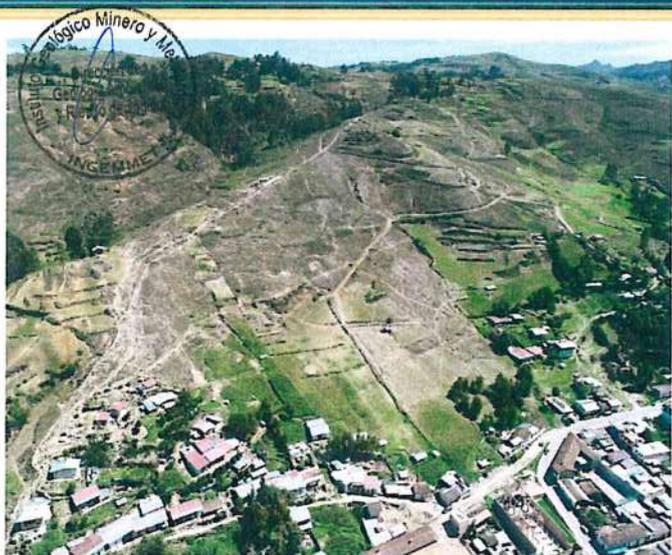


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6937

EVALUACIÓN DE DESLIZAMIENTOS DEL CERRO EL CALVARIO - LA ENCAÑADA

Región Cajamarca
Provincia Cajamarca
Distrito La Encañada



DICIEMBRE
2019

INDICE

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS	3
3. ASPECTOS GENERALES	3
3.1. Ubicación y accesibilidad	3
3.2. Objetivos	4
3.3. Características de la zona de estudio	4
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	5
4.1. Unidades geomorfológicas	5
4.1.1. Unidad de colinas	5
5. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
6. PELIGROS GEOLÓGICOS	7
7.1. Conceptos generales	8
7.2. Deslizamientos en el cerro El Calvario	9
7.3. Deslizamientos y erosión de laderas en el cerro El Calvario – noroeste de La Encañada	14
CONCLUSIONES	16
RECOMENDACIONES	17

RESUMEN

A fines de marzo del presente año, pobladores locales del cerro el Calvario, lugar ubicado al norte del distrito de la Encañada, se alertaron por la aparición de agrietamientos en terrenos de dicho cerro.

A consecuencia de estos fenómenos, la subprefectura distrital de La Encañada, en el marco de la Gestión de Riesgo de desastres, solicitó al INGEMMET, como ente especializado en brindar asistencia técnico-científica; realizar la evaluación de peligros de geológicos del sector. Es así que el INGEMMET, por medio de su Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, envió a sus profesionales para realizar dicha evaluación.

Durante los trabajos de campo realizados en el sector afectado e inmediaciones, se reconoció geomorfología de colinas estructurales en rocas sedimentarias con laderas con pendientes que promedian los 30°, afloramientos rocosos de arcillitas de la Formación Pariatampo, altamente fracturadas e intensa meteorización, terrenos expuestos al agua y erosión, rellenos y zonas antropizadas, entre otros; dentro de una zona de susceptibilidad a movimientos en masa de media a alta. Los agrietamientos actuales están relacionados con un deslizamiento en proceso, parte de la reactivación de un deslizamiento antiguo que ya existía en el lugar. El deslizamiento compromete viviendas de la parte baja y terrenos de cultivo.

Por las condiciones estudiadas se concluyó que la zona es crítica de peligro Inminente, de alto peligro a movimientos en masa, ante lluvias intensas o extraordinarias y/o sismos. Se realizaron las recomendaciones del caso.

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), el apoyo y/o asistencia técnica a los gobiernos nacional, regional y locales; su alcance consiste en contribuir con entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico, de peligros geológicos en territorios vulnerables, con la finalidad de proporcionar una evaluación técnica que incluya resultados y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos, en el marco del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, ley N° 29664.

La subprefectura distrital de La Encañada, solicitó a nuestra institución, la evaluación técnica de peligros geológicos en el cerro El Calvario, a consecuencia de los agrietamientos en el terreno que afectan el lugar.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó a los Ing. Luis Albinez y Dulio Gómez, para realizar la inspección técnica, el 5 de abril del presente año, en coordinación con el subprefecto distrital de La Encañada y pobladores locales, quienes presentaron la problemática de la zona.

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

El presente informe se pone a consideración de la subprefectura y municipalidad distrital de La Encañada, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades locales y otras autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS

La zona evaluada está incluida en el área de estudio de trabajos de geología de escala regional.

- a) Boletín N° 31 Serie A: "Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajambamba", INGEMMET, (Reyes 1980). En el "Mapa geológico de San Marcos, Hoja 15-g-IV", escala 1:50,000, (Navarro 2007), el cerro El Calvario se encuentra sobre afloramientos las formaciones Pariatambo y Chulec.
- b) Boletín de "Riesgos geológicos en la región de Cajamarca", INGEMMET (Zavala & Rosado 2011). En el "Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa", escala 1:250,000, La Encañada se encuentra en zona de media a alta susceptibilidad.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación y accesibilidad

La Encañada se localiza al noreste de Baños del Inca (figura 1), en el distrito La Encañada, provincia y región Cajamarca, sobre los 3090 m s. n. m., en las coordenadas WGS84 - 17S: 793397 O; 9215886 N.

