



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: [www.sgp.org.pe](http://www.sgp.org.pe) ISSN 0079-1091

## Evaluación preliminar del deslizamiento Campanayoqpata para la gestión de riesgo de desastres en la comunidad campesina de Lutto Kututo, Chumbivilcas, Cusco 2018

Lidbert Alarcón Laime

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Ingeniería Geológica, Av. de la Cultura, Nro. 733, Cusco-Perú

Pontificia Universidad Católica del Perú, Ingeniería Geológica, Av. Universitaria 1801, Lima-Perú

Gerente de Geología-Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.,

[mining.geologist.lal@gmail.com](mailto:mining.geologist.lal@gmail.com)

### RESUMEN

El deslizamiento de Campanayoqpata fue evaluado por la gran pérdida de viviendas, colegios, zonas de agricultura, saneamiento básico, energía eléctrica y vías de comunicación. De esta forma dar recomendaciones y evitar nuevos fenómenos de igual magnitud.

Para la evaluación se tomó en cuenta las observaciones en campo, según el tipo de pendiente, litología, geomorfología, condición de aguas subterráneas y el movimiento del deslizamiento.

Se identificaron 4 zonas de peligro por deslizamiento, de los cuales el deslizamiento principal tiene una dirección de movimiento hacia noreste, con una longitud de 475 m., un ancho de 290 m. y espesor de 100 m aprox. el cual tiene un salto del plano de falla del deslizamiento entre 50 y 60 metros y fue catalogada como una zona de peligrosidad muy alta.

Las causas principalmente fueron la reactivación de un deslizamiento antiguo que generó una primera superficie de rotura en suelos limo arcillosos, ligeramente arenoso, a consecuencia de ello se generó una nueva superficie de rotura a 100 metros detrás del primer plano de deslizamiento (superficie de rotura 02). Y también la probabilidad de colapso de sifones (cavernas kársticas subter-

ráneas con agua) formados entre los travertinos y calizas margosas.

Muchas viviendas y áreas de cultivo fueron expuestas en una zona de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo muy alto por no haber tenido una planificación o un ordenamiento territorial adecuado.

**Palabras claves:** peligro, riesgo, vulnerabilidad, deslizamiento

### ABSTRACT

The landslide of Campanayoqpata was evaluated by the great loss of homes, schools, agricultural areas, basic sanitation, electricity and communication routes. In this way, give recommendations and avoid new phenomena of equal magnitude.

For the evaluation, observations in the field were taken into account, according to the type of slope, lithology, geomorphology, groundwater condition and the movement of the landslide.

Four landslide hazard zones were identified, of which the main landslide has a direction of movement towards the northeast, with a length of 475 m., A width of 290 m. and thickness of 100 m approx. which has a jump of the glide fault plane between 50 and 60 meters and was classified as a very high hazard zone.

The main causes were the reactivation of an old

landslide that generated a first breakage surface in silty clay, slightly sandy soils, as a result a new breaking surface was generated 100 meters behind the first landslide plane (breakage surface 02 ). And also the probability of collapse of siphons (underground karstic caverns with water) formed between travertines and marly limestones.

Many houses and farming areas were exposed in an area of danger, vulnerability and very high risk because they did not have a proper planning or territorial ordering.

**Keywords:** hazard, risk, vulnerability, landslide

**INTRODUCCIÓN**

El deslizamiento de Campanayopata está ubicado al noreste del distrito de Santo Tomás en la comunidad campesina de Lutto Kututo, distrito de Llusco, provincia de Chumbivilcas, Región Cusco, a 1 hora de viaje desde la capital de provincia de Chumbivilcas (Santo Tomas).

Los movimientos en masa son muy frecuentes en temporadas de lluvia que afectan laderas con o sin presencia de habitantes en ella. La comunidad campesina de Lutto Kututo, distrito de Llusco, provincia de Chumbivilcas, región Cusco está expuesta a éste tipo de fenómeno natural.

Se trata de un fenómeno hidrogravitacional de gran magnitud a causa de las precipitaciones extraordinarias en la zona, y parte de estas precipitaciones se infiltran en los suelos donde por gravedad y pendiente hay circulación de aguas subterráneas, en consecuencia los suelos se sobresaturan de agua y pierden su ángulo de reposo natural.

Para lo cual se evaluó las condiciones geológicas (litológicas), geomorfología, hidrogeología, uso de suelo, fotos aéreas, eventos pasados, pendiente, para caracterizar el peligro, evaluar la vulnerabilidad física y finalmente determinar el factor de riesgo.

