

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7132

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL A.H. CRUZ DEL RÍO

Región Lima
Provincia Barranca
Distrito Barranca



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL A.H. CRUZ DEL RÍO

Región Lima

Provincia Barranca

Distrito Barranca

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

Equipo de investigación:

Gonzalo Luna

Norma Sosa

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos en el A.H. Cruz del Río. Distrito de Barranca, provincia de Barranca, región Lima, Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7132, 41p

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Objetivos del estudio	3
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	4
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Accesibilidad	8
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
2.1. Unidades litoestratigráficas	10
2.1.1. Grupo Casma.....	10
2.1.2. Depósitos cuaternarios	10
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	15
3.1. Pendientes del terreno	15
3.2. Unidades geomorfológicas	17
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional.....	17
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	22
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	22
4.2. Derrumbes en el sector Cruz del Río	25
4.2.1. Características visuales del evento.....	25
4.2.2. Factores condicionantes	30
4.2.3. Factores desencadenantes.....	31
6. RECOMENDACIONES	33
7. BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXO 1: GLOSARIO	36
ANEXO 2: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	38

RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el A.H. Cruz del Río, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Barranca, provincia de Barranca, región Lima.

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) para la gestión del riesgo de desastres.

Geológicamente la población del A. H. Cruz del Río, está asentada sobre depósitos aluviales del pleistoceno, compuesto por conglomerados poco consolidados, de gravas redondeadas a subredondeadas heterométricas de forma alargada, envueltos en una matriz areno-limosa, no cohesiva, no plástica y de alta permeabilidad. Estos conglomerados, están cubiertos por una capa fina de 0.6 m de suelos areno-limosos, usados como suelos de cultivo.

Geomorfológicamente el A. H. Cruz del Río, se sitúa sobre una terraza alta aluvial en la margen izquierda del río Pativilca de pendiente suave (1° - 5°), a pocos metros del borde superior de un acantilado de 28 m de altura, con pendientes escarpadas a muy escarpadas (25° - 90°), producto de la erosión eólica y fluvial. Las características morfodinámicas de esta subunidad, hace que sea susceptible a los procesos de erosión en laderas, derrumbes y carcavamientos.

En la parte inferior del acantilado, se observan planicies inundables correspondientes a terrazas bajas aluviales y fluviales, del río Pativilca que presenta pendientes suaves, entre 0° y 5° .

El acantilado de la margen izquierda del río Pativilca, presenta derrumbes constantes, esta ocurrencia, corresponde a desprendimientos violentos de una masa rocosa y/o suelos; en este caso de conglomerados poco consolidados que conforman la terraza alta aluvial, que caen por gravedad formando conos de detritos.

En parte del acantilado aledaño al A.H. Cruz del Río se han identificado 3 derrumbes recientes ocurridos entre el 2018 y 2020, denominados: derrumbe 1, 2 y 3 (De-1, De-2 y De-3) con avances retrogresivos hacia las viviendas del A.H.

Los derrumbes (De-1, De-2 y De-3), presentan escarpas de anchos promedios de 20, 8.5 y 21 m; abarcan áreas de: 1 275, 492 y 779 m². Para cada uno de ellos se estiman volúmenes de desprendimiento de 270, 194 y 402 m³; además, estos habrían erosionado un aproximado de 12 m de la plataforma aluvial dejando el borde del acantilado a 0.5 m de la vivienda más próxima y 36 m de la más distal.

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas que se presentan en la zona y la ocurrencia de movimientos en masa, identificados como derrumbes con escarpas retrogresivas, se considera al área ocupada por la población del A. H Cruz del Río de **ALTO PELIGRO**; así mismo se rescata que este sector ya fue identificado

como una **Zona Crítica**, en el boletín de “peligros geológicos en la región Lima (Luque et al.,2020); además, en los informes del INGEMMET: A6609 (2012) y A6655 (2014), señalan el peligro identificado en este sector. que pueden ser desencadenados por sismos como efectos cosísmicos y precipitaciones pluviales de carácter extraordinario que saturan el terreno y aumenten el caudal erosivo del río Pativilca.

Finalmente, se brindan recomendaciones generales que se consideran importantes para que las autoridades pongan en práctica; como son: la reubicación de las viviendas del A. H. Cruz del Río que se encuentra ubicado en el borde del acantilado; de igual manera, construir rejas que impidan el ingreso al borde del acantilado y el arrojado de basura y desmonte; también, implementar obras de defensa ribereña y sistemas de drenaje impermeabilizados para evitar la saturación de suelos y formación de cárcavas en el acantilado.

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 (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la municipalidad provincial de Barranca, según Oficio N° 0360-2020-SGGRDDC/LLEMCH-MPB, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el A.H. Cruz del Río.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a la ingeniera Norma Sosa y Geol. Gonzalo Luna, para realizar la evaluación de peligros geológicos, en coordinación con los representantes de la Municipalidad Distrital de Barranca. Los trabajos de campo se realizaron el 26 y 27 de enero del 2021.

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, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad provincial de Barranca, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la 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 el sector del A.H. Cruz del Río eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, medios de vida (cultivos agrícolas) y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de los diferentes peligros identificados.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos publicados por INGEMMET y otras instituciones que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación, desarrollados a escala local (informes técnicos) y regional (boletines).

- a) Boletín N° 76 de la serie C: geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros geológicos en la región Lima” (Luque et al.,2020). En este boletín, se identificaron los peligros geológicos y geohidrológicos que pueden causar desastres dentro del ámbito de la región Lima. Además, se realizó el inventario de 4329 ocurrencias de peligros geológicos; de los cuales, según su origen, el 75.5% corresponde a movimientos en masa, 10.3% a peligros geohidrológicos y 14.2 % entran en la clasificación de “otros peligros geológicos”. Así mismo, identificaron 278 zonas críticas; de las cuales, 6 se ubican en la provincia de Barranca. considerando el sector del A.H, Cruz del Río entre estas.
- b) Informe Técnico A6655 - INGEMMET: “Peligros geológicos en la Cuenca baja del río Pativilca” (Núñez. S, 2014); este informe, presenta una interpretación de los procesos de dinámica en el río Pativilca, así como de movimientos en masa recientes y antiguos. Referente al área de estudio del presente informe, concluye que el sector del A.H. Cruz del Río, presenta derrumbes, donde una de las causas principales es la erosión lateral del río que provoca socavación al pie de la ladera, debido al incremento del cauce por lluvias de tipo excepcional.
- c) Informe Técnico A6609 - INGEMMET: “Geología de los taludes en el Balneario de Barranca (Chorrillos, Miraflores, Puerto Chico)” (Luque. G., 2012); este informe, tuvo como objetivo analizar y evaluar los factores que originaron el derrumbe en el talud superior de la carretera asfaltada (Av. Chorrillos) Barranca-Balneario Chorrillos, así como evaluar la seguridad física de área afectada y establecer medidas para la prevención de desastres en este sector. Referente al área de evaluación del presente informe, el trabajo de Luque identifico derrumbes localizados en la margen izquierda del río Pativilca, haciendo énfasis en que estos derrumbes pueden incrementarse por el comportamiento extremo de la dinámica fluvial sobre la base de los taludes aluviales; así mismo, describe que en los taludes de este sector se han generado cárcavas y badlands (relieves característicos generados por la erosión de ladera), productos del arrojamiento de desagües en los taludes, esto sumado a la acción erosiva del río Pativilca y el mal manejo de las aguas de regadío que han generado derrumbes en los sectores Cruz Blanca y La Garita, colindantes con el sector Cruz del Río.
- d) Boletín N° 29, serie C: Geodinámica e ingeniería geológica: “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja 4” (Fidel et al.,2006); este boletín, analiza

la estabilidad de las regiones enmarcadas entre los paralelos 10° y 12° Sur del territorio nacional, denominada franja N°4, Este boletín recolecto información de movimientos en masa (caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos y movimientos complejos); y con respecto al área de evaluación en el A.H. Cruz del Río hace mención a la identificación de derrumbes y erosión fluvial.

- e) Boletín N° 26, Geología de los cuadrángulos de Barranca; Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta (Cobbing, 1973); este boletín, describe las unidades litológicas del área situada entre los 10°30' y 11°30' de latitud Sur y 76°30' y 78°00' de longitud Oeste, que incluye los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta. El presente informe ha utilizado los mapas del cuadrángulo de Barranca elaborados a escala 1:100 000 (Cobbing y Garayar, 1997), así como la actualización de dicho cuadrángulo a escala 1:50 000 (hoja 22-h, cuadrante IV) elaborado por Romero et al. (2007).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de inspección corresponde al sector denominado A.H. Cruz del Río, políticamente pertenece al distrito y provincia de Barranca, región Lima (figuras 01 y 02). Geográficamente, se ubica en la margen izquierda del río Pativilca en las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio en el sector Cruz del Río.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	627256	9486200	4°38'50.90"	79°51'9.76"
2	627478	9486223	4°38'50.14"	79°51'2.56"
3	627277	9485766	4°39'5.04"	79°51'9.76"
4	627464	9485805	4°39'3.76"	79°51'2.99"
COORDENADA DEL PUNTO CENTRAL DEL ÁREA EVALUADA				
C	627445	9486024	4°38'56.63"	79°51'3.62"

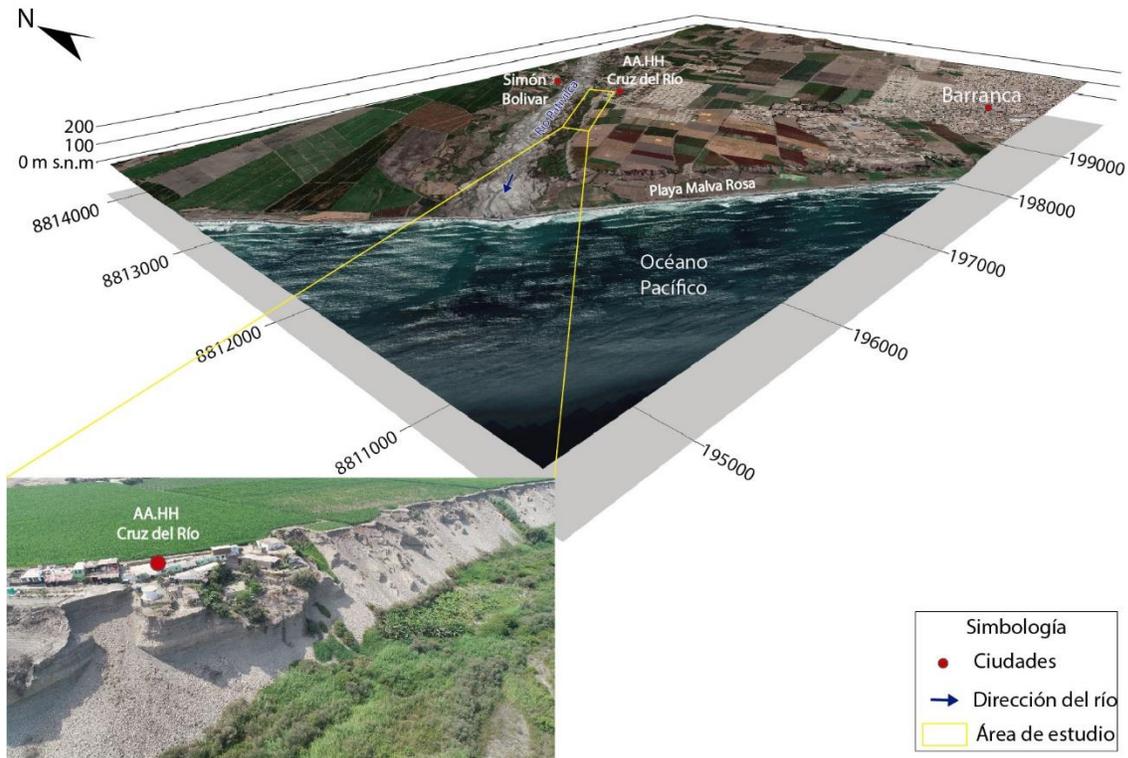


Figura 01. Vista en perspectiva con dron, del área de estudio, del A.H. Cruz del Río.

