

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7124

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS SECTORES ALTO ILABAYA E ILABAYA CAPITAL

Región Tacna
Provincia Jorge Basadre
Distrito Ilabaya



FEBRERO
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS SECTORES ALTO ILABAYA E ILABAYA CAPITAL.

DISTRITO DE ILABAYA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, REGIÓN TACNA.

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

Equipo de investigación:

Yhon Hidelver Soncco Calsina

Saida Blanca Japura Paredes

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos por movimiento en masa en los sectores en Alto Ilabaya e Ilabaya Capital. Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Región Tacna. Lima: INGEMMET, Informe Técnico N° A7124. 27 p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	2
1.3. Aspectos generales	3
1.3.1 Ubicación	3
1.3.2 Accesibilidad	4
1.3.3 Clima.....	4
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	4
2.1 Unidades litoestratigráficas.....	5
2.1.1 Formación Paralaque (Ks-pa/tb).....	5
2.1.2 Formación Moquegua Inferior (PN-mo_i).....	5
2.1.3 Formación Millo (NP-mi).....	6
2.1.4 Depósito fluvio – aluvial (Qh-al5)	6
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	6
3.1 Pendientes del terreno.....	6
3.2 Unidades geomorfológicas.....	6
3.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional.....	6
3.2.2 Geoformas de carácter depositacional o agradacional	7
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	8
4.1 PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	8
4.1.1 Flujos de detritos.....	11
4.1.2 Zona de caída de rocas y derrumbes	13
4.1.3 Avalancha de detritos	17
4.1.4 Erosión de laderas en cárcavas.....	17
4.2 INUNDACIÓN FLUVIAL	18
4.3 FACTORES CONDICIONANTES	18
4.4 FACTORES DESENCADENANTES	19
5. SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA	19
RECOMENDACIONES	20
BIBLIOGRAFÍA	22

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el Distrito de Ilabaya (sectores Alto Ilabaya e Ilabaya Capital), que pertenecen a la jurisdicción de la Municipalidad Provincial de Jorge Basadre, Región Tacna. 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).

En la zona de estudio afloran rocas de la Formación Paralaque (Ks-pa/tb), conformadas por tobas, las cuales se encuentran altamente meteorizadas y muy fracturadas; rocas de la Formación Moquegua Inferior (PN-mo_i), compuesta por conglomerados, las cuales se encuentran poco consolidados; rocas la Formación Millo (NP-mi), compuesta por conglomerados polimícticos de bloques, gravas y arenas poco consolidadas, y el Depósito fluvio-aluvial (Qh-al5), el cual está conformado por bloques, gravas, arenas gruesas, medias y niveles de limolitas no consolidadas.

Las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio son; montañas, colinas y lomadas y planicies que incluyen las siguientes subunidades: montaña y colina en roca volcánica (RMC-rv), colina y lomada en roca sedimentaria (RCL-rs), colina y lomada disectada en roca sedimentaria (RCLD-rs) y por último terraza alta aluvial (Ta-al). Las unidades más susceptibles a erosión de ladera son: colina y lomada disectada en roca sedimentaria (RCLD-rs) y colina y lomada en roca sedimentaria (RCL-rs).

Se han identificado procesos geológicos por movimientos en masa como flujos de detritos (huaicos), caída de rocas y avalancha de detritos. Así como zonas con procesos de erosión de laderas (cárcavas), con desarrollo de ensanchamiento y profundización en los sectores Alto Ilabaya e Ilabaya Capital.

Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de estos movimientos en masa son: pendiente del terreno que varía entre moderado (5° - 15°) a muy escarpado ($> 45^{\circ}$), rocas de mala calidad de la Formación Paralaque (Ks-pa/tb), las cuales se presentan (altamente meteorizadas y muy fracturadas), rocas de la Formación Moquegua Inferior (PN-mo_i) y de la Formación Millo (NP-mi), las cuales se encuentran poco consolidadas. Además, en los sectores evaluados se aprecian suelos poco consolidados. Y por último la infiltración de aguas utilizadas para riego por aspersión en las partes altas; evidencia de ello son las surgencias de agua en los cortes de la carretera en el sector Alto Ilabaya.

Se concluye que, el sector Ilabaya Capital es considerada de Peligro Muy Alto y el sector Alto Ilabaya de Peligro Alto, estos sectores pueden presentar desprendimiento y caída de rocas, que pueden ser detonados por lluvias (octubre a marzo) y por movimientos sísmicos; los huaicos pueden ocurrir en la temporada de lluvias

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones que se consideran importantes, que las autoridades competentes pongan en práctica, como es el uso de señalizaciones, carteles que indiquen los peligros geológicos. Además, implementar un sistema de riego tecnificado por parte de los agricultores y sus organizaciones.

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 Distrital de Ilabaya, según el Oficio N° 044-2020-MDI/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de movimientos en masa, que afecto a los sectores Alto Ilabaya e Ilabaya Capital.

La dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico designó al ingeniero, Yhon Soncco, para la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron entre los días 23 y 24 de noviembre del 2020. Para los trabajos de campo se coordinó con el personal de defensa civil de la municipalidad distrital de Ilabaya.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de las autoridades de la Municipalidad Distrital de Ilabaya, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en los sectores de Alto Ilabaya e Ilabaya Capital, eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población, cultivos 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.
- a) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

- A) Informe Técnico N° A6896; “Evaluación de peligros geológicos de los sectores propuestos para la reubicación (Alto El Cairo; Nueva Borogueña y Pampa Cuchillas) del Centro Poblado Mirave. Región Tacna, Provincia Jorge Basadre, DDistrito Ilabaya”.

El sector el Cairo está ubicado a 7 km aguas debajo de los sectores evaluados en el presente informe técnico, en el mismo valle de Locumba. En el informe técnico

reportan procesos de movimientos en masa, del tipo flujo de detritos (huaicos), y procesos de erosión de ladera en cárcavas.

- B) Informe técnico N° A7037; “Evaluación de peligros geológicos de las zonas propuestas para la reubicación del centro poblado Borogueña. Región Tacna, Provincia Jorge Basadre, Distrito de Ilabaya”. El sector Nuevo Borogueña está ubicado aproximadamente a 12 km. aguas arriba en el mismo valle donde está ubicada nuestra zona de evaluación. En el cual también identificaron procesos de movimientos en masa, y procesos de erosión de ladera.

1.3. Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

Las áreas evaluadas, Alto Ilabaya e Ilabaya Capital, se ubican en el Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Región Tacna, (figura 1). En las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19S) siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
	Este	Norte	Latitud	Longitud
Alto Ilabaya	339351	8072698	17°25'14.04"S	70°30'45.21"O
Ilabaya Capital	339376	8073284	17°25'14.04"S	70°30'44.21"O

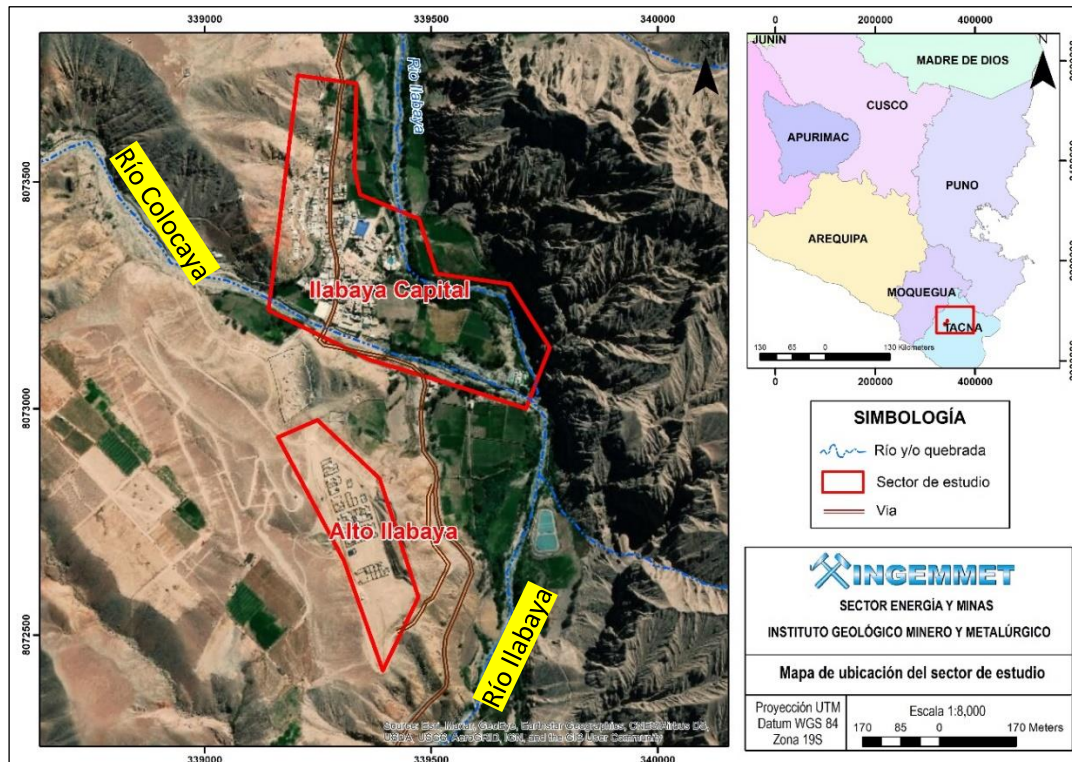


Figura 1. Mapa de ubicación de los sectores evaluados.

