

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7043**

# **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CERRO TARTAYOC DEL CENTRO POBLADO DE ACOCRA**

Región Huancavelica  
Provincia Tayacaja  
Distrito Pazos



## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. OBJETIVOS .....	2
1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES .....	2
2. ASPECTOS GENERALES.....	4
2.2. Clima e hidrografía.....	5
2.3. Vegetación.....	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	6
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	10
4.1. Pendiente del terreno.....	11
4.2. Unidades geomorfológicas .....	12
4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional .....	12
4.2.2. Geoformas de carácter depositacional o agradacional .....	14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	16
5.1. Derrumbe.....	16
5.1.1. Derrumbe en el cerro Tartayocc .....	17
5.2. Erosión fluvial.....	20
5.3. Inundación en el centro poblado de Acocra .....	22
5.4. Represamiento del río Acocra .....	23
6. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN .....	25
6.1. Mitigación de peligros por derrumbes.....	25
6.2. Mitigación de peligros por inundación y erosión fluvial .....	27
CONCLUSIONES .....	30
RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32

## EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CERRO TARTAYOC DEL CENTRO POBLADO DE ACOCRA

(Distrito Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica)

### RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos, realizados en el cerro Tartayoc del centro poblado de Acocra, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Pazos, provincia de Tayacaja, región Huancavelica. 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).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada, corresponden a rocas de origen sedimentario del Grupo Cabanillas (limolitas, pizarras y areniscas oscuras) y el Mitú (conglomerados, areniscas feldespáticas y andesitas) Intrusivo Carampa (dacita) y depósitos recientes: glaciares, aluviales.

Las unidades geomorfológicas corresponden con geoformas identificadas de origen tectónico-degradacional y erosional (montañas, colinas y lomadas de rocas sedimentarias), y geoformas de carácter depositacional y agradacional, vertiente o piedemonte y planicie (vertiente o piedemonte coluvio-deluvial, terraza aluvial).

En el cerro Tartayoc del centro poblado de Acocra, se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa como: derrumbes y erosión de laderas (cárcavas); así como peligros geohidrológicos relacionados con erosión fluvial, inundación y deslizamiento en el centro poblado de Acocra.

Los principales factores condicionantes son la pendiente que presenta el cerro Tartayoc que varía de fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25°- 45°), y el centro poblado de Acocra presenta terrenos, que pasan de inclinados suave (1°-5°) a moderado (5°- 15°), y roca sedimentaria en procesos de metamorfismo, que facilita la ocurrencia de eventos en dicho cerro y alrededores. Los factores desencadenantes, son las lluvias intensas que se dan todos los años entre los meses de noviembre a marzo; así como la actividad sísmica.

Finalmente, estabilizar el derrumbe cerro Tartayoc, para evitar un embalse del río Acocra, que afectaría a los pobladores que se encuentra aguas abajo y considerar reubicar las viviendas ubicadas próximas al cauce del río Acocra, las cuales son consideradas de alto riesgo.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Gobierno Regional de Huancavelica, mediante Oficio N°001-2020/GOB.REG.HVCA/COER-EV de fecha 12 de febrero del presente, solicitó al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), una evaluación técnica por peligros geológicos del cerro Tartayocc del centro poblado de Acocra, distrito de Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica.

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 y consideraciones geotécnicas a nivel nacional; contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológicos en zonas que tengan elementos vulnerables. Para ello, la DGAR designó a la Ing. Norma Sosa Senticala y Geol. Richard Huayta Pacco, para realizar la evaluación técnica respectiva.

El trabajo de campo se realizó el día 25 de febrero del presente, previa coordinación con el alcalde del distrito de Pazos, durante el recorrido por la zona evaluada se contó con la presencia de un representante de la plataforma de Defensa Civil del distrito de Pazos; así como pobladores.

Finalmente, con la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales y fotos aéreas de la zona, datos obtenidos en campo (coordenadas GPS, fotografías), cartografía, se proporciona una evaluación técnica que incluye resultados y recomendaciones para mitigación y prevención de daños ocasionados por procesos activos en el marco de la gestión de riesgo de desastres.

Este informe se pone en consideración al Gobierno Regional de Huancavelica y Municipalidad distrital de Pazos, provincia de Tayacaja, región Huancavelica.

### 1.1. OBJETIVOS

El presente informe tiene como objetivos:

- Identificar, delimitar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el cerro Tartayocc del centro poblado de Acocra, del distrito de Pazos, que comprenden la seguridad de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos por movimientos en masa identificados.

### 1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES

Existen trabajos previos que incluyen al cerro Tartayocc del centro poblado de Acocra, relacionados a temas de geología y geodinámica, de los que destacan las publicaciones por INGEMMET:

- En el Boletín N° 69, Serie C: Geodinámica e ingeniería geológica: "Peligro geológico en la región Huancavelica" (Vilchez, et al 2019), se identifican los peligros geológicos y geohidrológicos que pueden causar desastres dentro del ámbito de estudio. Se identificó un total de 1740 ocurrencias de peligros (incluye eventos próximos al poblado de Acocra) y se determinó 45 zonas críticas.

- En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, escala 1:250 000 (escala regional) elaborado por INGEMMET, 2019; el sector de Acora del distrito de Pataz, se localiza en una zona de susceptibilidad a Muy Alta a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1).

- **Susceptibilidad Muy Alta:**

Zonas que presentan las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa. Principalmente son áreas donde ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes (inventariados en el presente estudio), o reactivaciones de los antiguos al modificar sus taludes, ya sea como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos.

Estas áreas presentan pendientes fuertes (15° a 25°) a muy fuertes (25° a 45°), compromete a suelos coluviales derivados de antiguos movimientos en masa, el sustrato está conformado por rocas sedimentarias (Grupos Ambo, **Cabanillas**, y Yura, Formaciones Huanta, Chambará, Copacabana, Acobamba, Chulec y Atocongo), volcánicas (Formaciones Julcani y Tacasa), Volcano-Sedimentario (Grupo Mitú, Formación Huaranguillo), metamórficos (Complejo Metamórficos de la cordillera Oriental) Intrusivas (dioritas y tonalitas de las super unidades de Incahuasi y Pampahuasi granodioritas de la súper unidad Tiabaya). Estas rocas se encuentran muy fracturadas y meteorizadas a suelos de tipo arcillo-limoso y areno-limoso.

Se incluyen dentro de esta zona las unidades geomorfológicas de montañas modeladas en rocas sedimentarias, sedimentarias, intrusivas, sedimentarias, volcánicas y volcánicas-sedimentarias, piedemonte coluviales.

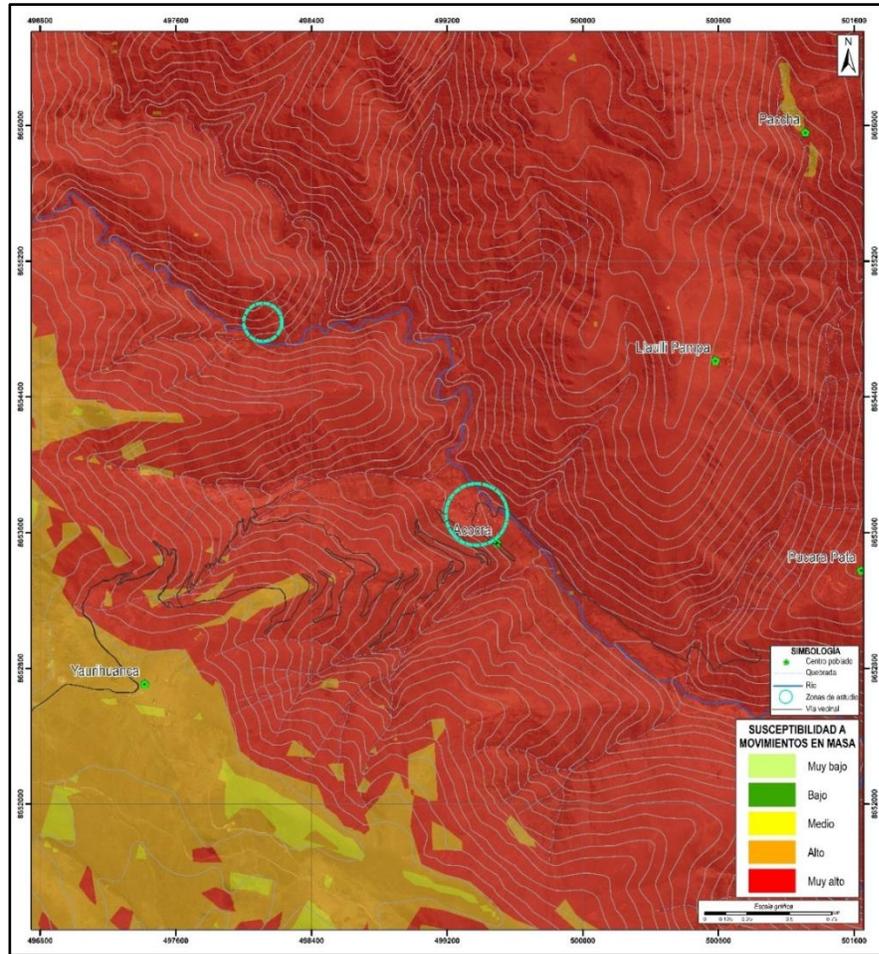


Figura 1. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa (Vilchez, M. et al, 2019).