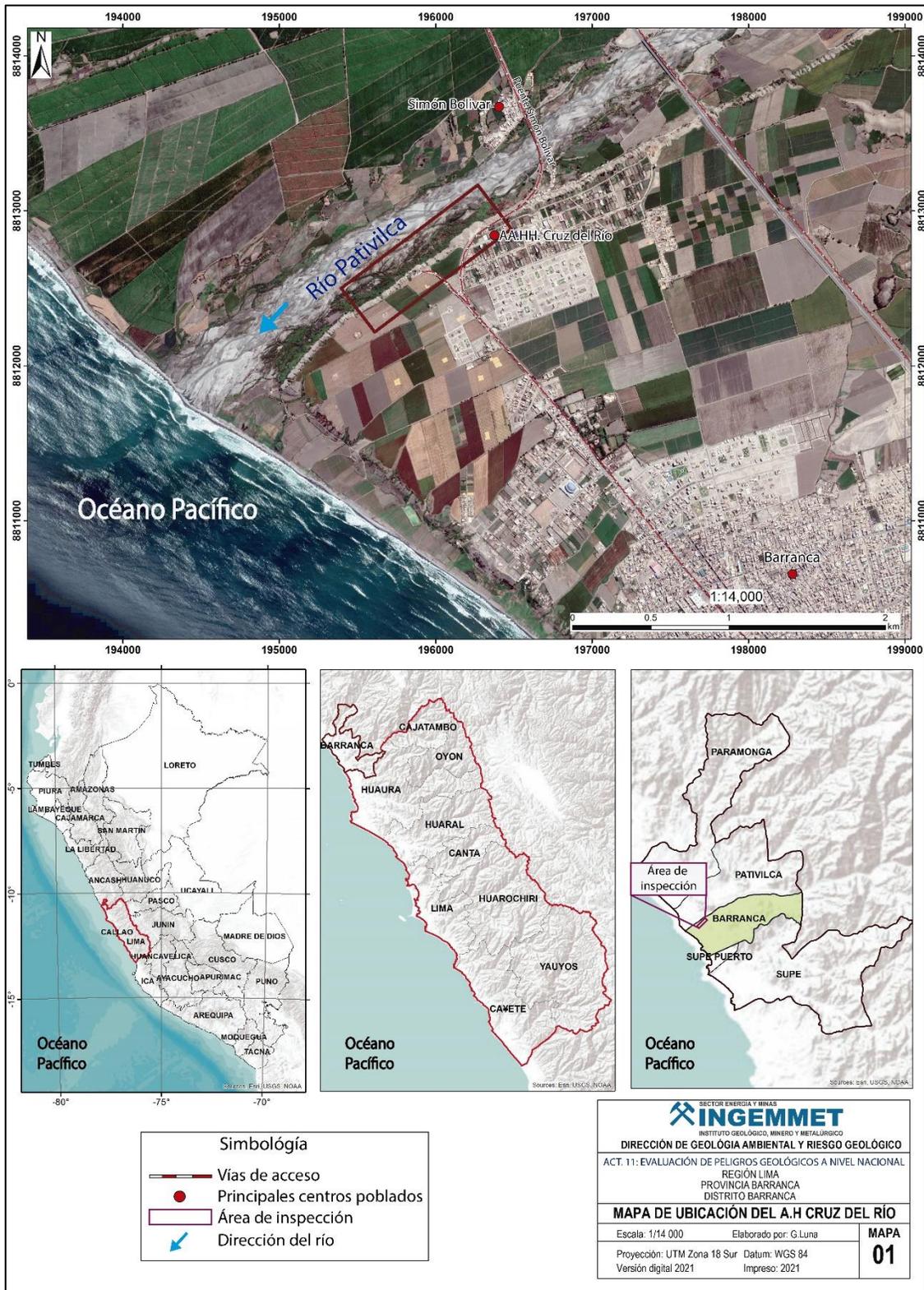


Figura 02. Mapa de ubicación del A.H. Cruz del Río.

1.3.2. Accesibilidad

La principal vía de acceso desde la ciudad de Lima, es por la carretera Panamericana Norte; la cual se encuentra en condiciones óptimas de transitabilidad que nos permite llegar hasta la ciudad de Barranca y posteriormente al A.H. Cruz del Río. La ruta de acceso se describe a continuación (cuadro 2 y figura 03)

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima - Barranca	Asfaltada	202	4 horas
Barranca – Sector Cruz del Río	Asfaltada	5	15 minutos



Figura 03. Mapa de accesibilidad al A.H. Cruz del Río.

1.3.3. Clima y precipitaciones pluviales

El clima en el área de estudio, corresponde a una zona desértica semicálida según la clasificación de (Thornthwaite, 1948). Es decir, deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año, y con humedad relativa calificada como húmeda (Luque et al.,2020). De acuerdo al mapa de Isoyetas, el área evaluada para el periodo lluvioso normal setiembre-Mayo (SENAMHI, 2010b y c), presenta una precipitación de 400 a 600 mm, mientras que para el período en que se presentó el Fenómeno El Niño 1997/1998 lluvias menores a 200 mm, sin embargo, en el 2017 las fuertes precipitaciones en la región Norte y zona sierra de Lima, producto de “El Niño Costero” habrían incrementado significativamente estas medidas, y el caudal del río Pativilca.

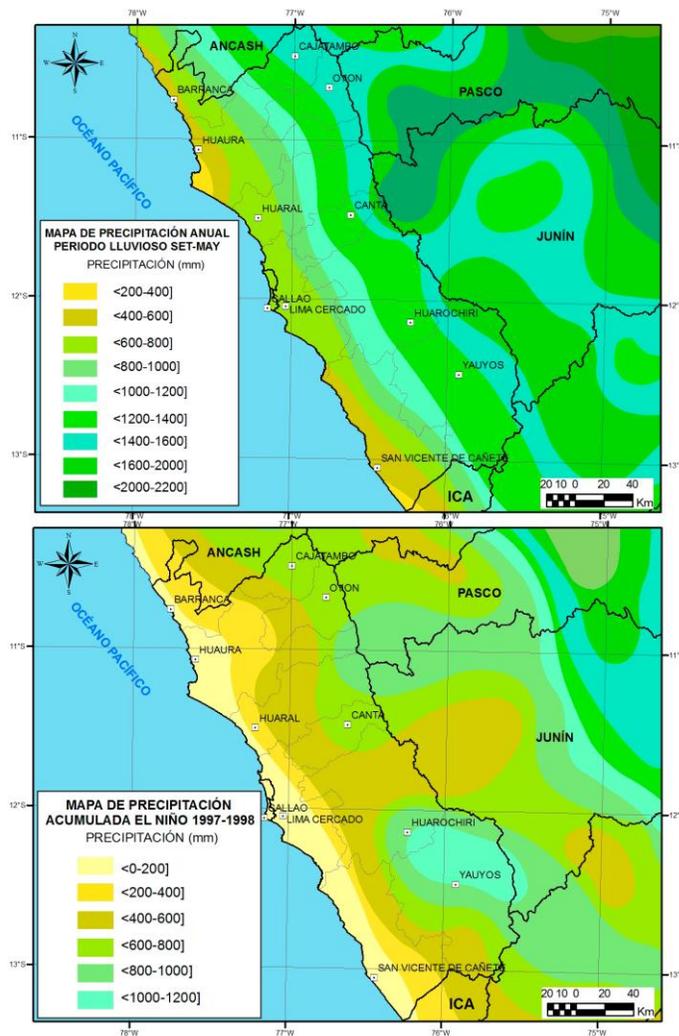


Figura 4. Mapas de isoyetas para el periodo lluvioso, setiembre-mayo (arriba) y con presencia del Fenómeno de El Niño 1997-1998 (abajo). Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2010b y c.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se elaboró teniendo como base el boletín “Geología del cuadrángulo de Barranca” (22-h) , (Cobbing., 1973), el mapa geológico a escala 1:100 000 del cuadrángulo de Barranca (22-h) elaborado por Cobbing & Garayar.,1997; así como, el mapa del cuadrángulo de Barranca 22-h, cuadrante IV, a escala 1:50 000 (Romero et al.,2007), que describe las unidades identificadas en los trabajos de campo; además, se realizó la interpretación de imágenes satelitales, ortofotos aéreas con dron y observaciones in situ.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área inspeccionada (A. H Cruz del Río y alrededores) están compuestas mayoritariamente por depósitos cuaternarios (Pleistoceno-Holoceno) detríticos no consolidados ubicados en las márgenes del río Pativilca formando terrazas altas y bajas, así como depósitos marinos en la línea de costa a los lados de la desembocadura del río Pativilca, también se pueden observar rocas volcánicas del cretácico inferior pertenecientes al Grupo Casma. (figura 9)

2.1.1. Grupo Casma

Consiste en secuencias volcánicas bien estratificadas, siendo en su mayor parte derrames delgados de andesitas masivas, de grano fino y con más o menos 3 – 5 m. de espesor, formando detritos de origen volcánico, pudiendo ser finos o gruesos intruidos por un sill de dolerita (Cobbing & Garayar.,1997), en la zona de estudio se han identificado rocas volcánicas bien estratificadas a 2.5 km al oeste de los A.H. Cruz del Río; esta formación geológica no tiene incidencia directa con el peligro localmente identificado en el área de evaluación; sin embargo, se considera necesario y pertinente mencionarlo, ya que Nuñez, 2012, menciona que pueden generar flujos de detritos; además, son rocas altamente fracturadas que generan depósitos detríticos y susceptibles a la ocurrencia de derrumbes.

