

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7046**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA COMUNIDAD DE JAYUBAMBA

Región Cusco  
Provincia Sicuani  
Distrito Combapata



## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	2
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	2
<b>3. ASPECTOS GENERALES</b> .....	4
<b>3.1. Ubicación y accesibilidad</b> .....	4
<b>3.2. Objetivos</b> .....	4
<b>3.3. Clima y vegetación</b> .....	4
<b>4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	6
<b>4.1. Aspectos geológicos</b> .....	6
<b>4.2. Aspectos geomorfológicos</b> .....	10
<b>4.2.1. Pendiente del terreno</b> .....	10
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	13
<b>5.1. Conceptos teóricos</b> .....	13
<b>5.2. Caracterización de los peligros geológicos en la comunidad de Jayubamba</b> .....	15
<b>6. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES</b> .....	22
<b>7. MEDIDAS PREVENTIVAS</b> .....	24
<b>CONCLUSIONES</b> .....	28
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	28
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	28

## RESUMEN

La comunidad de Jayubamba, políticamente está ubicado en el distrito de Combapata, provincia de Sicuani, región Cusco.

Regionalmente, el substrato rocoso está conformado rocas del Paleozoico al Cenozoico, de naturaleza sedimentaria y volcánica, cubiertos por depósitos cuaternarios.

La evaluación en campo permitió determinar laderas con pendientes comprendidas entre 25° a 60° lo que facilita el escurrimiento superficial del material suelto disponible en las laderas. Por otro lado, en la zona baja, la terraza aluvio proluvial donde se emplaza parte de la comunidad de Jayubamba presenta pendiente de 5°.

La caracterización de peligros geológicos por movimientos en masa permitió identificar deslizamientos traslacionales y rotacionales continuos y en proceso de formación, así como derrumbes con longitudes de 30m desde la zona de arranque al pie del derrumbe. Según manifiestan los pobladores, la ocurrencia de un incendio forestal hace 10 años en las laderas del cerro Chacyani, produjo la pérdida de cobertura vegetal y denudación de la misma, ello contribuye constantemente a la infiltración de agua por escorrentía superficial y pluvial.

Los procesos por remoción en masa están condicionados por el substrato rocoso (pizarras negras, arcillitas y areniscas) de mala calidad e incompetencia geológica, presencia de la falla geológica Amaru sobre el cerro Chacyani, de laderas empinadas (>25°), lo cual aunada al corte de talud para la construcción del camino carrozable, la deforestación, tala indiscriminada en las laderas e incendios forestales, así como la filtración de agua de tubería de riego condicionan la susceptibilidad a movimientos en masa por deslizamientos y derrumbes.

El factor desencadenante para la reactivación del deslizamiento y derrumbes se atribuyen a fuertes precipitaciones pluviales registradas entre los meses de noviembre a marzo

Por las condiciones actuales en la que se encuentra la comunidad de Jayubamba se le considera como zona de peligro alto a movimientos en masa.

Se recomienda la reubicación de las viviendas localizadas al borde de la quebrada Chacyani, así mismo es necesario implementar un sistema de drenaje o zanjas de coronación en la parte superior de los deslizamientos continuos, sellar los agrietamientos con arcilla de la zona, a fin de evitar mayor infiltración de agua al suelo, evitar y prohibir la deforestación y quema de pastizales, así como restringir la construcción y expansión de viviendas en las márgenes de la quebrada Chacyani.

## 1. INTRODUCCION

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional.

Su alcance es contribuir con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), a partir del reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidroclimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas y/o asociados a actividad volcánica.

La municipalidad provincial de Combapata, mediante oficio N° 0093-2018-A-MDC, del 06 de junio del 2018, solicita una evaluación geológica-geodinámica en la comunidad de Jayubamba; para lo cual se comisionó la asistencia de la geóloga Guisela Choquenaira Garate.

Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona un informe técnico que incluye resultados de la evaluación geológica-geodinámica realizada, así como recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres; para cuya evaluación se realizaron trabajos de recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos, GPS, cartografía, procesamiento de información y redacción del informe.

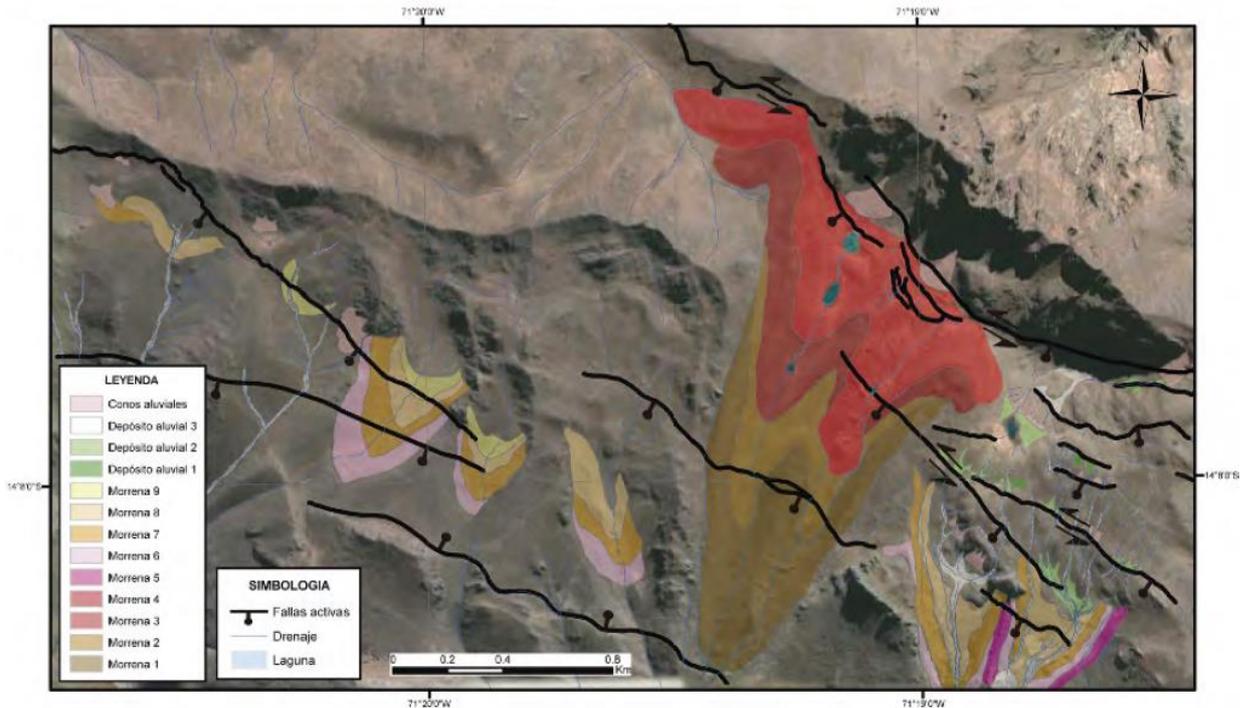
## 2. ANTECEDENTES

Entre los principales trabajos realizados a escala regional, se pueden mencionar:

- Informe técnico realizado por INDECI (Recharte J, 2018), describe que la comunidad de Jayubamba se encuentra en una zona de riesgo alto por deslizamientos e inundaciones.
  - En la parte alta de la quebrada Chacyani se observa laderas de pendiente empinada, zonas donde se desarrollan deslizamientos continuos. Ante la presencia de lluvias intensas o movimiento sísmico se podría desencadenar deslizamientos de mayor magnitud.
  - Producto del asentamiento en el terreno, la institución Educativa Unidocente N° 56091 de Jayubamba, con edificación de adobe presenta grietas en las paredes y el techo, por lo cual fue declarado en emergencia.
  - En periodos de precipitaciones pluviales intensas, en la comunidad de Jayubamba se produce erosión fluvial en ambas márgenes de la quebrada Chacyani (fenómeno recurrente en la zona).
- Zonas Críticas por peligros geológicos en la región Cusco (Vílchez et al., 2014), determina 75 zonas críticas, de los cuales 4 zonas se localizan en la provincia de Sicuani. Estas zonas críticas resaltan áreas, que luego del análisis de los peligros identificados y la vulnerabilidad a la que están expuestos

(infraestructuras, centros poblados y vías de acceso), se les considera como zonas con peligro potencial de generar desastres.

