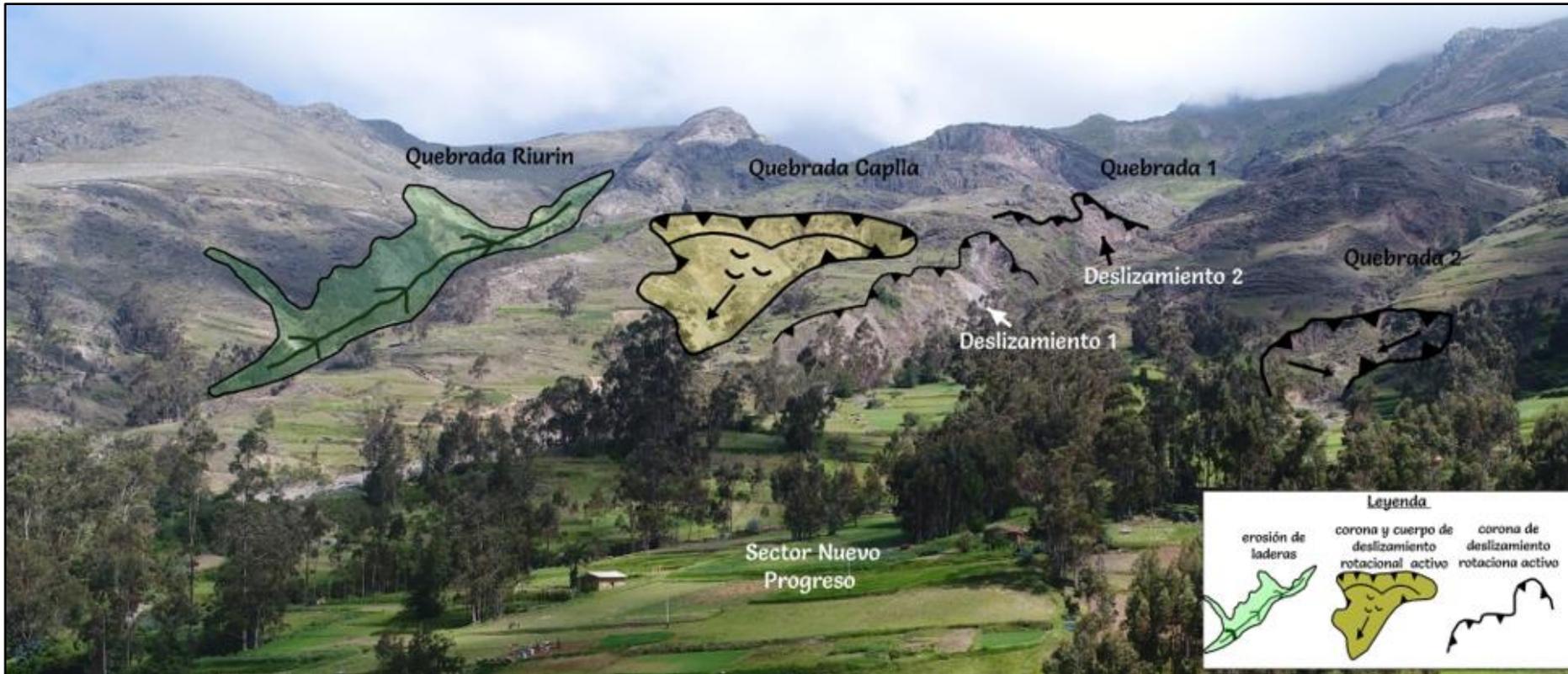


Figura 18: Vista lateral de la zona de estudio donde se muestran los movimientos en masa identificados en la quebrada Riurin, en la quebrada Caplla y en sus afluentes.

La evaluación del presente informe estuvo principalmente dirigida a la identificación y descripción de los peligros geológicos en la quebrada Caplla; sin embargo, durante la inspección de campo se observó que existían también eventos asociados a peligros geológicos en quebradas adyacentes a la quebrada Caplla, los cuales ponen en riesgo al sector de Riurin y al sector de Nuevo Progreso, es por ello que se realiza una breve descripción de los eventos identificados:

Condiciones de inestabilidad en la quebrada Riurin:

La quebrada Riurin colinda a la quebrada Caplla, atraviesa el poblado de Riurin y confluye con la quebrada Caplla a la altura del centro poblado de Huanayó; presenta una zona de arranque alargada donde se observó procesos de erosión de laderas con acumulación de material al pie del mismo; durante su recorrido se evidencia en su zona media-superior un deslizamiento activo, donde su corona tiene 133m de longitud, una distancia desde la corona al pie del deslizamiento de 25m y un área total de 1465 m² (figura 18). De continuar deslizándose podría llegar a afectar a las viviendas que se encuentran detrás de la corona del deslizamiento (figuras 18 y 20, fotografía 4).