2.1.2. Depósitos cuaternarios

- Depósitos pleistocénicos aluviales (Qpl-al): A este primer grupo de depósitos aluviales pleistocénicos, los encontramos formando terrazas altas en el valle del río Pativilca, están conformadas predominantemente por materiales gruesos conglomerádicos de diferentes diámetros, compuestos por cantos y gravas subredondeadas a redondeadas en una matriz areno - limosa de grano medio a grueso, con materiales finos en niveles más profundos. Estos materiales detríticos, no cohesivos, no plásticos, se observan descubiertas en la margen izquierda del río Pativilca y son susceptibles a presentar derrumbes y caída de bloques formando talus de detritos. (figura 8).

Estos depósitos, están cubiertos por secuencias de suelos limo-arenosos, sobre los cuales se realizan cultivos y asientan viviendas (figura 5).

Al sureste del A.H. Cruz del Río, el talud del acantilado, se observa cubierta por desmonte y basura (figura 7).

- Depósitos fluviales (Qh-fl): Este segundo grupo de depósitos más recientes, se encuentran en el cauce inundable del río Pativilca, formando llanuras de gravas redondeadas en una matriz limoarenosa, no plástica no cohesiva.
- Depósitos Marinos (Qh-m): Estos depósitos se ubican en la línea límite del mar y continente, en este sector se caracterizan por estar conformados por areniscas medias a finas, con algunos clastos de forma subredondeados y elongados, se encuentran en la línea de playa y son formados por la acción erosiva y transportadora de las olas del mar, se observan en la desembocadura de ambas márgenes del río Pativilca (figura 6).
- Depósitos Coluviales (Qh-co): Estos depósitos se ubican en la parte baja del acantilado, producto de la acumulación de derrumbes que forman talus de detritos conformados por gravas y bloques subredondeadas no consolidados (figura 8).



Figura 5. Depósitos cuaternarios vista al noreste de los A.H. Cruz del Río.



Figura 6. Depósitos cuaternarios vista al suroeste del A. H. Cruz del Río, en la desembocadura del río Pativilca al océano Pacífico, obsérvese la franja de depósitos marinos (Qh-m) en la línea costera, y depósitos aluviales del holoceno (Qh-al) y pleistoceno (Qpl-al).



Figura 7. Muestra la acumulación de desmonte y residuos sólidos antrópicos, cubriendo la ladera del abanico aluvial, en las coordenadas 196165 E y 8812811 N

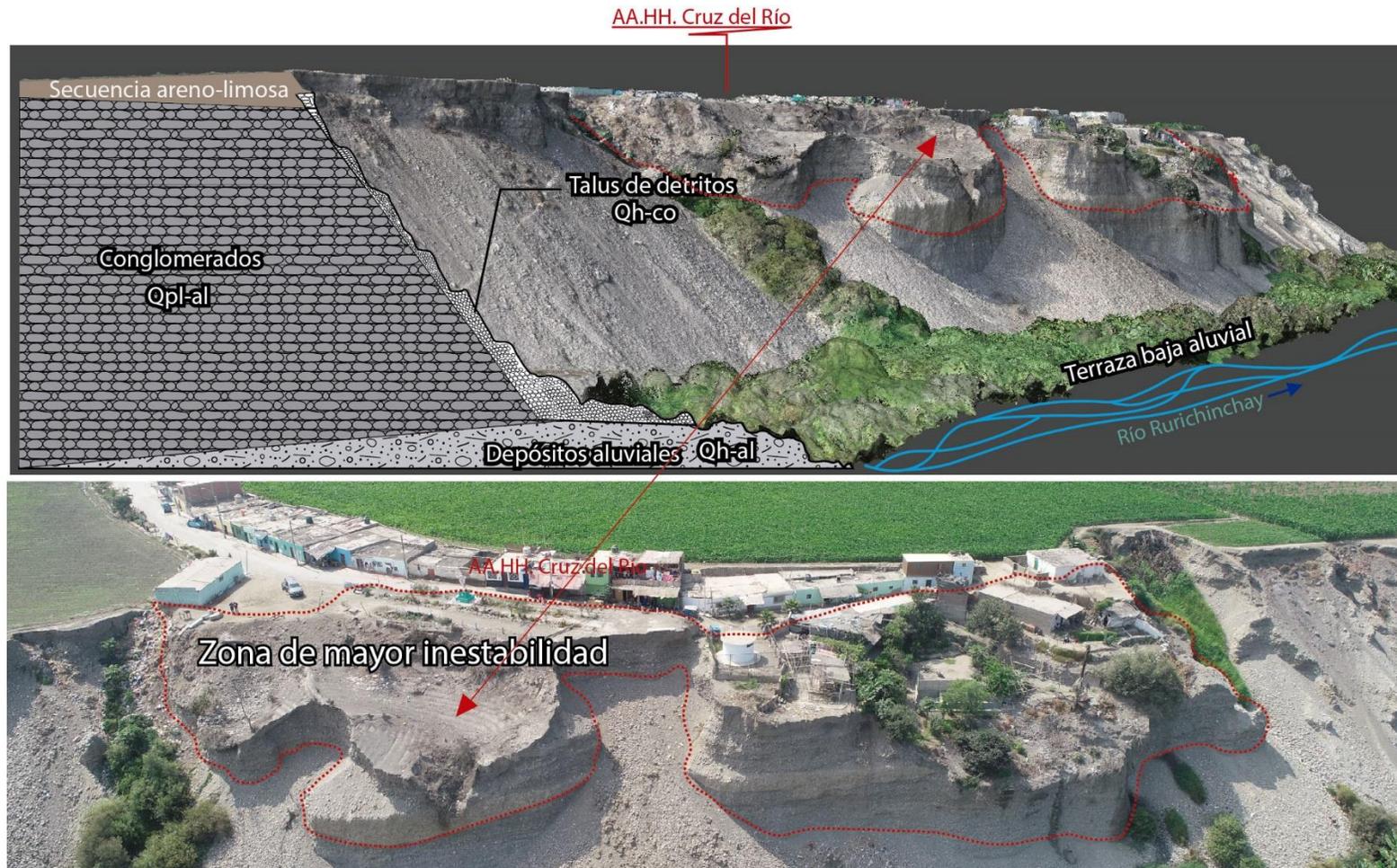


Figura 8. Muestra .la composición litológica del acantilado en la margen izquierda del río Pativilca, sobre el que se asientan las viviendas del A.H. Cruz del Río

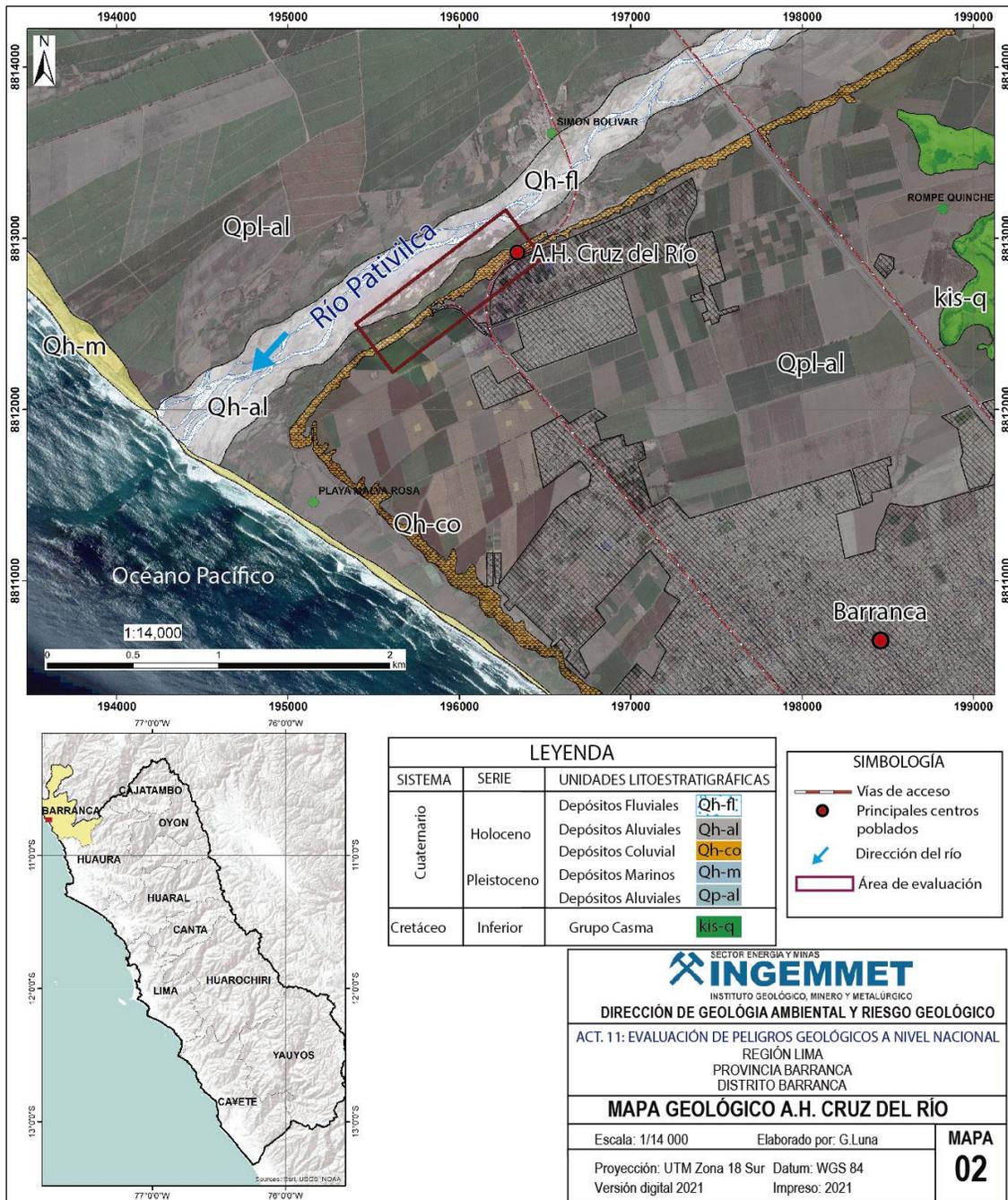


Figura 9. Mapa geológico en los alrededores de los A.H. Cruz del Río, (modificado de (Romero et al.,2007).

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

El rango de pendiente en el área de evaluación es variable; en el cauce del río y las terrazas bajas aluviales, se observan terrenos con pendientes llanas a suaves (0° - 5°), mientras que la terraza alta aluvial presenta pendientes suaves.

El acantilado, presenta una altura de 28 m, limitado entre las cotas 22 m s.n.m. y 50 m s.n.m. Presenta pendientes escarpadas (25° - 45°) a muy escarpadas ($>45^{\circ}$), en el acantilado en promedio se observan pendientes casi verticales de 86° y en las zonas donde se han formado talus producto de la acumulación de derrumbes y erosión de laderas se evidencian pendientes de 37° (figura 10 y 11).



Figura 10. Pendientes promedio en los alrededores del A.H. Cruz del Río.