- Boletín de Neotectónica y peligro sísmico en la región Cusco (Benavente et al., 2013), identifica la presencia de la falla geológica Amaru, correspondiente al sistema de fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuaní, que atraviesa el cerro Chacyani en dirección NW-SE (figura 1).



**Figura 1.** Cartografía a detalle de parte del segmento central activo de la falla Amaru, donde se observan a nueve familias de morrenas afectadas por la estructura.

- Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3, elaborado por INGEMMET (2003), describe a escala regional la geología, los rasgos geomorfológicos y los peligros geológicos de tipo movimientos en masa y geohidrológicos, que ocurren en la zona de estudio:
  - En el mapa de peligros geológicos múltiples (estudio realizado a escala regional), la comunidad de Jayubamba, se encuentra dentro del área denominada como peligro alto.

Es importante mencionar que exactamente en la zona de inspección, no se tiene registro de trabajos anteriores sobre peligros geológicos por movimientos en masa.

### 3. ASPECTOS GENERALES

#### 3.1. Ubicación y accesibilidad

La comunidad de Jayubamba se encuentra ubicada al noreste del distrito de Combapata, en la margen izquierda del río Salcca; provincia de Sicuani, región Cusco (figura 2), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS 84) son: 246861E, 8440007N y una altura de 3574 m s. n. m.

La vía de acceso a la comunidad de Jayubamba desde Cusco, se realiza tomando la ruta Cusco – Urcos - Combapata, con un recorrido de 107 km aproximadamente por la vía asfaltada, para luego tomar desvío hacia Huatucani, con un recorrido de 13 km por trocha carrozable hasta llegar a la comunidad de Jayubamba (cuadro 1).

**Cuadro 1.** Accesibilidad al área de estudio.

Ruta	Tipo de Vía	km	Tiempo
Cusco - Combapata	Vía asfaltada	107	2 horas
Combapata - Jayubamba	Trocha carrozable	13	30 min

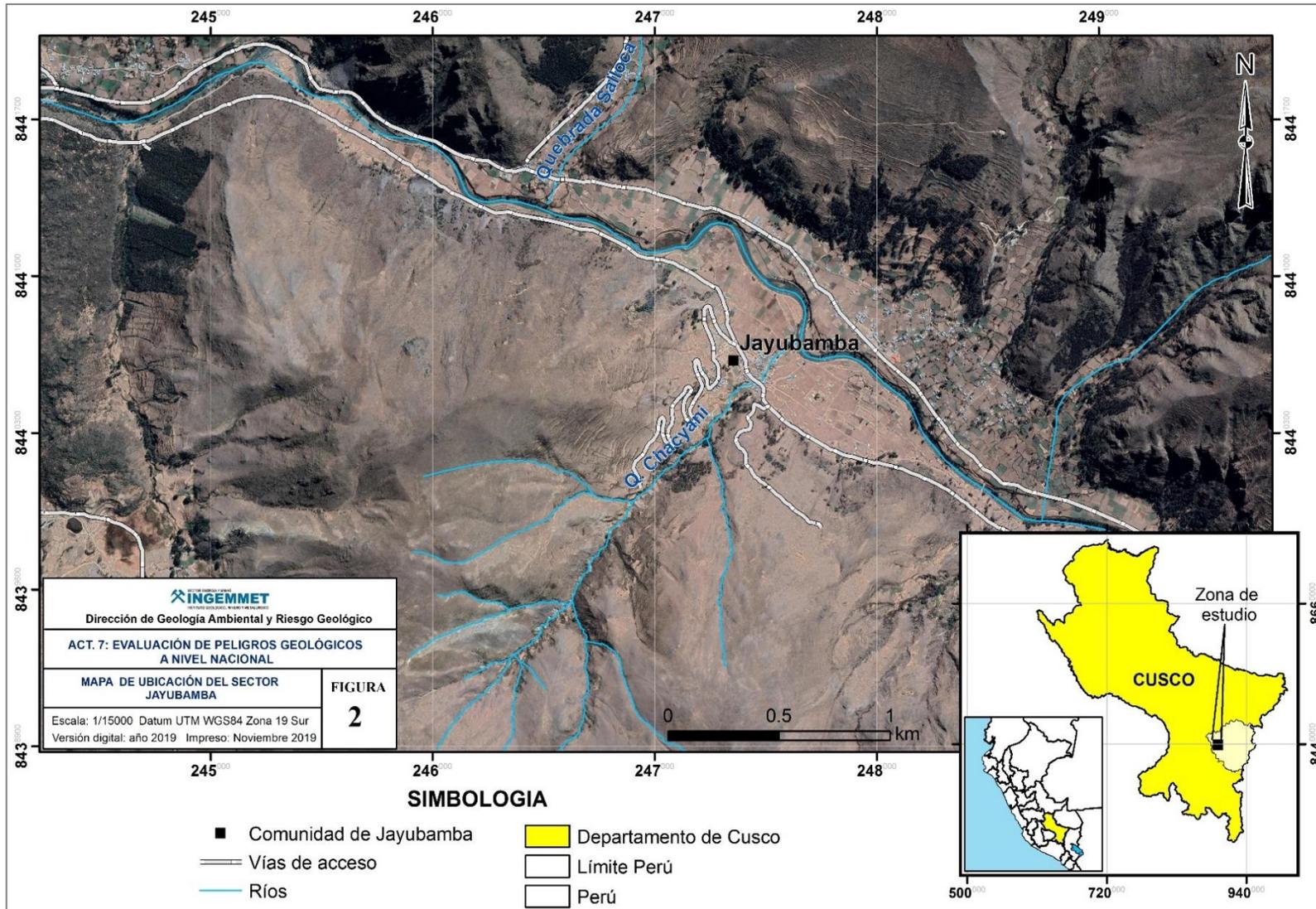
#### 3.2. Objetivos

- a. Evaluar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Jayubamba.
- b. Determinar los factores condicionantes y desencadenantes para la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c. Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

#### 3.3. Clima y vegetación

Según la clasificación climática de Koppen y Geiger, el distrito de Combapata se caracteriza por presentar un clima templado de montaña con invierno seco (Cwb). La precipitación media anual es de 651 mm, con máximas precipitaciones registradas entre los meses de noviembre a marzo alcanzando un umbral de 508 mm. La temperatura media anual es de 11.7°C.

En la zona media a baja de la quebrada Chacyani, la existencia de árboles, Ichu y Llulle, estabilizan de cierta manera las laderas del cerro Chacyani. A comparación de la zona alta, donde la deforestación de árboles y la quema de pastizales permite mayor erosión de los suelos descubiertos, acelerando los procesos de reactivación de deslizamientos, derrumbes y el desarrollo de surcos y cárcavas.



**Figura 2.** Mapa de ubicación de la comunidad de Jayubamba.

## 4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1. Aspectos geológicos

Regionalmente, el substrato rocoso en el área de estudio, está conformado por rocas del Paleozoico, de naturaleza sedimentaria y volcánica, (Carlotto et al., 2011) cubiertos por depósitos cuaternarios (figura 3).

