



**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

INFORME TÉCNICO N° A6720

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS
EN EL SECTOR DE
MARIPOSA Y SANTA ANA**

(Distrito Pampa Hermosa, provincia Satipo, departamento Junín)



Por:

**Carlos Luza Huillca
Boris Santos Romero**

JULIO 2016



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Aspectos generales	1
1.3 Objetivos	2
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	2
2.1 Rocas intrusivas	2
3. PELIGROS GEOLÓGICOS	6
3.1 Caída	6
3.2 Flujos	10
3.3 Deslizamientos	11
3.4 Erosión e inundación fluvial	12
4. MEDIDAS CORRECTIVAS	14
CONCLUSIONES	17
RECOMENDACIONES	18
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1.3 Objetivos

Evaluar los peligros geológicos que afectan los sectores de Mariposa y Santa Ana, determinar sus causas de su ocurrencia.

Las medidas correctivas propuestas servirán para que las autoridades puedan actuar apropiadamente en la prevención y mitigación del desastre acontecido en el sector evaluado.

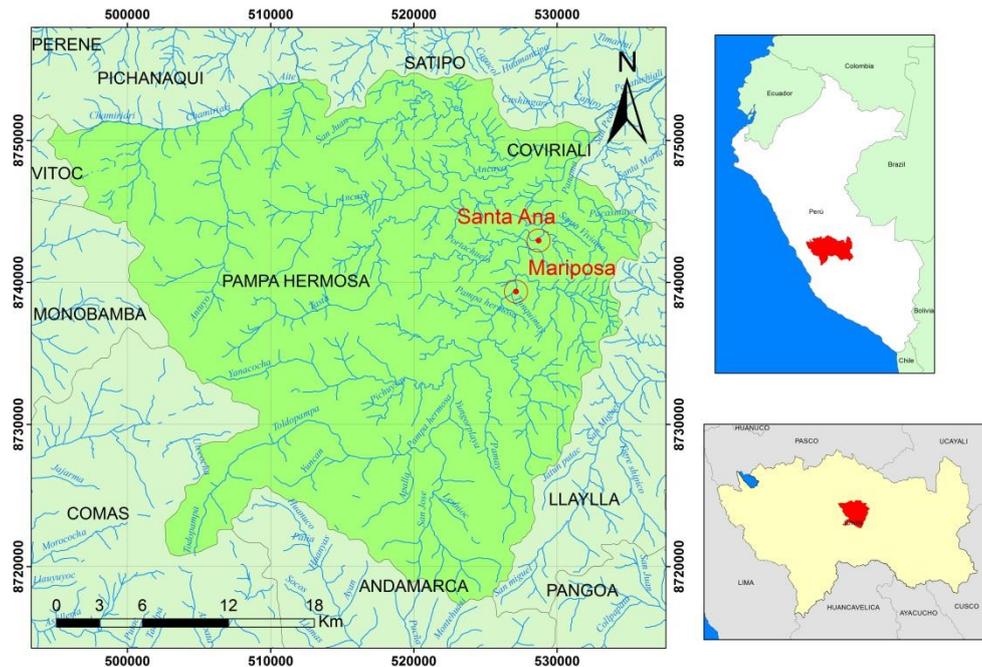


Figura 1. Ubicación de los sectores Mariposa y Santa Ana

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

De acuerdo a los estudios de LAGESA CFGS-INGEMMET (1997) en este sector se tienen rocas de naturaleza ígnea de edades paleozoicas y mesozoicas, así como depósitos recientes los cuales se encuentran cubiertos por una espesa vegetación.

2.1 Rocas intrusivas

a) Granitoides del Paleozoico Inferior

Constituido por un gran cuerpo intrusivo eohercínico emplazado con dirección NNO-SSE, de naturaleza alcalina a calcoalcalina el cual es la base para los depósitos sedimentarios (LAGESA, 1997).

Estos granitoides antiguos se encuentran constituidos por granitos color gris claro de textura equigranular, se observa un bandeamiento de sus minerales asociado al tectonismo (LAGESA, 1997), se encuentran completamente meteorizados y muy fracturados, originando suelos arenosos.



Foto 1. Afloramiento de granito junto a la carretera en el sector Santa Ana.

b) Granitoides del Permo-Triásico

Constituido por un cuerpo batolítico que presenta la misma orientación NNO-SSE de los granitoides del paleozoico. Su composición es mayormente granitos con eventos secundario cuarzo monzoníticos, granodiorítico, diorítico y tonalítico.

Afloramientos de este cuerpo se observan en la trocha de acceso al sector de Mariposa conformado por dioritas y granodioritas.



