

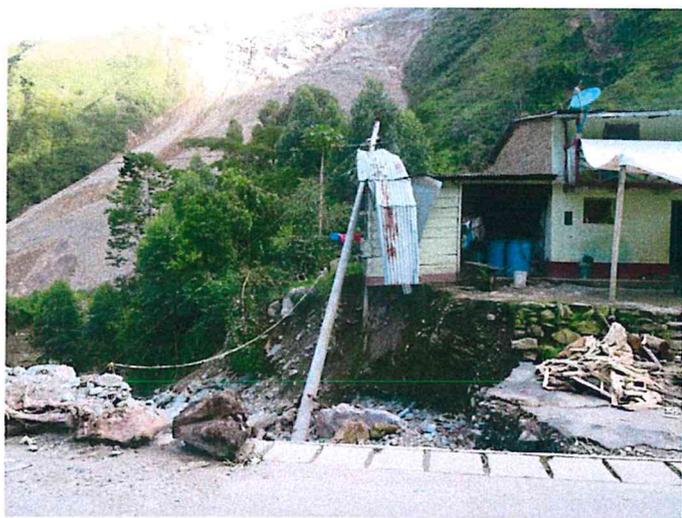
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6907

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS OCASIONADO POR LLUVIAS INTENSAS EN LOS SECTORES: SIVIA Y TUTUMBARU, DEL DISTRITO DE SIVIA



Región Ayacucho
Provincia Huantar
Distrito Sivia
Paraje Sivia y Tutumbaru



JUNIO
2019

VERIFICAR N° DE CARÁTULA DE INFORME TÉCNICO - INGEMMET 001.1

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS OCASIONADO POR LLUVIAS INTENSAS EN LOS SECTORES: SIVIA Y TUTUMBARU DEL DISTRITO DE SIVIA

REGIÓN AYACUCHO, PROVINCIA HUANTAR, DISTRITO SIVIA

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Antecedentes y trabajos previos.....	2
1.2 Objetivos	4
2. ASPECTOS GENERALES	4
2.1 Ubicación y accesibilidad.....	4
3. GEOMORFOLOGÍA Y DIAMICA FLUVIAL	4
3.1. Río Sivia.....	4
3.2. Río Piene.	6
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
4.1. Complejo Metamórfico.....	7
4.2. Formación Ananea.....	7
4.3. Formación Cabanillas	7
4.4. Formación La Merced.....	7
4.5. Depósitos aluviales	7
4.6. Monzogranitos.	8
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	8
5.1 Observaciones de campo sector Sivia.....	10
5.1.1 Erosión Fluvial	10
5.1.2 Flujo de detritos (huaico)	10
5.1.3 Deslizamientos y derrumbes	13
5.2 Observaciones de campo sector Tutumbaru	15
5.2.1 Deslizamiento y derrumbes	15
CONCLUSIONES	19
RECOMENDACIONES	20
REFERENCIAS	21
GLOSARIO DE TÉRMINOS	22
Deslizamientos y erosión de laderas.....	22
Flujo de detritos (huaico).....	22

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 alcalde de la municipalidad distrital de Sivia, Ruli Roberto Carbajal, mediante Oficio N°058-2019-MDS/A, de fecha 14 de febrero del año en curso solicitó a nuestra institución una evaluación técnica de peligros geológicos en el río Sivia, quebrada Quimpitirínque y Sector Tutumbaru.

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 23 de febrero del presente año, previa coordinación con autoridades locales.

La evaluación técnica, se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores 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 algunos trabajos anteriores efectuados en la zona; entre los principales tenemos:

- 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 Sivia y Tutumbaru, se ubica en una zona de Alto grado de susceptibilidad a peligros de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y erosión de ladera. (figura 1 y 2).

