

Informe Técnico N° A6841

DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR TANKARCCASA - UÑUQÑAHUI

Región Cusco
Provincia Anta
Distrito Anta
Paraje Compone



DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
JHOEL GONZALES SALES

NOVIEMBRE
2018

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. Introducción.....	2
2. Antecedentes	2
3. Aspectos Generales.....	4
4. Aspectos Geomorfológicos	5
5. Aspectos Geológicos	5
6. Peligros Geológicos por Movimientos en Masa.	7
7. Propuesta de Medidas Preventivas	11
Conclusiones	18
Recomendaciones	19
Anexo: Glosario de Términos.....	21

“Deslizamiento en el Sector Tankarccasa - Uñuqñahui”
Distrito Anta - Provincia Anta – Departamento Cusco

RESUMEN

La información consignada en el presente informe técnico incide en la identificación de los peligros geológicos por movimientos en masa que afectan o pueden causar desastres en el sector Tankarccasa – Uñuqñahui, distrito Anta, provincia Anta – Cusco.

La caracterización geodinámica y el reconocimiento de los factores condicionantes propios del ámbito geológico-geomorfológico local, han permitido identificar peligros geológicos por movimientos en masa (deslizamiento y otros peligros geológicos). Estos probablemente están condicionados por el substrato rocoso de calidad geotécnica mala, poco consolidado, así como poco resistente cubierto por material detrítico, laderas de fuerte pendiente, la actividad antrópica y ocupación inadecuada por el hombre; las precipitaciones intensas y sismos constituyen detonante principal.

Se emiten la conclusiones y reconvenciones generales. Es bueno resaltar que los mapas temáticos, elaborados con ayuda del SIG, son importantes como herramientas de prevención, pues proporciona una base importante para la planificación que contribuyan a solucionar la problemática de los peligros geológicos.

En febrero del 2017, un deslizamiento ocasionado por la construcción de un reservorio, sin revestir, ha provocado el agrietamiento de la ladera

Se recomienda para futuros proyectos de infraestructura civil, realizar estudios de vulnerabilidad que adopten una metodología que se fundamente en la información científica disponible, incluyendo mapas geológicos, geomorfológicos y de suelo; datos de clima e hidrológicos, así como también mapas topográficos, fotografías aéreas e imágenes de satélite. De igual forma es de gran utilidad para caracterizar los eventos peligrosos potenciales, tener información histórica, tanto escrita como oral proveniente de residentes de las áreas amenazadas

1. Introducción.

El alcalde de la municipalidad provincial de Anta - Cusco, mediante Oficios N° 052-2017-A-MPA, de fecha 09 de febrero del año 2017, se dirige al presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando informe técnico sobre peligros geológicos que afecta el sector Tankarccasa - Uñuqñahui.

Luego de la programación y las coordinaciones respectivas, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico comisiona al ingeniero Hugo Dulio Gómez Velásquez y al geólogo asistente Jhoel Gonzales Sales, para realizar la visita técnica.

Este informe, se pone en consideración de la oficina de Defensa Civil del gobierno distrital de Taray – provincia Calca - Cusco. Se basa en las observaciones realizadas en campo, la interpretación de imágenes satelitales; así como, la recopilación y análisis de información existente, entre ellos trabajos anteriores realizados por Ingemmet en la provincia Anta, incluye textos, ilustraciones fotográficas.

2. Antecedentes

Dentro de los estudios anteriores, sobre riesgo geológico por movimientos en masa que incluyen la jurisdicción del distrito de Anta, se tiene el “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N°3” – Boletín N° 28, elaborado por el Ingemmet (2003), estudio integral en base a análisis geológico, geomorfológico y geología estructural.

En el mapa de ocurrencia de peligros geológicos múltiples (a escala regional), los sectores Tankarccasa - Uñuqñahui, se encuentra en el área denominada zona de Alto Riesgo, con terrenos de fuerte a muy fuerte pendiente; donde se conjugan numerosos peligros: principalmente huaicos, caídas, deslizamientos, movimientos complejos, inundaciones, erosión fluvial y algunas áreas aluviales. Terrenos de fuerte a muy fuerte pendiente. (Figura 1)

En el estudio de riesgos geológicos de la región Cusco, elaborado por el Ingemmet (2017), se determina que el sector Tankarccasa - Uñuqñahui se encuentran ubicados en la zona de susceptibilidad Muy Alta, a la ocurrencia de movimientos en masa: deslizamientos, caída de rocas, otros peligros geológicos (erosión de ladera, reptación de suelos) (figura 2)

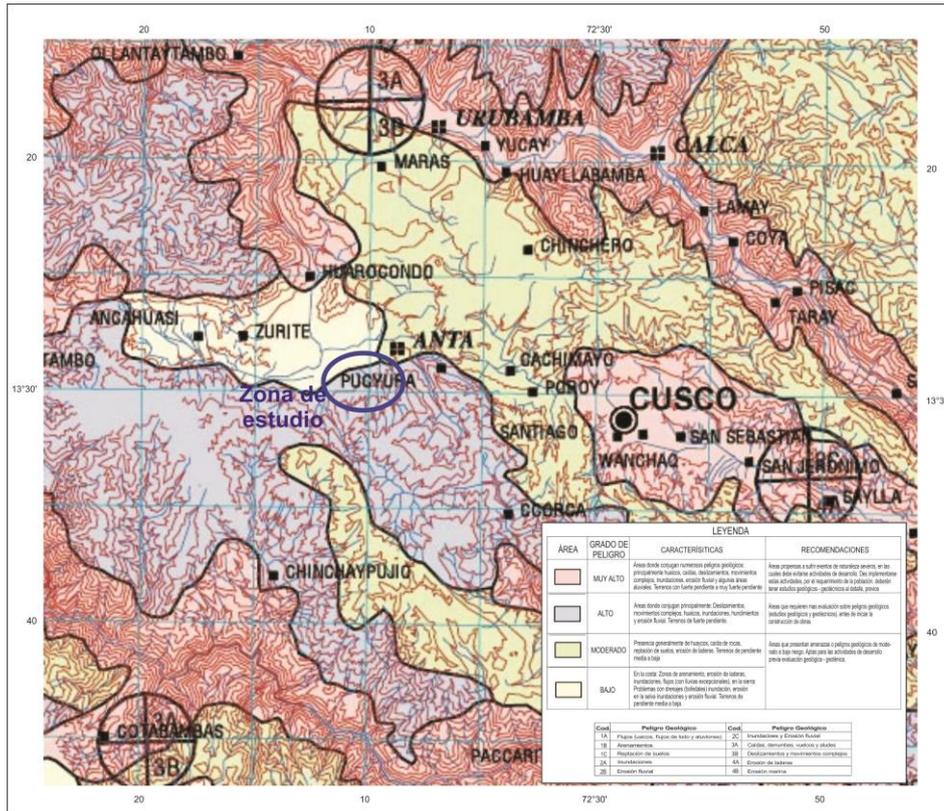


Figura 1 Mapa de ocurrencia de peligros geológicos múltiples. Se observa que la zona de estudio se encuentra en moderado y Alto Riesgo donde conjugan numerosos peligros Deslizamiento, huaicos, reptación de suelos y erosión de ladera (INGEMMET 2003)

