



**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

INFORME TÉCNICO N° A6730

**“EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS
SECTOR CERRO SAN CRISTÓBAL”**

(Distrito Pampas, Provincia Tayacaja, Región Huancavelica)

Por:

**Orlando De La Cruz Matos
Norma Sosa Senticala**

Noviembre 2016

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

© 2016 CNES / Astrium

Google Earth

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedente del problema	1
2. ASPECTOS GENERALES.....	2
2.1 Ubicación	2
2.2 Acceso.....	2
2.3 Clima.....	3
2.4 Trabajos anteriores	3
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	3
4. GEOLOGÍA LOCAL.....	4
5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	7
5.1 Erosión en Cárcavas	7
5.2 Deslizamiento Rotacional-Flujo de tierra	10
6. EVALUACIÓN DEL PELIGRO.	11
7. PROBLEMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS RESIDUALES.....	15
8. ZONA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN	16
9. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	17
CONCLUSIONES.....	20
RECOMENDACIONES.....	20
BIBLIOGRAFÍA.....	21
ANEXO.....	22

“EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS SECTOR CERRO SAN CRISTÓBAL”

(DISTRITO PAMPAS - PROVINCIA TAYACAJA - DEPARTAMENTO
HUANCAVELICA).

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio ha permitido identificar y determinar el grado de peligrosidad de las ocurrencias de movimientos en masa, así como las zonas afectadas por procesos de erosión de laderas (cárcavas). Conjuntamente con esta información se efectuó la evaluación de centros poblados y obras de infraestructura expuestas a los peligros geológicos así como la identificación de zonas críticas o con alto grado de riesgo.

Este reporte presenta principalmente las zonas o áreas consideradas como críticas, con peligros potenciales. Donde es necesario considerarlas dentro de los planes locales sobre prevención y atención de desastres. Se consignan también recomendaciones generales para su posible mitigación

1.1 Antecedente del problema

El Director de la Dirección Desconcentrada INDECI – Huancavelica, mediante el Oficio N°53-2016-INDECI/40.0, de fecha 22 de febrero del 2016, se solicita al presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico “INGEMMET”, se realice una evaluación de riesgo existente en el Cerro San Cristóbal, donde se vienen asentando viviendas de material rústico.

El Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico designó al Ing. Orlando De La Cruz Matos y a la Geóloga Norma Senticala Sosa, para que realicen dicha evaluación.

Los trabajos de campo se realizaron los días 16 y 17 de julio del presente año, para ello se contó el apoyo de las autoridades de la municipalidad provincial de Pampas.

Este informe se ha realizado en base a la información levantada durante la visita de campo, versiones de los moradores, interpretación de imágenes satelitales disponibles y de fotografías aéreas.

1.2 Objetivo

- El objetivo principal es identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa, que afectan al asentamiento humano “Cerro San Cristóbal” y su grado de peligrosidad.
- Determinar la causa de la ocurrencia de estos.
- Proporcionar información que servirá para que las entidades, según su competencia puedan actuar adecuadamente en la prevención y mitigación de desastres.

- Ubicar una zona segura, para el traslado de viviendas que están afectados por los peligros identificados.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación

El Asentamiento Humano Cerro San Cristóbal, se encuentra ubicada al suroeste y muy próximo a la ciudad de Pampas; pertenece políticamente al distrito Pampas, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica. Las zonas que vienen siendo afectadas corresponden a las laderas norte del cerro San Cristóbal, correspondiendo parte de la ampliación urbana de la localidad de Pampas. La coordenada central de este lugar estaría dado por:

NORTE	ESTE	COTA m.
8628178	513943	3623
Coordenadas UTM - WGS 84 – Zona 18S		

2.2 Acceso

Desde la ciudad de Lima a Huancayo se tienen 306 kilómetros de recorrido con un tiempo de 9 horas, siendo la carretera asfaltada. De Huancayo a Pampas existen 72 kilómetros, demorando 1 hora con 30 minutos, siendo también una carretera asfaltada.

La zona del estudio se encuentra muy próxima a la ciudad de Pampas, demorando desde la plaza de armas hasta las áreas afectadas entre 10 a 20 minutos aproximadamente.

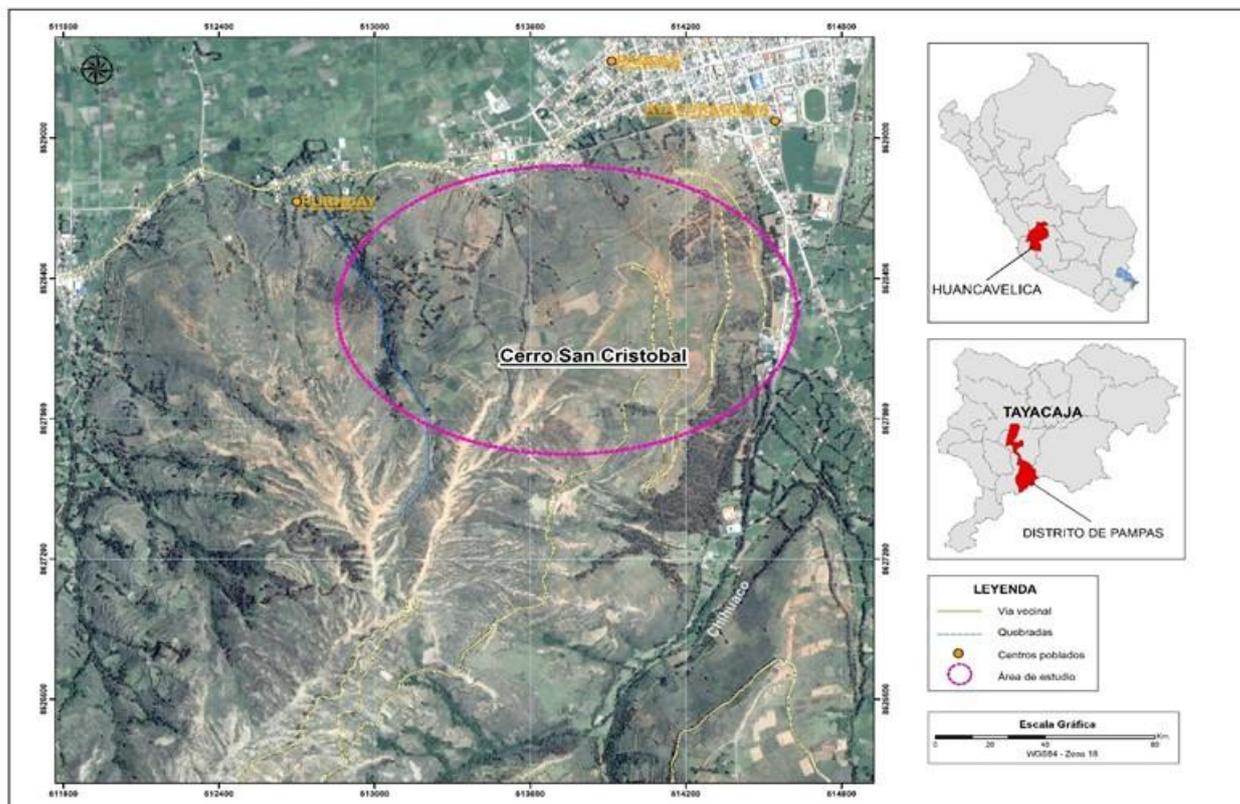


Figura 1. Mapa de ubicación del Cerro San Cristóbal

2.3 **Clima**

Pampas se caracteriza por tener un clima templado moderado lluvioso. El invierno es caracterizado por ser seco templado en el día y frígido en la noche, con una temperatura promedio que varía entre los 12 y 14°C, pudiendo descender hasta -2°C por la noche (Senamhi, 2016).

