

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7180**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE SAN CRISTOBAL TORATA

Departamento Moquegua  
Provincia General Sánchez Cerro  
Distrito Ubinas



SETIEMBRE  
2021

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE SAN CRISTOBAL TORATA**

*Distrito de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua.*

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

*Equipo de investigación:*

*Hammer Ojeda*

*Yhon Soncco*

### **Referencia bibliográfica**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). "Evaluación de peligros geológicos en la comunidad campesina de San Cristóbal de Torata, Distrito de Ubinas, Provincia de General Sánchez Cerro, Departamento de Moquegua. Ingemmet, informe técnico A7180.*

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>RESUMEN</b> .....  | 1  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....  | 2  |
| <b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....                                       | 2  |
| <b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....                          | 2  |
| <b>1.3. Aspectos generales</b> .....  | 4  |
| 1.3.1. <b>UBICACIÓN</b> .....   | 4  |
| 1.3.2. <b>ACCESIBILIDAD</b> .....   | 5  |
| 1.3.3. <b>CLIMA</b> .....   | 5  |
| <b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....   | 6  |
| <b>2.1. Unidades litoestratigráficas.</b> .....                               | 6  |
| 2.1.1. <b>Grupo Maure (Mioceno superior)</b> .....                            | 6  |
| 2.1.2. <b>Intrusivo andesítico (Pleistoceno)</b> .....                        | 7  |
| 2.1.3. <b>Deposito aluvial (Pleistoceno)</b> .....                            | 8  |
| <b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....                                      | 8  |
| <b>3.1. Pendientes del terreno</b> .....                                      | 8  |
| <b>3.2. Unidades geomorfológicas</b> .....                                    | 8  |
| 3.2.1. <b>Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional</b> ..... | 9  |
| 3.2.2. <b>Geoformas de carácter depositacional y agradacional</b> .....       | 10 |
| <b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....   | 11 |
| <b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....                 | 11 |
| 4.1.1. <b>Deslizamiento antiguo</b> .....                                     | 12 |
| 4.1.2. <b>Caída de rocas y derrumbes</b> .....                                | 13 |
| 4.1.3. <b>Flujo de detritos</b> .....   | 14 |
| 4.1.4. <b>Lahares antiguos</b> .....  | 15 |
| 4.1.5. <b>Erosión de laderas por cárcavas</b> .....                           | 16 |
| 4.1.6. <b>Factores Condicionantes</b> .....                                   | 17 |
| 4.1.7. <b>Factores Detonantes o Desencadenantes</b> .....                     | 18 |
| <b>5. CONCLUSIONES</b> .....  | 19 |
| <b>6. RECOMENDACIONES</b> .....   | 20 |
| <b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....  | 21 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ANEXO 1: MAPAS .....</b>                              | <b>22</b> |
| <b>ANEXO 2: GLOSARIO.....</b>                            | <b>27</b> |
| <b>ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN .....</b> | <b>30</b> |

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizados en la comunidad campesina de San Cristóbal Torata, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua. 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 (local, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área son de origen sedimentario del Grupo Maure, constituido por estratos potentes (4 m) de areniscas de grano fino color beige intercalados con secuencias de lutitas gris oscuras (10 cm a 30 cm). Hacia la base se observan conglomerados que entran en contacto con un intrusivo de composición andesítico; toda la secuencia descrita se encuentra moderadamente meteorizada y medianamente fracturada. Estas unidades se hallan parcialmente cubiertas por depósitos cuaternarios coluvio-deluviales compuestos por gravas y cantos sub redondeados (diámetros que varían de 1 a 50 cm), inmersos en matriz areno limosa poco consolidado.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas en rocas volcano-sedimentaria y montaña en roca intrusiva) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos de materiales por arrastre y depositación, que configuran geoformas de piedemonte (vertiente aluvio-torrencial).

Se considera que el principal factor condicionante que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa es el litológico constituido por presencia de suelos inconsolidados (areno-limoso, lutitas, gravas) y rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas, así también la pendiente de los terrenos favorece el desplazamiento de masa ( $\leq 5^\circ$  a  $> 45^\circ$ ), los cuales contribuyen a la acumulación de masa de suelo o roca en los cauces del río Torata y tienden a originar peligros geológicos como inundación de detritos o flujo de detritos.

El factor desencadenante son las lluvias intensas y/o prolongadas que se presentan en los meses octubre a marzo, que puede activar quebradas o reactivar deslizamientos.

Se concluye que el área de estudio es de **peligro alto** a la ocurrencia de flujo de detritos y lodos, que pueden ser desencadenados por lluvias (octubre a marzo). También se pueden generar derrumbes y caída de rocas, tanto en época de lluvias o por movimientos sísmicos.

Finalmente, se recomienda construir defensas ribereñas (gaviones flexibles o enrocados) alrededores del centro poblado de San Cristóbal de Torata, descolmatación del cauce del río Torata, evitar o prohibir la construcción de viviendas en zonas susceptibles a erosión e inundación fluvial, por último, implementar la cultura de prevención y desastres, mediante charlas y talleres de sensibilización ante peligros geológicos.

## 1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Ubinas, según oficio N° 121-2021-A/MDU, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos de tipo “caída de rocas, flujo de detritos y erosión por cárcavas”, ocurridos el día sábado, 26 de febrero del 2015, que afectó las parcelas y algunas viviendas de la comunidad campesina de San Cristóbal de Torata.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Hammer Ojeda y Yhon Soncco para realizar trabajos de evaluación de peligros geológicos en los sectores antes mencionados, el día 09 de junio del presente año, previa coordinación con funcionarios públicos de la Municipalidad Distrital de Ubinas y autoridades locales.

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

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

### 1.1. Objetivos del estudio

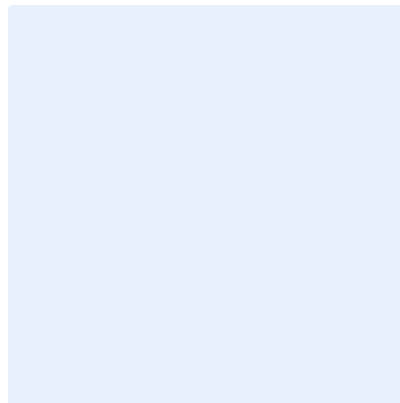
El presente trabajo tiene como objetivos:

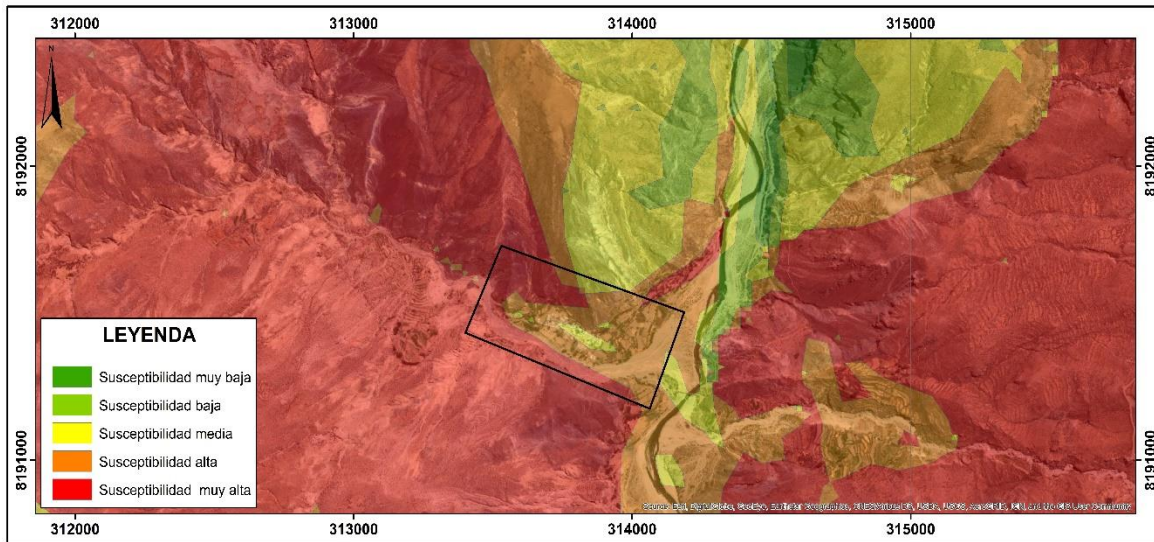
- a) Identificar, clasificar y caracterizar los peligros geológicos que se presentan en el sector de San Cristóbal de Torata, los cuales podrían comprometer la seguridad física de la población ubicadas en la zona de influencia de los eventos.”
- b) Sugerir medidas preventivas y de mitigación en las zonas de alto peligro.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

En la comunidad campesina de San Cristóbal de Torata se tiene registro de estudios de movimientos en masa en los últimos años, los cuales podemos mencionar como antecedentes y trabajos anteriores:

- A) Informe Técnico N° A6823, Peligros geológicos en las localidades de Torata, Yunga, La Capilla, Huatalaque, Coroise y Lucco, Región Moquegua (2018), se identifican zonas susceptibles a caída de rocas, derrumbes, huaicos y erosión de laderas, por otra parte, el río Torata y la quebrada Talige, han generado flujos de detritos que han llegado a represar al río Tambo, haciendo migrar el cauce del río Tambo. Este trabajo concluyó con la recomendación de realizar un muro transversal para atenuar los flujos.
- B) Memoria explicativa de la revisión Geológica del Cuadrángulo de Ichuña (33-u) (2001), menciona la litoestratigrafía presenta en la zona de San Cristóbal de Torata en el cual aflora secuencias del Grupo Maure constituido por secuencias sedimentarias intercalada con depósitos continentales lacustrinos, conglomerados y coladas de lava andesíticas. La secuencia lito estratigráfica ha sido estudiada al sur este de la hoja de Ichuña, en el río Huarata y Curo, así también se encuentra intrusivos de composición Andesítica y por último depósitos cuaternarios fluviales constituidos por bloques redondeados de composición heterogénea de diversos tamaños.
- C) Informe técnico N° A6785, Evaluación de peligros geológicos que afectan al centro poblado de Huarina, distrito de Matalaque, región Moquegua; geomorfológicamente identifican las siguientes unidades: geoformas de carácter tectónico degradacional erosional: relieve montañoso de roca volcánica, dentro de esta unidad se considera afloramientos de rocas volcánicas (lavas andesíticas e ignimbritas). Presentan laderas con pendientes medias a fuertes. También identifican relieve montañoso de roca volcano sedimentaria, el cual presenta laderas con pendientes moderadas a abruptas y por último geoformas de carácter depositacional y agradacional: valles fluviales y terrazas indiferenciadas ubicadas en el valle del río de Tambo donde se encuentran terrazas conformadas de lahares y/o depósitos aluviales.
- D) Mapa de susceptibilidad de movimientos en masa generado por el Ingemmet (<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>), demuestra un peligro medio a alto en la comunidad campesina de San Cristóbal de Torata (figura 01).