Foto 2. Vista de afloramientos de granodioritas cubiertos por vegetación.

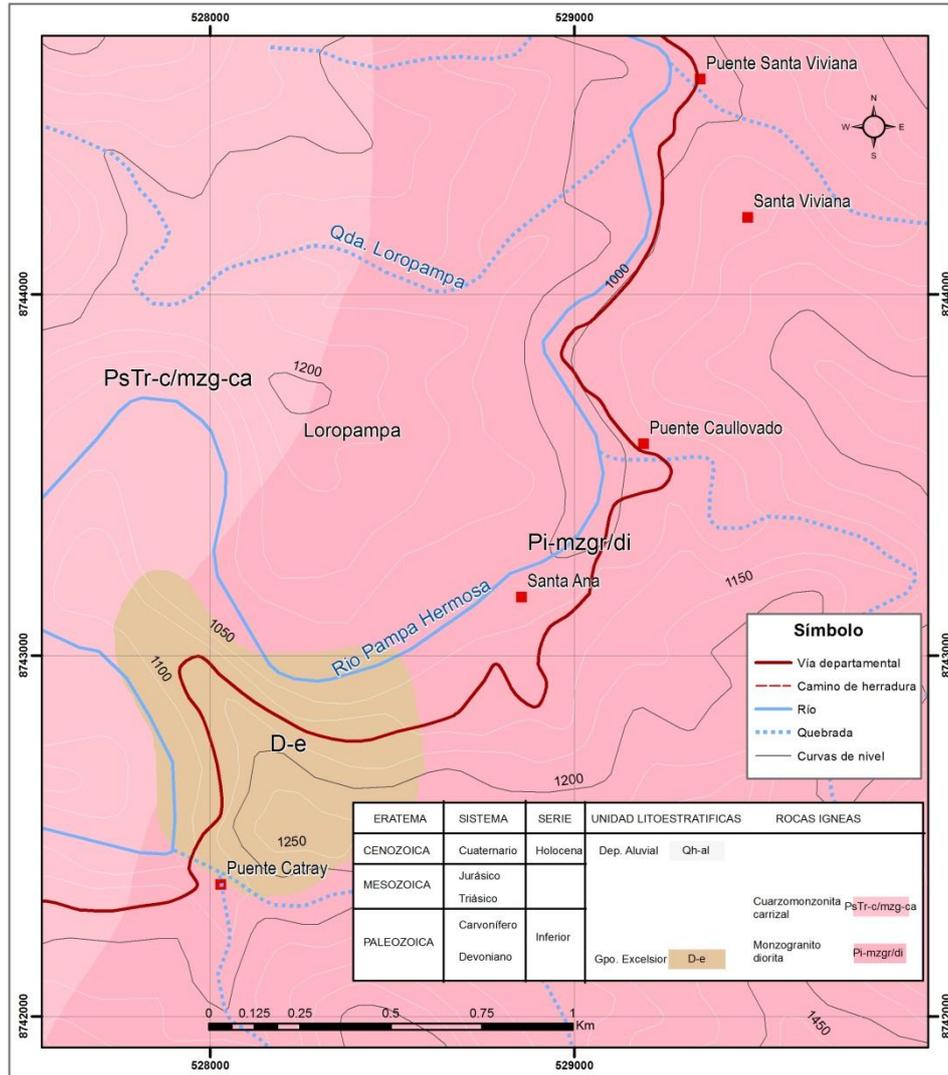


Figura 2. Mapa geológico regional (Fuente LAGESA, 1997).

c) Depósitos aluviales

Estos depósitos se distribuyen a lo largo del río Pampa Hermosa (foto 3), formando terrazas, el material está conformado por gravas y arenas mal seleccionadas con matriz areno-limosa mostrando una baja consolidación.

Sobre estos depósitos generalmente están ocupados por viviendas o son usados como terrenos de cultivo (foto 4).



Foto 3. Depósitos fluviales sobre el cauce y márgenes del río Pampa Hermosa.



Foto 4. Vista de terraza aluvial junto al río Pampa Hermosa

d) Depósitos coluviales

Son los depósitos de talud y laderas, producto de la descomposición y disgregación de la roca, movilizados por la gravedad, se componen de fragmentos de roca sueltos de formas subangulosos a angulosos, mal seleccionadas, inmersos en una matriz areno arcillosa, sin ninguna o poca consolidación, tienen poca resistencia en seco (foto 5).

Los cortes de la carretera y en las quebradas muestran que estos depósitos, en su mayoría han sido cubiertos por una densa vegetación.



