



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7015

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS CENTROS POBLADOS SANTA ROSA DE COCHAS Y ASUNCIÓN DE ERPA

Región Ayacucho

Provincia Huancasancos

Distrito Santiago de Lucanamarca



ENERO

2020

POBLADOS SANTA ROSA DE COCHAS Y ASUNCIÓN DE ERPA

DEPARTAMENTO AYACUCHO, PROVINCIA HUANCASANCO, DISTRITO SANTIAGO DE LUCANAMARCA

Contenido

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Antecedentes y trabajos previos	3
1.2. Objetivos	5
2. ASPECTOS GENERALES	5
2.1. Ubicación y accesibilidad.....	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
3.1. Formación Gramadal.....	7
3.2. Formación Hualhuani	7
3.3. Formación Andamarca.....	7
3.4. Centros volcánicos	7
3.5. Depósitos aluviales.....	7
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
4.1. Pendiente del terreno.....	9
4.2. Clasificación de unidades geomorfológicas.....	9
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	13
5.1. Conceptos teóricos.....	13
5.1.1. Deslizamiento	13
5.1.2. Erosión de Ladera.....	14
5.1.3. Flujo de detritos (huaico)	14
5.2. Procesos por movimientos en masa que afectan Centros Poblados	15
5.2.1. Deslizamiento en el centro poblado Santa Rosa de Cochab.....	15
5.2.2. Derrumbe - flujo en el centro poblado Asunción de Erpa.....	20
6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS	22
CONCLUSIONES	25
RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS	27

RESUMEN

El distrito Santiago de Lucanamarca con una extensión territorial de 658,26 km² se ubica en la margen derecha del río Lucanamarca; en la sierra central del territorio peruano. Por su ubicación geográfica está expuesta a fuertes lluvias estacionales (diciembre a marzo), a esto se suma sus condiciones geológicas y geomorfológicas que son susceptibles a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.

Ante esta problemática de riesgo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental realizó la evaluación de peligros geológicos, en dos centros poblados afectados por procesos geodinámicos. El trabajo fue realizado por geólogos especialistas en peligros geológicos, durante 2 días de trabajo de campo y consistió en: la cartografía de peligros geológicos que afectaron los centros poblados, carreteras, infraestructura entre otros.

Entre los factores condicionantes que originan la ocurrencia de procesos geológicos por movimientos en masa, se tiene la pendiente del terreno muy fuerte (25°-45°) la geomorfología formada por laderas de montaña y colinas en roca sedimentaria y substratos conformado por areniscas cuarzosas de grano fino de color blanquecino (Fm. Hualhuani), se sobrepone por intercalaciones de tobas de lapilli y cenizas con areniscas (Fm. Andamarca), estas se comportan como una roca de mala calidad; es por ello, que se presentan la mayor cantidad de procesos por movimientos en masa.

Como resultado de los trabajos de evaluación de zonas afectadas, se identificaron peligros geológicos de tipo: deslizamiento, derrumbe, flujo de detritos, reptación de suelos y erosión de ladera. Estos peligros afectaron en diferente intensidad a centros poblados, terrenos de cultivo y de pastoreo.

El presente informe técnico con información geológica y geodinámica para la Gestión del Riesgo de Desastres, contiene mapas que muestran la cartografía de peligros geológicos de las áreas afectadas según el tipo de evento ocasionado por las lluvias intensas y/o excepcionales que actuaron como factores desencadenantes.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades pongan en práctica para reducir la vulnerabilidad y por lo tanto el riesgo a los peligros geológicos. Estas propuestas de solución se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias y los daños que pueden ocasionar los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

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.

El Secretario Técnico de Defensa Civil del Gobierno Regional de Ayacucho, mediante Oficio N°004-2019-GRA-SIDERECEI-ST, de fecha 02 enero del año 2019 solicitó a nuestra institución una evaluación técnica de peligros geológicos en los Centros Poblados de Santa Rosa de Cochas y Asunción de Erpa.

El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico comisionó a los profesionales Dulio Gómez Velásquez y Mauricio Núñez Peredo, especialistas en peligros geológicos, para realizar las evaluaciones técnicas, en los sectores previamente mencionados, el cual se realizó el 24 y 25 de febrero del año 2019, previa coordinación con autoridades locales.

La evaluación técnica, se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anterior realizados por el Ingemmet, la interpretación de imágenes satelitales, preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos (fotografía y GPS), cartografiado y redacción de informe preliminar

Este informe, se pone en consideración del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, 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.

1.1. Antecedentes y trabajos previos

Se pueden mencionar los estudios anterior efectuado en la zona que se menciona a continuación:

- a) Estudio de riesgos geológicos de la región Ayacucho (Ingemmet, 2015), realiza el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, donde se determina que los sectores de Santa Rosa de Cochas y Asunción de Erpa, se ubica en una zona de Alto a Muy Alto grado de susceptibilidad a peligros de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos (huaico) y erosión de ladera (figura 1).