Se accede por la siguiente ruta: Lima - Chiclayo - Cajamarca - Baños del Inca - La Encañada. El itinerario desde Cajamarca fue el siguiente:

DÍA 1		
Ruta	Tipo de vía	Tiempo / kilometraje
Cajamarca - Baños del Inca - La Encañada	Carretera asfaltada	1 h 30 m / 33 km
La Encañada - Cerro el Calvario	Camino de herradura	1 h / 0.5 km

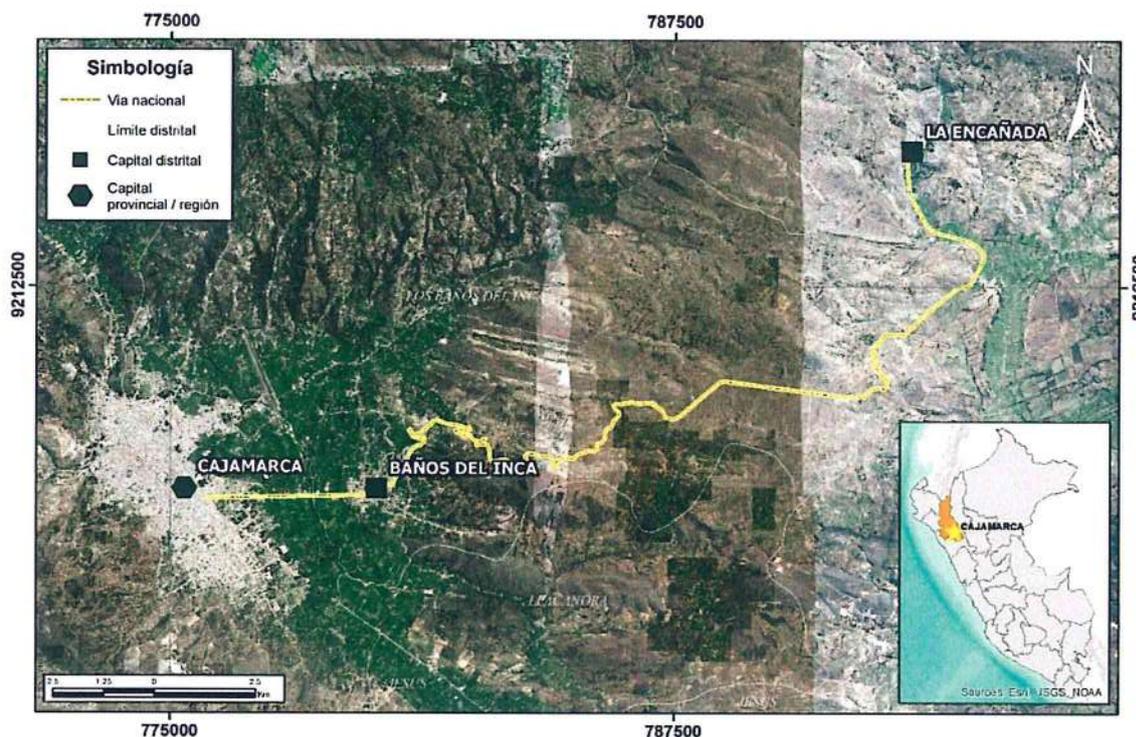


Figura 1. Mapa de ubicación de La Encañada.

3.2. Objetivos

- Identificar y evaluar las zonas con peligro geológico que afecten o afectaron el cerro El Calvario (La Encañada).
- Recomendar medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

3.3. Características de la zona de estudio

Según los datos de la estación meteorológica La Encañada (SENAMHI) ubicada a 4 km al sur, la zona presentó precipitaciones máximas de hasta 31 mm, en la temporada lluviosa de los años 2018 y 2019. La temperatura promedio varía entre los 19°C y 6°C.

Laderas del cerro El Calvario son utilizadas con fines de vivienda, agrícolas y pastoreo. Se observa escasa cobertura vegetal compuesta principalmente por pastos y arbustos ralos además de árboles dispersos.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Geomorfológicamente, la zona presenta un relieve colinado en rocas sedimentarias (foto 1), donde las laderas varían en pendiente entre suaves hasta abruptas y erosionadas.

4.1. Unidades geomorfológicas

4.1.1. Unidad de colinas

Las colinas corresponden estrictamente a superficies de terreno con alturas no mayores a 300 m, de diferentes tipos de litología (Zabala & Vilchez 2006).

- Subunidad de colinas en rocas sedimentarias

Son extensas superficie plano-onduladas y disectadas y con abundante vegetación ubicadas en la Faja Subandina y Llanura Amazónica. Por la naturaleza litológica principal del substrato de carácter sedimentario, conformado por conglomerados, areniscas, lodolitas, arcillitas, etc., y por su ubicación geográfica, se presentan muy disectadas o erosionadas, en muchos casos por procesos de deforestación (Zavala & Vilchez 2006).

El cerro El Calvario constituye una colina de relieve suave con laderas que promedian los 30° (fotografía 1 y figura 2).



Fotografía 1. Se aprecia el relieve colinado estructural en rocas sedimentarias. Sector sur de La Encañada.