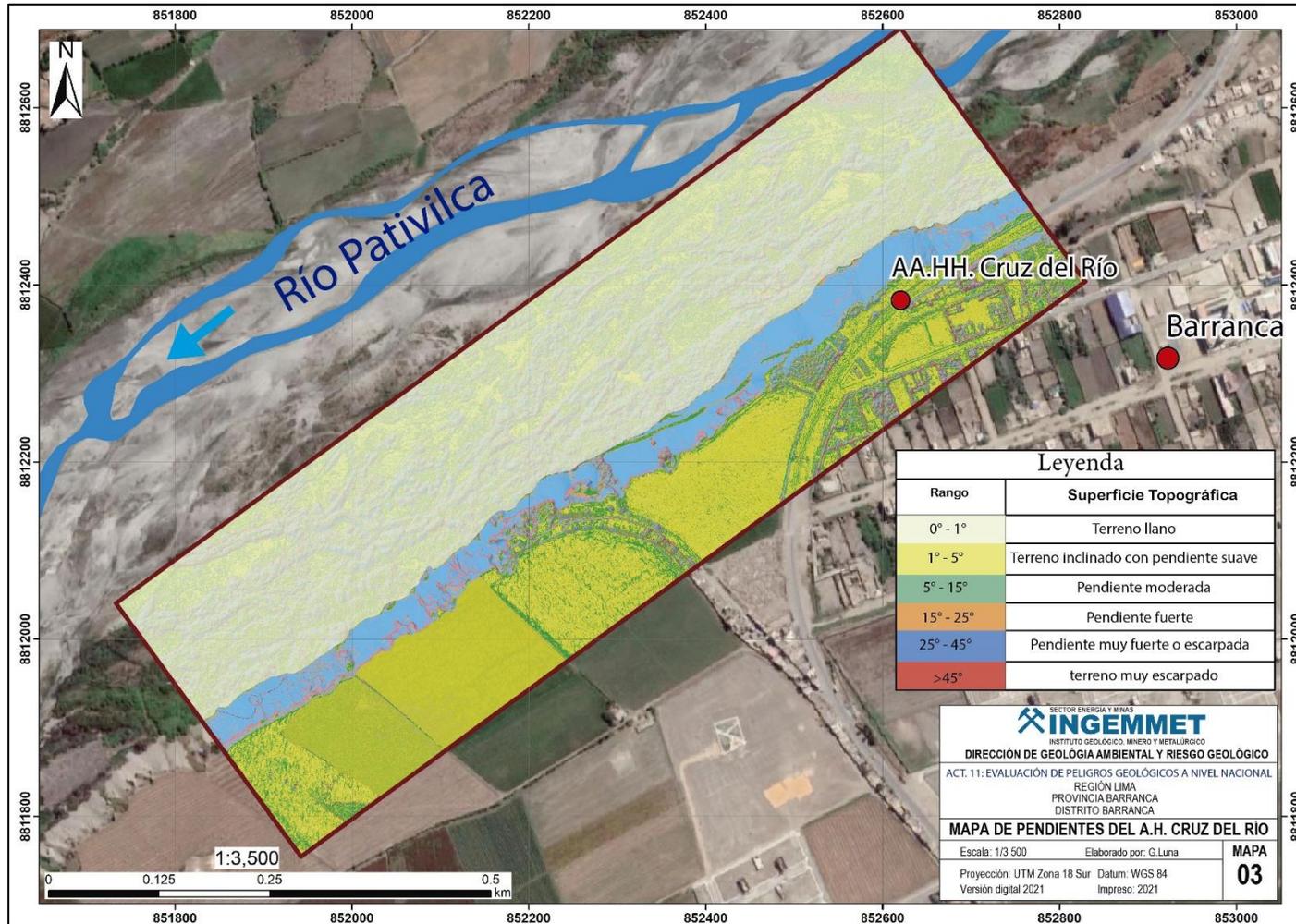


Figura 11. Mapa de Pendientes de los AA: HH Cruz del Río y alrededores, en base a un modelo de elevación digital del terreno, obtenido a partir de un levantamiento fotogramétrico con dron, de resolución 0.04 m/px.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en los alrededores del A.H. Cruz del Río, se ha empleado la publicación de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del INGEMMET; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos (degradacionales o denudativos y agradacionales o deposicionales) en la evolución del relieve.

Geomorfológicamente, el área ocupada por el A. H. Cruz del Río, se sitúa sobre el abanico aluvial pleistocénico del río Pativilca, que presenta acantilados de 28 m, productos de la erosión fluvial y eólica.

A la altura del río Pativilca se observan terrazas bajas aluviales y fluviales, finalmente a los lados de la desembocadura del río se puede observar una margen de terrazas marinas en la línea costera. Estas subunidades geomorfológicas se describen a continuación:

3.2.1. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas de carácter tectónico degradacional, aquí se tiene:

3.2.1.1. Planicies

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya sea que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, y están determinadas por una acción prolongada de los procesos denudacionales. (Vílchez et al., 2019).

Sub unidad de terraza alta aluvial (Ta-al)

Subunidad que corresponde a los niveles más antiguos de terrazas aluviales localizadas a cierta distancia y por encima del curso actual de los ríos. Geodinámicamente esta subunidad se encuentra asociada a procesos de erosión fluvial, cuando el río recupera cursos fluviales antiguos (Vílchez et al., 2019).

Esta unidad se observa en la margen izquierda del río Pativilca, tiene una altura de 28 m aproximadamente, medido desde el cauce del río, su pendiente es suave (1° - 5°), presenta un acantilado de pendientes escarpadas a muy escarpadas (25° a $> 45^{\circ}$). Está conformado por depósitos de gravas redondeadas a subredondeadas envueltas en una matriz arenosa, cubiertas por suelos arenolimosos de aproximadamente 60 cm, sobre esta subunidad se encuentra el A.H. Cruz del Río y se desarrollan actividades de agricultura (figura 13)

3.2.1.2. Planicies inundables

Estas unidades están asociadas a depósitos aluviales y aluviales antiguos, limitados en muchos casos por depósitos de piedemonte y laderas montañosas o colinas (Luque et al.,2020)

Sub unidad Terraza baja aluvial (Tb-al))

Corresponden a superficies bajas, con pendientes llanas a suaves adyacentes a fondos de valles principales y el mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales, morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuestos de material no consolidado, removible (Luque et al.,2020)

Esta unidad se observa como parte del cauce inundable del río Pativilca, adyacente al cauce principal, su pendiente es considerada llana a suave (0° - 5°), siendo su pendiente promedio de 3° , está conformado por depósitos aluviales de gravas redondeadas a subredondeadas envueltas en una matriz areno-limosa. (figura 13), geomorfológicamente son susceptibles a inundaciones.

Sub unidad Terraza fluvial (T-fl))

Está constituido por depósitos fluviales erosionables descubiertos en el cauce y del río Pativilca y aledaños al mismo, estos geoformas quedan expuestos y son más fácilmente diferenciables en periodos de estiaje cuando baja el nivel de las aguas, geomorfológicamente son altamente susceptibles a inundaciones (figura 12).



Figura 12. Sub unidades geomorfológicas identificadas aguas arriba del sector de los A.H. Cruz del Río.



Figura 13. Sub unidades geomorfológicas identificadas aguas abajo, del sector del A.H. Cruz del Río.

3.2.1.3. Variaciones morfológicas del río Pativilca

Las características dinámicas del río Pativilca lo caracterizan como un río trezado, que hace referencia a que el lecho principal se divide en varios canales menores que sucesivamente se bifurcan y unen, separados por diversas barras de cauce, conformados por gravas y arenas aluviales (Villota, H. 2005).

Una imagen comparativa multitemporal (figura 15), de la variación del caudal en el río Pativilca, nos muestra las características geodinámicas del río Pativilca, donde se evidencia el cambio constante de sus canales de flujo.

Según la versión de los pobladores y medios informativos, el caudal del río Pativilca se habría incrementado entre febrero y marzo del 2014, llegando a alcanzar la base del acantilado; esto se evidencia en la imagen satelital de febrero-2014 (figura 14), de igual manera en el 2017 el río también llegó a alcanzar la base del acantilado producto de las lluvias del fenómeno de “El Niño Costero”, la imagen satelital de noviembre del 2017, muestra depósitos aluviales que evidencian el incremento del caudal mencionado, fotografías históricas de medios de comunicación también confirman este suceso (figura 14).



Figura 14. Imagen comparativa multitemporal de la variación del caudal en el río Pativilca.

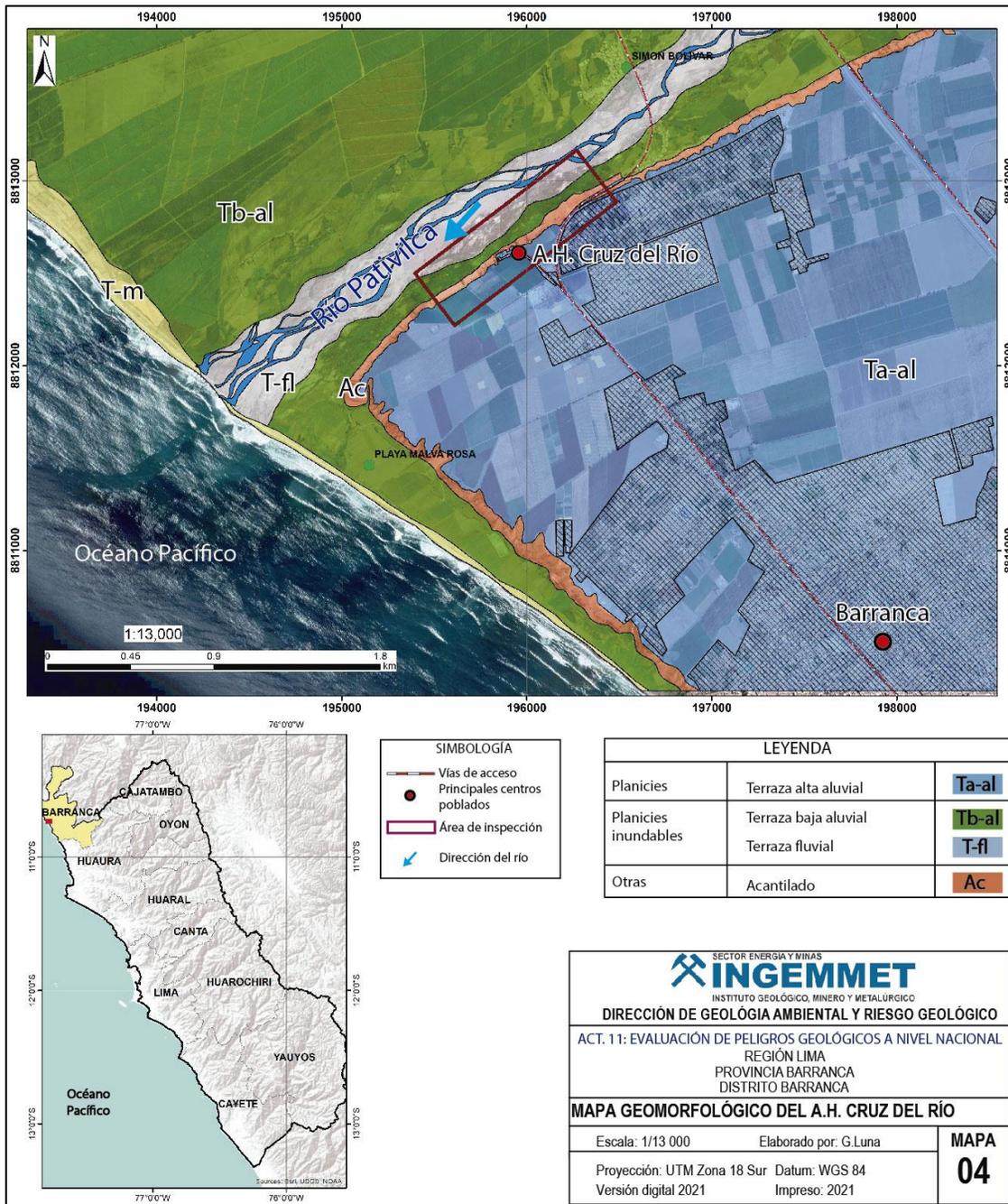


Figura 15. Mapa geomorfológico del A.H. Cruz del Río y alrededores.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Según la clasificación propuesta por el PMA: GCA (2007), los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo caídas. Estos procesos se dan a lo largo del acantilado del río Pativilca, y modifican el relieve del mismo, generando talus de detritos en la base, derrumbes y cárcavas retrogresivas en la parte alta del acantilado, la comparación de imágenes satelitales muestra que desde el 2018 se habrían erosionado 12 m de la ladera por derrumbes en las proximidades del A.H. Cruz del Río.