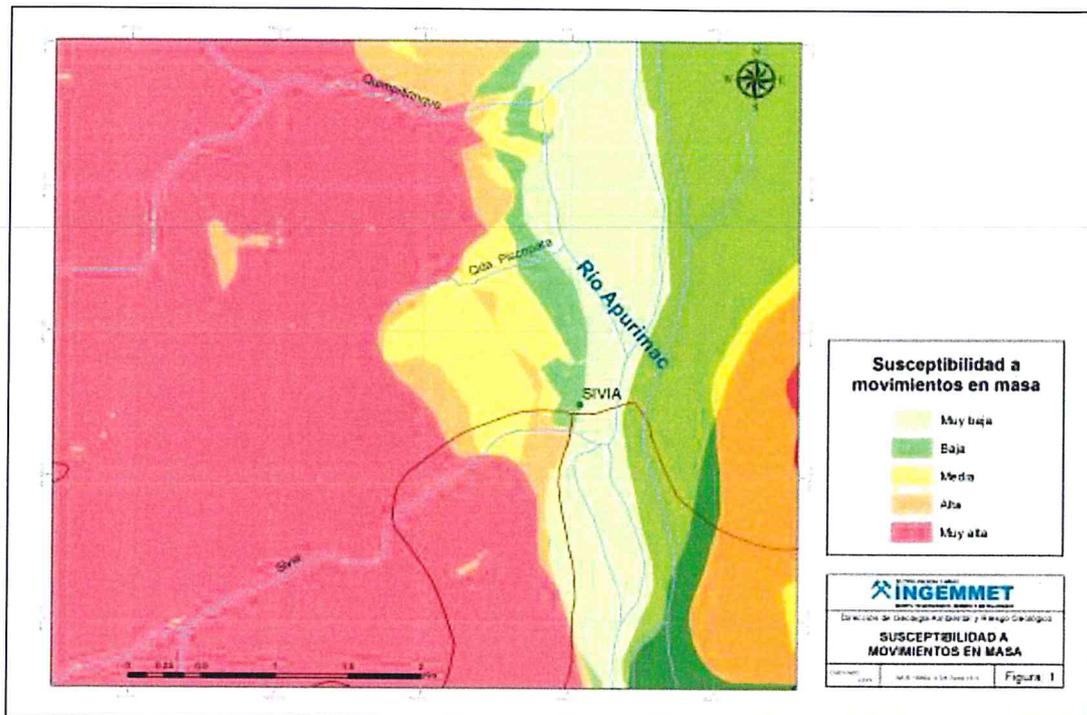


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Ayacucho, se observa el poblado de Sivia, se ubica en una zona de Alto grado de susceptibilidad a movimientos en masa de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y erosión de ladera. (Ingemmet, 2015).

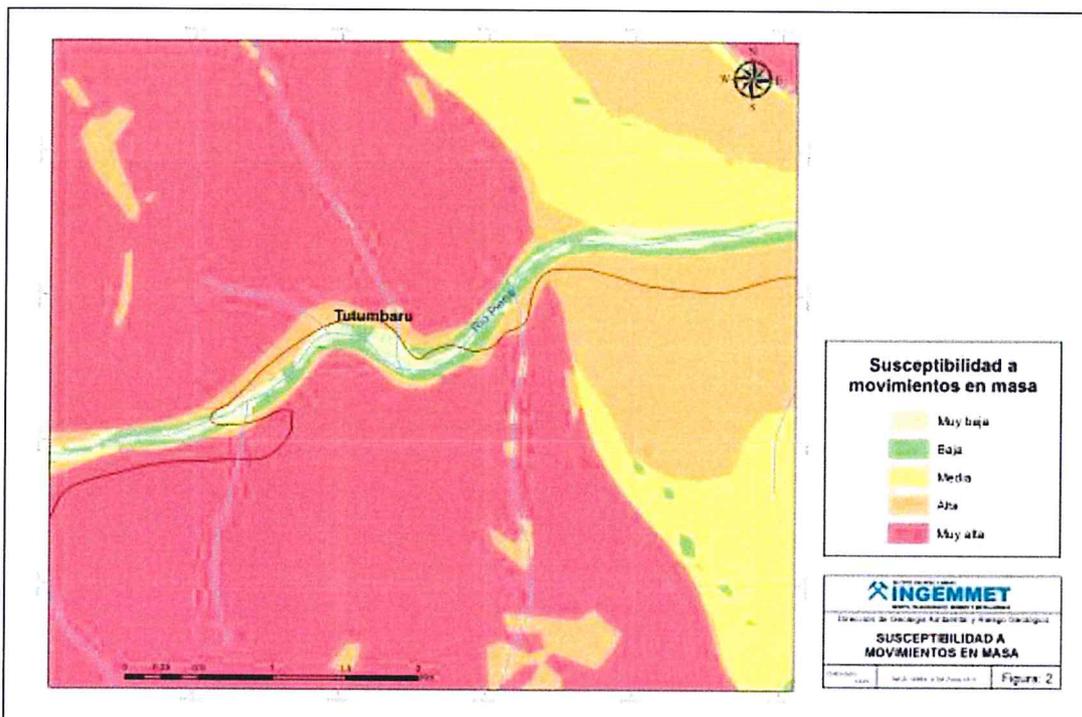


Figura 2. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Ayacucho, se observa que el sector Tutumbaru, se ubica en una zona de Alto a Muy Alto grado de susceptibilidad a movimientos en masa de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y erosión de ladera. (Ingemmet, 2015).

1.2 Objetivos

- Identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa, que afectaron los tres sectores del distrito de Sivia, 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 de Sivia se ubica en la margen izquierda de los ríos Apurímac y Sivia (figura 3), en la desembocadura de este al río Apurímac, a una altura de 530 m snm. Cuenta con aproximadamente 10 506 habitantes (INEI-2017), que se dedican principalmente a la agricultura.

El acceso a la zona de estudio:

Tramo		Km	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Ayacucho	873	Asfaltada	14:17
Ayacucho	Sivia	324	Asfaltada	7:53

La zona presenta un clima tropical y húmedo. Actualmente no cuenta con una estación hidrometeorológica. Sin embargo de la estación de Pichari. La más cercana al área de trabajo (última en funcionar), se tiene registrada precipitaciones de 2 184,6 mm anuales (Senamhi, 2003)

3. GEOMORFOLOGÍA Y DIAMICA FLUVIAL

Para entender los procesos ocurridos en la zona de estudio, es necesario conocer las características morfológicas, drenaje y su comportamiento fluvial.

3.1. Río Sivia

Este río presenta un drenaje de tipo rectilíneo, las corrientes se caracterizan por una sinuosidad baja (menor a 1,5) y multiplicidad 1, es decir único canal (Núñez, 2011)

Por ser un río juvenil, con perfil típico en "V", generalmente son muy inestables, y tienden a evolucionar a otros tipos de río; por ello que en su cuenca alta y media, erosionan sus paredes laterales, inestabilizando las laderas, generando deslizamientos y derrumbes. Tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva (figura 4). Es por ello que forman generalmente flujos de detritos o de lodo en épocas de intensas precipitaciones. (Núñez, 2011).

