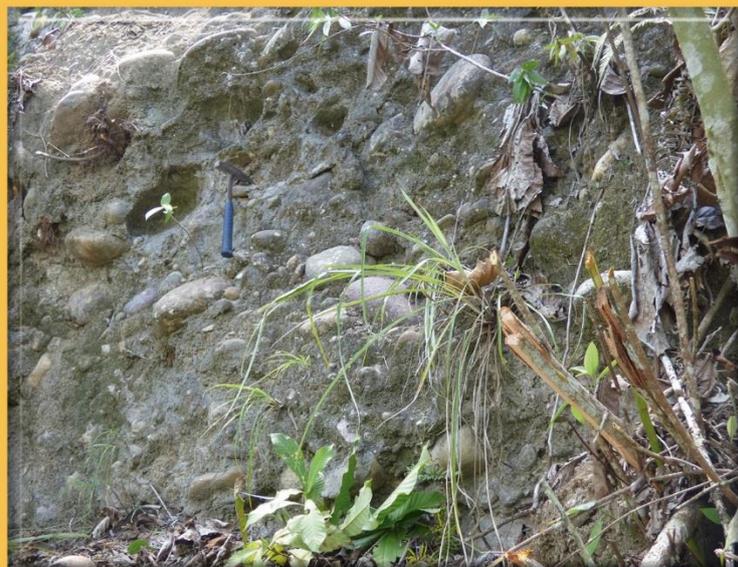


Informe Técnico N° A6822

# PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS LOCALIDADES DE SAN GENARO SAN BERNARDO Y LOMA LINDA

Región Junín  
Provincia y Distrito Chanchamayo  
Parajes San Genaro - San Bernardo y Loma Linda



SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ  
JULIO LARA CALDERÓN

AGOSTO  
2018

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

## CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....                                    | 2  |
| <b>2. ASPECTOS GENERALES</b> .....                              | 2  |
| <b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....                        | 5  |
| <b>4. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....                             | 5  |
| <b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....                             | 9  |
| 5.1 Erosión de laderas (cárcavas) .....                         | 11 |
| 5.2 Deslizamiento .....   | 15 |
| <b>6. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS</b> ..... | 19 |
| 6.1 Para erosión de laderas .....                               | 19 |
| 6.2 Para flujos de detritos y lodo .....                        | 20 |
| 6.3 Para deslizamientos.....                                    | 21 |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....                                       | 24 |
| <b>RECOMENDACIONES</b> .....                                    | 25 |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                         | 26 |
| <b>ANEXO: GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....                        | 27 |

# “PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS LOCALIDADES DE SAN GENARO-SAN BERNARDO Y LOMA LINDA”

(Distrito y provincia Chanchamayo, región Junín)

## 1. INTRODUCCIÓN

La Gerencia de Desarrollo Urbano y Rural de la municipalidad provincial de Chanchamayo, mediante Oficio N° 131-2017-GDUR/MPCH, se dirige al presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando se realice un informe técnico sobre peligros geológicos en los sectores Pampa del Carmen (Cerro San Genaro) y San Carlos (Cruz de Motupe).

El presente informe técnico, que se pone en consideración del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), se basa en la inspección geológica realizada en campo, en la interpretación de imágenes satelitales de diferentes años, así como la información disponible de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET; incluye textos, ilustraciones fotográficas, así como conclusiones y recomendaciones.

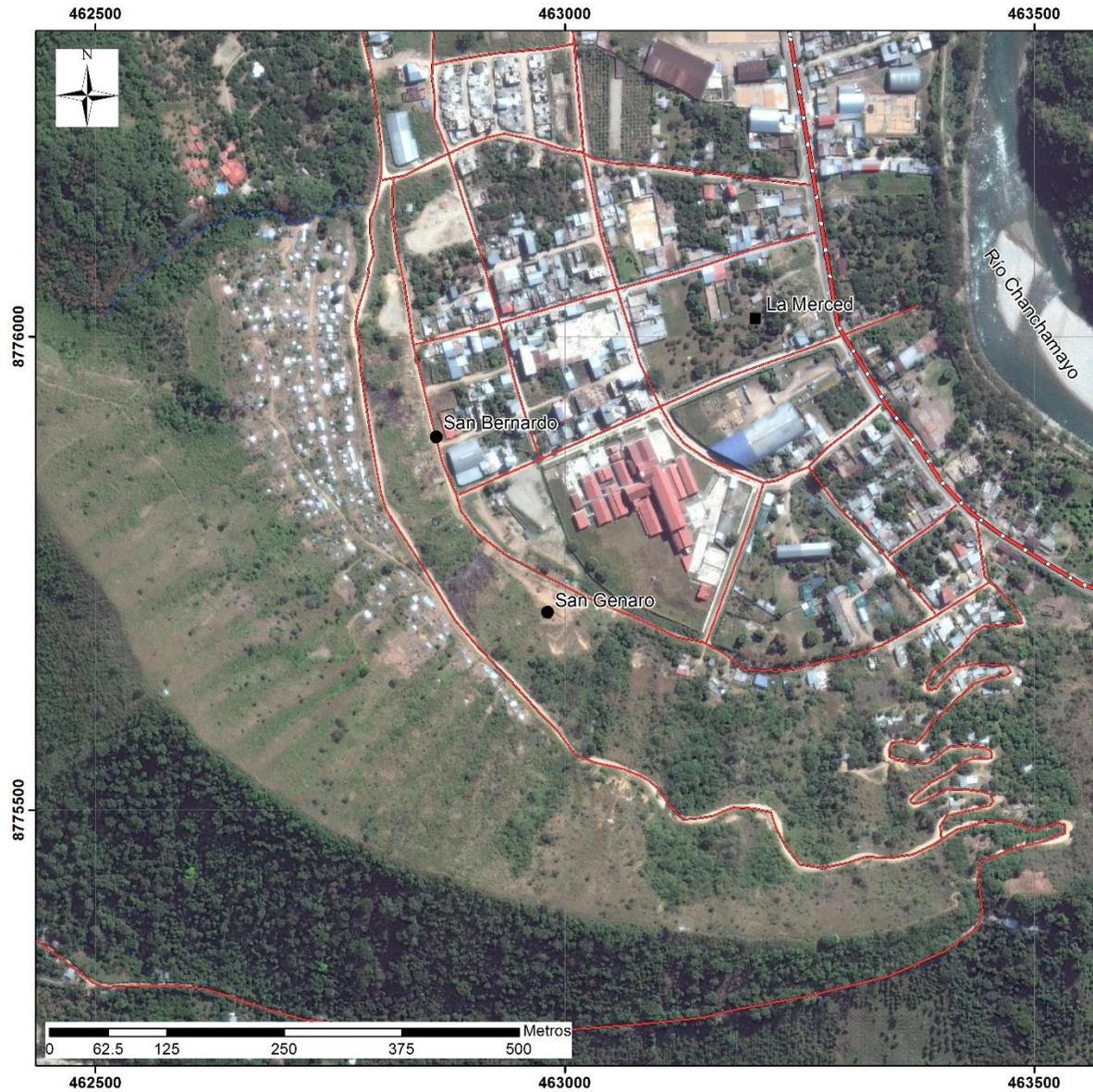
El objetivo de este informe es evaluar los peligros geológicos que podrían afectar los sectores de San Genaro-San Bernardo y Loma Linda (distrito y provincia Chanchamayo, región Junín) así como las causas de su ocurrencia.

El director del área de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, asignó al Ing. Segundo Núñez Juárez y al Geólogo Julio Lara, para realizar la evaluación del respectivo sector.

## 2. ASPECTOS GENERALES

Las localidades de San Genaro y San Bernardo que pertenecen al sector Pampa del Carmen, políticamente se encuentran ubicadas en el distrito Chanchamayo, provincia Chanchamayo en el departamento de Junín. Geográficamente se encuentran sobre el cerro San Genaro, ubicado en la margen derecha del río Chanchamayo (figura 1). Hacia el norte, se ubica Loma Linda que pertenece al sector San Carlos, (figura 2), con coordenadas centrales UTM (WGS 84-Zona 17 Sur):

