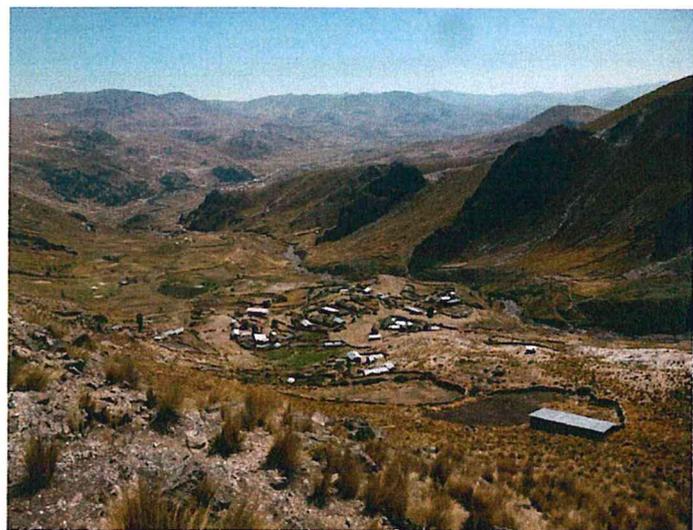


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6944

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR HUAYCUÑUTA

Región Cusco
Provincia Chumbivilcas
Distrito Velille



SEPTIEMBRE
2019

INDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES	4
3. ASPECTOS GENERALES	5
3.1 Ubicación y accesibilidad	5
3.2 Objetivos	5
3.3 Clima	5
3.4 Vegetación	5
4. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS Y GEOLOGICOS	7
4.1 Aspectos Geomorfológicos	7
4.2 Aspectos Geológicos	8
5. PELIGROS GEOLOGICOS	11
5.1 Conceptos generales	11
5.2 Caracterización del peligro en el sector Huaycuñuta	13
5.2.1 Deslizamiento rotacional del sector Huaycuñuta	14
5.2.2 Caída de rocas del cerro Ccachilomapata	18
6. FACTORES CONDICIONATES Y DESENCADENANTES	21
7. OBRAS DE MITIGACION	22
CONCLUSIONES	24
RECOMENDACIONES	24
BIBLIOGRAFIA	25

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR HUAYCUÑUTA (Distrito de Velille, provincia de Chumbivilcas, región Cusco)

RESUMEN

El sector Huaycuñuta se ubica a 38 km, al noroeste del distrito de Velille, políticamente pertenece a la provincia de Chumbivilcas, departamento Cusco.

El sector Huaycuñuta se sitúa en la margen izquierda del río Huaycuñuta, y a la margen derecha de la quebrada Quescaquesca; este último afluente al río Huaycuñuta, recorre en dirección norte-sur.

En el sector de Huaycuñuta afloran rocas volcánicas, de edad cenozoica, compuesto principalmente de tobas ignimbritas y la pilli, color gris blanquecino, correspondientes a la Formación Alpabamba.

En los alrededores del sector Huaycuñuta también afloran rocas volcánicas correspondientes a la formación Orccopampa. Sobre estas rocas, se han desarrollados grandes deslizamientos antiguos, configurando un relieve accidentado de pendientes empinadas.

Desde hace dos años se viene presentando agrietamientos en las laderas del cerro Ccachilomapata; producto de las precipitaciones pluviales registradas en el mes de febrero del presente, se detonó un deslizamiento tipo rotacional.

El año 2018, se originó movimiento sísmico, de baja intensidad, el cual generó caída de rocas de las laderas del cerro Ccachilomapata, afectando muros de corrales.

Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el sector Huaycuñuta, están condicionados por factores desencadenantes como: factor climático - actividad sísmica, y factores condicionantes como: factor litológico- geomorfológico.

La evaluación en campo permitió determinar que, el cerro Ccachilomapata se encuentra en zona de peligro alto a generar deslizamientos y caída de rocas; por lo que se recomienda implementar un sistema de drenaje revestido en la parte superior del deslizamiento, sellar los agrietamientos con material de la zona, reforestar las laderas con árboles de raíz profunda, más resistente a la erosión y finalmente sensibilizar a la población a fin de evitar asentamientos en áreas susceptibles a peligros geológicos por movimientos en masa.

1. INTRODUCCIÓN

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

Su alcance contribuye con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), a partir del reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidroclimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas, o asociados a actividad volcánica. Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona una evaluación técnica que incluye resultados de la evaluación geológica-geodinámica realizada, así como recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos o la generación de desastres futuros en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres.

Mediante Oficio N° 120-2019-A-MDV-CH, recibido el 25 de marzo del 2019, la municipalidad distrital de Velille, solicitó una evaluación geológica-geodinámica en el sector Huaycuñuta. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, comisionó a los profesionales Guisela Choquenaira Garate y Edith Quispe, para realizar la respectiva evaluación geológica.

Para esta evaluación, se realizaron los siguientes trabajos: recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos, GPS, cartografiado, procesamiento de información y redacción del informe.

2. ANTECEDENTES

Desde el punto de vista de peligro geológico se tiene el siguiente informe:

- Zonas Críticas por peligros geológicos en la región Cusco realizado por Vilchez, M. & Sosa, N. (2014) determinan 75 zonas críticas, de los cuales 2 pertenecen al distrito de Velille. Estas zonas críticas resaltan áreas, que luego del análisis de los peligros identificados y la vulnerabilidad a la que están expuestos (infraestructuras, centros poblados y vías de acceso), se les considera como zonas con peligro potencial de generar desastres.

Es importante mencionar que, en el área de estudio puntual, no se tiene registro de trabajos anteriores sobre peligros geológicos por movimientos en masa.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1 Ubicación y accesibilidad

El sector de Huaycuñuta está ubicado en el distrito de Velille, provincia de Chumbivilcas, región Cusco (figura 1), en la margen izquierda de la quebrada Quescaquesca, cuyas coordenadas UTM (WGS 84) E: 820188 N: 8369180 a una altitud de 4350 m s. n. m.

El acceso al distrito de Velille, desde la ciudad de Cusco se realiza tomando la ruta Cusco-Espinar- Velille, con recorrido de 313 km aproximadamente por la vía asfaltada. Para acceder al sector Huaycuñuta, se toma el desvío hacia Cayarani por la carretera carrozable.

Itinerario

Ruta	Tipo de Vía	km	Tiempo
Cusco-Espinar-Velille	Vía asfaltada	313	7 horas
Velille-Cayarani	Vía asfaltada	28	1 hora
Cayarani-Huaycuñuta	Trocha carrozable	12	30 minutos

3.2 Objetivos

- a) Evaluar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Huaycuñuta.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes para la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.

3.3 Clima

El clima en la zona de estudio, es frío y seco, variando en intensidad de acuerdo a las áreas geomorfológicas. La precipitación media anual es de 926 mm (las precipitaciones más intensas se registran entre los meses de diciembre a mayo) y la temperatura promedio anual es de 8.3° c (Koppen y Geiger).