Foto 5. Vista de depósitos coluviales producto de la desintegración natural de suelo.

Geomorfológicamente el sector de Santa Ana se ha desarrollado sobre la ladera de una colina intrusiva, con pendientes entre los 30° a 50°. Las cimas son de formas onduladas cubiertas por una vegetación densa; se encuentran atravesadas por el río Pampa Hermosa.

3. PELIGROS GEOLÓGICOS

El término 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).

En el mes de diciembre del 2015, en el sector de Satipo se presentaron lluvias extraordinarias que detonaron movimientos en masa (derrumbes y deslizamientos) que afectaron principalmente el sector de Mariposa. Como también se generaron procesos de erosiones fluviales.

3.1 Caída

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o de varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5 x 10¹ mm/s (Figura 4).

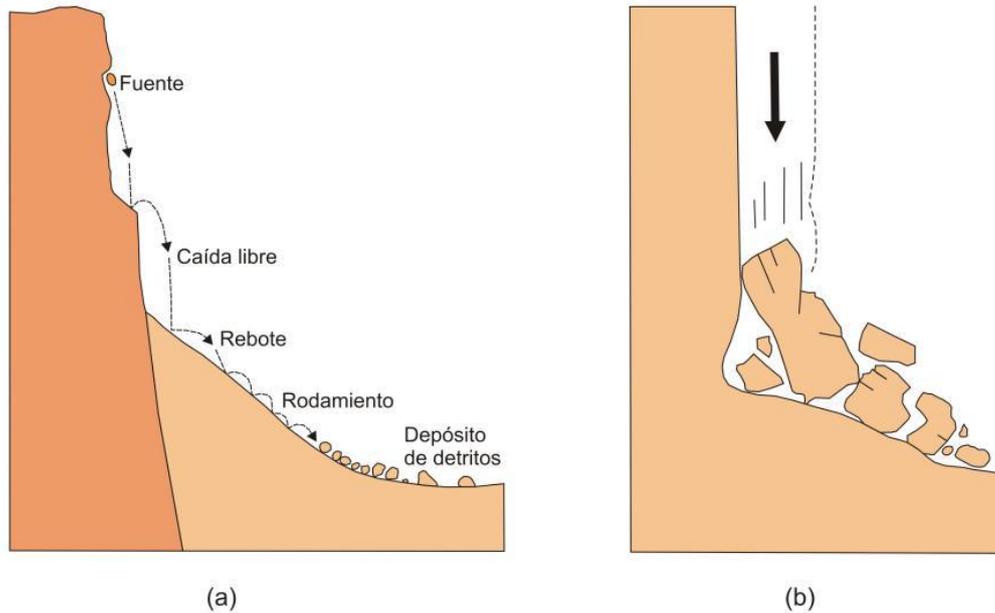


Figura 4. (a) esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento como colapso.

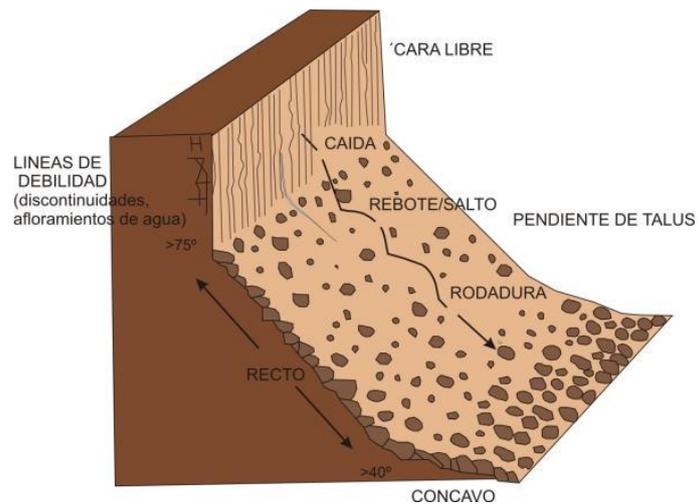


Figura 5. Esquema de un derrumbe.

a) Derrumbes

Caída violenta de material, se puede dar tanto en macizos rocosos como depósitos de cobertura.

A lo largo de la trocha que va el sector de Santa Ana y Mariposa, se apreciaron derrumbes que han afectado a viviendas y vías de acceso.

Se caracterizan por tener longitudes hasta de 30 m, con alturas máximas de 35 m, la pendiente del terreno es de 35°. La escarpa es de forma irregular. La inestabilidad aun continua, se aprecia en el talud material suelto que puede ser removido nuevamente.