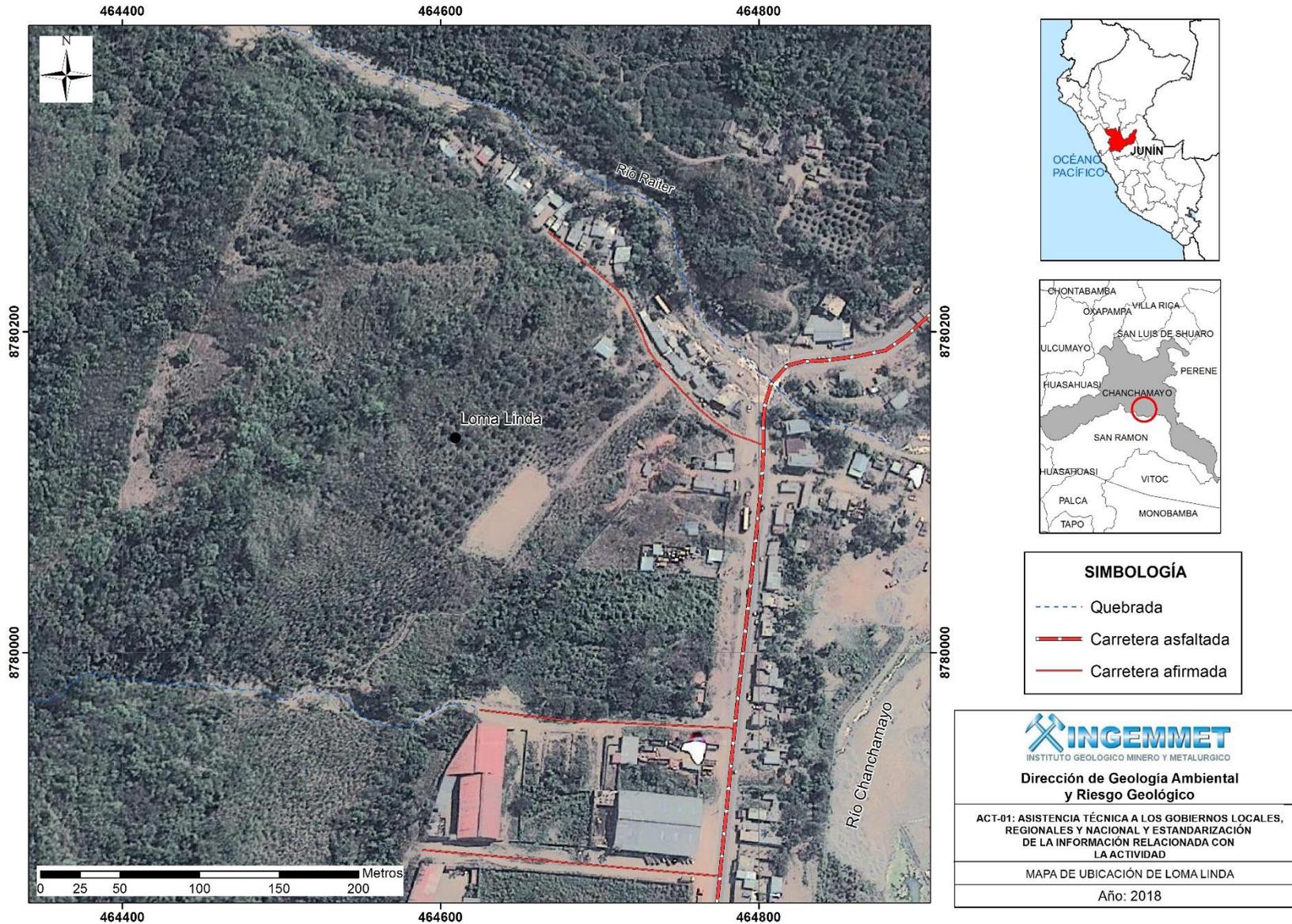
| San Genaro            | San Bernardo          | Loma Linda            |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Norte: 8 775 693      | Norte: 8 775 932      | Norte: 8 780 126      |
| Este: 462 855         | Este: 462 718         | Este: 464 604         |
| Altitud: 818 m s.n.m. | Altitud: 819 m s.n.m. | Altitud: 786 m s.n.m. |



| SIMBOLOGÍA |                     |
|------------|---------------------|
|            | Quebrada            |
|            | Carretera asfaltada |
|            | Carretera afirmada  |

|   |
|---|
| <br>INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO<br><b>Dirección de Geología Ambiental<br/>                 y Riesgo Geológico</b>                      |
| ACT-01: ASISTENCIA TÉCNICA A LOS GOBIERNOS LOCALES,<br>REGIONALES Y NACIONAL Y ESTANDARIZACIÓN<br>DE LA INFORMACIÓN RELACIONADA CON<br>LA ACTIVIDAD |
| MAPA DE UBICACIÓN DE SAN GENARO Y SAN BERNARDO  |
| Año: 2018   |

Figura 1



| SIMBOLOGÍA |                     |
|------------|---------------------|
|            | Quebrada            |
|            | Carretera asfaltada |
|            | Carretera afirmada  |

|   |
|---|
| <br>INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO  |
| <b>Dirección de Geología Ambiental<br/>                 y Riesgo Geológico</b>  |
| ACT-01: ASISTENCIA TÉCNICA A LOS GOBIERNOS LOCALES,<br>REGIONALES Y NACIONAL Y ESTANDARIZACIÓN<br>DE LA INFORMACIÓN RELACIONADA CON<br>LA ACTIVIDAD |
| MAPA DE UBICACIÓN DE LOMA LINDA   |
| Año: 2018   |

Figura 2.

Estas localidades están situadas en el piso altitudinal entre 500 a 2300 m.s.n.m. Presentan un clima tropical, caracterizado por una temperatura media anual de 23.2 °C y una precipitación acumulada anual de 1829 mm. La precipitación más baja se da en el mes de junio, con un promedio de 70 mm y la mayor cantidad de precipitación ocurre en febrero, con un promedio de 236 mm, figura 3.

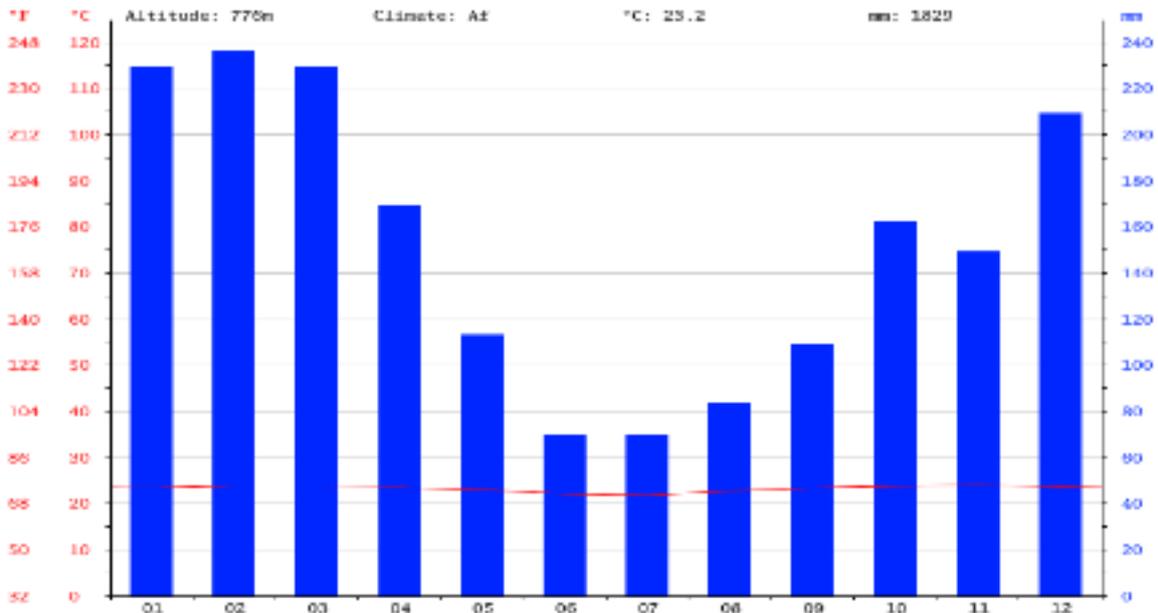


Figura 3. Climograma. Fuente: Climate-Data.org

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Las zonas de estudio se extienden sobre la Faja subandina; caracterizada por presentar un relieve suave con pendiente moderada y crestas subredondeadas. La altura promedio corresponde a los 808 m s.n.m.

Se encuentran sobre colinas sedimentarias, con laderas de pendientes que pueden variar entre 30° a 40°, presentan cumbres de formas suaves y abruptas. En las zonas de estudio se pueden apreciar claramente colinas sedimentarias disectadas, formando piedemontes coluvio-deluvial y aluvial, como también valles aluviales.

### 4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Tomando como referencia la cartografía del cuadrángulo de La Merced 23-m (Monge *et al.*, 1996), en las zonas de estudio afloran conglomerados (Formación La Merced), rocas intrusivas del tipo monzogranito-sienogranito (San Ramón) y granodiorita (Tarma), así como materiales del Cuaternario (depósitos aluviales), figuras 4 y 5.