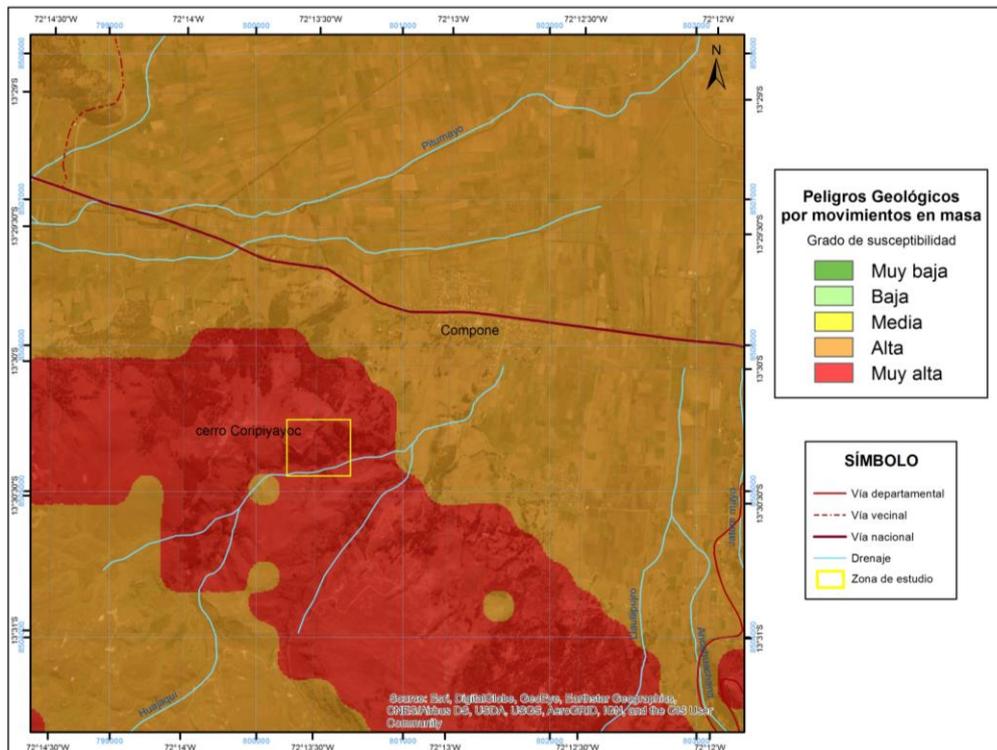


Figura 2 Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de la región Cusco. Se observa que la zona de estudio se encuentra en grado de Susceptibilidad Muy Alta a peligros geológicos de tipo: deslizamiento, huaicos, reptación de suelos y erosión de ladera (INGEMMET 2005)

3. Aspectos Generales

El área evaluada en el presente informe está ubicada en la comunidad campesina Compone, distrito Anta, provincia Anta y departamento Cusco. (figura 3). Geográficamente se ubican en las coordenadas centrales UTM (WGS 84 – Zona 18 Sur):

Norte: 8505432
 Este: 800464
 Altitud: 3476 msnm.

El distrito de Taray situada en el piso altitudinal entre 3000 a 4500 msnm, presenta un clima templado y cálido. En invierno, hay mucha menos lluvia que en verano, de una temperatura promedio 12.9. C°. Las precipitaciones alcanzan 550 mm al año. En el periodo más lluvioso del mes de enero alcanza 118 mm y periodo más seco del mes junio alcanza 4 mm al año.

El acceso a la zona de estudio:

Tramo		Km	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Cusco	1,097	Asfaltada	19:09
Cusco	Compone	43	Asfaltada	1:06
Compone	Tankarccasa - Uñoqñahui	10	Afirmada	0.20

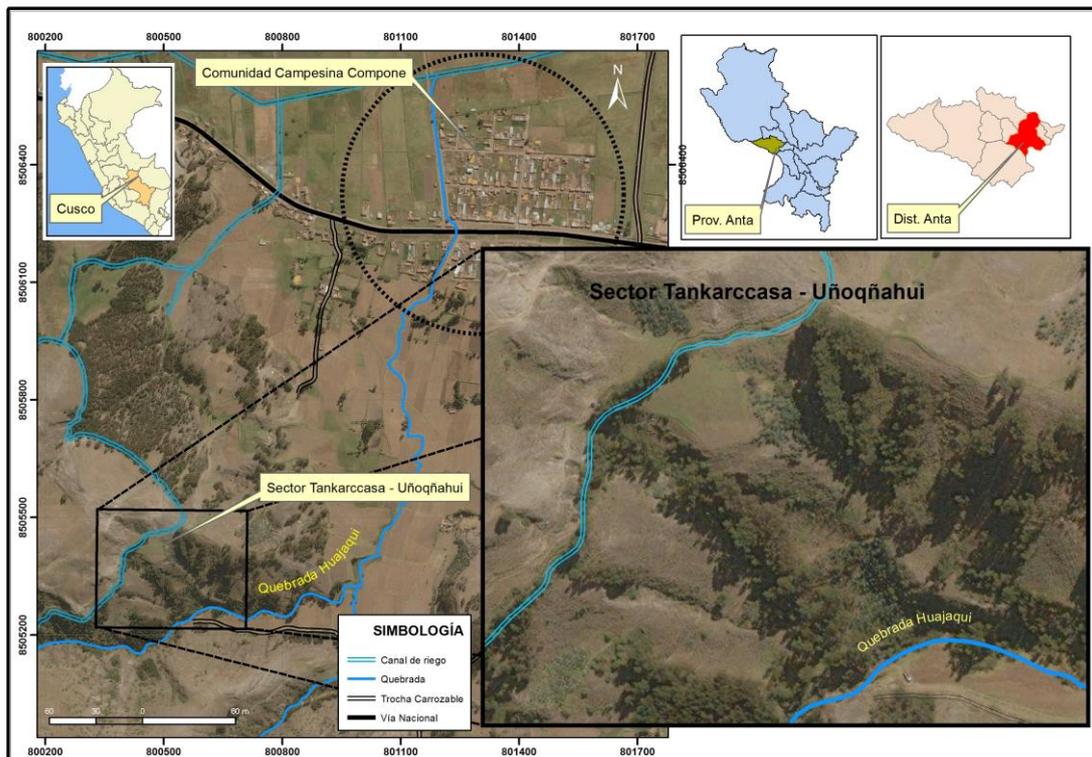


Figura 3. Ubicación del área de estudio.

