

DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD CHUCCHUCALLA

Región Cusco
Provincia Canas
Distrito Yanaoca
Paraje Chucchucalla



DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
JHOEL GONZALES SALES
MARZO
2018

CONTENIDO

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	1
3. Aspectos Generales.....	2
4. Aspectos Geomorfológicos.....	3
5. Aspectos Geológicos.....	4
6. Peligros Geológicos por Movimientos en Masa.....	5
1. Propuesta de Medidas Preventivas.....	10
Conclusiones.....	17
Recomendaciones.....	18
Referencia Bibliográfica.....	19
ANEXO.....	20
Glosario de términos.....	20

“DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD CHUCCHUCALLA”

Distrito Yanaoca – Provincia Canas – Departamento Cusco

1. Introducción.

El alcalde de la municipalidad provincial de Canas, región Cusco, mediante Oficio N° 174-2017/GM/MPC de fecha 12 de abril del año 2017, se dirige al presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando informe técnico sobre peligros geológicos por movimientos en masa en la comunidad de Chucchucalla.

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

El presente informe técnico científico de la comunidad Chucchucalla distrito Yanaoca, provincia Canas - Cusco, se llevó a cabo con la finalidad de generar información Geocientífica útil para los gobiernos locales involucradas en la planificación territorial. Por ese motivo, se ha incidido principalmente en la identificación de los peligros geológicos y geohidrológicos que los afectan o pueden causar desastres.

La preparación del informe se ha basado en la revisión de información existente en la zona, la interpretación de imágenes satelitales de Google Earth (setiembre 2016) y mapa topográfico base, utilizando hoja topográfica del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:50 000; También se realiza una visita técnica para la validación de la información generada.

La caracterización geodinámica ha permitido identificar peligros geológicos por movimientos en masa (deslizamiento de tipo rotacional y eventos antiguos) Probablemente fueron condicionados por el substrato rocoso meteorizado de calidad geotécnica mala, laderas de fuerte pendiente, la actividad antrópica y ocupación inadecuada por el hombre. Como detonante principal la presencia de lluvia intensas y sismos.

Finamente, 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.

2. Antecedentes

Dentro de los estudios anteriores de riesgos geológicos por movimientos en masa que incluyen el área de Chucchucalla, se tiene el Estudio de riesgos geológicos del Perú Franja N°2 – Boletín N° 27, elaborado por el Ingemmet (2002), donde se constituye un estudio integral en base a análisis geológico, geomorfológico y geología estructural propone una evolución geodinámica reciente para las regiones.

En el mapa de ocurrencia de peligros geológicos múltiples (a escala regional), la comunidad de Chucchucalla, se encuentra en el área denominada como zona de Alto Riesgo, donde se conjugan varios tipos peligros geológicos; como deslizamientos, huauicos, inundaciones y erosión de ribera. Terrenos con pendiente fuerte, son áreas propensas a sufrir eventos naturales severos no aptos para el desarrollo urbano. De ser necesario realizar estudios geológicos geotécnicos de detalle, para desarrollar la habilitación de un área (figura 1).