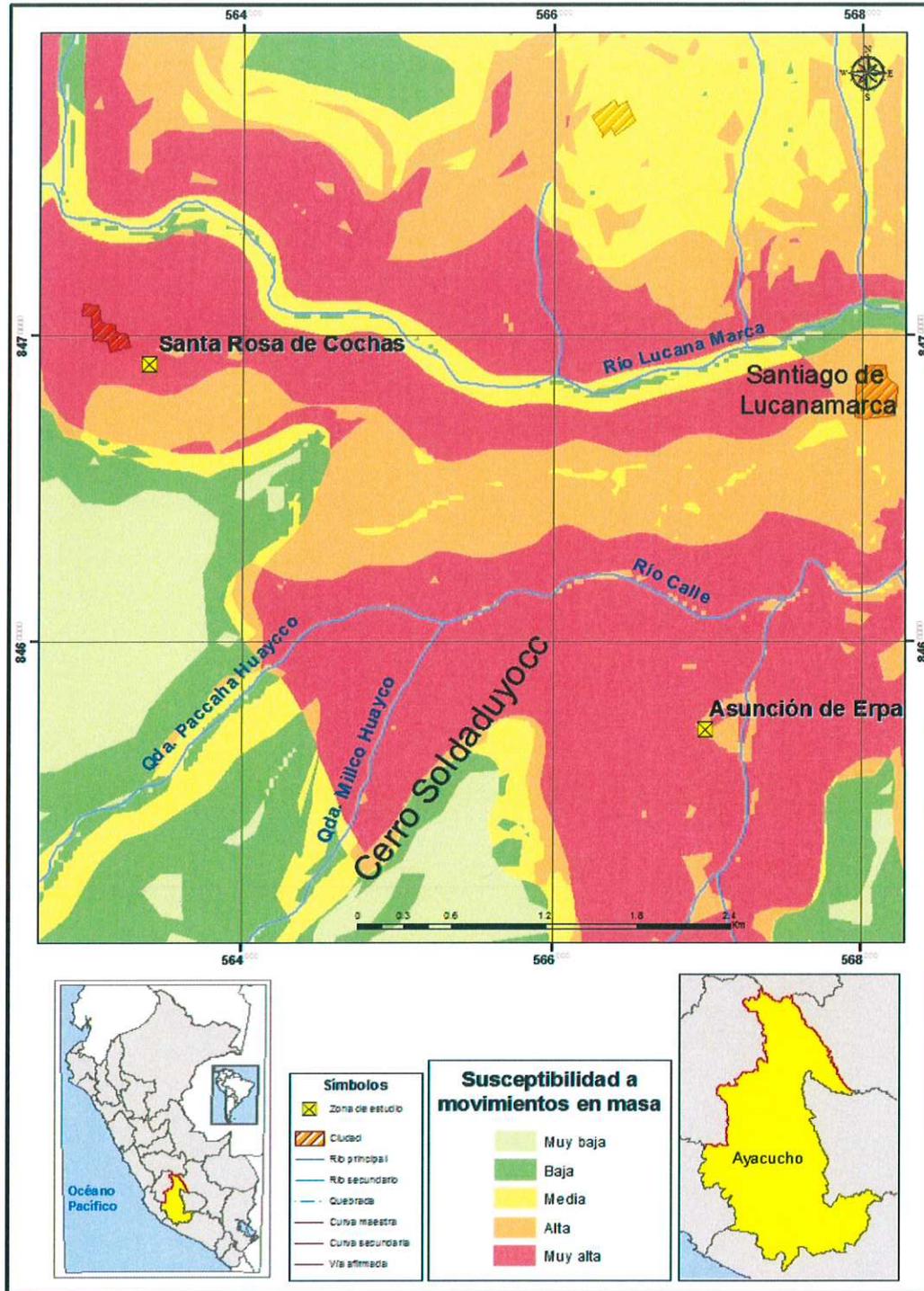


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Ayacucho, se observa que en los sectores de Santa Rosa de Cochas y Asunción de Erpa, se ubica en una zona de Alto a Muy Alto grado de susceptibilidad a movimientos en masa de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y erosión de ladera. (Ingemmet, 2015).

1.2. Objetivos

- Identificar los procesos por movimientos en masa, que afectaron los sectores del distrito de Santiago de Lucanamarca, obras de infraestructura, terrenos de cultivo y vías de comunicación; así como, las causas de su ocurrencia.
- Emitir las conclusiones y recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación del riesgo.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1. Ubicación y accesibilidad

El distrito Santiago de Lucanamarca, es uno de los cuatro distritos en que está dividida la provincia de Huanca Sancos, en el departamento de Ayacucho, en el Perú. el distrito tiene una extensión territorial de 658,26 km² cuenta con aproximadamente 2.675 habitantes (INEI-2017), Los sectores motivo de estudio ante procesos por movimientos en masa se encuentran situados:

- Santa Rosa de Cochas, se ubica en la coordenada UTM WGS84 Zona 18 Sur: 563399 E y 8469812 S, a una altura de 3643 m s.n.m.
- Asunción Erpa, se ubica en la coordenada UTM WGS84 Zona 18 Sur: 566994 E y 8467418 S, a una altura de 3406 m s.n.m.

El acceso a la zona de estudio:

Tramo		Km	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Ayacucho	570	Asfaltada	9:00
Ayacucho	Huancasanccos	182	Asfaltada	4:31
Huancasanccos	Santa Rosa de Cochas	20.2	Afirmada	0:59
Huancasanccos	Asunción de Erpa	8.5	Afirmada	0.25

El clima en Santiago de Lucanamarca es cálido y templado. Los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos. De acuerdo con Köppen y Geiger clima se clasifica como Cwb. En Santiago de Lucanamarca, la temperatura media anual es de 10.6 ° C. En un año, la precipitación media es 738 mm.