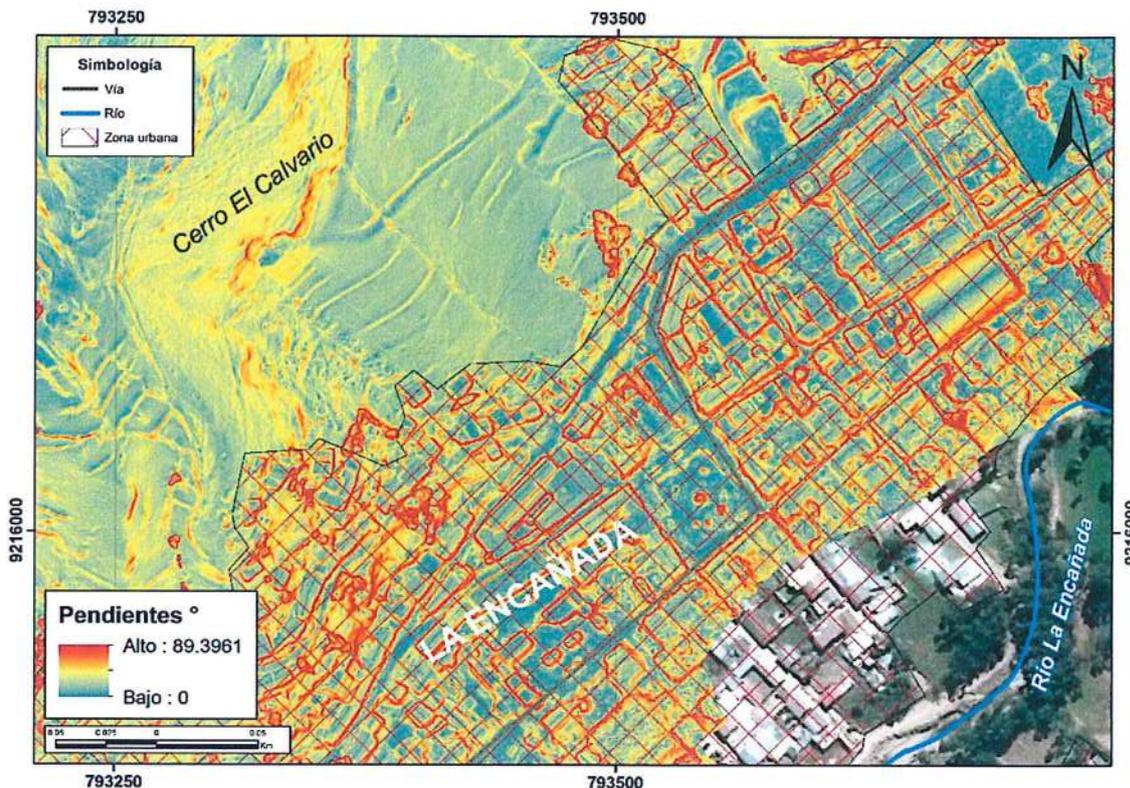
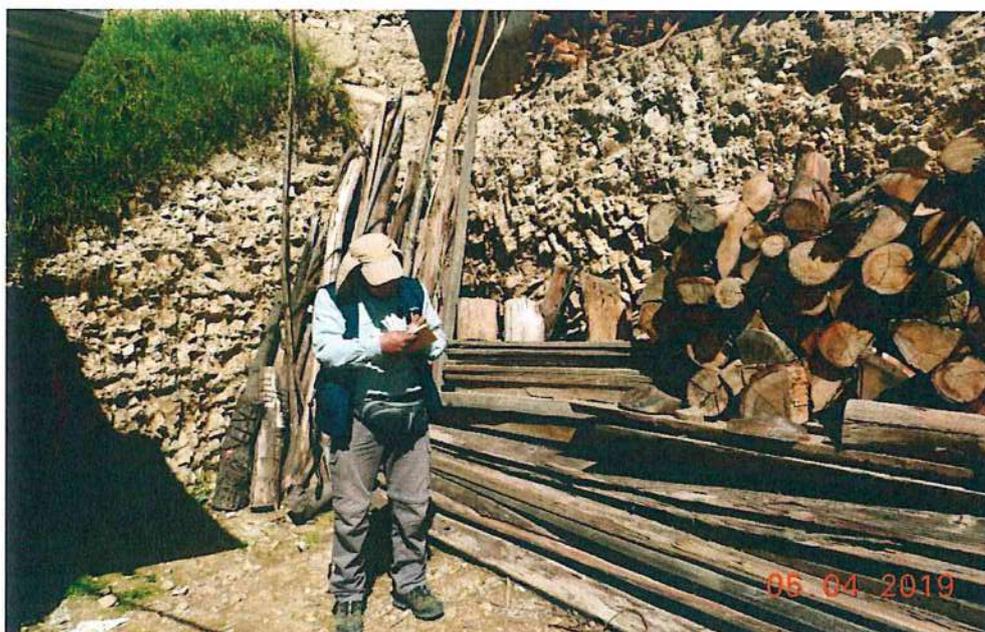


Figura 2. Mapa de pendientes de ladera oeste de La Encañada - cerro El Calvario.

5. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En el cerro El Calvario afloran secuencia sedimentarias de las Formaciones Pariatambo y Chulec (Navarro 2007), estando los deslizamientos deformando principalmente rocas de la Formación Pariatambo (Reyes 1980). En los cortes de talud, se observan afloramientos de arcillitas altamente fracturadas, con distanciamiento entre fracturas de aproximadamente 10 cm. (fotografía 2), con un alto grado de meteorización.



Fotografía 2. Corte de talud en ladera del cerro El Calvario. Se observa el afloramiento rocoso altamente fracturado.

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

Las inmediaciones de la Encañada presentan susceptibilidad de media a alta ante la ocurrencia de movimientos en masa (Zavala & Rosado 2010, GEOCATMIN). Los trabajos de campo permitieron identificar procesos de reptación, erosión de laderas, deslizamientos antiguos, deslizamientos recientes y reactivaciones, en el cerro El Calvario (figura 3).