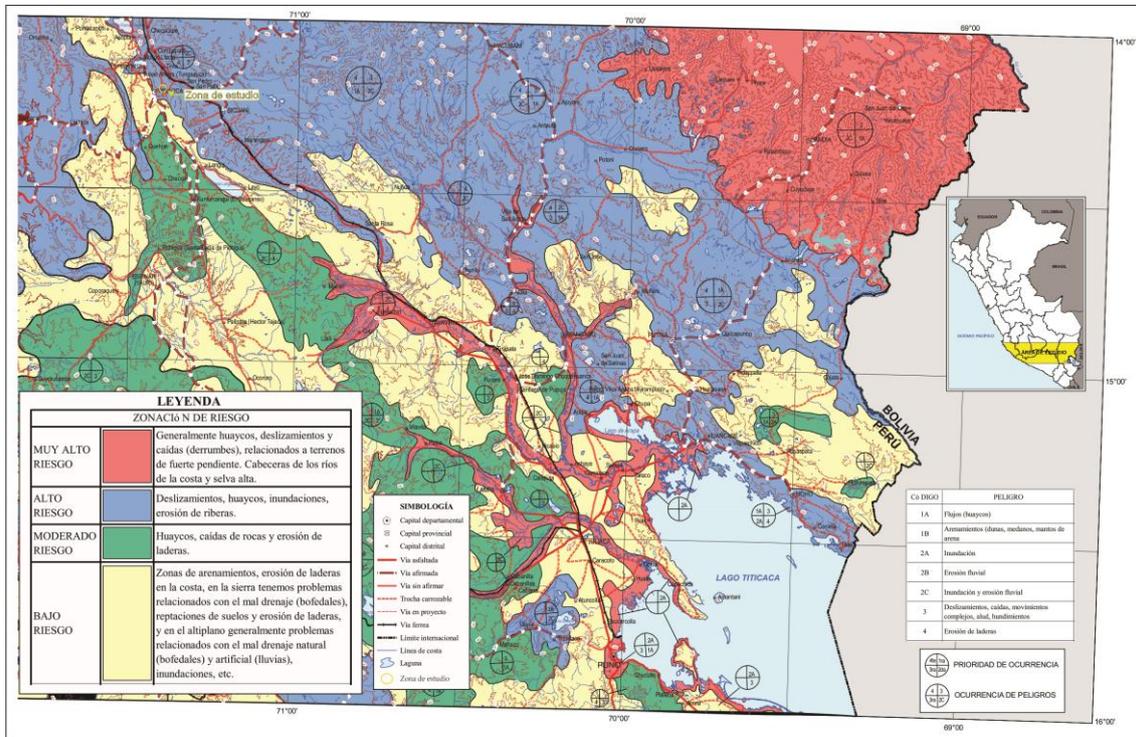


Figura 1 Mapa de ocurrencia de peligros geológicos múltiples. Se observa que la zona de estudio se encuentra en Alto Riesgo a deslizamientos, huauicos, inundaciones y erosión de ribera (INGEMMET 2002).

3. Aspectos Generales

La zona de estudio, se encuentra ubicado a 3,349 m con dirección norte 88° del poblado Yanaoca en la comunidad denominada Chucchucalla, distrito Yanaoca, provincia Canas – región Cusco (figura 2), entre las coordenadas UTM (WGS 84 – Zona 18 Sur)

Deslizamiento en el sector Chucchucalla:

Norte: 8427003

Este: 240878

Altitud: 3928 msnm.

La localidad de Chucchucalla situada en el piso altitudinal entre 2500 a 3500 msnm, presenta un clima de tipo tropical templado y frígido, con una temperatura media mensual de 14.069 °C, se producen precipitaciones pluviales entre los meses de diciembre a abril y periodos de estiaje entre los meses de mayo a setiembre.

El acceso a la zona de estudio:

Tramo		Km	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Cusco	1,097	Asfaltada	19:09
Cusco	Yanaoca	126	Asfaltada	2:30
Yanaoca	Chucchucalla	9	Afirmada	0:23

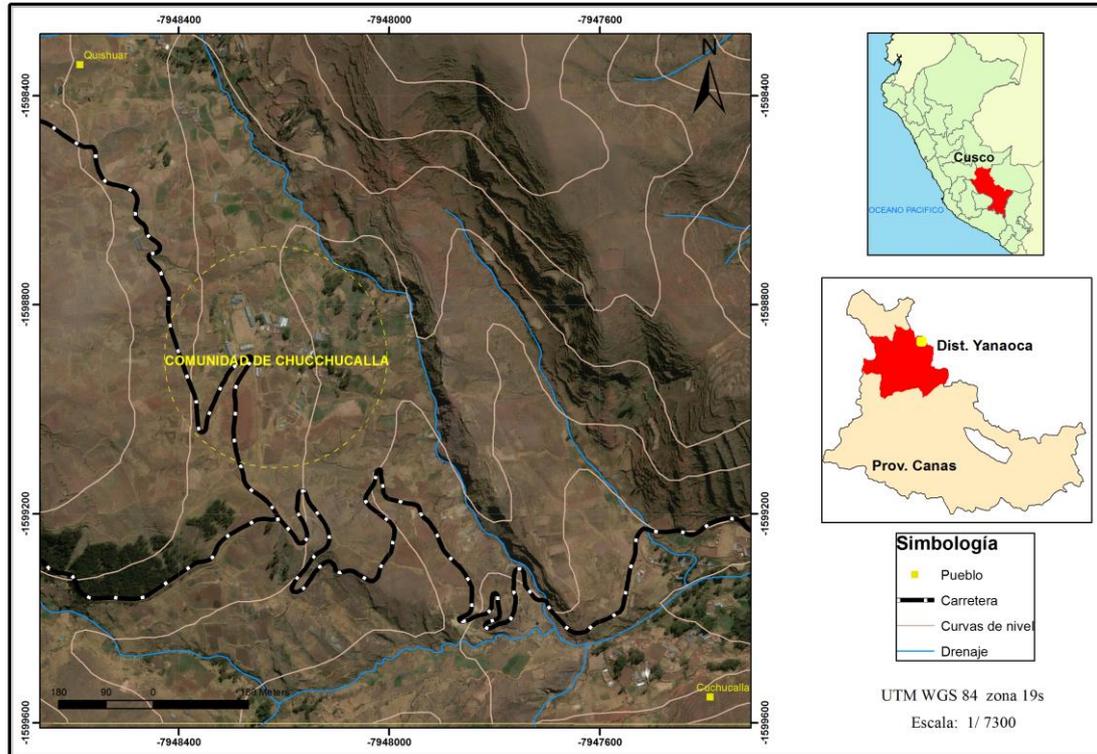


Figura 2. Ubicación del área evaluada.

Objetivo

El objetivo es identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y peligros geohidrológicos, que afectan al centro poblado, 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 con laderas en rocas sedimentarias (cerro Ranchupata – 4 227 msnm y Pihuiña – 4065 msnm), que presentan una pendiente promedio de 30° disectadas, que forman quebradas y valles juveniles.

La comunidad Chucchucalla se encuentra situada sobre la unidad de piedemonte, material formado por gravas con clastos angulosos envueltos en una matriz limosa, al pie de la ladera se forman terrazas, material formado por gravas y arenas envueltas en matriz areno-limosa.