Teniendo ello se podrá dar recomendaciones no estructurales (políticas urbanas, planeamiento urbano, planes de defensa civil, sensibilización etc.) y estructurales (soluciones de ingeniería).

Este trabajo se basó en datos obtenidos en campo y también analizados en gabinete, posteriormente interpretados y analizados en los diferentes mapas de peligro por deslizamiento, vulnerabilidad y riesgo, para luego dar conclusiones y recomendaciones.

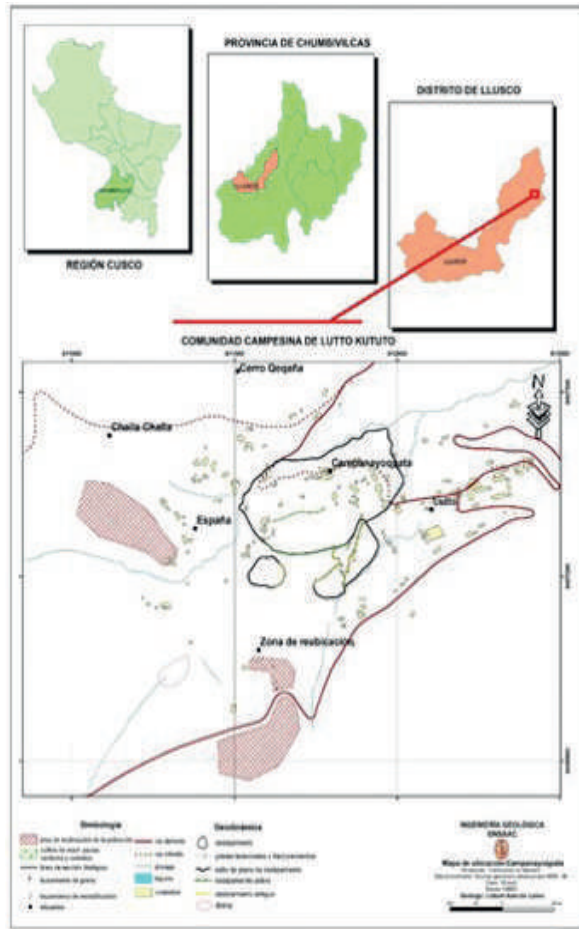


Figura 01: Ubicación de la zona de estudio

**METODOLOGÍA**

Para la evaluación del deslizamiento Campanayopata para la gestión de riesgo de desastres en la comunidad campesina de Lutto Kututo - Llusco, Chumbivilcas, se utilizó la siguiente metodología de trabajo (Figura 02).



Figura 02: Metodología de evaluación

## GEOLOGÍA

### Formación Arcurquina (Albiano Cenomaniano)

Esta formación presenta 3 niveles. La secuencia inferior destaca estratos de caliza con espesor hasta de 2 m, la secuencia media con niveles de caliza en estratos delgados y niveles esporádicos de dolomita y la secuencia superior presenta estratos de caliza de hasta 3 m de grosor alternando con niveles de caliza submétricos. (Galdos et al., 2003).

### Litología

**Calizas (Roca sedimentaria):** Roca de color gris oscuro, grano fino, moderadamente fracturada, compuesto principalmente de carbonato de calcio con presencia de vetillas de 1 a 2 mm de calcita. Esta roca aflora en el contacto con la unidad tonalita Colquemarca al pie del deslizamiento, algunos estratos más reactivos en la caliza formaron mármol (roca metamórfica de color blanquecino, grano medio).

**Travertinos, margas y dolomías (Roca sedimentaria):** Roca de origen parcialmente biogénico compuesto de calcita, aragonito y limonitas, forma pequeñas capas, y zonas kársticas. El agua disuelve el carbonato de calcio que posteriormente puede depositarse en forma de capas, formando cavernas, estructuras tubiformes y también estalactitas, estalagmitas y columnas.

Algunos niveles en esta misma zona presenta dolomía (roca compuesto de carbonato de calcio y magnesio) y margas (roca compuesto de calcita y arcillas). Los travertinos, dolomías y margas afloran en la parte superior del deslizamiento (corona del deslizamiento) donde forman dolinas (colapso de cavernas kársticas) y cuevas subterráneas con agua formando acuíferos kársticos.