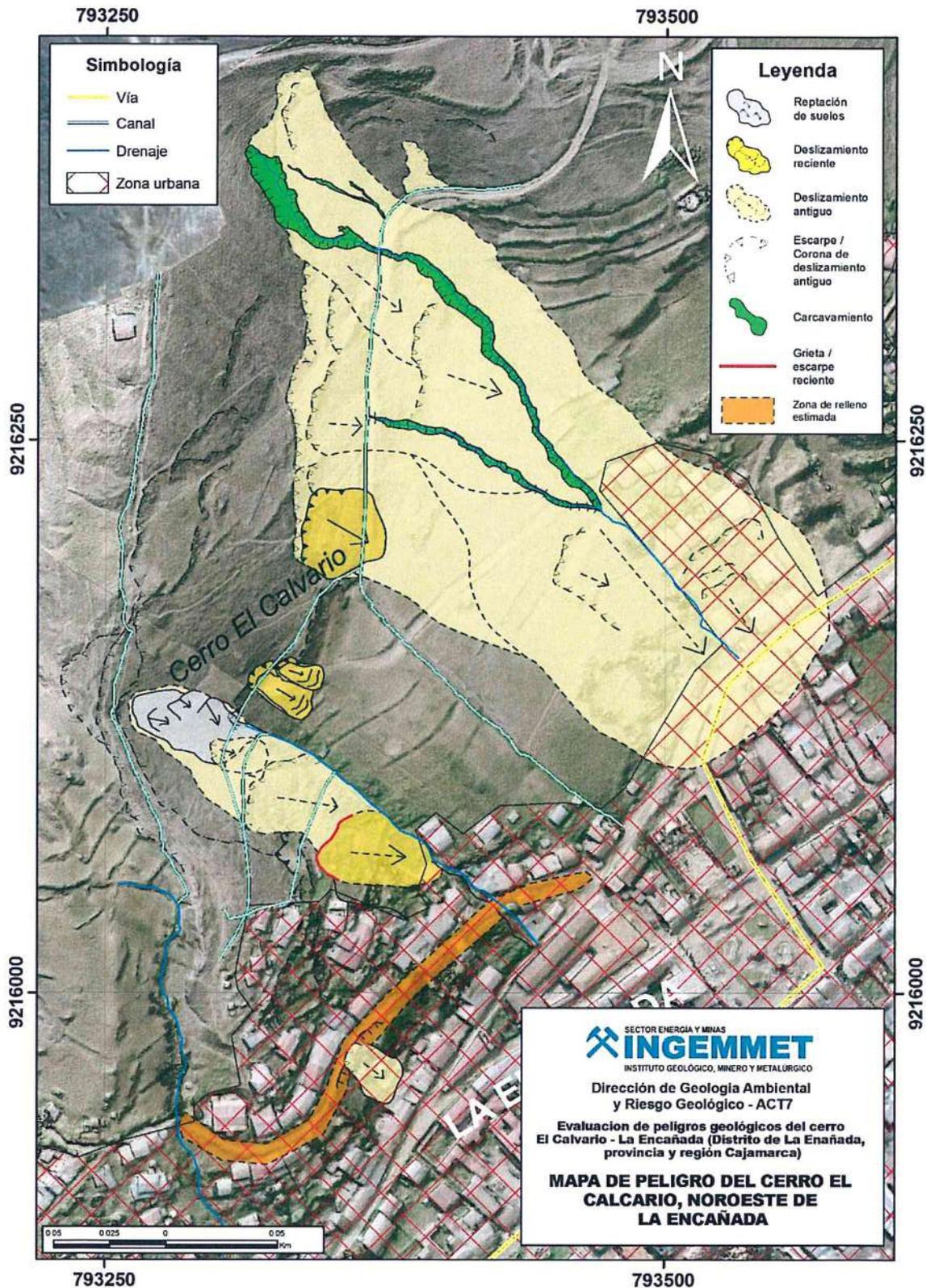


Figura 3. Mapa de peligros del cerro El Calvario - La Encañada.

7.1. Conceptos generales

Los **deslizamientos** son movimientos ladera abajo 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, pueden ser de tipo rotacional o traslacional. El **deslizamiento de tipo rotacional** (figura 4), se caracteriza porque su masa de desplazamiento se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava, la cabeza del movimiento deja un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior tiende a inclinarse hacia atrás en dirección al escarpe (PMA 2007). Los deslizamientos presentes en el cerro El Calvario son de tipo Rotacional.

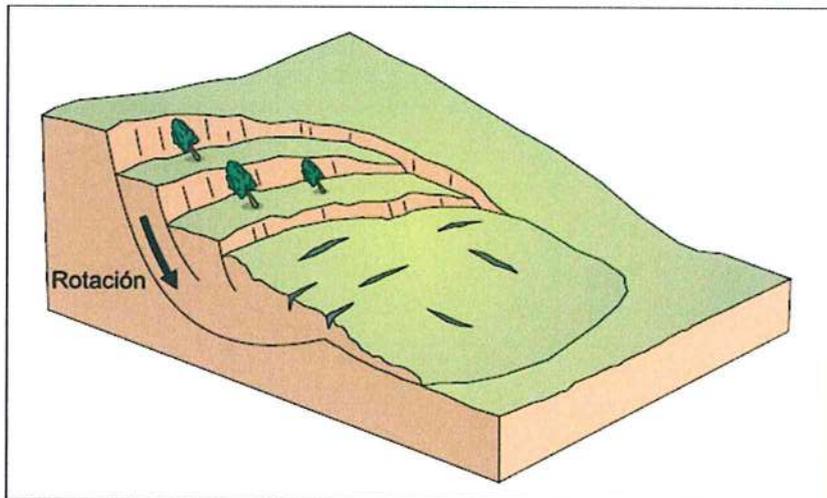


Figura 4. Esquema de deslizamiento rotacional (PMA 2007).

La **reptación** (figura 5) se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (PMA 2007). La parte alta de la zona con reactivación presenta reptación de tipo estacional.

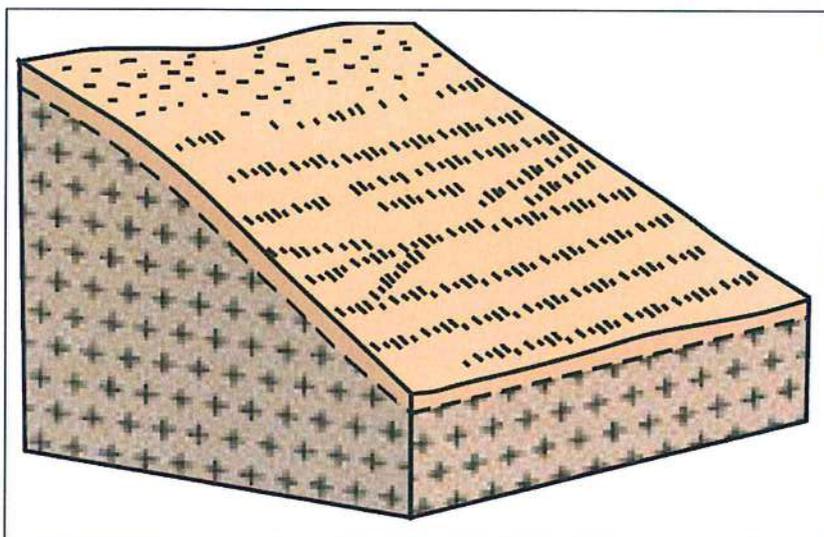


Figura 5. Esquema de reptación (Corominas & García 1997 en PMA 2007).

Las **cárcavas** (figura 6) son pequeños valles de paredes verticales y cabeceras verticalizadas, de perfiles longitudinales de elevada pendiente, que transmiten flujos efímeros y están sujetos a una intensa erosión hídrica (Lucía et al., 2008).