2.4 **Trabajos anteriores**

Para efectos del este informe, se tiene información de:

“Geología del cuadrángulo de Pampas por Guizado, J. & Landa, C. (1964). Desarrolla capítulos relacionado con la estratigrafía, estructural, minería y otros, que ayudan a conocer partes generales de la zona del estudio.

“Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas” por Cerrón F. & Ticona P. (2002). Actualiza la información del Boletín 12, corrigiendo, ampliando y renombrando las unidades estratigráficas.

“Informe técnico del análisis de peligro y vulnerabilidades del sector crítico de riesgo de desastre urbano asentamiento humano “Cerro San Cristóbal” Pampas. Rodríguez L. (2012). El objetivo del informe es promover la reducción de riesgos de desastres mediante la evaluación del riesgo de desastres y ejecución de medidas de prevención y mitigación del riesgo del sector crítico identificado.

3. **ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

3.1 Valles: La localidad de Pampas se ubica en el valle del río Upamayu (foto 1), que corresponde al sistema de drenaje del río Mantaro. En este tramo el valle ofrece el siguiente perfil transversal: las partes altas de ambas laderas comprendidas entre el nivel del altiplano y la cota aproximada de 3,500 m., se caracterizan por tener pendientes moderadas, las que idealmente conectadas corresponden al piso de un valle ancho y tendido, que probablemente representa uno de los primeros episodios de la evolución del Mantaro y conjuntamente con los numerosos valles subsidiarios origina una topografía muy quebrada y de fuerte relieve. (Guizado J. & Lansa C. 1964).

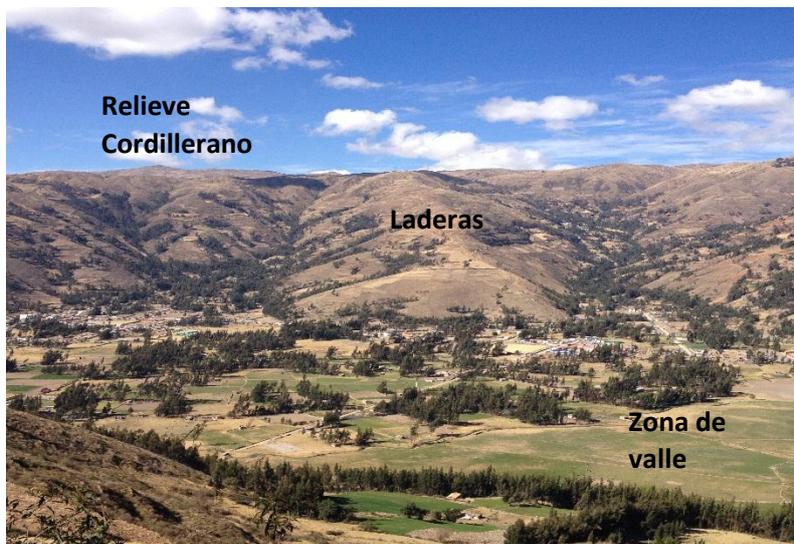


Foto 1. Vista mirando al sur, localidad de Pampas

Relieve Cordillerano: Corresponde a las elevaciones aledañas al valle (foto 1), con cerros de alturas entre los 3,400 hasta los 4,000 msnm. El Grupo Cabanillas es la unidad estratigráfica dominante en el sector. El relieve es caracterizado por tener una superficie de intensa erosión que podría corresponder a la superficie Puna, originando pendientes entre moderadas a fuertes.

Laderas Disectadas: Son geoformas menores que están presente en el cerro San Cristóbal. Varias de ellas están en proceso de ampliación para convertirse en quebradas por acción erosiva del agua provenientes de la precipitación pluvial y de escorrentía superficial. Estas geoformas, en muchos casos, son muy inestables, ya que la mayoría son activas y están en constante erosión del tipo cárcavas con pendientes muy pronunciadas.

4. GEOLOGÍA LOCAL

El substrato rocoso de la zona del presente estudio se ubica exclusivamente en el Grupo Cabanillas, estando parcialmente cubierto por depósitos recientes (fig. 2).

Grupo Cabanillas: Ubicado en los alrededores del cerro San Cristóbal (fotos 2 y 3). Corresponde a secuencias de limoarcillitas en estratos delgados a medianos de tonalidades gris oscuras. En la zona evaluada se encuentran muy endurecidas y tienden a partirse en lajas. Presentan intercalaciones menores de areniscas de grano fino y limolitas de tonalidad gris parda; por sectores se pudo apreciar venillas irregulares de cuarzo y calcita que se encuentran cortando estas secuencias. Se encuentran medianamente a muy fracturada (espaciamiento de fracturas entre 50 cm a 5 cm.) y altamente meteorizada.



Foto 2. Afloramiento muy fracturado de limoarcillitas (514358E-8628405N)



Foto 3. Limoarcillita gris oscuro satinadas (513783E-8628936N).

Depósito Coluvio - Deluviales: Corresponde depósitos heterométricos transportados pendiente abajo del cerro San Cristóbal (foto 4). Se presentan como acumulaciones al pie del talud y materiales de laderas, originados por procesos de meteorización y transportado por la acción de la gravedad.



Foto 4. Depósito coluvio-deluvial sector norte del cerro San Cristóbal

Presenta morfología irregular, reposan sobre laderas de suave a moderada pendiente. Están compuestos de fragmentos menores a los 2 metros de tamaño, sus bordes tienen formas subangulosas a subredondeadas, envueltas en una matriz limosa a arcillosa. Esta característica hace suponer en parte tener una mezcla de depósitos deluviales debido al transporte o remoción en la ladera por acción de agua de escorrentía.

Estos depósitos no están consolidados y son fácilmente arrastrados por las aguas de precipitación pluvial o por las escorrentías que forman, produciendo una serie de erosión del tipo cárcavas (foto 5), en las zonas periféricas del cerro San Cristóbal.