- En el Boletín N°18, Serie A, Carta Geológica Nacional “Geología del cuadrángulo de Huancayo” (1968), se describe la geología presente en la zona de estudio, donde se exponen rocas de la edad Paleozoica de naturaleza sedimentaria.
- La “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas” (2003), se realiza un cartografiado al detalle de la geología del sector de Acocra, donde la definición de la Formación Cabanillas; cartografía detallada, resaltando los niveles limoarcillitas y pizarras. Anteriormente agrupadas dentro del Grupo Excélsior.

## 2. ASPECTOS GENERALES

### 2.1. Ubicación y accesibilidad

La zona de estudio corresponde al centro poblado de Acocra, distrito de Pazos, provincia de Tayacaja, región Huancavelica, ubicado entre las coordenadas UTM – WGS84 (figura 2).

COORDENADAS		
Norte	Este	Altitud
8654810	498012	3498

Para el acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima, se realiza por la carretera Central Lima – La Oroya – Huancayo, el que se detalla a continuación:

ACCESIBILIDAD					
Tramo		Km	Tipo de transporte	Tipo de vía	Tiempo
Lima	La Oroya	184 km	Vía terrestre	Asfaltado	5 h y 20 min
La Oroya	Huancayo	123 km		Asfaltado	2 h y 20 min
Huancayo	Acocra (distrito de Pazos)	72 km		Trocha	1 h y 20 min

## 2.2. Clima e hidrografía

De acuerdo con los datos climáticos (clasificación climáticos por el método de Thornthwaite) en el ámbito de la zona evaluada el clima semiseco, característico de la región de la sierra; este tipo climático de la región de la sierra, se extiende entre los 3000 m s.n.m. y 4000 m s.n.m.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en la zona estudiada la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre – mayo) es de 500 mm a 700 mm y para el período de precipitación Acumulado, y sus temperaturas mínimas de 6° C que sobrepasan de 19° C, presentan veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes precipitaciones.

La red hidrográfica está conformada por el río Acocra, que tiene un ancho de 5 m, que son aportadas con las quebradas Tartayocc, Liriopata y otras que están presentes en la zona.

## 2.3. Vegetación

La vegetación presente en la zona es de tipo matorral húmedo, localizada en las porciones elevadas de la cordillera de los Andes, desde aproximadamente 3000 m s.n.m. a 3900 m s.n.m, conformada por la presencia de comunidades arbustivas que mantiene su follaje siempre verde durante el año, generalmente alcanzan alturas de 4 m y se encuentran de forma dispersa y formando bosquetes en zonas inaccesibles y con escasa actividad antrópica, se tiene una diversidad de especies de matorral perennifolio entre las que destacan el maqui maqui, quishuar, huaranguay, mutuy, chilca, chachacomo, entre otras (INRENA, 1996).

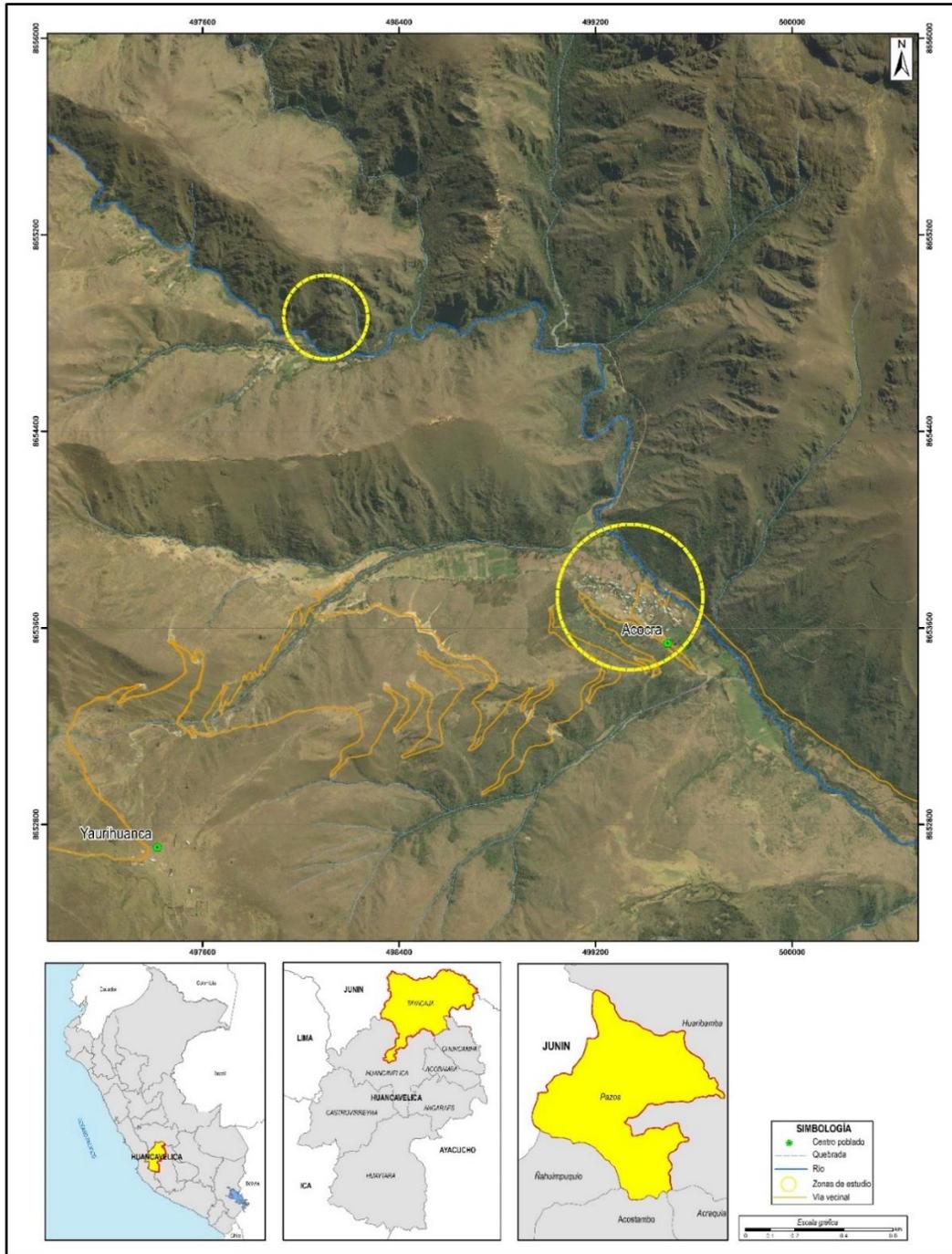


Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de evaluación.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico de la zona de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N°18, Serie A, Carta Geológica Nacional “Geología del cuadrángulo de Huancayo” (1968), en donde regionalmente el

substrato rocoso de naturaleza sedimentaria (figura 5) del Paleozoico (Devoniano), y depósitos cuaternarios.

A continuación, de manera resumida se presenta una descripción de las principales formaciones geológicas que afloran en el centro poblado de Acoria y alrededores.

**A) PALEOZOICO**

**Grupo Cabanillas (D-ca)**

Esta unidad, al igual que las rocas metamórficas se encontraban agrupadas dentro del Grupo Excélsior, en el presente estudio se han cartografiado como Grupo Cabanillas por la similitud litológica con esta unidad. Se distribuye ampliamente a manera de franja alargada con dirección NO–SE.

Litológicamente, está compuesto en sus niveles más inferiores por una secuencia monótona de limoarcillitas y pizarras oscuras de color negro en capas delgadas de hasta de 10 centímetros, con algunas intercalaciones de areniscas oscuras y gris verdosas de grano grueso en capas delgadas. (Cerrón Z., Ticona, P. 2003), como se detalla en la columna estratigráfica del Cuadrángulo de Pampas (figura 3).