Objetivo

El objetivo principal es identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa, que afecta a los centros poblados, obras de infraestructura y vías de comunicación; así como, las causas de su ocurrencia.

4. Aspectos Geomorfológicos

La morfología del sector se caracteriza por presentar montañas en roca volcano-sedimentaria (cerros Coripiyayoc – 3 600 msnm), que forman valles fluviales y quebradas con laderas disectadas de pendiente promedio 30°.

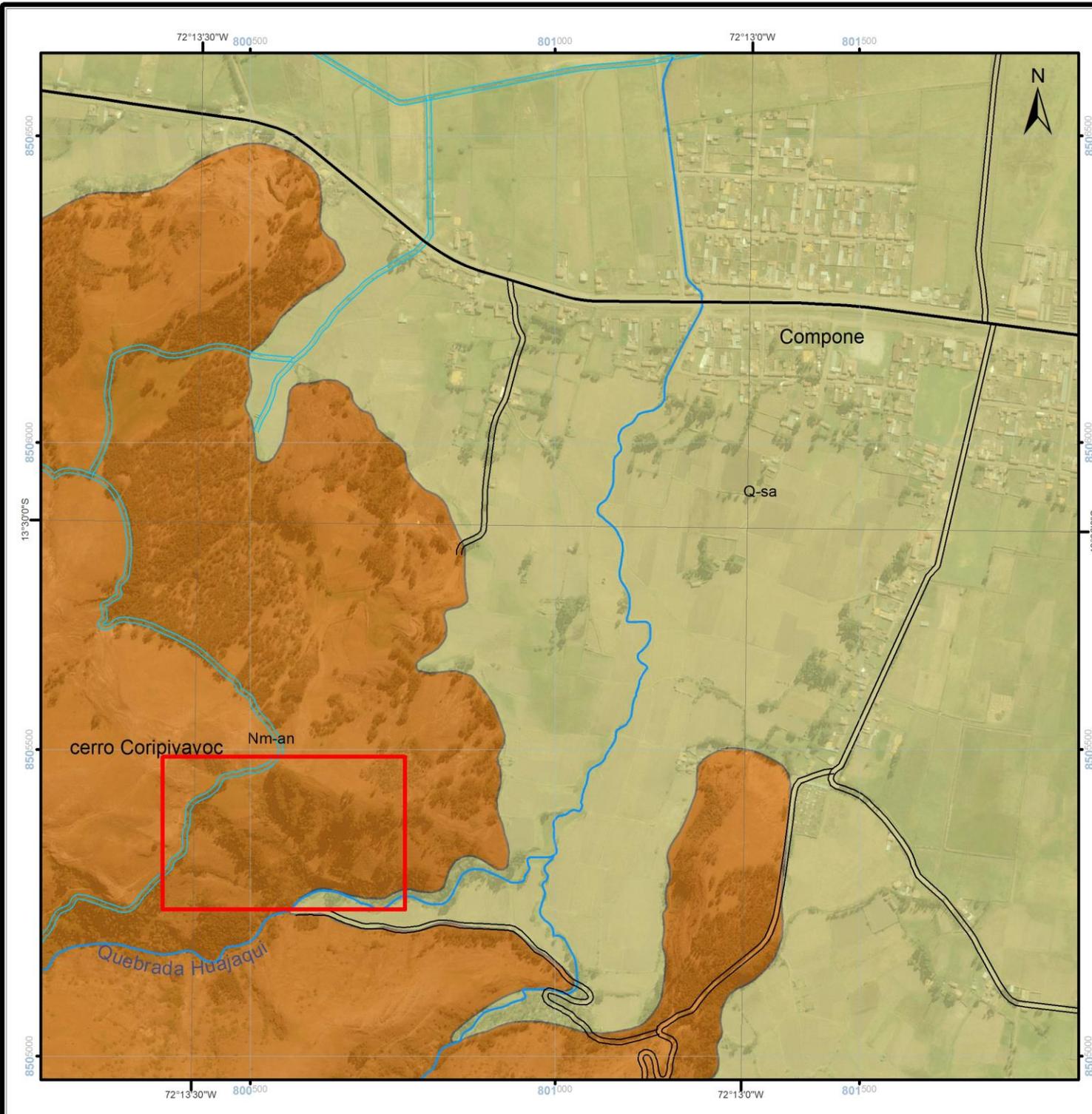
Las comunidades del distrito de Taray en su mayoría ocupan laderas formados por vertientes de piedemonte, deslizamientos, depósitos aluviales y coluviales, o también, pueden ocupar terrazas inundables.

5. Aspectos Geológicos

Tomando como referencia la cartografía de los cuadrángulos de Urubamba y Calca Boletín N° 65 (Carlotto, *et al* 1969; actualizado por Sánchez *et al.*, 2002), en el área se tiene afloramientos de rocas con edades entre el Cenozoico al Cuaternario reciente. Afloran conglomerados de conos aluviales con intercalación de dacitas, andesitas y basaltos andesíticos. Lutitas rojas intercaladas con areniscas fluviales y conglomerados, niveles de calizas lacustres y basálticas (Fm. Anta). También, depósitos de la Formación San Sebastián formado por arcillas y arenas fluvio-lacustres. Niveles de Turba y diatomitas.



Fotografía 1, Vista tomada con dirección oeste, se observa afloramiento de conglomerados de conos aluviales con intercalación de dacitas, andesitas y basaltos andesíticos (Fm. Anta) (coordenadas 800391 E; 8505419 S)



LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	PLEISTOCENO	Q-sa	Fm. San Sebastian
	NEÓGENO	MIOCENO	Nm-an	Fm. Anta

SIMBOLOGÍA

- Trocha Carrozable
- Vía Nacional
- Canal de riego
- Quebrada
- Zona de estudio

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOLÓGICO

280 140 0 280 m

WGS 1984 UTM Zona 18S **FIG. 4**

6. Peligros Geológicos por Movimientos en Masa.

a) Tankarccasa – Uñuqñahui.

