

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6980

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE SAN GENARO

Región Junín
Provincia Chanchamayo
Distrito Chanchamayo



NOVIEMBRE
2019

CONTENIDO

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ASPECTOS GENERALES	3
2.1 Ubicación	3
2.2 Accesibilidad	4
2.3 Clima	6
2.4 Ocupación Antrópica	6
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
3.1. Unidades geomorfológicas	9
3.1.1. Unidad de Colinas	9
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	11
4.1. Formación La Merced	11
4.2. Depósitos cuaternarios	13
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
5.1. Erosión de laderas (cárcavas) - Conceptos teóricos	15
5.1.1. Erosión de laderas en el cerro San Genaro	16
5.2. Deslizamiento	19
5.2.1. Deslizamientos en el cerro San Genaro	20
5.3. Flujo de detritos (huaicos)	24
6. CONDICIONES DE ESTABILIDAD	25
6.1. Daños probables	25
7. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS	26
7.1. Para erosión de laderas	26
7.2. Para deslizamientos	27
CONCLUSIONES	30
RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

RESUMEN

El Sector del Cerro San Genaro, políticamente se encuentra en el distrito y provincia de Chanchamayo. Desde el punto de vista morfológico, la zona se localiza en la cordillera Oriental.

La zona de estudio constituye colinas en roca sedimentaria, con laderas de pendientes entre 25° a 35°, se tiene una vertiente de detritos con pendientes menores a 20°.

El substrato rocoso, está compuesto esencialmente por rocas sedimentarias correspondientes a la Formación La Merced. También se tienen depósitos cuaternarios (depósito coluvio-deluvial, proluvial).

La información disponible de estudios anteriores sobre peligros geológicos del sector, interpretación de fotografías aéreas y satelitales y el análisis de información obtenida durante los trabajos de campo, permitió determinar procesos de erosión de ladera (cárcavas), flujos de detritos (huaicos) y deslizamientos activos y antiguos, que abarcan casi la totalidad de la ladera del Cerro San Genaro.

El análisis de imágenes satelitales muestra la evolución de la ocupación antrópica desordenada de la ladera este del Cerro San Genaro, posterior al año 2012. Las imágenes del año 2016 muestran la ocupación por parte de la población, para la construcción de viviendas y vías de acceso. Para dicha ocupación se realizaron cortes de talud inadecuados que desestabilizaron las laderas. La continua degradación del terreno y ocurrencia de movimientos en masa afectaría viviendas de la ladera y a la parte baja, como ocurrió el año 2012.

Entre otros, se concluyó que las condiciones de inestabilidad de la ladera este del cerro San Genaro, hacen del lugar inadecuado para el uso urbano por ser zona crítica y de peligro muy alto.

Se recomienda reubicar las viviendas que se encuentran en los alrededores y dentro de las cárcavas, zonas de peligros geológicos antiguos y activos e inmediaciones, cambiar el uso urbano de la ladera, entre otros.

1. INTRODUCCIÓN

La Asociación de pobladores Mirador de Chanchamayo, ubicada en el sector cerro San Genaro, mediante Carta S/N, conjuntamente con la Municipalidad Provincial de Chanchamayo, mediante oficio N° 672-2019-A/MPCH; se dirigen al presidente ejecutivo del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando se realice un informe técnico sobre peligros geológicos del sector mencionado.

El director del área de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, asignó a los Ings. Segundo Núñez y Luis Albinez, para la evaluación del sector.

Para realizar los trabajos de campo, se coordinó con la Municipalidad Provincial de Chanchamayo y moradores del Cerro San Genaro. La inspección en campo se realizó en presencia de los moradores del sector, el día 01 de octubre del presente año.

El presente informe técnico, que se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Chanchamayo, los moradores del Cerro San Genaro, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y otras autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de prevención, mitigación y reducción de riesgo; 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, fotografías, así como conclusiones y recomendaciones.

El objetivo de este informe es evaluar los peligros geológicos que podrían afectar al cerro San Genaro (distrito y provincia Chanchamayo, departamento Junín), así como las causas de su ocurrencia.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación

El Cerro San Genaro políticamente se encuentra ubicado en el distrito y provincia Chanchamayo, departamento de Junín. Geográficamente se encuentra en la margen derecha del río Chanchamayo (figura 1), entre las coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 18 Sur)¹:

- 462755E, 8776140N
- 462813E, 8775825N
- 463027E, 8775576N
- 462945E, 8775497N
- 462653E, 8775831N
- 462600E, 8776100N

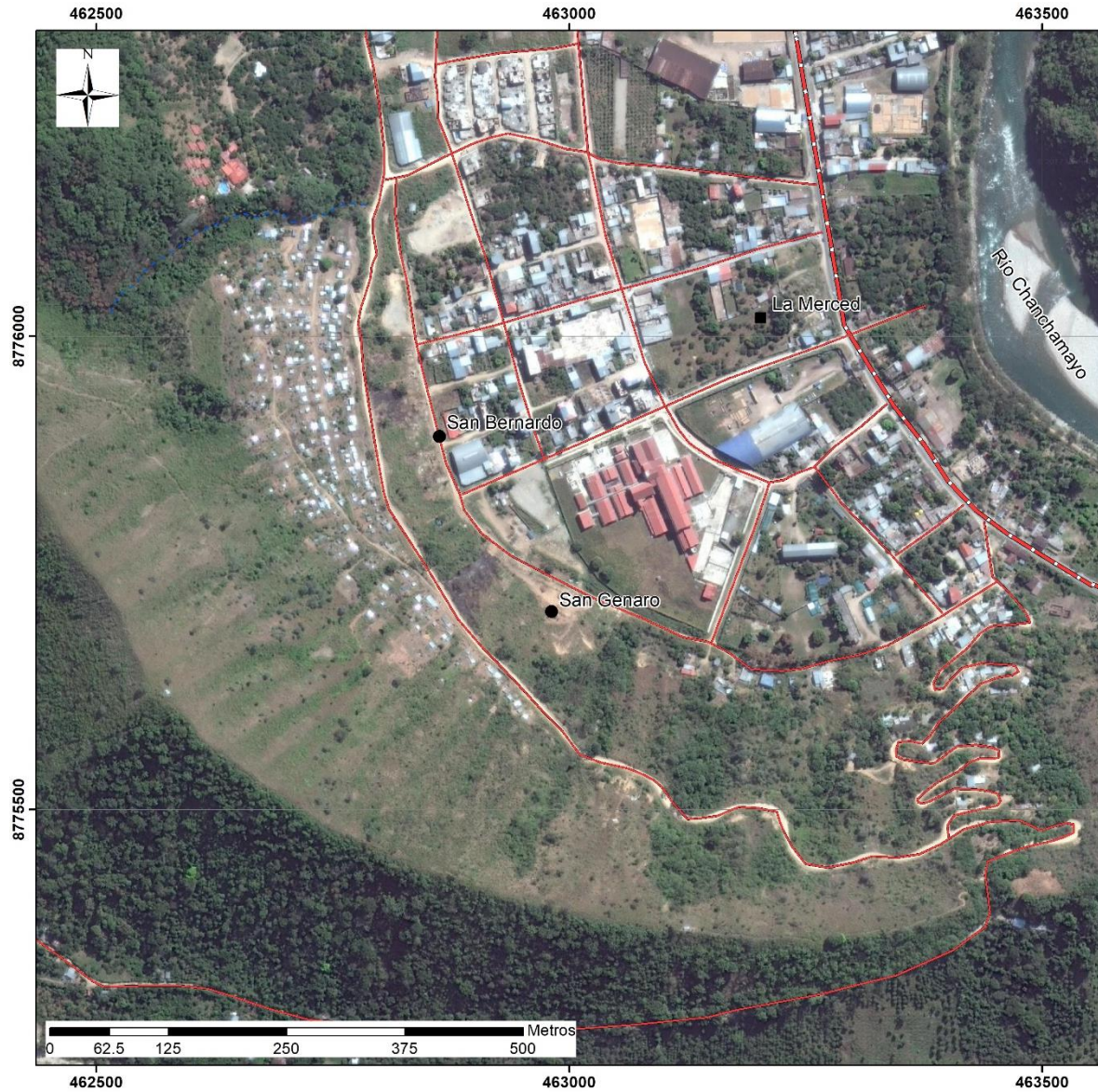
¹ Coordenadas referenciales tomadas del Google Earth.

2.2 Accesibilidad

El acceso a las asociaciones de vivienda del cerro San Genaro, desde el local de la Municipalidad Provincial de Chanchamayo, se realiza de la siguiente manera:

- Se toma la calle Junín hasta llegar a la Av. Circunvalación.
- Se prosigue por la Av. Circunvalación hasta llegara la altura de calle Ricardo Palma.
- Se toma la trocha afirmada, de la derecha por donde se llega a las asociaciones de vivienda de San Genaro.

Ruta	Tipo de Vía	km	Tiempo
Lima - Chanchamayo	Vía asfaltada	480	8 horas
Municipalidad Chanchamayo-San Genaro	Vía asfaltada	1.5	5 minutos
	Vía afirmada	1.45	10 minutos



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Carretera asfaltada
	Carretera afirmada

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico	
ACT-07: Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional	
MAPA DE UBICACION DE SAN GENARO ELABORADO POR NUÑEZ & LARA 2018	
Escala: A4, 1:4,000 Datum: UTM WGS 84 Zona 18 Sur Version digital: Año 2019	

Figura 1

Figura 1. Mapa de ubicación.

2.3 Clima

La Merced está ubicada en el piso altitudinal entre 500 m s.n.m. 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 2).