Causas:

- Roca intrusiva de mala calidad, se encuentra completamente meteorizada, no se distingue su estructura original, apenas se puede apreciar los planos de diaclasamiento, genera suelo arenoso de fácil remoción.
- Pendiente de las laderas de 30° a 45°, lo cual lo hace inestable (foto 6).
- Intensa deforestación que permite que la filtración de agua de lluvia con mayor intensidad al suelo (foto 7).
- Suelo areno-limoso, que permite la filtración de agua y retención del agua, lo cual lo vuelve inestable. El suelo es color pardo oscuro, con contenido de gravas y clastos angulosos.
- Mal sistema de drenaje de las aguas pluviales, en algunos casos se encuentran obstruidos (foto 8).
- Corte de talud para la construcción de la trocha, lo cual ha desestabilizado la ladera, al igual se aprecia en los cortes realizados para la construcción de viviendas. (foto 9).
- En sectores se apreció que el río Pampa Hermosa ha generado erosión fluvial, afectando al talud, ello ha roto el equilibrio de la ladera (foto 6), trayendo consigo el derrumbe. Esto se apreció al NO del poblado Santa Ana.



Foto 6 Laderas con fuerte pendiente.



Foto 7. Vista trocha afirmada Santa Bibiana – Santa Ana.



Foto 8. Obras de desagüe inconclusas y canales obstruidos con agua.



Foto 9. Vista de derrumbe de suelo que afecta viviendas.

En la zona inestable, en el borde del talud, se tienen viviendas de dos, ellas podrían colapsar (foto 10).



Foto 10. Vista de vivienda localizada junto a la cancha deportiva y al borde del talud.

3.2 Flujos

Es un movimiento rápido de una masa de suelo, en el cual una combinación de suelo suelto, roca, materia orgánica, aire y agua presentan un comportamiento semejante a un fluido y se desplazan aguas abajo (USGS, 2004).

A estos eventos se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Pueden originarse a partir de otros procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978). Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aun si la pendiente es mayor.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo se tienen flujos de detritos (huaycos), de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc.

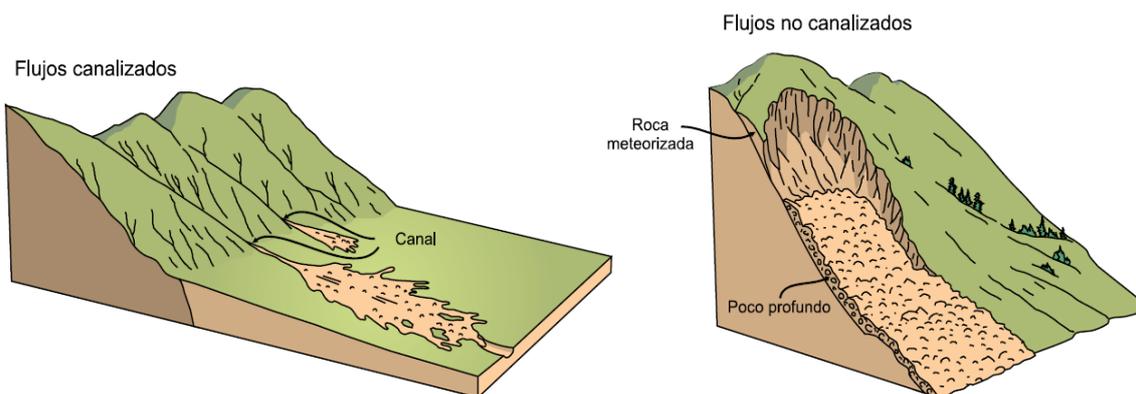


Figura 6. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996).

En este tipo de procesos se muestra una zona de inicio que forma un embudo, una zona de transición o tránsito y una zona de depositación en abanico como se muestra en la Figura 7 (Bateman et al 2006).

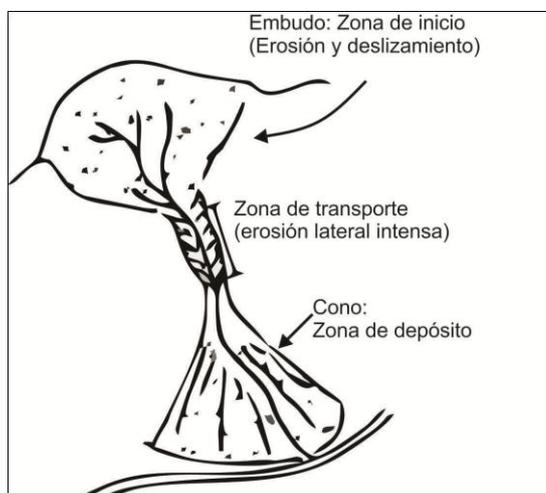


Figura 4. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman et al, 2006).