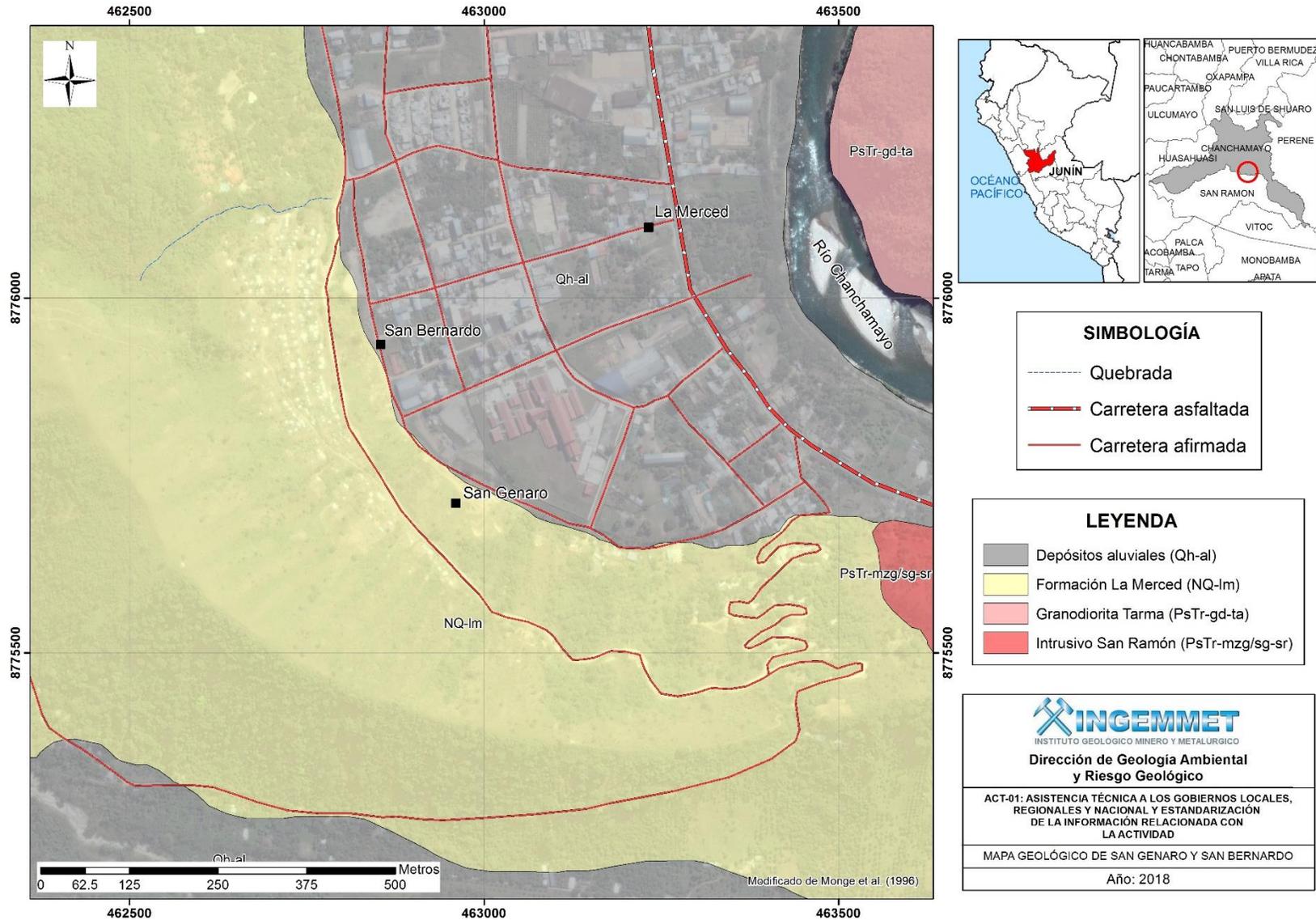
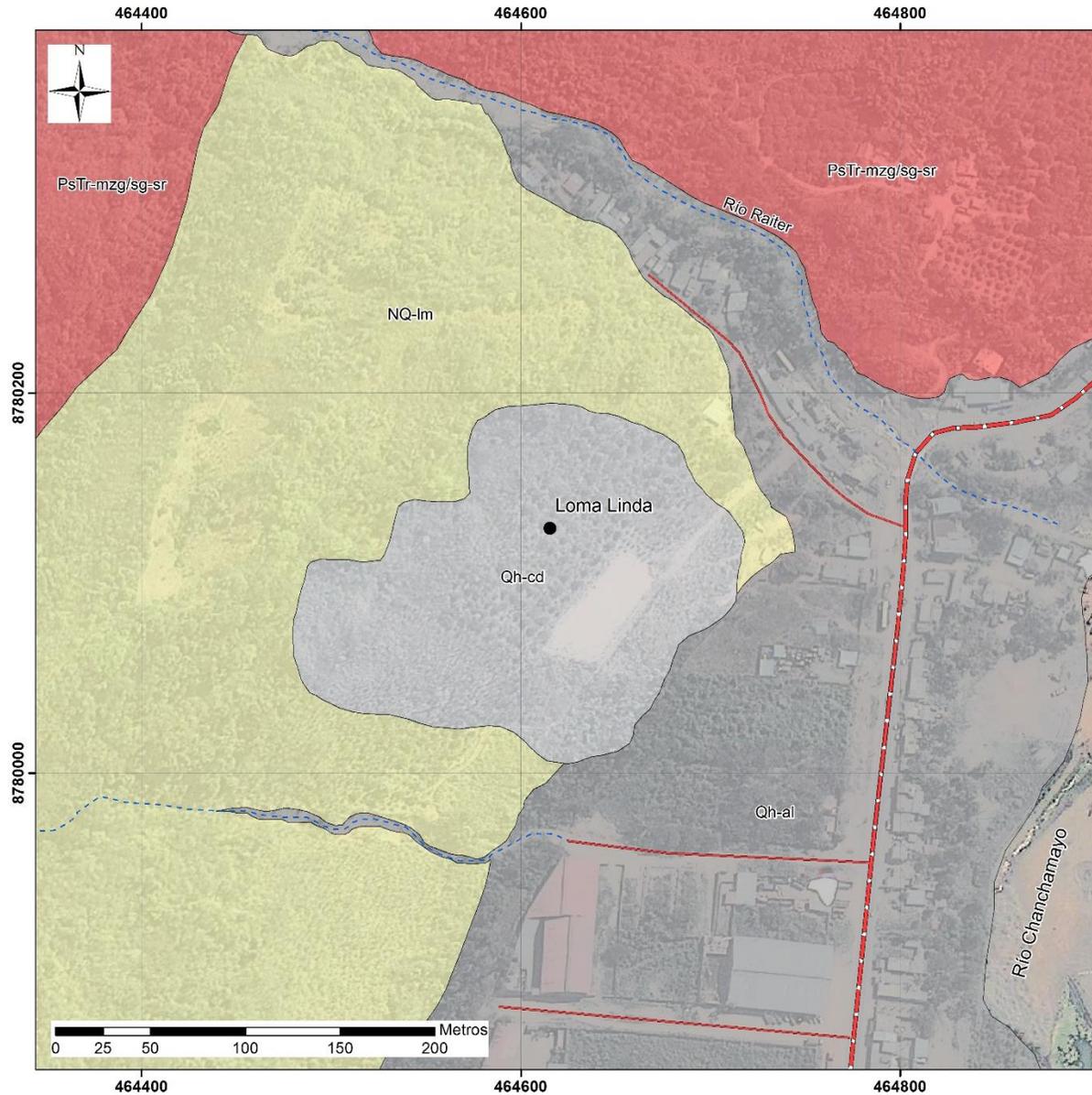


Figura 3: Geología del sector de San Genaro y San Bernardo



**SIMBOLOGÍA**

- - - Quebrada
- - - Carretera asfaltada
- Carretera afirmada

**LEYENDA**

- Depósitos coluvio-deluviales
- Depósitos aluviales (Qh-al)
- Formación La Merced (NQ-lm)
- Intrusivo San Ramón (PsTr-mzg/sg-sr)

**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

**Dirección de Geología Ambiental  
 y Riesgo Geológico**

ACT-01: ASISTENCIA TÉCNICA A LOS GOBIERNOS LOCALES,  
 REGIONALES Y NACIONAL Y ESTANDARIZACIÓN  
 DE LA INFORMACIÓN RELACIONADA CON  
 LA ACTIVIDAD

MAPA GEOLÓGICO DE LOMA LINDA

Año: 2018

Figura 4: Geología del sector de Loma Linda

*Granodiorita Tarma:* Este intrusivo está conformado por granodioritas, color claro de grano grueso de cuarzo, plagioclasa y feldespatos en menor proporción, la biotita y hornblenda están distribuidas uniformemente.

La roca se encuentra moderadamente meteorizada y mediamente fracturada, se generan bloques sueltos hasta de 1 m de diámetro. Se pueden generar caída de rocas

*Monzogranito-sienogranito San Ramón:* El batolito San Ramón aflora a lo largo de la margen derecha del río Chanchamayo. Este macizo está constituido por granitos de biotita más hornblenda (foto 1).

La roca se encuentra moderadamente meteorizada y de poco a mediamente fracturada, se generan bloques sueltos hasta de 1 m de diámetro. Se pueden presentar caída de rocas.



Foto 1. Afloramiento del Batolito San Ramón en la margen derecha del río Chanchamayo

*Formación La Merced:* Es una secuencia conglomerádica del tipo piedemonte, conformada por conglomerados polimícticos, cuyos litoclastos corresponden a calizas, granitos, areniscas, andesitas y metamórficos, de formas subredondeadas a redondeadas, con tamaño de hasta 50 cm de diámetro y envueltos en una matriz limoarenosa con cemento arcilloso o calcáreo. Entre la secuencia conglomerádica se reconocen estratos de areniscas de grano grueso y lodolitas de color gris (foto 2).