El sector Tankarccasa – Uñuqñahui, en la comunidad campesina Compone, distrito Anta, es afectado por peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbes, reptación de suelos y erosión de laderas, condicionado por las características morfológicas, litológicas y pendiente de las laderas que permiten el desarrollo de los peligros.

Deslizamiento

En el mes de febrero del 2017, la ladera del cerro Coripiyayoc flanco sureste, es afectada por movimiento en masa de tipo deslizamiento. El evento presenta las siguientes características: escarpe principal con longitud de 60 m, salto vertical de 0.40 m y velocidad de movimiento lento, masa desplazada con dirección norte 115. Además, se originaron agrietamientos en el terreno con longitudes que varía entre 52 m a 10 m; con salto vertical de hasta 0.3 m; abertura 0.10 m; profundidad aproximada de 2.00 m y dirección de movimiento norte 115.

En la parte superior se observa, la construcción de un reservorio de agua para uso agrícola sin revestir; además, un canal de regadío de tierra sin revestir en algunos sectores presenta empedrado. La construcción de esas obras de infraestructura no cuenta con un estudio geológico geotécnico detallado, que ha originado un mayor incremento de la inestabilidad de la ladera, debido a que la infiltración de sus aguas satura el terreno generando pérdida de cohesión en el suelo ver figura 6.

Factores condicionantes y detonantes:

Los factores que influyen en la inestabilidad de las laderas se dividen en: condicionantes y desencadenantes; los primeros dependen de las características intrínsecas de las laderas, y los segundos, conocidos también como factores externos y/o detonantes, dependen de las condiciones climáticas, eventos extremos y grado de impacto o deterioro ocasionado por las actividades del hombre.

Los factores condicionantes dependen de las características de la ladera:

- Ladera de montaña con pendiente promedio 30°.
- Substrato rocoso completamente meteorizado, muy fracturado de calidad geotécnica mala.
- La naturaleza de suelo incompetente, formada por gravas y arenas con matriz areno limosa poco consolidadas (fotografía 1), medianamente saturado.
- Afloramiento de agua subterránea
- Cobertura vegetal escasa.

Factores externos y/o detonante.

- Mal sistema de riego (uso inadecuado de aguas de esorrentía).
- Construcción de un reservorio y canal de regadío sin revestir
- Deforestación y sobre pastoreo de laderas
- Las precipitaciones pluviales intensas que se presentan entre los meses de diciembre -abril, funcionan como detonante principal.

Daños causados:

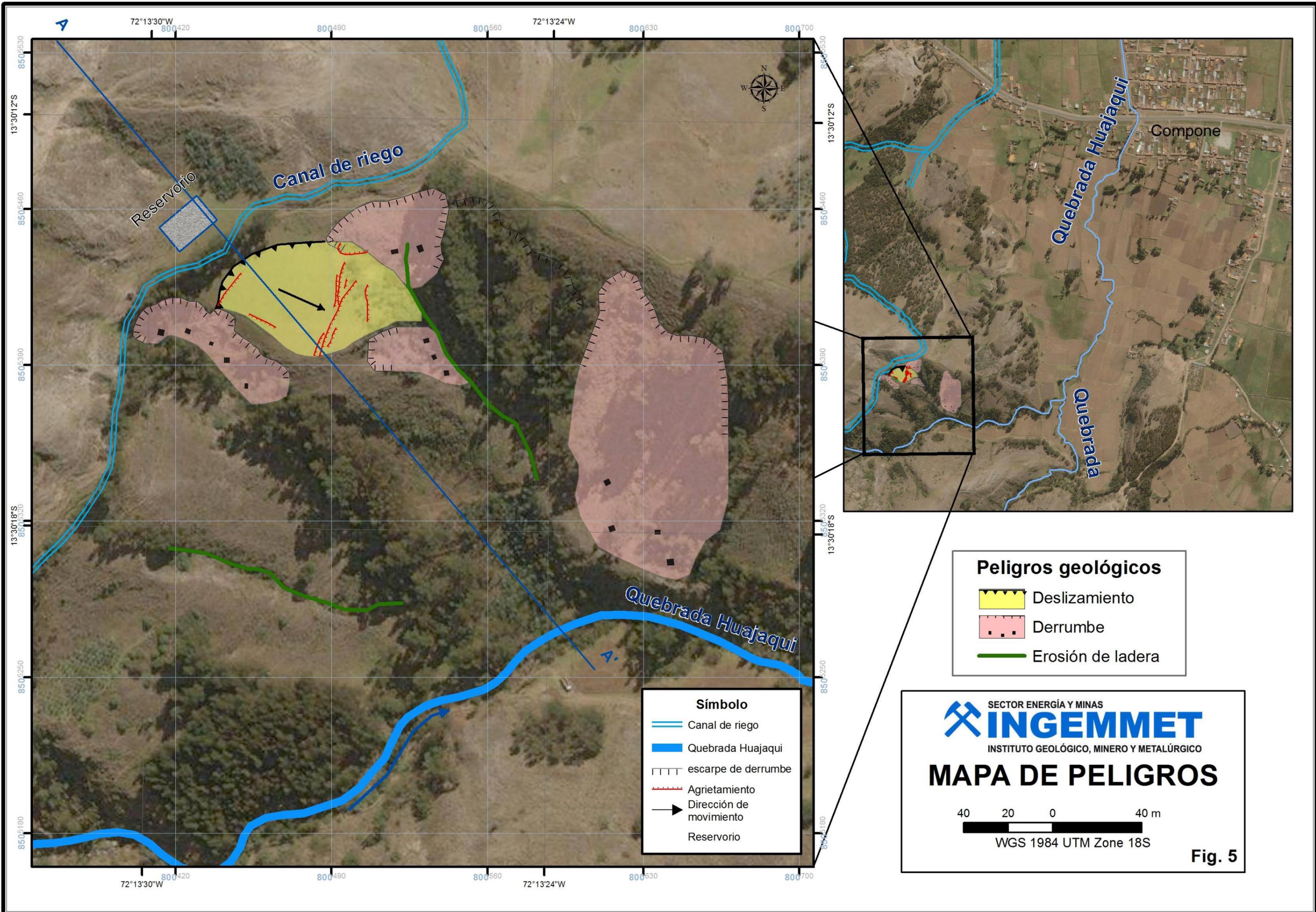
- Afecta terrenos de cultivo y de pastoreo.



Fotografía 2. la vista A y B) se observa el escarpe principal con salto de 0.40 m aproximadamente; C) se observa a la margen derecha sector donde se genera derrumbe de menor magnitud; D) se observa la zona donde se generaron agrietamientos.