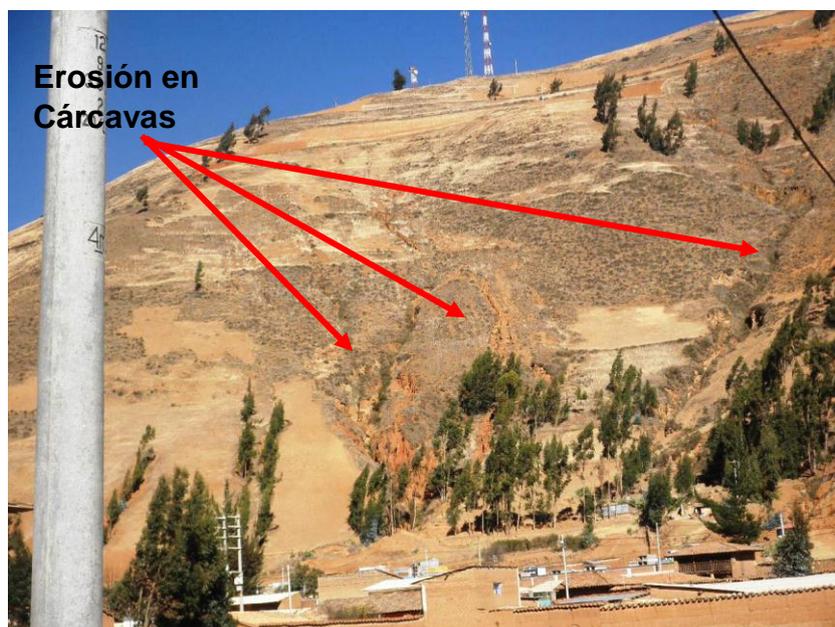


Foto 5. Erosión tipo cárcava en la ladera norte del cerro San Cristóbal

Las localidades situadas en las zonas periféricas del poblado Altos de Chalapampa, un anexo de la localidad de Pampas, están sobreyaciendo a este tipo de depósito.

Depósito Residual: Materiales ubicados en la cima del cerro San Cristóbal (foto 6), corresponden a depósitos altamente meteorizados que se encuentran todavía sobre o cerca de su punto de origen. Están constituidos por gravas, guijarros angulosos envueltos en una matriz limo-arcillosa. Su génesis está condicionada cuando los afloramientos rocosos que experimentan intensa meteorización química y física adicionada por las condiciones climáticas.



Foto 6. Cima del cerro San Cristóbal, depósito eluvial

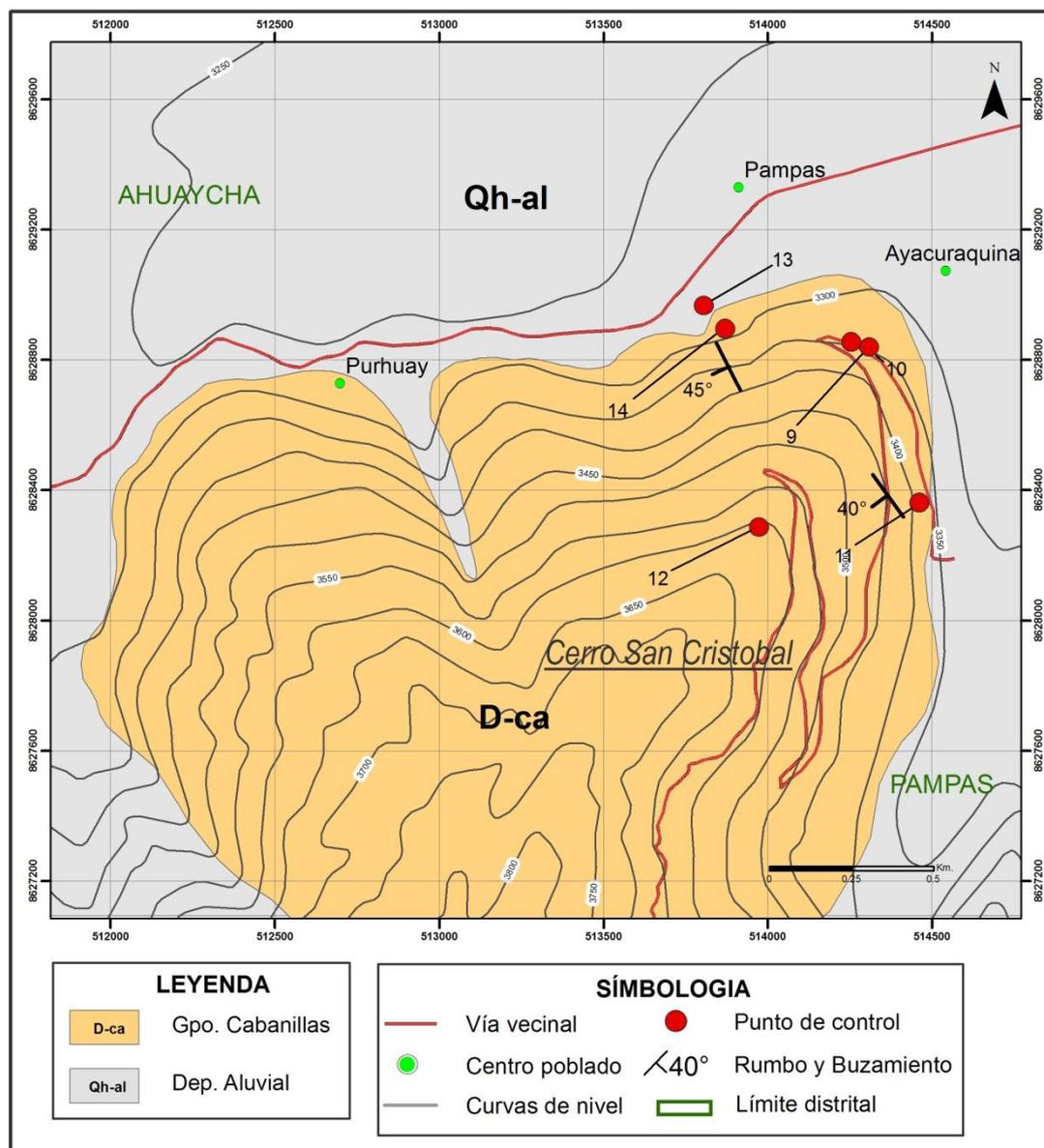


Figura 2. Mapa Geológico, fuente INGEMMET.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

Para la evaluación de los peligros geológicos en el cerro San Cristóbal, se ha tomado como referencia la Clasificación de Varnes (1978, 1996) y Hungret al. (2001), y la terminología sobre Movimientos en Masa en la Región Andina preparado por el Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007).

La evaluación geológica del área de estudio, nos permitió identificar procesos de erosión en cárcavas, ensanchamiento de cárcavas por reptación y otros procesos y deslizamiento rotacional.