**Figura 01.** Niveles de Susceptibilidad a movimientos en masa de la Comunidad campesina de San Cristóbal de Torata. Fuente Boletín N° 75, escala: 1 100 000. Geocatmin

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. UBICACIÓN

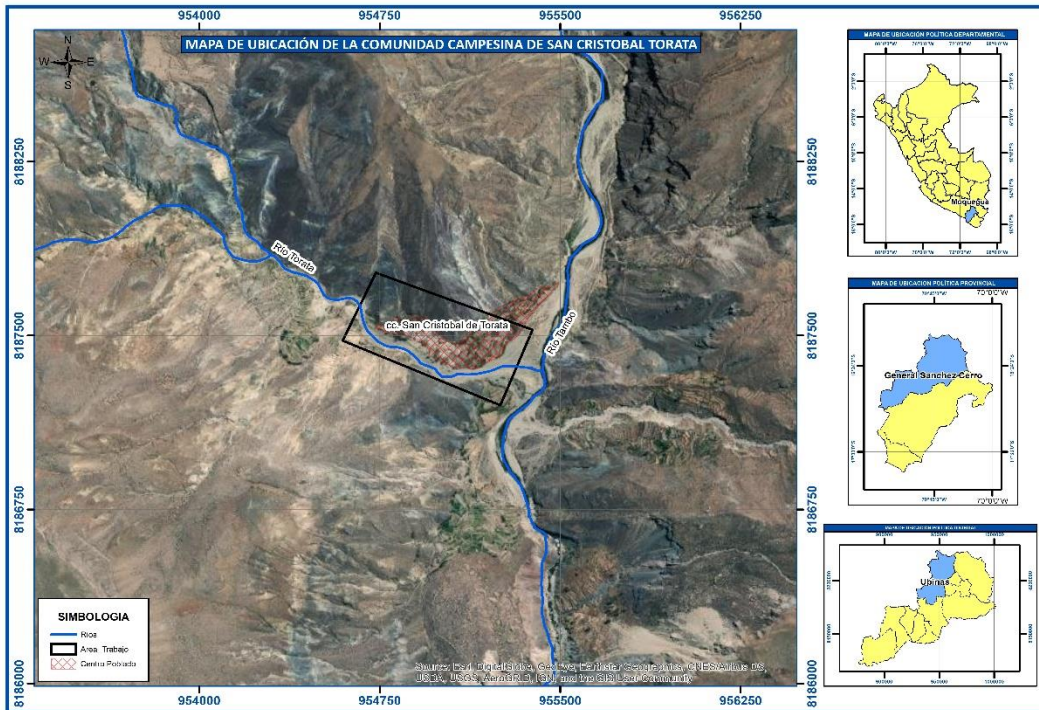
El área evaluada corresponde al sector de San Cristóbal de Torata (cuadro 01), el cual se encuentra ubicado a 5 km aproximadamente de la localidad de Chojata del distrito de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, departamento de Moquegua.

Se emplaza en el margen derecho del valle del río Tambo a una altitud de 3200 m s.n.m. (figura 02).

**Cuadro 01.** Coordenadas del área de estudio.

| N°   | UTM - WGS84 - Zona 19S |         | Geográficas |             |
|--|------------------------|---------|-------------|-------------|
|  | Este                   | Norte   | Latitud     | Longitud    |
| 1  | 313690                 | 8191529 | -16.350194° | -70.744195° |
| 2  | 313876                 | 8191447 | -16.350949° | -70.742460° |
| 3  | 313836                 | 8191360 | -16.351732° | -70.742842° |
| 4  | 313644                 | 8191457 | -16.350841° | -70.744631° |
| <b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b> |                        |         |             |             |
| C  | 313726                 | 8191483 | -16.350612° | -70.743861° |





**Figura 02.** Ubicación de la comunidad campesina de San Cristóbal de Torata.

### 1.3.2. ACCESIBILIDAD

Para acceder a la comunidad campesina de San Cristóbal de Torata desde la ciudad de Arequipa (OD-Ingemmet), se realizó vía terrestre, a través de la trocha carrozable Arequipa – Yalagua – San Cristóbal de Torata (cuadro 02).

**Cuadro 02.** Rutas y accesos a la zona evaluada de San Cristóbal de Torata.

| <i>Ruta</i>                    | <i>Tipo de vía</i> | <i>Distancia (km)</i> | <i>Tiempo estimado</i> |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| Arequipa - Yalagua             | Trocha             | 151                   | 4 horas                |
| Yalagua – San Francisco Torata | Trocha             | 15                    | 40 min                 |

### 1.3.3. CLIMA

Hacia el nivel 2800 a 3800 m.s.n.m., donde se encuentra el valle del río Tambo y la zona de San Cristóbal de Torata, el clima es templado y seco durante la mayor parte del año (mayo - noviembre). En esta zona a veces se dan heladas que afectan seriamente los cultivos (junio-julio) y durante los meses de diciembre a marzo se producen abundantes lluvias, que consecuentemente, producen derrumbes y deslizamientos en los terrenos poco consolidados o inestables. Los meses de invierno (diciembre - marzo) tienen lugar las fuertes precipitaciones de lluvia, nieve y granizo. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2003), en la zona

estudiada la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre – mayo) alcanzan entre 400 a 1400 mm por año.

## **2. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

Tomando como referencia la memoria explicativa de la revisión geológica del Cuadrángulo de Ichuña (33-u) Lipa V. (2001), podemos indicar que en el área comprendida por la comunidad campesina San Cristóbal de Torata, se encuentran afloramientos del Grupo Maure, intrusiones volcánicas andesíticas y por último depósitos Cuaternarios fluviales (anexo 1-mapa1).

### **2.1. Unidades litoestratigráficas**

#### **2.1.1. Grupo Maure (Mioceno superior)**

De acuerdo a los trabajos realizados por Lipa (2001), este grupo está constituido por secuencias sedimentarias intercalada con depósitos continentales lacustrinos, conglomerados y coladas de lava andesíticas (figura 03). estableciéndose de la base al techo dos unidades bien diferenciables.

La unidad inferior compuesta por una secuencia de lutitas grises, areniscas beige, calizas pardas con una mayor proporción, de areniscas tobaceas verde claras de grano fino a grueso y finalmente niveles conglomerádicos con cantos superiores a 10cm, cementados por una matriz arenosa. Se encuentran moderadamente meteorizadas

La unidad superior corresponde a lavas andesíticas grises parcialmente fluidales, que se interdigitan en medio de esta secuencia clástica, separando los depósitos clásticos finos de los conglomerádicos.

Esta unidad aflora alrededores de centro Poblado de san Cristóbal de Torata, al NE del poblado antes mencionado a medio kilómetro se visualiza paquetes potentes (4 m) de areniscas de grano fino color beige intercalados con lutitas (10 cm a 30 cm) gris oscuras, hacia la base se logra encontrar conglomerados poco compactos los cuales entran en discordancia con un intrusivo de composición andesítica.