- **Formación Ananea (SD-a):** Aflora en la zona media de la quebrada Chacyani, constituido por arcillitas y limolitas grises predominantemente, además de areniscas lenticulares y pizarras negras (fotografía 1). Las rocas muestran alto grado de meteorización y fuerte fracturamiento.
- **Grupo Tarma y Copacabana (CpPEc-t-c):** Suprayace a la Formación Ananea, aflora en la parte alta de la quebrada Chacyani, constituido por limolitas masivas, color gris oscuras, intercaladas con areniscas grisáceas de grano medio en capas gruesas y areniscas calcáreas (fotografía 2).
- **Grupo Mitu (PET-m):** Suprayace en discordancia erosional a las calizas del Grupo Copacabana, aflora en la cima de cerro Chacyani, está conformado por areniscas, conglomerados, brechas, lavas, tobas y cenizas.
- **Depósito Químico – Travertino (Q-qm-tr):** Se encuentra a la margen izquierda del río Salcca, al noroeste de la comunidad de Jayubamba (fotografía 3). Por su posición estos depósitos podrían corresponder a una topografía mucho más elevada y antigua perteneciente a líneas de surgimiento de aguas calcáreas. En estos casos, los travertinos son parcialmente detríticos con abundantes moldes de plantas y a veces con brechas de pendientes cementadas.
- **Depósito aluvial (Q-al):** En el valle del río Salcca se han identificado importantes depósitos aluviales, compuestos de gravas y bloques, de formas subredondeadas, inmersos en una matriz limo - arenosa; donde se han emplazados centros poblados y la zona baja de la comunidad de Jayubamba.
- **Depósito proluvial (Q-pl):** Material acarreado por la quebrada Chacyani. Están conformados por fragmentos rocosos heterométricos (bloques y gravas), en matriz arcillo - limoso; zona donde se ubica la parte alta de la comunidad de Jayubamba.
- **Depósito coluvio deluvial (Q-cd):** Estos depósitos están localizados al pie de las laderas del cerro Chacyani. Están constituidos por gravas y bloques subangulosos a angulosos, con una matriz arcillo - limosa, poco o nada consolidados (fotografía 4).



**Fotografía 1.** Afloramiento de la formación Ananea.



**Fotografía 2.** Niveles calcáreos correspondientes a las formaciones Tambo y Copacabana.



**Fotografía 3.** Depósito Químico – Travertino, ubicado al noroeste de la comunidad de Jayubamba.



**Fotografía 4.** Depósito coluvio deluvial, depositado en la margen derecha de la quebrada Chacyani.

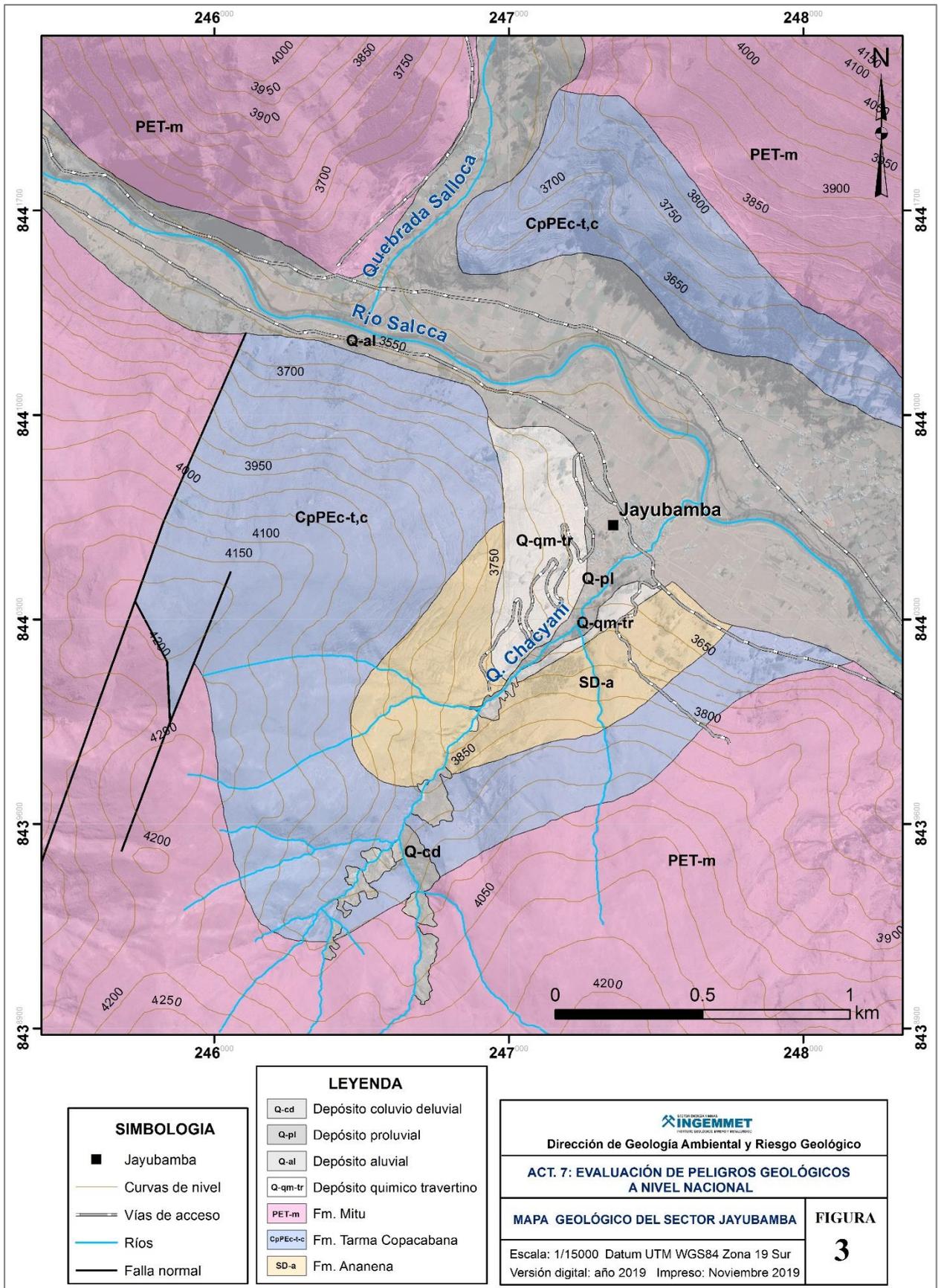


Figura 3. Mapa geológico del sector Jayubamba. Modificado de Sánchez A. et al., 2017.

## 4.2. Aspectos geomorfológicos

La clasificación geomorfológica en la zona de estudio, se tomó en base a la memoria descriptiva de la región Cusco, desarrollado por INGEMMET, 2010.

### 4.2.1. 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. (Suárez., 1998).

En la zona de estudio, las laderas del cerro Chacyani constituyen pendientes comprendidas entre 25° a 60°, lo que facilita el escurrimiento superficial del material suelto disponible en las laderas.

Por otro lado, en la zona baja, la terraza aluvio proluvial donde se emplaza parte de la comunidad de Jayubamba presenta pendiente de 5°.

#### Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional

##### a. Unidad de montaña

La configuración geomorfológica en la comunidad de Jayubamba se caracteriza por presentar una topografía agreste e irregular, de acuerdo a los rangos altitudinales que presenta, conforma en su mayoría montañas altas (fotografía 5).

- ✓ **Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs):** Representada por laderas de montaña sedimentaria con algunos alineamientos producto de las secuencias estratigráficas, caracterizado por su topografía accidentada, de cimas redondeadas y pendientes mayores a 25°.
- ✓ **Sub unidad de montaña en rocas volcánicas (RM-rv):** En la zona de estudio las montañas de este tipo, se disponen en la cima de la quebrada Chacyani.