1.3.2 Accesibilidad

La zona es accesible vía terrestre desde Arequipa por la carretera Panamericana Sur hasta Tacna, desde donde inicia nuestro recorrido por la Panamericana Sur hasta Camiara, luego se toma el desvío mediante una vía asfaltada a Ilabaya (cuadro 2, y figuras 1 y 2).

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia</i>	<i>tiempo estimado</i>
Arequipa - Tacna	Asfaltada	369 k	5h 06 min
Tacna – Camiara (desvío Locumba)	Asfaltada	80.6 k	1h 01 min
Camiara (desvío Locumba) - Locumba	Asfaltada	12.8 k	15 min
Locumba - Ilabaya	Asfaltada	41.2 k	46 min



Figura 2. Accesibilidad a la zona de estudio (ruta Tacna – Ilabaya)

1.3.3 Clima

La capital de Ilabaya, es la zona con mayores bondades climatológicas, con calor solar durante todo el año, con ligeras lloviznas en los meses de enero a marzo, la temperatura promedio anual está entre 19 y 20 °C. Información obtenida de la estación meteorología Locumba del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión de los Cuadrángulos de Tarata 35-v3 y Moquegua 35-u2 (De la Cruz et al, 2000; Martínez y Zuloaga, 2000).

2.1 Unidades litoestratigráficas

En las zonas evaluadas afloran secuencias volcánicas del Mesozoico conformada por la Formación Paralaque (Ks-pa/tb), depósitos sedimentarios del Cenozoico, conformadas por la Formación Moquegua inferior (PN-mo_i) y la Formación Millo (NP-mi). También afloran depósitos aluviales (Qh-al5). (figura 3).

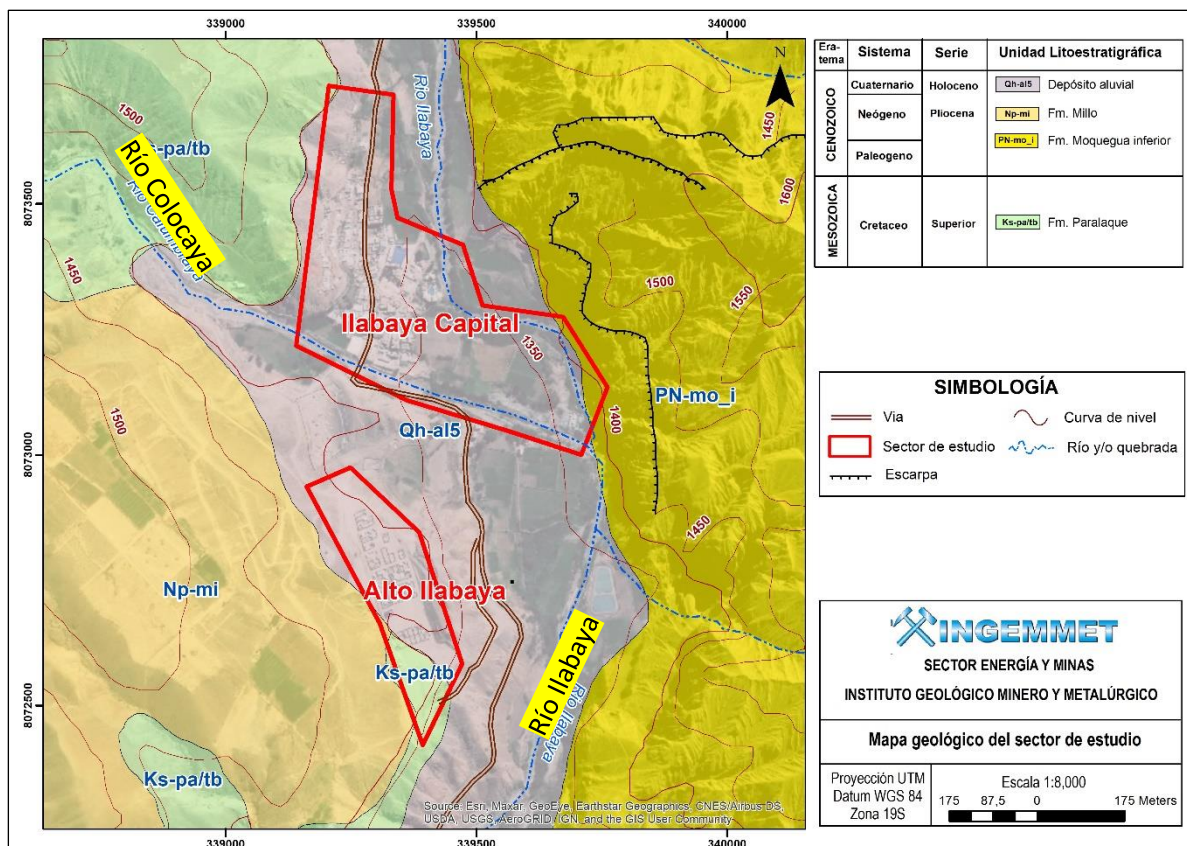


Figura 3. Mapa geológico de los sectores de Alto Ilabaya y Ilabaya Capital, tomado de Cuadrángulo de Moquegua 35-u2 (De la Cruz et al, 2000).

2.1.1 Formación Paralaque (Ks-pa/tb)

Esta unidad litoestratigráfica está compuesta por tobas altamente porfiríticas de color beige, con minerales esenciales de plagioclasas y cuarzo, como accesorios biotitas, fragmentos líticos, de vidrio y opacos, de color gris rojizo (Martinez y Zuloaga, 2000). En la zona de estudio, las tobas porfiríticas se encuentran altamente meteorizadas y muy fracturadas. La meteorización de las tobas ha generado suelos arcillosos. Esta unidad aflora al NO del sector de Ilabaya Capital y al Sur del sector del Alta Ilabaya (figura 24).

2.1.2 Formación Moquegua Inferior (PN-mo_i)

La Formación Moquegua Inferior está compuesta por conglomerados redondeados y subredondeados con clastos polimícticos, que presentan imbricación al suroeste, incrementándose la matriz arenosa con reducción de los materiales gruesos en dirección suroeste, originando un cambio de facies laterales que gradan a la secuencia de arenas medias y lodolitas de la Formación Sotillo (Martinez y Zuloaga, 2000). Los conglomerados

del miembro inferior de la Formación Moquegua se encuentran poco consolidados. Es en esta unidad litoestratigráfica que se presenta una intensa erosión de laderas. Esta Formación aflora al Este de los sectores de Ilabaya Capital y Alto Ilabaya.

2.1.3 Formación Millo (NP-mi)

Compuesta por depósitos de conglomerados polimícticos de bloques, gravas y arenas poco consolidadas; la edad asignada es del Mioceno Superior al Plioceno; este tipo de depósitos indican una dinámica fluvial de la cuenca (Martinez y Zuloaga, 2000). Esta unidad se encuentra al Sur del sector de Ilabaya Capital y al Oeste del sector de Alto Ilabaya.

2.1.4 Depósito fluvio – aluvial (Qh-al5)

Sistemas fluvio aluviales de sedimentos y compuestos de gravas, arenas gruesas, medias y niveles de limolitas producto de llanuras de inundación, los bloques son subredondeados, los cuales llegan a tener hasta 50 cm. de diámetro mayor. La relación de los clastos es matriz soportado, donde la matriz está conformado por arenas finas y limos. Aquí es donde se ha establecido la agricultura para Ilabaya, se distribuye ampliamente en el valle del río Ilabaya (Martinez y Zuloaga, 2000). Sobre esta unidad se emplazan las zonas urbanas de Ilabaya Capital y Alto Ilabaya.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1 Pendientes del terreno

Los rangos de pendiente van de rangos de terrenos llanos a inclinados suavemente (1°-5°), con un cambio abrupto a terrenos escarpados (> 45°) en la base y zona media del acantilado, a pendiente muy fuerte (25°-45°) en la parte alta del acantilado, para nuevamente cambiar a un terreno con suave pendiente correspondiente a la planicie aluvial.

3.2 Unidades geomorfológicas

En los sectores evaluados se identificaron geoformas de origen tectónico degradacional y denudacional conformada por las unidades de montaña, colinas y lomadas; también se reconoció geoformas de carácter deposicional o agradacional conformada por la unidad de planicie (figura 4). El sector Alto Ilabaya está emplazado sobre las subunidades de montaña y colina en roca volcánica y colinas y lomadas en rocas sedimentarias, mientras que el sector Ilabaya Capital está emplazado sobre las subunidades montaña y colina en roca volcánica y terraza aluvial.

3.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005). Así en el área evaluada se tienen las siguientes unidades:

3.2.1.1 Unidad de montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Se reconocen como cimas o cumbres agudas, subagudas, semiredondeada, redondeada o tubular y estibaciones, producto de las deformaciones

sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30% (Villota, 2005).