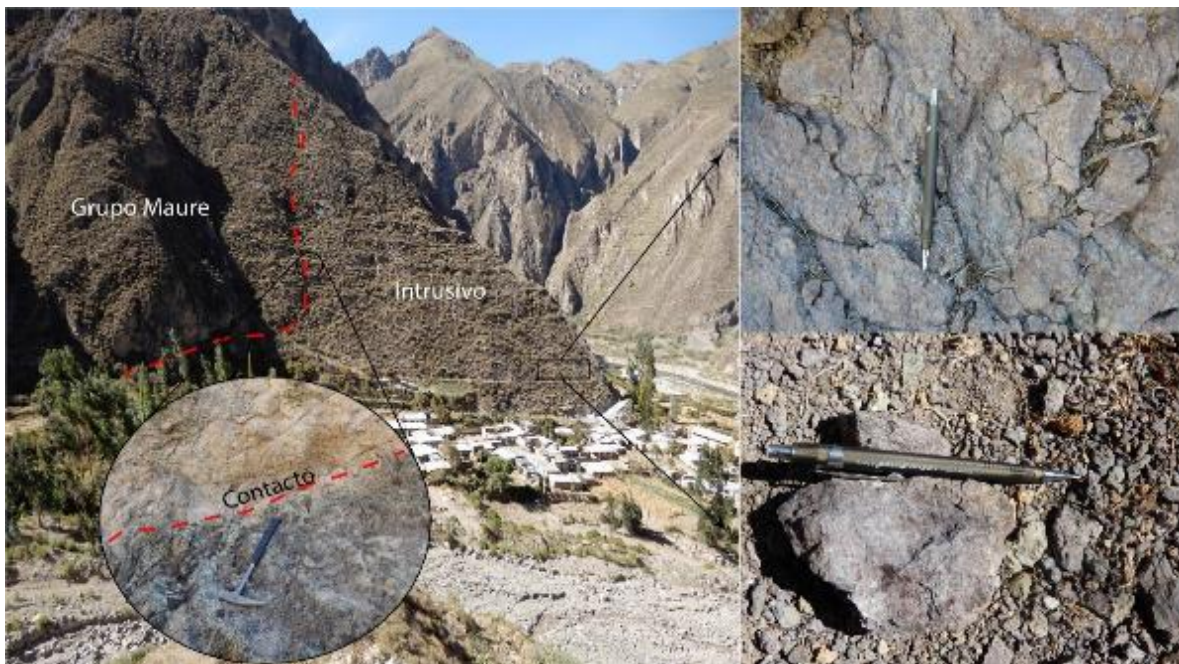
Así también esta unidad se logra visualizar al SO de San Cristóbal de Torata, litológicamente está compuesta por areniscas tobaceas de grano fino a medio color beige, los cuales en campo se encuentran alterados, este material por efectos de la gravedad es transportado a la parte baja de la quebrada (cárcavas, río Torata), los mismos que constantemente aportan material suelto al cauce del río.



**Figura 03.** Afloramiento de Grupo Maure alrededores del centro poblado de Torata.

### 2.1.2. Intrusivo andesítico (Pleistoceno)

Aflora en la confluencia de los ríos Torata y Tambo. Estas rocas se encuentran cortando a rocas volcánico-sedimentarios del Grupo Maure (Mioceno superior), por lo que se infiere que corresponden al Pleistoceno. En conjunto presentan un color rojo violáceo, pardo oscuro y gris producto de la meteorización (figura 04). Se encuentra moderadamente meteorizado.



**Figura 04.** Afloramiento del intrusivo de composición andesítica.

### 2.1.3. Deposito aluvial (Pleistoceno)

Constituido por bolones, cantos, gravas densas a muy densas, con abundantes bloques y matriz de arena gruesa con clastos redondeados a subredondeados. Están ubicados principalmente en las márgenes de ríos Torata, Tambo y quebradas principales formando terrazas a diferentes niveles ligeramente más elevados, utilizadas generalmente como terrenos de cultivo (figura 05).



Figura 05. Deposito aluvial en el cual se encuentra ubicado el centro poblado de Torata.

## 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 3.1. Pendientes del terreno

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa (formadores de las geformas de carácter deposicional o agradacional), ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002).

Los rangos de pendiente en la zona inspeccionada van de rangos de terrenos llanos a inclinados moderadamente ( $1^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ) correspondiente a la planicie aluvial, con un cambio brusco hacia las laderas donde la pendiente es muy fuerte a escarpada ( $>45^{\circ}$ ) (Anexo 1- mapa 2).

### 3.2. Unidades geomorfológicas

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

Morfológicamente, San Cristóbal de Torata se localiza en la cordillera Occidental del Sur del Perú, con altitudes que varían entre los 3000 m s.n.m. en los fondos del valle Tambo y 4600 m s.n.m. hacia las cumbres de las montañas. Geomorfológicamente, el área se ubica

en la zona de relieve montañoso en roca volcano-sedimentaria, intrusiva, en combinación con diferentes movimientos en masa (deslizamientos, flujos), que actúan en rocas sedimentarias poco competentes, muy fracturadas (anexo 1-mapa 3).

### 3.2.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

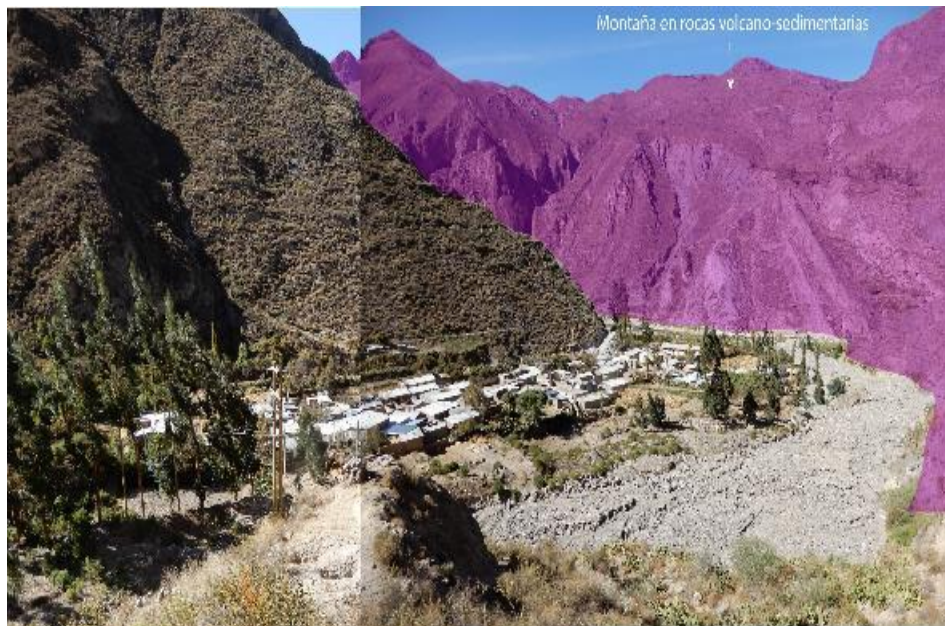
Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico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

#### 3.2.1.1. Unidad de montañas

Geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto del nivel de base local, donde se reconocen cumbres y estribaciones cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular, producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza.

#### Subunidad de montañas en rocas volcano-sedimentarias (RM-rvs):

Corresponde a cadenas montañosas expuestas al noreste del pueblo de San Cristóbal de Torata. Litológicamente corresponden a secuencias volcanoclásticas con depósitos sedimentarios. Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas, de cumbres alargadas y redondeadas (figura 06).



**Figura 06.** Montaña en rocas volcano-sedimentarias, alrededores del centro poblado de San Cristóbal de Torata

#### Subunidad de montañas en rocas intrusiva (RM-ri):

Está conformando por laderas de topografía abrupta, con pendientes mayores a 45° y elevaciones que alcanzan los 4600 m.s.n.m. Los cuerpos ígneos intrusivos se encuentran constituidos por andesitas (figura 07).



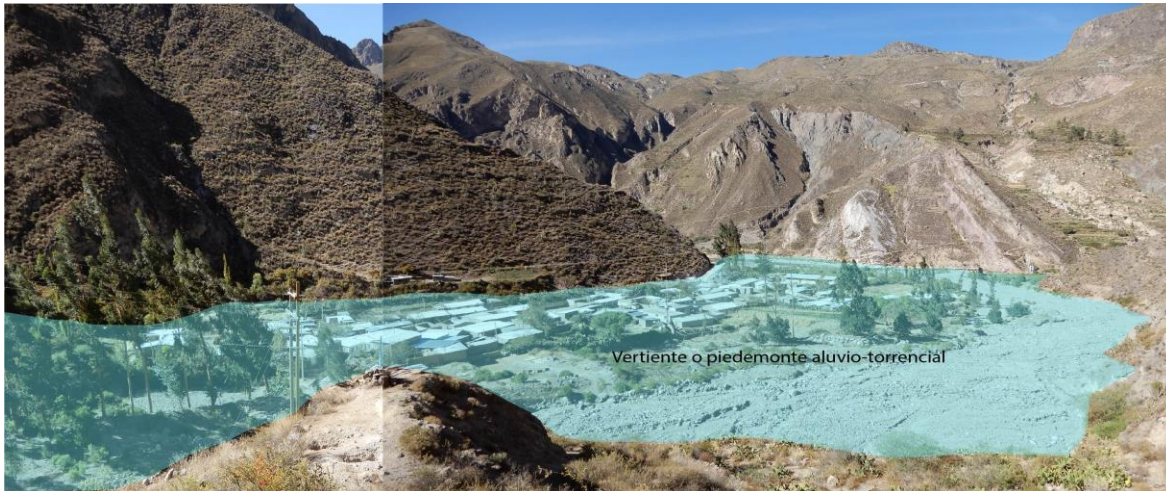
**Figura 07.** Montaña en rocas intrusiva, ladera norte del centro poblado de San Cristóbal de Torata.

### 3.2.2. **Geoformas de carácter 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 anteriores aquí se tiene:

#### 3.2.2.1. Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial

Los fondos del valle del río Tambo se encuentran allanados a ligeramente inclinadas y extendidas, al pie de las laderas de montañas colindantes. Fueron formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales de los ríos Torata y Tambo, de carácter excepcional (figura 08).



**Figura 08.** Vertiente aluvio-torrencial, alrededores del centro poblado de San Cristóbal de Torata.

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo flujos (flujos de detritos o huaicos), caídas (derrumbes) y además de procesos de erosión de laderas (PMA: GCA, 2007). 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.

### 4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Según los trabajos de Luque G., (2018) menciona que el Poblado de San Cristóbal de Torata se ubica sobre un abanico antiguo de la quebrada Torata, en la margen derecha del río Tambo. El área está sujeta a inundación y erosión fluvial. Se observan eventos antiguos de grandes dimensiones al frente en la margen izquierda del río Tambo como movimientos complejos (derrumbe-flujo) y un gran deslizamiento en las laderas del cerro Pucará, el cual represó el río Tambo, aún se puede observar el material al otro lado del río, que es reactivado a manera de derrumbes por socavación. De generarse otro huaico por la quebrada Talige de grandes dimensiones similar al depósito que se observa, podría represar el río Tambo afectando a la población Torata; en la margen derecha de la quebrada además presentan derrumbes.