\*En la zona evaluada, presentan sedimentos metamórficas del grupo Cabanillas (fotografía 1). El substrato presenta meteorización moderada, tiene mucha resistencia al golpe del martillo.

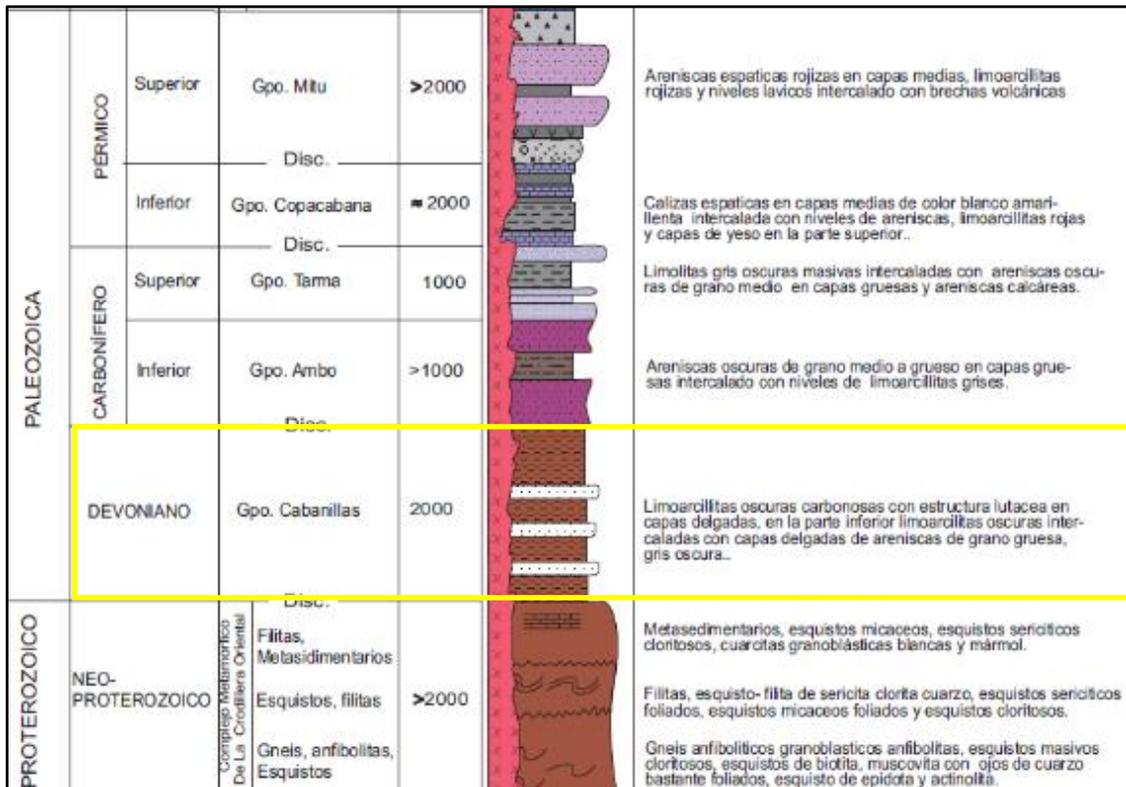


Figura 3. Columna estratigráfica del cuadrángulo de Pampas (Cerrón Z., Ticona, P. 2003)



**Fotografía 1.** Vista donde se observa afloramiento de pizarras del Grupo Cabanillas

### **Grupo Mitú (PET-m)**

Litológicamente, está compuesto por tres secuencias bien definidas: hacia la base, secuencias de conglomerados polimícticos, areniscas feldespáticas, rojizas y pardo violáceas, grano medio a fino, bien estratificadas, alternadas con derrames andesíticos, con presencia de amígdalas rellenas de zeolita, epidota y a veces de malaquita, en su parte media a superior se compone enteramente de areniscas feldespáticas, pardo rojizas con niveles de arcillitas rojizas, fisibles y hacia las partes superior se presenta capas de brechas intercaladas con areniscas feldespáticas y limoarcillitas rojizas. Esta unidad se ubica al SW del centro poblado de Acocra.

### **Carampa, Dacita (PET-ca-da)**

Este cuerpo de roca intrusiva aflora en la localidad de Carampa, de forma irregular se encuentra emplazado en rocas del Grupo Cabanillas y del Grupo Mitú. La roca presenta un color, gris claro con tonalidad verde clara, equigranular y grano medio. Macroscópicamente presenta plagioclasas, cuarzo, y en menor proporción minerales máficos (hornblenda y biotita). Fotografía 2. (Cerrón Z., Ticona, P. 2003,).



**Fotografía 2.** Se observó fragmentos de dacita, las que fueron transportadas en la quebrada Liriopata, en las siguientes coordenadas UTM N 8654721, E 497942, con una cota de 3445.

## **B) CENOZOICO**

### **DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)**

Están formados por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, gravas, arenas, entre otros.), transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas (figura 4). Se encuentran próximos a las quebradas Tartayoc, Liriopata y otras que se desplazaron hasta el río Acocra.



**Figura 4.** Vista al suroeste, donde se puede observar depósitos aluviales, muchos de estos están ocupados por cultivos.

## DEPÓSITOS GLACIARES

Se localizan en zonas de gran elevación generalmente descubiertas y que solo presentan cobertura de nieve estacional-temporal, como por ejemplo en las cabeceras de las cuencas de los ríos. Esto debido al proceso de retroceso glaciar marcado que han sufrido las zonas de cordillera en los Andes, por el cambio climático. Las principales exposiciones se localizan a lo largo de la Cordillera Occidental de los Andes, corresponden a las acumulaciones heterométricas de gravas angulosas, bloques, guijarros y arena, dispuestas sin estratificación en una abundante matriz de limo y arcilla.

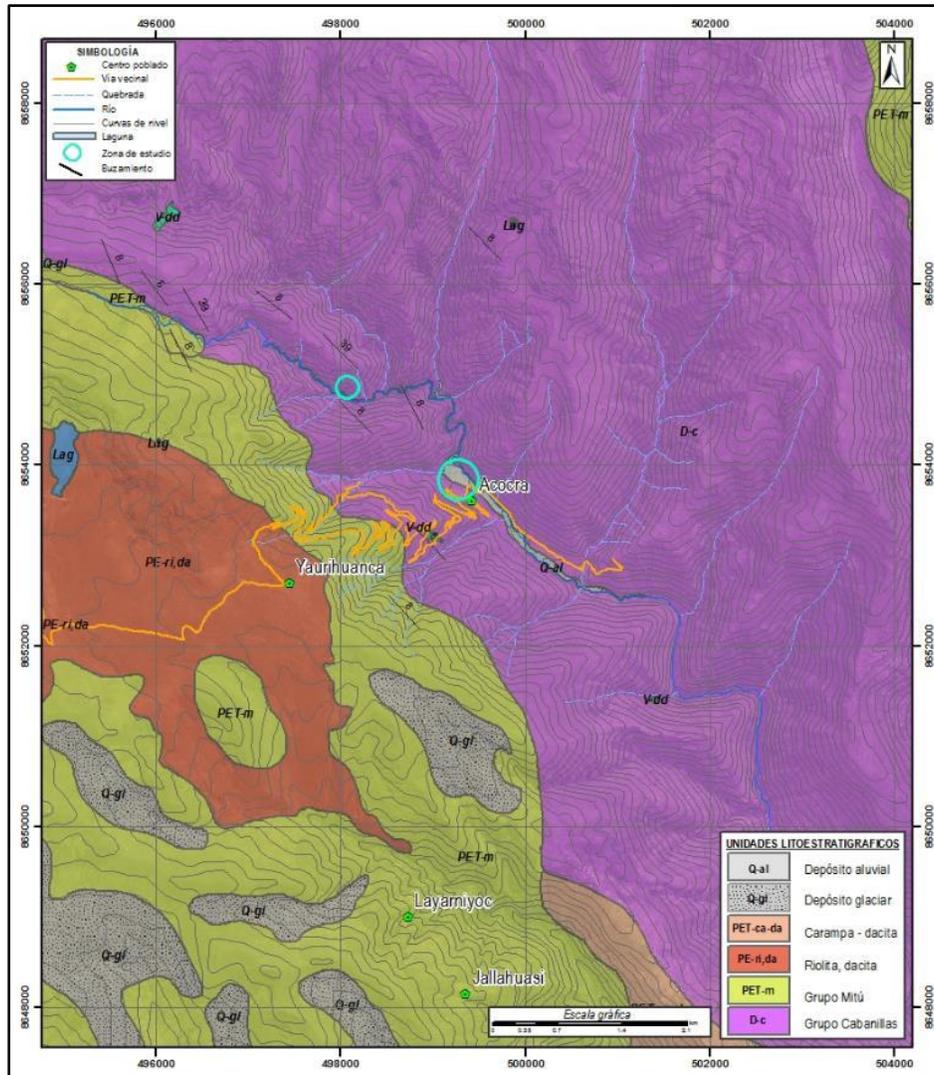


Figura 5. Mapa de unidades litoestratigráficas de la zona de evaluación (Modif. Cerrón, F. & Ticona P. (2003))

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en la zona 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, et al 2019).