5.1 Erosión en Cárcavas

Afecta en gran medida el sector norte del cerro San Cristóbal, produciendo surcos. Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendiente alta que conforman el perímetro de la

cárcava. Las cárcavas inicialmente tienen una sección en “V” (fotos 5 y 7) pero al encontrar un material más resistente se extienden lateralmente, tomando la forma de “U” (foto 8). Esta erosión es la etapa transitoria para la aparición de torrentes de flujo de barro, llamados también flujo de detritos ó huaycos

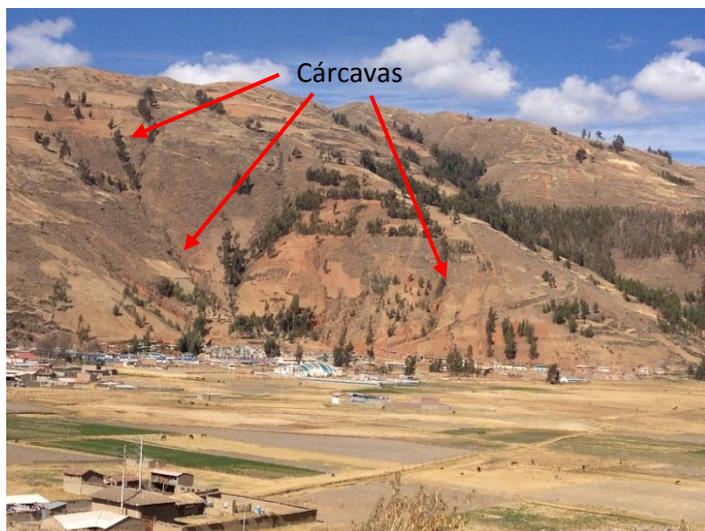


Foto 7. Vista hacia el norte, erosión en cárcavas



Foto 8. Cárcava lineal con perfil en “U”

Causas de los procesos de erosión en cárcavas:

- Las laderas del cerro San Cristóbal están conformadas por material inconsolidado proveniente de la erosión del substrato de limoarcillitas. Como es un material muy erosionable, solo hace falta recurrencias estacional de precipitaciones pluviales para que empiecen a tener una erosión lineal a favor de la pendiente, formando inicialmente surcos.

- La fuerte pendiente, entre 25 a 45° genera inestabilidad en la ladera, origina una mayor escorrentía y profundización formando cárcavas cada vez más profundas, esto con el tiempo conllevará también a la generación de socavamientos o movimientos en masa en sus márgenes y hacia la cabecera de las cárcavas.
- La tala indiscriminada de árboles o la ausencia de una cobertura vegetal densa, ha generado que no exista ninguna protección natural contra la erosión de la ladera.

En la parte norte del cerro San Cristóbal se observa una mayor densidad de estos procesos. Manifestándose a manera de arranque o arrastre de material en las laderas y en zonas adyacentes a los cárcavamientos. Comienza con canales muy delgados que a medida que persiste la erosión, pueden profundizarse hasta llegar a más de 1 metros (foto 9). Como referíamos en el ítem anterior, la erosión está relacionada al proceso de precipitación pluvial y escorrentía superficial. Normalmente la escorrentía empieza la erosión en forma lineal a favor de la pendiente con profundidad pequeña, con el aumento de las precipitaciones pluviales el volumen del agua aumenta al igual que la erosión lineal produciendo en forma conjunta una erosión tanto lineal como lateral (figura 3). El avance de este proceso origina en el tiempo el ensanchamiento de las cárcavas produciendo pequeños derrumbes o deslizamientos a partir de las incipientes zonas de reptación existentes. Una de las principales causas de este proceso es la falta de cobertura vegetal que proteja el suelo superficial. También se producen flujos de detritos.

Este fenómeno tiene avance retrogresivo, pudiendo afectar en un futuro el trazo de la trocha carrozable que unen los diversos caseríos ubicados en la zona.

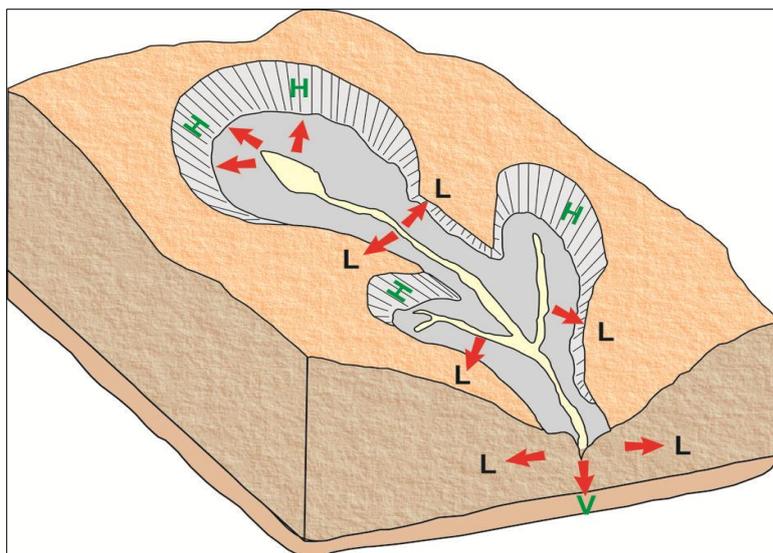


Figura 3. Forma como se manifiesta la erosión de ladera en una montaña. H: erosión de cabecera, L: erosión lateral y V: erosión vertical.



Foto 9. Proceso incipiente de reptación de suelos, que puede desencadenar en pequeños derrumbes o deslizamientos debido a la erosión y profundización de las cárcavas adyacentes.

5.2 Deslizamiento Rotacional-Flujo de tierra

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo y roca o ambos, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (PMA: GCA, 2007).

La inestabilidad de la ladera ubicada en la parte media a baja de la zona norte del cerro San Cristóbal, configura una condición de peligro geológico activo de manera lenta, con potencial de generación de un movimiento de tipo deslizamiento rotacional (figura 4), con la posibilidad de generar flujos de detritos (huaicos) y ocasionalmente caídas de bloques rocosos por la ladera, afectando actualmente la zona, pero atenuado parcialmente en la parte bajas por el cambio de pendiente (menor a 30°).

En la figura 4, se puede observar dos imágenes en diferentes años que muestran cómo han evolucionado las diversas escarpas que siguen un proceso de deslizamiento pendiente abajo.