En el ingreso del sector de Santa Ana se encuentra la quebrada Chucho que durante los meses de diciembre a marzo presenta flujos de detritos que obstruyen la carretera. Por versiones de los pobladores, en el año 2010, en el sector de Mariposa se registró un huayco (flujos de detritos) proveniente del cerro Botaina, el cual afectó la escuela Carlos Noriega Jiménez y centro poblado (foto 11).

Por lo observado en campo, en el sector los flujos son condicionados por:

- a) Roca de mala calidad, ello permite una rápida erosión, por lo tanto un rápido incremento de material suelto hacia el cauce de la quebrada.
- b) Material de fácil transporte acumulado en el terreno.
- c) Pendiente del terreno, en la parte alta menor de 15° , y en la parte inferior menor de 2°

El factor detonante fueron las intensas precipitaciones pluviales.



Foto 11. Huayco del 2010 en el sector Mariposa (Fuente: Amadeo Suarez)

3.3 Deslizamientos

Es un movimiento 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: GCA, 2007).

Se observó un deslizamiento traslacional (foto 12), que afecta a la trocha afirmada que conduce al sector de Mariposa (526608 E; 8738990 N). Este evento tiene una altura de 49 m y ancho de 40 m y pendiente de 46° , el material deslizado es suelo arenolimoso, color pardo claro.

La masa deslizada, discurrió por un plano de diaclasamiento de la roca que está a favor de pendiente. La roca en este sector se muestra altamente a moderadamente meteorizado, el espaciamiento entre fracturas es menor de 3 m, es decir de maciza a poco fracturada.

Las causas de evento son:

- a) Corte de talud para la trocha carrozable.
- b) Escasa vegetación que permite la infiltración de aguas.
- c) Pendiente entre 25 a 30°.
- d) Diaclasamiento de la roca a favor de la pendiente.
- e) Contacto entre suelo y roca, siendo el primero inestable.

El factor detonante fueron las lluvias.



Foto 2. Vista de deslizamiento en la carretera hacia el sector Mariposa.

Dadas las características de inestabilidad existentes, como fracturamiento de la roca a favor de la pendiente, talud inestable por corte y suelo inconsolidado; hace suponer, que los movimientos en masa se desencadenaran ante lluvias constantes.

Se pueden generar nuevos eventos relacionados a derrumbes, flujos de lodos y detritos. En este sentido se hace necesaria la aplicación de medidas correctivas a fin de estabilizar y mitigar posibles riesgos debido a estos eventos y peligros geológicos.

3.4 Erosión e inundación fluvial

En el sector Santa Rosa el 4 de diciembre del 2015, se produjo una avenida extraordinaria del río Omairo, que ocasionó erosión fluvial en su margen izquierda, afectó la trocha afirmada Santa Rosa - La Florida (Foto 33), en un tramo de 50 m.

También se presentaron inundaciones que afectaron áreas de cultivo (foto 14).



Foto 33. Trocha afirmada afectada por la erosión fluvial.