### 2. UNIDAD TONALITA COLQUEMARCA (PALEOCENO)

Por lo general son tonalitas leucócratas de grano medio y sus minerales esenciales son plagioclasas y cuarzo. Las plagioclasas presentan cristales euhedrales y maclados (macla de baveno y de carlsbad) y varían entre oligoclasa, albita y labradorita. (Galdos et al., 2003)

### Litología

Roca de color blanquecino, textura porfirítica, presenta fenocristales de plagioclasa y cuarzo, con

una matriz afanítica de feldspatos, biotita, trazas de pirita, granates? con fracturamiento moderado. Esta roca aflora en el pie del deslizamiento, en partes tiene una alteración por meteorización en un espesor de 1m aprox. y está en un proceso de arenización.

### TUFO VOLCÁNICO (EOCENO-OLIGOCENO)

Depósito piroclástico de caída moderadamente soldada (toba, lapilli, ceniza y biotita) de color gris blanquecino y estructura columnar visible (Galdos et al., 2003)

### Litología

Roca de color gris blanquecino compuesto de fragmentos líticos, cuarzo, ceniza y biotita. Esta roca aflora en el cuerpo del deslizamiento, muy fracturado con relleno de carbonatos y arcillas, el ancho de fracturamiento en el cuerpo del deslizamiento varían desde 1 cm a 1 m.

También aflora a 100 m detrás del plano de falla del deslizamiento, específicamente en el parte donde se reubicaron los pobladores afectados. Aquí, la roca no presenta fracturamiento y es competente, considerando así una zona más segura frente a fenómenos de geodinámica externa.

### DEPÓSITOS COLUVIALES (CUATERNARIO)

### Litología

Estos suelos forman parte de las laderas de las montañas, cerca de los cimas. Gran parte del deslizamiento está compuesto por este tipo de suelo limo arcilloso ligeramente arenoso con clastos de caliza y bloques de travertinos, dolomías y calizas.

### PELIGRO POR DESLIZAMIENTO

Para la evaluación del peligro por deslizamiento en la comunidad campesina de Lutto Kututo, se usó la Tabla 01 para determinar el grado de peligrosidad de la zona de estudio de acuerdo a las observaciones en campo según el tipo de pendiente, litología, geomorfología, condición de aguas subterráneas y el movimiento del deslizamiento.

Tales puntos fueron interpolados con los valores dados en cada punto de observación de campo usando el método geoestadístico kriging para generar un mapa de peligros por deslizamiento.

Se identificaron 4 zonas de peligrosidad por deslizamiento de tipo rotacional:

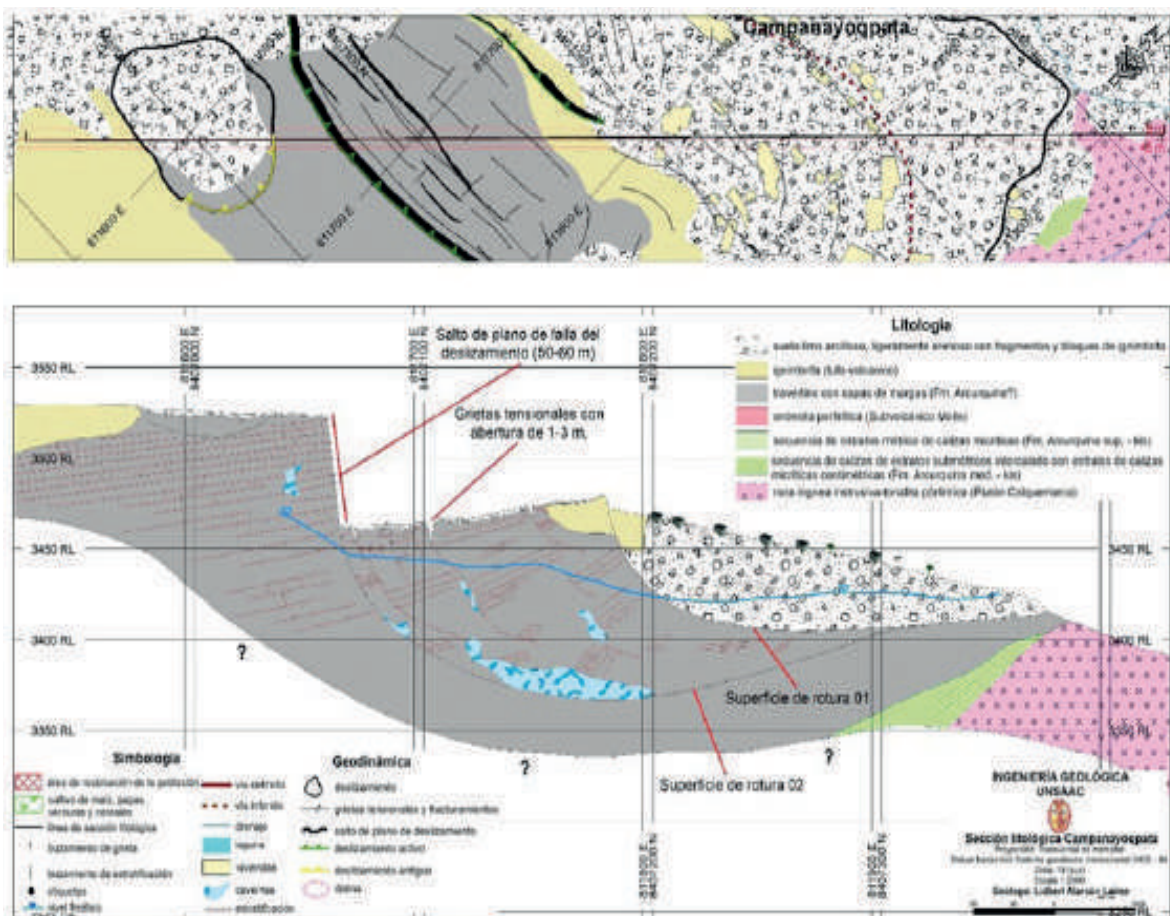
P-1: Una dolina con una área de 5 km cuadrados aproximadamente ubicada a 392 metros al sureste del plano de falla del deslizamiento, esta dolina se comporta como una de los lugares de recarga de acuíferos kársticos en la zona.