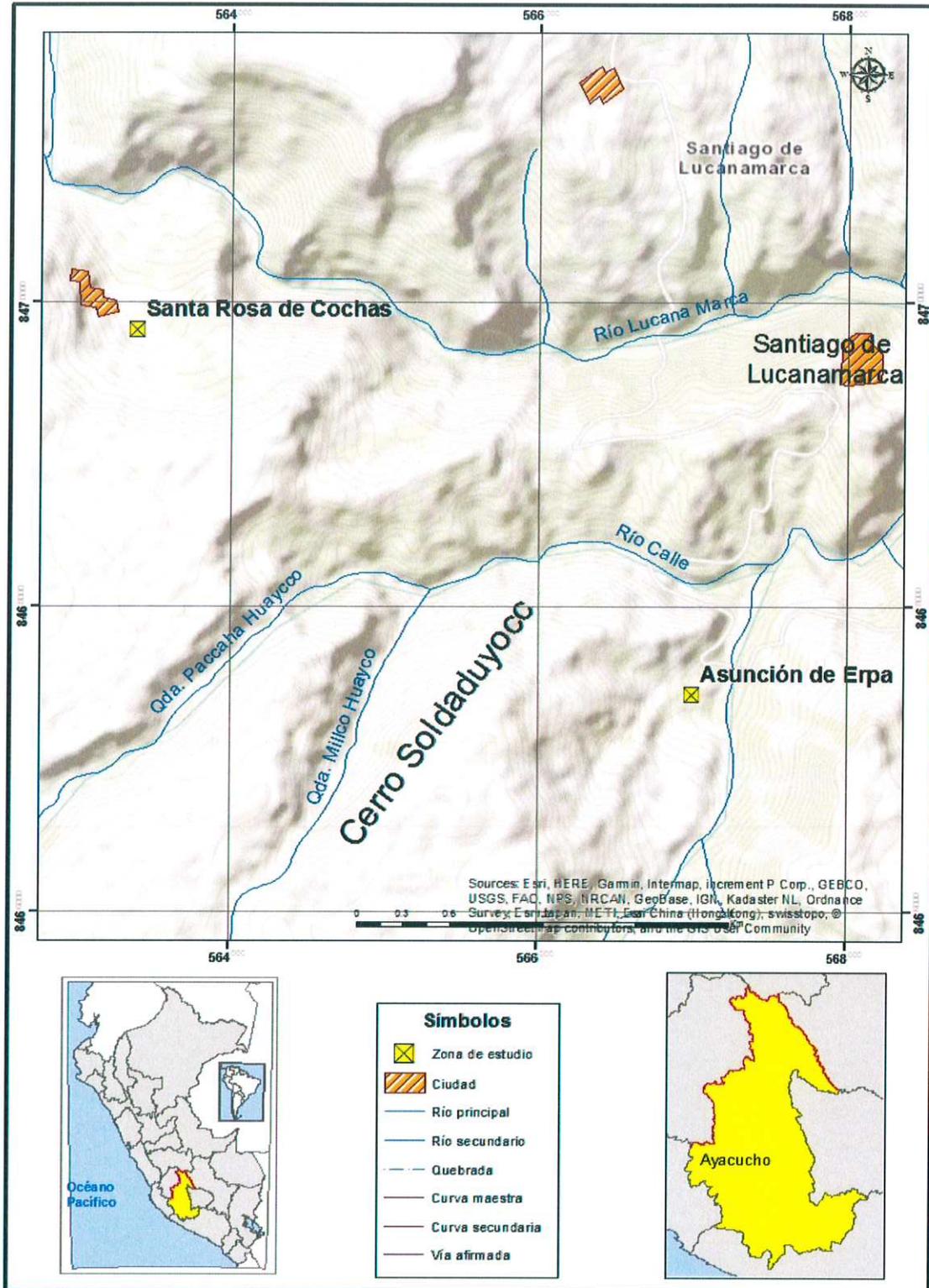


Figura 2. Mapa de ubicación de los sectores Santa Rosa de Cochas y Asunción de Erpa y alrededores.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según la cartografía geológica en el cuadrángulo de Huancapi (Asociación LAGESA, 1996), revisado y actualizado por (Quispesilwana, *et al.*, 2002); actualizado por (Valdivia, *et al.*, 2015), en el aérea de estudio se presenta las siguientes unidades litoestratigráficas (figura 3).

3.1. Formación Gramadal.

Aflora al norte del área de estudio. Está compuesta principalmente por calizas grainstone a wackestone de color gris azulada con niveles de limoarcillitas de color gris hacia el tope (Valdivia, *et al.*, 2015). Esta unidad se presenta meteorizado, fracturado de calidad geotécnica media.

3.2. Formación Hualhuani

Esta unidad aflora en el área de estudio, formada por areniscas cuarzosas de grano grueso a fino de color blanquecino con laminación paralela y sesgada. Hacia la base y tope intercalada con limolitas grises (Valdivia, *et al.*, 2015). Esta unidad se caracteriza por presentar relieves suaves con regular cobertura vegetal, en muchos casos inestables debido a la pendiente fuerte (15° a 25°) y la constante deforestación que originan eventos como: deslizamientos y hundimientos, en los alrededores del distrito Santiago de Lucana Marca. También es susceptible a los procesos de erosión de ladera.

3.3. Formación Andamarca

Esta unidad aflora en los alrededores del distrito de Santiago de Lucana Marca, conformada por intercalaciones de tobas de lapilli y cenizas con areniscas y limoarcillitas tobáceas (Valdivia, *et al.*, 2015). Esta unidad litológica se encuentra con intensa meteorización en superficie y se considera de calidad geotécnica mal, susceptible a la ocurrencia de procesos por movimientos en masa.

3.4. Centros volcánicos

La unidad volcánica Puca Macchay, formado por lava andesítica de textura porfirítica, aflora al norte del área de estudio, se encuentra afectada por meteorización en superficie y se considera de calidad geotécnica mala, susceptible a los proceso por movimientos en masa.

Unidad volcánica Ancaray Jahuana, conformado por intercalación de tobas cristalolíticas y tobas de cristales, se observa que se encuentra con intensa meteorización en superficie y fracturada, se considera de calidad geotécnica mala, susceptible a procesos por movimientos en masa.

3.5. Depósitos aluviales

Estos depósitos se encuentran distribuidos en las márgenes de los ríos, formando terrazas. esta unidad está formada por gravas y arenas en matriz arenosa, los fragmentos de roca son de forma subredondeada.

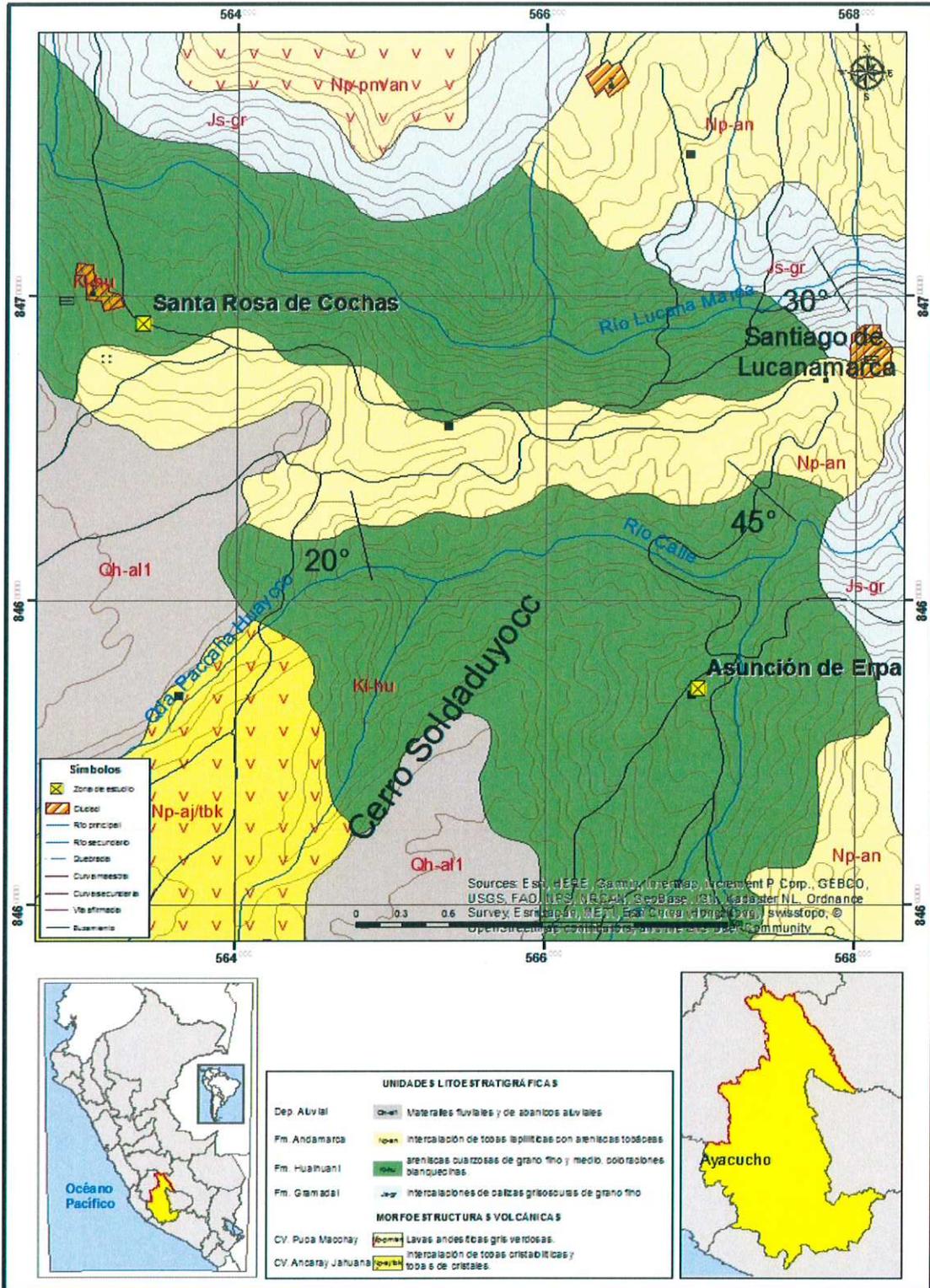


Figura 3. Mapa de unidades litoestratigráficas del área de estudio (tomado de Ingemmet, 1998)