Este tipo de movimiento en masa, tiene como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca y/o suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” 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 movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

El A.H. Cruz del Río, se ubican sobre una plataforma aluvial y próximo al borde superior de un acantilado de 28 m de altura. La distancia de las viviendas al acantilado varía de 0.5 a 36m (figuras 16 – 19).

En el acantilado se han identificado procesos de erosión de laderas (carcavamientos retrogresivos), derrumbes y caída de rocas, mientras que en la plataforma aluvial se evidencia asentamiento por el exceso de carga de un reservorio de agua (figura 21).

Estos procesos están condicionados por factores intrínsecos del terreno, como su composición litológica (depósitos de conglomerados poco consolidados), pendientes fuertes, exposición del acantilado por ausencia de vegetación, presencia de aguas subterráneas producto de la infiltración en la parte alta (figura 20), e infiltración de aguas de riego y de uso doméstico. En campo se identificó la presencia de tuberías de desagües de riego que desembocan en el talud, provocando el avance retrogresivo de cárcavas (figura 17).

Estos procesos pueden ser desencadenados por precipitaciones (periódicas y extraordinarios), así como por sismos.



Figura 16. A y B) Muestran la escarpa del derrumbe 3, y cárcavas generadas por la presencia de tuberías de desagües de riego (círculo rojo), que desembocan en el talud.



Figura 17. Se observan viviendas ubicadas a 10 m y 12 m del acantilado, que deben ser reubicadas (Coordenadas 195862 E, 8812590 N).

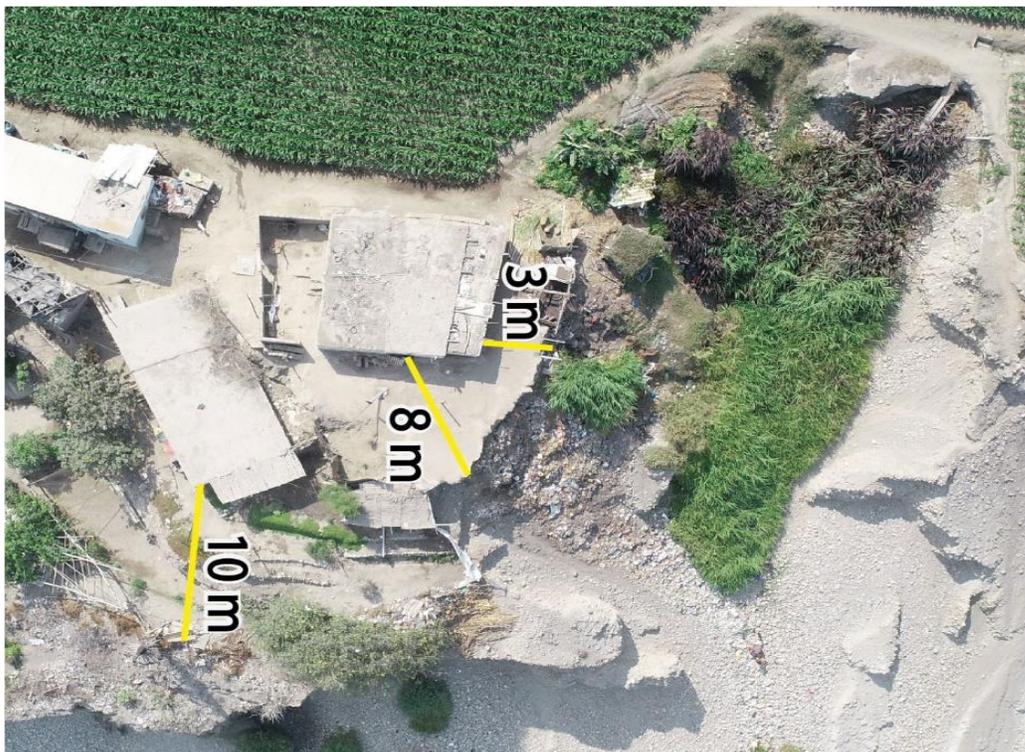


Figura 18. Se observan viviendas ubicadas a 10 m, 8 m y 12 m del acantilado, que deben ser reubicadas (Coordenadas 195843 E, 8812567 N).



Figura 19. Se observan viviendas ubicadas a 36 m de los derrumbes recientes en el acantilado.

4.2. Derrumbes en el sector Cruz del Río

El acantilado de la margen izquierda del río Pativilca presenta derrumbes constantes, producto del desprendimiento de los depósitos aluviales poco consolidados de pendientes escarpadas a muy escarpadas, el vertimiento de aguas de riego y aguas superficiales que infiltran desde la parte alta de la cuenca también favorecen la inestabilidad del acantilado.

En el área aledaña a las viviendas del A.H. Cruz del Río se han identificado tres derrumbes significativos, con avances retrogresivos, generados desde el 2018, que habrían erosionado 12 m longitudinales de la plataforma aluvial, las características de estos tres derrumbes se describen líneas abajo.

4.2.1. Características visuales de los derrumbes próximos al A.H. Cruz del Río.

Mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales, se han identificado tres derrumbes retrogresivos significativos; nombrados como: Derrumbe 1 (De-1), Derrumbe 2 (De-2) y Derrumbe 3 (De-3), que comenzaron desde el 2018, desde entonces estos erosionaron progresivamente ~12 m, de la plataforma aluvial actualmente sus escarpas de arranque se encuentran a 14, 36 y 0.5 m de las viviendas del A.H Cruz del Río, delimitando un zona de mayor inestabilidad, susceptible a sufrir nuevos derrumbes (figuras 22 y 23)

Las características de estos de derrumbes se describen a continuación

Derrumbe 1 (De-1)

- Ancho promedio de la zona de arranque: 20 m.
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada.
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del derrumbe: 28 m.
- Dirección (azimut) del movimiento: N 350°.
- Área del derrumbe considerando la zona de arranque y el depósito: 1275 m²
- Volumen aproximado del material colapsado: 270 m³
- Se observa el avance retrogresivos del derrumbe que deja material colgado por detrás de la zona de arranque del derrumbe, formando cornisas inestables.

Derrumbe 2 (De-2)

- Ancho promedio de la zona de arranque: 8.5 m.
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada.
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del derrumbe: 26 m.
- Dirección (azimut) del movimiento: N 355°
- Área del derrumbe (considerando la zona de arranque y el depósito: 492 m²
- Volumen aproximado del material colapsado: 194 m³
- Se observa el avance retrogresivos del derrumbe que deja material colgado por detrás de la zona de arranque del derrumbe, formando cornisas inestables

Derrumbe 3 (De-3)

- Ancho promedio de la zona de arranque: 21 m.
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada.
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del derrumbe: 27 m.
- Dirección (azimut) del movimiento: N 357°.
- Área del derrumbe (considerando la zona de arranque y el depósito: 779 m²
- Volumen aproximado del material colapsado: 402 m³
- En el depósito de este derrumbe se observa una cárcava retrogresiva, generada por una tubería que vierte las aguas de riego directamente al acantilado.



- **Figura 20.** Muestra filtraciones de agua subterránea en el talud.



Figura 21. Muestra la evolución de los derrumbes desde el 2018, que erosionaron 12 m, de la plataforma aluvial y afectan un reservorio de agua (Coordenadas: 195902 E y 8812621 N)