Fotografía 3. en la imagen A) se observa el canal de regadío sin revestir B) se observa el reservorio sin revestir



72°13'30"W 800420

800490

800560

72°13'24"W

800630

800700

13°30'12"S

8505460

8505390

8505320

8505250

8505180

Reservorio

Canal de riego

Quebrada Huajaqui

Símbolo

- Canal de riego
- Quebrada Huajaqui
- escarpe de derrumbe
- Agrietamiento
- Dirección de movimiento
- Reservorio

Peligros geológicos

- Deslizamiento
- Derrumbe
- Erosión de ladera

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA DE PELIGROS

40 20 0 40 m

WGS 1984 UTM Zone 18S

Fig. 5

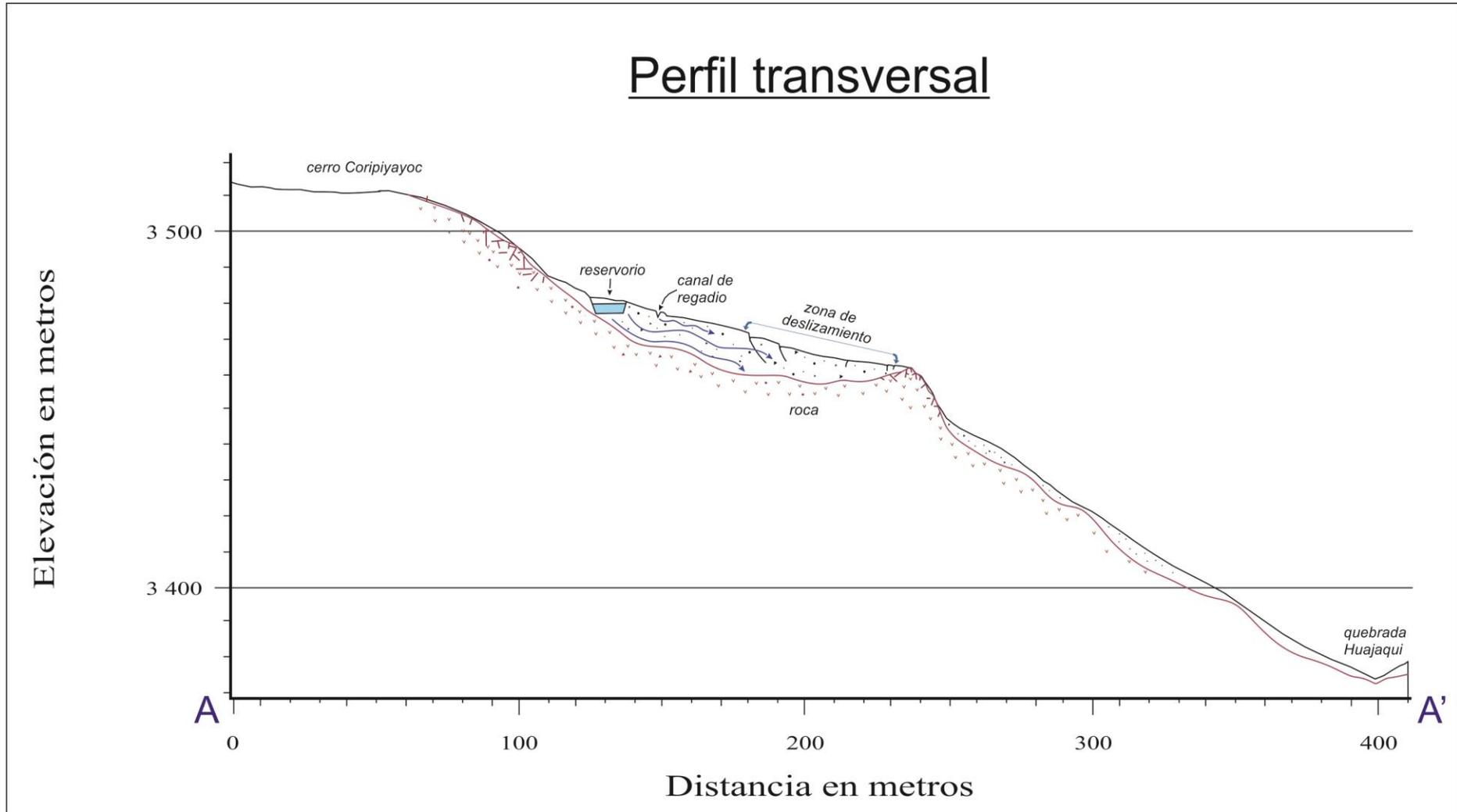


Figura 6. Perfil transversal de la zona donde se genera deslizamiento, también presenta agrietamientos que iniciaron el año 2013

7. Propuesta de Medidas Preventivas

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, procesos de erosiones de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

7.1 Para Deslizamientos

Los deslizamientos ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas, medidas para el manejo de estas zonas:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terrocemento entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece la infiltración y saturación del terreno.
- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales. En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Factores que aumentan la estabilidad del talud:

1. Intercepta la lluvia
2. Aumenta la capacidad de infiltración
3. Extrae la humedad del suelo
5. Raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
7. Aumentan el peso sobre el talud
8. Trasmiten al suelo la fuerza del viento
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión

La deforestación puede afectar la estabilidad de un talud de varias formas:

1. Disminuyen las tensiones capilares de la humedad superficial
2. Elimina el factor de refuerzo de las raíces
3. Facilita la infiltración masiva de agua.

La quema de la vegetación aumenta la inestabilidad de los taludes, especialmente si esto ocurre en área de coluviones en los cuales la vegetación ejerce un papel preponderante en la estabilidad, especialmente por la eliminación del refuerzo de las raíces y por la exposición a la erosión acelerada.

a) Construir zanjas de coronación.

Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 7).

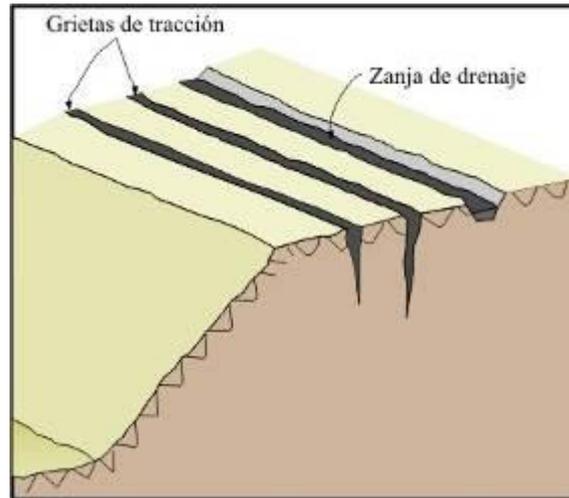


Figura 7 Canales de coronación.

b) Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado:

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (figura 8). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración del agua

c) monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso:

Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.