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

El área de estudio presenta una topografía accidentada y agreste. El relieve es abrupto con terrenos accidentados, de flancos escarpados en algunas zonas cortado por profundos valles y quebradas. (figura 04).

4.1. Pendiente del terreno

Uno de los aspectos importantes en la clasificación de unidades geomorfológicas, además del relieve, es la pendiente de los terrenos. La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determina la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

En la zona de estudio, las laderas de los cerros tienen fuerte a muy fuerte pendiente, comprendidas entre 15° a 45°. Esto facilita el escurrimiento superficial de los materiales sueltos dispuestos en las laderas donde se asientan algunos centros poblados. Asimismo se tienen pendientes menores de los 5°, situadas en la parte baja del río Lucanamarca, también se sitúan centros poblados.

Por ello es propenso, considerando solo el factor pendiente, que ocurran movimientos en masa en laderas de montañas (deslizamientos, derrumbes y caída de rocas) como cauces de quebradas (huaicos), porque facilita el escurrimiento superficial, como el fácil acarreo de material suelto en las laderas como cauces, respectivamente.

4.2. Clasificación de unidades geomorfológicas

Las geoformas son unidades independientes que conforman un relieve, están compuestos por materiales que brindan información de su dinámica de formación, presentan características morfoestructurales tales como: forma, altura, pendientes, drenaje, vegetación, color, textura, etc., que las diferencian una de otras.

4.2.1. Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional:

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas, ocupan el del área total de la región. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de la base local, se conocen como cumbres y estribaciones

producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento y de glaciación).

En el contexto general se encuentran conformados por alineamientos alargados, consolidados por rocas de tipo sedimentaria y metamórfica, con un moderado a fuerte estado de meteorización superficial y de erosión.

Sub unidad de montañas en rocas sedimentarias

Corresponde a relieves montañosos compuestos por rocas sedimentarias (alternancia de calizas de grano fino y areniscas cuarzosas de grano fino a medio) con laderas de pendiente muy fuerte (25° a 45°). Se observa en el área de estudio que los centros poblados de Santa Rosa de Cochabamba y Asunción de Erpa, se ubican sobre esta sub unidad que es susceptible a la ocurrencia de procesos por movimientos en masa.

Sub unidad de montañas en rocas volcánicas

Corresponde a relieves montañosos compuestos por rocas volcánicas (intercalación de tobas lapillíticas con areniscas tobáceas) con laderas de pendiente fuerte (15° a 25°). Dentro del área de estudio solo se ubica al sur y representa en menor porcentaje.

Unidad de colina y lomadas

Las colinas y lomadas son de menor altura que las montañas, generalmente no superan los 300 metros desde la base hasta la cima; presentan diferentes grados de disección, la inclinación de sus laderas en promedio es superiores a los 16% (FAO, 1968). Estas unidades se ubican próximas a las unidades de montaña.

Las lomadas a diferencia de las colinas, se caracterizan por ser una superficie que está alcanzando la etapa final del ciclo erosivo, con un relieve ondulado suave, cuya pendiente se estima que no pasa los 10° de inclinación, en casos excepcionales miden 300 m desde la base hasta la cima.

Subunidad de colina y lomadas en rocas sedimentarias (RC-rs)

Conformadas por relieves modelados en afloramientos de roca sedimentarias, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas de pendientes llanas (< 1°) hasta fuertes (15°-25°).

Su composición litológica corresponde a rocas sedimentarias formadas por areniscas cuarzosas de grano fino a medio Formación Huyalhuani); así como caliza de grano fino Formación Gramadal. La geodinámica se asocia a la ocurrencia de procesos: reptación de suelos, flujos de tierra, pequeños deslizamientos y derrumbes cuando las secuencias sedimentarias se encuentran muy fracturadas, alteradas o poco consolidadas; también es posible que se produzcan estos tipos de evento de manera local, si se realizan cortes en las laderas para construir carreteras o alguna obra de infraestructura.

4.2.2. Unidades geomorfológicas de carácter volcánico degradacional y erosional

Unidad de Volcánicos

En esta unidad se agrupan a los paisajes generados por la actividad volcánica y por sus productos, los cuales han sufrido en diverso grado los efectos de la denudación pero que todavía conservan rasgos definidos de sus formas iniciales.

Subunidad de meseta volcánica lávica (M-vI)

Superficie elevada y de relieve predominantemente llano en la cima, aunque puede presentar ligeros ondulamientos; conformado por secuencias de rocas volcánicas. Dentro del área de estudio las secuencias lávicas que constituyen esta subunidad son de edad Mioceno-Plioceno y fueron reconocidas al sur del área de estudio.

Se pueden producir caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos en roca de diferentes dimensiones en los bordes de la meseta.

4.2.3. Unidades geomorfológicas de carácter deposicional o agradacional

Formas originadas por procesos geomorfológicos constructivos, a través de la depositación y acumulación de materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves más elevados. En el área de estudio se identificó la unidad de planicie.

Unidad de planicie

Constituyen depósitos convexos residuales acarreados y depositados en vertientes o laderas bajas y medias, engloba orígenes variados asociado a la gravedad, aguas superficiales, etc. y la pendiente como una condición determinante para su movilidad y acumulación de los materiales sueltos. Corresponden al tiempo geológico del cuaternario.

Subunidad de terraza indiferenciada (Ti)

Superficies planas, remanentes de anteriores niveles de sedimentación ubicadas por encima del nivel máximo de las aguas de un río, en las que no se puede determinar los diferentes niveles de terraza a partir del nivel actual de sedimentación (Según el informe técnico de Ministerio de Defensa Nacional de Ecuador, 2012).

Representa un porcentaje menor, localizado en el suroeste del territorio regional de Tacna. Se tiene ejemplos en las quebradas Escritos, Garita, Cauñani, Viñani, entre otros en la provincia de Tacna.