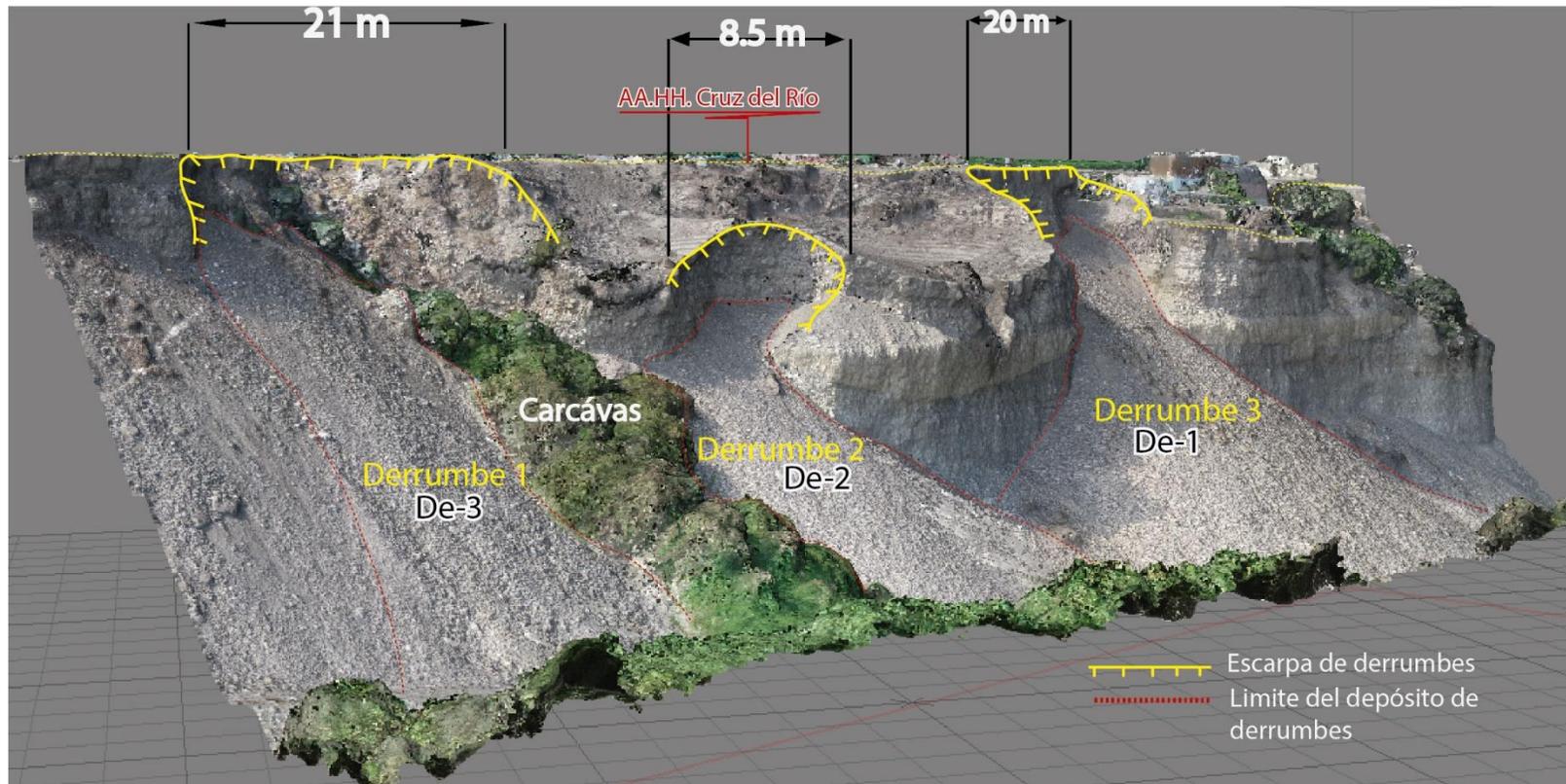


Figura 22. Derrumbes recientes aledaños al A.H. Cruz del Río diferenciados como: Derrumbe 1 (De-1), Derrumbe 2 (De-2) y Derrumbe 3 (De-3), las líneas rojas muestran el depósito de los derrumbes, y las líneas amarillas muestran la zona de arranque de los mismos.

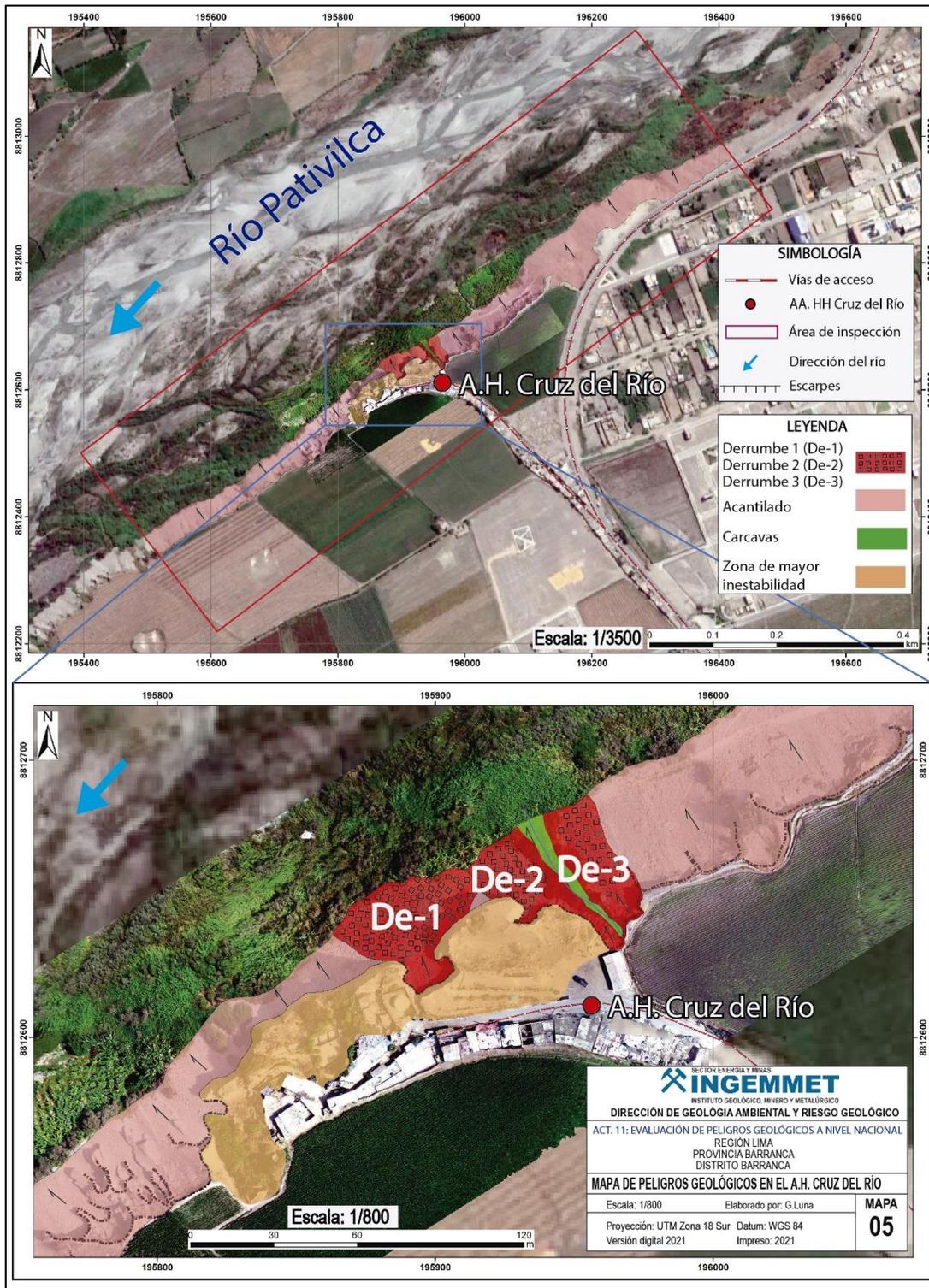


Figura 23. Mapa de peligros geológicos del A.H. Cruz del Río.

4.2.2. Factores condicionantes

Factor litológico

Dentro de los factores litológicos que han condicionado los derrumbes y erosión de laderas de la margen izquierda del río Pativilca en el sector de Cruz del Río se puede mencionar:

- Los depósitos cuaternarios, corresponden a conglomerados del pleistoceno, los cuales están conformados por cantos y gravas redondeadas a subredondeadas envueltos por una matriz areno-limosa, poco consolidadas, altamente permeables, no cohesivos, estas condiciones las hacen altamente susceptibles a procesos de erosión, derrumbes y caída de rocas,

Factor geomorfológico

- El acantilado de la terraza aluvial, sobre el cual se encuentra asentado el A.H. Cruz del Río, presenta pendientes fuertes (25°-45°); donde la ocurrencia de derrumbes está condicionada a sectores de pendiente muy escarpadas (>45°).

Factores hidrológico-hidrogeológico

- El río Pativilca, erosiona paulatinamente la terraza baja, que, por pérdida de material, desestabiliza el pie del talud de la terraza alta donde se ubica el A.H. Cruz del Río, favoreciendo su inestabilidad.
- En el acantilado se observan filtraciones de aguas provenientes de zonas de riego y viviendas. Estas filtraciones erosionan las partículas finas cementantes del conglomerado, reduciendo la cohesión y favoreciendo la inestabilidad del acantilado.

Otros factores antrópicos

- El riego por gravedad, en zonas de cultivo de la plataforma alta aluvial, infiltra al subsuelo conformado por conglomerados, y drena por la cara del acantilado hacia el río Pativilca, generando cárcavas que favorecen la inestabilidad del acantilado.
- Se evidencio que la población del A.H. Cruz del Río, no presentan desagüe, motivo por el cual sus aguas residuales, discurren por tuberías provisionales, hacia el río Pativilca, saturando el terreno y favoreciendo la inestabilidad del acantilado.
- Se evidencio la acumulación de basura y relleno de desmonte en el acantilado, lo que genera sobrecarga en el material coluvial ya inestable
- La construcción de viviendas y obras antrópicas como el reservorio de agua, cercanas al acantilado, aumentan el peso en la plataforma aluvial, provocando la inestabilidad del mismo

4.2.3. Factores desencadenantes

- Lluvias intensas prolongadas o extraordinarias, como en el caso del fenómeno de “El Niño”, provocan la saturación de los suelos aluviales altamente permeables y el incremento del cauce del río Pativilca, que llega a erosionar la base del acantilado, produciendo derrumbes, de igual manera movimientos sísmicos de magnitudes variables, pueden generar esta reacción debido a efectos cosísmicos.

5. CONCLUSIONES

1. En el sector del A.H. Cruz del Río, se identificó el acantilado de una terraza alta aluvial que presenta procesos de erosión y derrumbes, donde resaltan tres derrumbes recientes retrogresivos a pocos metros de las viviendas.
2. Geológicamente el A.H. Cruz del Río, se ubican sobre el depósito aluvial pleistoceno, del antiguo cauce del río Pativilca. Este conformado por depósitos conglomerados de gravas redondeadas a subredondeadas mayoritariamente de origen volcánico, envueltas en una matriz areno-limosa de baja cohesión, no plásticas, poco consolidadas y donde se evidencian infiltraciones de agua producto del riego por gravedad de las zonas de cultivo y desagües de viviendas.
3. Geomorfológicamente, las viviendas de Cruz del Río están asentadas sobre una plataforma aluvial alta de pendiente suave (1° - 5°) a pocos metros del borde superior de un acantilado de 28 m de altura, de pendientes escarpadas a muy escarpadas (45° - 90°).
4. El acantilado presenta procesos de erosión como carcavamientos y derrumbes, satelitalmente se ha identificado tres derrumbes significativos denominados derrumbe 1, 2 y 3 (De-1, De-2 y De-3) que muestran evidencias de actividad desde el 2018.
5. Los derrumbes identificados (De-1, De-2 y De-3) tienen escarpas con anchos de 20, 8.5 y 21 m, ocupan áreas de :1275, 492 y 779 m² con volúmenes de depósito de 270, 194 y 402 m³. que desde el 2018 erosionaron un aproximado de 12 m, desde el antiguo borde del acantilado.
6. Se identificaron por lo menos 4 viviendas ubicadas entre 0.5 m y 10 m, así como un reservorio de agua ubicado a 12 m del borde del acantilado, considerado como una zona inestable y susceptibles a sufrir nuevos derrumbes.
7. Una de las causas de la inestabilidad del acantilado, se le puede atribuir a la erosión lateral (socavamiento) en la base del acantilado del río Pativilca. Esto se presenta con lluvias de tipo excepcional como las ocurridas en el año 2017.
8. El A.H. Cruz del Río; fue identificado como la zona crítica N° 6, en el boletín de peligros geológicos de la región Lima -INGEMMET elaborado por Luque et al., (2020).
9. Finalmente, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas que se presentan en el A.H. Cruz del Río, se le considera de **ALTO PELIGRO** y como una zona crítica, donde se deben implementar obras con carácter de urgencia para la reducción del riesgo.