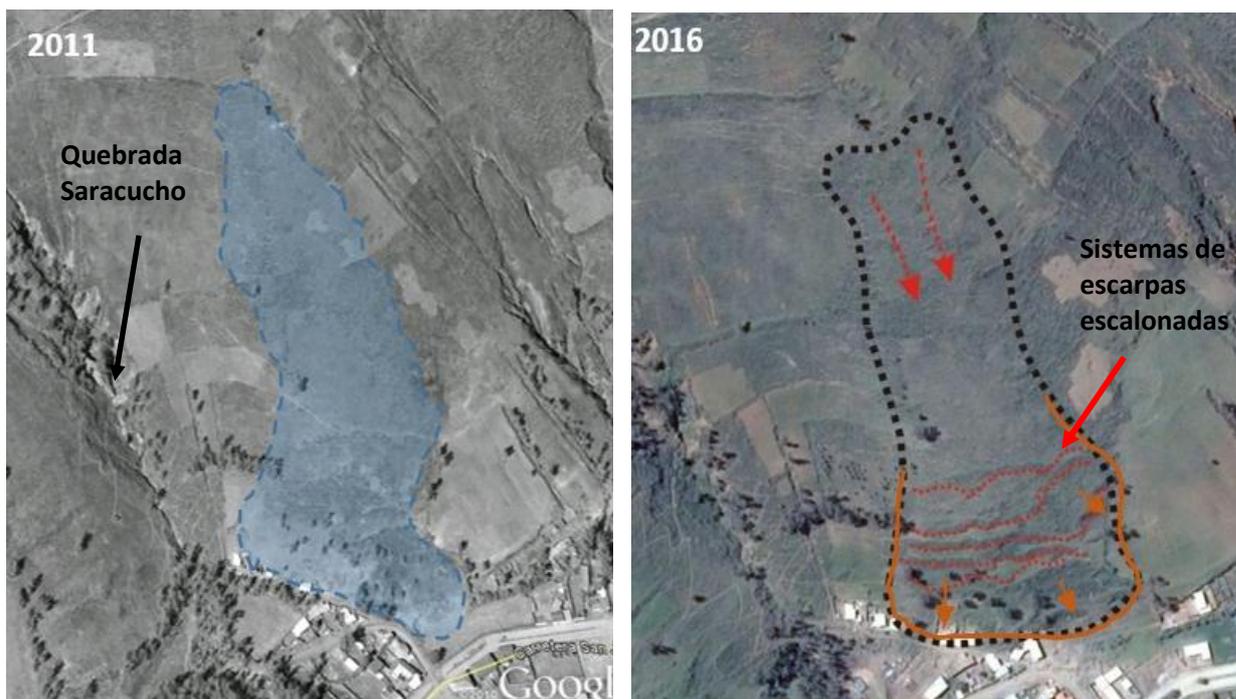


Figura 4. Izquierda, imagen del sector en el año 2011. Derecha, imagen del año 2016, formación de escarpas escalonadas en la parte inferior de la ladera norte del cerro San Cristóbal. (Parte inferior de la margen izquierda de la quebrada Saracucho)

Por sus características el deslizamiento es de tipo rotacional; presenta evidencias de avance retrogresivo, con movimiento en dirección de la máxima pendiente en la ladera. Acompañan al evento pocos desprendimientos de rocas, por ser una zona cubierta de vegetación. Comparando las imágenes del 2011 y 2016 se observan escalonamientos en el pie del deslizamiento que indican la reactivación. Asimismo se aprecia zonas recientemente reforestadas.

Causas del deslizamiento:

- Substrato rocoso de mala calidad, conformada por limoarcillitas muy meteorizadas, que permite la retención del agua (foto 2).
- Estratificación a favor de la pendiente (foto 3).
- Pendiente del terreno, entre 20 a 35° (foto 13).
- Las lluvias excepcionales pueden activar el deslizamiento.

6. EVALUACIÓN DEL PELIGRO.

Existen dos zonas con ALTO PELIGRO por erosión en cárcavas que pueden afectar, las localidades de Chalapampa y Trinidad (figura 5).

Parte alta de Chalapampa: Ubicada en la desembocadura de la quebrada Saracucho margen izquierda. Las construcciones de viviendas (foto 10), están en peligro si se activaran las diversas escarpas que se han estado formando con el pasar de los años (Fig. 10). Durante la construcción de sus viviendas han aumentado el debilitamiento del talud sin conocer el peligro que esto representa, además han talado antiguos arbustos que le daban una cierta estabilidad y protección a las partes bajas del cerro. Si hubiera en la zona, lluvias extraordinarias o la presencia del fenómeno del Niño, podrían desestabilizar la ladera, provocando reptación de suelos y/o deslizamientos.



Foto 10. Viviendas construidas en la zona de alto riesgo por deslizamientos

Zona Trinidad: Las diversas construcciones realizadas en este sector (fotos 11, 12 y 13) están más expuestas a fenómenos de movimiento en masa, como erosiones de ladera y flujos de detritos. La ladera del cerro San Cristóbal presenta una mayor densidad de erosión en cárcavas que lo hace ser considerado como una zona de alto peligro. La construcción de un cementerio en el antiguo cono dectivo, la hace muy vulnerable a los flujos (huaicos).



Foto 11. Construcciones hechas cortando el talud.



Foto 12. Ubicación de viviendas en las laderas, se observa la parte terminal en forma de surcos originado por la erosión en cárcavas.



Foto 13. Erosión en cárcavas próximo al poblado Trinidad.

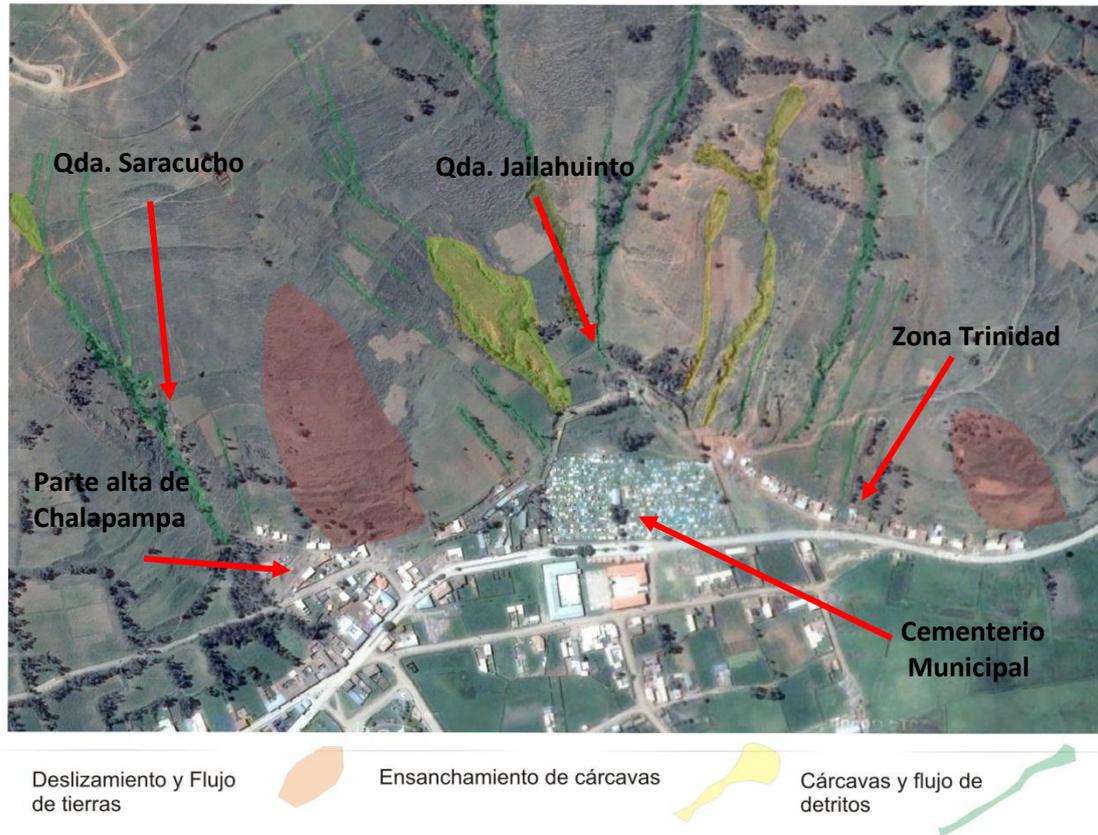


Figura 5. Interpretación de los fenómenos de remoción de masa en la zona del estudio (indicar los nombre de los poblados)

Cortes de carretera: La construcción de carreteras y trochas ha desestabilizado la ladera, originando que el material coluvio-deluvial pierda el perfil de equilibrio. Con ello se producen derrumbes, desprendimientos de rocas, principalmente en épocas de intensas precipitaciones pluviales.