Subunidad de montaña y colina en roca volcánica (RMC-rv): Corresponde a productos o emanaciones volcánicas antiguas, que por los procesos de erosión y denudación no muestran las geoformas o paisajes originales, sino superficies o laderas disectadas que en función a su altura forman montañas (Zavala et al., 2019). Litológicamente está compuesta por la Formación Paralaque y depósitos Cuaternarios, ubicado al Oeste del sector Ilabaya Capital y al Norte dentro del sector del Alto Ilabaya. Los terrenos presentan pendientes que varían entre fuertes ($15^\circ - 25^\circ$) a escarpados ($> 45^\circ$). Las laderas presentan forma uniforme.

3.2.1.2 Unidad de colinas y lomadas

Están representadas por colinas y lomadas de relieve complejo y en diferentes grados de disección, de menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (FAO, 1968), conforman alineamientos de carácter estructural y denudativo. Está unidad se ubica próxima a la unidad de montañas y viene a formar parte de las estribaciones andinas.

Subunidad de colinas y lomadas en rocas sedimentarias (RCL-rs): Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria de la Formación Millo, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas disectadas y de pendiente moderada a baja. Esta subunidad se observa al SO dentro del sector de Alto Ilabaya. Los terrenos presentan pendientes que varían entre fuertes ($15^\circ - 25^\circ$) a muy fuertes ($25^\circ - 45^\circ$). Las laderas presentan forma uniforme.

Subunidad de colinas y lomadas disectada en rocas sedimentarias (RCLD-rs): presenta asociaciones de colinas y lomadas modeladas en rocas sedimentarias de la Formación Moquegua inferior que han sufrido una intensa denudación, encontrándose con un alto grado de disección producidos por quebradas, se ubica al Este del sector de Ilabaya Capital.

3.2.2 Geoformas de carácter depositacional o agradacional

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

3.2.2.1 Unidad de planicie

Son geoformas asociadas a depósitos coluviales y aluviales, limitados por depósitos de piedemonte o ladera de montaña, presentar pendientes bajas a llanas (Zavala et al., 2014).

Subunidad Terraza aluvial (T-al): Geodinámicamente, esta subunidad está asociada a procesos de erosión fluvial, cuando el río recupera cursos fluviales antiguos. (Vílchez et al., 2019). Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, representan niveles antiguos de depósitos Cuaternarios, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle y donde se desarrollan actividades agrícolas. En el sector evaluado las terrazas están compuestas por bloques subredondeados de hasta 40-50 cm de diámetro, y gravas, arenas finas y limos. Esta subunidad se encuentra al fondo del valle del río Ilabaya. Las superficies de las terrazas presentan forma uniforme.

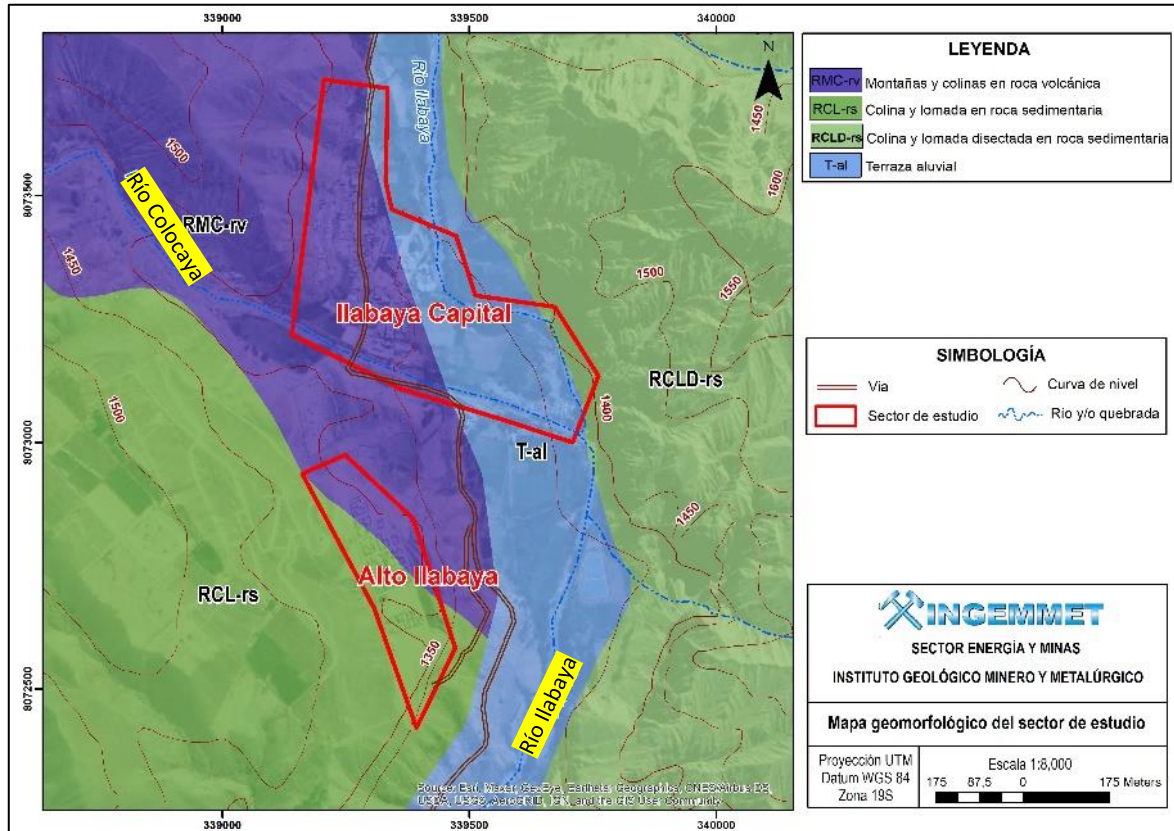


Figura 4. Mapa geomorfológico de los sectores Alto Ilabaya y Ilabaya Capital. (Tomado del mapa geomorfológico a escala 250,000 del INGEMMET)

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados, corresponden a movimientos en masa de tipo (deslizamientos, caídas y flujos) (PMA: GCA, 2007). Cuyas definiciones se encuentran en el anexo 1. Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca (calidad de la roca y permeabilidad), el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal.

De igual modo, estos procesos están estrechamente ligados a factores desencadenantes como lluvias de gran intensidad o gran duración extraordinarias y excepcionales, así como sismos tectónicos

4.1 PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

En el sector Alto Ilabaya e Ilabaya Capital se cartografió 23 zonas de derrumbes, 3 flujos de detritos y 12 zonas de avalanchas de detritos. Además, se identificó zonas con procesos de erosión de ladera (cárcavas), (figuras 4 y 5).

En las zonas evaluadas, los derrumbes se desarrollan en su mayoría, en las laderas del valle del río Ilabaya; mientras que en Alto Ilabaya se aprecia una zona de flujos y en Ilabaya Capital se aprecian dos zonas de flujos; las avalanchas de detritos se desarrollaron también en las laderas del valle del río Ilabaya. Las zonas afectadas por procesos de erosión de laderas en (cárcavas) se desarrollan generalmente en laderas de quebradas dispuestas transversalmente al valle del río Ilabaya.

En este sector del valle del río Ilabaya, se ubica la zona agrícola del Distrito de Ilabaya, el cual viene siendo afectado año tras año por desbordes del río Ilabaya y Colocaya; ambos ríos confluyen a 200 metros al sur de la zona urbana del Distrito de Ilabaya.

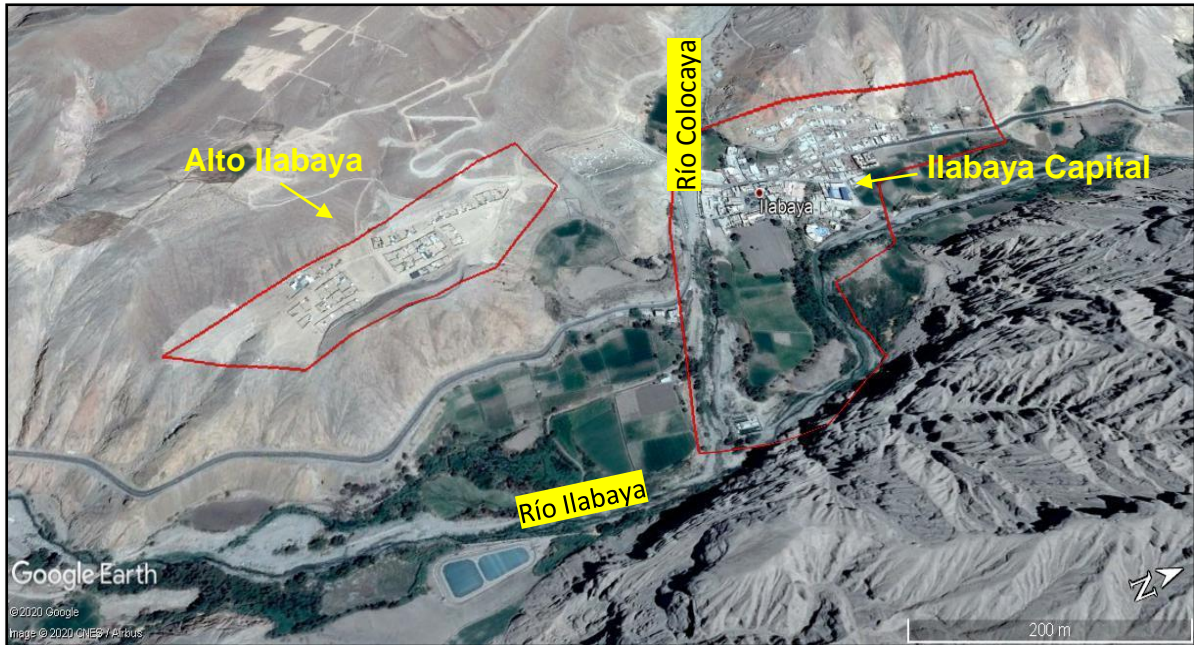


Figura 5. Alto Ilabaya e Ilabaya Capital.