5. Aspectos Geológicos

Según la cartografía del cuadrángulo Sicuani Boletín N° 25 (Audebaud *et al.*, 1970; actualizado por Sánchez *et al.*, 2001 y Latorre, *et al* 2016) hacen mención a afloramientos de rocas con edades Paleozoicas a Cenozoicas (cuaternario reciente).

En la zona de estudio, específicamente el área donde se sitúa el poblado Chucchucalla, está formado por gravas y arenas envuelto en matriz limosa, de color rojizo también se observa patinas de cal, (**depósito coluvial**). El substrato es considerado de calidad geotécnica mala a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.

En los alrededores del poblado, afloran rocas de la **Formación Vilquechico (Ks-vi)**, formado por areniscas cuarzosas, arcosas intercaladas con limoarcillitas y calizas laminares; la **Formación Auzangate (KsP-a)**, formada por intercalación de limoarcillitas y limolitas, areniscas arcósicas en estratos tabulares, calizas grises, limoarcillas y lentes de yeso; la **Grupo Tacaza (PN-t)**, conformado por aglomerados, brechas, calizas envueltas en matriz tobácea y areniscas tobáceas intercalados con limolitas rojas; también, acumulaciones de material poco compactos gravas y arenas envueltas en matriz areno-limosa (**depósitos aluviales**), que se presentan en forma de terrazas.



Fotografía 1, Vista tomada con dirección noroeste, se observa deposito coluvial formado por material limo arcillosa (coordenadas 240903 E; 8427250 S)

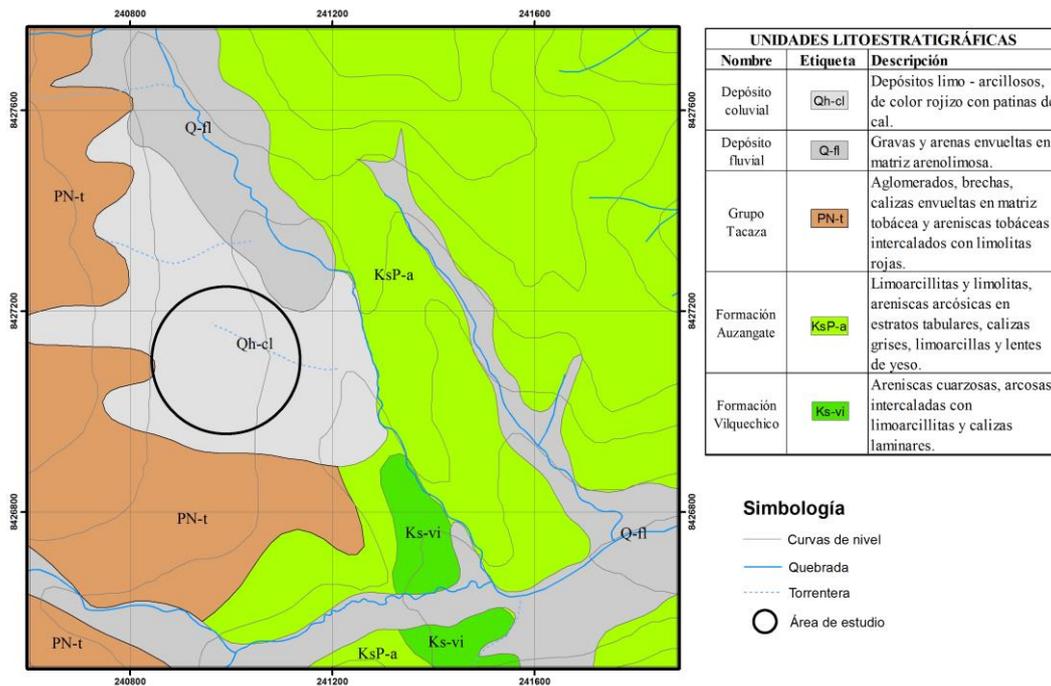


Figura 3. Unidades geológicas en la zona de estudio y alrededores (Ingemmet, 2011)

6. Peligros Geológicos por Movimientos en Masa.

Chucchucalla, es afectado por peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbe, reptación de suelos y erosión de laderas, condicionado por las características morfológicas, litológicas y pendiente.

Los movimientos en masa, materia del informe son:

Deslizamiento

Antecedentes del evento: Con la interpretación de las imágenes satelitales Google Earth (2016), en la margen derecha de la quebrada Chucchucalla, se logró identificar dos eventos antiguos poco notorios; presentan una superficie ondulada que indica la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamiento – flujo y reptación de suelos.

El deslizamiento antiguo (D-1), se ubica entre las coordenadas 8426971 S; 241072 E. Presenta un escarpe principal poco notorio, de 190 m de longitud, salto vertical promedio de 5 m, longitud del escarpe principal al pie 295 m, altura de la cabeza a la base 61 m; también se observa, la ocurrencia de reactivaciones, dentro de la masa desplazada, estos eventos han dejado una superficie ondulada que indica la modificación de su topografía inicial (foto 2)

El deslizamiento antiguo (D-2), evento ubicado entre las coordenadas 8426747 S; 241064 E, se observa escarpe principal poco notorio, de 235 m de longitud de forma irregular discontinua,

salto vertical promedio de 3 m, longitud del escarpe principal al pie 268 m, altura de la cabeza a la base 69 m; también se observa, eventos posteriores, dentro de la masa desplazada, la ocurrencia de los diferentes eventos ha dejado la superficie ondulada, también se generan derrumbes por sectores.