Constituyen montañas de relieve abrupto, de cimas alargadas y laderas de pendientes empinadas.

Los procesos denudativos originados en esta unidad corresponden a procesos de erosión de laderas (surcos y cárcavas), deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos.

#### Geoformas de carácter deposicional y agradacional

##### b. Unidad de piedemonte

Representadas por acumulación de material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas existentes.

- ✓ **Sub unidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):** Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes, tipo deslizamientos, usualmente se depositan en forma convexa.

En la zona media alta de la quebrada Chacyani se evidenciaron este tipo de geoforma.

- ✓ **Sub unidad de vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd):** Son el resultado de la acumulación de material caído desde las partes altas, por acción de la gravedad. Se visualizan en ambos márgenes de la quebrada Chacyani y en los cortes de talud para la construcción de tramos carreteros.
- ✓ **Sub unidad de piedemonte aluvio-torrencial (P-at):** Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos de detritos (huaicos), modifican localmente la dirección de los cursos de ríos; se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales.

La quebrada Chacyani afluente al río Salcca genera material de aporte para la formación del abanico aluvio - torrencial (fotografía 6).



**Fotografía 5.** Sub unidad de montaña, caracterizado por su relieve agreste e irregular.



**Fotografía 6.** Sub unidad de abanico aluvio torrencial, zona donde se emplaza la comunidad de Jayubamba.

### c. Unidad de planicie inundable

En la zona de estudio se encuentran representados por las siguientes sub unidades (fotografía 7):

- ✓ **Sub unidad de terrazas fluviales (T-fl):** Se encuentran localizadas en ambas márgenes del río Salcca, zona donde se desarrolla cultivos.
- ✓ **Sub unidad de llanura de inundación (PI-i):** Son superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y el mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuesto de material no consolidado, fácilmente removible.



**Fotografía 7.** Unidad de Planicie inundable, describe la terraza fluvial, zona donde se desarrolla terrenos de cultivo.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

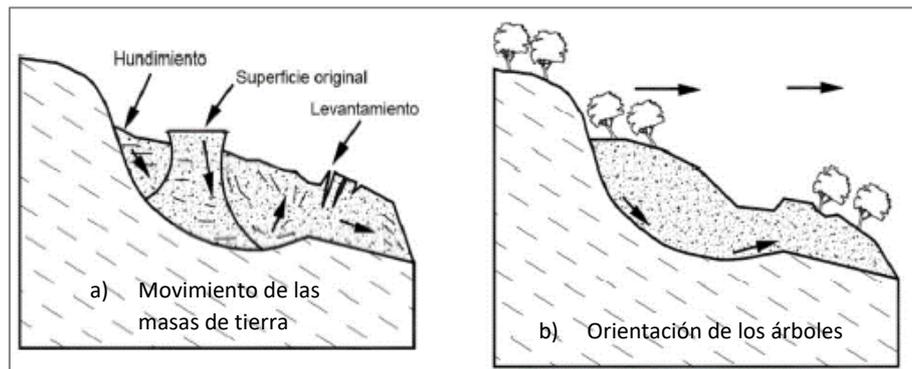
La evaluación geológica y geodinámica en la comunidad de Jayubamba, permitió identificar, procesos de deslizamientos, derrumbes, flujo de detritos, erosión fluvial y erosión de ladera.

### 5.1. Conceptos teóricos

#### a. Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Hrrrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos (figura 4).

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suárez J., 2009).



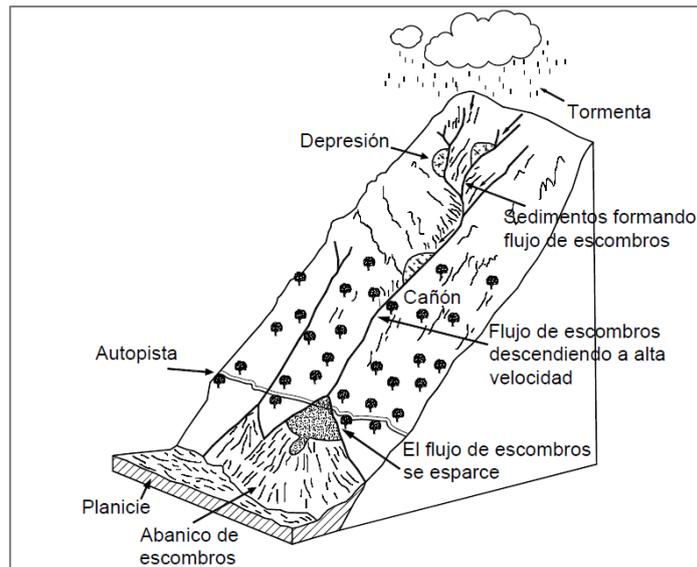
**Figura 4.** Deslizamiento rotacional típico. Fuente Suárez J., 2009.

#### b. Derrumbes

Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de rocas sedimentarias y depósitos poco consolidados.

#### c. Flujos de detritos (huaico)

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco (figura 5). En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Se tienen los siguientes tipos según Varnes (1978), Hungr et al. (2001), Hungr (2005):



**Figura 5:** Esquema de un flujo de detritos. Fuente: Suárez J., 2009.

#### **d. Erosión Fluvial**

Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos, que van socavando los valles, profundizándolos, ensanchándolos y alargándolos (Dávila, J., 1999).

Los factores más importantes para la ocurrencia de erosión fluvial son, la cobertura vegetal, la geomorfología y el clima.

#### **e. Inundación Fluvial**

Las inundaciones son el resultado de una combinación de extremos meteorológicos e hidrológicos, tales como precipitación y escorrentía extremos. Sin embargo con frecuencia también ocurren como resultado de actividades humanas, incluyendo el crecimiento y desarrollo no planificado en llanuras de inundación, o la ruptura de una presa o un dique que no alcanza a proteger asentamientos planificados. La inundación es básicamente causada por fenómenos meteorológicos que pueden ser difíciles de predecir (Jha, A *et al.*, 2012).

En la zona de estudio los procesos de inundación y erosión fluvial están asociados, estos son consecuencia de las precipitaciones pluviales intensas caída en las montañas, que se concentran en los cursos de ríos y quebradas, y sobrepasan sus capacidades de carga, provocando desbordes, inundaciones y erosión de tierras adyacentes.

#### **f. Erosión de Laderas**

Se manifiesta a manera de surcos y cárcavas en los terrenos. Comienza con canales muy delgados que a medida que persiste la erosión, pueden profundizarse a decenas de metros. La erosión está relacionada al proceso de escorrentía o arroyada. Normalmente la arroyada posee una profundidad pequeña, pocas veces superior a un centímetro. A partir de allí y con ayuda de la lluvia las partículas se movilizan en el sentido de la máxima pendiente y producen una excavación que tiende a aumentar con la velocidad de la erosión. El desarrollo de los surcos y cárcavas se producen por medio de derrumbes y deslizamientos hacia su cara libre; y afectan principalmente terrenos de cultivo y tramos de carretera. Estos procesos, en muchos de los casos son premonitorios de un movimiento en masa como puede ser un deslizamiento, derrumbe, flujo o movimiento complejo (Suárez J., 2009).

## 5.2. Caracterización de los peligros geológicos en la comunidad de Jayubamba

La comunidad de Jayubamba está emplazada en la margen izquierda del río Salcca, sobre un depósito proluvio aluvial y disectado por la quebrada Chacyani.

La cartografía geodinámica y de peligros se presentan en las figuras 8 y 9; acotando que se dividió en dos zonas por temas de visualización de dicha cartografía, que se detallan a continuación.