La roca se encuentra moderadamente a altamente meteorizada.

En esta unidad se generan procesos de erosiones de ladera, deslizamientos y derrumbes.



Foto 2. Conglomerados de la Formación La Merced identificados en los alrededores de las localidades de San Genaro y San Bernardo.

*Depósitos coluvio-deluviales:* Se les reconoce por su geometría y son producto de deslizamientos, derrumbes y movimientos complejos, etc.; su fuente de origen es cercana. Están conformados por material generalmente grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla como matriz en menor proporción; generalmente se presentan sueltos a muy sueltos, pero pueden presentar algo de consolidación cuando son relativamente más antiguos, dependiendo de la matriz que los engloba.

Estos depósitos son altamente susceptibles a ser removidos y generar nuevos procesos de remoción en masa

*Depósitos aluviales:* Los materiales aluvionales se encuentran distribuidos en los valles y quebradas tributarias, depositándose material de escombros de gravas y conglomerados polimícticos mal clasificados unidos por una matriz arcillosa a arenosa. Son susceptibles a ser removidos por procesos de erosiones fluviales.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En la jurisdicción del distrito Chanchamayo, en las localidades de San Genaro y San Bernardo, se determinó que el peligro geológico que ocurre en la zona son erosión de laderas, flujos de detritos (figura 5). Mientras que en la localidad de Loma Linda se identificó un deslizamiento antiguo.

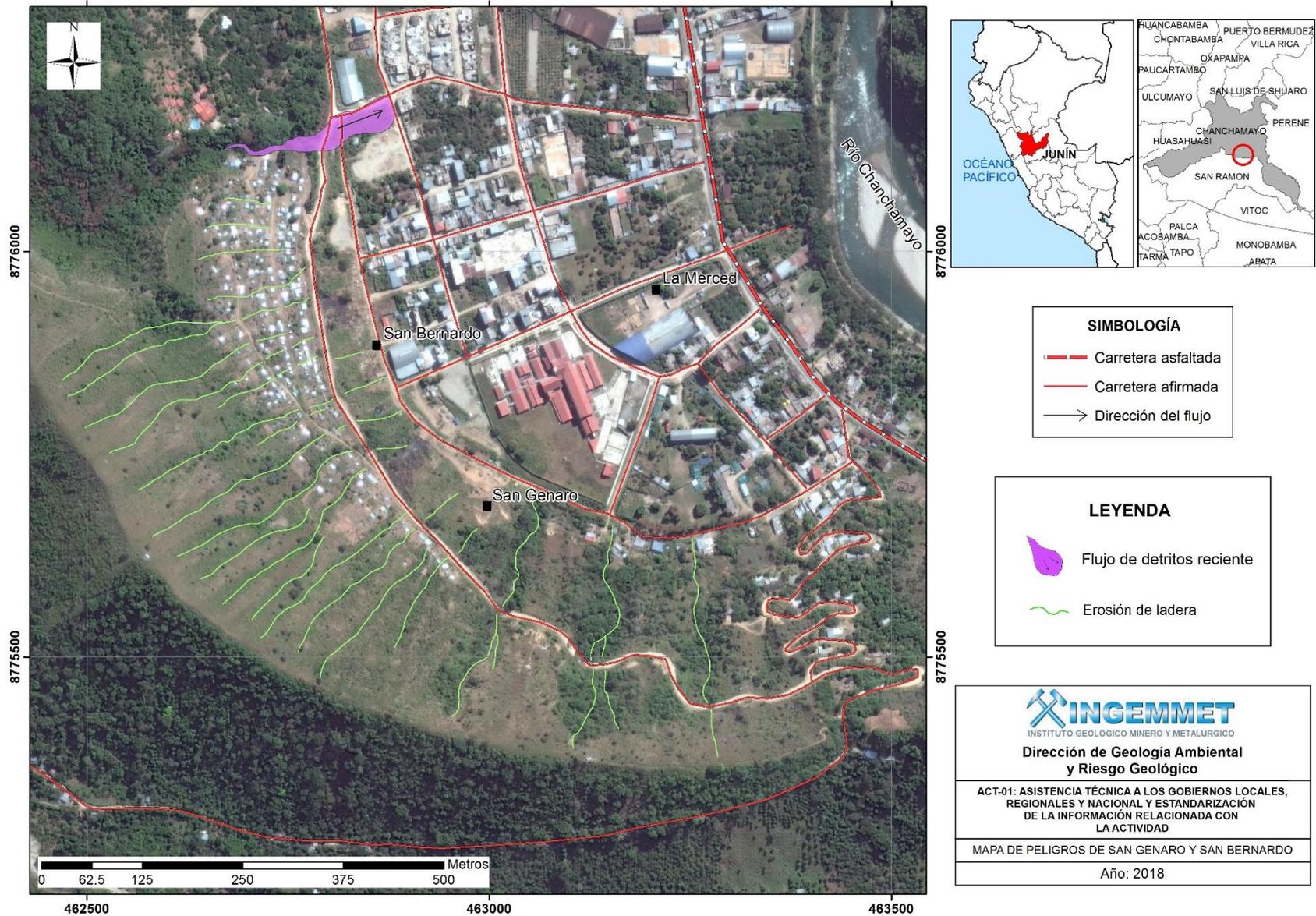


Figura 5. Mapa de peligros geológicos del sector de San Genaro y San Bernardo

## 5.1 Erosión de laderas (cárcavas)

### a) *Antecedentes del evento:*

Por la interpretación de imágenes satelitales del Google Earth periodos 2012-2016 en las laderas del cerro San Genaro (figuras 6 y 7), sobre las cuales se ubican la localidad del mismo nombre y además San Bernardo, se identificaron procesos de erosiones de laderas a manera de cárcavas. Este tipo de erosión, en los periodos de lluvias intensas, pueden reactivarse, generar derrumbes y flujos de lodo y/o detritos. Eventos que marcan la actividad geodinámica y su alto grado de susceptibilidad, a la que está expuesta la zona de estudio.

Las laderas del cerro San Genaro, están antropizadas, han realizado cortes de talud para la construcción de viviendas y accesos. Acciones que desestabilizan la zona.

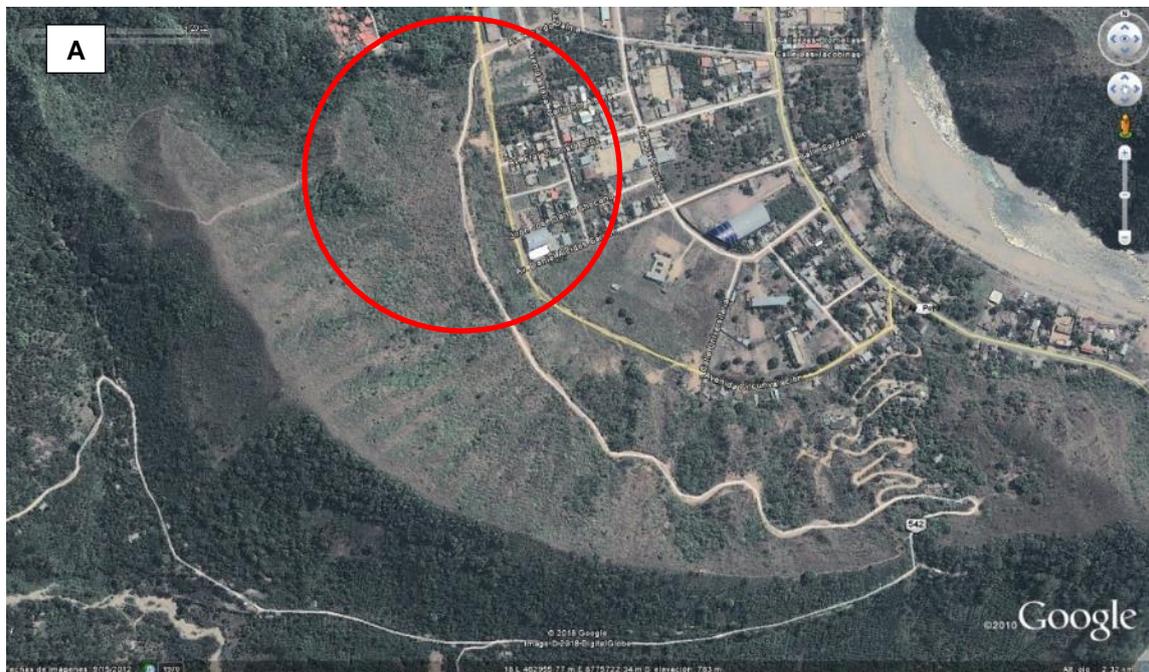


Figura 6.



Figuras 6 y 7. Imágenes comparativas de crecimiento poblacional en las laderas del cerro San Genaro. A) Laderas del cerro San Genaro sin viviendas en el año 2012. B) Actualmente estas laderas se encuentran invadidas (imagen año 2016)

*b) Factores condicionantes y detonantes*

Las erosiones de ladera, se generan por el agua de escorrentía. Las condiciones naturales del terreno (suelo o roca), expresadas en su grado de fracturamiento, meteorización y pendiente de las laderas. Son afectadas por lluvias cortas e intensas, o prolongadas o por la modificación del talud (Zavala, 2011).