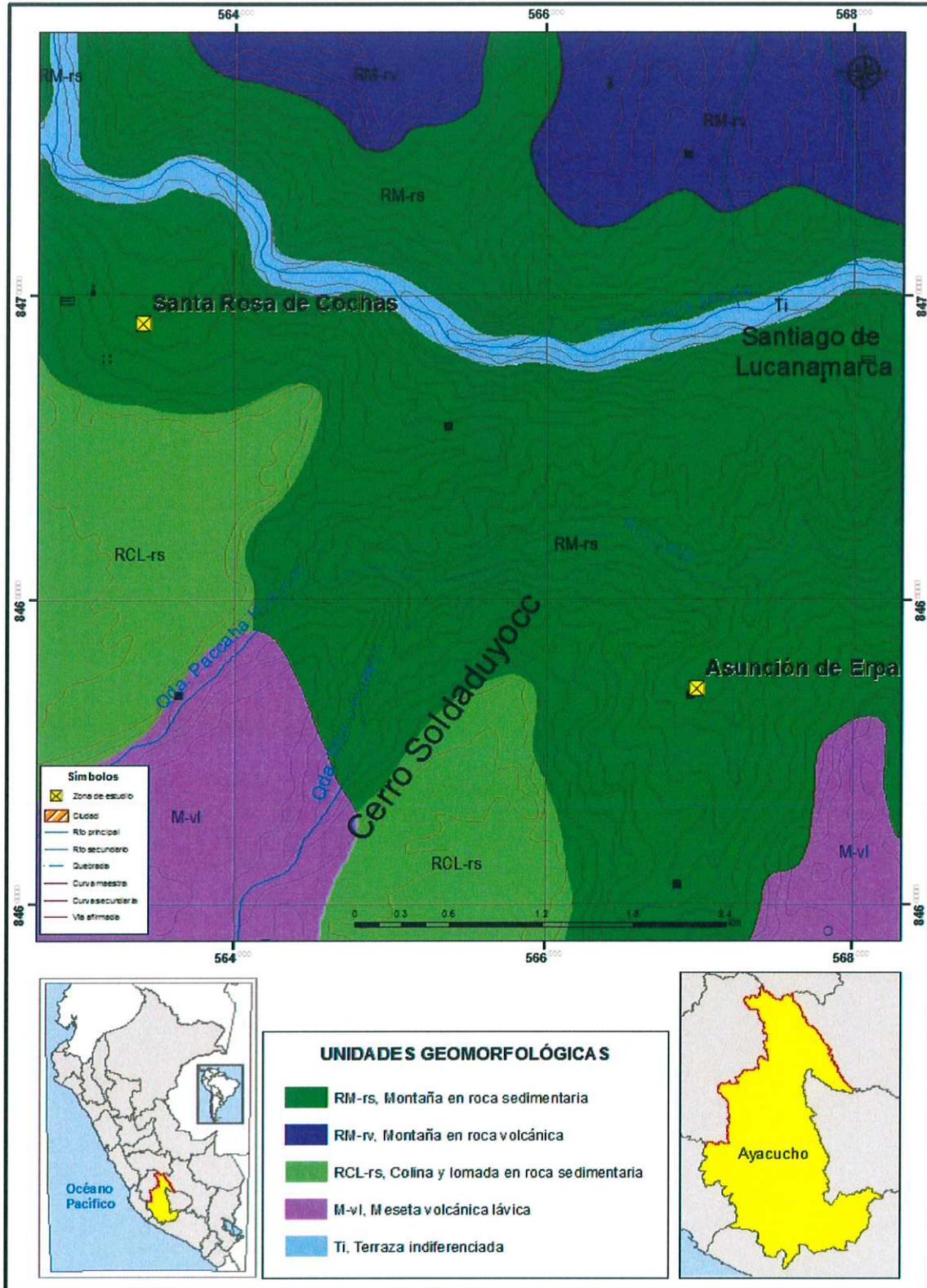


Figura 4. Cartografía de unidades geomorfológicas del área de estudio

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

5.1. Conceptos teóricos

El termino movimientos 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). Algunos movimientos en masa, como la reptación, son, lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto de otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999^a, en Glade y Crozier, 2005).

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal; combinados con factores extrínsecos, entre ellos se consideran la construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como "desencadenantes" de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona

5.1.1. 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 un delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

En el sistema de Varnes (1978), 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. Sin embargo, las superficie de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que la de los dos tipos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablara de deslizamiento compuesto (Hutchinson, 1988). (figura 5)

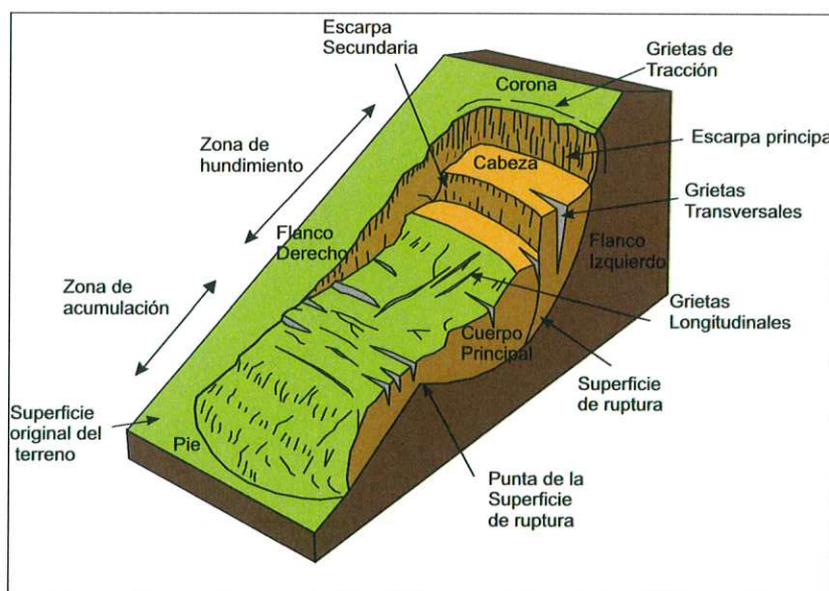


Figura 5. Esquema de Deslizamiento rotacional

5.1.2 Erosión de Ladera

Las cárcavas (figura 6) son pequeños valles de paredes verticales y cabeceras verticalizadas y perfiles longitudinales de pendiente elevada, que transmiten flujos efímeros y están sujetos a una intensa erosión hídrica (Lucía et al., 2008), además de la ocurrencia de movimientos en masa como flujos, derrumbes y deslizamientos.