Estos movimientos afectan principalmente tramo de vía afirmada y la cubierta detrítica superficial.

Factores condicionantes y detonantes:

En los andes peruanos, los movimientos en masa son detonados por el clima (fuertes lluvias), movimientos sísmicos o por causas antrópicas (malas técnicas en riego, cortes de talud inadecuados, deforestación, etc.) las condiciones naturales del terreno (suelo o roca), expresadas en su grado de fracturamiento, alteración o meteorización y pendiente de las laderas, se ven afectadas por lluvias cortas e intensas, o prolongadas, por la vibración sísmica originada por sismos (locales o por subducción), o la modificación del talud para efectuar un corte para un canal o carretera (Zavala, 2011).

Los deslizamientos antiguos fueron condicionados por:

- El substrato de mala calidad muy meteorizado en una ladera de montaña con pendiente promedio 30°.
- La naturaleza de suelo incompetente, formado por gravas y arenas con matriz limosa poco compactas (foto 1), medianamente saturado, cubierto por material detrítico.
- Cobertura vegetal escasa.
- La actividad antrópica: corte de talud, mal sistema de riego (uso inadecuado de aguas de escorrentía).
- Las precipitaciones pluviales intensas que se presentan entre los meses de diciembre -abril, funcionan como detonante principal.



Fotografía 2. Deslizamiento antiguo (D-1), se observa eventos de tipo deslizamiento rotacional y deslizamiento-flujo.

Descripción de nuevo evento: en forma general se describe del evento ocurrido el año 2015. Se trata de un deslizamiento rotacional con velocidad de desplazamiento lento en una dirección norte 82° (foto 4 y figura 5), que se ubica entre las coordenadas 8427003 S; 240878 E.

A continuación, se detallan las características principales del evento:

- Forma del escarpe: semicircular discontinua
- Longitud de escarpe principal: 80 m.
- Salto vertical de escarpe principal: 1 m.
- Longitud del escarpe principal al pie: 160 m.
- Altura del escarpe al pie: 30 m.
- Área del cuerpo desplazado: 12,697 m² aproximado
- Volumen de cuerpo desplazado: 101,576 m³ aproximado

En el cuerpo desplazado se observa agrietamientos longitudinales que varían entre 10 a 26 m, en algunos casos con salto vertical de 0.5 m, abertura de 0.20 y profundidad 1 m aproximadamente; como también se observa al pie del talud la ocurrencia de derrumbes.

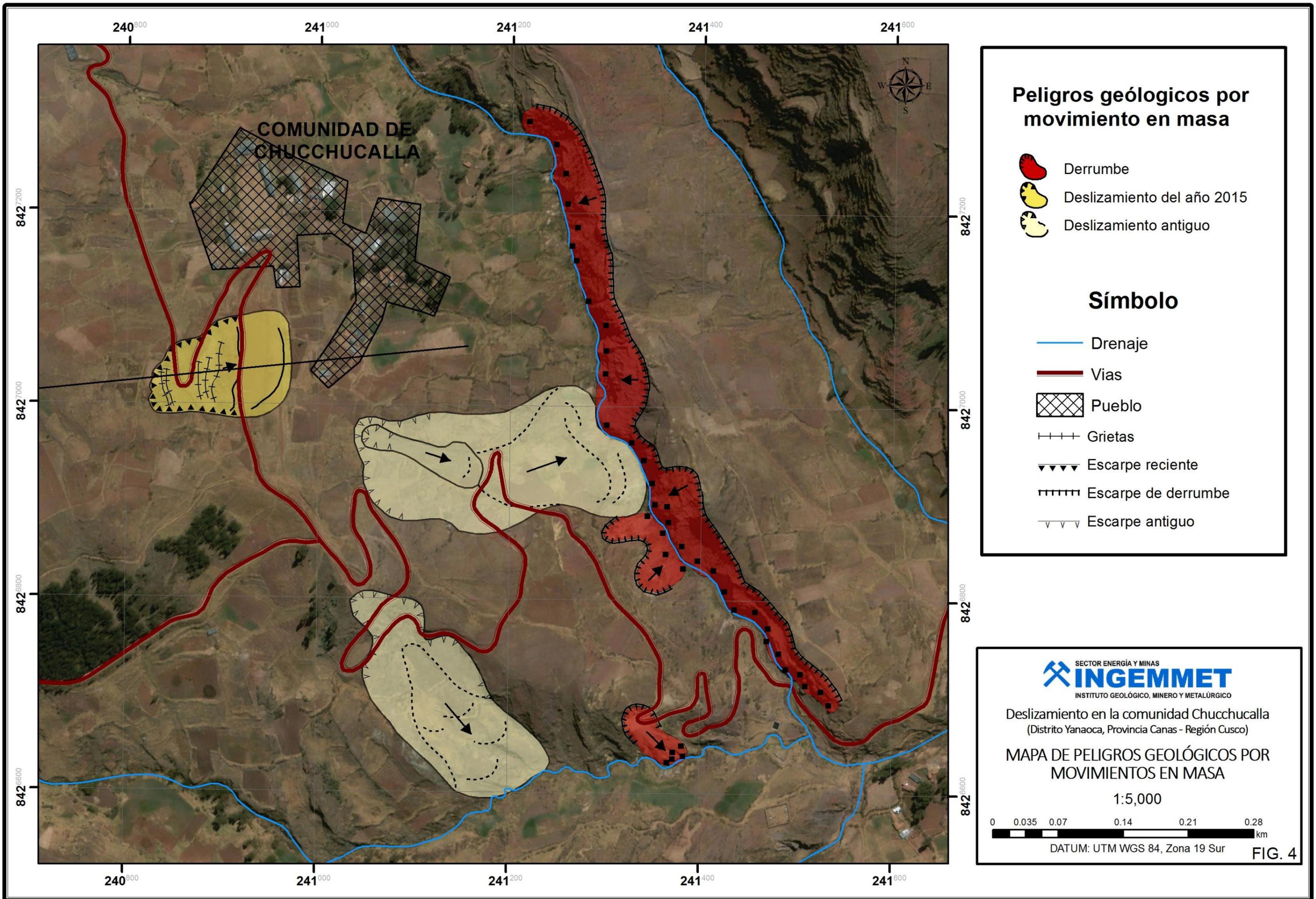
Daños causados:

Los eventos existentes afectan:

- Vía afirmada.
- Viviendas ubicadas al pie del deslizamiento ocurrido en el año 2015.
- Campo deportivo.
- Terrenos de cultivo y de pastoreo.



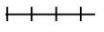
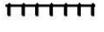
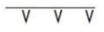
Fotografía 3. Vistas: A) Vista de perfil del deslizamiento rotacional con una pendiente moderada (20° a 40°); B) depósito coluvial formado por clastos con matriz limosa; C) se observa agrietamientos longitudinales en algunos casos con salto vertical de 0.5m abertura de 0.20 y profundidad de 1 m aproximado.



Peligros geológicos por movimiento en masa

-  Derrumbe
-  Deslizamiento del año 2015
-  Deslizamiento antiguo

Símbolo

-  Drenaje
-  Vias
-  Pueblo
-  Grietas
-  Escarpe reciente
-  Escarpe de derrumbe
-  Escarpe antiguo



Deslizamiento en la comunidad Chucchucalla
(Distrito Yanaoca, Provincia Canas - Región Cusco)

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

1:5,000



DATUM: UTM WGS 84, Zona 19 Sur

FIG. 4

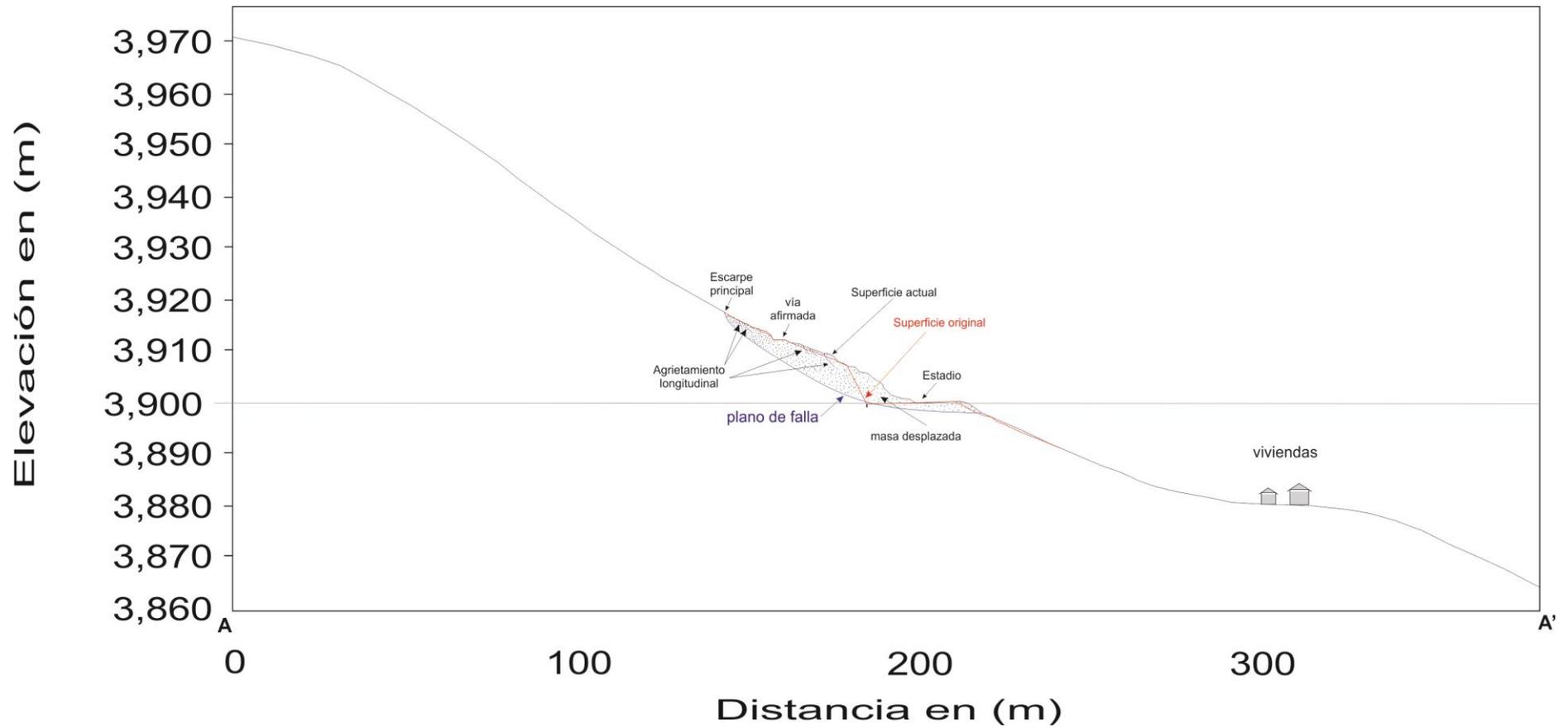


Figura 5. Perfil transversal del evento ocurrido el año 2015, se observa el comportamiento del cuerpo desplazado, afecta campo deportivo y podría afectar las viviendas ubicadas al pie del deslizamiento.