6. RECOMENDACIONES

1. Designar un área sobre la terraza alta aluvial, midiendo 50 m desde el borde superior del acantilado hacia el A.H Cruz del Río. donde se restrinja el uso de suelos con fines agrícolas, construcciones y edificaciones mayores a dos niveles (como mínimo), esto con el fin de disminuir la carga en el terreno.
2. Reubicar las viviendas del A.H. Cruz del Río que se encuentran asentadas en el borde del acantilado, especialmente en la zona de mayor inestabilidad.
3. Prohibir la expansión urbana hacia el borde del acantilado.
4. Construir rejas que impidan el ingreso de transeúntes a la zona inestable del acantilado, también servirá para evitar su uso como botadero de desmonte y basura.
5. No construir estructuras con carga inducida alta como tanques o reservorios de agua en la zona inestable al borde del acantilado y tomando en cuenta la recomendación del ítem 1.
6. Realizar el manejo de la escorrentía superficial con el objetivo de conducir adecuadamente el agua proveniente de la parte alta de los terrenos de cultivo, impermeabilizando el mayor porcentaje de superficie incluyendo canales y acequias para evitar infiltraciones al subsuelo.
7. Implementar medidas de defensa ribereña (enrocados y gaviones) para proteger la ladera de los procesos de socavamiento, que favorecen la inestabilidad del acantilado.
8. Implementar técnicas para la protección del talud: como: enmallado, recubrimiento con suelo cemento, geomallas, muros de contención al pie del talud de zonas inestables, obras que deben ser ejecutadas y/o supervisadas por especialistas teniendo en cuenta parámetros de costo/beneficio.
9. Implementar un plan de monitoreo del avance retrogresivos de las escarpas de derrumbes, esto se puede hacer monumentando estaciones geodésicas y con vuelos dron.
10. Descolmatar y encausar al río Pativilca, después de cada época de avenida, con el fin de evitar la acumulación de material detrítico en el cauce, y brindar mantenimiento constante a obras de defensa ribereña.



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



Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

- Fidel, L.; Zavala, B.; Núñez, S.; Valenzuela, G. 2006, Estudio de Riesgos Geológicos del Perú. Franja 4. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, N° 29, 386p., 19 mapas escala 1:900,000.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1966). Landslide types and process, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washinton D. C., National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75.
- Cobbing, J. (1973). Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 26, 172 p.
- Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Lima. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica,76, 298 p., 9 mapas.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012). Reglamento Nacional de Edificaciones. Actualización de las Normas de Técnicas de Edificación CE. 020 “Estabilización de suelos y Taludes”). Publicado en El Peruano, 09 de noviembre del 2012.
- Núñez, S (2014) – “Evaluación Ingeniero Geológica de los taludes en el Balneario de Barranca” (Región Lima, Provincia Barranca, Distritos Barranca). (Disponible A.T. INGEMMET A6655).
- Luque, G (2012) – “Peligros geológicos en la cuenca baja del río Pativilca” (Región Lima, Provincia Barranca, Distritos de Pativilca y Barranca). (Disponible A.T. INGEMMET A6609).
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010a) – Guía climática turística (en línea). Lima: SENAMHI, 216 p. (consulta: 03 junio 2015). Disponible en: <[https:// www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-20.pdf](https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-20.pdf)>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010b) – Mapa de precipitación anual periodo lluvioso Set-May (en línea). (consulta: 26 mayo 2014). Disponible en http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/Images/Atlas/SENAMHI/02_precipitacion.jpg
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010c) – Mapa de precipitación acumulada El Niño 1997-1998 (en línea). (consulta: 26 mayo

2014). Disponible en:
http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/Images/Atlas/SENAMHI/05_p_p_nino.jpg

- Suarez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en zonas Tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Colombia. 541 p.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.
- Vílchez, M. Ochoa, M.& (2019) - Peligro geológico en la región Ica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 67, 218 p, 9 mapas.

ANEXO 1: GLOSARIO

Caídas

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire, y puede efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido, se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1

En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como del material involucrado, las caídas se subdividen en tres tipos principales: aludes, caída de rocas y derrumbes.

Derrumbe: Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (figura 24). Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

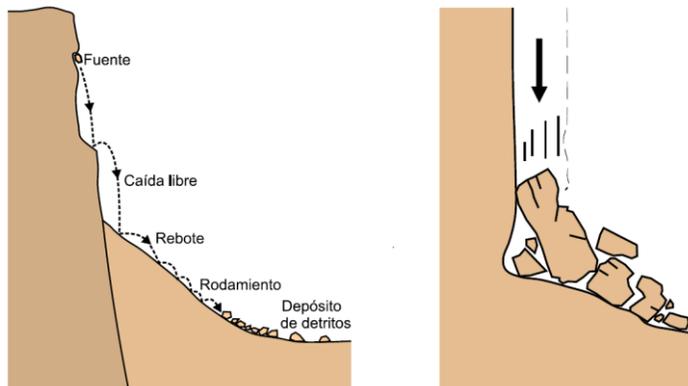


Figura 24. Esquema de un derrumbe (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Otros peligros geológicos

Erosión de laderas

Se considera dentro de esta clasificación a este tipo de eventos, porque se les considera predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas que vencen la resistencia de las partículas

(fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Duque et ál, 2016).

Los procesos de erosión de laderas también pueden tener como desencadenante la escorrentía formada por el uso excesivo de agua de regadío (figura 25).

La erosión hídrica causada por el agua de lluvia abarca los siguientes procesos:

Saltación pluvial: El impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, el impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementa escorrentía. Escurrimiento superficial difuso: comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

Escurrimiento superficial concentrado: se produce en dos formas, como surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados; y como cárcavas, que son canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión, por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia. El proceso se da en cuatro etapas:

a) entallamiento del canal, b) erosión remontante desde la base, c) cicatrización y d) estabilización (Duque et ál, 2016).

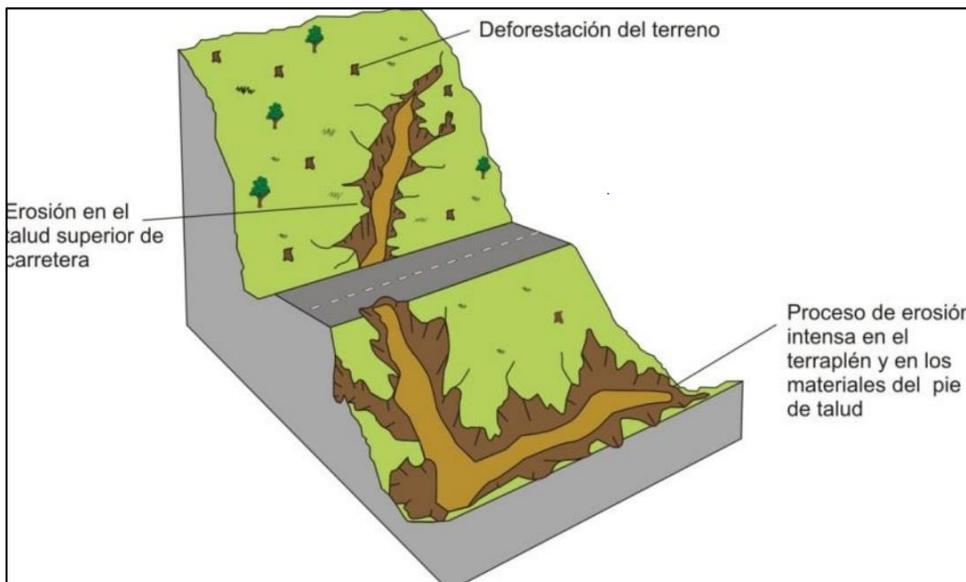


Figura 25. Esquema de erosión de laderas en cárcavas.

ANEXO 2: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Dentro de las recomendaciones se propone declarar intangible 5.8 ha (figura 27 y 28), desde el borde del acantilado, hasta 50 m como mínimo de la terraza aluvial, donde se eviten construcciones antrópicas de cargas que afectan la estabilidad del talud, así mismo las viviendas en este sector no deberían superar los 2 niveles como mínimo, y las viviendas que se encuentren dentro del área inestable, deberían ser reubicadas (figuras 26 y 27)

Adicionalmente se debe restringir el acceso, al borde del acantilado, colocando medidas de protección como rejas (figura 26), con el fin de evitar que personas (entre niños y adultos), se acerquen al acantilado, de la misma manera evitara el arroj de basura y desmorte

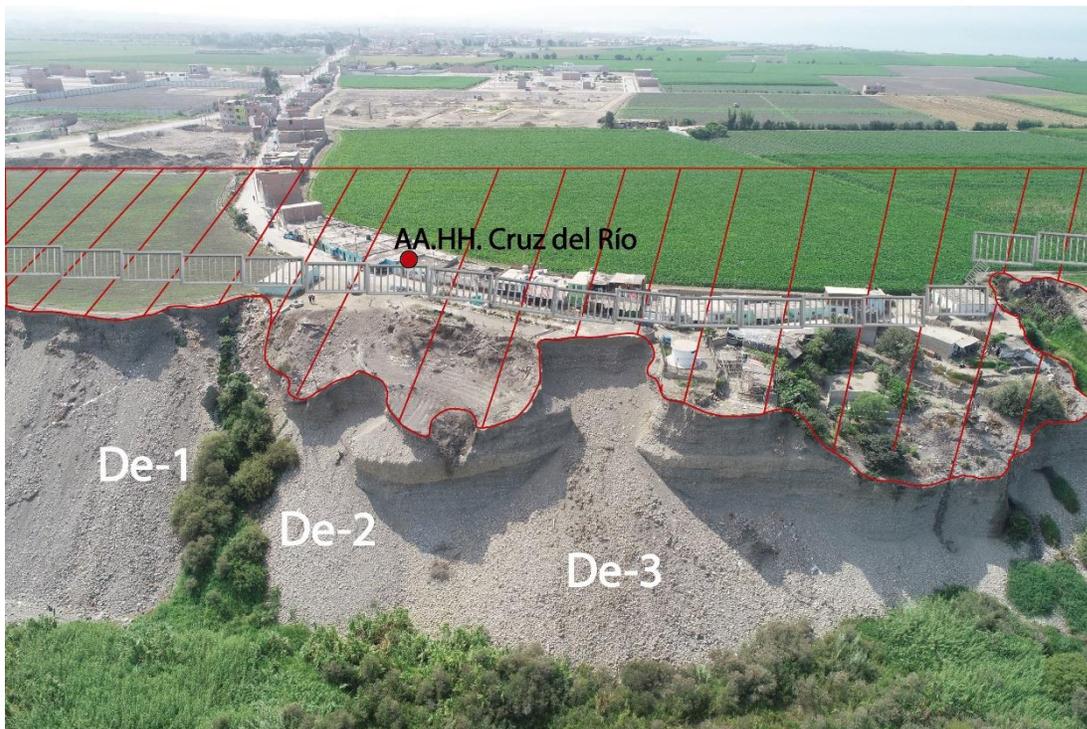


Figura 26. Esquema gráfico de las recomendaciones, el área achurada muestra la zona que se recomienda declarar como intangible.