3.2. Río Piene.

Este río formado por los riachuelos: Tinkuy, Yanamonte, Ccano y Machente, atraviesa montañas altas de laderas muy empinadas en la Cordillera Oriental desembocando en la margen izquierda del río Apurímac. Su extensión aproximada es de 37,2 km y limita a los distritos de Sivia, en la provincia de Huanta y Ayna en la provincia de La Mar, del departamento de Ayacucho (figura 5).



Figura 4. Vista tomada aguas abajo del río Sivia, se observa gran cantidad de fluido.



Figura 5. Vista tomada aguas arriba del río Piene. Se observa que presenta un caudal con mayor energía que erosiona sus márgenes

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según la cartografía geológica en el cuadrángulo de Llochegua (Monge *et al.*, 1998), en el área de estudio se presenta las siguientes unidades litoestratigráficas (figura 6).

4.1. Complejo Metamórfico.

Aflora en los alrededores del poblado Chirinos. Está compuesta principalmente por esquisto y filitas, con una esquistosidad y foliación bien marcada paralela a la estratificación de color gris verdusco, intercaladas con capas delgadas de cuarcitas (Monge, *et. al.*, 1998).

Esta unidad se presenta con intensa meteorización, fracturada con calidad geotécnica media

4.2. Formación Ananea.

Está compuesta principalmente por rocas sedimentarias, formada por una gruesa secuencia de pizarras, pizarras limolíticas y areniscas cuarzosas muy subordinadas en capas delgadas (Monge, *et. al.*, 1998).

Esta unidad se caracteriza por presentar relieves suaves con buena cobertura vegetal, en muchos casos inestables debido a las pendientes pronunciadas y la constante deforestación que originan deslizamientos.

4.3. Formación Cabanillas

Esta formación aflora en ambos márgenes del río Apurímac, entre los sectores de Sivia y Pichari.

Consiste de una alternancia de areniscas cuarzosas y limolitas pizarrosas, de color gris claros. En menor proporción alternan las limolitas pizarrosas, estratificadas en capas delgadas.

Cuando se producen cambios en su morfología, pueden generar movimientos en masa, como caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos.

4.4. Formación La Merced

En el área de estudio, esta formación se distribuye por el sector de Quimpitiriqui, margen izquierda del río Apurímac, con dirección noroeste.

Está constituida por gruesas secuencias de conglomerados polimícticos, los clastos son de forma subredondeadas a redondeadas, que provienen de cuarcitas, pizarras solidificadas, calizas, areniscas y en menor proporción de intrusivos; con diámetros hasta 20 cm; la unidad se encuentra semiconsolidada.

Se le cataloga como roca de mala calidad, muy susceptible a la generación de movimiento en masa, como derrumbes y flujos de detritos (huaicos).

4.5. Depósitos aluviales

Estos depósitos se encuentran distribuidos a lo largo de los cauces de los ríos Apurímac, Sivia y Piene.

En el sector del río Apurímac, esta unidad está formada por grava en matriz arenosa, los fragmentos de roca son de forma bien redondeada. Las terrazas formadas en

ambas márgenes del río Apurímac, indican las fluctuaciones del caudal y la migración lateralmente de las aguas, generalmente están conformadas por grava y arena.

En el río Sivia, la unidad está formada por gravas, bloques de forma redondeadas a subredondeadas, que provienen de la erosión de la Formación Cabanillas.

Los depósitos aluviales importantes, son zonas donde se han asentado poblados y utilizados como terrenos de cultivo.

4.6. Monzogranitos.

Tomando como referencia al poblado Tutumbaru a una distancia de 1,5 km aguas abajo, se observó esta unidad en ambas márgenes del río Piene.

Esta unidad esta Intruyendo secuencias metamórficas de esquistos y filitas, como stock de forma ovalada, cuya extensión es de aproximadamente 4 km por 3 km. Es de aspecto macizo, afectado por una ligera foliación. El color de la roca en superficie fresca es gris verdoso a gris claro y en superficie alterada es de color beige.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Las crecida de los ríos (avenidas) constituyen un proceso natural ligado a la dinámica geológica (morfología del cauce), en las cuales el río habilita un cauce amplio para almacenaje del caudal y su carga. La cuenca actual como un sistema de proceso – respuesta autorregulable, en el cual todo los factores están interrelacionados. Cualquier modificación introducida en un punto, implicara un reajuste en su dinámica y morfología, que no se produce de forma progresiva, sino con cambios bruscos, originado en muchos casos desastres, cuando los caudales y la carga superan la capacidad de sus cauces, (Núñez, 2011)

Es importante mencionar que el origen más frecuente de las avenidas y flujos de detritos son los temporales de lluvias más o menos excepcionales por su intensidad, duración y/o extensión (lluvias cortas de gran intensidad o lluvias prolongadas de baja o gran intensidad).

Las avenidas se caracterizan por su frecuencia probable de ocurrencia o periodo de retorno, definiendo así la avenida en mensual, anual, decenas, centenaria, y milenaria, etc., a cada una de las cuales corresponderán mayores valores de caudal y niveles de agua a alcanzar, inundando superficies crecientes en las márgenes.