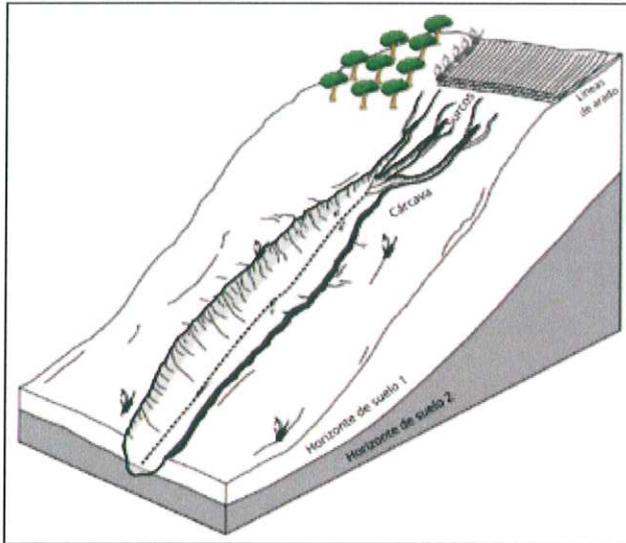


Figura 6. Esquema de cárcavas formadas por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi et al., 2011)

5.1.3. Flujo de detritos (huaico)

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (figura 7). Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de "u", trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.

La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hunggr, 2005).

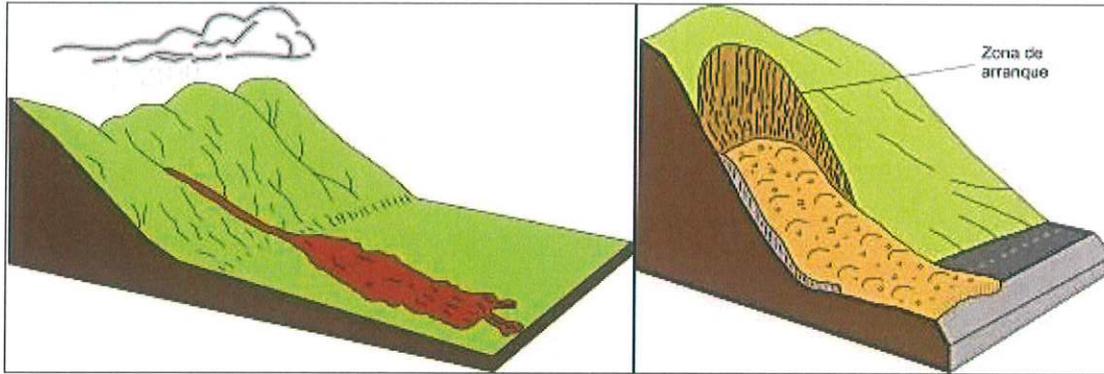


Figura 7. (a) Esquema de flujos canalizado y (b) no canalizados, según Cruden y Varnes (1996).

5.2 Procesos por movimientos en masa que afectan Centros Poblados

Los centros poblados afectados por procesos por movimientos en masa, pertenecen a la jurisdicción del distrito de Santiago de Lucanamarca, provincia Huancasancos, departamentos Ayacucho, a continuación se describe los procesos geológicos sus condicionantes y el desencadenante:

5.2.1. Deslizamiento en el centro poblado Santa Rosa de Cochas

El sector de Santa Rosa de Cochas, se ubica en la coordenada UTM WGS84 Zona 18 Sur: 563399 E y 8469812 S, a una altura de 3643 m s.n.m, viene siendo afectado por procesos por movimientos en masa de tipo deslizamiento y reptación de suelos, en la superficie se observa registro de eventos antiguos, que por los agentes erosivos, estos son poco notorios,

La visita de campo realizado el día 24 de febrero, se ha observado grietas en la superficie denotando que se ha reactivado a manera de deslizamientos en dos sectores que forman una superficie ondulada en los sectores donde se genera movimiento ladera abajo (figura 8 y 10).

A continuación se describe las características de los dos últimos eventos:

Deslizamiento 1:

- Escarpe principal 100m. (figura 10)
- Salto vertical varia de 0.6 a 1.0m.
- Ancho de cuerpo desplazado 38 m.
- Longitud del escarpe principal al pie de la ladera 160 m.
- Cuerpo principal se desplaza 2.0 m
- En la zona de hundimiento, forma áreas húmedas.
- Grietas de tracción apertura 0.05m
- Grietas transversales apertura varía entre 5cm a 10cm

Deslizamiento 2:

- Escarpe principal 45m. (figura 9)
- Salto vertical varia de 0.5m a 1.0m.
- Ancho de cuerpo desplazado 31 m.
- Longitud del escarpe principal al pie de la ladera 66 m.
- Cuerpo principal se desplaza 1.0 m

Para la ocurrencia de peligros geológicos en el área de estudio, está condicionado aspectos geológicos, geomorfológicos y antrópicos (figura 9).

Factores de sitio

- a) El sector presenta montañas en rocas sedimentarias y volcánicas con laderas de pendiente del terreno muy fuerte (25° a 45°). consideradas como laderas inestables, susceptible a la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes
- b) Substrato muy meteorizado, susceptible a procesos por movimientos en masa.
- c) Suelos residuales poco saturados por sectores
- d) Cobertura vegetal regular, con sectores deforestados para ser utilizados como terreno de pastoreo.

Factores antrópicos

- a) Ocupación inadecuada del suelo por el hombre hacia zonas susceptibles.
- b) Presenta canal de regadío sin revestir, que atraviesa la zona inestable. (figura 11-a)
- c) No cuenta con sistema de drenaje pluvial.

El desencadenante principal es la lluvia intensa o extraordinaria, que se presenta entre los meses diciembre a marzo.

Afecta:

El evento afecta terrenos de pastoreo y con un evento de magnitud mayor afectaría viviendas del centro poblado que se encuentran al pie del evento. (figura 11-b)



Figura 8. Se observa corona de deslizamiento 1 parte superior de la ladera, así como el deslizamiento 2 al pie del evento antiguo



Figura 9. Vista del deslizamiento 2, se observa escape principal de 45 m con salto vertical de 5 a 20 cm, afecta terrenos de pastoreo de generarse un evento de magnitud mayor afectaría viviendas del centro poblado Santa Rosa de Cochas.



Figura 10. Vista tomadas con dirección sureste, se observa el escarpe del deslizamiento 1, con salto vertical que varía entre 0.6 m a 1.0 m.



Figura 11. Se observa : A) Canal de riego sin revestir; B) vista de área que es utilizado como terreno de pastoreo para ganado.