P-2: Un deslizamiento antiguo de menor magnitud con peligrosidad medio con un puntaje de 6 (Según tabla 01), dirección de movimiento al nor-este, no presenta agrietamientos en superficie pero si una escarpa antigua cubierta con vegetación.

P-3: Un tercer peligro identificado está ubicado muy cerca al deslizamiento principal, con una dirección de movimiento al este. Este deslizamiento también es una reactivación de un deslizamiento antiguo lo cual presenta grietas tensionales de hasta 10 cm de ancho, se cataloga como una zona de

peligrosidad alta con un puntaje de 8 (Según tabla 01).

P-4: Finalmente se tiene el deslizamiento principal, con una dirección de movimiento hacia noreste, tiene longitud de 475 m., un ancho de 290 m. y un espesor de 100 m aprox. Según las observaciones e interpretaciones de campo, el movimiento se dio en dos fases: primero fue una reactivación de un deslizamiento antiguo por la infiltración y saturación de los suelos en ladera. Segundo, a consecuencia de la primera reactivación, lo más probable fue un colapso de sifones (cavernas kársticas llenas de agua), generando de esta forma un segundo plano de deslizamiento a 100 metros detrás del primero, lo cual generó un salto de falla de hasta 50 - 60 metros. Toda el área de deslizamiento principal fue catalogada como una zona de peligrosidad muy alta con un puntaje de 10 (Según tabla 01)



*Nota: En la parte superior se observa el mapeo litológico de la zona de estudio. Parte inferior; sección litológica del deslizamiento de tipo rotacional, en donde se observa dos planos de deslizamiento, el primero relacionado a un suelo limo arcilloso ligeramente arenoso (reactivación de una falla antigua), y el segundo por un colapso (probable?) de una caverna a consecuencia del primer movimiento.*

*Fuente: Elaboración propia.*

		Vulnerabilidad				
		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Peligro	Muy alto	2	4	6	8	10
	Alto	4	8	12	16	20
	Medio	6	12	24	32	40
	Bajo	8	16	32	48	60
	Muy bajo	10	20	40	60	80
		Riesgo				

Tabla 01: Matriz para el análisis de peligro, vulnerabilidad física y riesgo por deslizamiento

#### Factores desencadenantes del deslizamiento:

- Infiltración de agua superficial por las excesivas precipitaciones fluviales en los suelos limo arcilloso, ligeramente arenoso con fragmentos y bloques de tufo volcánico para la generación de la primera superficie de rotura 01.
- Reactivación de un deslizamiento antiguo que generó una primera superficie de rotura, (ver sección litológica, Figura 03), a consecuencia de ello se generó una nueva superficie de rotura a 100 metros detrás del primer plano de deslizamiento (superficie de rotura 02).
- Circulación de aguas subterráneas en los acuíferos kársticos que era alimentado por una dolina ubicada a 392 metros al sur este del plano de falla del deslizamiento.
- Probable colapso de sifones (cavernas kársticas subterráneas llenas de agua) formados en-

tre los travertinos y margas.