Figura 8. Sistema de drenaje tipo espina de pez.

d) Sistema de drenaje en laderas ocupados por cultivos:

Son pequeños canales impermeabilizado de 30 centímetros de ancho en el fondo (plantilla), taludes 1:1 en suelos estables, 3/4:1 0 1/2:1 en suelos muy estables, y 1 1/2:1 0 2.1 en suelos poco estables o susceptibles a la erosión (suelos muy Livianos). Su desnivel y profundidad son variables. Los canales son aconsejables en zonas con Lluvias intensas y en áreas con suelos pesados, poco permeables, donde hay exceso de escorrentía, y en suelos susceptibles a la erosión con pendientes hasta 40 % y longitudes largas.

No se deben construir en terrenos con cultivos limpios o potreros de más de 30 % de pendiente, ni en terrenos con cultivos de semibosque (café, cacao, etc.) de más de 50 % de pendiente.

Se deben desaguar en un sitio bien protegido, en donde no vayan a causar erosión. Se trazan y construyen desde el desagüe hacia arriba, asegurándose que el fondo quede lo suficientemente alto sobre el desagüe (20-40 cm), para que el agua que baje por este no penetre a las acequias, o las represe. En la construcción de varios canales, debe iniciarse con la más alta del terreno, pues de otro modo se podrían dañar las más bajas por un aguacero fuerte (figura 9).

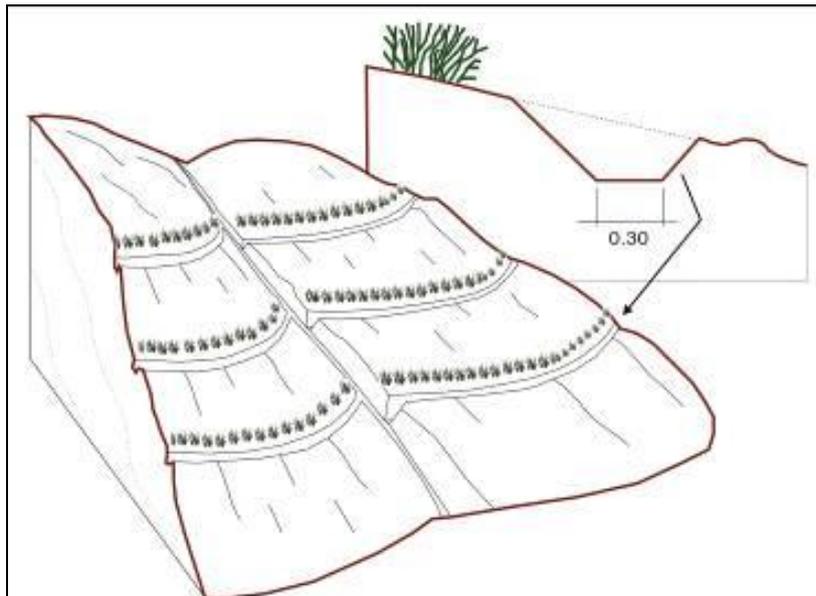


Figura 9. Sistema de drenaje en laderas ocupados por cultivos

7.2 Para Derrumbes y Caída de Rocas.

Forma de talud se muestra en la (figura 10), la inclinación de los taludes depende de los suelos y litología. Cuando la inclinación cambia, en muchos casos se proporciona una banqueta en el punto de cambio de inclinación.

Generalmente se emplea una pendiente única cuando la geología y los suelos son lo mismo en profundidad y en las direcciones transversales y longitudinales. cuando la geología y los suelos varían considerablemente y de manera complicada, una pendiente única adecuadamente al suelo de mayor pendiente podría usarse, aunque esto sea antieconómico.

a) Banquetas:

Generalmente se instala una banqueta de 1 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.

1) Localización de banqueta.

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 a 2 metros de ancho cada 5 a 10 metros 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.

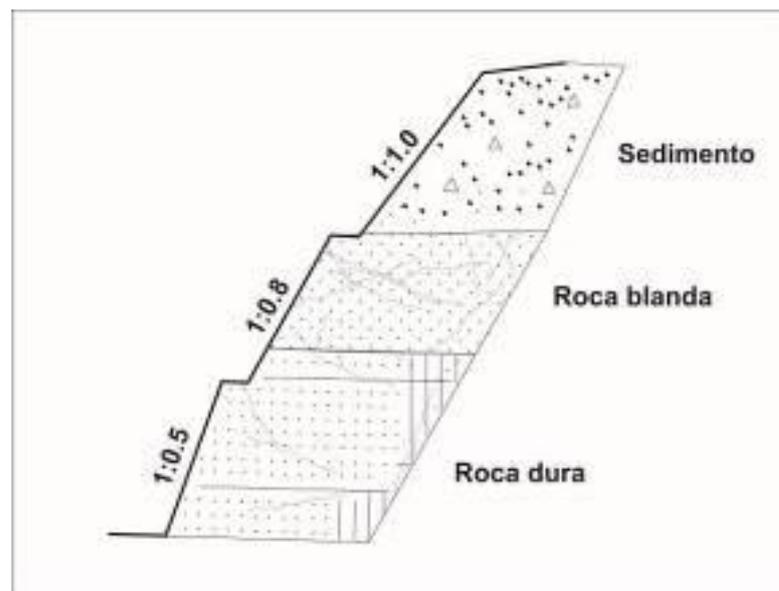


Figura 10. Condición de terreno y forma de taludes

b) Corrección por muros

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 11).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 12). 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.

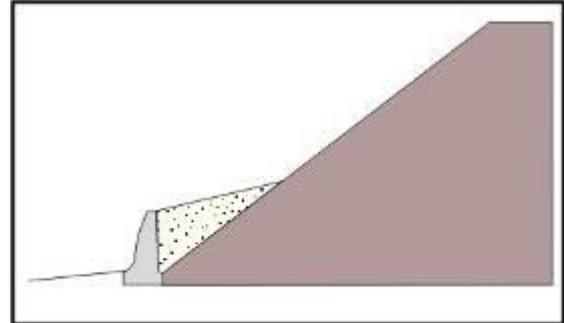
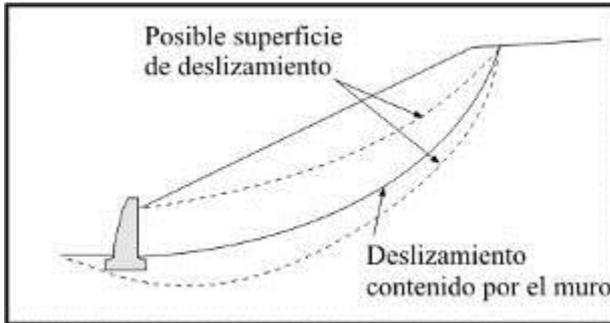


Figura 11. Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de INGEMMET, 2000).