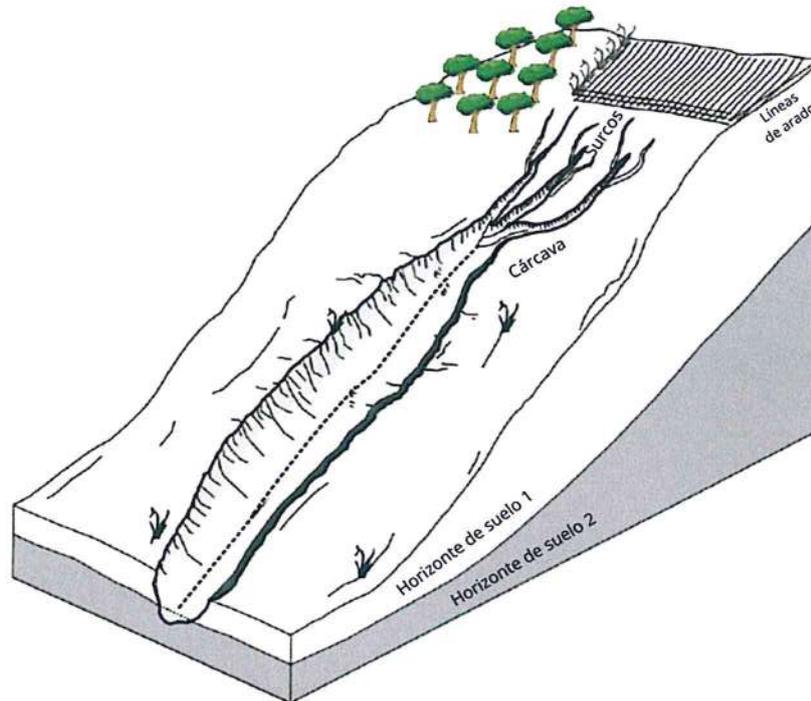


Figura 6. Esquema de cárcavas formadas por profundización en surcos. Tomado y modificado de Shruthi 2011.

7.2. Deslizamientos en el cerro El Calvario

De acuerdo a pobladores locales, los agrietamientos en el cerro El Calvario se vienen presentando desde el año 2017. A fines de marzo del presente año, aparecieron agrietamientos con desplazamientos verticales de mayor magnitud, que alertaron a los pobladores del sector.

Durante los trabajos de campo se identificaron agrietamientos de hasta 20 cm de ancho, con desplazamientos verticales aproximados de 50 cm. La grieta principal constituye el escarpe de un deslizamiento en formación. Se prolonga por aproximadamente 40 m, de forma semicircular, desde el lindero de una vivienda, continuando hacia una chacra con sembríos de maíz (figura 7).

La morfología de ese sector corresponde a la de un deslizamiento antiguo. Las recientes grietas son una reactivación de este evento, que deforma el flanco derecho de su pie (figura 9).

En la parte alta de la zona del deslizamiento en proceso, se observa un canal de riego sin revestimiento (figura 9).



Figura 7. Agrietamientos recientes en el cerro El Calvario.

70 m ladera arriba del deslizamiento en proceso, en el sector con coordenadas 793289 O; 9216119 N, puede observarse una zona con reptación, de forma elongada, con longitud aproximada de 50 m y ancho de 30 m. Por su forma (figura 8), este evento podría ser predecesor de un futuro deslizamiento.

En el sector con el sector con coordenadas 793323 O; 9216143 N, se observan dos deslizamientos de tipo rotacional recientes (figuras 8 y 9) que afectaron un camino y tuberías de agua presentes en el sector, además de terrenos de cultivo. El deslizamiento más reciente tiene corona de aproximadamente 25 m de longitud y distancia de escarpe principal a pie de 35 m.



Figura 8. Reptación de suelos en la parte alta de la zona del deslizamiento en proceso.

Cabe mencionar que, por la parte alta de la ladera del cerro El Calvario, pasan tuberías de agua (figura 9) que abastecen a La Encañada y a otros sectores. Dichas tuberías podrían estar en mal estado, generando infiltraciones ladera abajo.

Debe mencionarse además, que la parte alta del cerro El Calvario tiene muy escasa cobertura vegetal (figura 8), posiblemente relacionada al sobrepastoreo. Esta condición expone los terrenos a la erosión e infiltración de aguas.

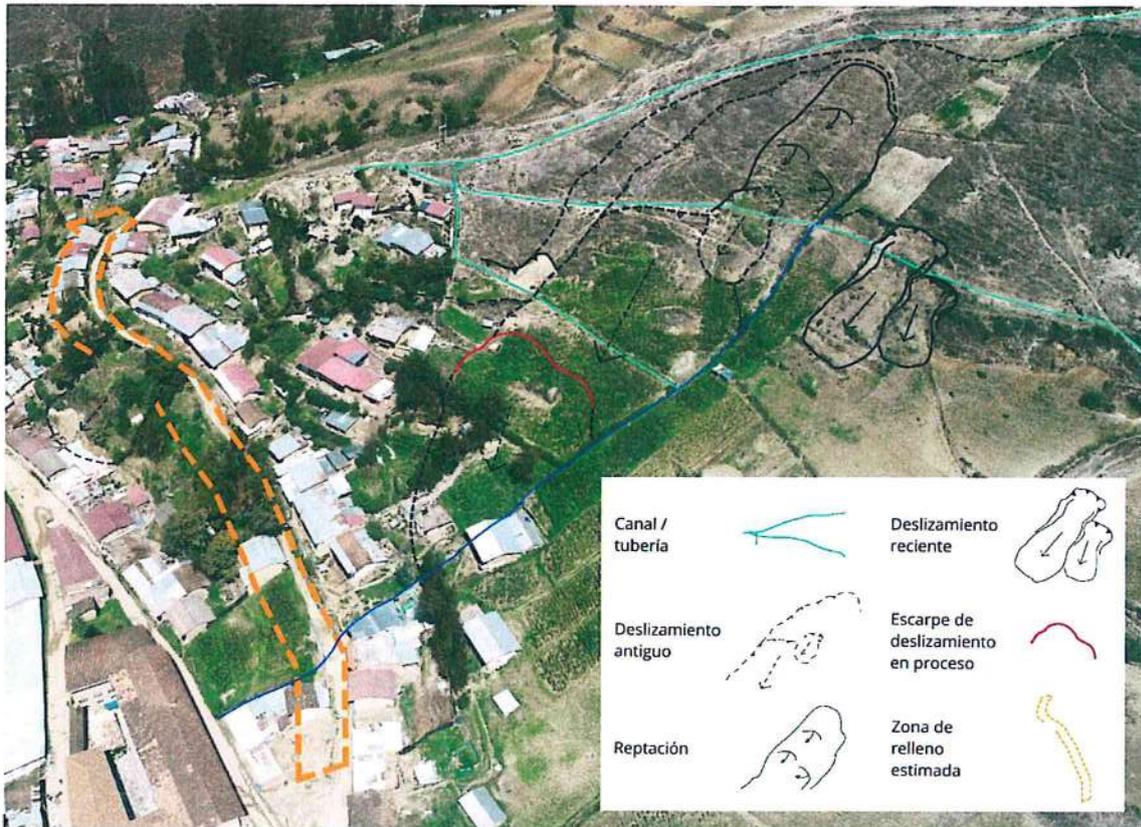


Figura 9. Interpretación de peligros en una fotografía aérea tomada con drone. Se observan los deslizamientos del cerro El Calvario.