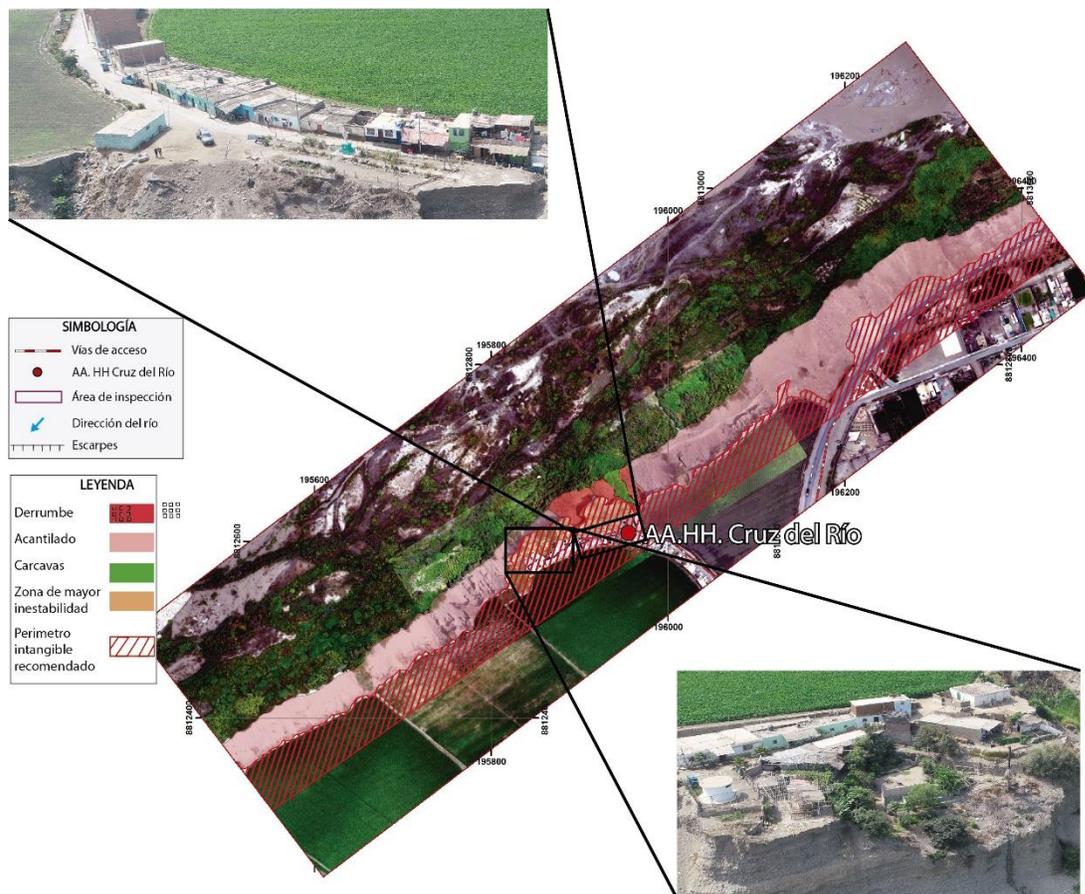


Figura 27. Mapa esquemático referencial, del sector inestable y área donde se recomienda restringir las edificaciones y zonas de cultivo.

Medidas estructurales para control de cárcavas y erosión de laderas

Las cárcavas son el resultado de la erosión superficial, precedida por la erosión en forma de salpicadura, laminar y en surcos; al aumentar el volumen de escorrentía o su velocidad. En muchos casos estas formas de erosión alcanzan estados de gran avance y desarrollo, de difícil control posterior.

Considerando las condiciones geomorfológicas-geológicas y los peligros geológicos evaluados se debe llevar un manejo adecuado de conservación de suelos cuyos 3 principios fundamentales son:

- Reducir la velocidad de la escorrentía que define la energía con la cual se transportan y emplazan los materiales.
- Favorecer la infiltración del agua.
- Crear cobertura vegetal.

Las medidas de prevención y mitigación, son las siguientes:

- Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales de la zona urbana de los A.H. Cruz del Río, evacuando sus aguas hacia el cauce del río principal.
- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas.
- En las partes altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida del terreno; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar un monitoreo diario del movimiento de los derrumbes y su ocurrencia, con el fin de estar prevenidos.

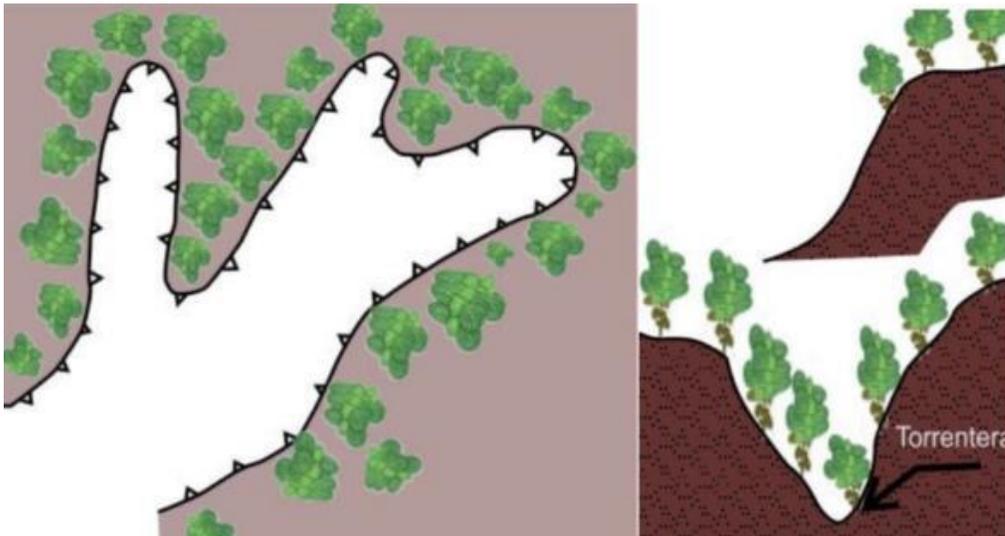


Figura 28. Vista en planta y perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

Sistemas de defensa ribereña

Las medidas que se proponen, están orientadas a minimizar (mitigar) los derrumbes que ocurren en la margen izquierda del río Pativilca, producto de la socavación de la base del talud de la terraza. Para la protección a nivel de cauce, se recomienda la construcción de gaviones o enrocado, por su fácil construcción, las cuales resultan más económicas que las que emplean soluciones rígidas o semirrígida (relación vida útil vs Costo total favorable). Para el control físico del avance de la erosión se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las obras de defensa ribereña que cabe destacar son: los gaviones, enrocados y muros, como se muestra en las figuras 29,30 y 31

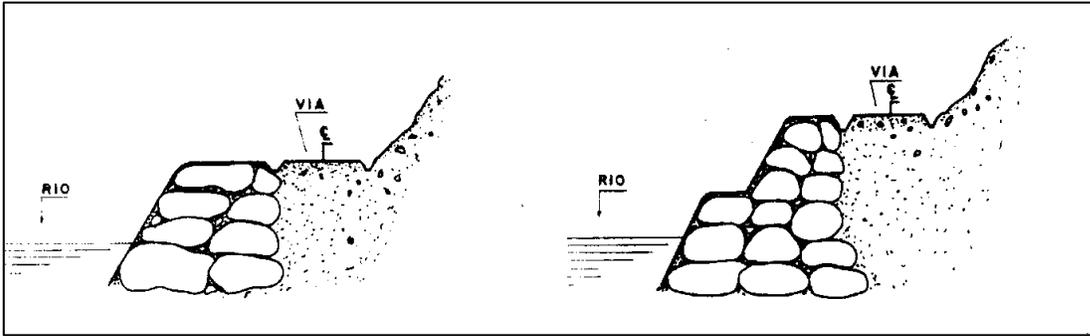


Figura 29. Uso de enrocados para protección de riberas.



Figura 30. Uso de gaviones en obras de protección de laderas o erosión fluvial

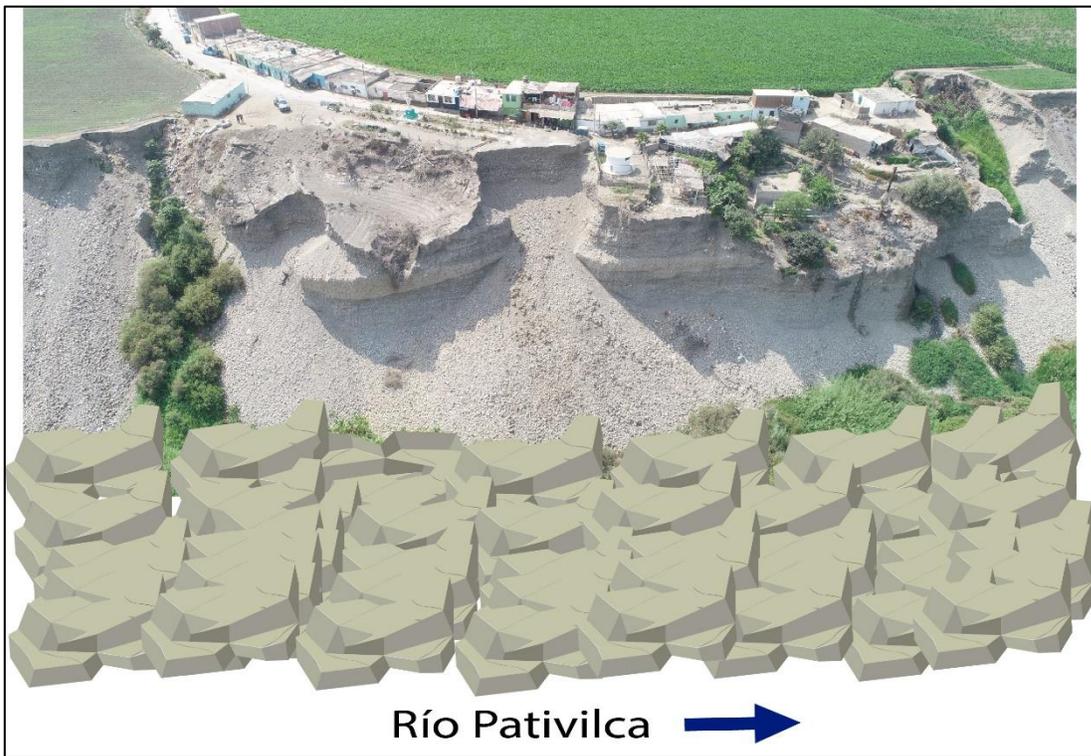


Figura 31. Ejemplo visual de enrocado (defensa ribereña), el pie del acantilado para protegerlo de la socavación durante periodos extremos de crecida del río, Pativilca, dichos trabajos deben ser propuestos y supervisados por un especialista..