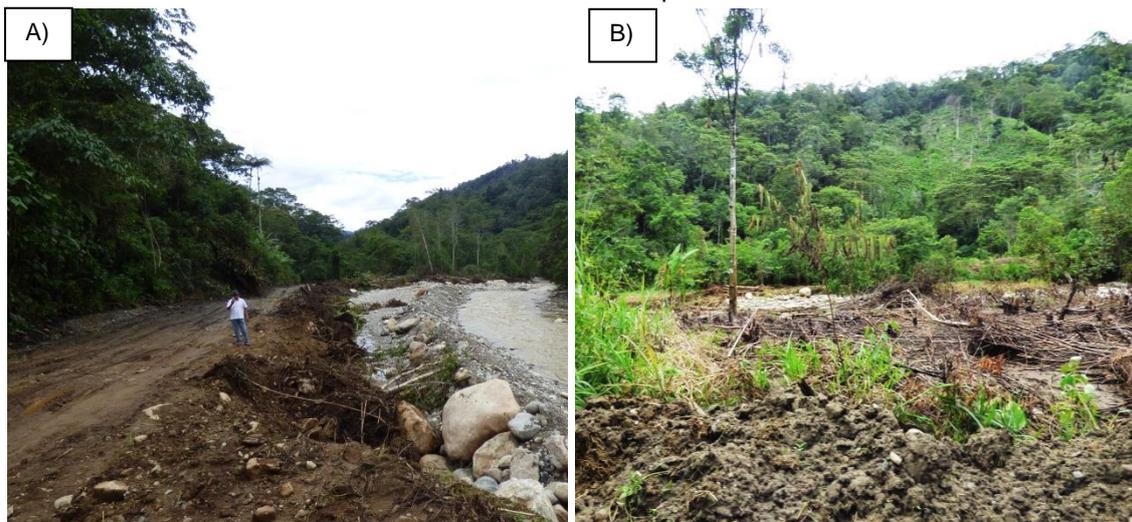


Foto 44. A) Vía Santa Rosa - La Florida inundada y restaurada, B) Cultivos dañados por la avenida del río.

El Sector Santa Ana, es disectado por el río Pampa Hermosa, presenta terrazas bajas (menores a 3 m), son zonas muy susceptibles a inundaciones y erosiones fluviales. En el año 2008, en la margen derecha del río Mariposa se construyeron defensas ribereñas, gaviones, los cuales han colapsado recientemente por la erosión del río (foto 15). El tramo afectado es 10 m.



Foto 15. Vista de gaviones colapsados, en la margen derecha río Pampa Hermosa.

En este último sector se tienen viviendas y una escuela (foto 16), muy próximos a la margen derecha del río Pampa Hermosa, no cuentan con defensas ribereñas, pueden ser afectadas ante una crecida extraordinaria del río. Además se apreció que el terreno sobre el cual se encuentran asentadas, es fácilmente erosionable.



Foto 16. Vista del I.E.I. Carlos Noriega muy próximo al cauce del río Pampa Hermosa

4. MEDIDAS CORRECTIVAS

a) Para la erosión fluvial

En este caso se debe:

- Realizar el mantenimiento y limpieza del río Pampa Hermosa, para que se establezca un cauce definido.
- Reemplazar las defensas ribereñas o muros que muestren deterioro o no presenten un diseño adecuado; se pueden usar gaviones o muros de concreto.

Gaviones

Las presas de gaviones son estructuras permanentes, flexibles y permeables construidas a base de prismas rectangulares de alambre galvanizado denominados gaviones, los cuales se rellenan de piedra con el objeto de formar el cuerpo de la obra que constituye la presa de control. Las mallas de alambre que forman el gavión presentan la forma de un hexágono entrelazado con triple torsión y de peso por metro cúbico de gavión constante (López y Oropeza, 2009). Figura 8 y foto 17.

Dentro de las principales ventajas de los gaviones se tiene las siguientes:

- Su costo de elaboración es relativamente bajo.
- No requiere de una cimentación.
- Son flexibles adaptándose al terreno.
- Son estructuras drenantes.
- Montaje fácil y rápido, no requiriendo de una mano especializada.
- Trabajan por gravedad.

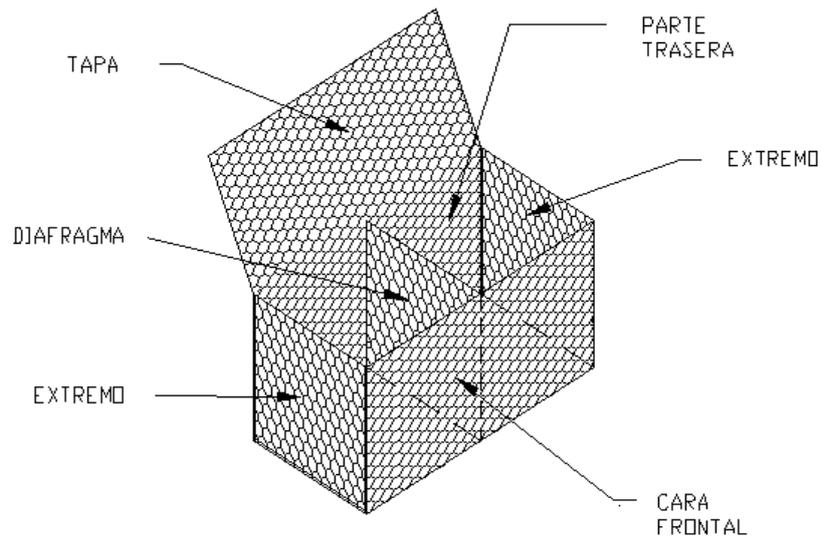


Figura 8 Esquema de un gavión



Foto 17. Vista de gaviones protegiendo las riberas de un río.

b) Para la erosión de laderas

En este caso donde sea posible efectuar el “banqueamiento o banqueteo” en las laderas de las cabeceras de las quebradas o complementando a estas se podría efectuar la construcción de diques y muros de contención o disipadores de energía en el cauce de las quebradas (figura 9).