Figura 18: Vista panorámica frontal donde se diferencian los movimientos en masa identificados en la zona de estudio.

Los flujos que frecuentemente se originan en las quebradas Caplla y Riurin no solo pueden llegar a causar daños a las zonas de cultivo o interrumpir el paso hacia el centro poblado de Nuevo Progreso, también podría llegar hasta las viviendas que se encuentran asentadas en sus márgenes, las cuales hasta la fecha no han presentado daños en sus estructuras, pero sí podrían verse afectadas en un próximo escenario de flujos de detritos (huaicos). En las fotografías 3 y 4 se muestran algunas de las viviendas que se encuentran vulnerables ante los escenarios de flujos que se presentan en este sector. En la figura 20 se muestra un mapa que delimita las viviendas que podrían ser afectadas y que deberán ser reubicadas dentro del mismo sector.



Fotografía 3: Se observan viviendas de material de adobe situadas a la margen derecha de la quebrada Caplla, las cuales podrían ser afectadas ante la ocurrencia de flujos de detritos provenientes de la quebrada Caplla, los flujos pueden sobrepasar la terraza y causar daños a las viviendas ubicados en las márgenes de la quebrada.



Fotografía 4: Viviendas situadas a la margen izquierda y derecha de la quebrada Riurin las cuales se ubican al borde de los deslizamientos activos que se presentan en la quebrada.

Condiciones de inestabilidad en quebradas del sector Nuevo Progreso:

De acuerdo a versiones de pobladores de la zona, los flujos que descienden por las laderas de montañas en el sector Nuevo Progreso representan un peligro para las viviendas de su sector, los habitantes del lugar manifiestan que en épocas de lluvias, los flujos que descienden por las quebradas llegan a inundar sus viviendas generando problemas de infiltración y el deterioro de paredes y pisos; a pesar de que no se han generado hasta la fecha daños graves, no se descarta la posibilidad de que puedan ser afectadas seriamente en próximos eventos de flujos.



Figura 19: Se muestra vertientes montañosas en el sector de Nuevo Progreso, que transportan flujos de detritos ladera abajo hacia las zonas de menor pendiente. Se puede observar que hay viviendas que se sitúan en la misma dirección de desplazamiento del flujo y podrían ser gravemente afectadas en un futuro.



Fotografía 5: Se muestran flujos de detritos acumulados al pie de las laderas y un conjunto de acequias paralelas las cuales se saturan y se obstruyen en época de lluvias transportando gran cantidad de material detrítico en dirección de la pendiente, los cuales atraviesan la vía y llegan a las viviendas que se encuentran en las zonas más bajas.

5.3. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

5.3.1 Condicionantes

- Sustrato rocoso de mala calidad, con moderada a intensa meteorización; lo cual facilita un incremento en los procesos de erosión de las laderas.
- Presencia de suelos residuales con poca cobertura vegetal (pastizales y arbustos).
- Depósitos de material detrítico de eventos antiguos y recientes, que provienen de deslizamientos y derrumbes acumulados al pie de las laderas, los cuales son de fácil remoción y transporte.

- d) Pendiente natural de los terrenos o laderas (fuerte a muy fuerte), generando mayor velocidad de escurrimiento y acarreo del material suelto acumulado.
- e) Cortes de carretera y vías de acceso alrededor de la cabecera de las quebradas las cuales fueron construidas sin dirección y criterio técnico, generando zonas potencialmente inestables.
- f) Ausencia de medidas de estabilización en el cauce de las quebradas, lo cual propicia la erosión de laderas, e incremento y carga de material al curso principal de las quebradas.
- g) Actividad agrícola a gran escala que maneja un inadecuado sistema de riego para cultivos, lo cual contribuye a la infiltración de aguas y saturación del subsuelo.

5.3.2 Desencadenantes

- a) Precipitaciones pluviales de carácter estacional y extraordinario.

6. ZONAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN

Se han propuestos 3 posibles zonas de reubicación los cuales presentan los siguientes vértices de coordenadas:

Zona de reubicación 1:

- ✓ **V1: E:** 192261,133 **N:** 8981902,180
- ✓ **V2: E:** 192170,360 **N:** 8981902,110
- ✓ **V3: E:** 192169,693 **N:** 8981982,064
- ✓ **V4: E:** 192260,498 **N:** 8981982,663

Zona de reubicación 2:

- ✓ **V1: E:** 192280,420 **N:** 8982060,236
- ✓ **V2: E:** 192148,104 **N:** 8982034,574
- ✓ **V3: E:** 192136,339 **N:** 8982095,236
- ✓ **V4: E:** 192268,657 **N:** 8982120,898

La zona 1 se sitúa a la margen izquierda de la confluencia entre quebradas denominadas 1 y 2, específicamente a 105 m; mientras que la zona 2 se encuentra a la margen izquierda de la quebrada Caplla, específicamente a 225 m. Ambas zonas corresponden a una terraza aluvial conformada por depósitos aluviales antiguos, que presentan pendientes entre 5° a 15°, las cuales se clasifican como pendientes moderadas (figura 21).



Figura 21A: Imagen satelital que muestran la zona 1, propuesta para la reubicación. **Figura 21B:** Imagen satelital que muestran la zona 2, propuesta para la reubicación.

Coordenadas de zona de reubicación 3:

- ✓ **V1: E: 192263,606 N: 8982239,483**
- ✓ **V2 E: 192231,000 N: 8982243,000**
- ✓ **V3 E: 192231,012 N: 8982243,612**
- ✓ **V4 E: 192204,842 N: 8982201,275**
- ✓ **V5 E: 192173,471 N: 8982217,110**
- ✓ **V6 E: 192211,791 N: 8982325,201**

La zona 3 se encuentra sobre la cresta de una terraza aluvial alta, conformada por depósitos aluviales antiguos, posee pendientes moderadas en un rango entre 5° a 15°. Esta zona no presenta movimientos en masa actuales que puedan afectar al sector Nuevo Progreso, sin embargo, al igual que para las zonas 1 y 2 se deben realizar estudios de suelos que permitan determinar si el área es adecuada para la cimentación (figura 22).



Figura 22: Imagen satelital que muestra zona 3, propuesta para reubicación.

Las propuestas de las zonas de reubicación de los sectores de Nuevo Progreso y Riurin, son para las viviendas que pueden ser afectadas por procesos de movimientos en masa. Para la selección de estas áreas, se ha considerado terrenos aledaños a fin de no afectar las actividades económicas de los pobladores. En caso que se disponga de otro espacio para su reubicación, es necesario contar con una evaluación geodinámica y geotécnica de la nueva zona.

Antes de ser ocupada las áreas propuestas, es necesario realizar lo siguiente:

- a) Estudios de suelos para determinar su capacidad portante, con la finalidad de determinar el tipo de cimentación de las futuras viviendas
- b) Forestar la zona aledaña al área de reubicación
- c) No realizar cortes del terreno en forma indebida.
- d) Realizar un drenaje pluvial debido a las condiciones climáticas relacionadas a las lluvias que ocurren en la zona, para la evacuación de aguas de lluvia.