Figura 12. Relleno estabilizador sostenido por el muro (tomado de INGEMMET, 2000).

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 (Figura 13):

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.

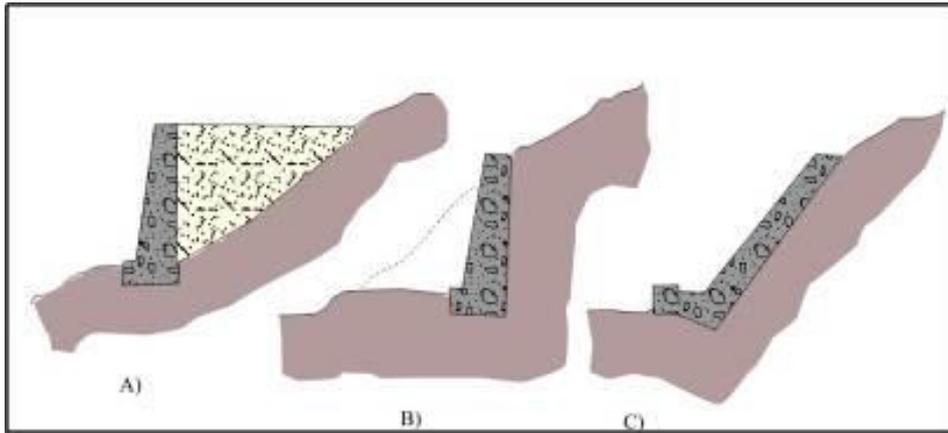


Figura 13. a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (tomado de INGEMMET, 2000).

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.

Conclusiones

1. La zona de estudio presenta una morfología, que comprende montañas de laderas con pendiente moderado 30°, disectados que forman innumerables quebradas y valles fluviales.
2. Procesos externos han generado suelos potentes, cuando se saturan de agua se desestabilizan formando movimientos en masa.
3. Precipitaciones pluviales periódicas y/o extraordinarias son los “detonantes” que provocan la desestabilización de las laderas del cerro Tipi Coripiyayoc. Así como también la formación de escorrentía superficial que erosionan la ladera a manera de cárcavas.
4. El sector es afectado por movimientos en masa, de tipo deslizamiento, debido al mal uso del sistema de riego en las partes altas. Este evento se incrementa durante el periodo de lluvias (diciembre-marzo).
5. La construcción de un reservorio y canal de riego sin revestir, han acelerado el proceso (infiltración de sus aguas que saturan el terreno).
6. La zona de estudio denominado Tankarccasa - Uñuqñahui, por las condiciones geológicas y morfología actual, presenta peligros geológicos de tipo deslizamiento. Afectando terrenos de cultivo, pastoreo y viviendas que se ubican por ello se considera de muy alto peligro por movimientos en masa, estando en Peligro Alto, con la presencia de lluvias intensas y/o excepcionales

Recomendaciones

- 1 Implementar un sistema de monitoreo, en la zona de agrietamientos para temporadas de lluvias, que permita determinar la existencia de movimientos de ladera. Se puede implementar con estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto en la masa en movimiento, como en una zona estable, realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentando la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población involucrada para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas
- 2 Se debe suspender la utilización del reservorio y canal de regadío, mientras no cuente con un estudio técnico y/o se revistan.
- 3 Forestar con plantas nativas o arboles nativos que tengan raíces verticales o subverticales, para mejorar la estabilidad de la ladera. De esta forma evitar el impacto de las gotas en el terreno y reducir la infiltración de agua en el suelo.
- 4 Las obras de rehabilitación deben ser dirigidos y ejecutado por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.
- 5 Se recomienda, para la construcción de infraestructura civil se debe realizar estudios previos que

Referencia Bibliográfica

- Carlotto V., Gil W., Cárdenas J., Chávez R. & Vallenás V. (1996). - Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 27r y 27s). INGEMMET. Lima.
- Corominas Dulcet, J., y García Yagué A., 1997, Terminología de los movimientos de laderas, en Memorias, IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Granada, España, p. 1051–1072.
- Cruden, D. M., Varnes, D. J., (1996) Landslide types en processes, en Turner, K., y Schuster, R. L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, national Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1981. Rock slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy, 358 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.
- Hutchinson, J.N., 1988, Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology, en Memorias, 5th International Conference on Landslides, Lausanne, p. 3–35.
- Valderrama, P. & Roa, R. (2011) Informe Técnico N°A6574, Inspección Técnica al Movimiento en Masa de Huancalle. INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo 11 p.
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico (2003). Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3. INGEMMET, Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N.º 28 Serie C: 389 p.
- Suarez Diaz, J. (1998) Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos p, 541

Anexo: Glosario de Términos

Movimientos en Masa: El término movimiento en masa, incluye todos los desplazamientos de una masa rocosa, de detrito o de tierra por efectos de la gravedad (Cruden, 1996).

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos: la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal (ausencia de vegetación); combinados con factores extrínsecos: construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como “detonantes” las precipitaciones pluviales extraordinarias y movimientos sísmicos.

Deslizamiento

Es un movimiento de una masa de suelo, roca o ambos, ladera abajo, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

Se clasifican 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, sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablará de deslizamiento compuesto (Hutchinson, 1988).

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 un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca (figura 15). Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante y ocurre en rocas poco competentes. La tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas (Hutchinson, 1988).

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

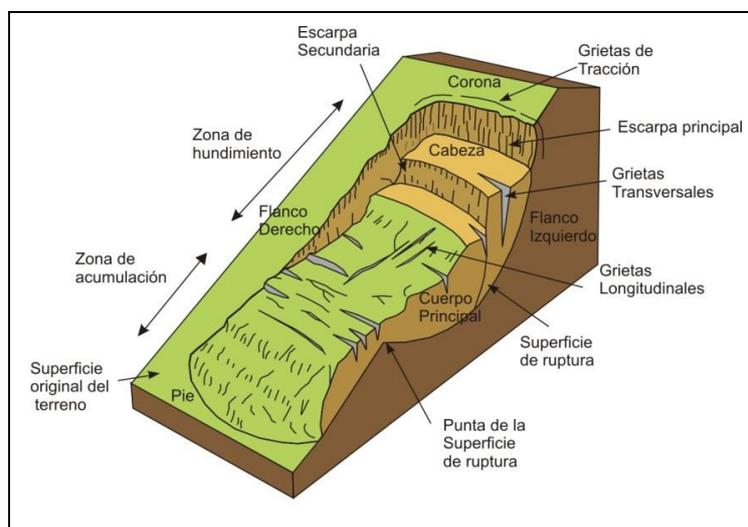


Figura 15. Diagrama de bloque de un deslizamiento

Derrumbe, Caída violenta de material que se puede dar tanto en macizos rocosos como depósitos de cobertura, desarrollados por: heterogeneidad litológica, meteorización, fracturamiento, fuertes pendientes, humedad y/o precipitaciones, sismos y erosión generada en las márgenes.