En invierno la temperatura llega hasta los 10° bajo cero (en la madrugada). Las heladas (bajas de temperatura) por debajo de 0°, se producen desde el atardecer. Con estos cambios bruscos de temperatura, las rocas sufren un requebramiento por efecto físico-mecánico.

3.4 Vegetación

La vegetación en las zonas altas, está constituida por pajonales. En las laderas del cerro Ccachilomapata hay mayor desarrollo de ichu.

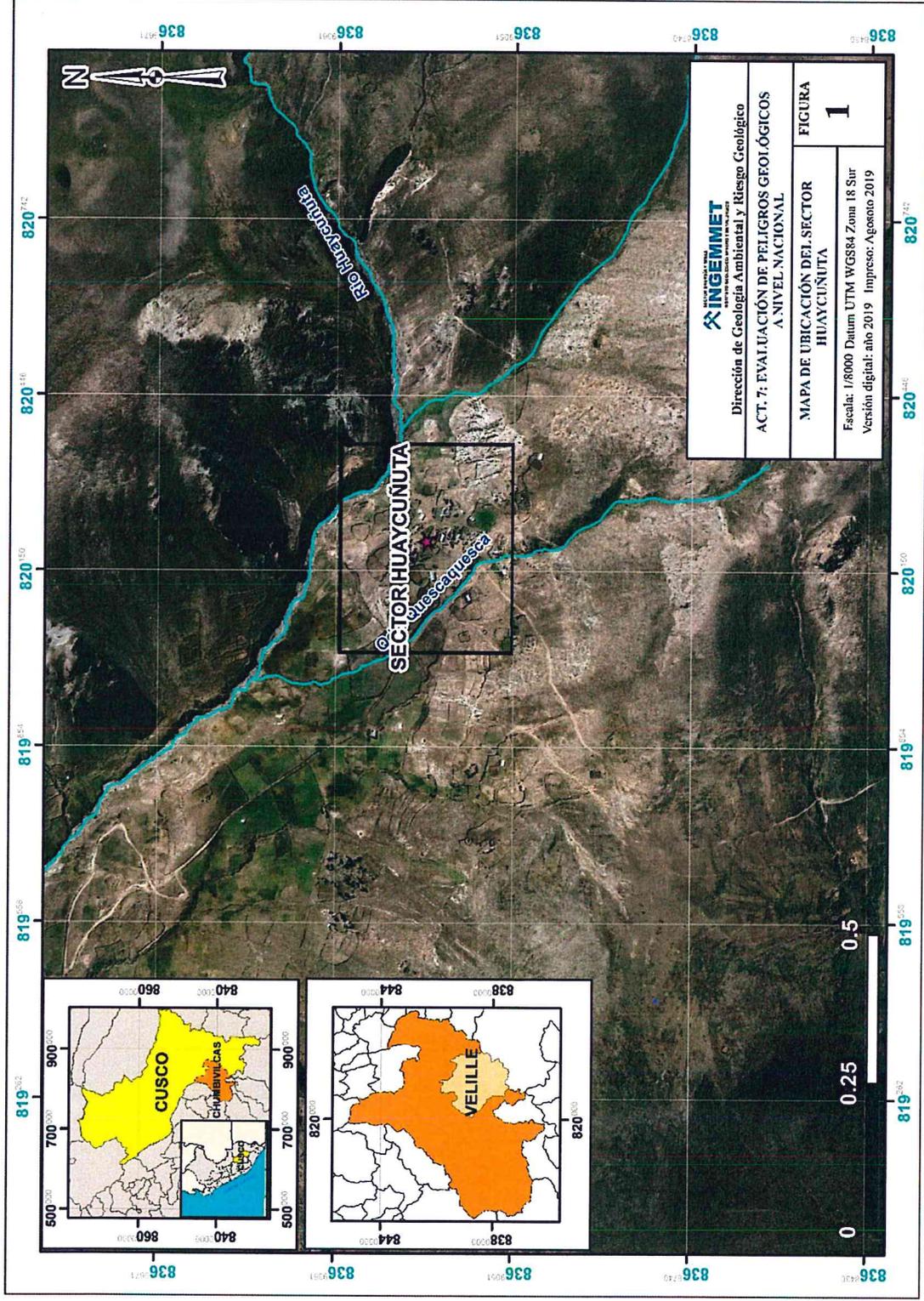


Figura 1: Mapa de ubicación del sector Huaycuñuta.

4. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS Y GEOLOGICOS

4.1 Aspectos Geomorfológicos

4.1.1 Pendiente del terreno.

Uno de los aspectos importantes en la clasificación de unidades geomorfológicas, aparte del relieve, es la pendiente de los terrenos.

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, como factor condicionante es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa (Suarez, 2009).

En la zona de estudio, las laderas del cerro Ccachilomapata constituyen pendientes comprendidas entre 25° a 45°, considerada de fuerte pendiente. Esto facilita el escurrimiento superficial del material suelto disponible en las laderas.

4.1.2 Unidades geomorfológicas

a) Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional

- ✓ **Unidad de montañas.** Presentan una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local (fotografía 1).

Sub unidad de montañas en rocas volcánicas (RM-v): En la zona de estudio se tiene montañas de roca volcánica, caracterizados por presentar relieve abrupto, con cimas de forma redondeada y laderas de pendiente empinada. En la cima del cerro Ccachilomapata se ha formado una pequeña laguna.



Fotografía 1: Montañas de roca volcánica-cerro Ccachilomapata.

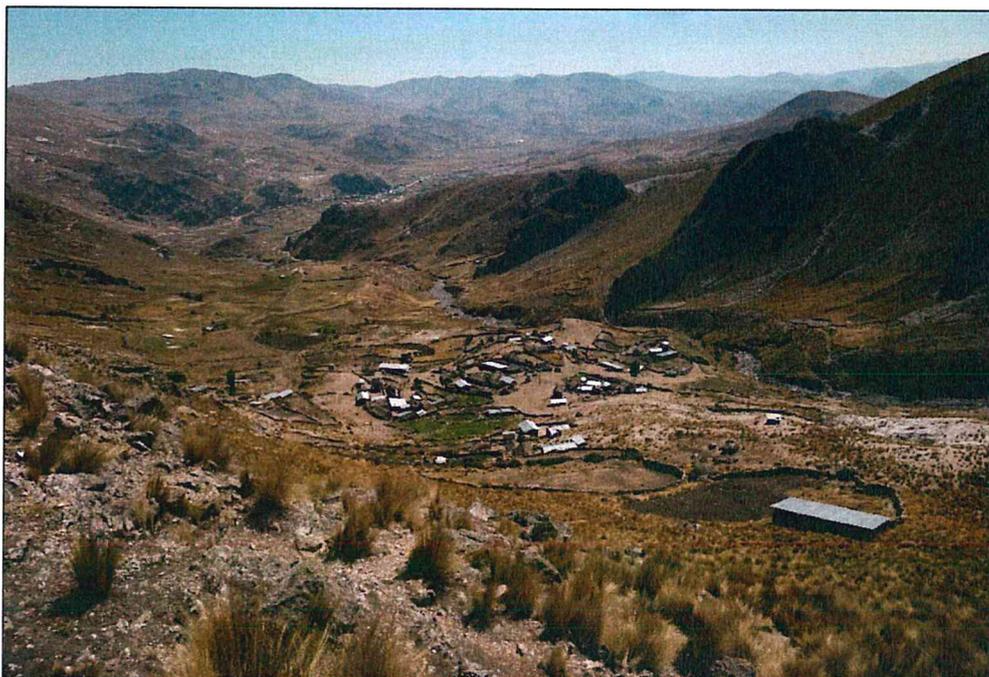
b) Geoformas de carácter deposicional y agradacional

- ✓ **Unidad de piedemonte.** Representadas por acumulaciones de material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas existentes.