El camino de acceso hacia el cerro El Calvario es cortado por una pequeña quebrada que nace de la parte alta. En el sector con coordenadas 793323 O; 9216143 N, puede observarse el cauce de esta quebrada ocupado por una vivienda, estrangulando su curso natural. La quebrada no se encuentra descolmatada y es poco profunda en el sector del puente peatonal colindante a la vivienda (figura 10). De acuerdo a versiones de pobladores, esta quebrada se reactiva por lluvias, transportando sedimentos y generando erosión e inestabilidad en las viviendas aledañas.

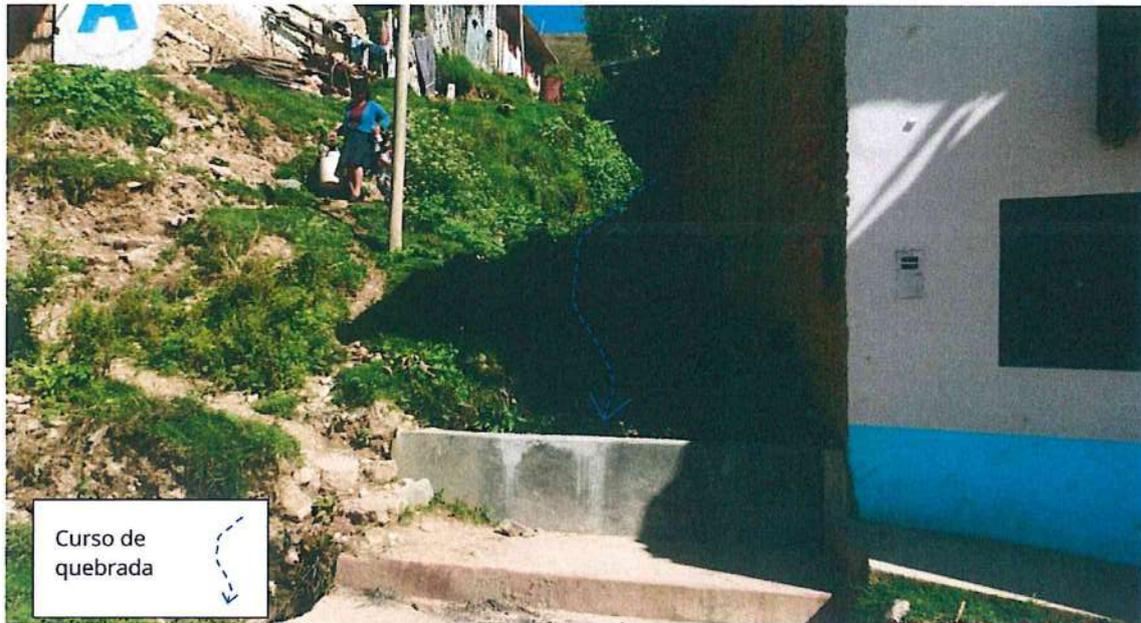


Figura 10. Drenaje estrangulado por vivienda. La quebrada no se encuentra descolmatada.

A lo largo del camino peatonal se observa deformación ladera abajo, afectando viviendas, árboles y postes (figuras 11 y 12). Esta deformación estaría relacionada a los rellenos (figuras 13) utilizados para la construcción del camino y habilitación de viviendas.

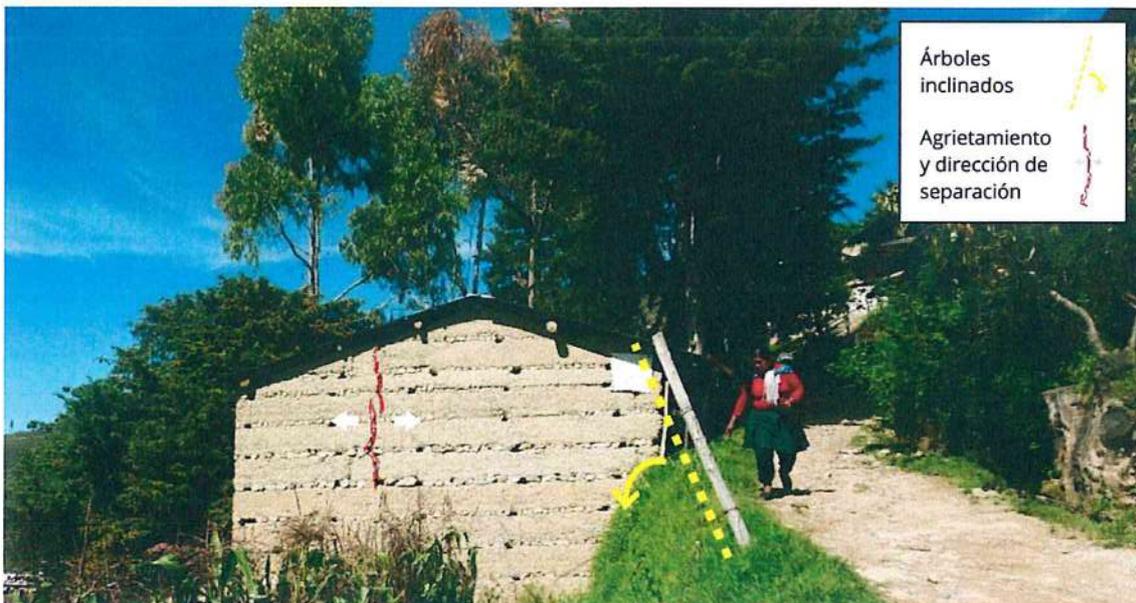


Figura 11. Poste inclinado y vivienda agrietada en ladera de zona habitada del cerro El Calvario, colindante camino de acceso. La vivienda se encontraría construida sobre relleno.