### Zona 1:

A principios del año 2019, en las laderas de la quebrada Chacyani, empezó a formarse agrietamientos tensionales, a partir de los cuales se viene generando procesos de deslizamientos y derrumbes (figura 6); visibles mayormente en la margen derecha (fotografía 8); debido principalmente a las características topográficas y geomorfológicas de laderas empinadas ( $50^\circ$ ), aunadas a la dinámica erosiva que genera el curso del río, al socavar la base de las laderas.

Por otro lado, la filtración de agua de tubería para riego sobre el terreno, está acelerando los procesos de reactivación de deslizamientos y derrumbes, puesto que existe mayor humedecimiento y saturación del suelo (fotografía 9).

El inventario de peligros geológicos por movimientos en masa, en la zona media de la quebrada Chacyani, permitió identificar 6 deslizamientos y 7 derrumbes. Los primeros corresponden a deslizamientos traslacionales y rotacionales continuos y en proceso de formación; este último con tres niveles de escarpe, 2m de salto en promedio, con longitud de escarpe de 60m y longitud de escarpe al pie del deslizamiento de 35m.

Por otro lado, los derrumbes presentan longitudes de 15m desde la zona de arranque al pie del derrumbe (fotografía 10).



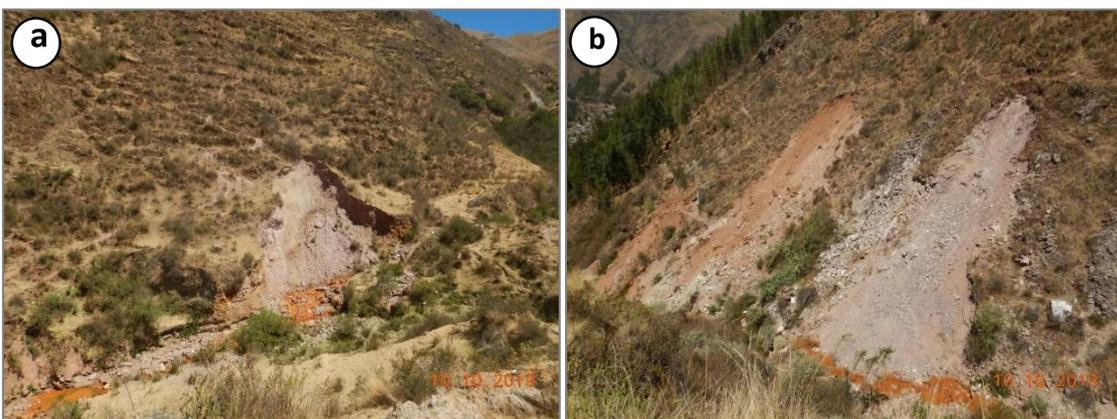
**Figura 6:** Vista panorámica de deslizamientos y derrumbes en la zona media de la quebrada Chacyani (zona 1).



**Fotografía 8.** Vista de deslizamientos y derrumbes en la margen derecha de la quebrada Chacyani.



**Fotografía 9.** Filtración de agua, producto del mal estado de la tubería.



**Fotografía 10.** a, b) Vista de derrumbes en la zona media de la quebrada Chacyani.

En el 2017 se desencadenó un flujo de detritos (huaico), proveniente de la parte alta de la quebrada Chacyani, el cual transportó bloques de roca de hasta 1m de diámetro en promedio; en su trayecto erosionó la base de las laderas y generó el ensanchamiento y profundización del cauce del río, en una altura de 2 m aproximadamente (fotografía 11).

Este evento afectó 2 viviendas, que se localizaban al borde de la quebrada.

Posterior a este evento se colocaron enrocados de forma artesanal en ambas márgenes de la quebrada (fotografía 12); con el fin de disminuir la acción erosiva del curso de la quebrada; sin embargo, de generarse un flujo de detritos de mayor magnitud afectaría gran parte de las viviendas localizadas en la parte baja de la quebrada.



**Fotografía 11.** Vista de la quebrada Chacyani, aguas arriba del puente.



**Fotografía 12.** Vista de enrocados destruidos en la margen derecha de la quebrada Chacyani. Así mismo se observa la erosión que generó el flujo de detritos en el año 2017.

## Zona 2

De acuerdo algunas manifestaciones de los pobladores, hace 10 años aproximadamente, se originó un incendio forestal en las laderas del cerro Chacyani, lo cual dejó las laderas descubiertas y propensas a erosión e infiltración de agua por escorrentía superficial y pluvial; mostrándose desde ese momento los primeros agrietamientos tensionales, los cuales se desencadenaron en deslizamientos y algunos derrumbes (fotografía 13).

La dinámica erosiva del curso principal de la quebrada Chacyani, genera mayor erosión lateral, en comparación con la zona media; donde el socavamiento en la base de las laderas (fotografía 14) está originando la reactivación de deslizamientos y derrumbes (fotografías 15).

Así también en la cabecera de la quebrada Chacyani existe mayor desarrollo de erosión de laderas en surcos y cárcavas, donde el avance retrogresivo y lateral de las cárcavas, están originando el ensanchamiento de las mismas.