Sub unidad de vertiente o piedemonte coluvio deluvial: Localizados al pie de las laderas, resultantes de la acumulación de material caído desde las partes altas del cerro Ccachilomapata, por acción de la gravedad.

- ✓ **Unidad de valle.** En la zona de estudio se encuentran representados por la sub unidad de valle fluvio-glaciario.

Sub unidad de valle fluvio-glaciario (VLL-flgl): Los valles glaciares se encuentran restringidos a las zonas altas, en el área de estudio se encuentra a 3550 m s. n. m. Se caracteriza por presentar laderas rectas, con una típica sección transversal en forma de U, zona donde se encuentra emplazado el sector de Huaycuñuta (fotografía 2).



Fotografía 2: Valle en forma de U, transversalmente al río Huaycuñuta.

4.2 Aspectos Geológicos

Regionalmente el substrato rocoso en la zona de estudio, está compuesto esencialmente por rocas de edad Cenozoica, de naturaleza volcánica (De La Cruz N. 1995). También se tienen depósitos cuaternarios (figura 2).

Cenozoico

a. Formación Orcopampa (N-o):

Aflora al Sur de Velille, está compuesto por clastos volcánicos de distribución irregular, con formas subangulosas a subredondeadas inmersos en matriz piroclástica. Hacia la parte alta los bancos son masivos y se intercalan con piroclastos tobáceos y compactos en capas centimétricas.

b. Formación Alpabamba (Nm-al):

En el área de estudio, la Formación Alpabamba presenta características litológicas variables. Sin embargo, destacan en la parte inferior tobas ignimbríticas blanquecinas de composición riolítica, latítica y dacítica con notoria estratificación (fotografía 3). En el cuerpo del deslizamiento se tiene rocas con alto grado de meteorización y fracturamiento (fotografía 4).



Fotografía 3: Rocas volcánicas, correspondientes al grupo Alpabamba.



Fotografía 4: Rocas volcánicas muy deleznables, fácilmente fracturado con la mano.

Depósitos superficiales (recientes)

c. Depósito fluvioglacial (Qr-flgl):

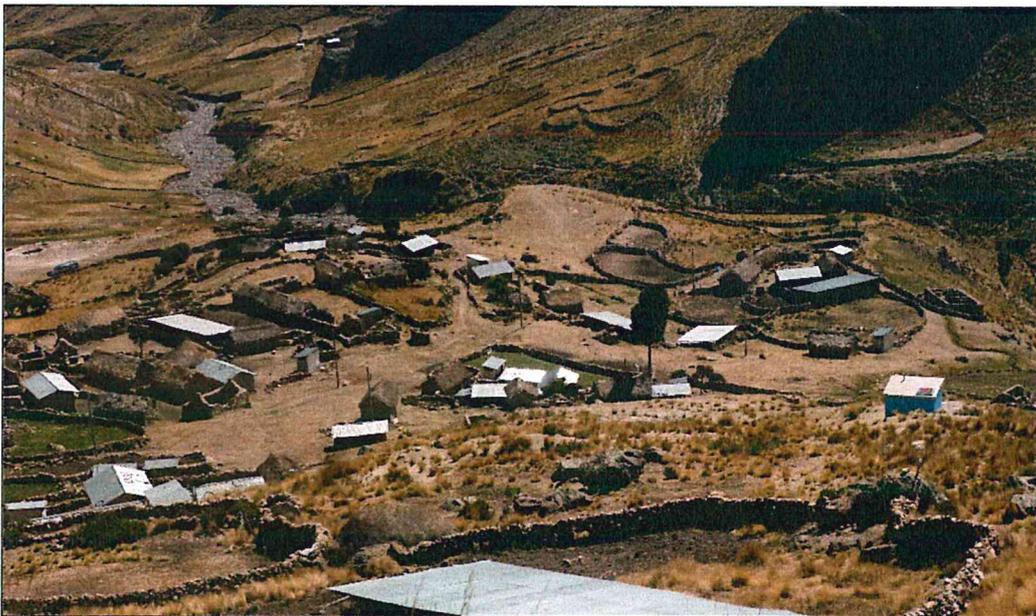
Constituyen extensas secuencias de arenas, arcillas y materiales como bloques y fragmentos angulosos a subangulosos, acarreados, por las corrientes de deshielo y extendidos en las zonas altas, donde discurren a manera de hilos entre pequeñas lagunas y valles labrados por antiguos hielos en movimiento. Los depósitos fluvioglaciares forman extensas llanuras (fotografía 5) y constituyen cantos subangulares.

d. Depósitos fluviales (Qr-fl):

Forman parte del curso actual del río Huaycuñuta, se identificaron bloques, gravas, arenas y limos, con formas redondeadas a subredondeadas, periódicamente son acarreadas por el curso del río en épocas de avenidas.

e. Depósitos coluviales (Qr-co):

En la zona de estudio estos depósitos están localizados al pie de las laderas, en los extremos del río Huaycuñuta, así como también al pie de las laderas que delimitan las quebradas y en los cortes de talud para la construcción de tramos carreteros. Están constituidos por bloques subangulosos a angulosos, inmersos en matriz arcillo-limosa, poco o nada consolidados



Fotografía 5: Vista del sector Huaycuñuta ubicado sobre un depósito glaciofluvial.