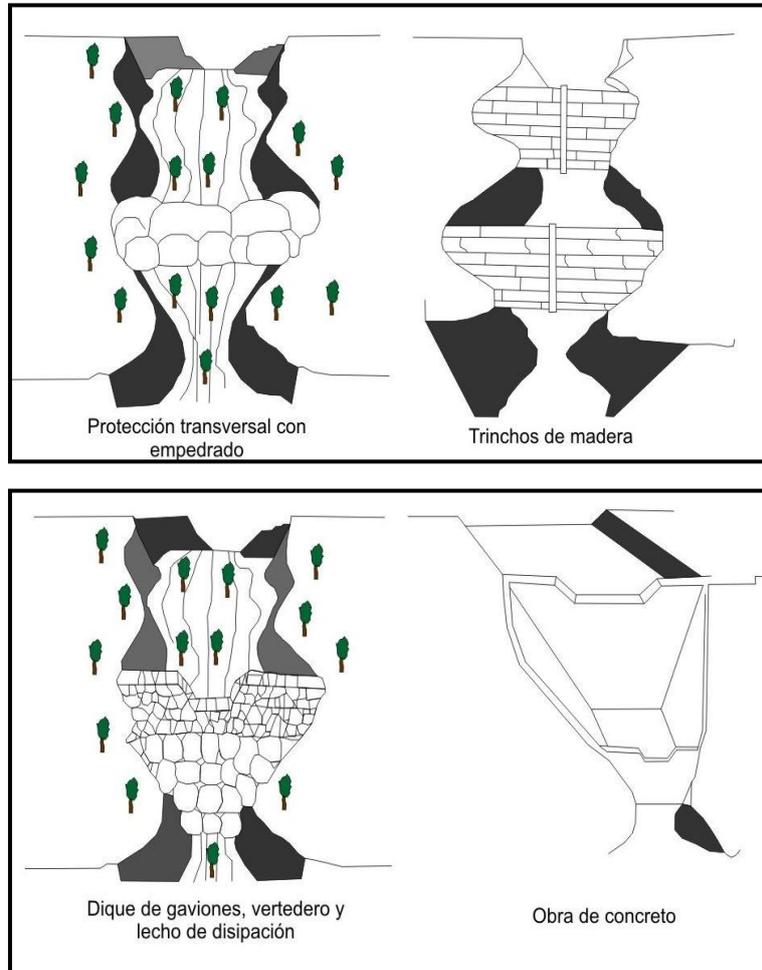


Figura 9. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas (CENICAFÉ, 1975).

La forestación de las cabeceras (figura 10) y las áreas inestables podría ayudar a mitigar el efecto erosivo de las aguas.

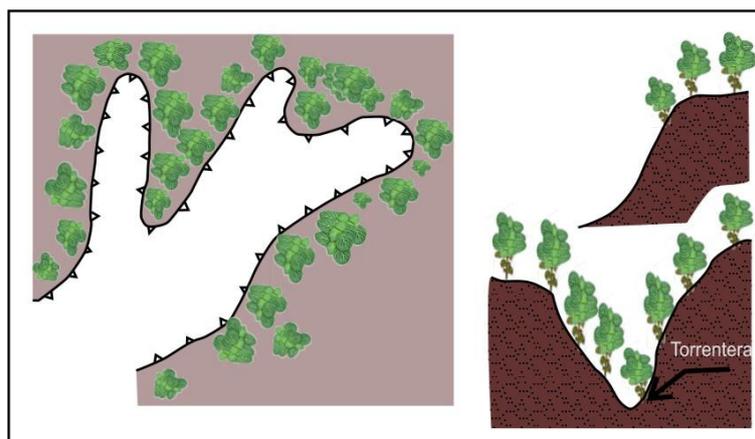


Figura 10. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

CONCLUSIONES

1. Por los movimientos en masa y procesos de inundaciones y erosiones fluviales entre el sector de Pampa Santa Ana-Mariposa, se le considera como geodinámicamente activa, zona crítica, de **peligro inminente ante lluvias intensas**.
2. Los movimientos en masa (derrumbes, flujo de detritos y deslizamientos) registrados en los sectores de Santa Ana y Mariposa fueron condicionados principalmente por:
 - Presencia de rocas intrusivas de mala calidad, de fácil remoción. Además presentan un sistema de diaclasamiento a favor de la pendiente.
 - Suelos conformados por arena y limo, ello permite la filtración y retención de agua en su cuerpo, lo cual lo vuelve inestable.
 - Laderas con pendiente entre 30° a 35°, que permite que el material suelto disponible en ella se remueva fácilmente.
 - Intensa deforestación, escasa vegetación escasa o de raíces superficiales.
 - Actividad antrópica, como la obstrucción de canales fluviales, viviendas sobre los bordes de los taludes, cortes de talud para construcción de trochas afirmadas y viviendas, ocupación antrópica en zonas bajas inundables, etc.