- Pendientes de 50 a 75% en favor de la ladera.

#### VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTO

Según los reportes por radio emisoras, entrevistas personales y observaciones de campo, los más vulnerables fueron viviendas de 60 familias quedaron inhabitables, muchas de ellas estaban construidos con material de adobe y sillar (Tufo volcánico), techados con calaminas y/o paja.

El saneamiento básico de la comunidad fue destruido, hubo rotura de tuberías de agua, desagüe y cables eléctricos. Los fuertes agrietamientos, hundimientos y movimientos laterales afectaron muchas áreas de cultivo de papas, maíz, hortalizas, verduras, cereales y la vía de accesibilidad Santo Tomás-Llusco.

Muchos comuneros de la zona quedaron sin vivienda, cosecha del año, servicios de agua, luz y daños psicológicos por este pensando que era una maldición del diablo y que la tierra había revivido.

Según el mapa de vulnerabilidad física elaborada de acuerdo a los valores de interpolación según tabla 01 de la zona de estudio, gran parte del deslizamiento principal y antiguo se encuentra en una vulnerabilidad muy alta con un puntaje de 10.

Figura 04, 05, 06 y 07: Fotografías de la zona de estudio



Nota: Figura 04 centro de salud y vía afirmada en estado crítico, Figura 05 cavernas de travertinos en la corona del deslizamiento principal, Figura 06 señora comunera que perdió su vivienda, instalaciones eléctricas, servicios de agua y desagüe, Figura 07 aquí podemos apreciar el deslizamiento de tipo rotacional con un salto de falla del deslizamiento de 60 metros y grietas tensionales de hasta 3 metros de ancho. Fuente: Fotografías propias

**RIESGO POR DESLIZAMIENTO**

Para el análisis de riesgo se usó la siguiente fórmula probabilística, haciendo la multiplicación de valores analizados de peligro y vulnerabilidad anteriormente.

$$R=P*V$$

R=Riesgo geológico por deslizamiento

P=Peligro por deslizamiento

V=Vulnerabilidad física

Muchas personas quedaron sin vivienda, comida, agua, energía eléctrica y accesibilidad. En tal sentido días después ocurrido el fenómeno, la comunidad recibió apoyo por parte del gobierno regional de Cusco, distritos vecinos, INDECI y Hudbay Minerals, con carpas, víveres de primera necesidad, agua, frazadas, alimentos no perecibles, instalaciones eléctricas, saneamiento básico y la evaluación del fenómeno geológico por mi

persona e INGEMMET para dar recomendaciones no estructurales (políticas urbanas, planeamiento urbano, planes de defensa civil, sensibilización etc.) y estructurales (soluciones de ingeniería).

De acuerdo al mapa de riesgos por deslizamiento, se reubicó a la comunidad a medio kilómetro detrás de la zona de daño, una zona segura, con pendiente suave y en roca firme sobre tufos volcánicos.

El único problema en la zona de reubicación fue las nuevas instalaciones de saneamiento básico y energía eléctrica. Además se planteó un nuevo trazo de la carretera para conectar los distritos de Santo Tomas y Llusco (ver Figura 01).

Según el mapa de riesgos por deslizamiento, se tiene un riesgo muy alto con un puntaje de 10 (según Tabla 01) en la zona del deslizamiento principal y alto en la zona de reactivación de un deslizamiento antiguo con un puntaje de 8 (según Tabla 01).