#### 4.1. Pendiente del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa (Ficha de Inventario: DGAR-F-148, INGEMMET).

A continuación, se presenta un mapa de pendiente (figura 6) elaborado en base a un Modelo de Elevación Digital (DEM), de 30 m de resolución, tomado del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). La pendiente en las laderas que conforman el relieve montañoso en la zona estudiada (derrumbe en el cerro Taratayocc) varía de fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25°- 45°), y el centro poblado de Acocra presenta terrenos, que pasan de inclinados suave (1°-5°) a moderado (5° - 15°).

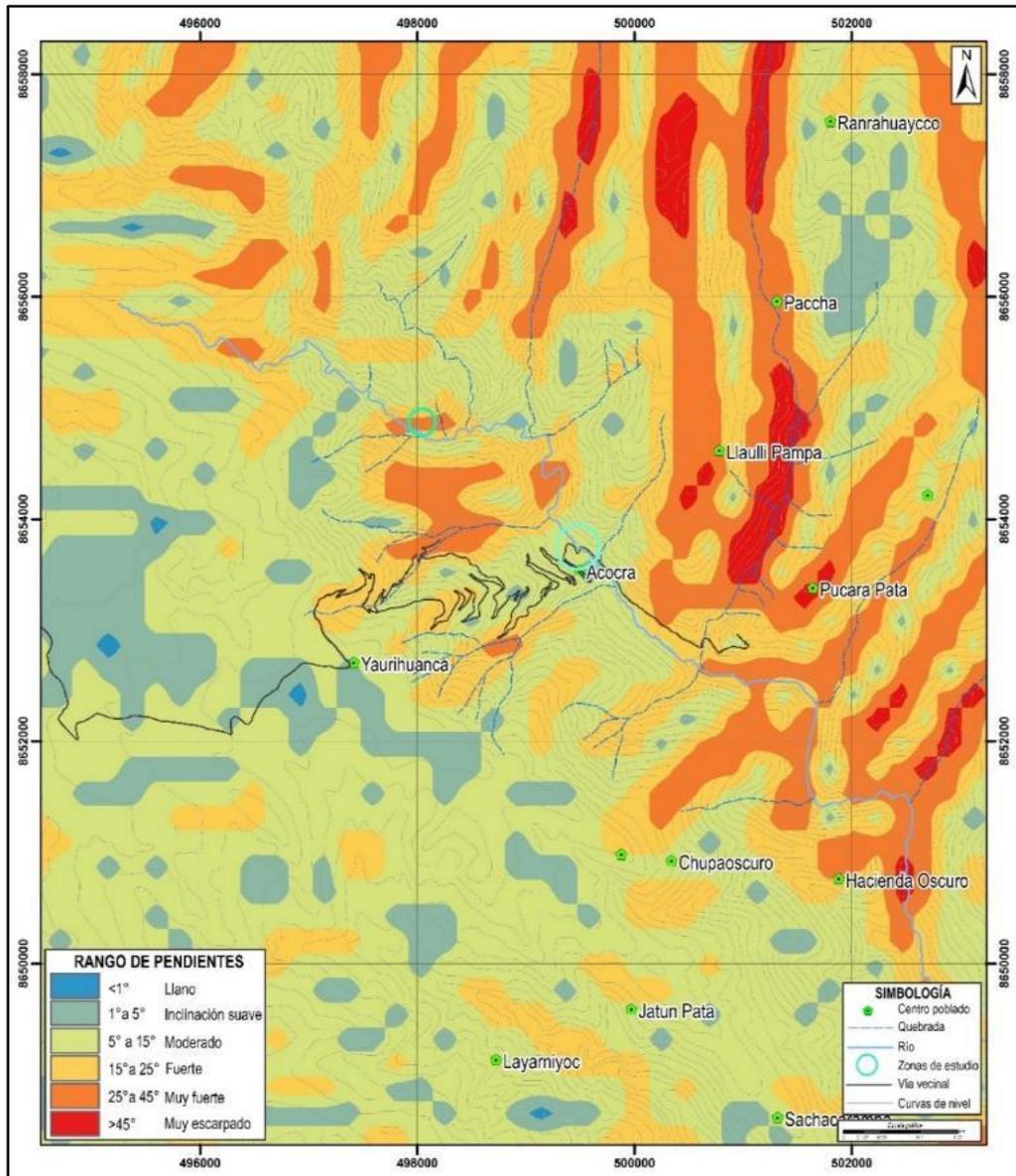


Figura 6. Mapa de pendientes de la zona de estudio.

## 4.2. Unidades geomorfológicas

En la zona evaluada y sus alrededores se identificaron las siguientes Geoformas, que se agrupan según su origen:

<b>Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional</b>	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montaña de roca sedimentaria (RM-rs)
Colina y Lomada de roca sedimentaria	Colina y Lomada de roca sedimentaria (RCL-rs)
<b>Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional</b>	
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
Planicie	Terraza aluvial (T-al)
	Cauce (C)

### 4.2.1. Geoformas 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).

#### **Unidad de Montaña**

Se consideran dentro de esta unidad a las Geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamientos, glaciación, etc.).

#### **a) Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs)**

Estas montañas han sido levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía, los glaciares y el agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad. En estas montañas el plegamiento de las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales; sin embargo, estas pueden presentar localmente, laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias, sin que lleguen a constituir cadenas montañosas.

En la zona evaluada corresponde a montañas de rocas sedimentarias del grupo Cabanillas, las rocas son de tipo limoarcillitas y pizarras oscuras de color negro en capas delgadas de hasta de 10 centímetros. Geodinámicamente están asociadas a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos, flujos de detritos y procesos intensos de erosión de laderas (fotografía 3).



**Fotografía 3.** Vista al sur donde se observa montañas del grupo Cabanillas; en ambos lados del poblado de Acocra.

**b) Subunidad de colinas y lomadas en roca sedimentaria (RCL-rs)**

Conformadas por rocas sedimentarias, reducidas por procesos denudativos, conformando elevaciones alargadas (figura 7). Geodinámicamente se asocian a la ocurrencia procesos de derrumbes, erosión de ladera, cuando las secuencias sedimentarias se encuentran muy fracturadas, alteradas o poco consolidadas



**Fotografía 7.** Se observa relieves de colinas y lomadas en roca sedimentaria del Grupo Cabanillas al suroeste del poblado de Acocra.

#### 4.2.2. Geformas de carácter depositacional o agradacional

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. Conformando así unidades de piedemonte, planicies y planicies inundables.

##### Unidad de piedemonte

Acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arena, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos pueden ocupar grandes extensiones

##### **a) Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)**

Corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caída de rocas), así como también, por la acumulación de material fino y detritos, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas (figura 8). Estas se encuentran a 25 metros del cerro Tartayoc y alrededores.



**Figura 8.** Vista donde se observa piedemonte coluvio deluvial, al pie del cerro Tartayoc y alrededores.

##### Unidad de 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, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

### a) Subunidad de terraza aluvial (T-al)

Esta subunidad está conformada por porciones de terrenos que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho de un río. En el área se encuentran terrazas de diferentes dimensiones, en la margen izquierda del río Tartayocc.

Las extensiones de las terrazas están relacionadas a los niveles antiguos de sedimentación fluvial, donde las terrazas más antiguas están a mayor altura; estas geoformas han sido por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle (figura 9). Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas.



Figura 9. Vista en donde se observa cultivos sobre las terrazas antiguas del sector.

### b) Subunidad de cauce

Esta unidad está compuesta por bolos, gravas, arenas, etc. transportadas por las corrientes del río Acocra, al noroeste de la zona de estudio (fotografía 4), tiene un ancho de cauce variable de 12 m y 4 m, en las márgenes del río se depositaron bloques de hasta de 5 m.



**Fotografía 4.** Vista donde observa el cauce del río Acocra, ubicada en la margen derecha del poblado de Acocra.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

### **Conceptos generales**

Los peligros geológicos reconocidos en la zona de estudio, corresponden a movimientos en masa de tipo derrumbes según la PMA, GCA, (2007), así como otros peligros como erosión de ladera (figura 17).