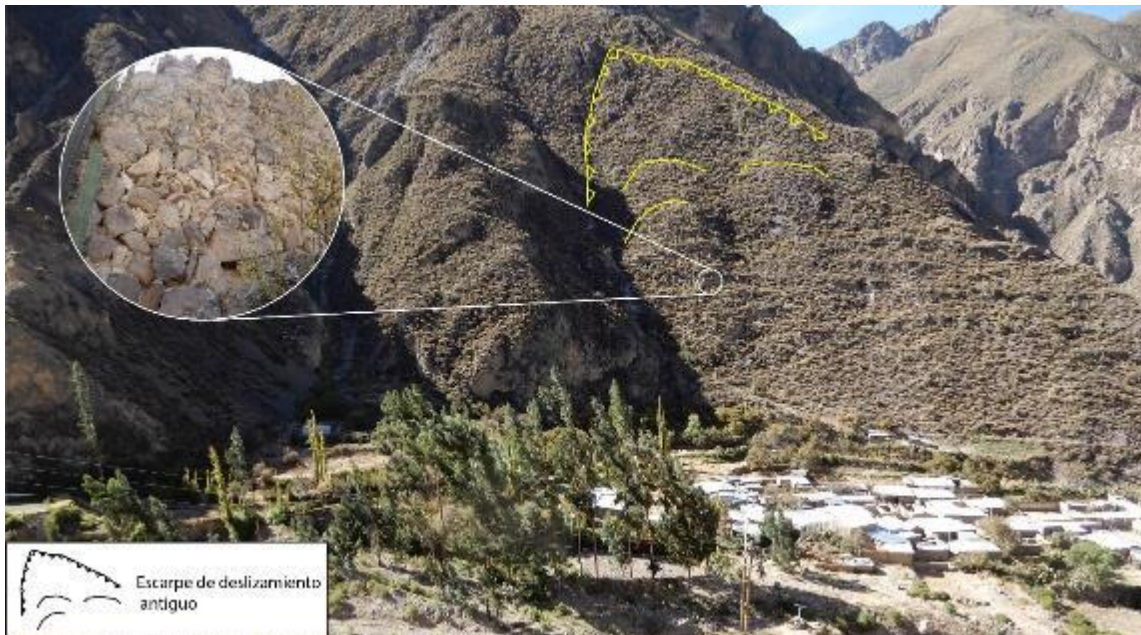
El área también se encuentra afectada por intensa erosión de laderas (cárcavas) en los cerros Pucará, Queñaccasa y Caballoni, que en época de lluvias pueden generar huaicos. En San Cristóbal de Torata, los movimientos en masa están estrechamente ligados a factores detonantes como lluvias de gran intensidad y/o prolongadas o gran duración asociados a eventos excepcionales y sismos tectónicos (Anexo 1: Mapa 04).

Los factores condicionantes que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa son la morfología, la pendiente del terreno y la litología (suelo areno-limoso) presente en los márgenes del río Torata.

El sector de San Cristóbal de Torata es un área frecuentemente afectado por peligros geológicos como flujo de detritos, derrumbes, peligros geohidrológicos como erosión fluvial y otros peligros geológicos tales como erosión en cárcavas.

#### 4.1.1. Deslizamiento antiguo

Este evento se encuentra localizado en el margen izquierdo del centro poblado de San Cristóbal de Torata (ladera del cerro Condorhuasi Ilasco), claramente se observa evidencias de un gran deslizamiento antiguo el cual presenta una longitud aproximada de 120 m (corona – pie de deslizamiento) y una corona de forma circular y semicontinua, el salto de escarpe no se logra diferenciar claramente por el crecimiento del pelaje arbustivo, este movimiento en masa fue antiguamente mitigado por muros rústicos de contención (figura 09), los mismos que tenían la función de evitar el desplazamiento del cuerpo del deslizamiento y al mismo tiempo evitar las caídas de los bloques de rocas. En el cuerpo del deslizamiento se observa lomeríos con el cual se logra evidenciar la dirección de desplazamiento de posibles movimientos en masa (caídas, deslizamientos) que se pudieron generar posterior al deslizamiento (figura 09).



**Figura 09.** Escarpe de deslizamiento antiguo, con muros de contención rústica de rocas. Ubicación ladera izquierda del centro poblado de Torata. (UTM: 313770E, 8191576N, 19S).



#### 4.1.2. Caída de rocas y derrumbes

En el sector de San Cristóbal de Torata se encontraron zonas susceptibles a derrumbes y caída de rocas (figura 10). Estos afloramientos están conformados por rocas volcánicas andesíticas alteradas y moderadamente fracturadas, con pendientes que van desde los 25° en la parte baja de las laderas y cambiando bruscamente a pendientes abruptas > 45°, en esta zona ya se tiene incidente de caídas de roca los cuales se puede visualizar en el techo de las viviendas (figura 10). Aproximadamente, a medio kilómetro, aguas arriba del centro poblado de Torata en la margen izquierda del río del mismo nombre, se observa un sector de derrumbes, los diámetros de bloques de rocas van de algunos centímetros hasta los 5 metros aproximadamente, los mismos que aportan material rocoso al cauce del río Torata (figura 11).



**Figura 10.** Zona de caídas de rocas. Ubicación: Ladera izquierda del centro poblado de Torata (UTM: 313770E, 8191576N, 19S).

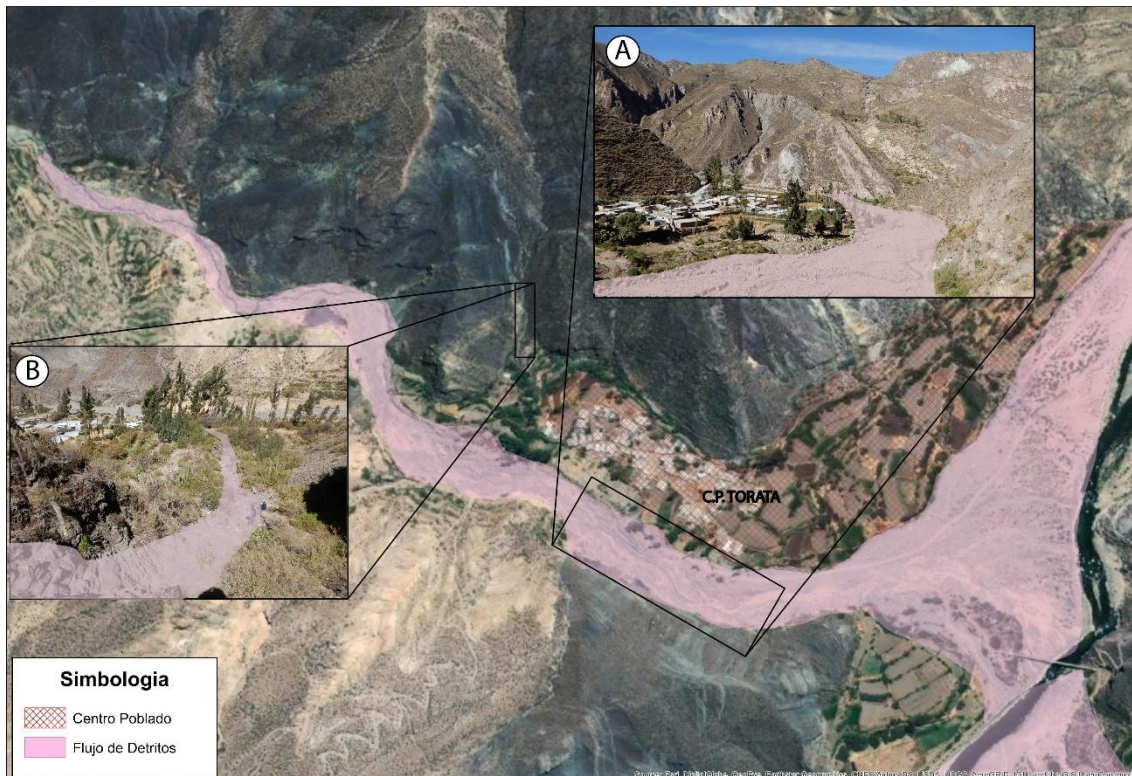


**Figura 11.** Zona de derrumbe y caída de rocas. Ubicación (UTM: 313404E, 8191642N, 19S).

#### 4.1.3. Flujo de detritos

Los flujos de detritos emplazados durante el 26 de febrero y 3 de marzo del 2015 por el río Torata (no se tiene registro en el repositorio del Indeci), están asociados a precipitaciones pluviales intensas de corta duración. Es importante mencionar que en la zona de San Cristóbal de Torata se tiene antecedentes de flujo de detritos, el registro de estos eventos se puede observar claramente en las márgenes del río Torata, donde se tiene rasgos de múltiples eventos anteriores (figura 12). La actividad de flujo de detritos en el área evaluada se logra visualizar en las imágenes satelitales multitemporales del Google Earth (figura 12).

Otra zona susceptible a flujo de detritos se encuentra a pocos metros de la parte alta del centro poblado de San Cristóbal de Torata, este evento ya vino suscitándose anteriormente por lo que los pobladores realizaron obras de encauzamiento con enrocado, para así evitar un flujo de detritos por medio del centro poblado (figura 14).



**Figura 12.** A: Zona con antecedentes de flujo de detritos. B: zona con alta susceptibilidad a producir flujo de detritos que afecta directamente al centro poblado de Torata.