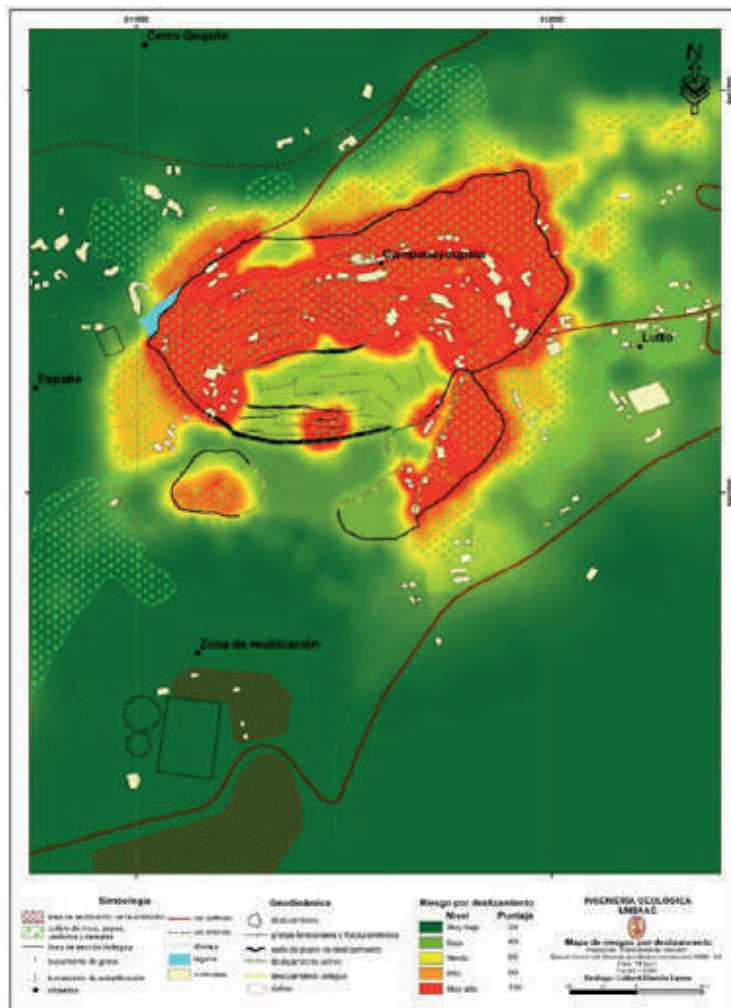


Figura 04: Mapa de riesgos por deslizamiento

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Claudio Puglisi por la revisión del trabajo y a Emily Ferata Chilo por su apoyo en el trabajo de campo.

## CONCLUSIONES

- Se identificaron 4 zonas de peligro por deslizamiento, de los cuales el deslizamiento principal, con una dirección de movimiento hacia noreste, tiene longitud de 475 m., un ancho de 290 m. y un espesor de 100 m aprox. el cual tiene un salto de falla de deslizamiento entre 50 a 60 metros con peligrosidad muy alta.
- La causa principal del deslizamiento fue la reactivación de un deslizamiento antiguo que generó una primera superficie de rotura en suelos limo arcillosos, ligeramente arenoso, a consecuencia de ello se generó una nueva superficie de rotura a 100 metros detrás del primer plano de deslizamiento (superficie de rotura 02). Y también la probabilidad de colapso de sifones (cavernas kársticas subterráneas llenas de agua) formados entre los travertinos y calizas margosas.
- Viviendas de 60 familias quedaron inhabitables, muchas de ellas estaban construidos con material de adobe y sillar (Tufo volcánico), techados con calaminas y/o paja. El saneamiento básico de la comunidad fue destruido, hubo rotura de tuberías de agua, desagüe y cables eléctricos. Los fuertes agrietamientos, hundimientos y movimientos laterales afectaron muchas áreas de cultivo de papas, maíz, hortalizas, verduras y cereales. La vía Santo Tomás-Llusco colapsó y es inaccesible hasta hoy en día.
- Según el mapa de riesgos por deslizamiento, se tiene un riesgo muy alto con un puntaje de 10 en la zona del deslizamiento principal y alto en la zona de reactivación de un deslizamiento antiguo muy cerca de la principal.

## REFERENCIAS

Fernando J, Caballero J.H., Días M.E. y Velés M.V. (2004) Relación lluvia-aguas subterráneas con deslizamientos en Fredonia, Antioquia, Colombia. XXI Congreso Latinoamericano De Hidráulica, São Paulo, Brasil

Galdos J. y Carrasco S. (2003) Memoria de-

scriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomas (29-r).INGEMMET, Lima, Perú

González de Vallejo, L. I., 2002. "Investigaciones in situ en Ingeniería Geológica". ISBN: 84-205-3104-9. Pearson Educación, Madrid.715 Págs.

Suarez J. (1998) Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

Varnes, D.J. , IAEG, 1984. Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Darantiere, París, 61 pp.

Villaroro M., Henríquez C. Y Sancho F. (2008) Comparación de los interpoladores idw y kriging en la variación espacial de PH, CA, CICE Y P del suelo. Recuperado de [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v32n01-095.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v32n01-095.pdf)

Viltres Y., Pintón R. y Guardado R. (2011) Evaluación de riesgos por deslizamiento en taludes y laderas del sector este del municipio MOA. IX Congreso Cubano de Geología.