Figura 12. Árbol inclinado en ladera de zona habitada del cerro El Calvario.



Figura 13. Rellenos de llantas y plásticos visibles en el camino de acceso del cerro El Calvario.

La zona habitada del cerro El Calvario muestra escarpes de eventos geodinámicos pasados los cuales no son difícilmente distinguibles por el actual uso urbano (figuras 3 y 9).

Los factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos de este sector son:

Condicionantes:

- Ausencia de cobertura vegetal y terrenos de cultivo expuestos a las precipitaciones.

- Suelos removidos por el uso agrícola, que permiten saturación de agua en el terreno.
- Litología incompetente compuesta por arcillitas de la formación Pariatambo, altamente fracturadas y meteorizadas.
- Morfología de laderas con pendientes del terreno que promedian los 30°.
- Canales de riego sin revestimiento, deteriorados por sectores, con constante presencia de agua para riego por gravedad.
- Taludes inestables ladera abajo, a consecuencia de rellenos y antropización.

Desencadenantes:

- Intensas precipitaciones pluviales.
- Sismos.

7.3. Deslizamientos y erosión de laderas en el cerro El Calvario - noroeste de La Encañada

Al noroeste de La Encañada pueden observarse evidencias de deslizamientos antiguos y carcavamiento. De acuerdo a pobladores locales, este sector presenta movimientos que afectan terrenos de cultivo y viviendas.

En el sector con coordenadas 793397 O; 9216286 N, en el flanco derecho de la cárcava de mayor longitud, se observa deformación reciente en dirección de la ladera, afectando parte de los depósitos de un deslizamiento antiguo (figura 14). Las imágenes aéreas permiten diferenciar mayor deformación en el flanco derecho del cuerpo del relicto, sector que no tiene cobertura vegetal. En el lado izquierdo del deslizamiento se observan sembríos de pasto y viviendas en la zona del pie (figura 14).

La parte alta de la zona del deslizamiento antiguo presenta escarpes de eventos pasados, probablemente originados por deslizamientos antiguos o por procesos de reptación estacional.

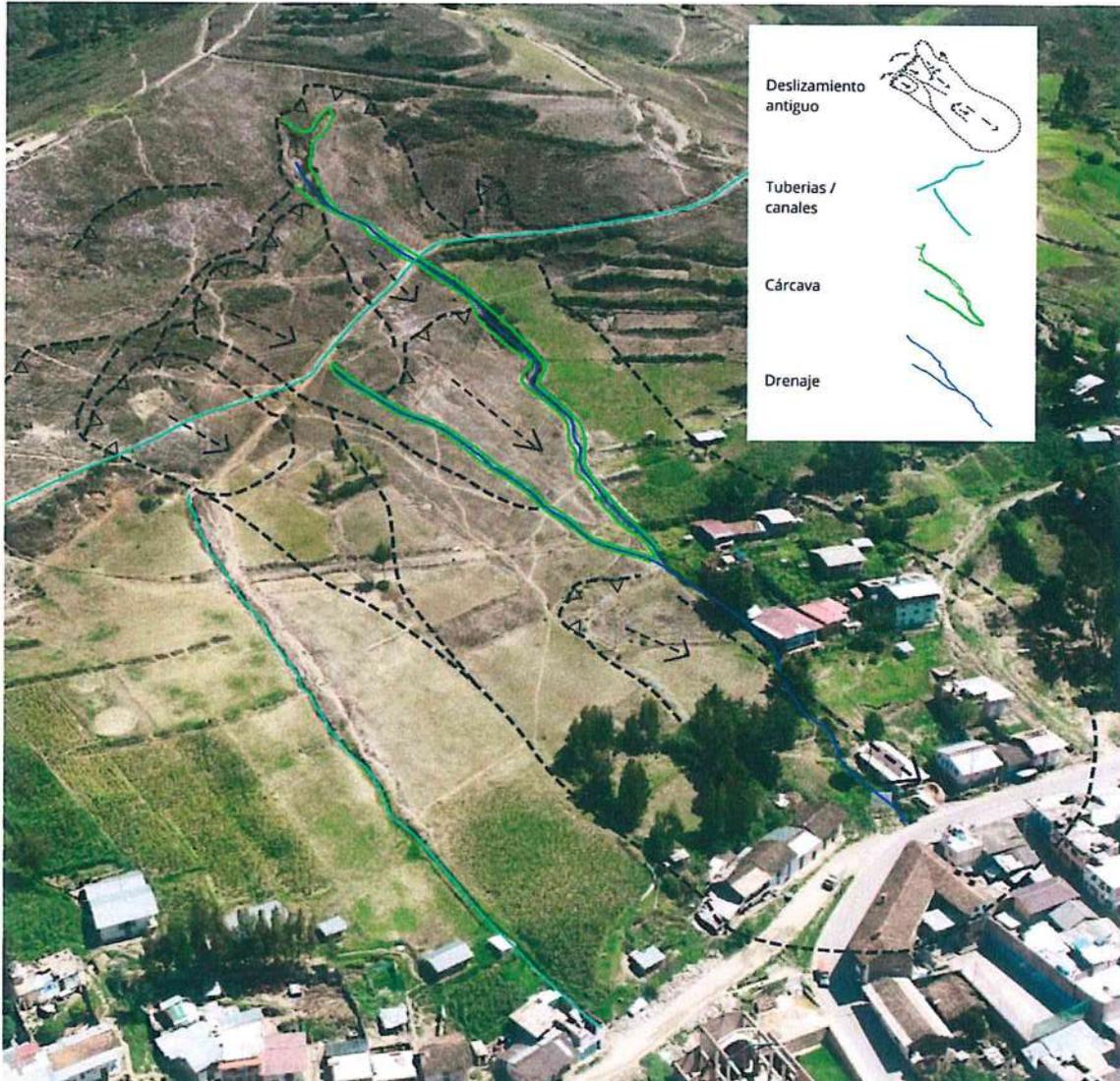


Figura 14. Interpretación de peligros en una fotografía aérea tomada con dron del noroeste del La Encañada, cerro El Calvario. Se observan deslizamientos y cárcavas.