**Figura 13.** a) Imagen Google Earth 2010, la cual muestra el cauce de río Torata reducido, cuyas terrazas se encuentra ocupadas por terrenos de cultivo del poblado San Cristóbal. b) imagen Google Earth 2019, claramente se puede evidenciar que hubo un evento de flujo de detritos, se observa ensanchamiento del cauce de río Torata y pérdida de áreas de cultivo.



**Figura 14.** Zona con alta susceptibilidad a flujos de detritos, en la parte alta del centro poblado de Torata (UTM: 313621E, 8191576N, 19L).

#### 4.1.4. Lahares antiguos

En las márgenes erosionadas del río Torata se identificó flujos de detritos antiguo, han generado depósitos con espesores de aproximadamente 3 m. El depósito es de color beige, bien consolidado, con 90 % de material fino (limo-arcilloso) y 10 % de líticos angulosos a subangulosos lávicos de color gris de hasta 3 cm, este evento presenta un tiempo de recurrencia, en campo se logró visualizar diferentes espesores de eventos posteriores a este (figura 15)..

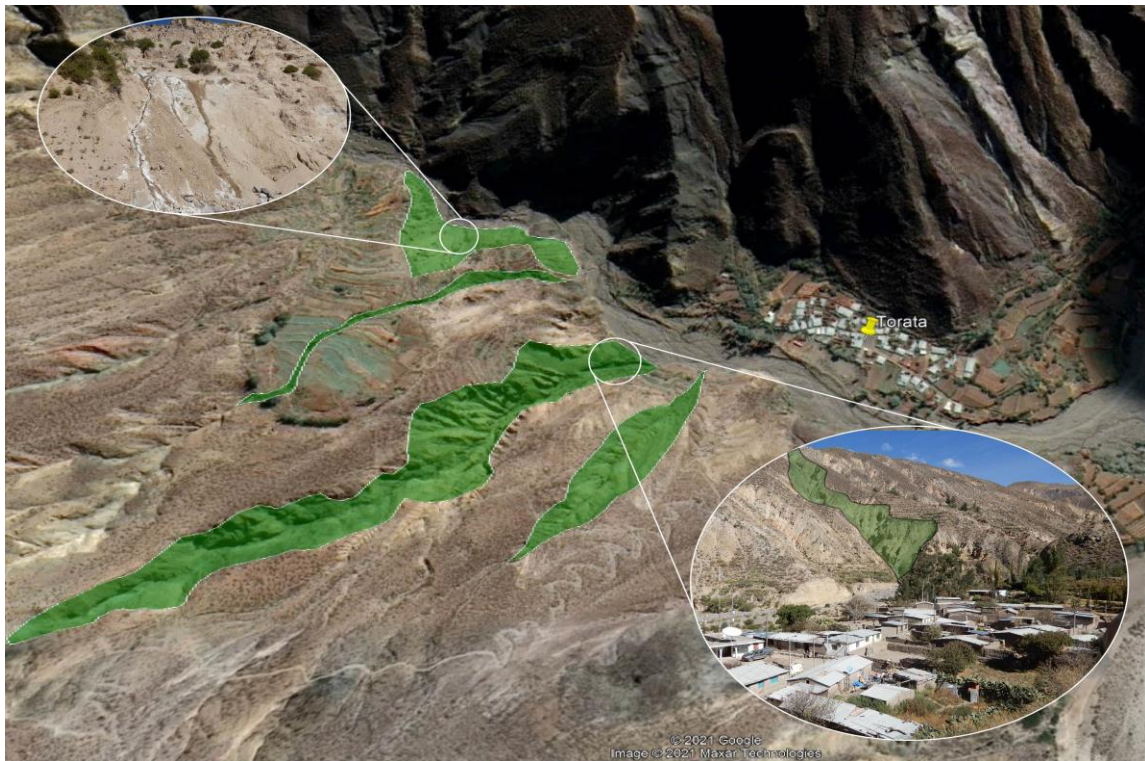


**Figura 15.** a) En la imagen se puede observar los diferentes eventos de lahares antiguos ocurridos en la zona. b) bloque caído donde se logra evidenciar claramente 2 eventos de lahares antiguos. Ubicación: (UTM: 313494E, 8191447N, 19S)

#### 4.1.5. Erosión de laderas por cárcavas

Se manifiesta a manera de surcos y cárcavas en laderas de los cerros. Comienza con canales muy delgados y a medida que persiste la erosión se profundizan a decenas de metros. Las cárcavas pueden ir juntándose unas con otras dando origen a quebradas, escarpes que pueden ocasionar deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y flujos.

En el sector de San Cristóbal de Torata afloran rocas volcano-sedimentarias del Grupo Maure los cuales al ser alterados y meteorizados aportan material a la parte baja del valle del río Torata, generando así de esta manera, caídas de rocas, derrumbes, avalanchas de escombros los cuales tienden a obstruir y embalsar las aguas del río antes mencionado. La acción de erosión de laderas se da con mayor intensidad en las épocas de lluvias intensas. Este material erosionado aporta material suelto a las quebradas, contribuyendo a la generación de flujos de lodos, crecida de detritos, etc. (figura 16).



**Figura 16.** Erosión en cárcavas ubicadas en el margen derecho del río Torata.

#### 4.1.6. Factores condicionantes

Las causas principales para la ocurrencia de movimientos en masa en el sector de San Cristóbal de Torata están relacionadas a lo siguiente:

##### Factor litológico

- La presencia de suelo inconsolidado (areno-limoso, lutitas, gravas) así como rocas alteradas, meteorizadas y fracturadas del Grupo Maure, ubicados aguas arriba del centro poblado de San Cristóbal de Torata, aportan material para generar flujos de lodo o detritos en caso de lluvias excepcionales.

##### Factor Geomorfológico

- El sector de San Cristóbal de Torata se encuentra ubicado en las laderas del cerro Condorhuasi llasco el cual presenta pendientes abruptas ( $>45^\circ$ ), esto permite que el material suelto se erosione y se produzca un desplazamiento por efectos de la gravedad, así también el valle del río Torata se encuentra en procesos de actividad de ensanchamiento de fondo de valle por lo que tiende a erosionar constantemente las laderas del río sumado a esto los huaicos/lahares, provocan la desestabilización de laderas en ambas márgenes (siendo el más afectado la margen derecha del río Torata) originando grietas tensionales y reactivando deslizamientos.

#### 4.1.7. Factores detonantes y desencadenantes

Como factores desencadenantes en el sector de San Cristóbal de Torata tenemos:

- Las lluvias son consideradas como el principal factor detonante de los movimientos en masa. La estación cercana Ubinas administrada por el Servicio Nacional de Meteorológica (SENAMHI) presenta información con registros de precipitaciones intensas de 400 a 1400 mm en los meses de setiembre – mayo, considerando la litología y la morfología de la zona de estudio es propenso a que se originen reactivación de deslizamientos, avalancha de detritos, crecida de detritos o flujo de detritos.
- El aspecto antropogénico es muy importante para no generar inestabilidad o reactivación de movimientos en masa, considerando que actualmente se está realizando trabajos de apertura de carretera en la zona estudiada.

## 5. CONCLUSIONES

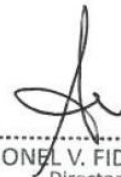
- a) De acuerdo a los trabajos realizados se concluye que el sector de San Cristóbal de Torata se encuentra en **peligro alto** a ocurrencia de movimientos en masa (flujo o crecida de detritos, lodo, caída de rocas y derrumbes).
- b) Se identificó un deslizamiento antiguo, su corona presenta una longitud de 40m y la distancia entre la corona y el pie es de aprox. 140 m. Al pie de este deslizamiento se encuentra ubicado el sector de San Cristóbal de Torata.
- c) De acuerdo a las imágenes multitemporales de Google Earth (2010-2017) demuestran que el río Torata genera flujos de detritos o lodo (huaicos), cada cierto tiempo.
- d) El sector de San Cristóbal de Torata, se encuentra en una zona geodinámicamente activa, lo cual se puede evidenciar claramente por los movimientos en masa que presenta.
- e) La acción de erosión de laderas se da con mayor intensidad en las épocas de lluvias intensas. Este material erosionado aporta material suelto a las quebradas, contribuyendo a la generación de flujos.

## 6. RECOMENDACIONES

- a) Realizar trabajos de descolmatación en el cauce del río Torata, el cual permitirá que éste retorne a su curso original, evitando procesos de erosión fluvial; se debe complementar con la construcción de defensas ribereñas con muros de gaviones o concreto. El diseño de la obra debe realizarla un especialista en la materia.
- b) Los diseños de las defensas ribereñas deben contemplar las máximas crecidas registradas, esto permitirá una mayor probabilidad de resiliencia de peligros geológicos por flujo de detritos o lodo.
- c) Evitar o prohibir la construcción de nuevas viviendas en las zonas cercanas al cauce del río Torata
- d) Los canales de riego deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- e) Fomentar la reforestación nativa a lo largo de las cárcavas y en las zonas circundantes a ella, construir trinchos a lo largo del cauce que servirán como disipadores de energía. Esto contribuirá con estabilidad del terreno
- f) Implementar y promover una cultura de prevención de desastres, mediante charlas y talleres de sensibilización ante peligros geológicos, esta actividad la debe desarrollar la Municipalidad Distrital de Ubinas. El Ingemmet apoyaría en lo referente a parte científica.



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



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



## 7. BIBLIOGRAFÍA

Lipa, V., Valdivia, W., Carrasco, S. (2001). Memoria Explicativa de la Revisión Geológica del cuadrángulo de Ichuña (33-u). Escala 1:50 000. INGEMMET, 12 p.