En la zona de San Genaro, se identificó procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas, se disponen en forma paralela.

*c) Recurrencia del evento:*

La reactivación de las erosiones de ladera, así como la generación de flujos de detritos y lodo son condicionados por:

- Laderas con pendiente promedio de 35°, foto 03.
- El substrato rocoso, conformado por conglomerados polimícticos, los fragmentos de roca son de forma subredondeada y envueltos en una matriz limoarenosa con cemento arcilloso o calcáreo, foto 02. Materiales de mala calidad, se encuentran moderadamente a altamente meteorizadas.
- Las cárcavas al profundizar su cauce, desestabilizan su entorno, generando material suelto, que son vertidos sobre el cauce de la quebrada. En tiempos de lluvia intensa, estos materiales son movilizados aguas abajo, se canaliza y genera flujos. Prueba de ello es la terraza, donde se encuentra asentado el centro de Salud, que es parte del antiguo depósito, como también el material que se encuentra en las faldas del cerro.

El “detonante” en este caso corresponde a las precipitaciones pluviales intensas que se presentan entre los meses de diciembre a marzo.

En la actualidad, los flujos de agua o lodo, llegan hasta la zona urbana de La Merced, discurriendo por las calles.

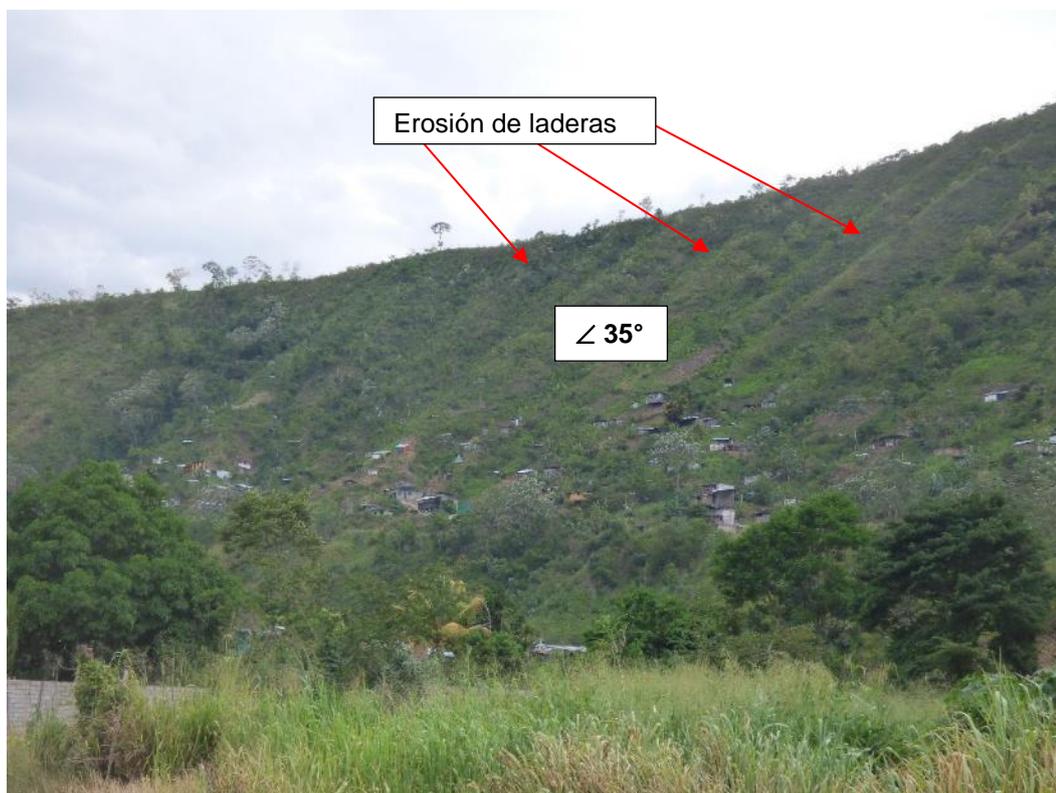


Foto 03: Laderas del cerro San Genaro con pendiente promedio de  $35^\circ$  sobre las cuales se observan las erosiones a manera de cárcavas.

d) Condiciones de estabilidad del terreno

Las laderas del cerro San Genaro, antes de ser ocupada por la población, se deberían tener en cuenta lo siguiente:

- La zona desde el punto de vista geológico es frágil, por tener una ladera con pendiente mayor de  $30^\circ$  y conformada por conglomerados no litificados y afectados por procesos de erosiones de ladera. Se encuentran moderadamente a altamente Fotos 4 y 5.
- Los cortes de talud para los accesos y viviendas, inadecuados desestabilizan la ladera.
- Las áreas con carcavamiento que no debió ser habitada.
- La ladera no cuenta con drenaje pluvial.
- Se observan viviendas sobre material removido. Foto 6.
- La zona se encuentra deforestada.

La población al ocupar los sectores de San Genaro y San Bernardo, no han tenido en cuenta las condiciones geológicas del terreno. Lo han realizado en forma desordenada, sin tener un criterio urbanístico, ocupando zonas de carcavamiento y zonas de relleno natural.



Foto 4. Viviendas ubicadas cercano a los procesos de carcavamiento



Foto 5. Se aprecian las laderas del cerro San Genaro con procesos de erosiones de ladera.



Foto 6. Viviendas ubicadas sobre material removido.

e) Daños probables:

Las viviendas de las localidades de San Genaro y San Bernardo, se encuentran sobre laderas inestables; se tienen casas construidas sobre pilotes de madera (foto 7), algunas de ellas ubicadas sobre los cauces de las cárcavas, las cuales podrían ser afectadas por los flujos de lodo o agua.

En el año 2012 tras fuertes lluvias, se generaron flujos de detritos y lodo que se canalizaron por las quebradas afectando la zona urbana de La Merced (viviendas y calles).

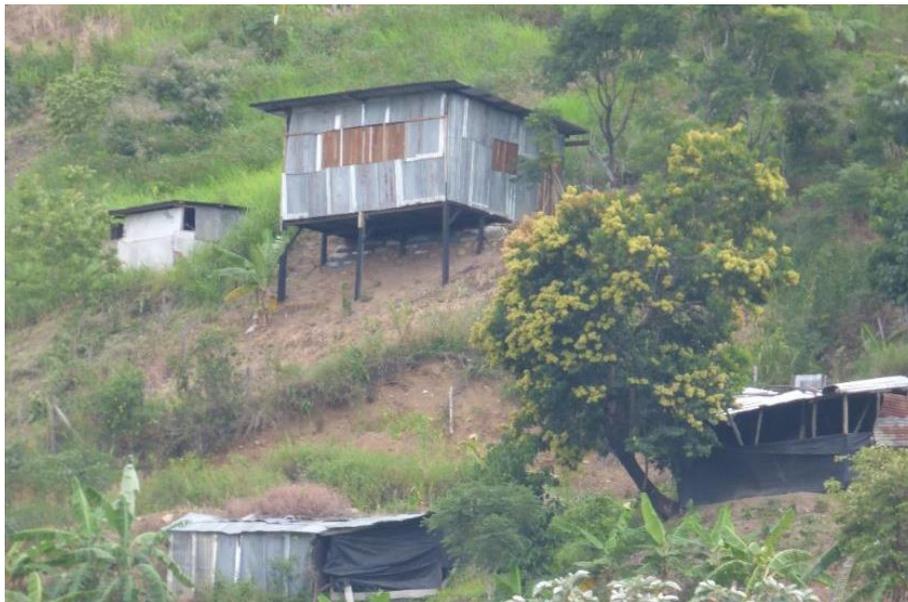


Foto 07: Casas construidas sobre pilotes de madera

## 5.2 Deslizamiento

a) Antecedentes del evento:

A partir de la interpretación de imágenes satelitales del Google Earth (periodos 2007-2012) en el sector San Carlos, específicamente en la localidad de Loma Linda, se lograron identificar flujos de detritos (antiguos y recientes), así como un deslizamiento antiguo (figura 8).