Es importante resaltar que las vías no cuentan con canaletas para la circulación de las agua, esto provocará con el tiempo el deterioro de la trocha afirmada (foto 14).



Foto 14. Trazo de la carretera afirmada, el talud corresponde a un depósito coluvio-deluvial, no presenta cuneta para circulación de aguas

7. PROBLEMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS RESIDUALES

El desarrollo del tramo carrozable que une la localidad de Pampas con poblaciones aledañas, ha afectado en gran medida las laderas del cerro San Cristóbal, presentándose deslizamientos y caída de rocas en el material coluvio-deluvial. Eventos que se agudizaran con la presencia de intensas precipitaciones pluviales.

Los suelos residuales presentan en lo que se refiere a la estabilidad de sus taludes algunas particularidades, dependiendo del perfil de meteorización, las estructuras heredadas y presencia de agua.

El perfil de meteorización, se forma tanto por ataque mecánico como por descomposición química. Puede variar en forma considerable de un sitio a otro, sobre todo por variaciones locales en el tipo y estructura de la roca, topografía, condiciones de erosión, régimen de aguas subterráneas y variaciones locales de clima, especialmente en la intensidad de las lluvias en épocas normales o periodos excepcionales.

En las limoarcillitas, que afloran en todo el cerro San Cristóbal, es común que formen suelo residual (arcilloso).

8. ZONA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN

Sector ubicado en la margen izquierda de la unión entre las quebradas Chihuacco-Hunchillayhuayyo.

En la figura 6, se puede apreciar el sector más adecuado para la reubicación de los diversos caseríos situados en la ladera norte del cerro San Cristóbal. Estando ubicado a 1 kilómetro al sur de la Plaza de Armas de Pampas. Corresponde a una ladera de suave pendiente con muy poca vegetación arbolácea. El sector de reubicación se ubica como coordenada central (UTM) Este 514387 y Sur 8628859 a una altura de 3306 msnm. Cuenta con un área aproximado de 10,445 m² (1.04 Ha). Dada la cercanía a Pampas debe considerarse dentro de la expansión urbana del distrito. Es necesario considerar algunas restricciones y medidas para sanear la reubicación.



Figura 6. Imagen satelital del área de reubicación Margen derecha de la unión de las quebradas Chihuacco-Hunchillayhuayyo

8.1 Medidas a considerar en la zona de reubicación.

Antes de ser considerado como zona favorable de reubicación, se deberá considerar lo siguiente:

- Reforestar las zonas altas, con la finalidad de darle una mejor estabilidad al terreno.
- Construir canal de coronación, para derivar las aguas pluviales, así atenuar el humedecimiento del terreno destinado para la reubicación.
- Realizar un drenaje pluvial en la zona a reubicar, para evitar la infiltración de agua al subsuelo.
- Las aguas deben ser canalizadas a quebradas o cauces previamente estabilizados o tratadas.

- e) Al tener la presencia de tramos carrozables en la parte superior, se deberá de tener en cuenta la construcción de canaletas para que las aguas de las precipitaciones pluviales estén canalizadas y no empiece a desarrollar erosión en sus laderas.
- f) Se recomienda, para la reubicación definitiva y construcción de infraestructura, realizar estudios de mecánica de suelos, con la finalidad de conocer el comportamiento de los mismos.

9. MEDIDAS CORRECTIVAS

Durante la realización del presente estudio se pudo determinar la necesidad de implementar las siguientes medidas:

- a) Las viviendas ubicadas en las zonas de laderas del cerro San Cristóbal, entre las localidades de Chalapampa y Purhuay, deben ser reubicadas, por ser áreas inestables. Una vez que la zona se encuentre libre, debe ser reforestada.
- b) Las viviendas que se encuentren en zonas de ladera y hayan realizado cortes de talud, sin ningún tipo de estudio técnico, también, deben ser reubicadas.
- c) Implementar un drenaje pluvial en todas las asociaciones de vivienda, con la finalidad de no permitir la percolación de agua al subsuelo. Además evitar la formación de escorrentías, como también el vertimiento hacia la zona de talud.
- d) Se debe conservar la vegetación silvestre para evitar que la erosión siga avanzando.
- e) Reforestar las partes altas de las laderas situadas al norte del cerro San Cristóbal (figura 7), con trabajos que propicien el crecimiento de bosques con especies nativas de raíces profundas, para que con el tiempo ayude a estabilizar al terreno.
- f) Desarrollar un planteamiento tecnificado para el control de las cárcavas, mediante la construcción de barreras (figuras 8 y 9), rellenos y cortacorrientes. Construir obras complementarias hidráulicas y control, mediante diques transversales como trinchos de madera, de enrocado o gaviones (figura 10). El objetivo de estas medidas, es disminuir la energía del agua, retener sedimentos para estabilizar la cárcava y proceder a sembrar vegetación.