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, terro-cemento 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. Trasmitem 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 6).

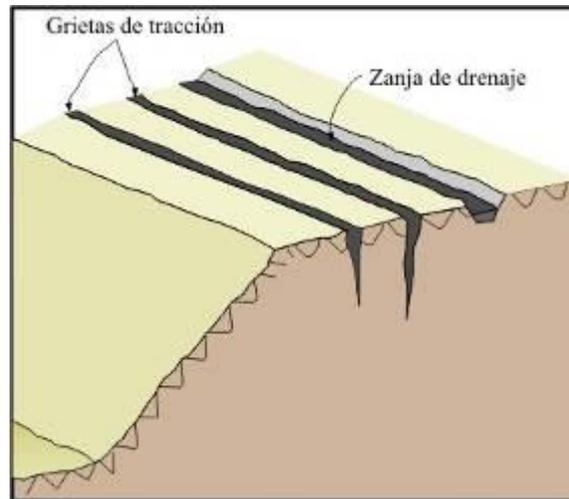


Figura 6. Canales de coronación.

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 7). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la re-infiltración 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 7. 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 o 1/2:1 en suelos muy estables, y 1 1/2:1 o 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 8).

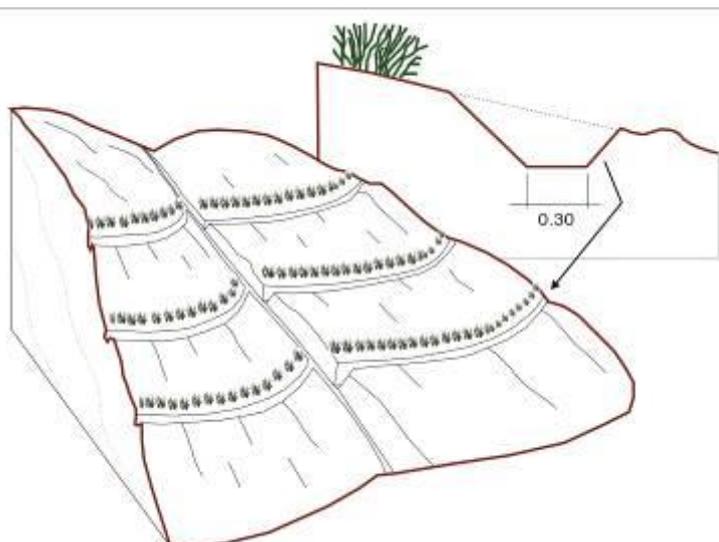


Figura 8. Sistema de drenaje en laderas ocupadas por cultivos

7.2 Para Derrumbes y Caída de Rocas.

Forma de talud se muestra en la (figura 9), 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 los tipos de roca 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.

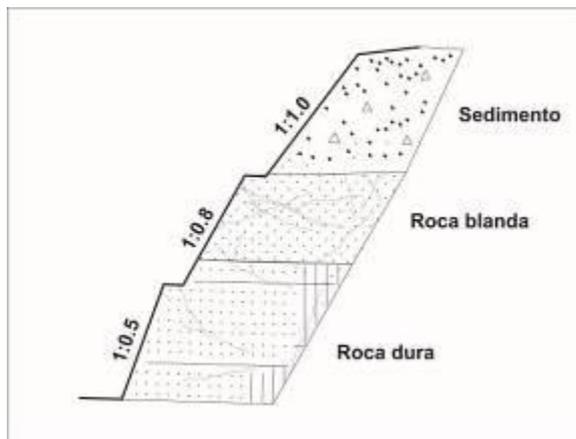


Figura 9. Condición de terreno y forma de taludes

b) Corrección por muros

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 10).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 11). 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.