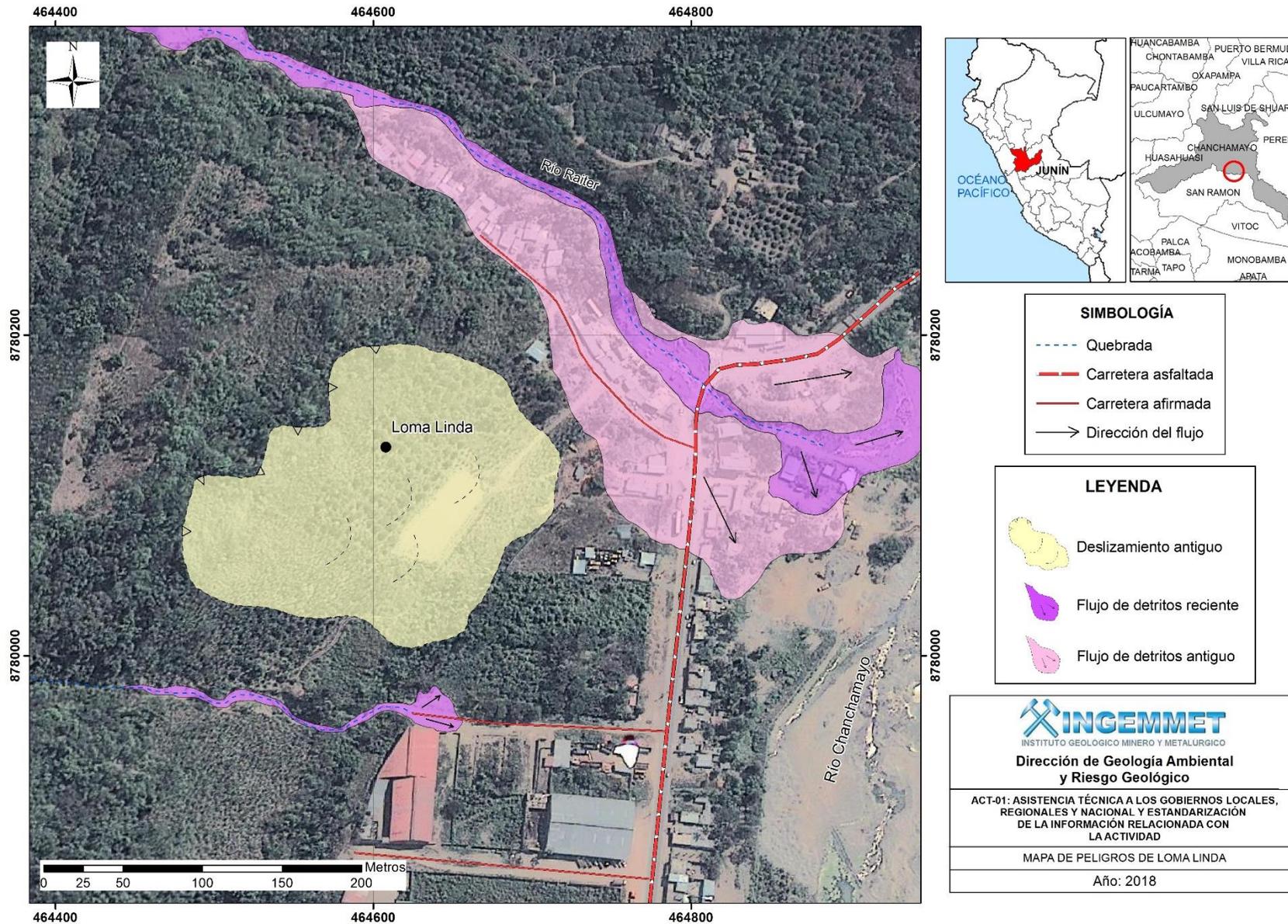


Figura 8. Mapa de peligros geológicos del sector de Loma Linda

b) Factores condicionantes y detonantes:

En este sector, el deslizamiento y los flujos de detritos, fueron detonados por las precipitaciones pluviales (fuertes lluvias), influye también la deforestación y cortes de talud.

Por las condiciones naturales del terreno (suelo o roca), expresadas en su grado de fracturamiento o meteorización y pendiente; el terreno puede desestabilizarse por lluvias cortas e intensas, o prolongadas o por la modificación del talud como el corte para un canal o carretera (Zavala, 2011).

c) Descripción del evento:

Se identificó un deslizamiento de tipo traslacional (fotos 8 y 9) en el sector Loma Linda, observándose también el escarpe de un deslizamiento antiguo. el movimiento en masa está condicionado y detonado por:

- La colina presenta ladera con pendiente promedio de 35°. Mientras que el cuerpo del deslizamiento forma una pendiente de aproximadamente 30°.
- El substrato rocoso, está conformado por conglomerados polimícticos de clastos aplanados, con forma redondeada a subredondeada y envueltos en una matriz limoarenosa con cemento arcilloso o calcáreo, éstas últimas son poco resistentes, foto 10.
- Las precipitaciones pluviales intensas que se presentan entre los meses de diciembre - marzo, funcionan como detonante.

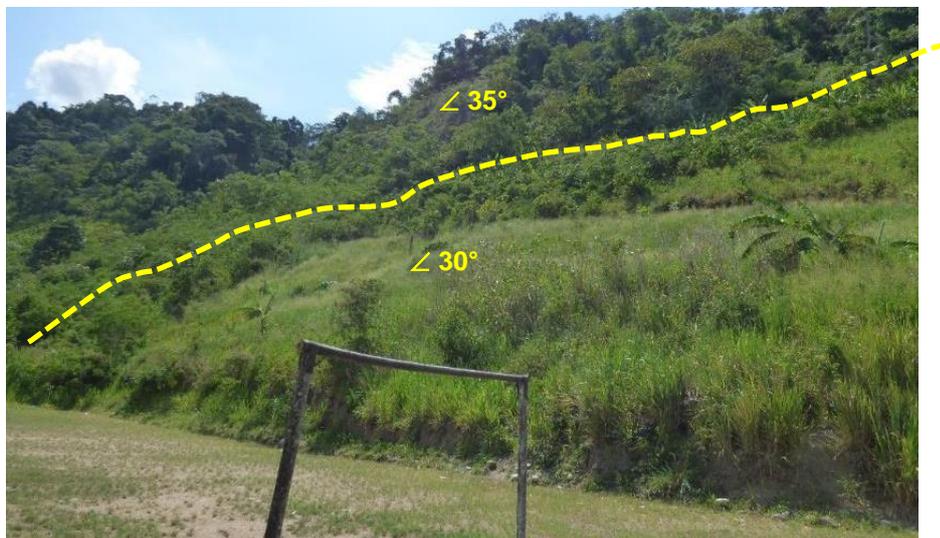


Foto 08. Pendiente del cuerpo del deslizamiento antiguo de aproximadamente 30°.



Foto 09. Deslizamiento antiguo identificado en Loma Linda.



Foto 10. Conglomerado La Merced en el cual se produjo el deslizamiento antiguo.

d) Daños probables:

El depósito del deslizamiento antiguo, constituye de terreno inestable, porque está conformado por material de naturaleza heterogénea, presenta materiales mezclados como gravas, arena, limo y arcilla. Se presentan sueltos a muy sueltos. Por ello, no se debe permitir la expansión urbana sobre esta zona, por las condiciones antes mencionadas y al peligro geológico identificado.

## 6. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de erosiones de laderas y flujos de detritos y lodo; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

La erosión de laderas y los flujos de detritos y lodo ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso. A continuación, se proponen algunas medidas para el manejo de estas zonas:

### 6.1 Para erosión de laderas

En zonas donde la erosión de laderas es aguda con presencia de cárcavas de gran amplitud, se debe aplicar prácticas de conservación y manejo agrícola como:

- Regeneración de la cobertura vegetal, de preferencia nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas, para asegurar su estabilidad.
- Empleo de zanjas de infiltración y desviación entre las principales
- Construcción de diques o trinchos transversales constituidos con materiales propios de la región como: troncos, ramas, etc. (figura 9).

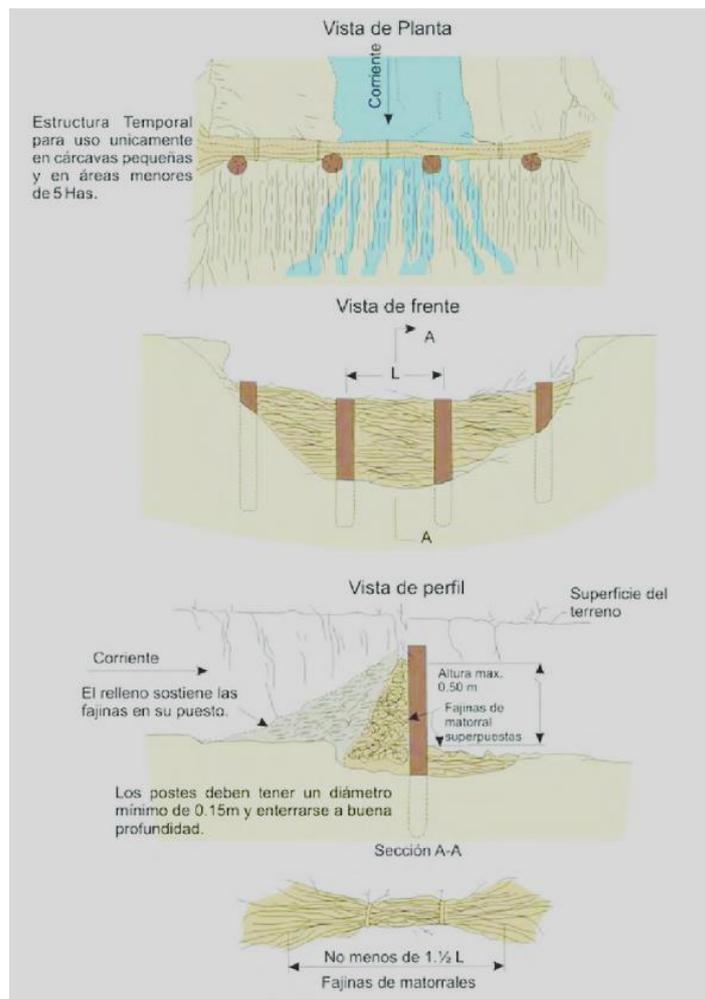


Figura 9. Trinchos transversales de troncos y fajinas de matorrales para proteger áreas de la erosión de laderas (Modificado de Valderrama y otros, 1964)

- Zanjas de infiltración articuladas.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal conformada por pastos, malezas y arbustos con fines de estabilizar el terreno y controlar la erosión. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos. Se recomienda además que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración construidas paralelas a las curvas de nivel.