Pese a las inundaciones o huaicos periódicos o excepcionales, las áreas que corresponden a la llanura de inundación o terrazas bajas del valle, son frecuentemente utilizados para agricultura, comunicaciones y asentamientos poblacionales, para la explotación de caudales del propio río.

5.1 Observaciones de campo sector Sivia

Durante los trabajos de campo realizados en el sector de Sivia, se identificaron los siguientes peligros geológicos de tipo: flujo de detritos (huaicos), deslizamientos y derrumbes, como también peligros geohidrológicos de tipo inundación y erosión fluvial, que a continuación se detalla.

5.1.1 Erosión Fluvial

Según Núñez S. 2011, hace mención como antecedente histórico la erosión fluvial originada por el río en 1998, que afectó una manzana de viviendas, teniendo como causa principal el cambio de dirección de corriente aguas arriba, por la colmatación de uno de los canales de río Apurímac.

En la actualidad, continua siendo afectado por erosión fluvial en el sector, margen izquierda del río Apurímac, también se puede observar viviendas asentadas al borde y en algunos casos son usados para negocios de comida (restaurantes flotantes), según versión de los lugareños cuando hay crecida del río estas son afectadas.

5.1.2 Flujo de detritos (huaico)

Los flujos de detritos (huaicos) es uno de los peligros geológicos por movimientos en masa que afecta a la región,

El sector Sivia es susceptible a la ocurrencia de peligros de tipo flujo de detritos (huaicos), originados en cada período de lluvias intensas, como el ocurrido a finales del año 2018.

Por las lluvias, en la cuenca alta se generaron derrumbes, que formó material, este fue arrastrado hacia el cauce de la quebrada. Este fue el punto de inicio del flujo de detritos.

El material que acarrió el huaico estuvo constituido por bloques, grava, arena, limo y palizada. Por lo cual, el cauce de la quebrada se colmató, esto redujo su capacidad de transporte (figura 7).

La quebrada Piscopata, se ubica al noroeste de poblado de Sivia, es susceptible a la ocurrencia de flujo de detritos. Presenta un cauce con ancho de 8 m, en su lecho se aprecia fragmentos de roca con diámetro menores 1,5 m, englobados con arena.

Se apreció que desde el badén hacia aguas abajo, en la margen derecha esta reforzada con gaviones, del badén hacia aguas arriba es afectado por erosión fluvial y desborde.

Se observó que las viviendas que se encuentran situadas en la margen derecha, se encuentra 2 m por debajo del cauce (figura 8 y 9).

Los factores que condicionan a la ocurrencia de estos eventos son los siguientes:

Factores de sitio

- a) Material suelto en su cauce, de fácil acarreo o de ser removido.
- b) En la cuenca alta del río Sivia, se tienen quebradas afluentes donde se generaron derrumbes y huaicos, estos eventos alimentaron con material suelto al cauce principal (figura 12).
- c) La quebrada Piscopata, también en la parte alta de la microcuenca se generaron flujos que aportaron material al cauce principal (figura 12).
- d) En las laderas de las quebradas se tienen depósitos de eventos antiguos como derrumbes y deslizamientos, que aportan material suelto al cauce de la quebrada.
- e) Pendiente de las laderas, comprendidas entre 25° a 45°, consideradas como laderas inestables, susceptible a la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes.
- f) Pendiente de los cauces principales que desembocan al río Apurímac, menores a 5°.
- g) Escasez de vegetación por deforestación.

Factores antrópicos

- a) Cortes en el pie de la ladera.
- b) Ocupación inadecuada del suelo por el hombre hacia zonas susceptibles.
- c) Modificación de los cauces naturales

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

El valle del río Piene, se encuentra en plena evolución geodinámica, donde se presenta derrumbes, erosión de ladera, erosión fluvial.



Figura 7. Vista tomada con dirección oeste, se observó que el cauce del río Sivia se encuentra colmatado, por la margen derecha el material sobrepaso el nivel de la defensa ribereña (gaviones)



Figura 8. Vista tomada con dirección noreste, se aprecia los materiales (bloques, gravas y arenas), que fueron acarreados por el cauce de la quebrada Piscopata.



Figura 9. Vista tomada con dirección noreste de la quebrada Piscopata, se aprecia la margen derecha reforzada con gaviones y viviendas situadas por debajo del nivel del cauce.

5.1.3 Deslizamientos y derrumbes

Según Núñez, S. (2011) en la quebrada Cachiyacu en su margen derecha, se identificó un deslizamiento rotacional, que aportó con material suelto al cauce de la quebrada. El evento presenta las siguientes características, escarpe principal de 50m de longitud y salto vertical de 5m, la distancia del pie del talud hacia el escarpe es 40 m.

El área del deslizamiento es inestable, afectando el tramo de la carretera afirmada Sivia-Bamsamuyoc. En mismo cuerpo del deslizamiento se generaron derrumbes.

La visita de campo realizada el 24 de febrero, se observó en la margen izquierda del río Sivia un deslizamiento, ubicado en la coordenadas: UTM zona 18S, 622689 Este, 8615671 Norte con una altitud que varía de 656msnm a 755m s n m (figura 12), el evento presenta las siguientes características: escarpe principal 160 m, distancia del pie del talud hacia el escarpe principal 100m, este evento llegó a represar a la quebrada en forma parcial.