El proceso de modelamiento de terreno, así como la incisión de las quebradas en los cerros, conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia las quebradas.

Los movimientos en masa se originaron por la combinación de diversos factores: los “condicionantes o intrínsecos” (geoforma y pendiente del terreno, el tipo de suelo o litología, drenaje superficial y subterránea, así como la cobertura vegetal), combinados con factores antrópicos (corte de carretera, canales sin revestimiento, tala de árboles, etc.). Los “desencadenantes” de estos eventos son las lluvias intensas, que caen en la zona entre los meses de noviembre y febrero y la ocurrencia de sismos.

### **5.1. Derrumbe**

En Perú se utiliza este término para diferenciar un tipo de caída. (PMA: GCA, 2007).

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 10). 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 (Vilchez, 2019).

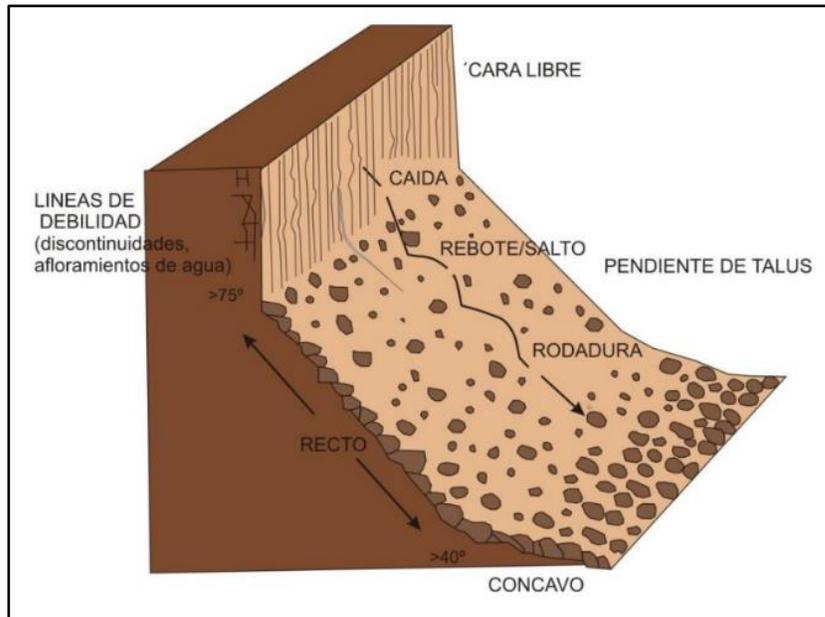


Figura 10. Esquema de un derrumbe (Vilchez, 2015)

### 5.1.1. Derrumbe en el cerro Tartayocc

Se identificó un derrumbe reciente; inicia desde la parte alta del cerro Tartayocc, este se ubica en la margen izquierda de la quebrada Tartayocc. Presenta las siguientes características: ancho de 64 m y una altura entre el escarpe y el pie de 105 m, con presencia de grietas longitudinales. Se encuentran en las siguientes coordenadas UTM N8654804, E498015, con una elevación de 3623 m s.n.m. Este fenómeno se generó a 2 km, en línea recta desde Acocra (figura 11).

En el año 2019, el derrumbe del cerro Tartayocc se reactivó durante las lluvias extraordinarias producidas en diciembre, se localiza en el punto de coordenadas UTM N8654810, E 498012, con una cota de 3498 m s.n.m., así mismo, se identificaron grietas longitudinales, en la margen derecha y en la cabecera del derrumbe.



**Figura 11.** Vista del derrumbe (líneas de color rojo) en laderas del cerro Tartayocc, con dimensiones de 64 m de ancho y altura entre el escarpe y el pie de 105 m, y presencia de grietas longitudinales (líneas de color naranjas). Se encuentran en las siguientes coordenadas UTM N8654804, E498015, con una elevación de 3623 m s.n.m.

Así también, durante los trabajos de inspección se identificaron tres derrumbes entre las coordenadas:

N°	Norte	Este	Cota
1	8654950	497711	3495 m s.n.m
2	8655285	497551	
3	8655204	497393	
4	8655278	497309	

Estos derrumbes se encuentran en la margen derecha de la quebrada Tartayocc, ocasionados por las precipitaciones desde los años 1945, según indican los pobladores. El talud afectado tiene alturas máximas de 90 m a mínimas de 35 m, donde las capas se inclinan en contra del talud de corte (figura 12).



**Figura 12.** Vista donde se aprecian otros derrumbes a 320 m del derrumbe principal, el material caído y parte del material colgado en la parte superior del talud, se depositan en la quebrada Tartayocc, que en temporada de lluvias excepcionales genera flujos de detrito (huaicos) que se transportan hasta el poblado de Acocra.

### **CAUSAS:**

#### ***Factores de sitio:***

- Configuración geomorfológica del área (montañas en rocas sedimentarias, disectadas por profundas quebradas).
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 25° y 45°.
- Características litológicas del área (afloramiento de rocas de diferente competencia, conformado por el Grupo Cabanillas. Se considera a esta secuencia estratigráfica como una roca de calidad regular a mala, muy fracturada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de pizarras).
- Substrato de mala calidad presente con un grado de meteorización moderado a alto.
- Suelos de tipo limo-arcilloso con gravas y bloques.
- Cobertura vegetal de tipo cultivos y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

#### ***Del entorno geográfico:***

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan; forman escorrentía superficial que erosiona las laderas a manera de surcos y cárcavas.
- Presencia de aguas subterráneas (lagunas).
- Dinámica fluvial, que produce socavamiento del pie de la zona inestable.

**Factores antrópicos:**

- Deforestación de la vegetación natural para ser reemplazada con cultivos de y árboles frutales.

## 5.2. Erosión fluvial

Se define como trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre y se realiza en forma de arranque del material, abrasión fluvial, corrosión y atrición fluvial (figura 13). Además, la erosión fluvial socava el valle en forma de “v”, y también profundiza, ensancha y alarga el cauce; la intensidad de cada uno de estos procesos dependiendo el estado de desarrollo (Dávila.j. 1999).

En el mes de febrero del 2019, en la parte alta de la quebrada Tartayocc, y aledañas, se presentaron lluvias extraordinarias. Este evento incrementó el caudal de la quebrada anteriormente mencionada, lo que aumentó la erosión fluvial de sus márgenes y generaron inundaciones que llegaron hasta la plaza del centro poblado de Acocra, la que se ubica en la margen derecha de la quebrada Tartayocc.

Durante los trabajos de campo se observó, en la margen izquierda de la quebrada, la erosión que destruyó parte de la alcantarilla de concreto, y erosionó 13 m de la base de la plataforma de la carretera Acocra – Pucara Pata (figura 14).

Los procesos de erosión e inundación fluvial, también afectaron terrenos de cultivo del centro poblado de Acocra que se encuentran en la margen derecha del río Tartayocc (fotografía 4).

Este proceso de erosión fluvial, también afectó parte de un estribo del puente de concreto, que permite el ingreso al poblado de Acocra (figura 15).

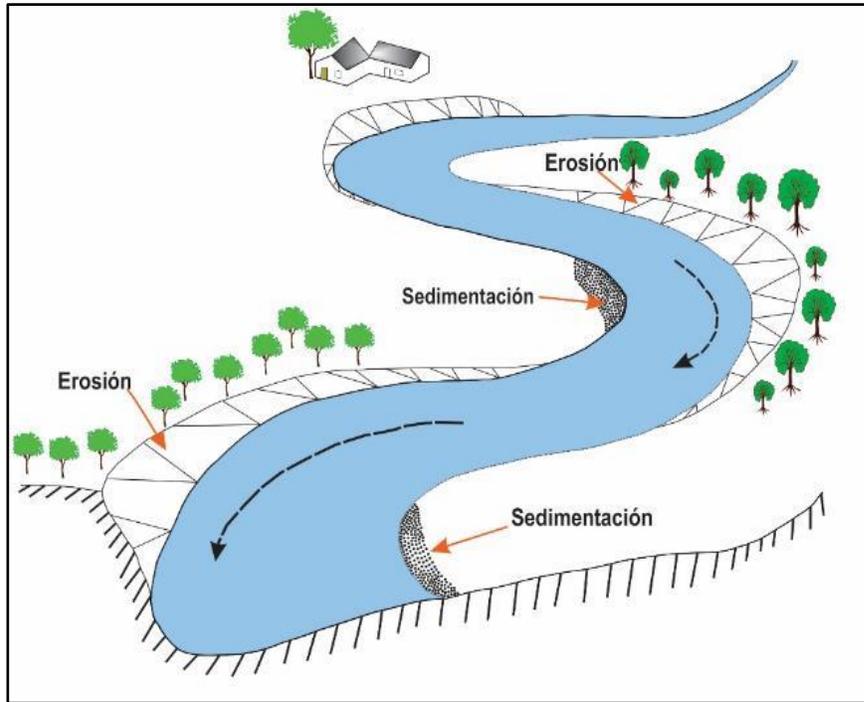


Figura 13. Erosión fluvial que ensancha el cauce de un río. (Elaboración propia)



Figura 14. Se muestra alcantarilla de concreto destruido, ubicado en la margen izquierda del río Acocra.