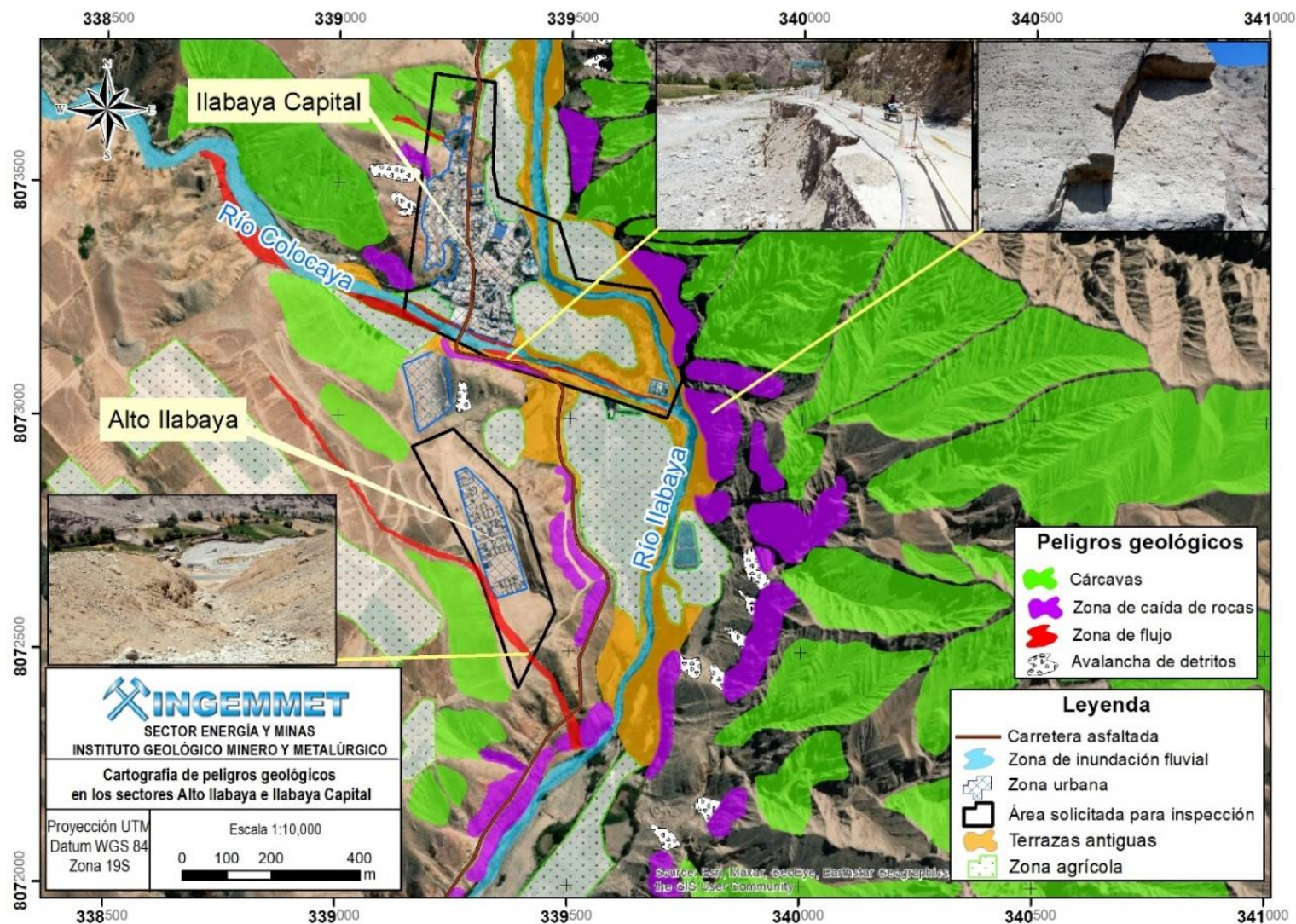


Figura 6. Cartografía de peligros geológicos en los sectores Alto Ilabaya e Ilabaya Capital.

4.1.1 Flujos de detritos

En Alto llabaya se aprecia una quebrada sin nombre, que cruza por el extremo suroeste del área solicitada para inspección, el cauce de la quebrada no está definido al entrar a la zona urbana; la actividad antrópica a rellenado el cauce para la futura construcción de infraestructura, (Plaza de Alto llabaya, Área de Equipo Mecánico, Almacén Central y viviendas), (figura 7).

Se realizó una comparación multitemporal de imágenes satelitales desde el 2011 al 2016, en la cual se puede observar que la quebrada mantuvo su cauce hasta el año 2012; en la imagen satelital del 2013 se observa que actividad antrópica se aproxima al cauce de la quebrada, mientras que en la imagen del 2016 se observa que el tramo del cauce de la quebrada (color rojo en la figura 8d) ha sido totalmente rellenado para la futura construcción de infraestructura.



Figura 7. De color amarillo se muestra el cauce de la quebrada, de rojo la ausencia del cauce (coordenadas UTM E: 339198, N: 8072721).

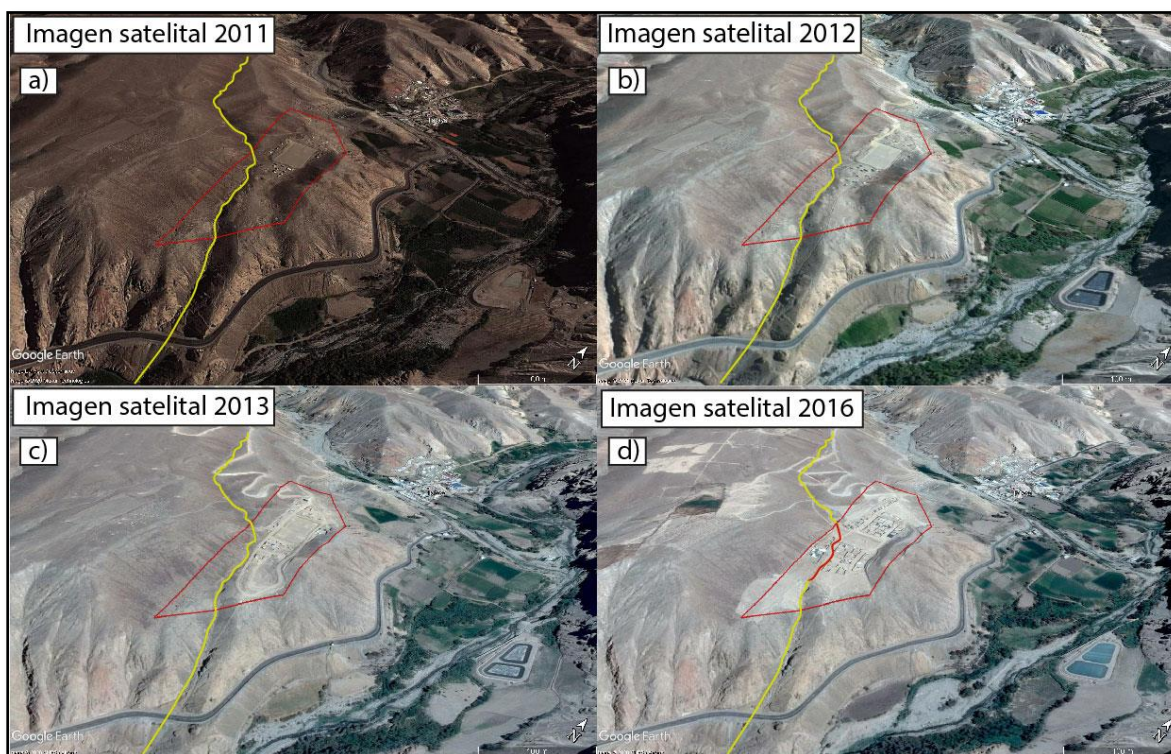


Figura 8. Comparación multitemporal de imágenes satelitales en el sector Alto Ilabaya. En el sector Ilabaya Capital; se aprecian depósitos de flujos de detritos (huaicos) recientes en el río Colocaya, en su recorrido pasa muy cerca de la zona urbana de Ilabaya Capital. El 8 de febrero de 2019 a raíz de una lluvia intensa en la parte alta de Ilabaya, se generó un huaico que descendió por el cauce del río Colocaya, este afectó infraestructuras importantes de Ilabaya, hasta el momento de la elaboración del presente informe, no se ha reparado la vía afectada en la entrada a la zona urbana del Distrito de Ilabaya, (figura 9).



Figura 9. Vía afectada en Ilabaya por la erosión fluvial del río Colocaya en el 2020 (coordenadas UTM E: 339354, N: 8073135).