También se observó, en las coordenadas: UTM Zona 18Sur, 623339E – 861606N y 623151 E- 8615953 N, procesos de erosión fluvial, provocó socavamiento de la base de la ladera, esto debilitó el talud y ocasionó un derrumbe que afectó tramo de carretera afirmada (figura 12).



Figura 10. Vista con dirección noroeste, margen izquierda del río Sivia, se observa un deslizamiento que aporta de material suelto (gravas en matriz limo arcilloso) al cauce de río.



Figura 11. Vista de la margen izquierda del río Sivia, se observa parte de la plataforma vial afectada por la erosión fluvial.

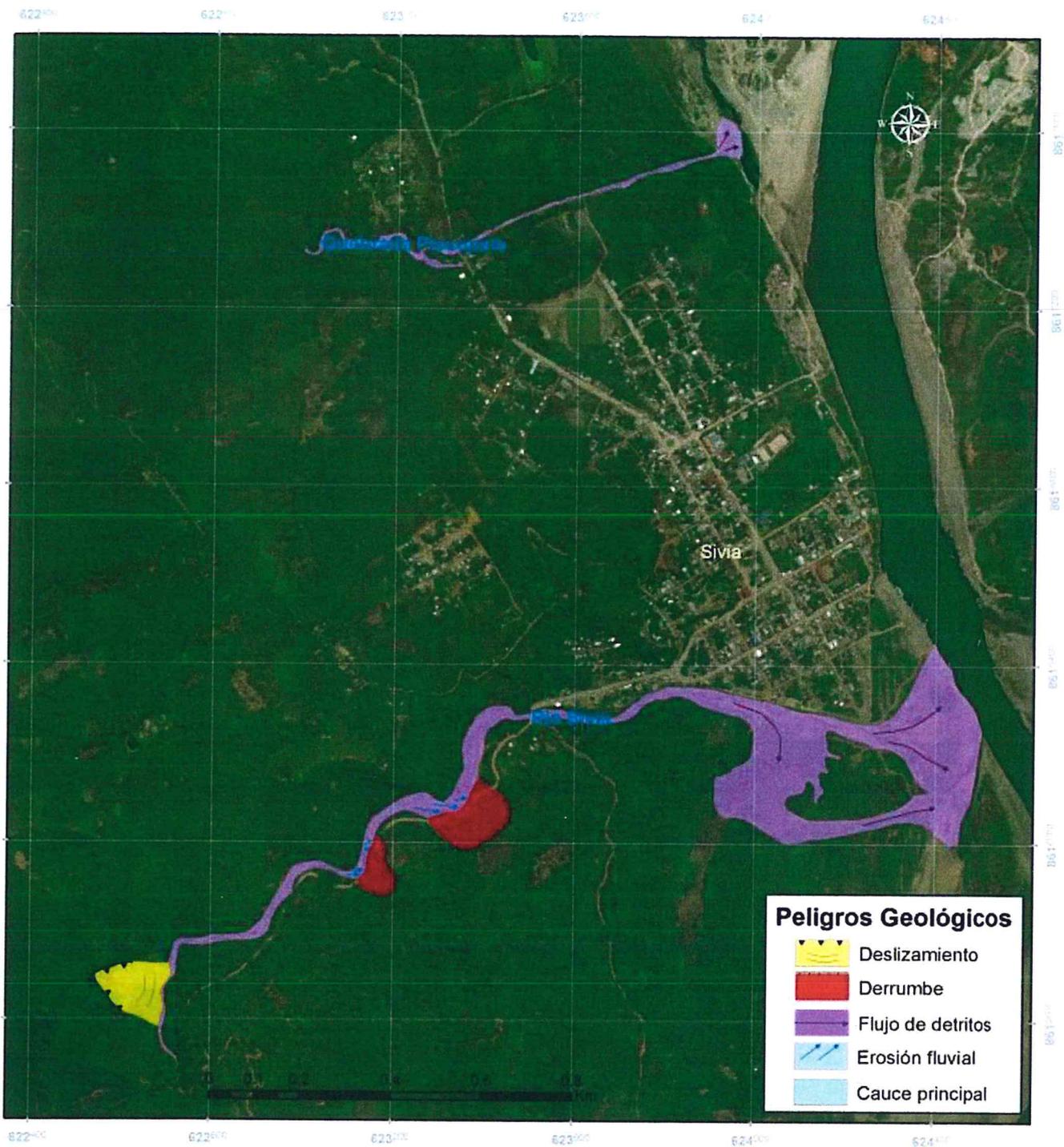


Figura 12 . Cartografía de los peligros identificados en el sector de Sivia.

5.2 Observaciones de campo sector Tutumbaru

Durante los trabajos de campo realizados en el sector de Tutumbaru, se identificaron los siguientes peligros geológicos: deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos (huaico) como también peligros geohidrológicos de tipo inundación y erosión fluvial, que a continuación se detalla (figura 15).

5.2.1 Deslizamiento y derrumbes.

Valenzuela (2002), menciona que el sector Muñapata (Tutumbaru) es afectado por deslizamiento de tipo rotacional que se encuentra en la margen derecha del río

Piene, que de continuar los movimientos puede represar el río Piene y afectar viviendas del poblado de Tutumbaru.