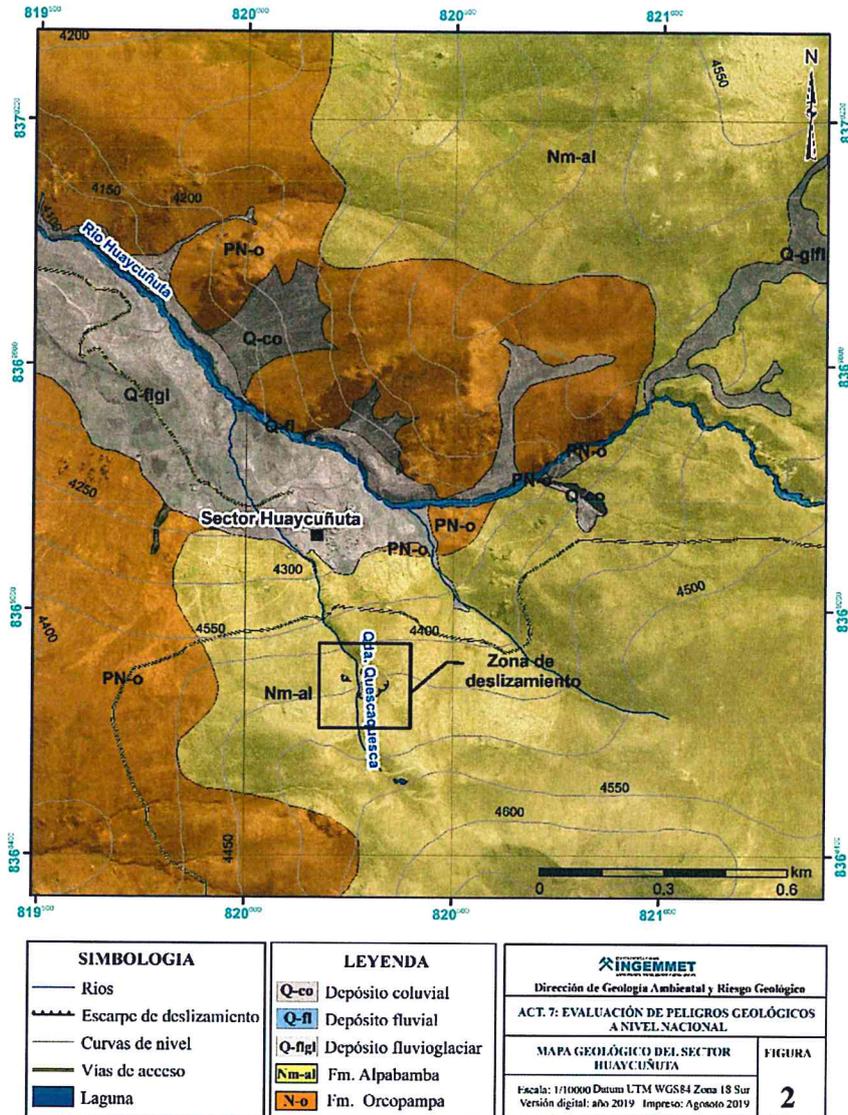


Figura 2: Mapa geológico del sector Huaycuñuta. Modificado De La Cruz N. 1995.

5. PELIGROS GEOLOGICOS

5.1 Conceptos generales

a) Caída

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

Caída o desprendimiento de rocas: ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales asociadas a litologías de diferente naturaleza (sedimentarias, ígneas y metamórficas),

sujetas a fuerte fracturamiento (o foliación), así como en taludes al efectuarse cortes en laderas para obras civiles (carreteras y canales). (Figura 3).

Derrumbes: son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de rocas sedimentarias, esquistos y depósitos poco consolidados (Vílchez, 2014).

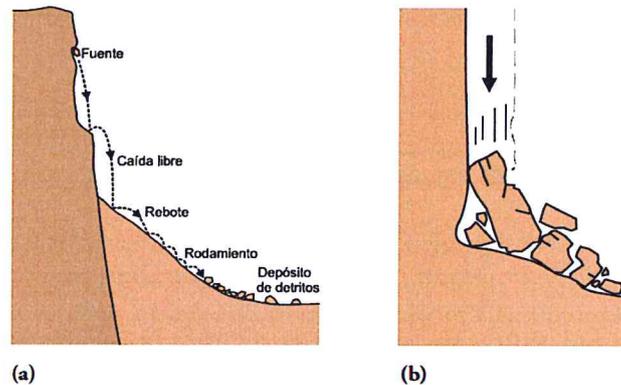


Figura 3: (a) Esquema de caída de rocas (b) Coraminas y Yagué (1997) denominan a este movimiento "colapso".

b) Deslizamientos

Aunque en todos los sistemas de montañas ocurren deslizamientos de tierra, algunas regiones son más susceptibles a las amenazas por movimientos del terreno. Las zonas montañosas son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra, debido a que generalmente se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia tales como el relieve, la sismicidad, la meteorización y las lluvias intensas (Suarez J., 2009).

Los deslizamientos de tierra son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud" (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades. Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc. (Suarez J., 2009).

Tipos de deslizamiento

Los desplazamientos en masa, se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, traslacionales o planares y compuestos de rotación y traslación (Suarez J., 2009).

Deslizamiento rotacional

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa 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. Debido a que el mecanismo