El río Colocaya tiene una extensión de 32 kilómetros desde su origen en el sector Charaque hasta la confluencia con el río Ilabaya. Además, el cauce del río presenta un ancho de inundación de 64 metros; pero cuando entra a la ciudad este se ha reducido hasta 23 metros, (figura 10). En la parte alta, en el cauce de río Colocaya se aprecia abundante materia disponible para ser removido por un nuevo flujo de detritos (huaico).

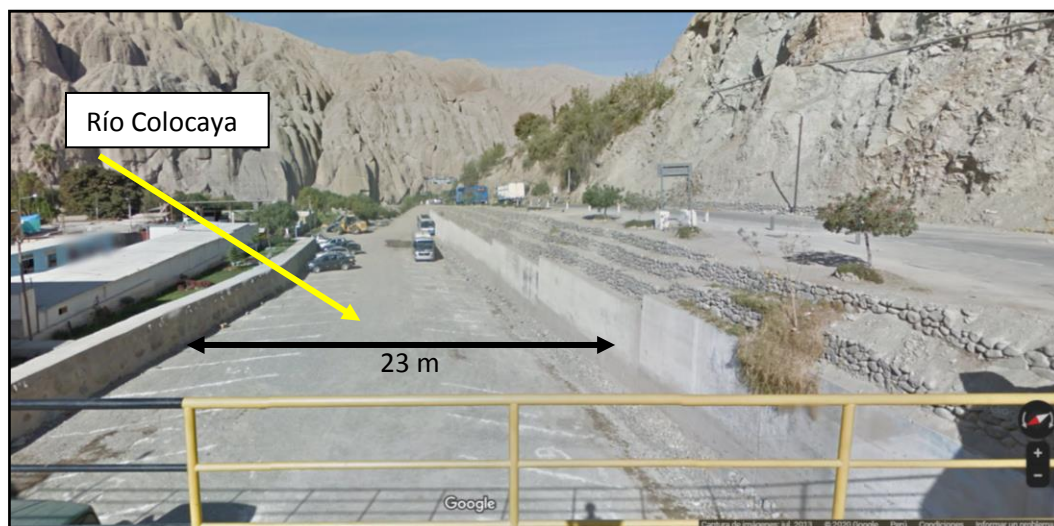


Figura 10. Estado de la vía y el cauce del río Colocaya en Ilabaya en el 2013. Se observa una defensa ribereña en ambas márgenes del río.

En la parte baja de la zona urbana, en el río Colocaya, aún se evidencian restos de los depósitos del flujo de detrito (huaico) del 8 de febrero del 2019, (figura 11).



Figura 11. Evidencia del depósito de flujo de detrito (huaico) del 8 de febrero del 2019, en la parte baja de Ilabaya (coordenadas UTM E: 339583, N: 8073082).

4.1.2 Zona de caída de rocas y derrumbes

En el sector Alto Ilabaya las laderas presentan pendientes moderadas entre (25° a 35°); en algunos cortes de talud realizados para la carretera, las pendientes son muy fuertes a escarpados, varían entre (45° a 65°). Cuyos sectores son propensos a generar colapsos o derrumbes, (figuras 12 y 13). En las laderas también se observan bloques colgados, los cuales varían de tamaño desde algunos centímetros hasta 3 metros de diámetro. Los bloques podrían desprenderse frente a agentes desencadenantes y generar peligros por caída de rocas. La litología del substrato está conformada principalmente por rocas de la Formación Milo (Np-mi) conformada por conglomerados polimícticos de bloques, gravas y arenas poco consolidadas, los bloques se presentan redondeados y subredondeados, distribuidas en una matriz fina de arenas y limos. Esta Formación no es litificada, se presenta con materiales sueltos; cuyos suelos son inestables con fácil capacidad de infiltración y saturación de agua. En algunos sectores se ha observado surgencias de agua.



Figura 12. Caída de rocas en el sector Alto Ilabaya (coordenadas UTM E: 339262, N: 8072784).

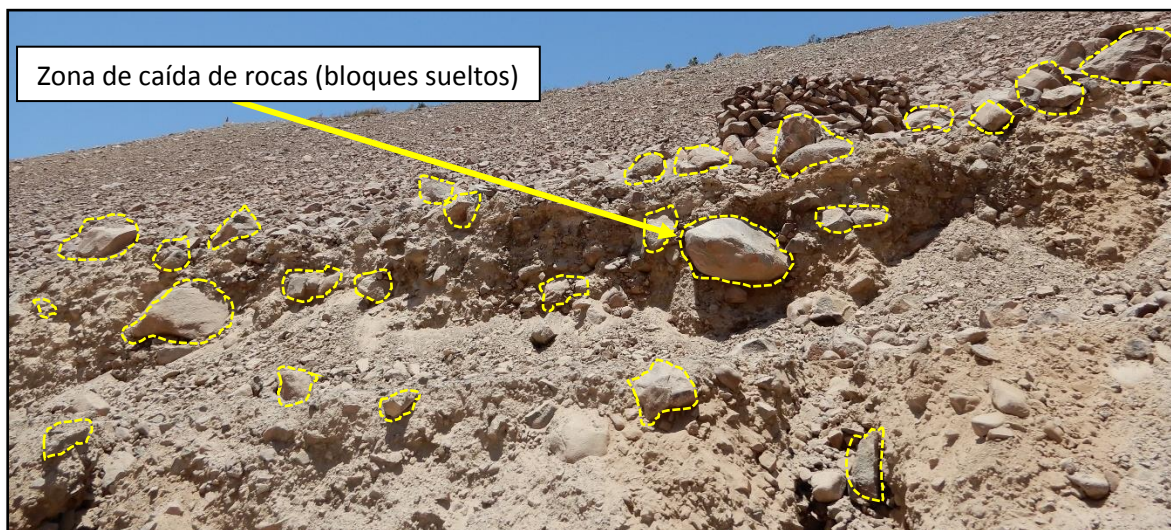


Figura 13. Bloques colgados en los cortes de la vía de acceso a Alto Ilabaya (coordenadas UTM E: 339313, N: 8072623).

En el sector Ilabaya Capital, la incisión de los ríos Ilabaya y Colocaya han configurado laderas con pendientes fuertes muy fuertes a escarpados que varían desde (45° a 65°). Cuyos sectores son propensos a generar colapsos o derrumbes, (figura 14). En las laderas también se observan bloques colgados y agrietamientos, los cuales podrían desprenderse frente a agentes desencadenantes y generar peligros por caída de rocas.

La litología del substrato en el sector Ilabaya Capital está conformada por rocas de la Formación Millo (Np-mi) conformada por conglomerados polimícticos de bloques, gravas y arenas poco consolidadas y la Formación Moquegua Inferior compuesta por conglomerados redondeados y subredondeados con clastos polimícticos, que presentan imbricación al suroeste; ambas formaciones no están litificadas, se presentan como materiales sueltos; cuyos suelos son inestables con fácil capacidad de infiltración y saturación de agua.

En la entrada al Distrito de Ilabaya Capital, está ubicado un escarpe subvertical de más de 20 metros de altura, conformada por tobas de la Formación Paralaque (Ks-pa/tb). La roca presenta diaclasas que generan, caída de rocas, cuyos bloques varían entre 0.30 a 4 m de diámetro, mostrando un GSI entre 55 – 65 (Tabla N°3).

En el mapa de cartografía de peligros geológicos de la zona evaluada, se puede observar que la caída de rocas ocurre también en la margen izquierda del río Ilabaya (figura 6).



Figura 14. Caída de rocas en la margen derecha del río Colocaya, en la entrada a Ilabaya Capital (coordenadas UTM E: 339304, N: 8073129).

El GSI estima la reducción de la resistencia del macizo para diferentes condiciones geológicas. La caracterización del macizo rocoso es simple y está basada en la impresión visual de la estructura rocosa, en términos de bloques y de la condición superficial de las discontinuidades indicadas por la rugosidad y alteración de las juntas. La combinación de estos dos parámetros proporciona una base práctica para describir un rango amplio de tipos de macizos rocosos.

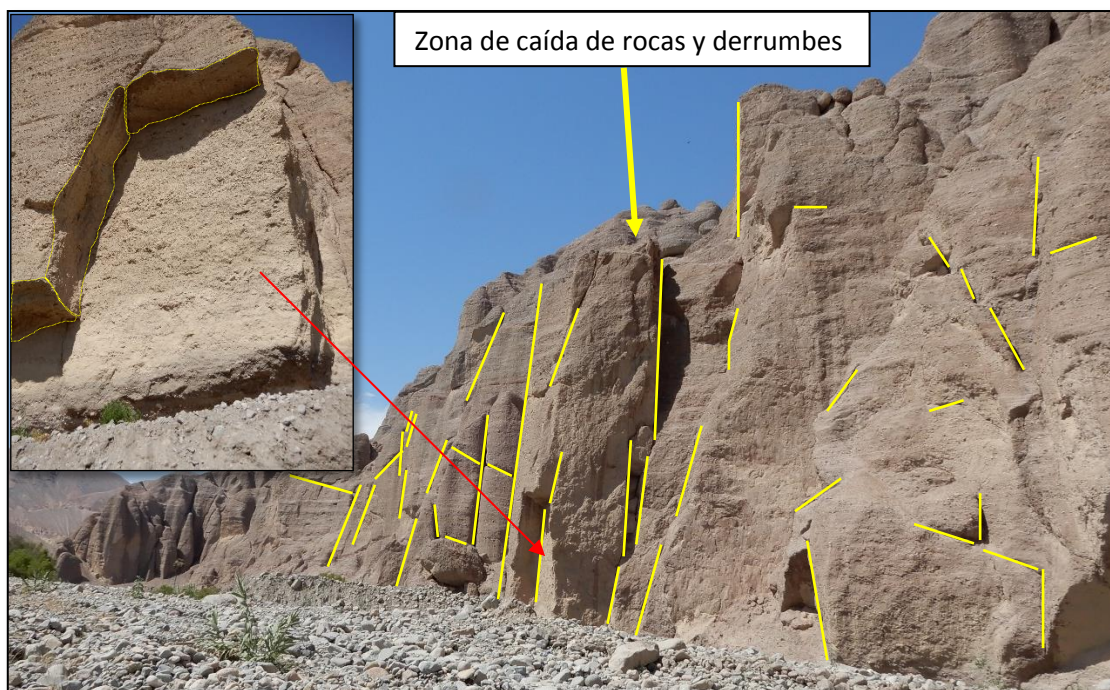


Figura 15. Caída de rocas y derrumbes se presentan en conglomerados poco compactados, en la margen izquierda del río Ilabaya (coordenadas UTM E: 339745, N: 8073059).