En la actualidad el deslizamiento se reactivó a manera de derrumbes, el material suelto se desplazó al cauce y lo modificó parcialmente. Este evento afectó la plataforma de la vía asfaltada ubicada a la margen izquierda del río Piene (figura 13). También debido al incremento del caudal, hace que esto pase por encima del nivel del puente Piene.

5.2.2. Flujo de detritos (huaicos)

En la quebrada Tutumbaru, se observó varios eventos antiguos, que se reactivaron con las lluvias del mes de enero se generaron nuevos huaicos, afectando las viviendas ubicadas cerca al cauce del río, también afecto el puente Tutumbaru .

El flujo de detritos (huaico) presentó las siguientes evidencias:

- a) Depósito tiene forma cono-abanico, constituido por bloques menores a 0.60m, gravas y arenas (figura 14).
- b) Material, se ha canalizado por el cauce de la quebrada y recorrió una distancia de 1800 m, hasta llegar a la confluencia del río Piene.

El ultimo evento afectó, una vivienda ubicada en la margen derecha de la quebrada, base del puente.



Figura 13. vista tomada con dirección suroeste, se observa el deslizamiento reactivado a manera de derrumbes, ubicado a la margen derecha del Piene.



Figura 14. Vista tomada agua arriba de la quebrada, se observa el material acarreado con el último evento, formado por bloques menores a 0.60m, gravas y arenas

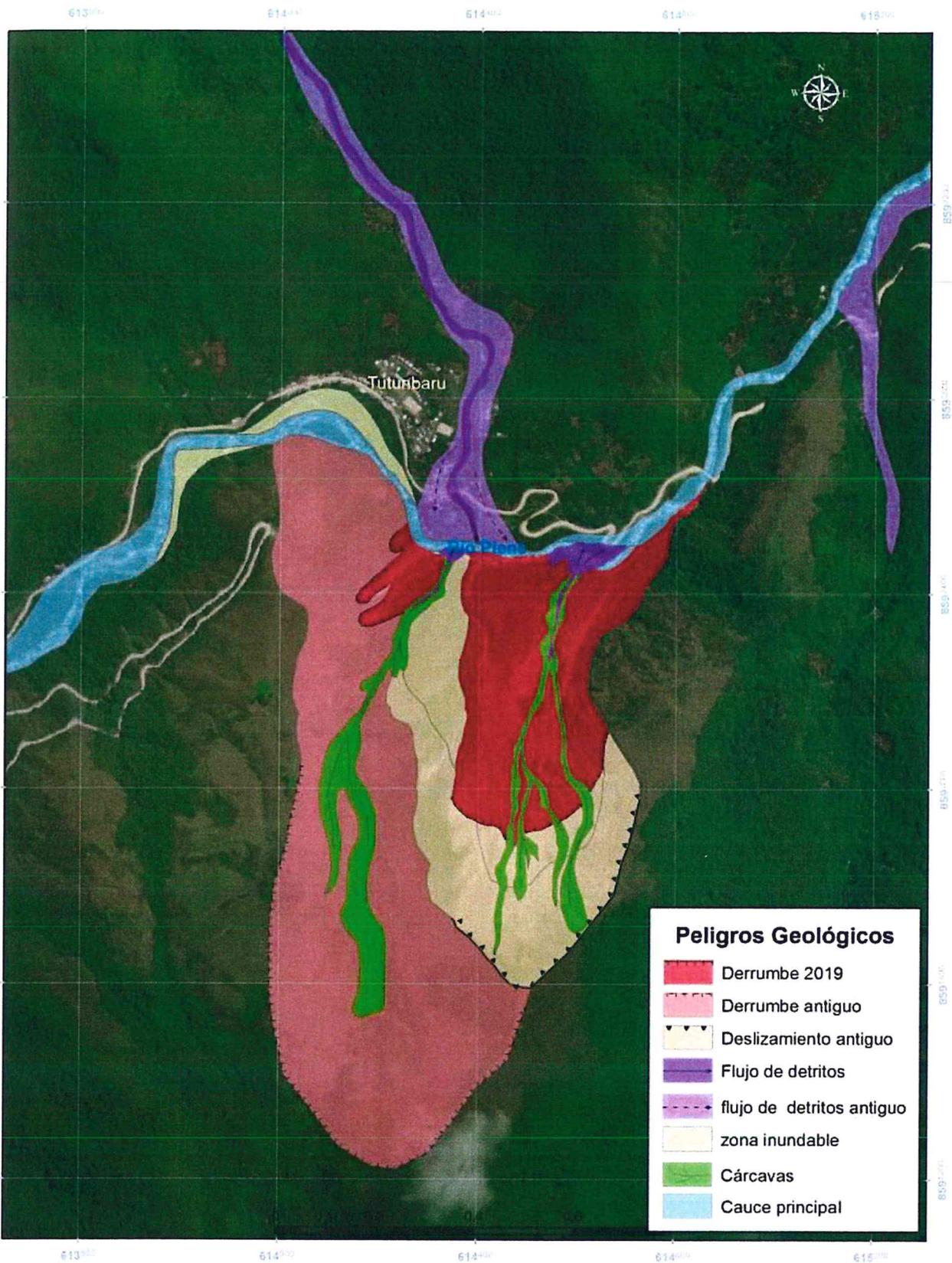


Figura 15. Cartografía de peligros geológicos en el sector Tutumbaru.