**Fotografía 13.** Vista de derrumbes producto de la dinámica erosiva del cauce de la quebrada Chacyani.



**Fotografía 14.** Acción erosiva del curso, en la margen derecha de la quebrada Chacyani.



**Fotografía 15.** Derrumbes recientes en la margen izquierda de la quebrada.

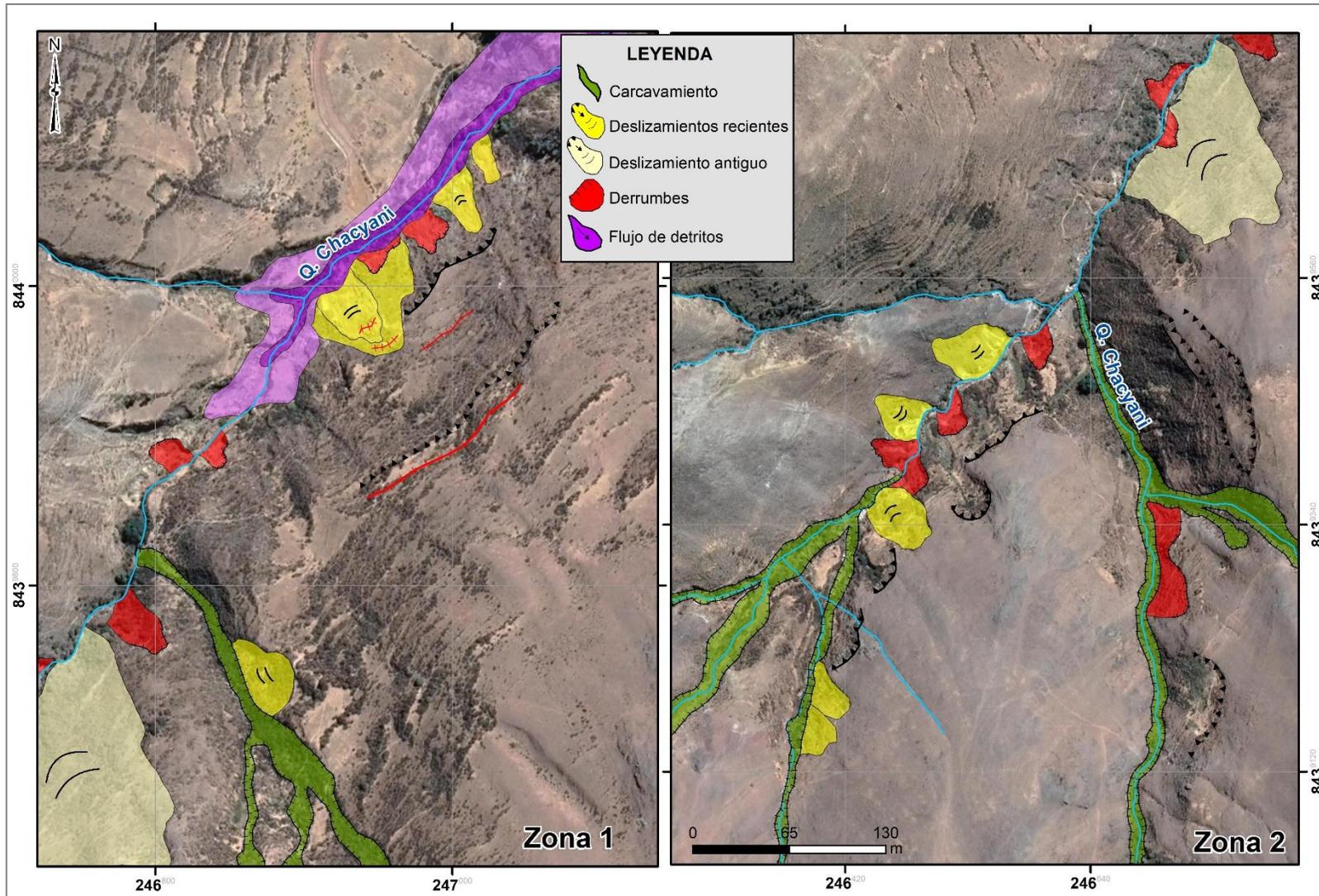


Figura 7. Cartografía de peligros geológicos por zonas.

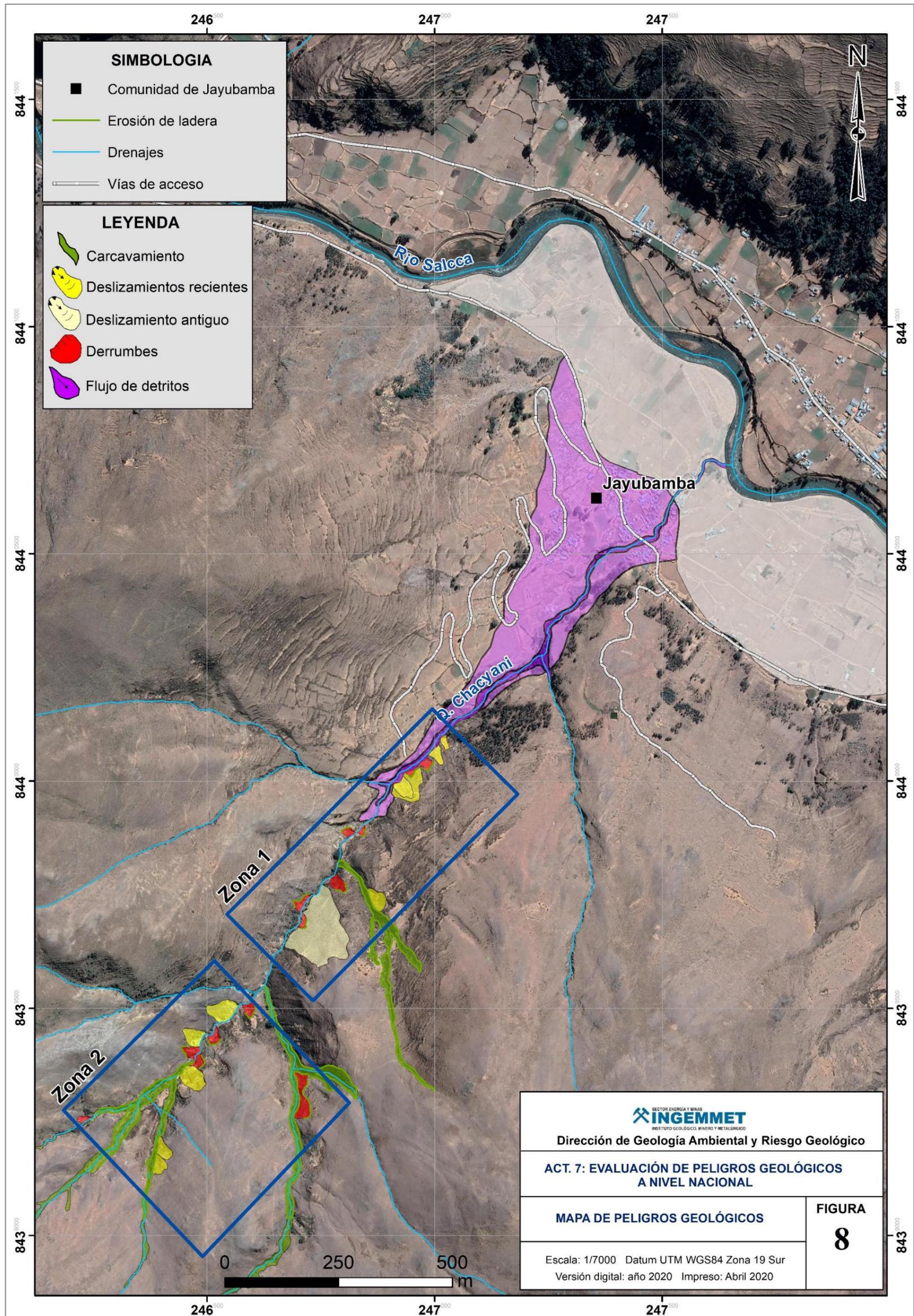


Figura 8. Cartografía de peligros geológicos por movimientos en masa en la comunidad de Jayubamba.

## 6. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

### Factores condicionantes

#### **Factor litológico y estructural**

- Substrato rocoso de mala calidad e incompetencia geotécnica conformado por pizarras negras, arcillitas y areniscas, se muestran muy fracturadas.
- Presencia y naturaleza del suelo incompetente, de fácil erosión y remoción ante intensas precipitaciones pluviales.
- Presencia de falla geológica Amaru, correspondiente al sistema de fallas Zurite-Cusco – Urcos - Sicuani, sobre el cerro Chacyani.

#### **Factor geomorfológico**

- Morfología de montañas sedimentarias y laderas del cerro Chacyani con pendientes mayores a 25° favorecen la ocurrencia de procesos por remoción en masa; a diferencia de la zona media a baja de la quebrada donde presenta 5° de gradiente hidráulico, los cuales condicionan la erosión y el socavamiento lateral.

#### **Actividad antrópica**

- Corte de talud para la construcción de trocha carrozable que conducen a pueblos aledaños (fotografía 16).
- Deforestación y tala indiscriminada en las laderas del cerro Chacyani (zona media – alta).
- Incendios forestales.
- Filtración de agua de tubería de riego sobre el terreno (fotografía 17), humedece el suelo, donde actualmente se pueden generar nuevas reactivaciones en forma de deslizamientos y derrumbes.

### Factores desencadenantes

#### **Factor climático-precipitaciones pluviales**

- Las precipitaciones pluviales ocurridas entre los meses de diciembre a marzo del presente año, con registros críticos umbrales de 506 mm en promedio, son consideradas intensas y frecuentes (*según Koppen y Geiger, 2018*).