4.1.3 Avalancha de detritos

En los sectores evaluados las avalanchas de detritos están ubicados en el pie de los escarpes o acantilados, (figura 16), permanecen adosados a las laderas. Este tipo de procesos aporta material suelto removible al cauce de las quebradas por efectos de la lluvia y escorrentía. Estos procesos se desarrollan en gran parte en la margen izquierda del valle del río Ilabaya. Este tipo de procesos afectan las áreas agrícolas.

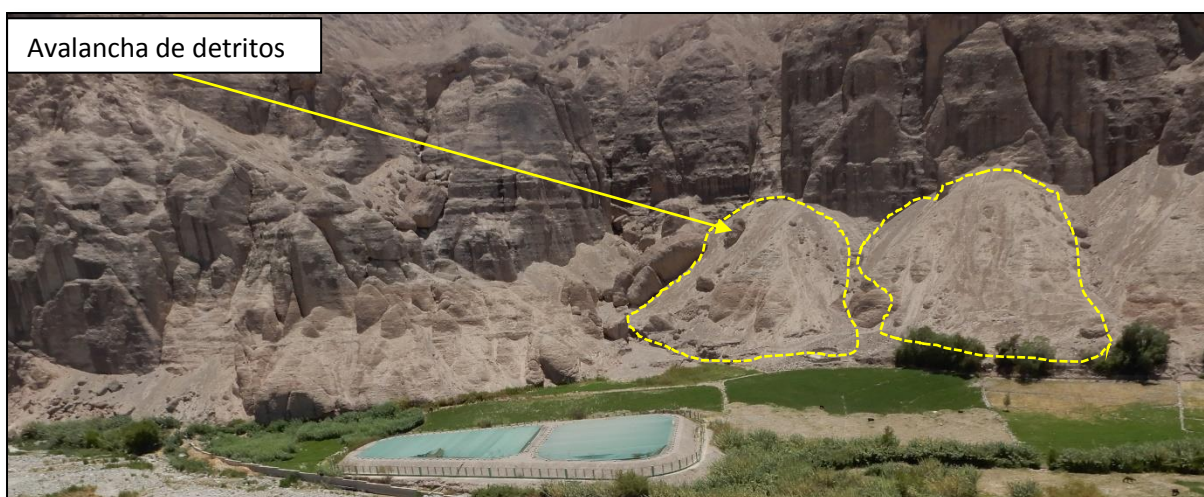


Figura 16. Avalancha de detritos en la margen izquierda del río Ilabaya.

4.1.4 Erosión de laderas en cárcavas

Estos procesos ocurren principalmente debido al tipo de litología de fácil remoción, (conformados por rocas de la Formación Moquegua inferior), sobre los cuales se producen

erosiones de ladera (figura 17). Se han evidenciado cárcavas recientes que tienen anchos máximos de 3 a 5 m. y profundidades de 2 a 5 m. Por otro lado, el suelo erosionado aporta material suelto a las quebradas, contribuyendo a la generación de flujos.

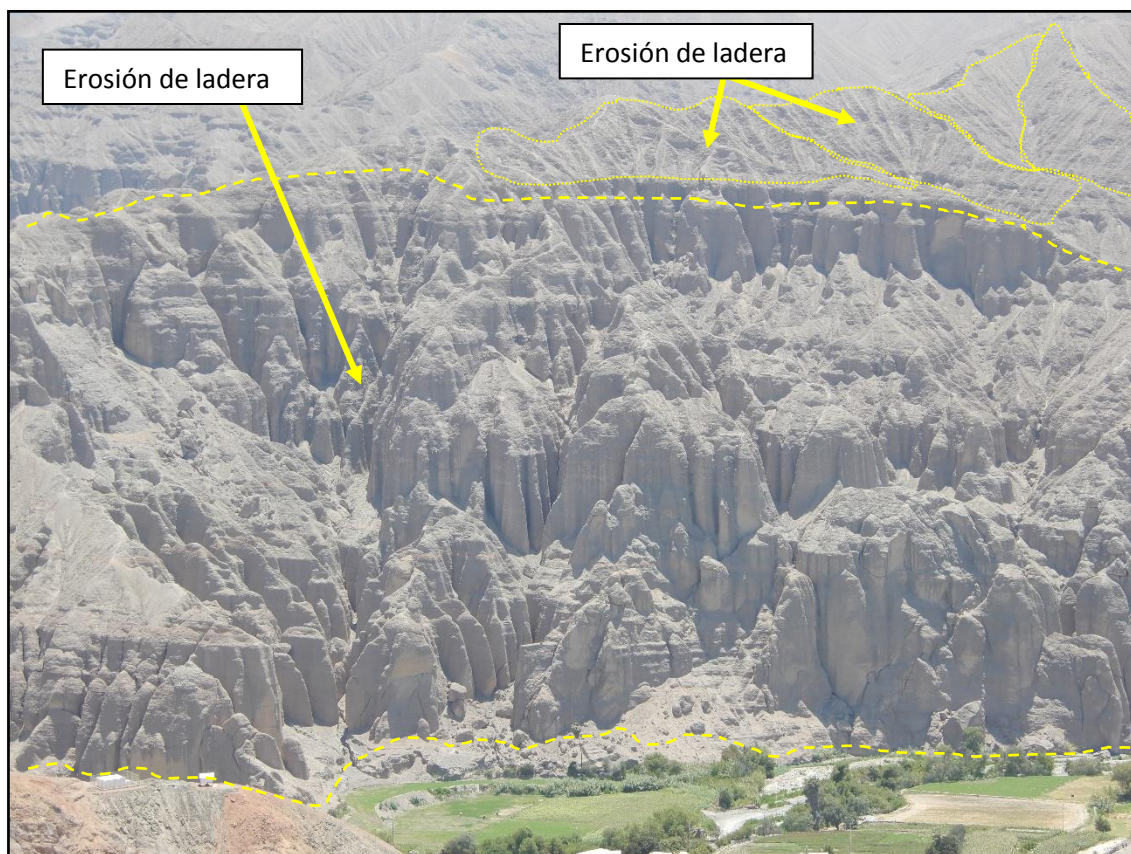


Figura 17. Erosión de laderas en la margen izquierda del río Ilabaya.

4.2 INUNDACIÓN FLUVIAL

La zona urbana del Distrito de Ilabaya, también es afectada por inundación fluvial del río Ilabaya. En las coordenadas (UTM E: 213722, N: 8267387), la municipalidad ha realizado trabajos de descolmatación del cauce del río. La sinuosidad del cauce del río genera erosión fluvial en la zona, esto podría socavar y afectar las bases de las infraestructuras (figura 25).

4.3 FACTORES CONDICIONANTES

Las causas para la ocurrencia los movimientos en masa, se relacionan con la litología del substrato, pendiente del terreno, presencia de agua en los materiales (rocas y suelos). Los factores condicionantes vienen dados por:

- Suelos de mala calidad, conformadas principalmente por conglomerados polimícticos de bloques, gravas y arenas poco consolidadas, suelos residuales provenientes de la meteorización de tobas asoldadas y alteradas. Suelos inestables si se saturan de agua.
- La pendiente de los terrenos que varían entre llanos a inclinados suavemente (1° - 5°), a pendiente muy fuerte (25° - 45°) con un cambio abrupto a terrenos escarpados ($> 45^{\circ}$) en la base y zona media de los acantilados.

4.4 FACTORES DESENCADENANTES

Los factores desencadenantes son:

- Las precipitaciones pluviales intensas en períodos de lluvia, que ocurre anualmente en la zona.
- Ocurrencia de sismos en zonas próximas a las zonas de estudio.

5. SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

El INGEMMET a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), elaboro en el año 2009 el "Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa del Perú" escala 1:1000 000. El mapa tiene como objetivos plantear un modelo que indique las zonas de mayor exposición a proceso de remoción en masa, a fin de contar con una herramienta dinámica para la gestión de riesgos; priorizar escenarios donde se desarrollen estudios específicos, así como plantear las medidas de prevención o mitigación para asegurar la estabilidad física de zonas urbanas y/o infraestructuras vulnerables.