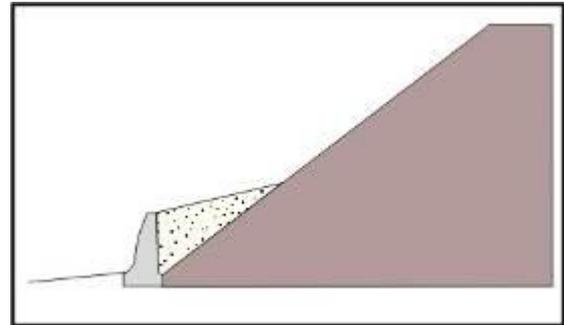
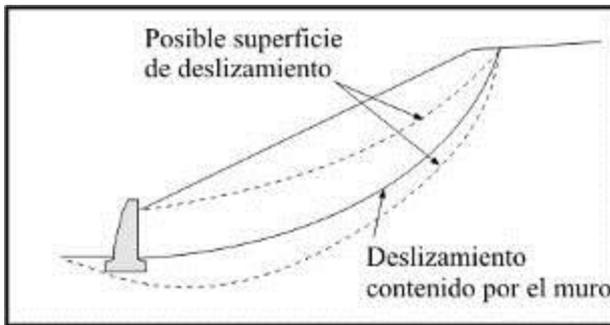


Figura 10. Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de INGEMMET, 2000).

Figura 11. 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 12):

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.

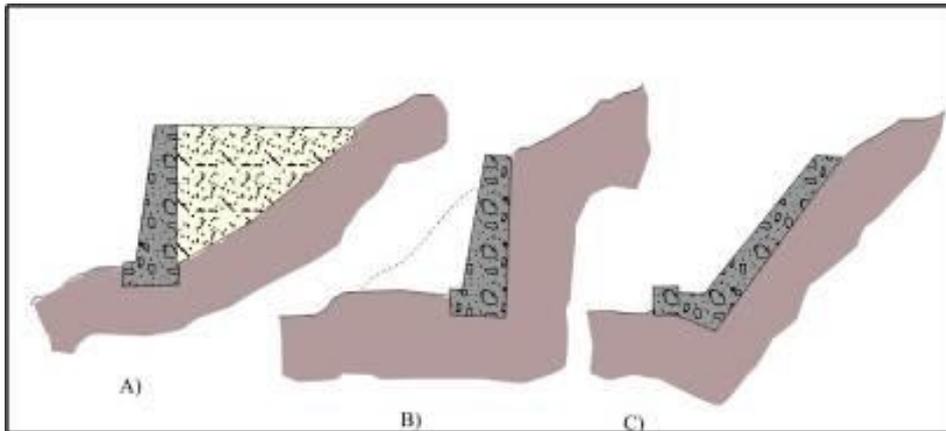


Figura 12. a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (tomado de INGEMMET, 2000).

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. El área de estudio presenta una morfología que comprende montañas de pendiente suave que varía entre 20° a 40°, marcados por innumerables quebradas y valles aluviales.
2. El sector se asienta sobre depósitos coluvial formado por gravas y arenas envuelto en una matriz limosa. Substrato altamente meteorizado y de calidad geotécnica mala, susceptible a ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.
3. La zona de estudio, es susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa (deslizamiento, derrumbes y erosión de ladera), presenta un substrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente de terreno fuerte con un promedio de 30° y de regular cobertura vegetal.
4. En el sector se identificó eventos antiguos de tipo deslizamiento rotacional, deslizamientos-flujos y reptación de suelos; además nuevos eventos de tipo deslizamiento rotacional, condicionado por sus características geológicas y morfológicas o por causas antrópicas. (labores de corte de talud para la construcción de vías y la explanación de campo deportivo)
5. La zona de estudio por las condiciones geológicas y morfología actual, con la presencia de eventos antiguos y recientes, de tipo deslizamiento rotacional, deslizamiento - flujo y reptación de suelos, se considera inestable. Por lo tanto, las viviendas, tramo de vía afirmada, terrenos de cultivo y de pastoreo, son afectados; además, se considera como Zona Crítica, de muy alto peligro por movimientos en masa, por consiguiente, se encuentran en **Peligro Inminente** ante lluvias intensas y/o excepcionales o sismos

Recomendaciones

- 1 Implementar un sistema de monitoreo en temporadas de lluvias, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro. Estos deben estar colocadas, tanto dentro del deslizamiento como en una zona estable, 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
- 2 Se debe realizar un intenso trabajo de reforestación con árboles que tengan raíces verticales o subverticales, para mejorar la cobertura vegetal existente, y de esta forma evitar el impacto de las gotas de lluvia directamente sobre el terreno que pueda producir pérdida de suelo y reducir la infiltración de agua en el suelo.
- 3 Construir zanjas de coronación en la parte alta del escarpe principal, para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvia y evitar su paso por el talud.
- 4 Realizar la implementación de un sistema de drenaje mediante canales impermeabilizados y evitar la infiltración de aguas.
- 5 Realizar labores que proporcionen estabilidad al talud, con el método de banquetas y reducir la carga de empuje; así mismo, se puede prevenir con la construir zanjas, así drenar las aguas afuera del talud.
- 6 Las cuatro viviendas ubicadas al pie del deslizamiento se consideran en Riesgo Alto; por lo que no se debe permitir su habitabilidad, mientras no se hagan las labores correctivas necesarias al evento para su estabilización y deberían ser reubicadas.
- 7 Las obras de rehabilitación deben ser dirigidos y ejecutado por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.

Referencia Bibliográfica

- Audebaud, E. & Pecho, V. (1970) – Geología del Cuadrángulo de Sicuani 29t. 1:100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 25 p.
- 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, London. 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. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (1988) – Mapa de clasificación climática del Perú, escala: 1:1'000.000. Lima: SENAMHI.
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico (2002). *Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 2*. INGEMMET, Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N.º 27 Serie C: 382 p.
- Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas, 404p
- Varnes, D. J. (1978) Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D.C, national Academy Press, Transportation Research Board Spatial report 176, p. 9-33.