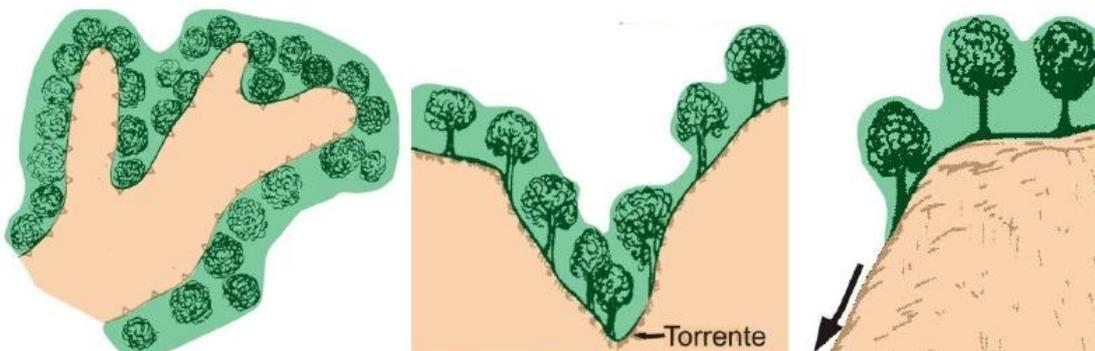


Figura 7. Obras de forestación en zonas de cárcavas

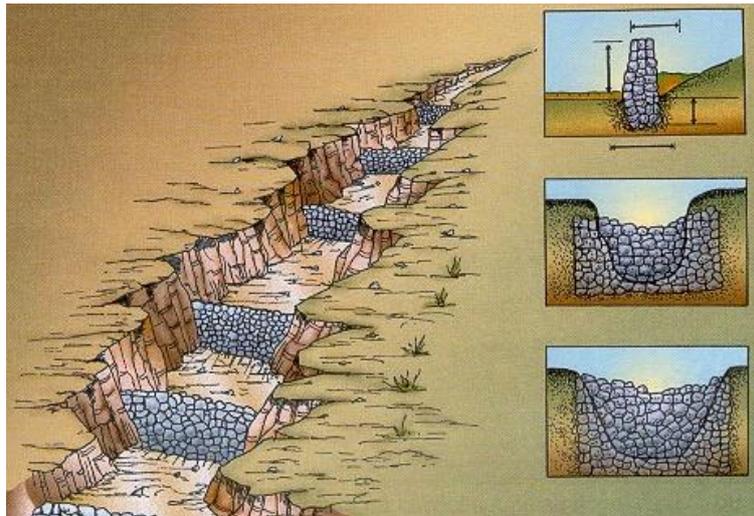


Figura 8. Tomado de la pag web de <http://ponce.sdsu.edu/>

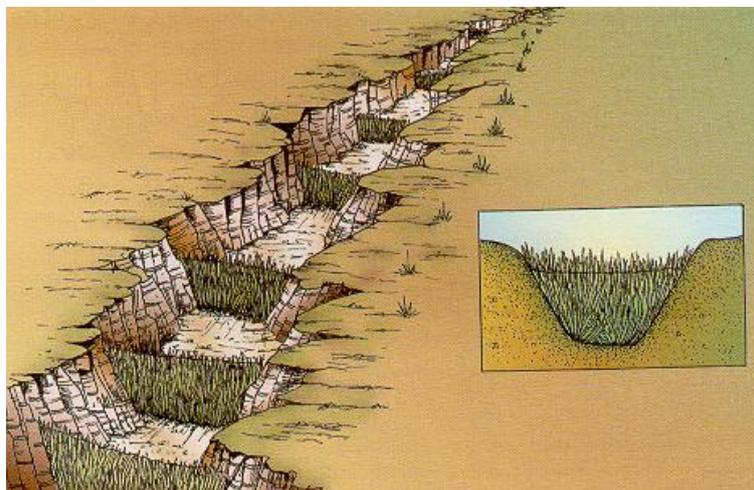


Figura 9. Tomado de la pag web de <http://ponce.sdsu.edu/>

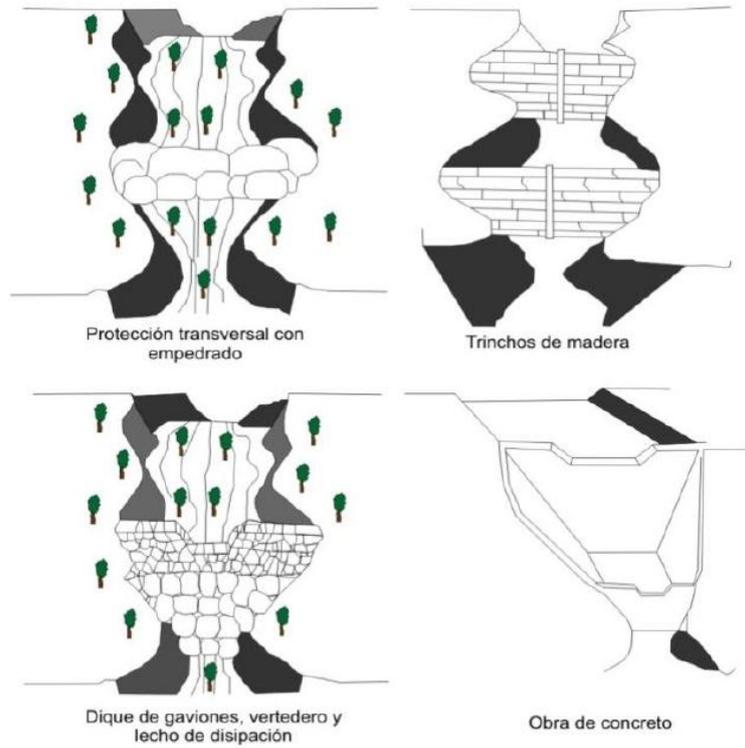


Figura 10. Obras hidráulicas transversales para cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desaguaderos naturales (Tomado de Instituto Nacional de Vías-Colombia-1998).

CONCLUSIONES

- El cerro San Cristóbal, está conformado por secuencias de limoarcillitas, generando una gran cobertura inconsolidada producto de la meteorización.
- El depósito principal, corresponde a una gruesa cobertura de material coluvial-deluvial.
- La evaluación geológica del área de estudio, nos permitió identificar la erosión en cárcavas que condicionan flujos de detritos, ensanchamiento de las cárcavas por procesos de reptación y por deslizamiento rotacional.
- Existe un intenso desarrollo de erosión en “Cárcavas” en las laderas del cerro San Cristóbal.
- Por el avance retrogresivo de los procesos de erosión en cárcavas, en las laderas de la quebrada, se forman derrumbes y deslizamientos, con ello aportaría material suelto al cauce; que ante lluvias intensas se generarían flujos. Los eventos afectarían a los poblados ubicados en las zonas bajas.
- La suma de factores como la fuerte pendiente, escasez de vegetación o deforestación existente en las laderas, condicionan la presencia y desarrollo de cárcavas.
- Por las condiciones intrínsecas del terreno, la cual son muy susceptibles a la generación de procesos de erosiones de ladera, flujos de detritos y deslizamientos, en las localidades de Alto de Chalapampa y Trinidad se considera como **Zona Crítica** y de **peligro inminente** ante lluvias intensas.

RECOMENDACIONES

- Reforestación de laderas para evitar la erosión tipo cárcavas
- Colocar defensas en las cárcavas por medio de diques de gaviones, trinchos de madera, empedrados, etc.
- Se debe realizar por parte de la administración municipal la identificación predial y catastral en las zonas inestables y vulnerables.
- Mediante estudios ingenieriles, se deben delimitar y reclasificar las zonas inestables tanto en la zona urbana como rural de municipio, en donde se identifique si los predios afectados son recuperables o no recuperables, además donde se sopesa económicamente y socialmente la reubicación de las viviendas con la mitigación físicas de los procesos.
- Ejercer control por parte de la Secretaria de Planeación de Municipalidad de Pampas y evitar la construcción de viviendas en zonas de alto peligro.
- Realizar campañas de mantenimiento y limpieza de los cauces de las quebradas y cárcavas en la zona urbana. Con la finalidad de prevenir obstrucciones e inundaciones.
- Desarrollar el sistema de drenaje en la trocha carrozable.
- Reubicar las viviendas ubicadas en las áreas de Alto Chalapampa y Trinidad, para evitar que sean afectadas por flujos de detritos.
- Una vez reubicada la población de las zonas vulnerables a los peligros identificados, se deberán ejecutarse programas de reforestación en las zonas desocupadas.