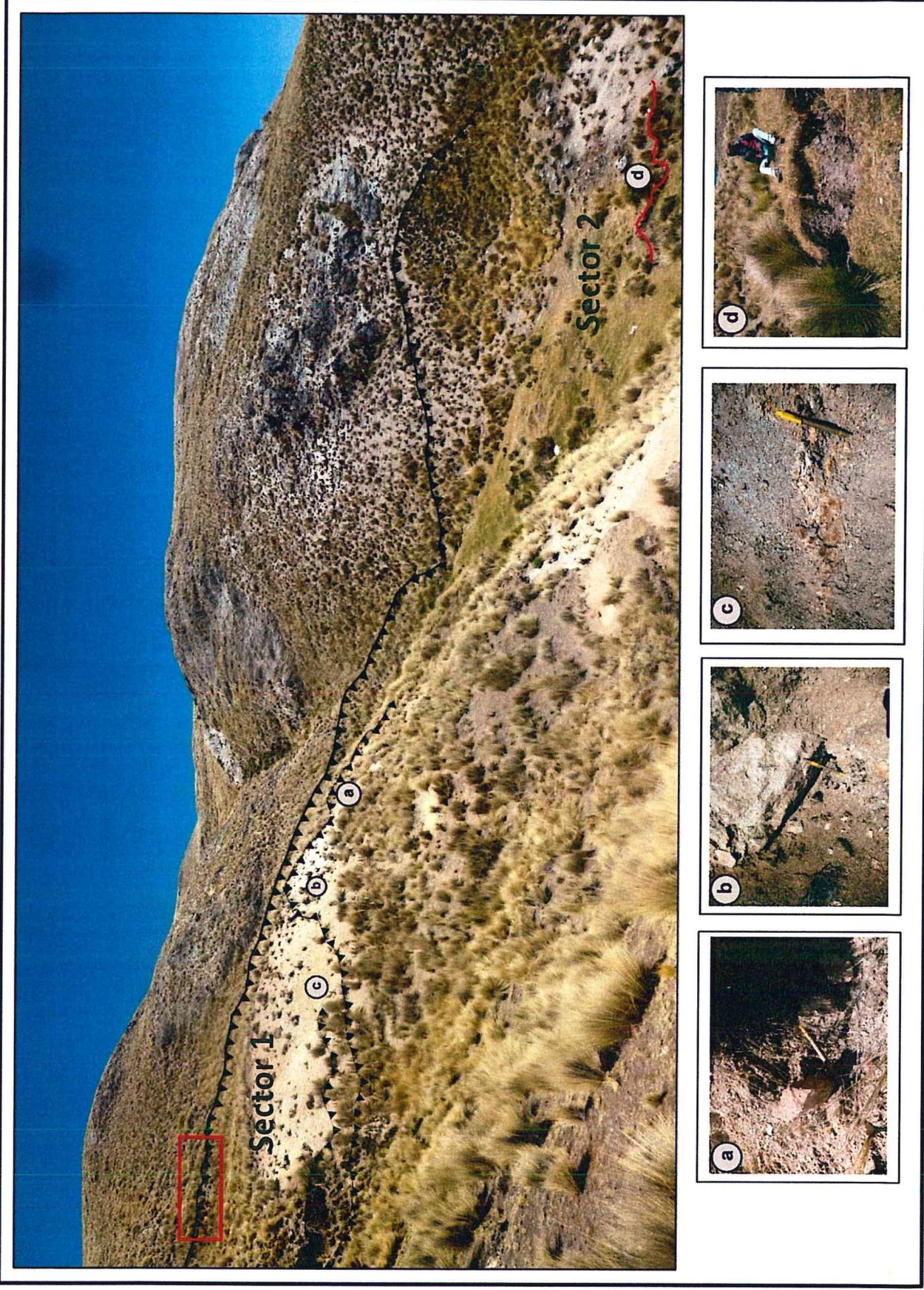


Figura 6: Deslizamiento rotacional del sector Huaycuñuta



Fotografía 7: Corona del deslizamiento rotacional, muestra la altura del desplazamiento principal

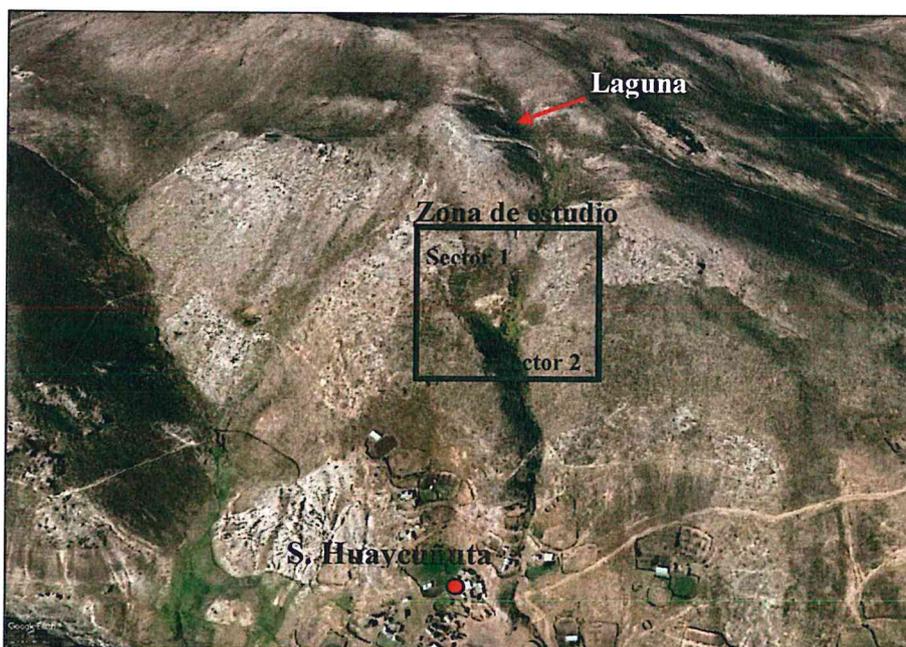
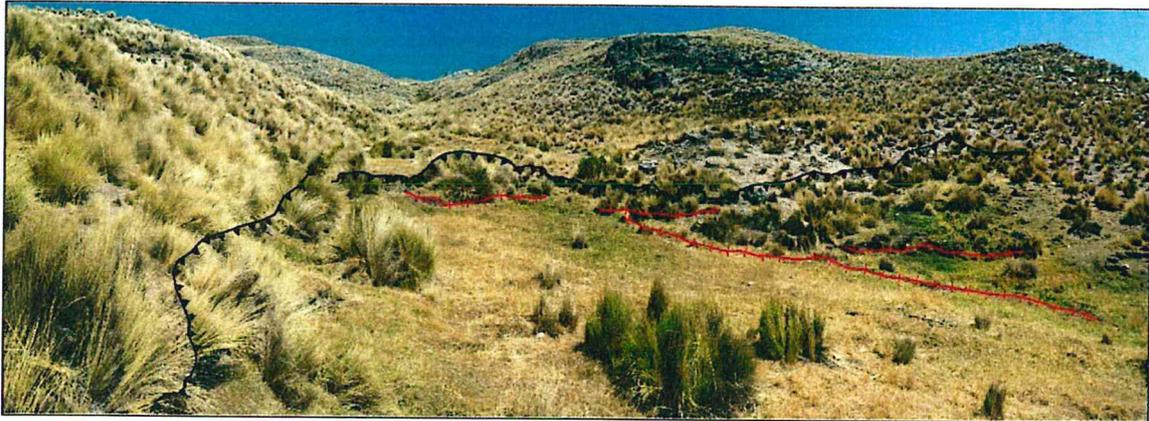


Figura 7: Imagen satelital del Google Earth, se puede observar la ubicación de la laguna.

Sector 2

En la zona media de la quebrada Quescaquesca, se tiene un deslizamiento tipo rotacional, presenta un salto promedio de 0.50 m y longitud de escarpe de 20 m. El evento muestra actividad progresiva (fotografía 8).

Aguas arriba del sector Huaycuñuta, se tiene presencia de bofedales, donde se evidenciaron desplazamientos del terreno con longitudes entre 0.70 a 1 m (fotografía 9). En esta zona, desde hace dos años, se viene presentando agrietamientos longitudinales y transversales con aperturas promedio de 40 cm y longitudes de 6 m (fotografía 10); en el mes de febrero (periodo con mayor precipitación pluvial) del presente año, los agrietamientos del terreno se intensificaron.



Fotografía 8: Escarpe del segundo deslizamiento rotacional reactivado.



Fotografía 9: Vista del avance progresivo del deslizamiento.



Fotografía 10: Agrietamientos longitudinales y transversales.