Estos movimientos de masa tienen como principal detonante las intensas lluvias, que ocurren en los meses de diciembre a marzo.

3. El derrumbe en el sector Santa Ana, se debe principalmente a la obstrucción de los canales de desagüe y la escasa vegetación, ello permite la acumulación e infiltración de aguas de escorrentía, para que fluyan hacia las zonas bajas, disminuyendo la resistencia al corte del suelo por el incremento de la humedad.
4. El deslizamiento ocurrido en la trocha afirmada hacia el sector de Mariposa se debió por corte de talud para la trocha afirmada, diaclasamiento de la roca a favor de la pendiente. Como factor detonante las precipitaciones pluviales.
5. Dado que las condiciones de inestabilidad en la zona de estudio son intrínsecas, los movimientos en masa continuarán, afectarán vías de acceso y viviendas ubicadas sobre el talud, así como aquellas que se localicen en las cercanías de los ríos.

RECOMENDACIONES

1. En el derrumbe observado en sector Santa Ana, se debe de colocar un muro de contención de concreto o de gaviones hasta la base de las gradas, colocación de drenes subhorizontales para extraer el agua del subsuelo.
2. En el caso de los derrumbes observados en el sector de Mariposa y en la trocha afirmada Viviana – Santa Ana debe banquetear y reforestar. Actividad que debe ser dirigida por un profesional.
3. Los terrenos de cultivo que están en las terrazas bajas, los sembríos deben estar orientados a estacionales, podrían ser de corta duración, para evitar que sean dañados en tiempos de lluvias.
4. Efectuar trabajos de canalización y obras de drenaje en las quebradas Chucho para direccionar los flujos que interrumpen la trocha afirmada a Santa Ana Mariposa.
5. Para evitar la erosión fluvial e inundaciones de debe realizar limpieza y reencauzamiento del río Pampa Hermosa y Omairo, posteriormente se debe de reemplazar las defensas ribereñas colapsadas.
6. Ejecutar trabajos de defensas ribereñas mediante el uso de enrocado y/o gaviones en ambas márgenes de los ríos Pampa Hermosa y Omairo, la base de las defensas deben construirse por debajo del nivel del cauce del río.
7. Dar mantenimiento periódico a la trocha afirmada, limpiando cunetas y drenajes, creando también registro de las condiciones procesos erosivos o de ocurrencia de derrumbes.
8. Realizar la señalización de las zonas que presenten constantes movimientos de masa, de forma que se advierta el peligro que representa. Esto puede realizarse colocando de un aviso o letrero.
9. Construcción de drenaje pluvial en los centros poblados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bateman, B., Medina, V. Steiner, F. y Velasco, D. (2006). **Estudio experimental sobre flujos granulares hiperconcentrados**. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marina y Ambiental de Universidad Politécnica de Cataluña. España. En: XXII Congreso Latinoamericano de hidráulica ciudad Guayana, Venezuela. Octubre 2006. AIHR-AIIH. 10 p.

Corominas, J., y Yague, A., (1997). **Terminología de los Movimientos de Laderas**. Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, IV, Granada.

Cruden, D. M., 1991, **A Simple definition of a landslide**. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, v. 43, p. 27-29.

Cruden, D., y Varnes, D. (1996). **Landslide Types and Processes**. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.

Hungr, O., y Evans, S. (2004), **Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism**. Geological Society of America Bulletin, v. 116, p. 1240-1252.

LAGESA (1997). **Geología de los cuadrángulos de Satipo (23-n) y Puerto Prado (23-ñ)**. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional N° 66. 254 pp.

López, R. y Oropeza, J. (2009). **Presa de Gaviones**. México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección general de Apoyos Para el Desarrollo Rural. (Consulta: Julio 2016). En <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/10%20Presas%20de%20gaviones.pdf>

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.

United States Geological Survey - USGS (2004). **Land slide type and processes - Fact Sheet**. 2004-3072. 4p.

Varnes, D. J. (1978). **Slope movement types and processes**. In: Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.