**Fotografía 16.** Corte de talud para la construcción de trocha carrozable.



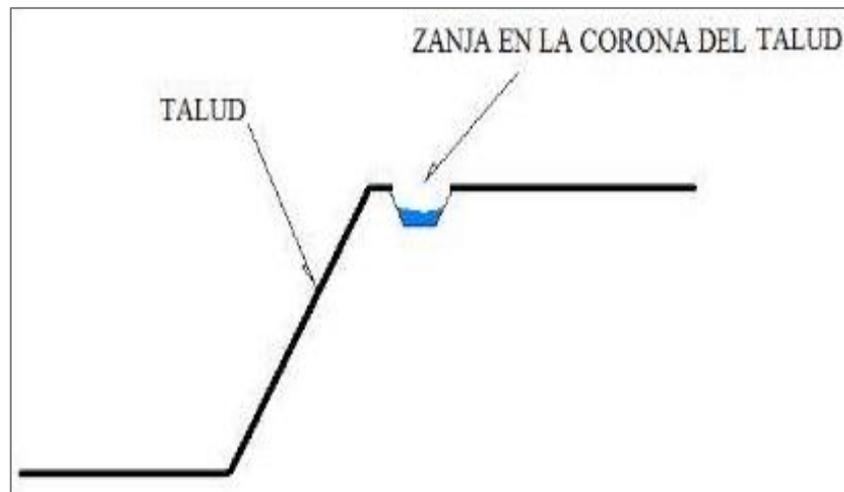
**Fotografía 17.** Filtración de agua sobre el terreno.

## 7. MEDIDAS PREVENTIVAS

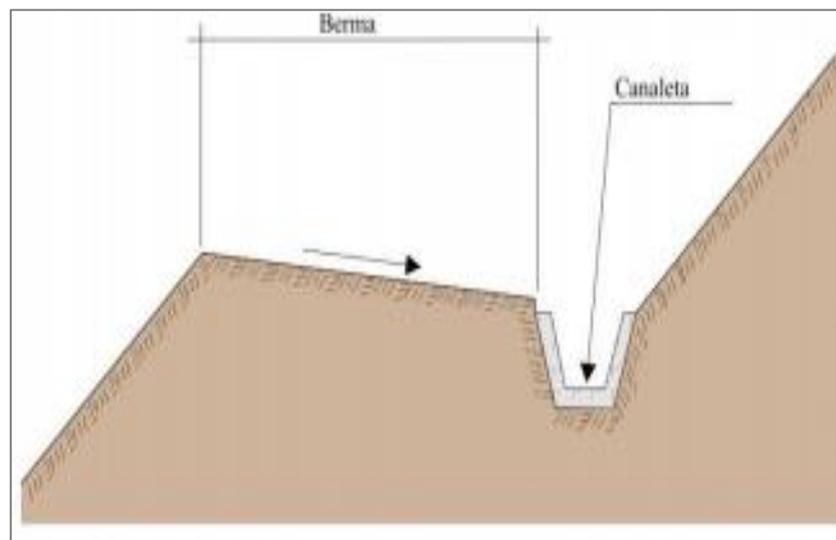
### a. Control del agua de escorrentía

La desviación del escurrimiento en la cabecera de la cárcava, es fundamental para el control de su crecimiento; la forma más común de controlar el agua de escorrentía ha sido mediante la construcción de estructuras de captación llamadas zanjas (figura 9), canaliculos o acequias, que cortan el recorrido del flujo de agua sobre el terreno, disponiéndolo más rápidamente y en forma adecuada, a un canal natural u otra estructura receptora sin que se produzca erosión (figura 10).

La estructura más común es la zanja de coronación o canal de corona, la cual se dispone en la parte superior a una distancia prudencial; debe estar impermeabilizada y verter sus aguas a un canal principal, el cual, en condiciones de alta pendiente, se acompaña de estructuras que disipan la energía alcanzada por las aguas en su recorrido, caso de pantallas deflectoras, canales escalonados o enrocados.



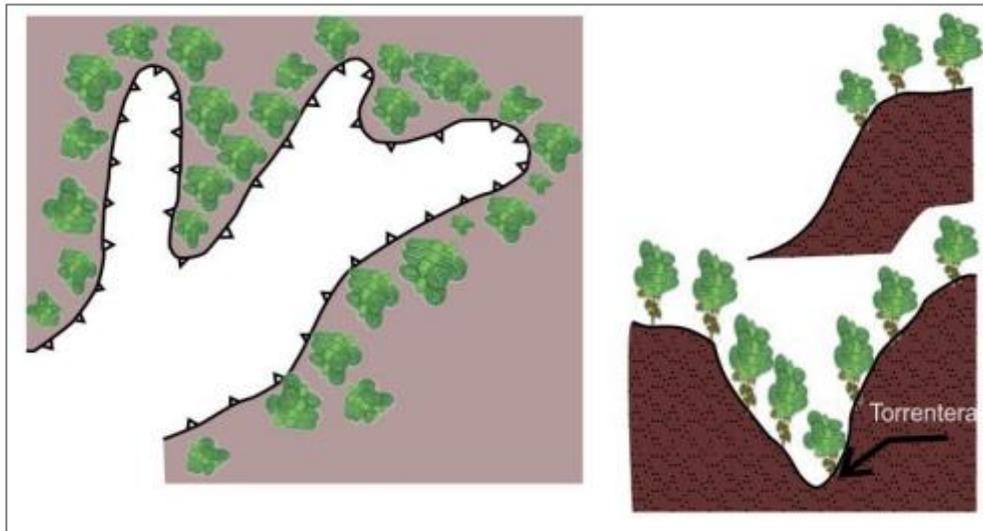
**Figura 9.** Zanja de coronación, la cual se dispone en la parte superior del talud.



**Figura 10.** Detalle de una canaleta de drenaje superficial impermeabilizada.

### b. Incorporación de Material Vegetal.

Las estructuras transversales, además del objetivo de controlar el escurrimiento, tienen la función de propiciar las condiciones necesarias para la colonización y crecimiento de vegetación sobre las superficies de colmatación que favorecen; sin embargo, algunas de estas estructuras en su diseño, incorporan expresamente la implementación de coberturas vegetales (caso de estacas vivas que complementan obras de carácter transversal). Asimismo, para la corrección de cárcavas, son formulados programas específicos de repoblamiento vegetal, que van desde la siembra y conformación de barreras vivas con plantas de porte herbáceo y arbustivo, hasta la reforestación de partes altas de las cuencas de drenaje y áreas cuya estabilización requiere de sistemas radiculares profundos (figura 11).



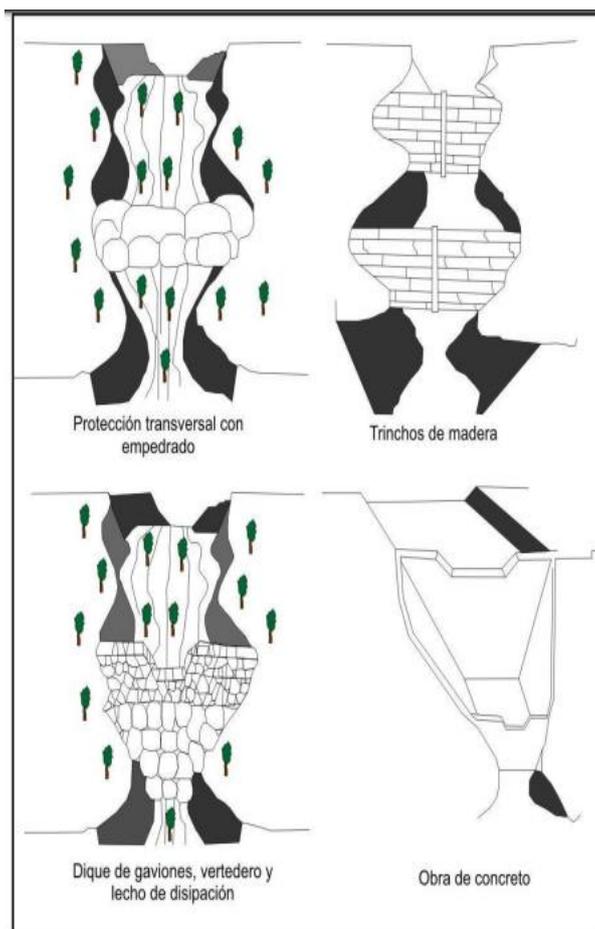
**Figura 11.** Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

### c. Construcción de Obras Transversales.

Si bien, se han descrito algunos trabajos correctivos de carácter transversal en su disposición sobre el terreno -en sentido perpendicular al eje principal de la cárcava o línea de flujo- se ha querido agrupar bajo esta denominación, aquellas técnicas que además de controlar el movimiento del agua en superficie, buscan, de forma clara, la generación de un proceso de sedimentación. De acuerdo con esto, su finalidad principal es retener los sedimentos producto del desgaste del suelo, que provienen de la parte superior o ladera arriba, y suavizar la pendiente en el fondo de la quebrada; gracias a esto se produce una colmatación que, o bien es aprovechada por la vegetación para la colonización, o es ésta inducida mediante diferentes técnicas de repoblamiento vegetal.