**Fotografía 4.** Vista donde se observa erosión de la plataforma de la trocha carrozable, afectando 12 m longitudinales de la vía entre Acocra – Pucara Pata.



**Figura 15.** Vista donde se observa afectaciones, en donde colapsó parte del estribo izquierdo del puente, que es otro de los accesos al centro poblado de Acocra.

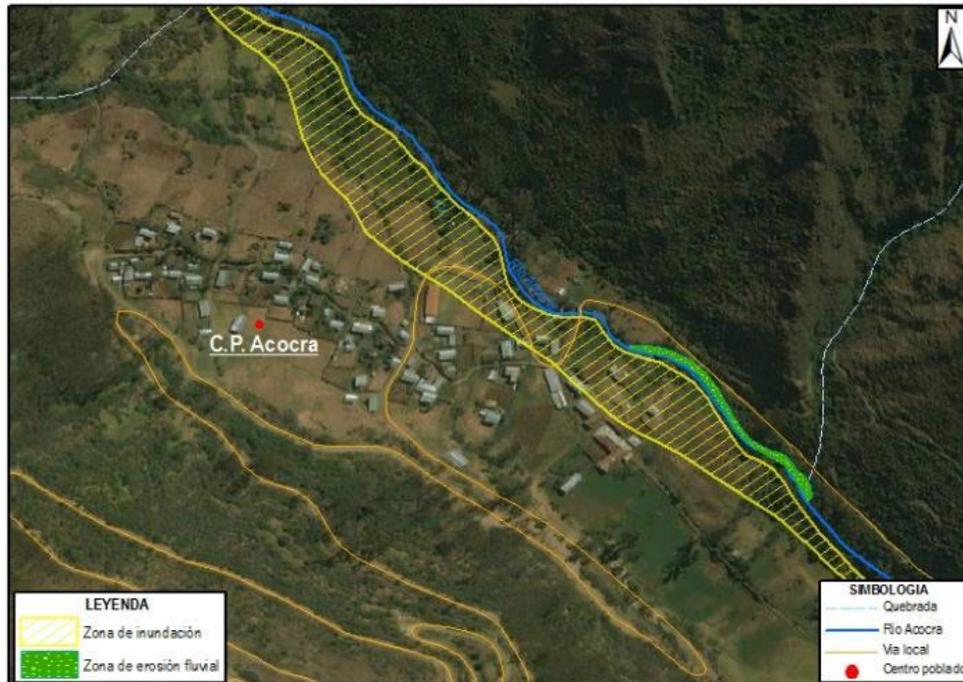
### 5.3. Inundación en el centro poblado de Acocra

El centro poblado de Acocra se encuentra en la margen derecha del río Acocra, este poblado fue afectado por inundación fluvial del río mencionado, estos procesos también perturbaron parte de la trocha carrozable de Acocra en dirección noroeste.

Según el comentario de los lugareños del centro poblado de Acocra, la inundación afecta viviendas y un centro educativo. Afectó un área de 522 300m<sup>2</sup> aproximada. Cabe mencionar que, el centro poblado

de Acocra se ubica sobre terrazas aluviales, próximas al cauce del río Acocra, lo que hace que sea propensa a procesos de inundación y erosión fluvial.

En la figura 16, se muestra las zonas inundadas y erosionadas cartografiadas durante los trabajos de campo en el centro poblado mencionado.



**Figura 16.** Vista donde se observa el área sujeta a inundación del poblado Acocra (líneas amarillas), se observa también erosión fluvial en la margen izquierda del río (líneas verdes).

#### 5.4. Represamiento del río Acocra

Debido a las precipitaciones extraordinarias de los años 2017 y 2019 ocurridos en la zona de estudio, se generó un represamiento temporal del río Acocra, el desembalse trajo como consecuencia el incremento del caudal del río en mención, cuyo desborde afectó al poblado de Acocra,

El represamiento del río Acocra se originó por un derrumbe de la ladera, que se ubica en el cerro Tartayocc, el material se canalizó por la quebrada del mismo nombre, hasta desembocar en el río Acocra. Según el testimonio de los pobladores, esto generaría la ocurrencia de flujos de detritos (huaico), ocasionando muchas veces la afectación de cultivos y un trazo de carretera.

Es importante, mencionar que se ha estimado un volumen de material posible de flujos de detritos estimando un volumen de 45 927m<sup>3</sup>. Este material generaría el represamiento del río Acocra y afectaría a viviendas ubicadas en su margen derecha.

Por eso, es importante estabilizar el derrumbe del cerro Tartayocc, para evitar un embalse en el río Acocra. También resulta necesario que la población del centro poblado en mención, tome medidas preventivas.

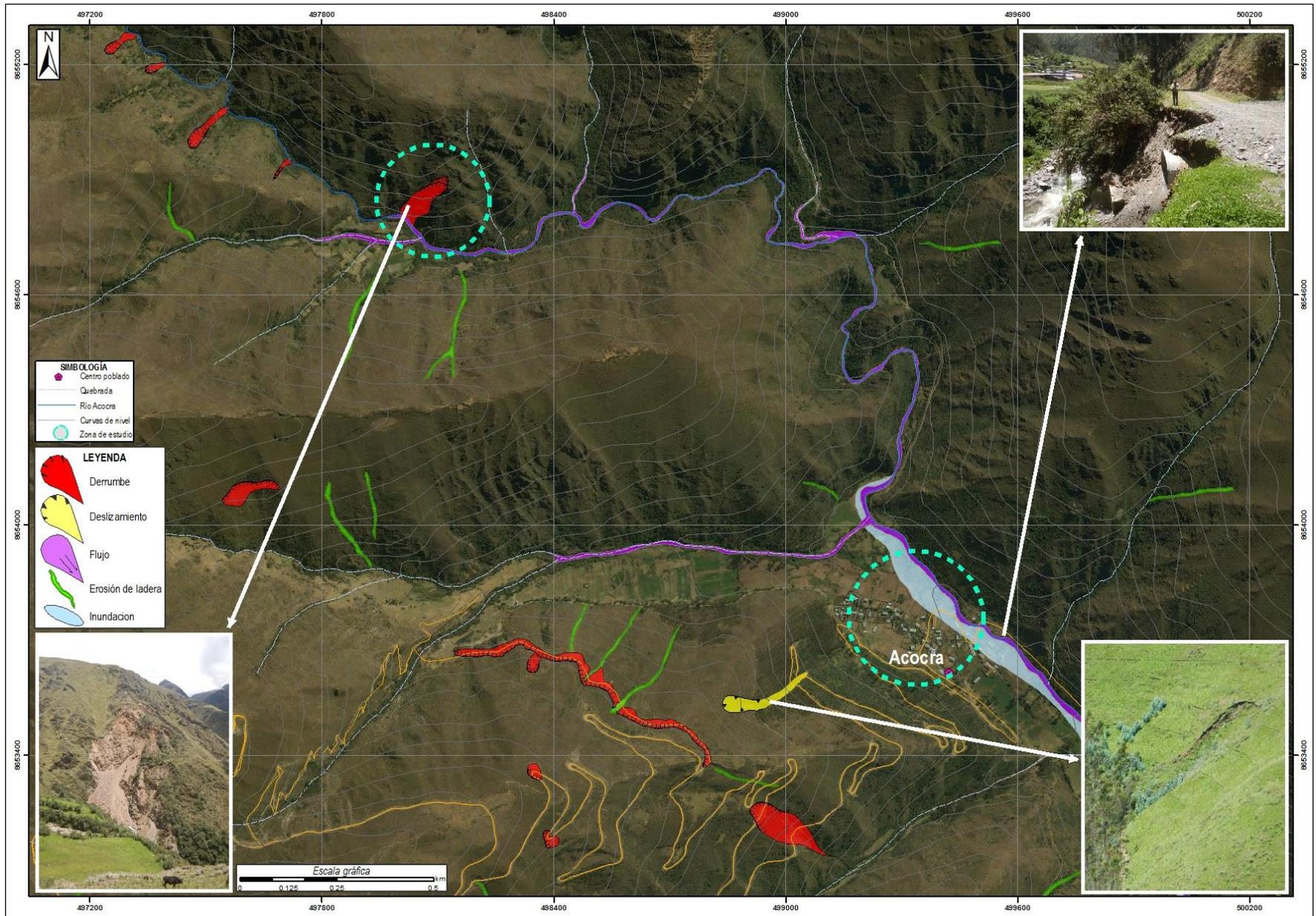


Figura 17. Mapa de peligros geológicos en el cerro Tartayoc del centro poblado de Acocra

## 6. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN

A partir de las condiciones geomorfológicas, geológicas y de sitio identificadas, que caracterizan la susceptibilidad de los peligros geológicos y geohidrológicos identificados en el cerro Tartayocc del centro poblado de Acocra, se requiere ejecutar medidas estructurales para poder mitigar y prevenir futuros desastres.