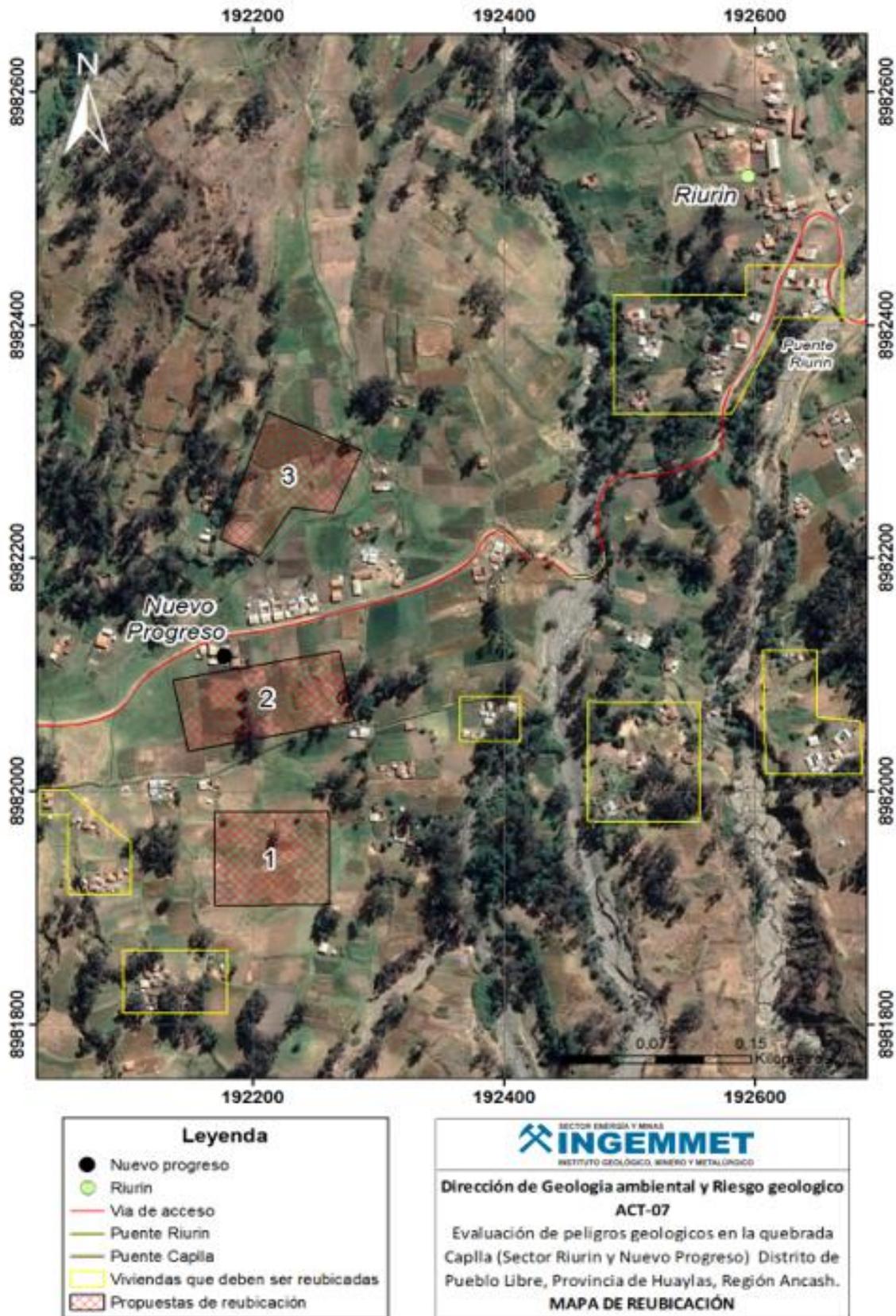


Figura 23: Mapa de zonas que no deben ser habitadas y propuestas para su reubicación.

CONCLUSIONES

- 1) La zona de estudio se encuentra dentro de una microcuenca, conformada por una red de drenaje que desemboca en el río Santa. La quebrada Caplla resulta de la confluencia de tres quebradas tributarias provenientes de la zona alta, presentan cauces con pendientes fuertes a muy fuertes, esto favorece el incremento de la velocidad del proceso erosivo proveniente del agua de escorrentía.
- 2) En las laderas del sector predominan rocas sedimentarias, areniscas de la Formación Chimú y arcillitas de la Formación Oyón, las cuales se presentan muy meteorizadas; sobreyaciendo al basamento rocoso, se presentan depósitos areno arcilloso y suelos gravosos. Estos son de fácil erosión.
- 3) Las laderas que conforman las diferentes quebradas de la zona de estudio son afectadas por procesos geodinámicos tales como deslizamientos, erosión de laderas (cárcavas), los cuales aportan material suelto al cauce de la quebrada, por acción de las lluvias desencadenan flujo de detritos (huaicos). De acuerdo a imágenes satelitales se muestra evidencias de estos movimientos desde antes del año 2003, la mayoría de las cuales se encuentran activos o con signos de reactivación.
- 4) Durante la temporada de lluvias de los años 2018 y 2019, la quebrada Caplla presentó huaicos que afectaron el puente Caplla y cerró el tránsito vehicular hacia el sector de Nuevo Progreso; ésta quebrada recibe aporte de tres afluentes que aportan con material suelto, esto incrementa su susceptibilidad.
- 5) Los factores condicionantes naturales que influyen en la inestabilidad de las laderas de las quebradas, están ligados a las condiciones intrínsecas de los terrenos:
 - Substrato rocoso de mala calidad, se encuentra muy meteorizado.
 - La pendiente de las laderas de fuertes a muy fuertes (hasta de 35°)
 - Escasa cobertura vegetal.
 - Los factores antrópicos, están relacionados a la construcción de vías de acceso alrededor de la cabecera de la cuenca, construcción de puentes sin criterio técnico, cultivos en las laderas con riego inadecuado (inundación).
- 6) Los factores desencadenantes corresponden a las precipitaciones estacionales y extraordinarias que condicionan la escorrentía superficial y la erosión del suelo.
- 7) Algunas viviendas de los sectores de Nuevo Progreso y Riurin se encuentran situadas al borde de las quebradas, donde se generan procesos de erosión de laderas, deslizamientos y flujos de detritos (huaicos), estos movimientos en masa que se reactivan generalmente en épocas de lluvias (diciembre a abril) tienden a acelerar el proceso de inestabilidad en las laderas de las quebradas poniendo en peligro la seguridad física de los pobladores que habitan en estas zonas.
- 8) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de la zona de estudio, se le considera como zona crítica, de alta susceptibilidad a flujos de detritos (huaicos) y de alto peligro ante lluvias estacionales y extraordinarias.