## 6.2 Para flujos de detritos y lodo

En quebradas de régimen temporal donde se producen huaycos periódicos a excepcionales que pueden alcanzar grandes extensiones y pueden transportar grandes volúmenes de sedimentos gruesos y finos. Con el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzar el cauce principal de los lechos aluviales secos, retirando los bloques rocosos en el lecho y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales siempre y cuando dichos materiales sean de buenas características geotécnicas. Considerar siempre que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvias excepcionales o anómalas, o en presencia del Fenómeno El NIÑO.
- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos.
- Las obras de infraestructuras que atraviesen estos cauces secos deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta, evitándose obstrucciones y represamientos violentos.
- Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrear grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos (figura 10).

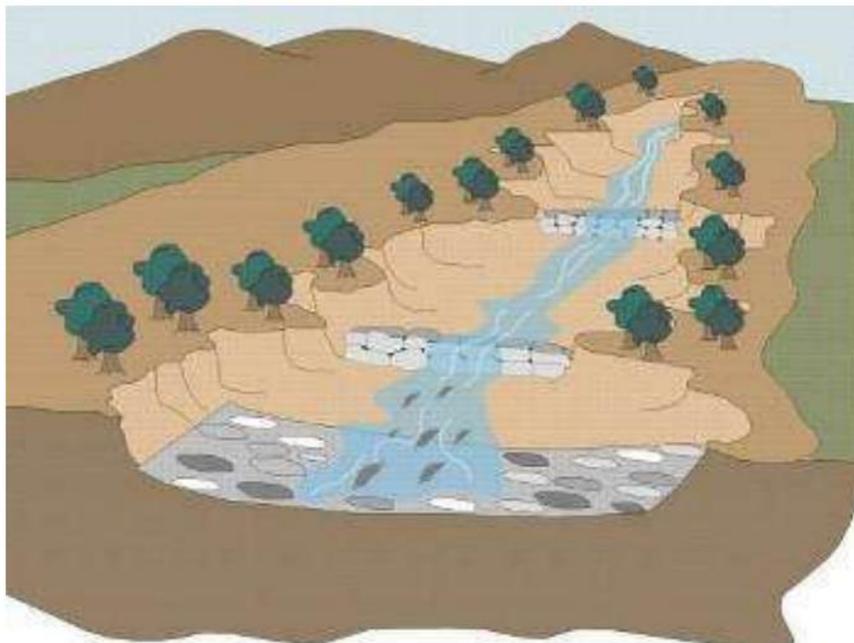


Figura 10. Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaycos (Fuente: INGEMMET, 2003).

### 6.3 Para deslizamientos

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.
- No construir 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 aspersión 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 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.
- Evitar el sobrepastoreo, Esto produce deterioro y destrucción de la cobertura vegetal; realizar manejo de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas

nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

- Construir zanjas de coronación en la corona o en la parte alta de un talud (figura 11). Estas interceptan y conducen adecuadamente las aguas lluvias y evitan 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.

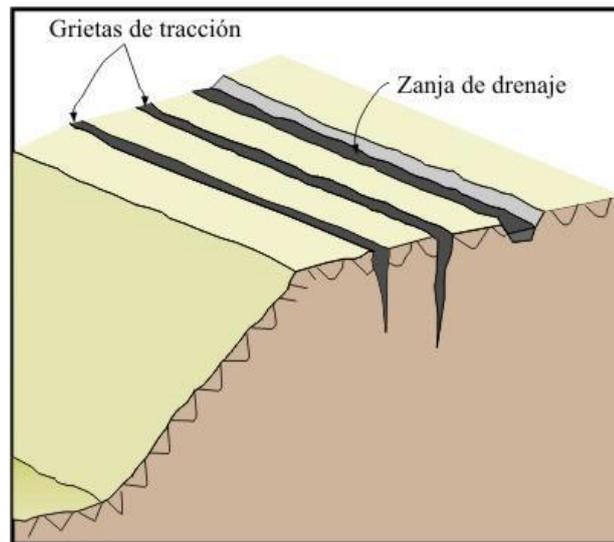


Figura 11: Canales de coronación

- Reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizar deben contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán 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.
- 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.
- 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 12). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración del agua.

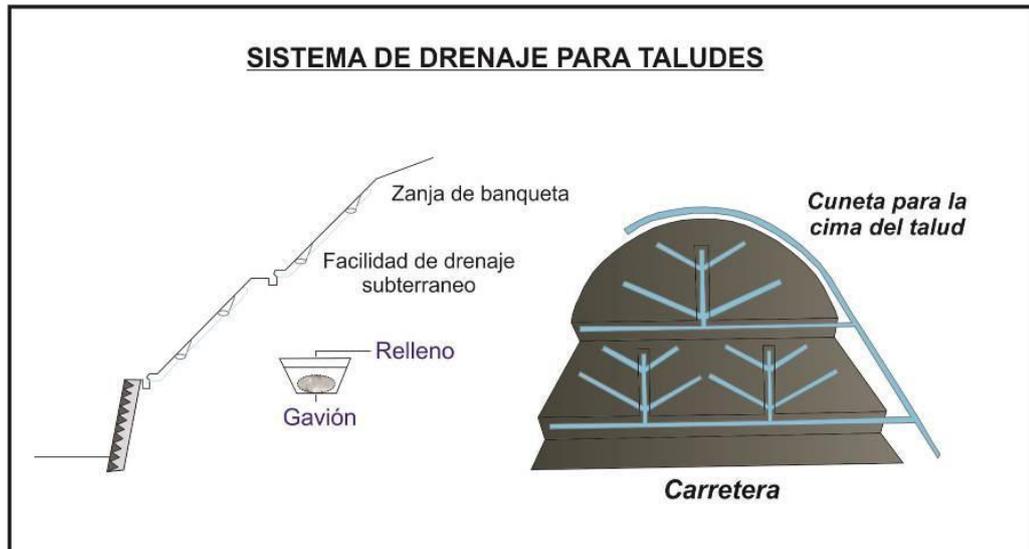


Figura 12: Sistema de drenaje tipo espina de pez

- 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.

## CONCLUSIONES

### 1) Para San Genaro y San Bernardo

- a) En las localidades de San Genaro, San Bernardo se identificó procesos de erosiones de ladera que pueden afectar a las viviendas asentadas en la zona.
- b) Las condiciones geológicas, geomorfológicas y antrópicas para que se activen los procesos de erosión de ladera están presentes. Tenemos:
  - Laderas con pendientes mayores de 30°.
  - Conglomerado no litificado
  - Cortes de talud para la construcción de viviendas y vías de acceso inadecuados.
- c) Se encuentran afloramientos de conglomerados cuyos clastos corresponden a calizas, granitos, areniscas, andesitas y metamórficos, de formas subredondeadas a redondeadas, envueltos en una matriz limoarenosa con cemento arcilloso o calcáreo. Este tipo de roca conforma un substrato de mala calidad susceptible a ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa. Los conglomerados no litificados son de mala calidad.
- d) Para la construcción de viviendas y vías de acceso, se realizaron cortes del talud, sin criterio ingenieril, que ha llegado a desestabilizar la ladera.
- e) Es necesario que la población que se encuentra ocupando la zona de cárcavas (áreas aledañas y cauces) sea reubicada.

### 2) Para Loma Linda

- a) Este sector se encuentra sobre una colina sedimentaria, con pendiente mayor de 30°, sobre la cual se encuentra un deslizamiento traslacional y puede ser afectado por reactivación de deslizamiento y flujos de detritos.
  - b) El cuerpo del deslizamiento está conformado por fragmentos de roca de formas redondeadas en matriz areno-limosa, con tamaños variables, predominando los comprendidos entre 10 a 20 cm.
  - c) El cuerpo del deslizamiento tiene una pendiente menor a 30°. Es escarpe mayor de 40°.
- 3) Para ambas zonas el substrato está conformado por conglomerados, geotécnicamente considerados de mala calidad. Las precipitaciones pluviales son detonantes de los procesos mencionados.
  - 4) Por las condiciones geológicas actuales del terreno, las zonas de estudio se consideran inestables; por tanto, se considera **Zona Crítica de peligro alto por movimientos en masa ante lluvias intensas.**

## RECOMENDACIONES

### 1) Para San Genaro y San Bernardo

- a) Reubicar las viviendas que se encuentren en los alrededores de las cárcavas (cauces y zonas aledañas).
- b) Realizar un canal de coronación, para evitar la infiltración de agua hacia la ladera.
- c) Hacer un sistema de drenaje, para que los posibles flujos que se formen, lleguen hasta la zona urbana (centro de salud).
- d) Forestar la ladera, para evitar que sigan siendo erosionadas.
- e) Realizar un drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua hacia la ladera.