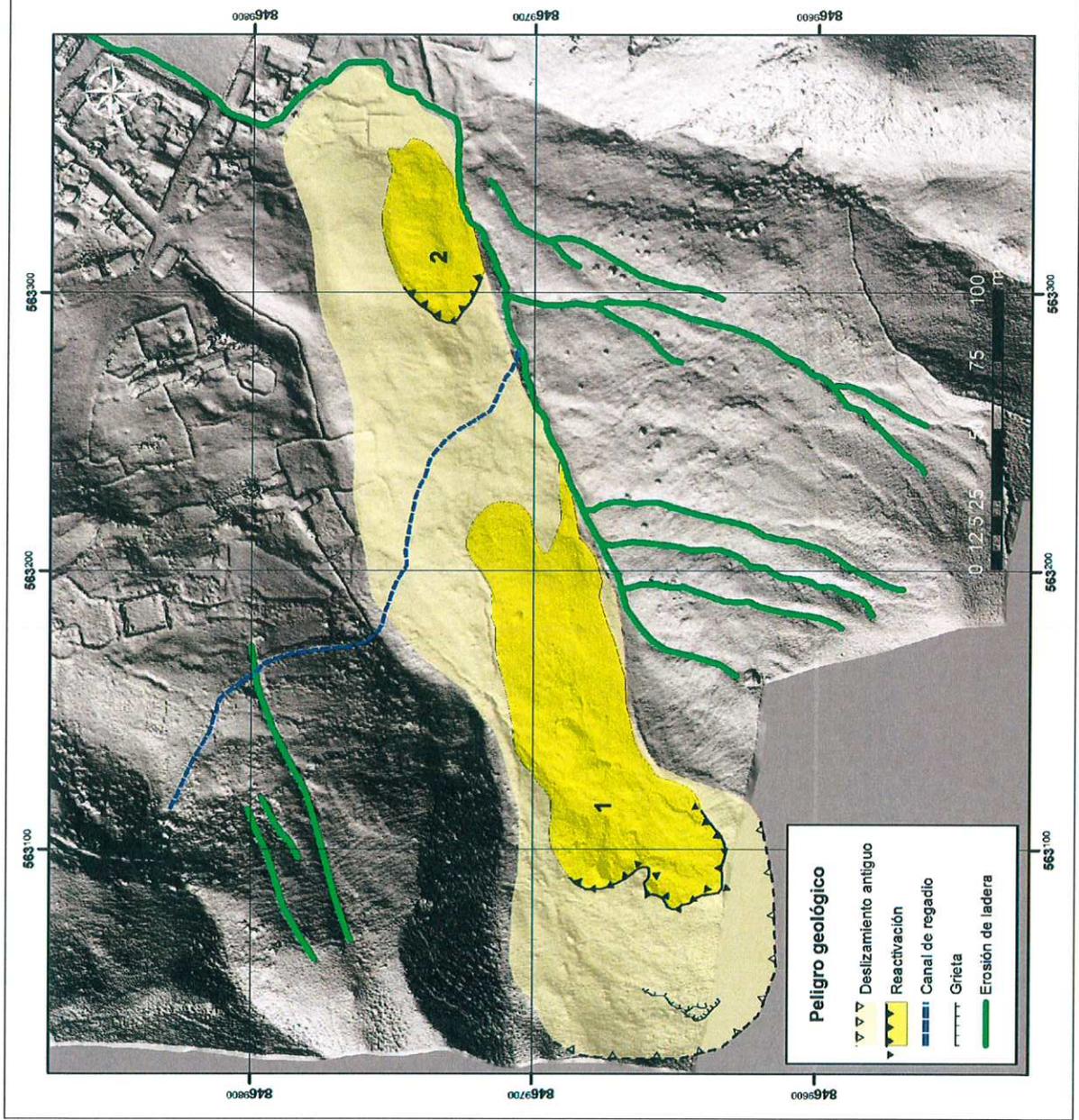


Figura 12. Sector Santa Rosa de Cochabamba, se observa la cartografía de procesos geodinámicos de tipo deslizamiento antiguo y sus reactivaciones, así como erosión de ladera.

5.2.2. Derrumbe - flujo en el centro poblado Asunción de Erpa

El centro poblado de Asunción Erpa, se ubica en la coordenada UTM WGS84 Zona 18 Sur: 566994 E y 8467418 S, a una altura de 3406 m s.n.m., viene siendo afectado por procesos por movimientos en masa de tipo derrumbe, flujo de detritos y erosión de ladera, en la superficie se observa registro de que la zona es activa a los procesos denudativos que modifican constantemente el terreno.

La visita de campo realizado el día 25 de febrero, se ha observado derrumbe en el terreno que luego pasan a formas flujos de detritos, también se puede observar grietas en el terreno debido a movimientos muy lentos que hacen que se generen procesos geodinámicos, estos condicionado a que los terrenos presentan pendiente muy fuerte, superficie con regular cobertura vegetal y con regular humedad (figura 13).

A continuación se describe las características del último evento:

Derrumbe-flujo:

- Escarpe principal 30m
- Salto vertical varia de 1.5m.
- Ancho de cuerpo desplazado 15 m.
- Longitud del escarpe principal al pie de la ladera 60 m.
- Cuerpo principal se desplaza 2.0 m
- Grietas de tracción apertura 5cm

Factores de sitio

- a) El sector presenta montañas en rocas sedimentarias con laderas de pendiente del terreno muy fuerte (25° a 45°). consideradas como laderas inestables, susceptible a la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes
- b) Substrato muy meteorizado, susceptible a procesos por movimientos en masa.
- c) Suelos residuales parcialmente saturado
- d) Cobertura vegetal regular, con sectores deforestados para ser utilizados como terreno de pastoreo.

Factores antrópicos

- a) Ocupación por el hombre áreas vulnerables.
- b) No cuenta con sistema de drenaje pluvial

El desencadenante principal es la lluvia intensa extraordinaria, que se presentan entre los meses diciembre a marzo.

Afecta:

El evento afecta terrenos de pastoreo y con un evento de magnitud mayor afectaría viviendas del centro poblado que se encuentran al pie del evento.



Figura 13. Cartografía en el centro poblado Asunción de Erpa, se observa que es afectado por procesos de movimientos en masa de tipo: derrumbe, reptación de suelos, flujo de detrito, erosión de ladera.

6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, flujos, procesos de erosión de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

6.1 PARA DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBE

Los deslizamientos ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento al pie de laderas, la utilización de canales sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas, medidas para el manejo de estas zonas:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terracemento, entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece la infiltración y saturación del terreno.
- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersion controlada o por goteo.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcancen versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto

positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Factores que aumentan la estabilidad del talud:

1. Intercepta la lluvia
2. Aumenta la capacidad de infiltración
3. Extrae la humedad del suelo
5. Las raíces refuerzan el suelo, aumentando la resistencia al esfuerzo cortante
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
7. Aumentan el peso sobre el talud
8. Trasmiten al suelo la fuerza del viento
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo la susceptibilidad a la erosión

La deforestación puede afectar la estabilidad de un talud de varias formas:

1. Disminuyen las tensiones capilares de la humedad superficial
2. Elimina el factor de refuerzo de las raíces
3. Facilita la infiltración masiva de agua.