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.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000). Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 1. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 23, 290 p.

Luque, G. (2016). Reporte preliminar de zonas críticas por peligros geológicos en la región Moquegua, 49 p.

Luque, G. (2016). Riesgo Geológico en la región Moquegua. Informe Inédito. INGEMMET.

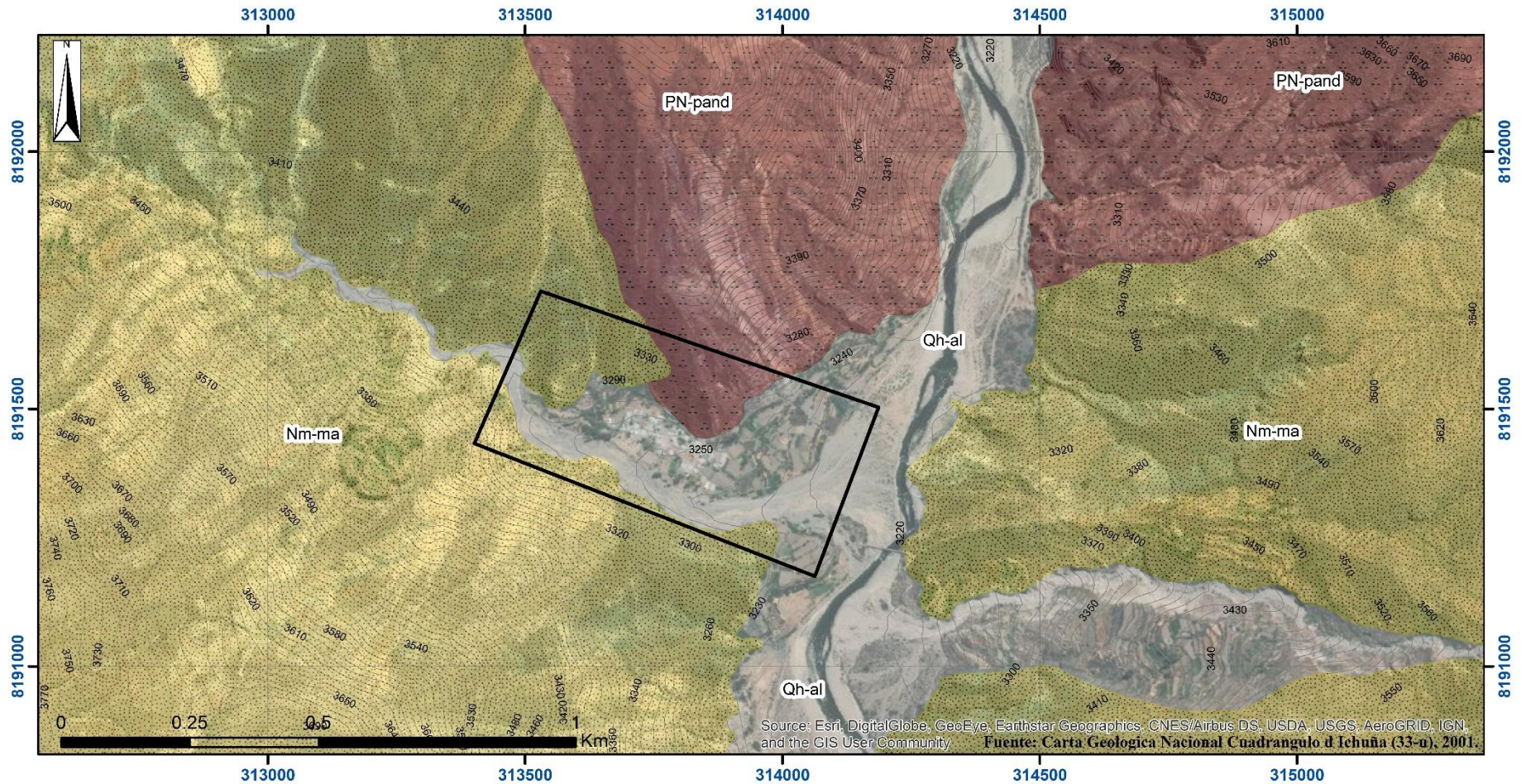
Núñez, S.; Gómez, D. (2012). Reporte preliminar de zonas críticas por peligros geológicos en la cuenca del río Tambo, 53 p.

Marocco, R. & Del Pino, M. (1966) – Geología del cuadrángulo de Ichuña (hoja 33-u). INGEMMET. Boletín. Serie A, vol. 14, 57 p.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.

## **ANEXO 1: MAPAS**

- Mapa 1: Geológico
- Mapa 2: Pendiente de terreno
- Mapa 3: Geomorfológico
- Mapa 4: Cartografía de Peligros Geológicos



SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

**MAPA GEOLÓGICO**

|   |                         |                         |
|---|-------------------------|-------------------------|
| REGIÓN MOQUEGUA                             | GENERAL SANCHEZ CERRO   | SAN CRISTOBAL DE TORATA |
| Escala: 1/10 000                            | Elaborado por: H. Ojeda | <b>MAPA 01</b>          |
| Proyección: UTM Zona 19 Sur Datum: WGS 84   |                         |                         |
| Versión digital 2021    Impreso: Julio 2021 |                         |                         |

| Estratema | Sistema   | Serie    | UNIDADES LITOSTRATIGRAFICA | TIPO DE DEPOSITO - LITOFACIES   |
|-----------|-----------|----------|----------------------------|---|
|           |           |          | CENOZOICA                  | CUATERNARIO   |
| MESOZOICA | TERCIARIO | SUPERIOR | Grupo Maure Miembri medio  | <b>Nm-ma</b> : Tobas soldadas liticas porfiríticas gris rojiza, liticas |
|           |           |          | Intrusivo Andesítico       | <b>PN-pand</b> : Porfido andesítico                                     |