BIBLIOGRAFÍA

Guizado, J. & Landa, C. (1964) - Geología del cuadrángulo de Pampas (Hoja 25-n). INGEMMET. Boletín 12. Serie A: Carta Geológica Nacional, p., 1 mapa.

Cerrón F. & Ticona P. (2002) "Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas" Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Carta Geológica Nacional.

Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007), Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas, Canadá, 404 p.

Instituto Nacional de Vías - Colombia (1998). Manual de estabilidad de taludes – Geotecnia Vial. Ministerio de Transportes – Instituto Nacional de Vías. Colombia. 340 Págs.

León P., et, al. (2001). Estudio y Control de la Erosión Hídrica. Medellín: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia Medellín.

Martínez M. et, al. (2009). Control de cárcavas. "Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación". México.

Rodríguez L. (2012). "Informe técnico del análisis de peligro y vulnerabilidades del sector crítico de riesgo de desastre urbano asentamiento humano "Cerro San Cristóbal" Pampas.

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. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile. Publicación Multinacional N° 4, 432p.

Varnes D. (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 Special Report 176, p. 9-33.

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30160/leccin_37_trinchos_vivos_y_terrazas_de_estabilizacin.html

http://ponce.sdsu.edu/three_issues_droughtfacts04.html

ANEXO

GLOSARIO DE TÉRMINOS DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Para poder entender el mecanismo del evento es importante conocer la teoría o definiciones teóricas de los peligros geológicos que se dan o vienen afectando la zona de estudio.

1. Movimientos en masa

El término movimiento en masa incluye todos aquellos movimientos, ladera abajo, de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991 en PMA:GCA, 2007)). Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999a en PMA:GCA, 2007).

2. Deslizamiento

Es un movimiento ladera bajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes, 1978 (en PMA:GCA, 2007), clasifica los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares y o en cuña.

3. Deslizamiento rotacional

En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca (Figura 11). Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

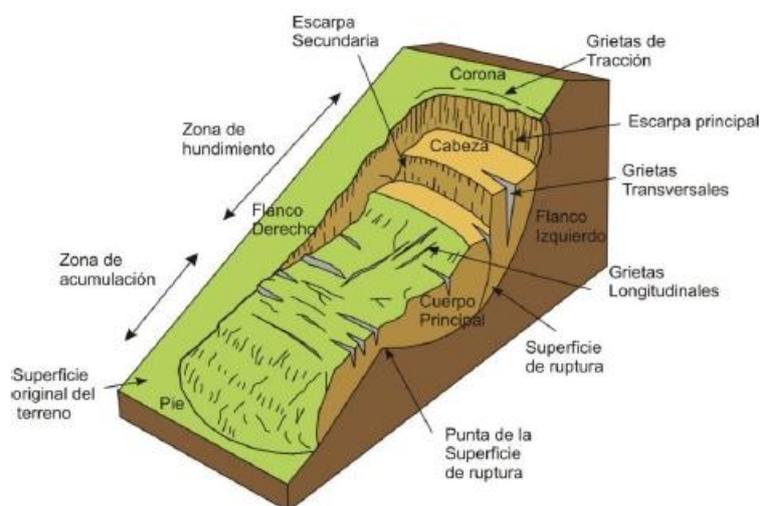


Figura 11. Esquema de un deslizamiento rotacional

4. Erosión en Cárcavas

Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendiente alta que conforman el perímetro de la cárcava (figura 11).

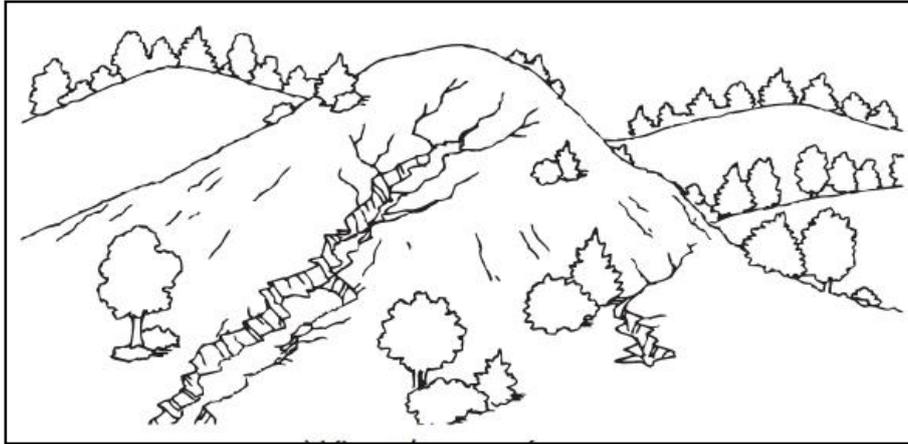


Figura 12. Vista de una Cárcava

La cárcava es una zanja producto de la erosión que generalmente sigue la pendiente máxima del terreno y constituye un cauce natural en donde se concentra y corre el agua proveniente de las lluvias. El agua que corre por la cárcava arrastra gran cantidad de partículas del suelo. Las cárcavas se inician cuando el suelo ha sido removido por el flujo superficial formando pequeños surcos considerado como zanjeado incipiente y a medida que aumenta el escurrimiento se forman pequeños canalillos que van creciendo en ancho y en profundidad hasta formar secciones transversales de diferentes formas que se agrandan con la presencia de las avenidas máximas (figura 13). Consecuentemente, las cárcavas se originan por la concentración de los escurrimientos superficiales en determinados puntos críticos del terreno.

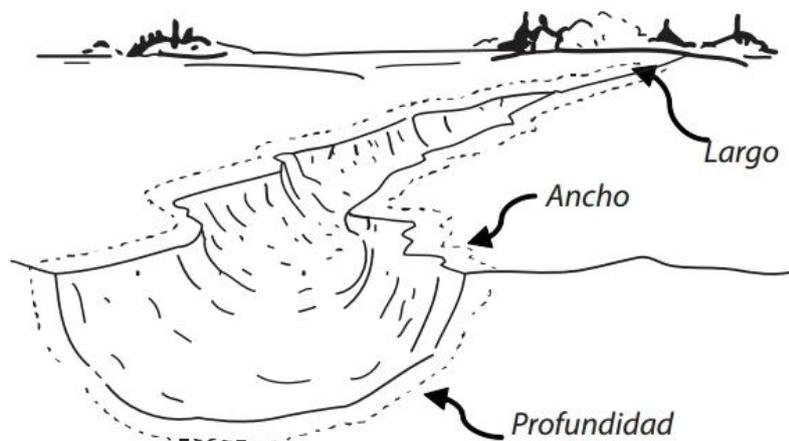


Figura 13. Crecimiento de las cárcavas