Condiciones de estabilidad de la ladera

En las laderas de las quebradas se observó movimientos en masa de tipo: deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera (surcos y cárcavas), eventos antiguos y algunos con reactivaciones, que alimentan con material suelto los fondos de valles y quebradas, que luego pueden convertir en flujos de detritos.

Como se muestra en la cartografía de peligros geológicos (figuras 12 y 15) el deslizamiento ocurrido en la margen izquierda del río Sivia y el derrumbe ocurrido en la margen derecha del río Piene, forman presas naturales ocasionando acumulación de agua y modificando el cauce normal originando la erosión en las márgenes, estos en periodo de lluvias intensas y/o extraordinarias, debido a la cantidad de agua acumulada estos podrían desembalsar hasta recorrer grandes distancias, afectando las viviendas de los caseríos ubicados aguas debajo de los ríos en mención.

Las laderas de las colinas y montañas, son deforestadas para ser utilizados como terrenos de cultivo, este tipo de actividad no es recomendable porque debilitan las laderas, la filtración de agua y ocasionan movimientos en masa.

Se tienen condiciones geológicas inestables como roca de mala calidad, pendiente de las laderas, deforestación y material susceptible a ser removido; a esto hay que aumentarle las condiciones climáticas (lluvias intensas). Por lo tanto, es muy probable que se generen nuevamente eventos similares a los ocurridos recientemente.

CONCLUSIONES

- 1) La unidad litoestratigráfica del sector Sivia está formado por secuencias de pizarras, filitas intercaladas con capas delgadas de cuarcitas de la Formación Ananea, y el sector Tutumbaru está formado por esquistos, filitas y gneis del Complejo Metamórfico, estas se comportan como una roca de mala calidad; es por ello, que se presentan la mayor cantidad de movimientos en masa, deslizamientos, derrumbes, flujos y erosión de ladera.
- 2) La deforestación, es un factor importante que ha influenciado en la aceleración de los peligros geológicos de movimientos en masa. La ocupación inadecuada por el hombre en zonas vulnerables se ha originado por el crecimiento poblacional.
- 3) El sector de Sivia es recurrente a la generación de erosión e inundación fluvial en épocas de avenidas.
- 4) Los movimientos en masa de tipo: deslizamientos y derrumbes que se generan en la parte alta del río Sivia, aportan material al cauce de río para luego generar flujos de detritos (huaicos).
- 5) Los peligros geohidrológicos ocurridos en el sector de Sivia, han afectado: Terrenos de cultivo, viviendas, tramo de carretera asfaltada y afirmada.
- 6) El área de Sivia y sus alrededores es considerada como zona de alta susceptibilidad (peligro inminente) a los movimientos en masa (huaicos, derrumbes y deslizamientos) por presentar condiciones que propician estos fenómenos, tal como: rocas de mala calidad, pendiente del terreno, deforestación y precipitación pluvial intensa.
- 7) La quebrada Piscopata, con el último período de lluvias ocasionó inundación y erosión fluvial que afectaron terrenos de cultivo, viviendas, carretera asfaltada Sivia-Llochegua en un tramo 20 m.

- 8) El sector Tutumbaru, por presentar recurrencia por movimientos en masa como: deslizamientos, derrumbes, huaicos y erosión de ladera, así como peligros geohidrológicos como inundación y erosión fluvial, se considera como un **zona crítica y de peligro inminente** ante lluvias extraordinarias.
- 9) En la margen izquierda del río Piene, se tiene un deslizamiento antiguo, que se reactivó a manera de derrumbe, el material suelto se desplazó hacia el cauce y generó un represamiento parcial, este evento condicionó la generación de procesos de erosión fluvial en la margen izquierda, que afectó la plataforma de carretera asfaltada.
- 10) La quebrada Tutumbaru, genera flujos de detritos (huaicos), en el último periodo lluvioso se activó y afectó dos viviendas que se encuentra ubicadas cerca al cauce, como también a la infraestructura del puente.

RECOMENDACIONES

- 1) Realizar un programa integral de forestación, con plantas nativas, evitar la quema indiscriminada de la cobertura vegetal, en laderas inestables.
- 2) El cauce del río Sivia, en el tramo que pasa cerca al poblado, después de cada periodo de lluvia se debe realizar labores de descolmatación, dragado y encausamiento.
- 3) Realizar el mantenimiento de las defensas ribereñas actuales y de ser necesario remplazar por muros de concreto.
- 4) No se debe permitir la ocupación de viviendas o considerar como área de expansión urbana cerca al cauce de río Sivia.
- 5) En la quebrada Piscopata, se debe realizar limpieza y descolmatación después de cada periodo de lluvias.
- 6) Realizar el mantenimiento y rehabilitación de las defensas ribereñas en la quebrada Piscopata.
- 7) No se debe permitir la ocupación de viviendas o considerar como área de expansión urbana cerca al cauce de la quebrada Tutumbaru. Además, solicitar a la Autoridad Nacional del Agua la delimitación de la faja marginal.
- 8) Realizar limpieza y descolmatación de la quebrada Tutumbaru después de cada periodo de lluvias.
- 9) Los pobladores que se ubican cerca al cauce de ríos y quebradas y que están expuestos al peligro, deben organizarse y poner en práctica un sistema de alerta temprana, que permita informar rápidamente a los pobladores, señalar las rutas de evacuación en caso de producirse un evento de gran magnitud.