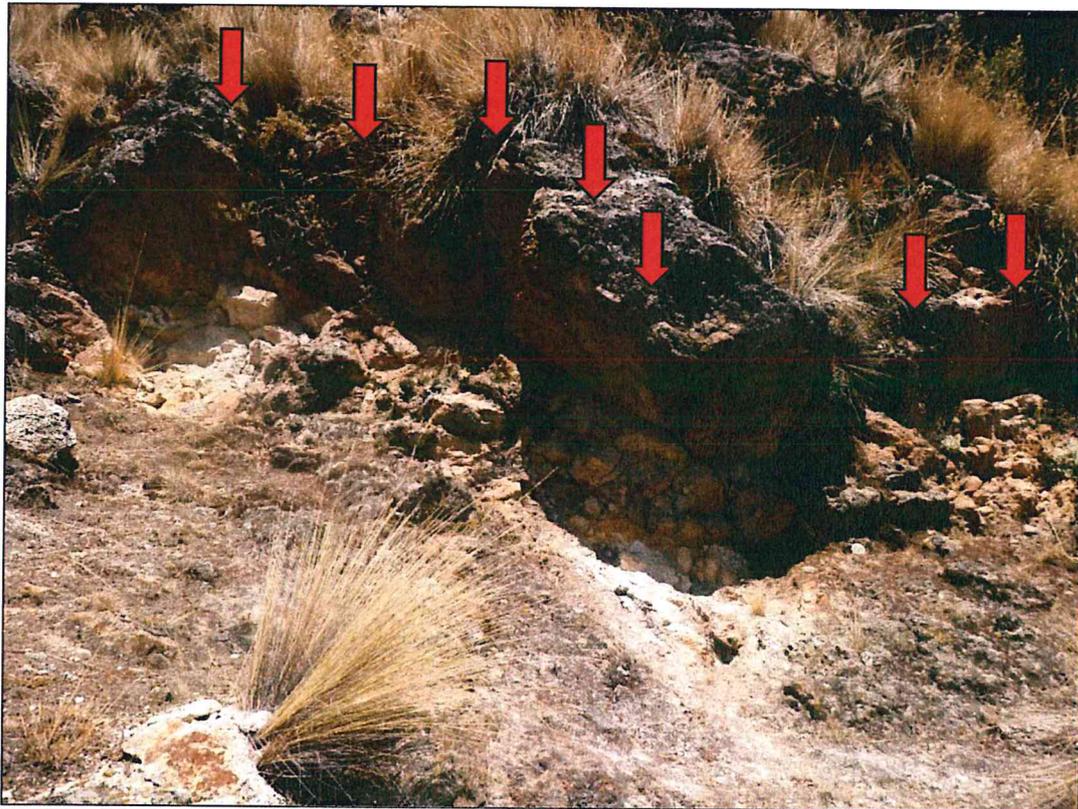
5.2.2 Caída de rocas del cerro Ccachilomapata

Según indican los moradores del sector Huaycuñuta, en el año 2018 se registró un movimiento sísmico, originando caída de rocas de las laderas del cerro Ccachilomapata.

Es importante mencionar que las laderas del cerro Ccachilomapata constituyen bloques sueltos suspendidos de hasta 1.5 m de diámetro, ante movimientos sísmicos de intensidad media pueden caer cuesta abajo, afectando viviendas, vías de acceso y el reservorio de agua potable para consumo humano del sector Huaycuñuta.

En laderas del cerro Ccachilomapata, se identificó zonas de arranque que originó el sismo del año 2018 (fotografías 11 y 12). Las rocas muestran alto grado de meteorización y fuerte fracturamiento. El plano principal de fracturamiento de las rocas buzan a favor de la pendiente con medida: N 260° y 80° NW,

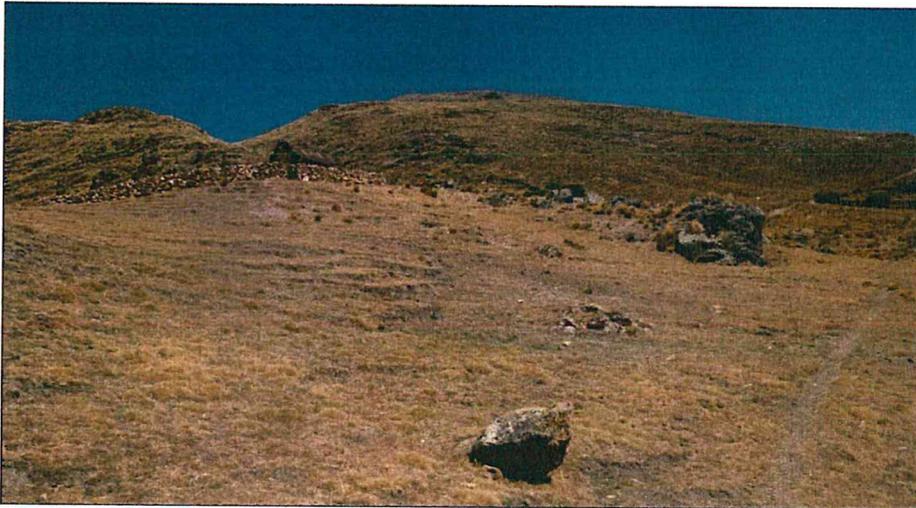
El rebote de los bloques generó el colapso de los muros de corrales. Así mismo se observó bloques dispersos en varios puntos del sector, producto de la dinámica de la caída de roca (fotografía 13 y 14).



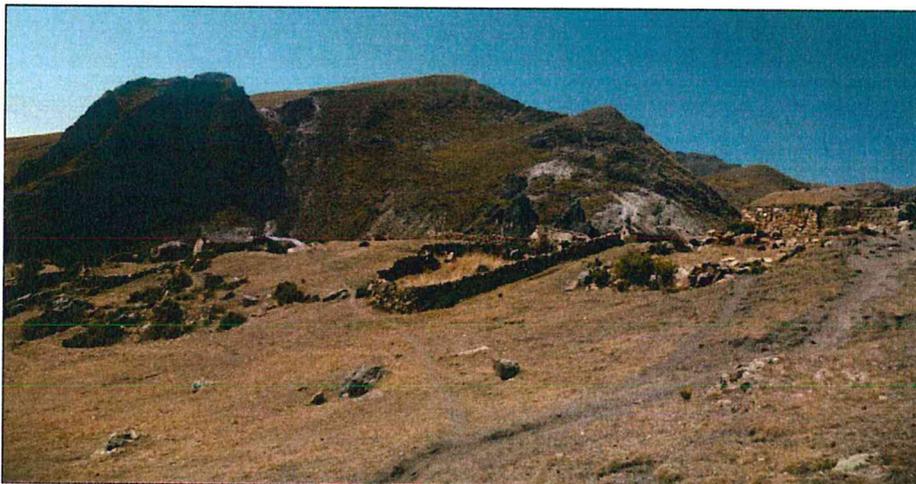
Fotografía 11: Vista de una de las zonas de arranque en ladera del cerro Ccachilomapata.



Fotografía 12: Zona de arranque en ladera empinada del cerro Ccachilomapata



Fotografía 13: Vista de bloques caídos, dispersos en varios puntos del sector Huaycuñuta



Fotografía 14: Disposición de los bloques caídos sobre el sector Huaycuñuta.