Con ello, se pueden resumir y describir algunas medidas que pueden considerarse para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a estos a estos procesos naturales. En esta sección se dan algunas propuestas de solución de forma general para la zona evaluada con la finalidad de minimizar las ocurrencias de los procesos identificados; así como la ocurrencia de nuevos eventos que causen daño.

### 6.1. Mitigación de peligros por derrumbes

Las medidas correctivas se pueden realizar en: 1) Taludes en construcción, 2) Laderas que tienen pendientes fuertes y es necesaria su estabilización, 3) Para estabilizar fenómenos de rotura sobre todo aquellos que pueden trabajarse a nivel de construcción. Para definir la solución ideal es necesario valorar diferentes parámetros, sean de tipo constructivo o económico.

#### a) Corrección por banquetas:

Se debe instalar una banqueta de 11 m a 21 m. de ancho, a la mitad de un talud de corte de gran altura.

**Propósito de la banqueta.** En la parte inferior de un gran talud continuo, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el agua hacia afuera del talud.

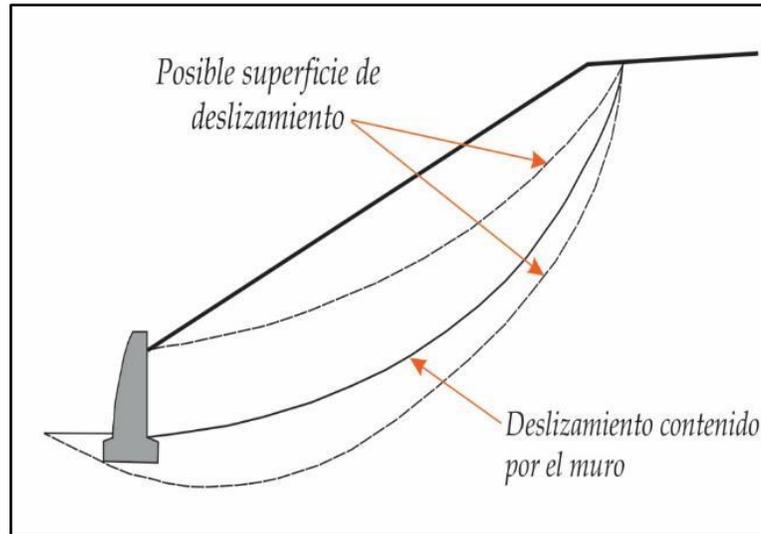
La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación. Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones.

**Inclinación de banqueta.** Cuando no existen facilidades de drenaje, se proporciona a la banqueta un gradiente transversal de 5% a 10%, de modo que el agua drene hacia el fondo del talud (pie de talud). Sin embargo, cuando se considera que el talud es fácilmente descargable o cuando el suelo es fácilmente erosionable, el gradiente de la banqueta debe hacerse en la dirección contraria, de modo que el agua drene hacia la zanja de la banqueta.

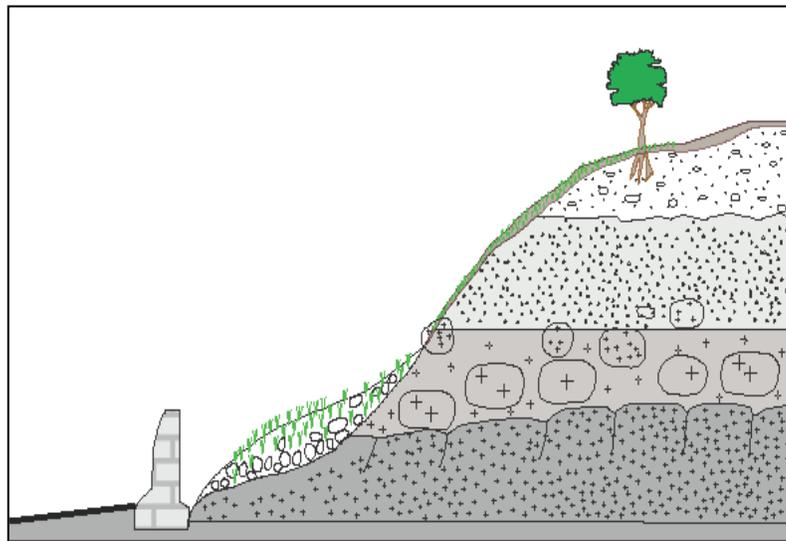
**Localización de banqueta.** En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 m a 2 m de ancho cada 5 m a 10 m de altura, dependiendo del suelo, litología escala de talud. Una banqueta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

#### b) Corrección de muros

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 18). En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 18). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.



**Figura 18.** Contención de un deslizamiento mediante un muro (INGEMMET, 2000)



**Figura 19.** Esquema gráfico de relleno estabilizador sostenido por un muro (Elaboración propia).

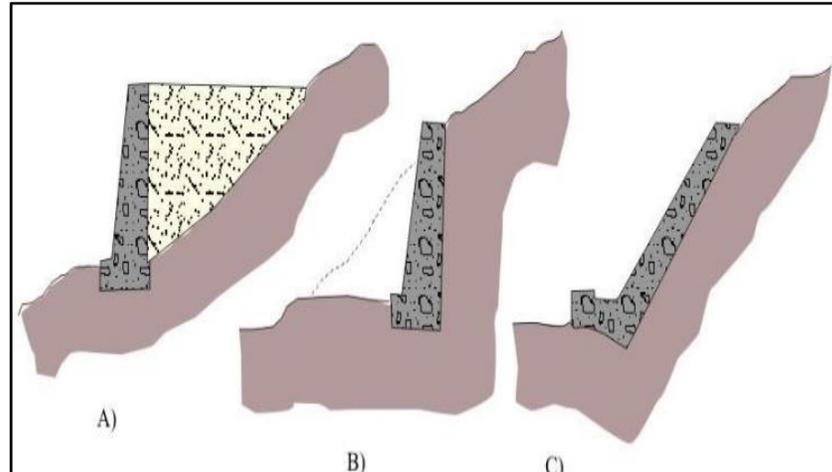
Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos.

Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador. En desmontes y terraplenes en los que la falta de espacio impone

taludes casi verticales, el empleo de muros resulta casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro, frente al coste de sobre excavación requerido si aquel no se realiza. La construcción de un muro es generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos, en la figura 20 se detalla:

- **Muros de sostenimiento:** Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.
- **Muros de contención:** Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.
- **Muros de revestimiento:** Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador. Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.



**Figura 20.** a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (INGEMMET, 2000) Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

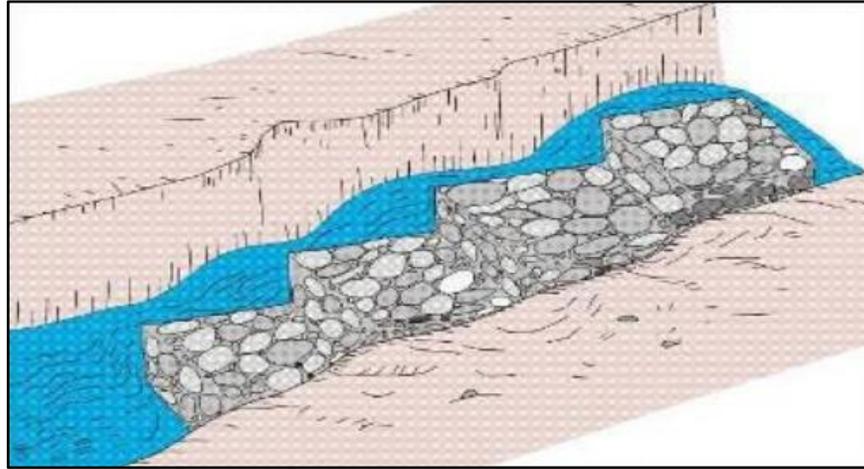
- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimiento.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.
- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