REFERENCIAS

- Monge R.; Valencia, M. y Sánchez, J. (1998). Geología de los cuadrángulos de Llochegua, río Picha y San Francisco. INGEMMET, Serie A: Carta Geológica , Boletín N° 120, 253 Pág.
- 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, 404p.
- Cruden, D. M., Varnes, D. J., (1996). Landslide types en processes, en Turner, K., y Schuster, R. L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, national Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75.
- Núñez Juarez, S. (2011). Peligros de erosión fluvial, inundación y huaicos en el sector de Sivia, Informe Técnico N° A6449 Geología Ambiental y Riesgo Geológico – INGEMMET. Pág 34


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

ANEXO

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Deslizamientos y erosión de laderas

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 (PMA 2007). En la zona se observan deslizamientos de tipo **rotacional** (PMA 2007) y **traslacional** (Cruden & Varnes, 1996) (figura 16).

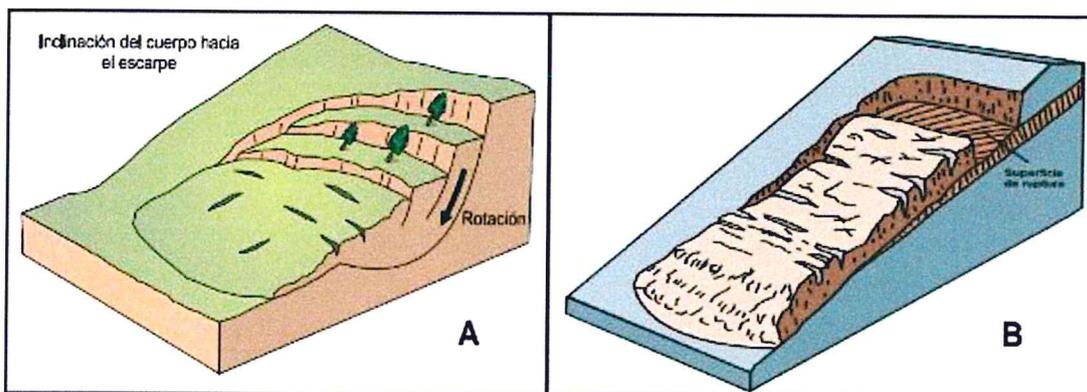


Figura 16. A. Esquema de deslizamiento rotacional (PMA 2007) B. Esquema de deslizamiento traslacional (USGS 2004).

Las **cárcavas** (figura 17) 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.

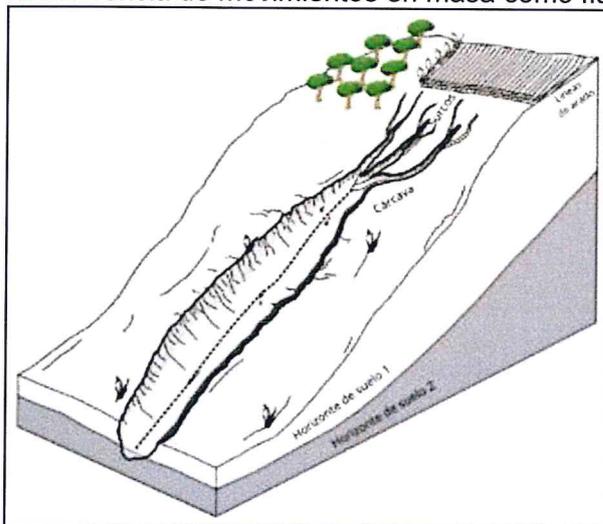


Figura 17. Esquema de cárcavas formadas por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi *et al.*, 2011)

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 18). 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 (Hungar, 2005).

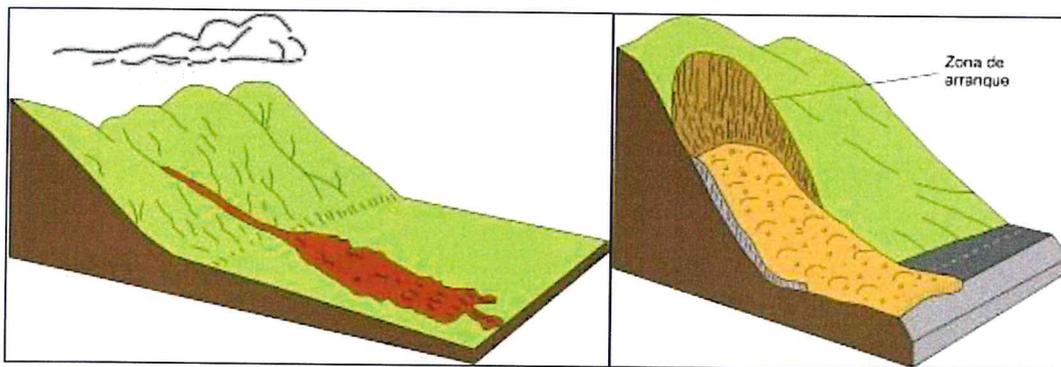


Figura 18. (a) Esquema de flujos canalizado y (b) no canalizados, según Cruden y Varnes (1996).