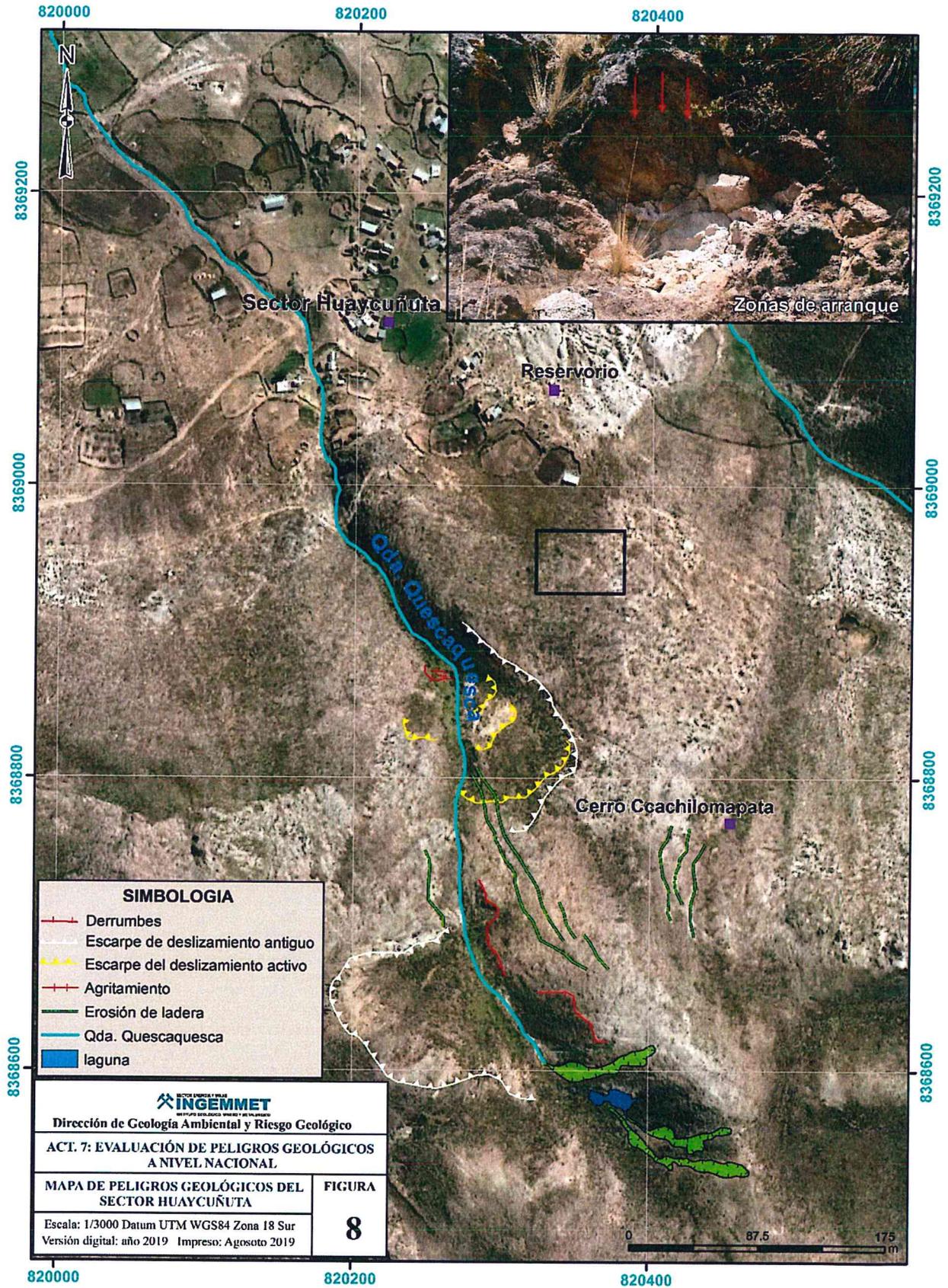


Figura 8: Mapa de peligros geológicos en el sector de Huaycuñuta.

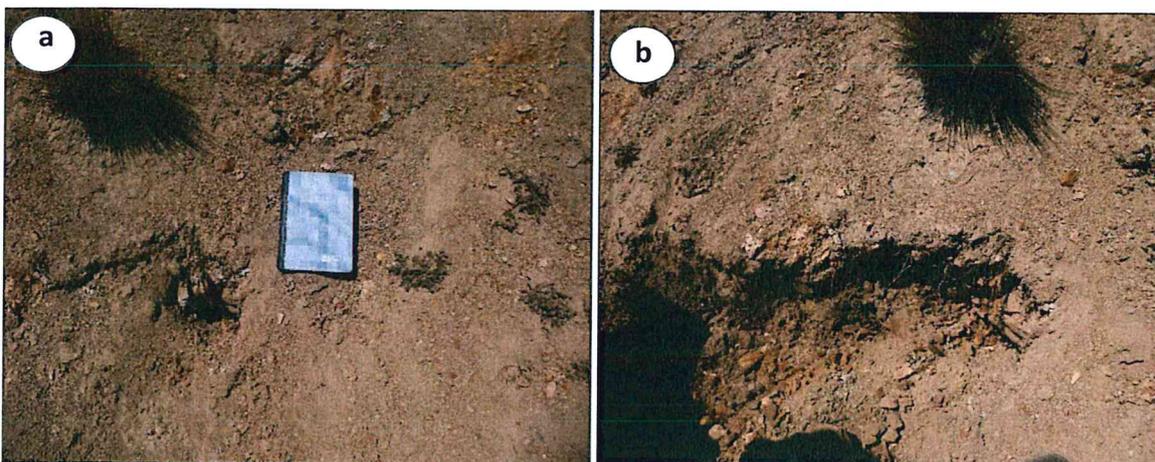
6. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

Factores condicionantes

– **Factor litológico**

Por influencia litológica. Al existir material de fácil erosión-remoción ante intensas precipitaciones pluviales. La unidad geológica conforma bloques de roca volcánica, inmersos en matriz arenosa limosa de color gris blanquecino, correspondiente a los depósitos fluvioglaciares.

Las laderas del cerro están conformadas por rocas volcánicas, con alto grado de meteorización y fuerte fracturamiento de la roca (fotografía 15).



Fotografía 15: a) Roca muy deleznable y meteorizado. b) Material fácilmente removido con la mano.

– **Factor geomorfológico**

La morfología del terreno tiene gran influencia en la ocurrencia de procesos por remoción en masa, como deslizamientos, derrumbes y caída de rocas. La fuerte pendiente ($>40^\circ$) que constituyen las laderas del cerro Ccachilomapata favorece la ocurrencia de deslizamientos y caídas de rocas.

Factores desencadenantes

– **Actividad sísmica**

El movimiento sísmico registrado el año 2018 en el sector Huaycuñuta, detonó caída de rocas de las laderas del cerro Ccachilomapata, afectando muros de corrales.

– **Factor climático-precipitaciones**

Entre los meses de diciembre a marzo del presente año, se registró precipitaciones pluviales intensas, obteniendo un umbral de 650 mm en promedio, período en que las lluvias son intensas y frecuentes (*Koppen y Geiger*), ello originó la reactivación de deslizamientos rotacional en el cerro Ccachilomapata. Así mismo, en la zona 2 intensifico los agrietamientos transversales y longitudinales.

7. OBRAS DE MITIGACION

7.1. CORRECCIÓN POR DRENAJE

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desviar el agua lejos del deslizamiento.

Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total y por lo tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

a. Drenaje superficial:

Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlos lejos del talud, evitando su infiltración (figura 9).

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir. El cálculo de la sección debe diseñarse según métodos hidrológicos.