## 6.2. Mitigación de peligros por inundación y erosión fluvial

Para disminuir los daños ocasionados por inundaciones y/o erosión fluvial en el río Acocra, se pueden aplicar las siguientes medidas:

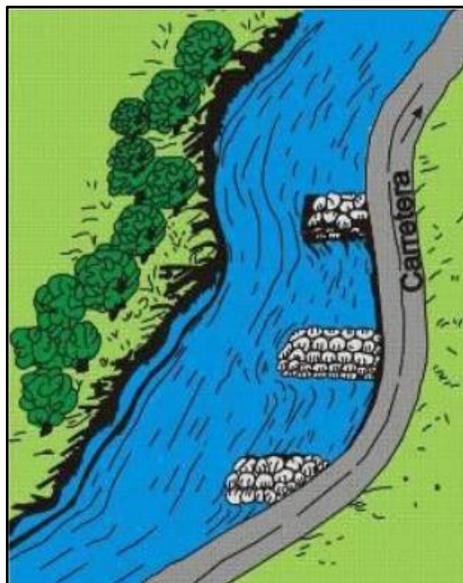
- Encauzamiento del lecho principal, ríos y quebradas afluentes, en zonas donde se produzcan socavamientos laterales de las terrazas aledañas. Para ello se debe construir espigones laterales,

enrocado o gaviones (figura 21), para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce.



**Figura 21.** Gaviones para encauzar el lecho del río

- Protección de las terrazas aluviales de los procesos de erosión fluvial por medio de diques de defensa o espigones, que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización (figura 22).
- Realizar trabajos que propicien el crecimiento de bosques ribereños con especies nativas (molle, sauce, carrizos, caña brava); pero evitar la implantación de cultivos en el lecho fluvial para que no interrumpa el libre discurrir de los flujos hídricos.

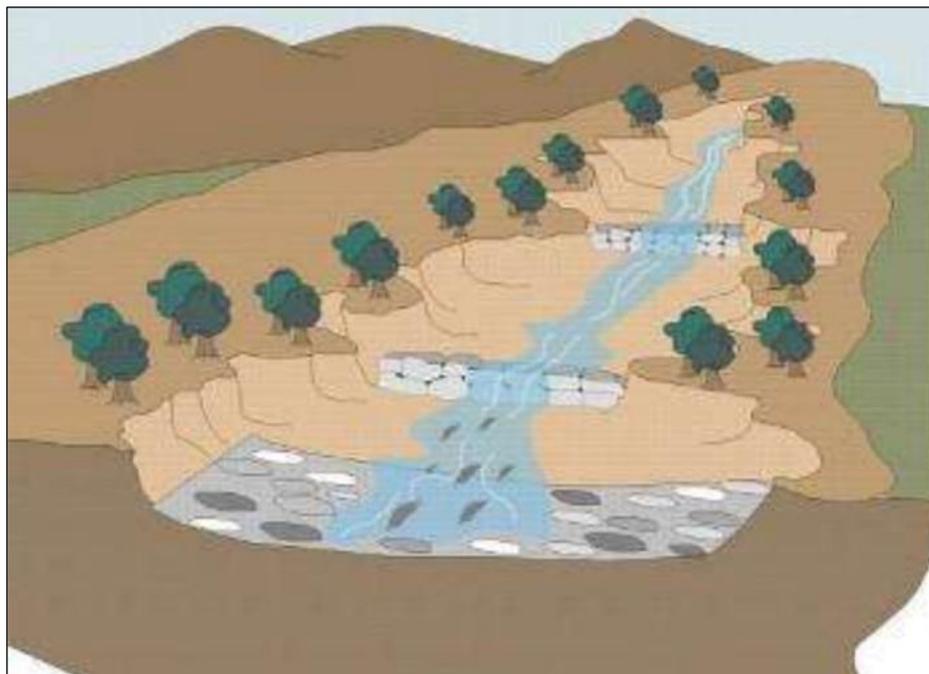


**Figura 22.** Espigones para proteger las terrazas aluviales. Una línea principal de defensa que proteja toda la zona o líneas locales de defensa que protejan diversas partes de la zona, si queda destruida la línea principal.

- Las estructuras de las líneas de defensa de protección contra las inundaciones deben consistir en: Diques de defensa (malecones) o terraplenes, erigidos para proteger el

terreno situado detrás. Deberá preverse un margen bastante amplio de altura para el caso de que las condiciones de cimentación sean deficientes, con el fin de compensar un exceso de asiento del terraplén.

- Muros de encauzamiento de avenidas, muelles y terraplenes construidos para proteger los asentamientos humanos.
  - Carreteras y otras vías de comunicación para el acceso al sistema de defensa, que permita el tránsito de personas y equipos durante las operaciones de defensa o para los trabajos de mantenimiento.
  - Reparación de los terraplenes, el mantenimiento de la capacidad de los cursos de agua mediante el dragado y limpieza, y la conservación de las esclusas compuertas y otros equipos.
- Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional. Cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos. (figura 23).



**Figura 23.** Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos (INGEMMET, 2003)

## CONCLUSIONES

- a) En el cerro Tartayocc se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa de tipo derrumbe, que se inició en el año 1945, lo que generó erosión fluvial e inundación aguas abajo.
- b) El cerro Tartayocc se encuentran asentado en la margen izquierda de la quebrada Tartayocc y el centro poblado de Acocra, se ubica a la margen derecha del río Acocra, en zonas de muy alta susceptibilidad a Movimientos en Masa.
- c) Las unidades litoestratigráficas del cerro Tartayocc del centro poblado de Acocra, son rocas sedimentarias del Grupo Cabanillas conformado de intercalaciones de areniscas oscuras y gris verdosas, pero existe un proceso de metamorfismo donde se presenta limoarcillitas y pizarras de color negro de grano grueso en capas delgadas.
- d) Geomorfológicamente, los sectores evaluados, se asientan sobre una terraza aluvial, además se identificó relieves montañosos, colinas y lomadas en rocas sedimentarias, las que son susceptibles a reactivaciones, debido al sustrato rocoso.
- e) En la margen derecha del derrumbe del cerro Tartayocc, se ubicaron cuatro derrumbes continuos, Los cuales podrían reactivarse y ocasionar problemas en el centro poblado de Acocra.
- f) El centro poblado de Acocra no cuenta con una ocupación urbana planificada.
- g) Por las condiciones geológicas y geodinámicas, el cerro Tartayocc del centro poblado de Acocra, se considera como **Zona Crítica**, de peligro alto por derrumbe, inundación, y erosión fluvial; y se encuentran en Peligro alto ante la presencia de lluvias intensas y/o extraordinarias.

## RECOMENDACIONES

- 1) Es necesario estabilizar el derrumbe cerro Tartayocc, para evitar un embalse del río Acocra, que afectaría a los pobladores que se encuentra aguas abajo.
- 2) Las obras de prevención deben ser dirigidos y ejecutados por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.
- 3) Implementar un sistema de señalización de rutas de evacuación ante la ocurrencia de lluvias excepcionales.
- 4) Realizar la limpieza del cauce del río Acocra de manera periódica.
- 5) Instalación de gaviones o enrocado en ambas márgenes del río a nivel del centro poblado de Acocra.
- 6) Las viviendas ubicadas próximas al cauce del río Acocra (expuestas a la zona de erosión de inundación), son consideradas de alto riesgo; por lo que se debe considerar reubicar y no permitir su habitabilidad.
- 7) Implementar un sistema de alerta temprana, en temporadas de precipitaciones pluviales intensas y/o extraordinarias para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.

**Norma Luz Sosa Senticala**  
Especialista en peligros geológicos  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

**César Augusto Chacaltana Budiel**  
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cerrón, F. & Ticona P. (2003) – Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas (25n), Escala 1:1000 000. Lima: INGEMMET.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimiento en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, N° 4, 432 p.
- Villota, H. (2005) – Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. 2. Ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 3. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 28, 374 p.
- Vilchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019) – Peligro geológico en la región Huancavelica, INGEMMET, Boletín N°69, Serie c: Geodinámica e Ingeniería Geológica. 216 p.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (1988) – Mapa de clasificación climática del Perú, escala: 1:1'000.000. Lima: SENAMHI.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (1996) - Guía explicativa del mapa forestal 1995. Lima: INRENA. 138 p.
- Mégard, F. (1968) - Geología del cuadrángulo de Huancayo. Servicio de Geología y Minería, Boletín 18, 123 p.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)
- Dávila, J. (1999) - Diccionario geológico, 3a. ed. Lima: INGEMMET, 1006 p.