**LEYENDA**

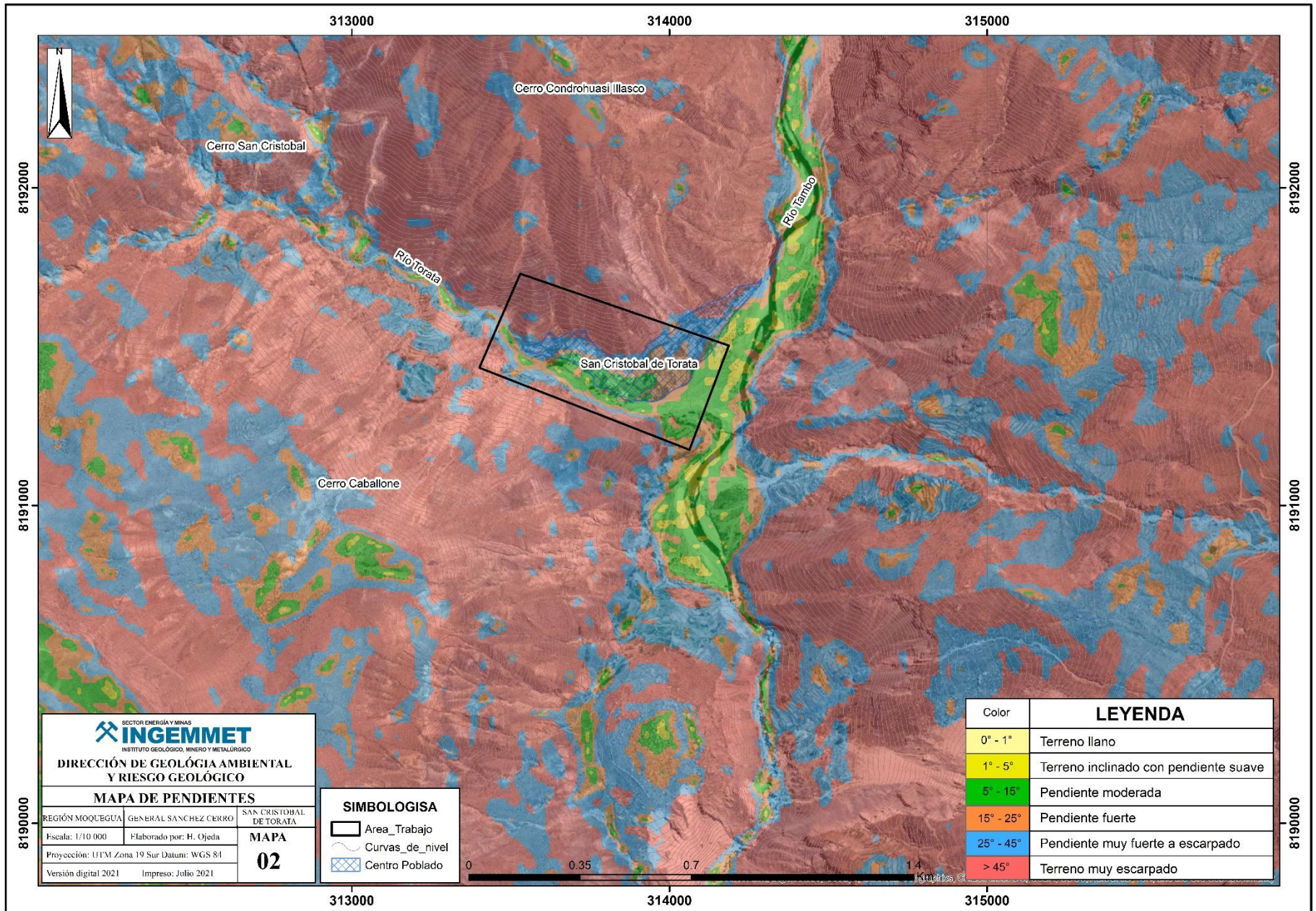
□ Area\_Estudio

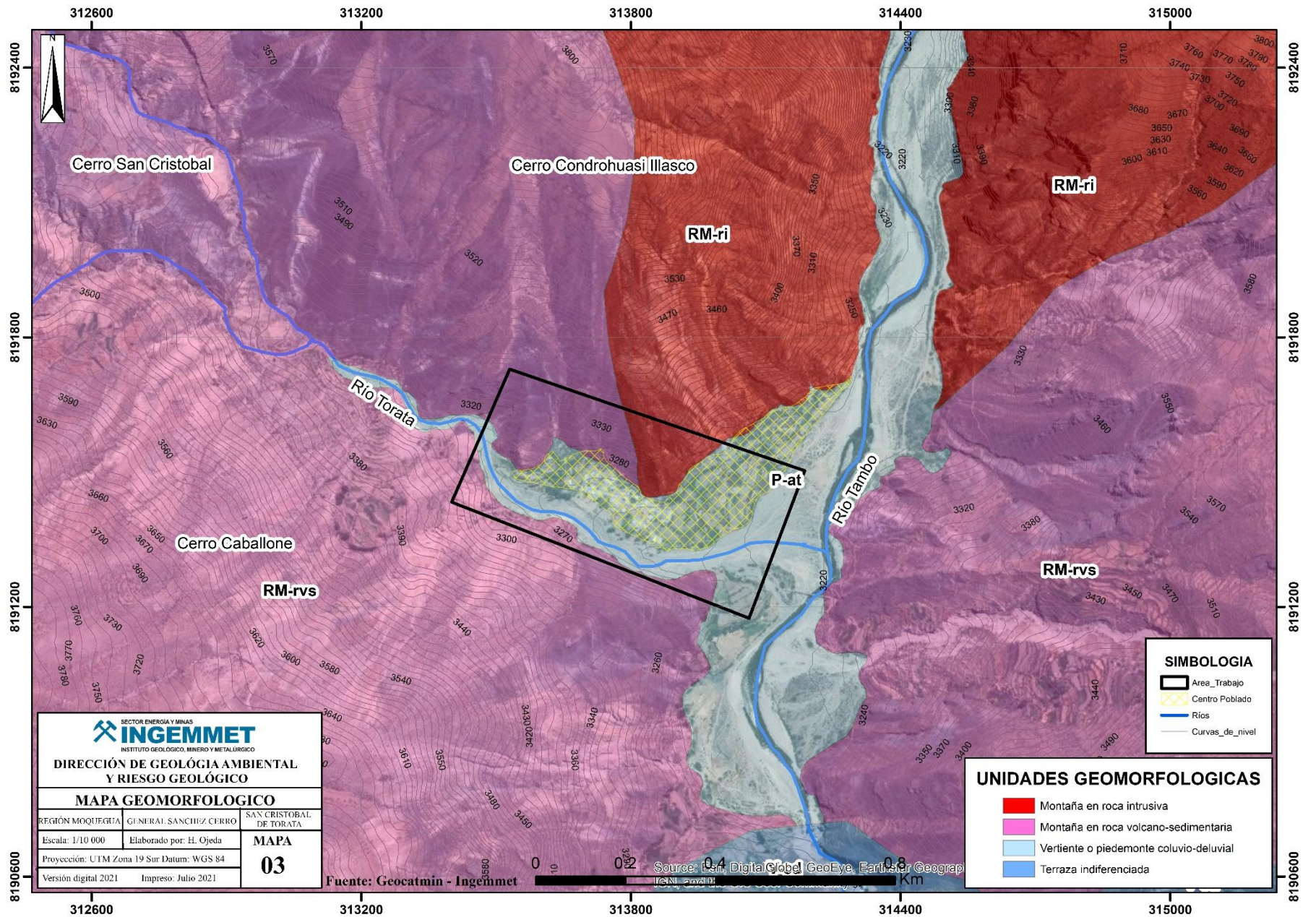
**Geologia**

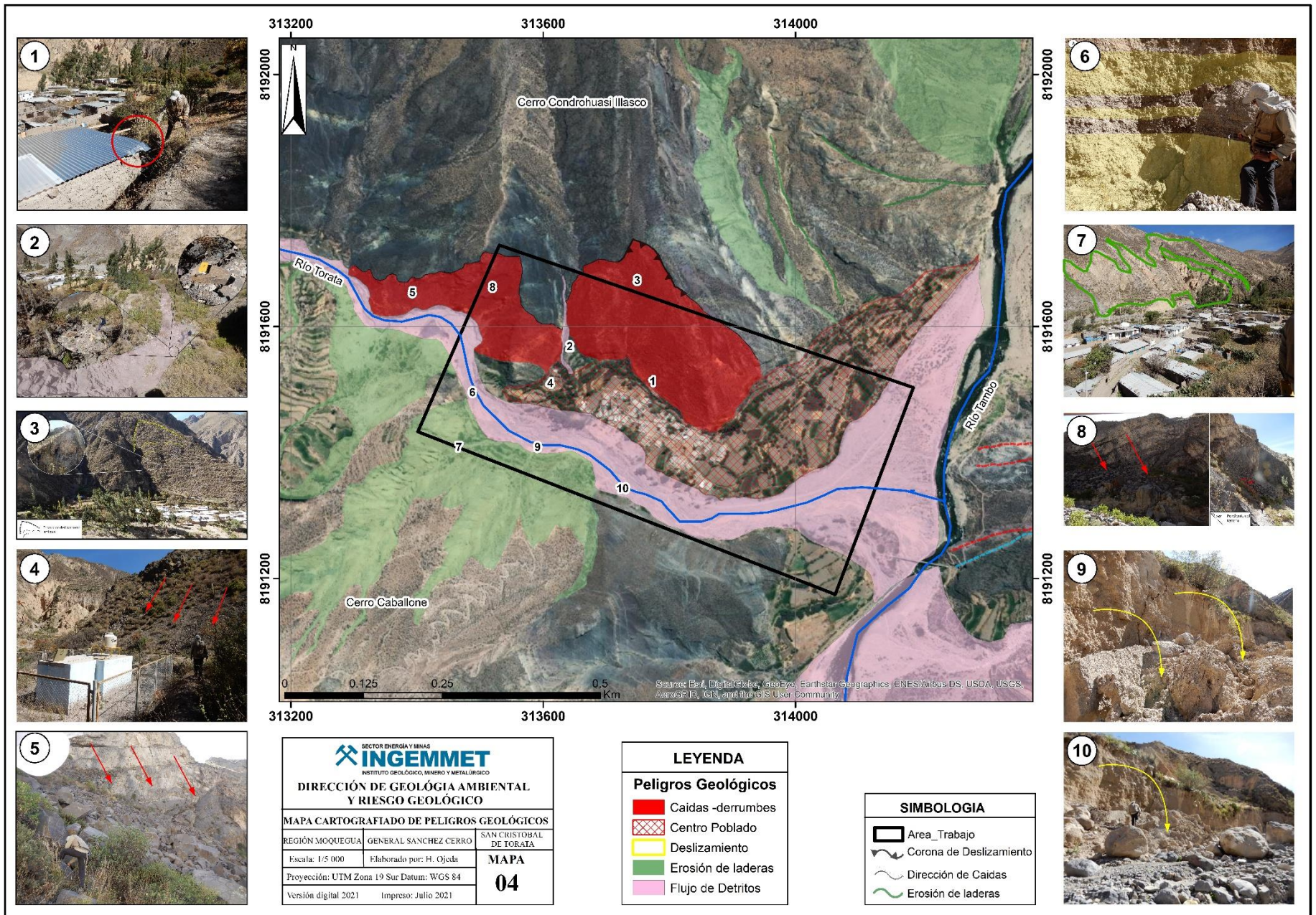
□ Depósito aluvial

■ Grupo Maure

■ Pórfido andesítico







## ANEXO 2: GLOSARIO

### Peligros geológicos

Son fenómenos que podrían ocasionar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.

### Susceptibilidad

La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

### Deslizamiento (Slide)

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

**Deslizamiento rotacional:** En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal (figura 17). La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es autodeslizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es, con frecuencia, baja excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

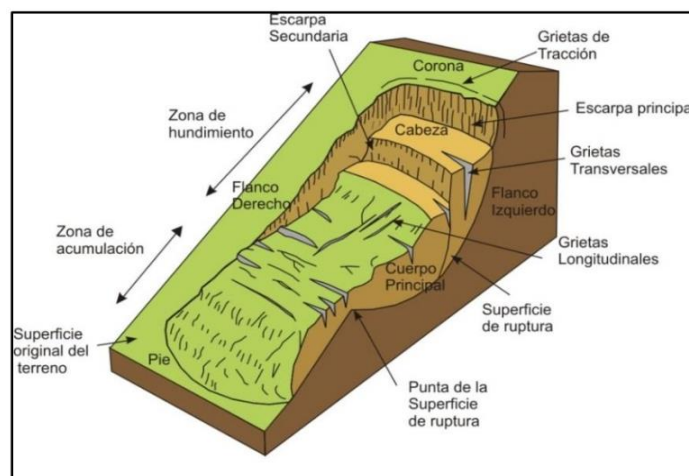
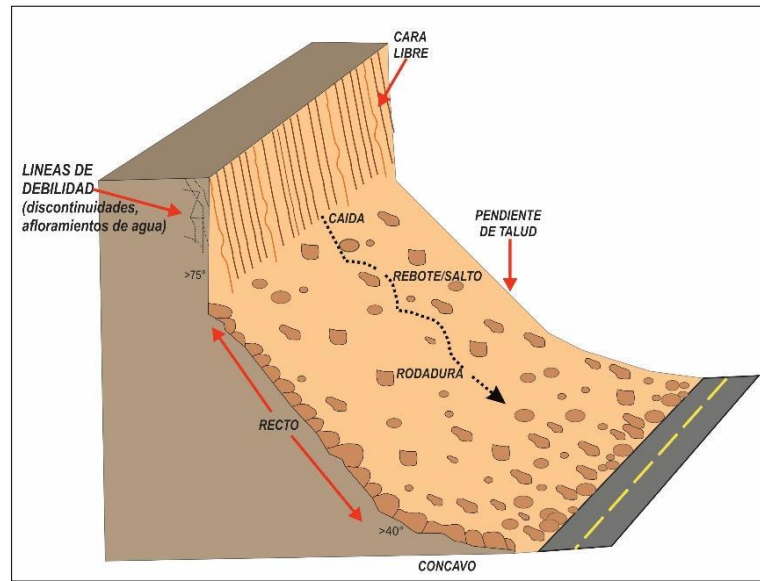


Figura 17. Partes de un deslizamiento rotacional.