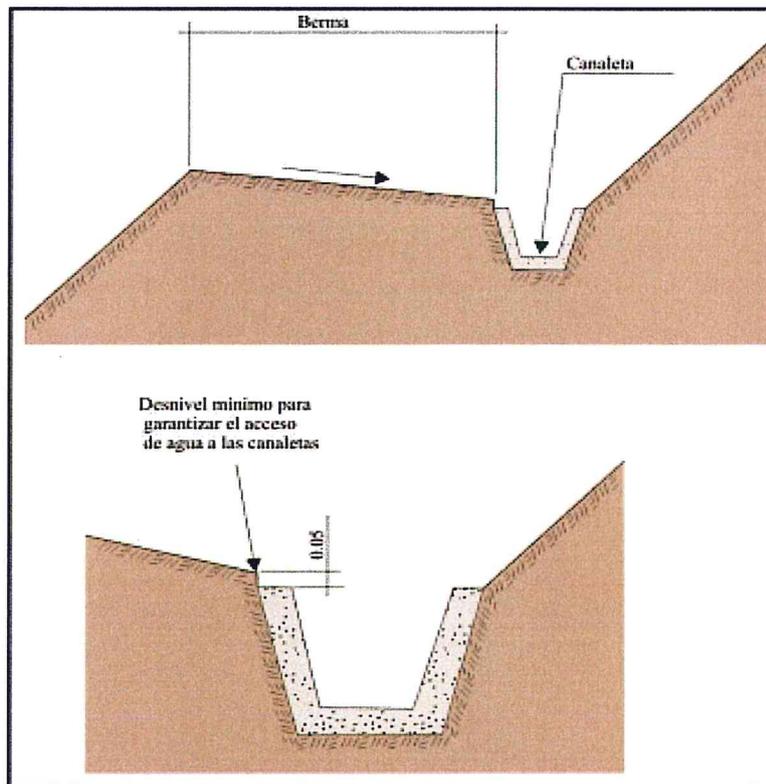


Figura 9: Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

b. Drenaje profundo:

La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno.

Los drenajes profundos se clasifican en:

- **Drenes horizontales.** Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre 5° y 10°, que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (figuras 10 y 11).

Sus ventajas son:

- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.
- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

Sus desventajas son:

- Su área de influencia es limitada y menor que en el caso de otros métodos de drenaje profundo.
- La seguridad del talud hasta su instalación puede ser precaria.

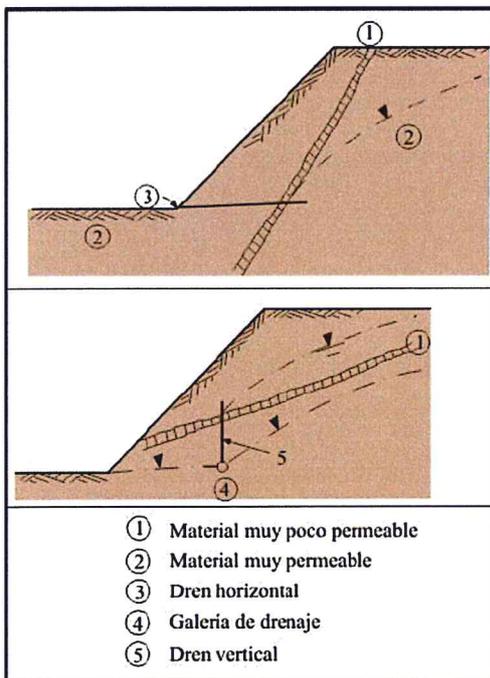


Figura 10: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.

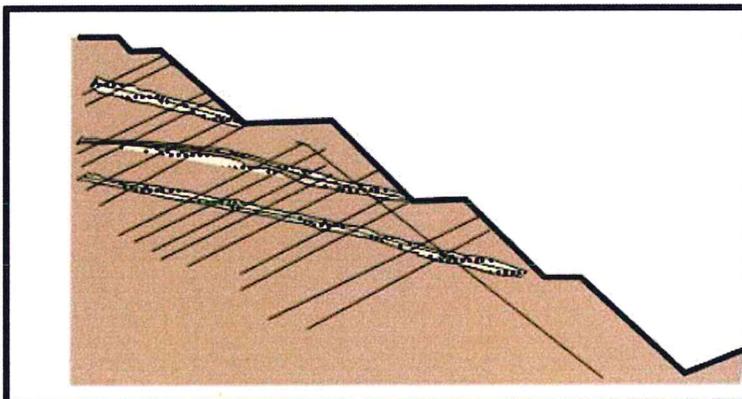


Figura 11. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos

CONCLUSIONES

1. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa que presenta el cerro Ccachilomapata, se le considera como zona de **peligro alto** a generar movimientos en masa, en caso de lluvias excepcionales o actividad sísmica.
2. En el sector Cerro Ccachilomapata se identificaron procesos por deslizamiento tipo rotacional, el deslizamiento activo muestra avance progresivo.
3. Producto del movimiento sismo del año 2018, se generó caída de rocas de las laderas del cerro Ccachilomapata, afectando muros de corrales.
4. Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el sector de Huaycuñuta están condicionados por:
 - a) Presencia de material de fácil remoción (depósito fluvioglaciares), conformado por bloques subangulosos, inmersos en arena limosa, color gris blanquecina y rocas volcánicas con alto grado de meteorización y fuertemente fracturados; ello permite mayor filtración y retención de agua en su cuerpo, el cual lo hace inestable.
 - b) Laderas con pendiente entre 25° a 45°, permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente.
 - c) Acción de las aguas de escorrentía pluvial y agua subterránea (bofedal) sobre el terreno.
 - d) El factor desencadenante para la reactivación del deslizamiento fueron las precipitaciones intensas registradas entre los meses de diciembre a marzo.
 - e) El factor desencadenante para la caída de rocas fue la actividad sísmica registrado el año 2018.

RECOMENDACIONES

1. Implementar un sistema de drenaje revestido en la parte superior del deslizamiento.
2. Sellar los agrietamientos con material de la zona.
3. Reforestar las laderas con árboles de raíz profunda y más resistente a la erosión.
4. Sensibilizar a la población a fin de evitar asentamientos en áreas susceptibles a peligros geológicos por movimientos en masa.

.....
Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFIA

- **Corominas, J., y Yague, A., (1997).** Terminología de los Movimientos de Laderas
- **Cruden, D., y Varnes, D. (1996).** Landslide Types and Processes. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.
- **De la cruz B. (1995).** Geología de los cuadrángulos de Velille, Yauri, Ayaviri y Azángaro. Hojas 30-s, 30-t, 30-u y 30-v. Boletín N° 58. Serie A: Carta Geológica Nacional.
- **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.
- **Suarez, J. (1996).** Deslizamientos. Análisis Geotécnico. Capítulo cinco, los flujos.
- **Vílchez M. (2014).** Zonas Críticas por Peligros Geológicos en la región Cusco, informe Técnico Geología Ambiental – Ingemmet. Informe Preliminar.