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 13). 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.

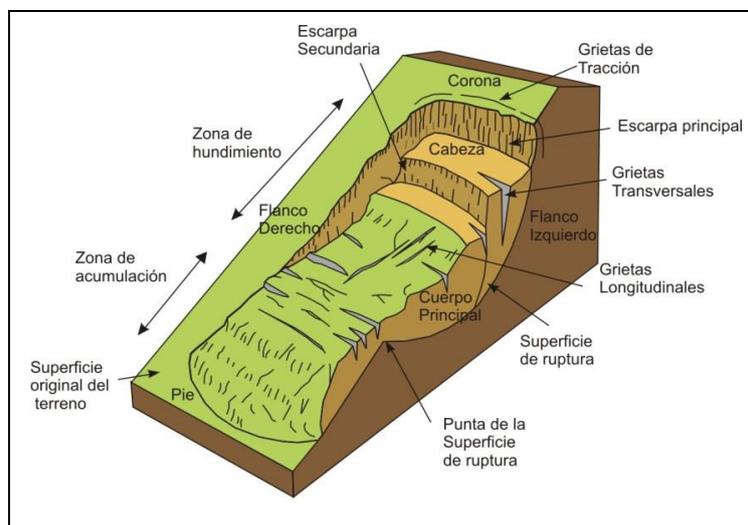


Figura 13. Diagrama de bloque de un deslizamiento

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 14)

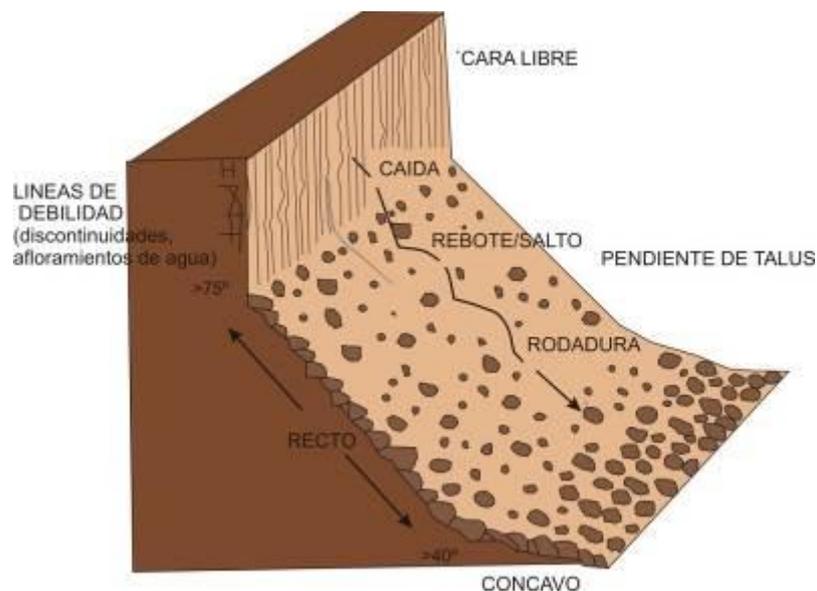


Figura 14 Esquema de Derrumbe (Vílchez 2015)

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.

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

Escurrecimiento 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 15.

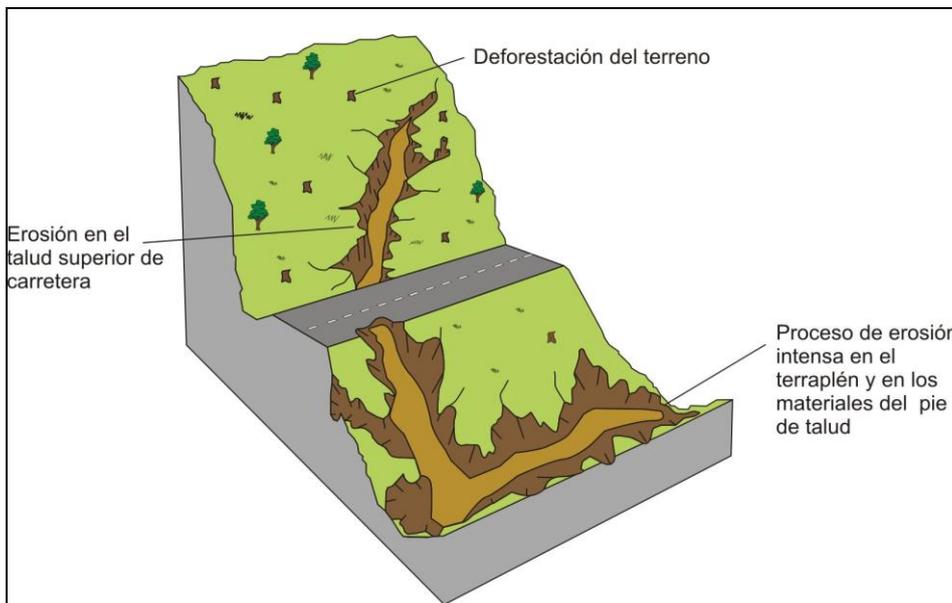


Figura 15. Esquema de erosión de ladera