## Caída de rocas – derrumbe

Son fenómenos asociados a la inestabilidad de las laderas de los cerros, consisten en el desprendimiento y caída repentina de una masa de suelo o rocas o ambos, que pueden rodar o caer directamente en forma vertical con ayuda de la gravedad (figura 18). Son producidos o reactivados por sismos, erosión (socavamiento de la base en riberas fluviales o acantilados rocosos), efecto de la lluvia (saturación de suelos incoherentes) y la actividad humana (acción antrópica: cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas (Vílchez, 2019).

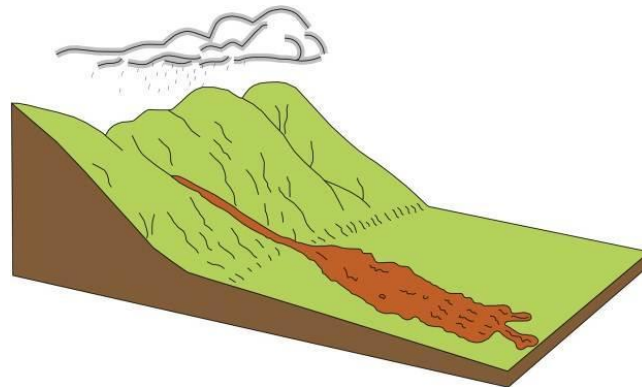


**Figura 18.** Esquema de Derrumbe (Vílchez, 2015).  
 Flujos de detritos

## Flujo de detritos

Los flujos de detritos, comúnmente conocidos como “huaicos”, son muy comunes en nuestro país debido a la configuración del relieve en el territorio, constituido por altas montañas, vertientes pronunciadas, estribaciones occidentales sumamente áridas con rocas y suelos deleznable o susceptibles de remoción con aguas de lluvia. Los flujos de detritos son corrientes que se caracterizan por flujos muy rápidos o avenidas intempestivas de agua turbia, que arrastra a su paso, materiales de diferentes características provenientes de la meteorización de las rocas, estos van desde suelos finos hasta enormes bloques de roca, maleza y árboles, que pierden su estabilidad estructural por efecto del agua. Se desplazan a lo largo de un cauce definido con desbordes laterales, en su parte terminal está conformado por un abanico proluvial (figura 19).

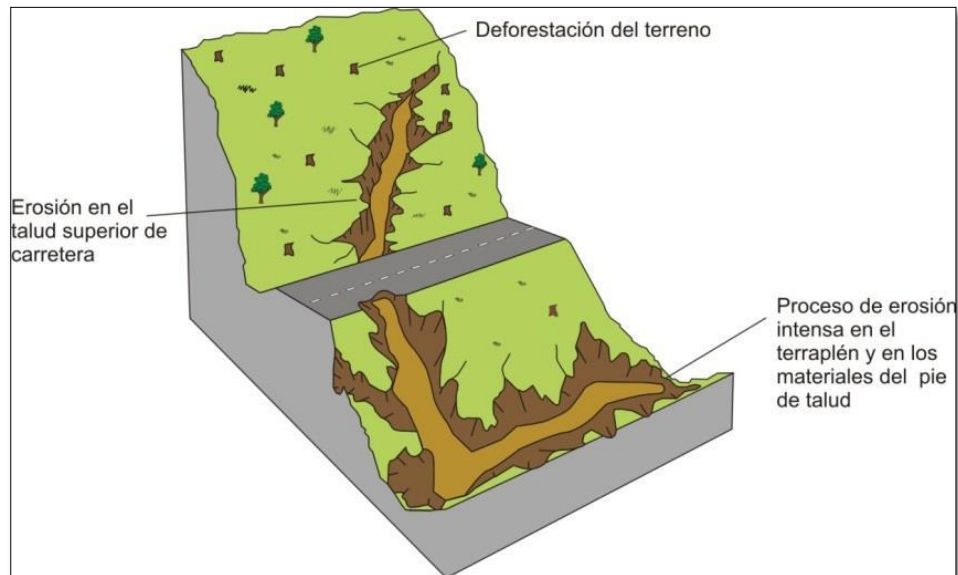




**Figura 19.** Flujo de detritos (USGS, 2007).

### **Erosión de laderas:**

Este tipo de eventos son considerados 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 (figura 20). 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 (Gonzales de Vallejo et al., 2002).



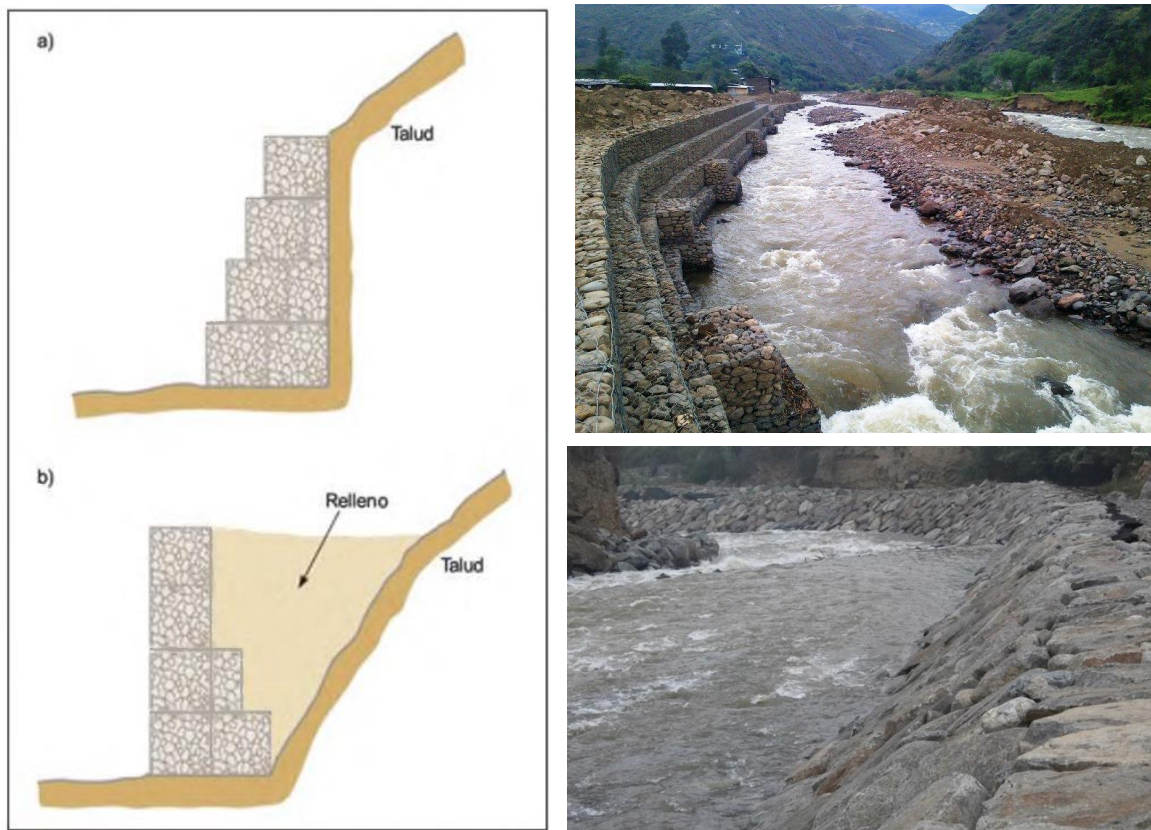
**Figura 20.** Esquema de erosión de laderas en cárcavas.

### ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

De acuerdo a las características condicionantes existentes en el sector San Cristóbal de Torata por la ocurrencia de flujo de detritos de manera recurrente, este evento podría acelerarse por intensas lluvias por tal motivo se da algunas alternativas de solución de forma general para la zona evaluada, con la finalidad de minimizar los efectos negativos que este evento podría generar a la población de San Cristóbal de Torata.

#### 3.1 Medidas de Control para erosión fluvial e inundaciones

Esta medida de control y mitigación, esta orientado a minimizar los desbordes y erosiones que ocurren en el margen izquierdo de río Torata, los cuales por efectos de las avenidas o flujo de detritos podrían afectar seriamente al poblado de Torata. Para la protección a nivel de cause se recomienda la construcción de muros de gaviones flexibles o enrocados (figura 21) alrededor del centro poblado de Torata (figura 22). Este tipo de obras es recomendado por su facilidad de construcción y su bajo presupuesto.



**Figura 21.** Esquema para la protección de defensa ribereña (Flexible o enrocado).



**Figura 22.** Zona propuesta para realizar obras de defensa ribereña en la margen izquierda del río Torata.