RECOMENDACIONES

- 1) Implementar zanjas de coronación revestidas, en la parte posterior del deslizamiento principal de la quebrada Caplla, con la finalidad de evitar que el agua de lluvia acumulada en las laderas llegue al cuerpo del deslizamiento.
- 2) Regeneración vegetal a lo largo de las cárcavas y en zonas circundantes a ella, asegurando una mayor estabilización en las laderas.
- 3) Descolmatar y realizar obras de encauzamiento en la quebrada Caplla y en sus afluentes, en la cual se deben considerar medidas estructurales como la construcción de muros de contención (puede ser de hormigón, mampostería o de gaviones) para la canalización, además con ello se va controlar la erosión fluvial.
- 4) Implementar disipadores de la energía con la finalidad de reducir la velocidad de corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas, para ello deben realizar estudios geotécnicos e hidrológicos, que determinen el diseño adecuado de los disipadores.
- 5) El riego de los terrenos de cultivo debe ser tecnificado, por goteo o aspersión y los canales deben ser revestidos para minimizar la infiltración.
- 6) Reubicar el puente Caplla, porque se encuentra a 115 m de la confluencia de tres quebradas que aportan flujos de detritos. La nueva estructura del puente debe ser con diseños y dimensiones a las máximas crecidas locales, esto permitirá el pase libre de flujos y evitar el colapso y destrucción del puente.
- 7) Se recomienda reubicar las viviendas que se encuentran situadas en los bordes de las quebradas, y prohibir la expansión urbana hacia el borde de las quebradas, mínimo a 50 m del borde.
- 8) Se proponen zonas de reubicación (ítem 6), en las cuales en la actualidad no se ha identificado movimientos en masa. En estas zonas se deben realizar estudios de suelos.
- 9) Desarrollar planes de información y educación a la población local principalmente a las comunidades que habitan en los sectores de Nuevo Progreso y Riurin sobre los peligros geológicos existentes y la prevención de desastres, la cual puede realizarse mediante la entrega de material informativo educativo.


P.
Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto. Act-07
DGAR - INGEMMET


César Augusto Chacaltana Budiel
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala-Carcedo, Francisco; Olcina Cantos, Jorge (coords.) (2002). Riesgos naturales. Barcelona: Ariel.
- Belaústegui, S. (1999). Pendientes del terreno y fundamentos del caudal máximo no erosivo. Hoja técnica N° 07. Buenos Aires - Argentina. 4 p.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- González. L. *et.al* (2007). Ingeniería geológica. Madrid España.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M. & Hutchinson, J.N. (2001). Review of the classification of landslides of the flow type. Environmental and Engineering Geoscience VII: 221-238.
- J.Cobbing y A. Sanchez; (1996). Mapa geológico de Carhuaz, Hoja 19-h”.
- J.Wilson, O. Molina y A. Sánchez (1967). Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari”, INGEMMET, Boletín N° 60, Serie A.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Varnes, D.J., 1978: Slope Movement: Types and Proceses. In Scuster & Krizek (1978). Landslides: Analysis and Control. Special report 176. Transportation Research Board, Comisión on Sociotechnical Systems, National Research Council. National Academy of Sciences, Washungton, D.C. 234 p.p
- Zavala,B; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes (2009). Riesgos geológicos en la región Ancash. INGEMMET, Boletín, Serie C 38: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 280 p.