El logro de estos objetivos tiene como paso previo, el inventario y/o cartografiado a nivel nacional de movimientos en masa. El modelo de susceptibilidad, utilizó un modelo heurístico multivariado, que implica el análisis cruzado de mapas y geoprocésamiento. Para la validación del modelo se utilizó el Inventario de Peligros Geológicos nacional, resultando que el 86% de movimientos en masa inventariados, se concentran en las categorías de alta a muy alta susceptibilidad.

Las zonas de estudio presentan susceptibilidades **Alta y muy Alta**, frente a la ocurrencia de movimientos en masa. Gran parte de los sectores inspeccionados centralmente presentan susceptibilidad alta a movimientos en masa, (figura 18).

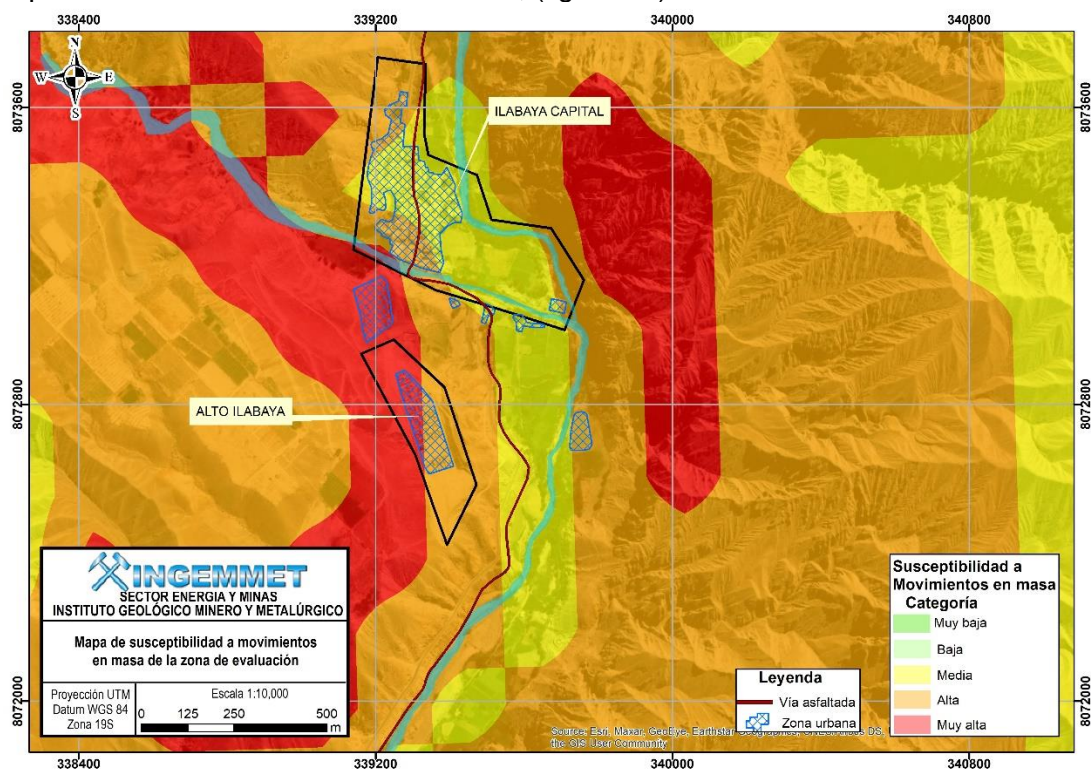


Figura 18. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de los sectores inspeccionados. Mapa a escala 1:1000 000 (INGEMMET, 2010).

CONCLUSIONES

- a) Los sectores Alto Ilabaya e Ilabaya Capital, están conformadas por secuencias de tobas de la (Formación Paralaque), que se encuentran altamente meteorizadas y muy fracturadas; niveles de conglomerados con clastos polimícticos englobados dentro de una matriz de arena media de la (Formación Moquegua inferior), que se presenta poco consolidados, además, de niveles de conglomerados polimícticos de bloques, gravas y arenas poco consolidados dentro de una matriz de arena fina, de la (Formación Millo). También se han identificado depósitos fluvio-aluvial con gravas y arenas poco consolidados. Los depósitos mencionados son fáciles de remover si se saturan de agua.
- b) Los peligros geológicos por movimientos en masa en los sectores evaluados, corresponden a flujos de detritos (huaicos), caída de rocas. También se han identificado zonas con procesos de erosión de laderas (cárcavas) con desarrollo de ensanchamiento y profundización.
- c) Los peligros geológicos identificados en los sectores evaluados están condicionados por la naturaleza litológica de la zona, la pendiente de las laderas, la configuración geomorfológica y la presencia de materiales de remoción, de eventos antiguos. Estos sectores pueden presentar desprendimiento y caída de rocas, que pueden ser detonados por lluvias (octubre a marzo) y por movimientos sísmicos; los huaicos pueden ocurrir en la temporada de lluvias.
- d) El cauce de la quebrada S/N en el sector Alto Ilabaya, al entrar a la zona urbana se pierde. La zona ha sido rellenada por actividad antrópica para la futura construcción de la plaza de Alto Ilabaya y para construcción de local del equipo mecánico de Ilabaya, además de viviendas.
- e) El flujo de detritos (huaico) del 8 de febrero del 2019, descendió por el río Colocaya, durante su recorrido afectó infraestructuras a lo largo de la zona urbana de Ilabaya; el poder destructivo del flujo daño la vía de acceso a Ilabaya, el cual colapsó hasta la mitad de la carpeta asfáltica. Hasta el momento de la evaluación, esta vía no ha sido reparada, y representa una zona de peligro constante.
- f) Se concluye que, el sector Ilabaya Capital es considerada de peligro Muy Alto y el sector Alto Ilabaya de Peligro Alto, estos sectores pueden presentar desprendimiento y caída de rocas, que pueden ser detonados por lluvias (octubre a marzo) y por movimientos sísmicos; los huaicos pueden ocurrir en la temporada de lluvias

RECOMENDACIONES

- a) Canalizar el cauce de la quebrada en la zona urbana de Alto Ilabaya, asimismo, limpiar y descolmatar el cauce de la quebrada S/N que discurre por la zona urbana de Alto Ilabaya.
- b) Estabilizar los taludes, generados por el corte de la carretera de acceso a Alto Ilabaya e Ilabaya Capital. Tomar especial prioridad a corte de ladera ubicado en la entrada al Distrito de Ilabaya.

- c) Construir un nuevo muro de contención en el río Colocaya en la zona urbana del Distrito de Ilabaya, tomando en cuenta volúmenes extremos de flujos de detritos, para precipitaciones de lluvias extremas.
- d) Reconstruir la vía de acceso al Distrito de Ilabaya, el cual fue dañado severamente debido a flujos de detritos (huaicos) generado por una lluvia intensa en enero del 2019.
- e) Reubicar las viviendas que se encuentre cerca del cauce del río Colocaya.
- f) Las laderas de las zonas ubicadas en las partes altas de Alto Ilabaya e Ilabaya Capital deben ser estabilizadas con algún tipo de enmallado y vegetación.



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



P.
Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11

BIBLIOGRAFÍA

- Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- De la Cruz, N., De la Cruz, O. (2000). "Memoria explicativa de la revisi3n geol3gica del cuadr3ngulo de Tarata 35-V". Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico, INGEMMET
- Gonz3lez de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortu3o, L. y Oteo, C. Ingenier3a Geol3gica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educaci3n, Madrid, pp 750.
- Municipalidad Distrital de Ilabaya. Instalaci3n de los servicios de protecci3n contra avenidas en las quebradas de incidencia al Anexo de Coraguaya, Distrito de Ilabaya, Provincia Jorge Basadre - Tacna", COD.SNIP 220199
- Mart3nez, W. & Zuloaga, A. (2000) - Mapa Geol3gico del Cuadr3ngulo de Moquegua, Hoja 35-u, Cuadrante II, escala 1:50 000. INGEMMET. Carta Geol3gica Nacional.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la Regi3n Andina: Una gui3a para la evaluaci3n de amenazas. Servicio Nacional de Geolog3a y Miner3a, Publicaci3n Geol3gica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33
- Vela. J., (2020) Informe t3cnico INGEMMET N° A7037, "Evaluaci3n de peligros geol3gicos de las zonas propuestas para la reubicaci3n del centro poblado de Borogue3a".
- Vilchez, M., Ochoa, M., & Pari, W. (2019). Peligro geol3gico en la Regi3n Huancavelica INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 69, 225 p., 9 mapas.
- Villota, H. (2005) Geomorfolog3a Aplicada A Levantamientos Edafol3gicos Y Zonificaci3n De Tierras. Instituto Geogr3fico Agust3n Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estad3stica, Bogot3, Colombia.
- Zavala B.; Churata D. & Varela F. (2019). Geodiversidad y Patrimonio Geol3gico en el Valle del Colca. INGEMMET, Bolet3n Serie I: Patrimonio y Geoturismo.
- Zavala, B.; Vilchez, M.; Rosado, M.; Pari, W. & Pe3a, F. (2014). Estudio geoambiental en la cuenca del r3o Colca, INGEMMET. Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 57, 222 p., 11 mapas.