Estos fenómenos suelen producirse en taludes verticales en suelos inconsolidados a medianamente consolidados, rocas muy fracturadas y en el corte de carreteras, canteras, acantilados marinos, taludes de terraza, etc. (figura 16)

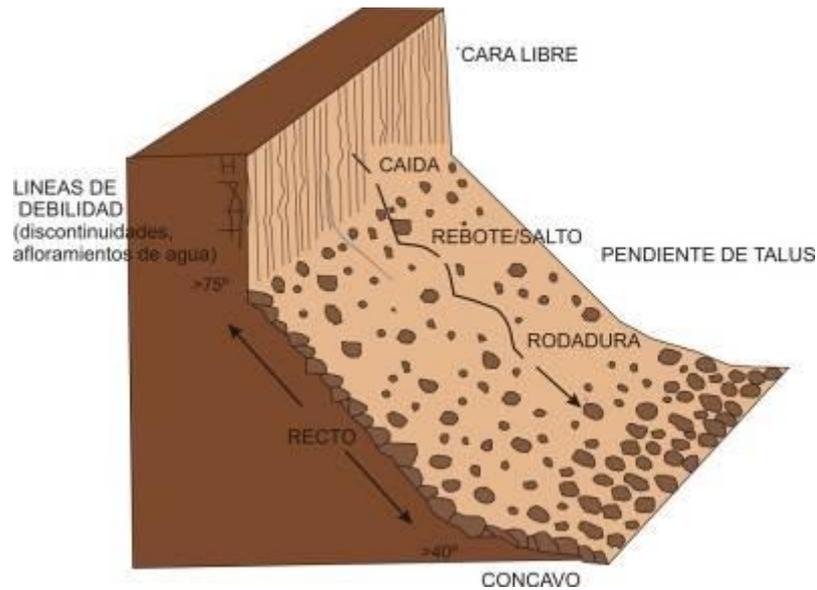


Figura 16 Esquema de Derrumbe (Vílchez 2015)

Reptación: La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (Figura 17).

Dentro de este movimiento se incluyen la soliflucción y la geliflucción, este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.

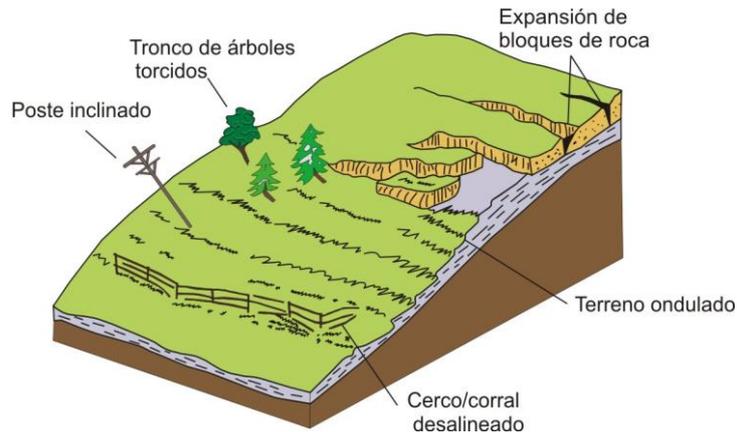


Figura 17. Esquemas de reptación y solifluxión, según Corominas Dulcet y García Yagué, 1997.

Otros peligros geológicos

Dentro de esta categoría de peligros se ha identificado:

a.- 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. 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 (Gonzalo et al., 2002).

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

Saltación pluvial: el impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, el impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementa escorrentía.

Escurrimiento superficial difuso: comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

Escurrimiento superficial concentrado: se produce en dos formas, como surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados; y como cárcavas, que son canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión, por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia. El proceso se da en cuatro etapas: 1) entallamiento del canal, 2) erosión remontante o retrogresivo desde la base, 3) cicatrización y 4) estabilización (Gonzalo et al., 2002). (figura 18)

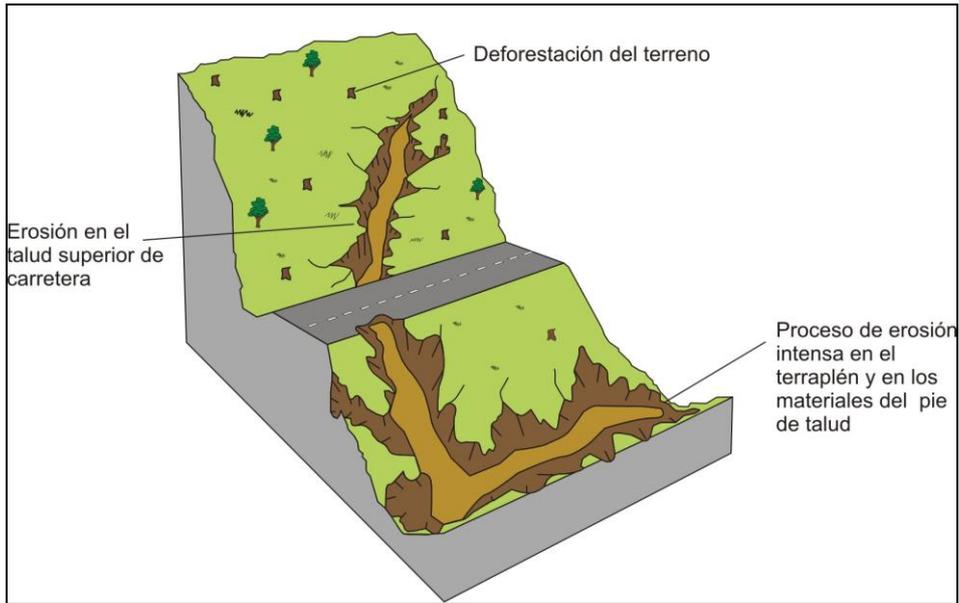


Figura 18. Esquema de erosión de ladera