La quema de la vegetación aumenta la inestabilidad de los taludes, especialmente si esto ocurre en áreas de coluviones en los cuales la vegetación ejerce un papel preponderante en la estabilidad, especialmente por la eliminación del refuerzo de las raíces y por la exposición a la erosión acelerada.

a) Construir zanjas de coronación.

Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 14).

Se debe tener en cuenta el mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de coronación, a fin de evitar problemas que pueden incidir en la estabilidad del talud.

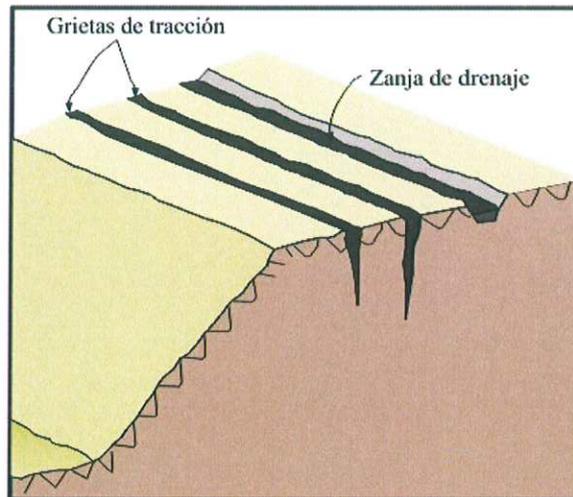


Figura 14 Canales de coronación.

b) Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (figura 15). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración del agua

c) Monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso

Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de hierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.

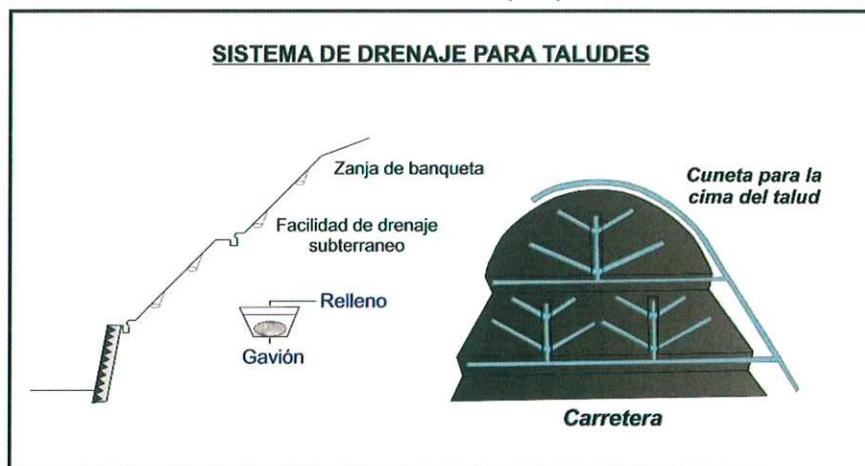


Figura 15. Sistema de drenaje tipo espina de pez.

CONCLUSIONES

- 1) El área de estudio presenta un relieve accidentado y agreste que forman montañas y colinas en roca sedimentaria, con ladera de pendiente muy fuerte (25° a 45°), de flancos escarpados en algunas zonas cortado por profundos valles y quebradas.
- 2) Las unidades litoestratigráficas del área de estudio están formadas por areniscas cuarzosas de grano grueso a fino de color blanquecino con laminación paralela y sesgada de la Formación Hualhuani, se sobrepone secuencia de rocas volcánicas formada por tobas de lapilli y cenizas con areniscas y limoarcillitas tobáceas de la Formación Andamarca, estas se comportan como una roca de mala calidad; es por ello, que se presentan la mayor cantidad de procesos por movimientos en masa como: deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos (huaico), reptación de suelos y erosión de ladera.
- 3) Los sectores Santa Rosa de Cochas y Asunción de Erpa y sus alrededores, se ubica en un área de Alto grado de susceptibilidad a peligros geológicos de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos (huaico) y erosión de ladera.
- 4) La deforestación de las laderas en los sectores en estudio, es un factor importante que ha influenciado en la aceleración de los procesos por movimientos en masa. La ocupación inadecuada por el hombre en zonas vulnerables el mal manejo del sistema de riego.
- 5) El sector evaluado de Santa Rosa de Cochas, presentan una condición de alto peligro, por lo tanto, se considera que las viviendas ubicadas al pie del evento, se considera en PELIGRO INMINENTE, que compromete la seguridad física de sus habitantes.
- 6) El factor desencadenante para la ocurrencia de procesos por movimientos en masa, que afectaron la zona de estudio, fueron la presencia de lluvias intensas o extraordinarias que ocurren entre los meses de diciembre a marzo.
- 7) El área del centro poblado de Asunción de Erpa se considera como zona de alta susceptibilidad procesos por movimientos en masa se considera en PELIGRO INMINENTE, que compromete la seguridad física de sus habitantes.


Ing. HUGO DULJO GÓMEZ VELÁSQUEZ
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

RECOMENDACIONES

- 1) En los alrededores de los centros poblados Santa Rosa de Cochas y Asunción de Erpa, realizar un programa integral de forestación, con plantas nativas, evitar la quema indiscriminada de la cobertura vegetal, en laderas inestables.
- 2) Realizar la captación y la derivación de las aguas de manantiales que se encuentran dentro y cerca del deslizamiento; estas aguas deberán ser conducidas por medio de canales revestidos hacia cauces naturales (quebradas) ubicadas lejos de las zonas inestables.
- 3) Realizar mantenimiento al sistema de andenería, para mejorar la estabilidad del terreno.
- 4) No construir viviendas en zonas afectadas por deslizamiento y derrumbes y áreas adyacentes al escarpe.
- 5) La Municipalidad de Santiago de Lucanamarca, deberá emprender un programa de comunicación con la población, para que tome conciencia de los peligros geológicos que se presentan en su comunidad.


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


.....
Ing. HUGO DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

REFERENCIAS

- Asociación LAGESA-CFGS (1996). Geología del cuadrángulo Huancapi. INGEMMET Serie A: Carta Geológica , Boletín N° 70, 1853 Pág. Revisado y actualizado por (Quispesilwana, *et al.*, 2002); actualizado por (Valdivia, *et al.*, 2015).
- Hutchinson J.N. (1988). "Morphology and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology". Fifth International Symposium on landslides, Lausanne, pp. 3-35.
- 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, 404 Pág.
- Varnes, D. J., 1978, Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, Pág. 9–33.
- Vilchez, M. (2015) Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región Ayacucho, Dirección de geología ambiental y riesgo, INGEMMET
- Villota, H. (2005) Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Colombia Bogotá. Edit. IGAC. Pág. 184.