### 2) Para Loma Linda.

- a) No es apta para vivienda, por estar en el cuerpo de un deslizamiento antiguo.
  - b) Reforestar la zona
  - c) Encausar el cauce principal de la quebrada San Carlos, retirando los bloques rocosos y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales. Considerar siempre que estos lechos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcionales.
- 3) Para ambas zonas, reforestar con árboles que tengan raíces verticales o subverticales, para mejorar la cobertura vegetal existente; esto evita el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el terreno que pueda producir pérdida de suelo y reduce la infiltración de agua en el suelo.
- 4) Los trabajos deben ser dirigidos y ejecutados por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cruden, D. M. y 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.
- Monge, R., León, W. y Chacón, N. (1996) - Geología de los Cuadrángulos de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. Lima - Perú, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 78. 159 p.
- 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.
- 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 Spatial report 176, p. 9-33.
- Suárez, J. (1998) - Deslizamiento y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Publicación UIT, Colombia. 548 p.

## ANEXO: GLOSARIO DE TÉRMINOS

**MOVIMIENTOS EN MASA:** El término movimiento en masa, incluye todos los desplazamientos de una masa rocosa, de detrito o de tierra por efectos de la gravedad (Cruden, 1996).

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos: la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal (ausencia de vegetación); combinados con factores extrínsecos: construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como “detonantes” las precipitaciones pluviales extraordinarias y movimientos sísmicos.

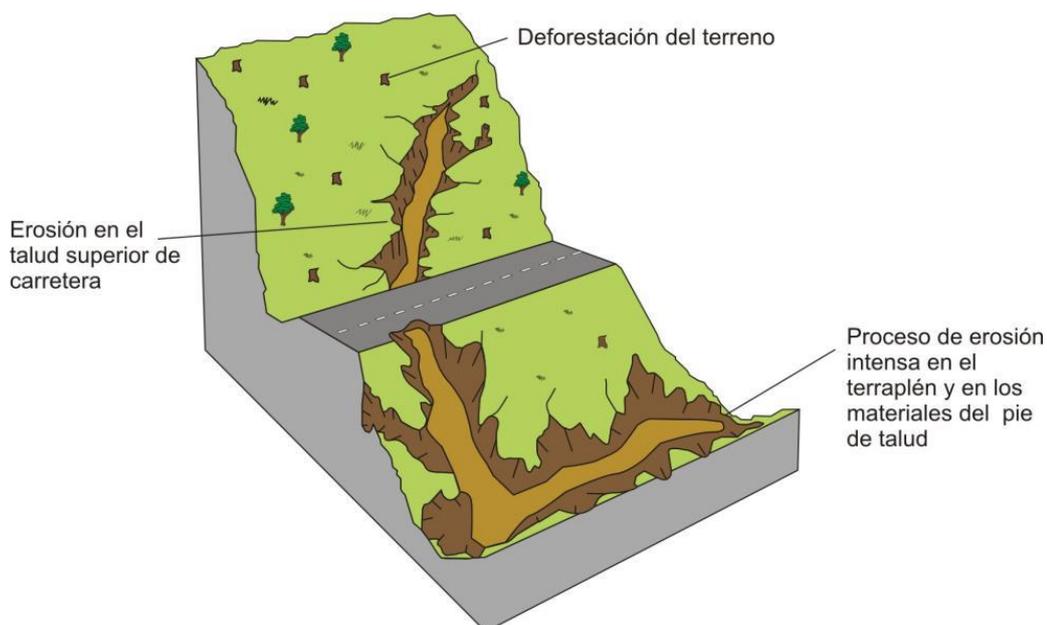
**EROSIÓN DE LADERAS:** Este tipo de eventos son considerados predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas, que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Gonzalo et al., 2002).

La erosión hídrica causada por el agua de lluvia, abarca los siguientes procesos:

*Saltación pluvial:* el impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, el impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementa escorrentía.

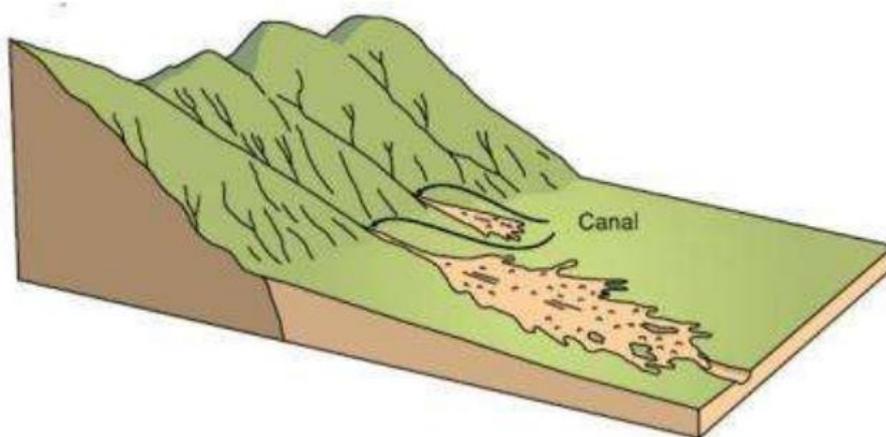
*Escurrimiento superficial difuso:* comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

*Escurrimiento superficial concentrado:* se produce en dos formas, como surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados; y como cárcavas, que son canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión, por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia. El proceso se da en cuatro etapas: 1) entallamiento del canal, 2) erosión remontante o retrogresivo desde la base, 3) cicatrización y 4) estabilización (Gonzalo et al., 2002).



Esquema de erosión de ladera

**FLUJO DE DETRITOS (HUAYCOS):** Flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados no plásticos, canalizada. Se movilizan fragmentos y escombros por efecto combinado de la gravedad y el agua (fuertes precipitaciones) que ocasionan la pérdida de cohesión interna del suelo conduciéndolo de estado plástico a líquido y haciendo que se desplace y deposite en forma de abanico o mantos en la parte baja de las laderas o encauzados en quebradas. Puede alcanzar elevadas velocidades y por tanto mayor fuerza de arrastre.



Esquema de un flujo de detritos (Cruden y Varnes, 1996)

**DESLIZAMIENTO:** Es un movimiento de una masa de suelo, roca o ambos, ladera abajo, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

Se clasifican 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 superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablará de deslizamiento compuesto (Hutchinson, 1988).

*En los deslizamientos rotacionales* la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante y ocurre en rocas poco competentes. La tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas (Hutchinson, 1988).

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

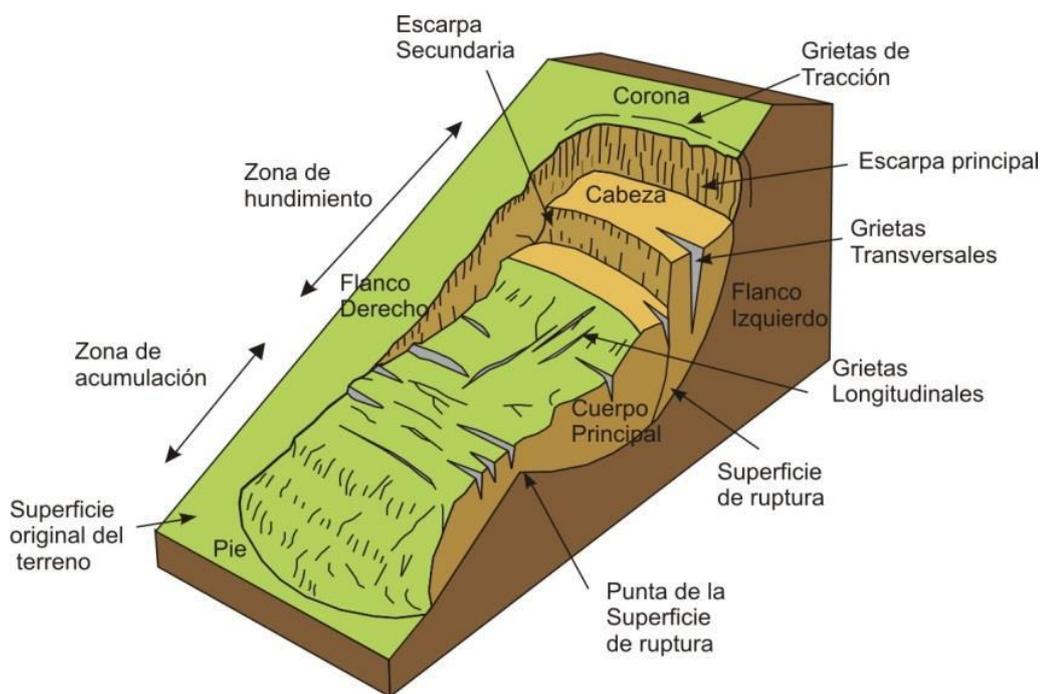


Diagrama de bloque de un deslizamiento