Algunos autores (Fournier, 1975; SCS, 1973) las consideran obras complementarias en el sentido de que apoyan las actividades de remodelado de la pendiente y de establecimiento de coberturas vegetales, contribuyendo en la disipación de la energía hídrica.

Por otra parte, las estructuras de tipo permanente tienen una duración mucho mayor; son construidas en concreto, cemento y otros tipos de materiales, y por contrapartida, son más costosas. Como ejemplo se tienen los diques de suelo cemento (figura 12).



**Figura 12.** Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

**d. Corrección por elementos resistentes**

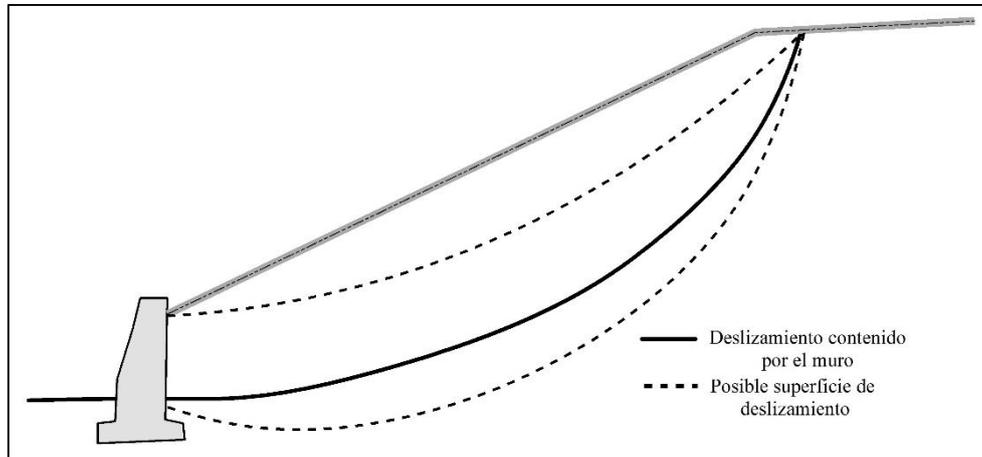
Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 13).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie. 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.

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 costo de una

excavación requerida 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.

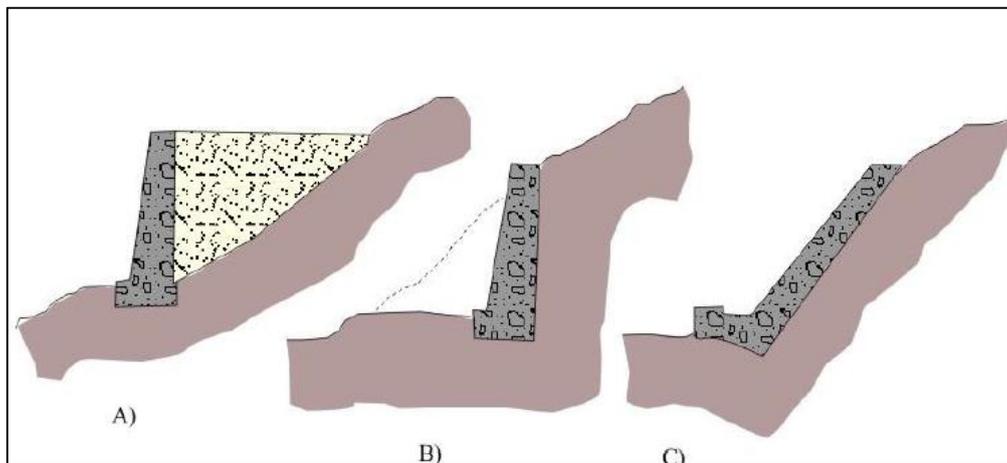


**Figura 13.** Contención de un deslizamiento mediante un muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (figura 14).

- 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 14.** a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento.

## CONCLUSIONES

1. La evaluación geológica y geodinámica en la comunidad de Jayubamba permitió identificar procesos de deslizamientos, derrumbes, erosión de laderas (cárcavas y surcos), erosión fluvial y flujos de detritos (huaicos).
2. La reactivación de deslizamientos y derrumbes en ambas márgenes de la quebrada Chacyani, podrían generar represamiento en la quebrada; cuyo desembalse puede afectar a las viviendas asentadas al borde de la quebrada; por lo que se le considera como zona de **peligro alto** a movimientos en masa.
3. El huaico del año 2017 destruyó dos viviendas que se ubicaban en la margen izquierda y parte baja de la quebrada Chacyani.
4. Los peligros geológicos por movimientos en masa están condicionados por los siguientes factores principalmente:
  - a) Material de fácil remoción (depósito coluvial principalmente), conformado por bloques subangulosos, inmersos en matriz arena limosa.
  - b) Substratos rocosos altamente meteorizadas y muy fracturadas; lo que permite mayor filtración y retención de agua en su cuerpo.
  - c) Laderas con pendientes empinadas (25° a 60°), que por efectos de la gravedad son susceptibles a procesos de remoción en masa.
  - d) Acción de las aguas de escorrentía superficial sobre el terreno y filtración de agua de riego por inundación
  - e) Deforestación y quema de pastizales.

El factor desencadenante para la reactivación de deslizamientos fueron las precipitaciones pluviales, que se registraron entre los meses de noviembre a marzo.

## RECOMENDACIONES

1. Reubicar a las viviendas localizadas al borde de la quebrada Chacyani, por estar asentados en zona de peligro alto a movimientos en masa.
2. Evitar y prohibir la deforestación y quema de pastizales.
3. Restringir la construcción y expansión de viviendas en las márgenes de la quebrada Chacyani.
4. Implementar las recomendaciones sugeridas en el capítulo 7; las cuales contemplan la construcción de sistemas de drenaje o zanjas de coronación en la parte superior de los deslizamientos continuos (ver ítem 7 a); además de sellar los agrietamientos con arcilla, con el fin de evitar infiltración de agua al suelo.
5. Todas estas obras de control estructural deben ser realizadas por profesionales idóneos, que cuenten con estudios geotécnicos, de suelos e hidráulicos entre otros; con la finalidad de analizar costos y viabilidad.



Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto-Act-07



César Augusto Chacaltana Budiel  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- **Corominas, J., y Yague, A., (1997).** Terminología de los Movimientos de Laderas
- **Cruden, D., y Varnes, D. (1996).** Landslide Types and Processes. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.
- **Proyecto Multinacional Andino:** Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- **Sanchez, A, Carlier G. (1973).** Geología del cuadrángulo de Ocongate (Hoja 28t) y Sicuani (Hojas 29 t). Boletín N° 25. Serie A: Carta Geológica Nacional.
- **Suárez, J. (1996).** Deslizamientos. Análisis Geotécnico. Capítulo uno, los Deslizamientos
- **Vílchez M. (2015).** Zonas Críticas por Peligros Geológicos en la región Cusco, informe Técnico Geología Ambiental – Ingemmet. Informe preliminar.