Los factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos antiguos, procesos de erosión y futuros eventos en este sector son:

Condicionantes:

- Ausencia de cobertura vegetal y terrenos de cultivo expuestos a las precipitaciones.
- Canales de riego sin revestimiento, deteriorados por sectores, con constante presencia de agua para riego por gravedad.
- Litologías incompetentes de la formación Pariatambo y Chulec, altamente fracturadas y meteorizadas.
- Morfología de laderas con pendientes del terreno que promedian los 30°.

Desencadenantes:

- Intensas precipitaciones pluviales.
- Sismos.

CONCLUSIONES

1. El cerro El Calvario constituye una colina de relieve suave con laderas que promedian los 30°. En los cortes de talud afloran de arcillitas altamente fracturadas de la Formación Pariatambo, con distanciamiento entre fracturas de aproximadamente 10 cm y un alto grado de meteorización.
2. Por las laderas del cerro El Calvario pasan canales sin revestimiento y tuberías de agua, además la cabecera tiene muy escasa cobertura vegetal.
3. Las inmediaciones de la Encañada presentan susceptibilidad de media a alta ante la ocurrencia de movimientos en masa. Los trabajos de campo permitieron identificar procesos de reptación, erosión de laderas, deslizamientos antiguos, recientes y reactivaciones, en el cerro El Calvario.
4. Se identificaron agrietamientos de hasta 20 cm de ancho, con desplazamientos verticales aproximados de 50 cm, los cuales aparecieron a fines de marzo del presente año, según pobladores. La grieta principal constituye el escarpe de un deslizamiento en formación. Se prolonga por aproximadamente 40 m, de forma semicircular. La morfología de ese sector corresponde a la de un deslizamiento antiguo. Las recientes grietas son parte de la reactivación de este evento. En la parte alta de la zona del deslizamiento en proceso, se observa un canal de riego sin revestimiento. En inmediaciones se observan escarpes antiguos y deslizamientos recientes lo cual indica la continua deformación de la zona.
5. Ladera arriba, en el sector con coordenadas 793289 O; 9216119 N, puede observarse una zona con reptación, de forma elongada. Este evento podría ser predecesor de un futuro deslizamiento.
6. En el sector con coordenadas 793323 O; 9216143 N, puede observarse el cauce de esta quebrada ocupado por una vivienda, estrangulando su curso natural. La quebrada no se encuentra descolmatada y es poco profunda en el sector del puente peatonal colindante a la vivienda. De acuerdo a versiones de pobladores, esta quebrada se reactiva por lluvias, transportando sedimentos y generando erosión.
7. A lo largo del camino peatonal también puede observarse deformación relacionada a los rellenos ladera abajo, afectando viviendas, árboles y postes. La deformación de la ladera del cerro El Calvario también está relacionada a su constitución litológico-estructural. Los afloramientos de rocosos presentes, principalmente constituidos por lutitas y calizas, se encuentran muy fracturados, facilitando la infiltración del agua y consecuentes fenómenos de expansión relacionados a materiales arcillosos.
8. El avance de los deslizamientos compromete terrenos de cultivo, vías, infraestructura urbana y viviendas.
9. Por las condiciones actuales, se considera al cerro El Calvario, como **zona crítica en peligro Inminente, de alto peligro a movimientos en masa**, lluvias intensas o extraordinarias y sismos.

RECOMENDACIONES

A corto plazo:

1. Sellar las grietas.
2. Forestar las zonas de deslizamientos, reptación y parte alta de la ladera.
3. Revestir los canales de riego presentes en el lugar. No permitir fugas ni acumulaciones de agua en la parte alta de la ladera ni en la zona de deslizamiento en proceso. Reparar o reemplazar las tuberías de agua en mal estado.
4. Prohibir prácticas de riego por gravedad. Practicar riego por goteo u otras técnicas de riego propuestas por especialistas, que no saturen los suelos de agua.
5. Captar y drenar las surgencias agua o manantiales con canales revestidos.
6. No permitir la expansión urbana ni construcción de viviendas en zonas de deslizamientos antiguos ni recientes.
7. De continuar los agrietamientos y desplazamientos reubicar las viviendas aledañas al cuerpo del deslizamiento y de su parte baja.
8. Implementar sistemas de control de cárcavas. Forestar las zonas adyacentes a cárcavas.

A mediano plazo:

1. Implementar un sistema de drenaje pluvial mediante canales revestidos para evitar la infiltración de aguas de lluvia en zonas de deslizamientos y la zona urbana del cerro El Calvario.
2. Reforestar las laderas aun no ocupadas por viviendas del cerro El Calvario, con árboles de raíces verticales o subverticales u otros sugeridos por especialistas. Las laderas deben mantenerse con permanente cobertura vegetal para evitar la erosión e infiltración de aguas.
3. Prohibir la siembra de pasto u otro cultivo que sature el terreno con agua, las laderas del cerro El Calvario.
4. Prohibir la expansión urbana hacia el cerro el Calvario.
5. De presentarse agrietamientos, desplazamientos o nuevos deslizamientos, reubicar las viviendas emplazadas sobre terrenos de relleno.
6. De presentarse nuevos deslizamientos en el cerro El Calvario, posteriores a las labores de mitigación, debe considerarse la reubicación total de las viviendas.


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

REFERENCIAS

- Reyes, L. (1980) - "Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajambamba". INGEMMET, Boletín N° 31 Serie A.
- Navarro, P. (2007) - "Mapa geológico de San Marcos, Hoja 15-g-IV", escala 1:50,000, INGEMMET, Carta Geológica Nacional.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2011) - Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19 mapas.
- 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.
- Corominas Dulcet, J., y García Yagué A., 1997, Terminología de los movimientos de laderas, en Memorias, IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Granada, España, p. 1051-1072.
- Shruthi, R.B.V.; Kerle, N.; Jetten, V (2011). Object-based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. *Geomorphology* 2011,134, 260-268.
- Lucía, A.; Vicente, F.; Martín-Moreno, C.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A.; De Andrés, C.; Bodoque, J.M.; 2008. Procesos geomorfológicos activos en cárcavas del borde del piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Segovia, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.)*, 102: 47-69.
- Zavala, B.; Vilchez, M. (2006), Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, N° 34, 174p., 5 mapas 1:900 000, y 11 mapas escala 1:300 000.