ANEXO 1 GLOSARÍO

Deslizamiento

Llamado también fenómenos de ladera o movimientos de ladera; son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, se entiende como movimiento del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad, Corominas y García Yagüe, (1997).

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un movimiento de ladera tipo rotacional, como evidencia en la zona, (figura 19), ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990).

Deslizamiento rotacional, es cuando la superficie de rotura es una superficie cóncava. Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados, Antoine, (1992), se suelen diferenciar por una inclinación contrapendiente de la cabecera.

Se puede mencionar algunos factores que desencadenan los deslizamientos: rocas muy fracturadas y alteradas o suelos poco coherentes, saturación de suelos o roca alterada por intensas lluvias, deforestación de tierras, erosión fluvial, erosión de laderas (cárcavas), modificación de taludes de corte, actividad sísmica y volcánica.

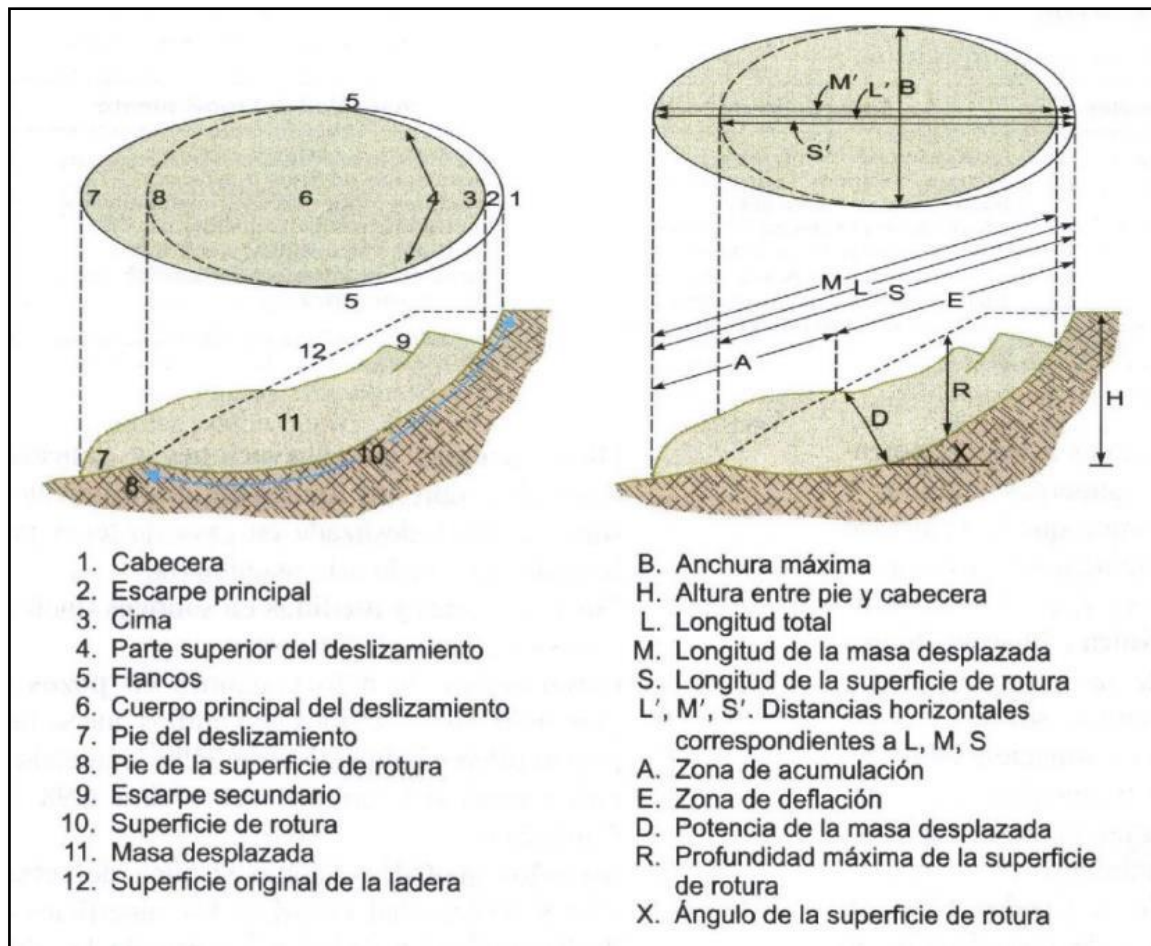


Figura 19. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento, tomado de González de Vallejo., (2002).

caídas o desprendimientos de rocas

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 desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo 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 y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

En Evans y Hungr (1993) se pueden consultar ejemplos de caída de roca fragmentada, (figuras 20 y 21). Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo, también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

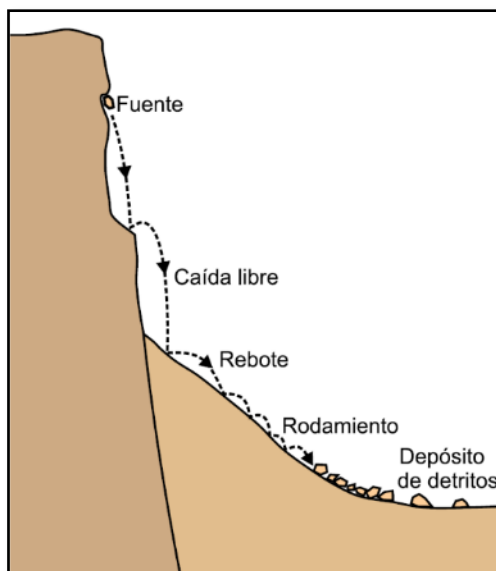


Figura 20. Esquema de la caída de rocas

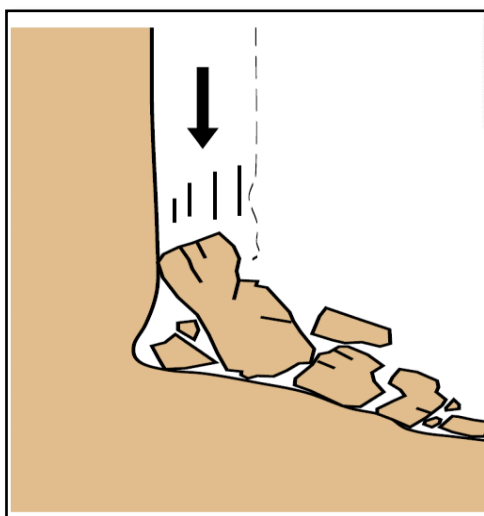


Figura 21. Esquema de Corominas y Yague (1997) denominan a este movimiento “colapso”.

Avalancha de detritos

Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de un flujo. (Hungry et al., 2001).

Erosión de laderas (Cárcavas)

La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas, se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras, (figura 22).

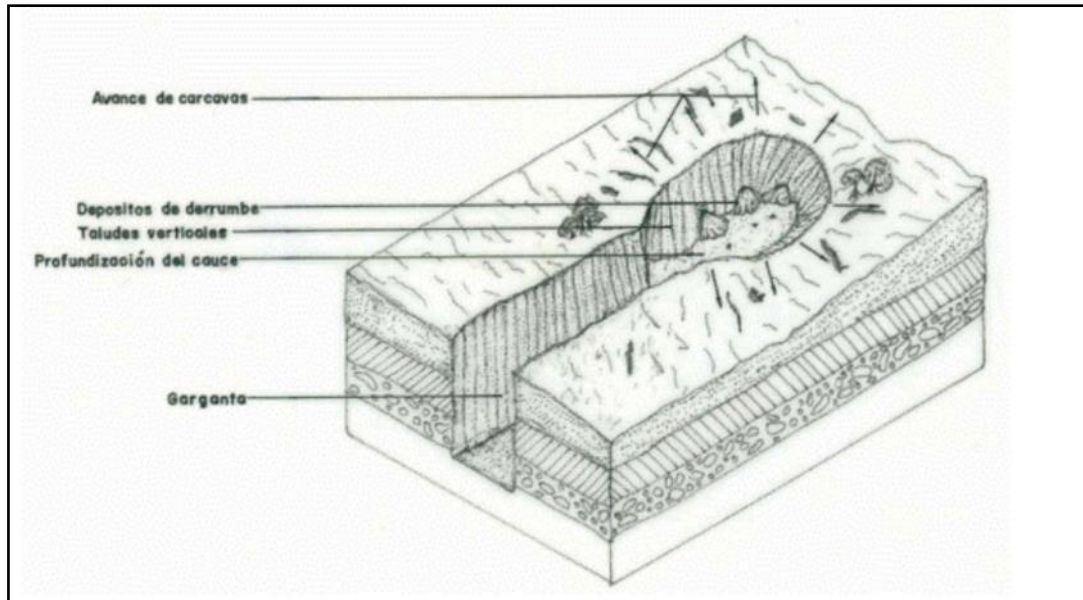


Figura 22. Proceso de formación de cárcavas

ANEXO 1 FOTOGRAFIAS



Figura 23. Surgencias de aguas en los cortes de la carretera en el sector Alto Ilabaya (coordenadas UTM E: 339254, N: 8072788).



Figura 24. Surgencias de aguas en los cortes de la carretera en el sector Alto Ilabaya (coordenadas UTM E: 339297, N: 8072693).



Figura 25. Punto crítico afectado por las aguas del río Ilabaya (coordenadas UTM E: 339435, N: 8073319).