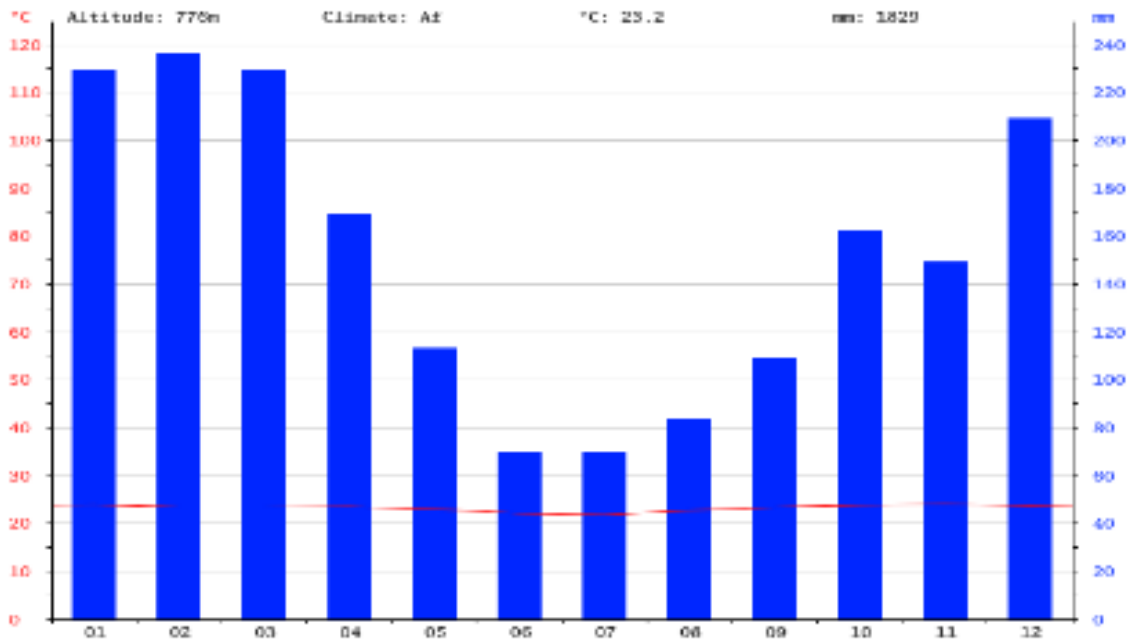


Figura 2. Climograma. Fuente: Climate-Data.org, Nuñez & Lara 2018.

2.4 Ocupación Antrópica

De acuerdo al análisis multitemporal de imágenes satelitales disponibles en Google Earth, con respecto a la ocupación de la ladera este y noreste del cerro San Genaro (figura 3), se tiene lo siguiente:

- *Imagen de setiembre 2012.* La ladera no se encontraba ocupada por la población, solo se observa una vía de acceso.
- *Imagen de mayo 2016.* Se observa presencia de algunas viviendas en la ladera.
- *Imagen Julio del 2016.* Se muestra que la población ha ocupado la ladera inferior del cerro San Genaro, concentrándose en el lado norte.
- *Imagen de octubre del 2017.* Se aprecia un incremento de la ocupación de la población sobre la ladera, la mayor concentración se da en la parte inferior del cerro San Genaro.

Para la construcción de sus viviendas y vía de acceso, los pobladores de han realizado inadecuados cortes del talud en la ladera (fotografías 1 y 2). La disposición de calles y viviendas es desordenada (figura 3), lo cual indica que la distribución no tuvo planificación urbanística. Con la ocupación antrópica, se incrementó la deforestación del terreno.



Figura 3. Se muestra la evolución de la ocupación antrópica del Cerro San Genaro.



Fotografía 1. Corte de talud para carretera, sector inestable.



Fotografía 2. Corte de talud con una altura de hasta 8 m, realizado para la construcción de vivienda.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La zona de estudio se extiende sobre la faja subandina; se caracteriza por presentar un relieve suave con pendiente moderada y crestas subredondeadas. La altura promedio corresponde a los 808 m s.n.m (Nuñez & Lara 2018).

3.1. Unidades geomorfológicas

3.1.1. Unidad de Colinas

Las colinas corresponden estrictamente a superficies de terreno con alturas no mayores a 300 m, de diferentes tipos de litología (Zabala & Vílchez 2006).

- Subunidad de Colinas disectadas en rocas sedimentarias

Son extensas superficie plano-onduladas y disectadas y con abundante vegetación ubicadas en la Faja Subandina y Llanura Amazónica. Por la naturaleza litológica principal del substrato de carácter sedimentario, conformado por conglomerados, areniscas, lodolitas, arcillitas, etc., y por su ubicación geográfica, se presentan muy disectadas o erosionadas, en muchos casos por procesos de deforestación (Zavala & Vílchez 2006).

San Genaro se encuentra sobre una colina sedimentaria (fotografía 3). Las laderas presentan pendientes que varían entre 30° a 40° (parte media a superior del cerro) y de 25° en la zona de depósitos de deslizamientos (parte media a baja). Los procesos de erosión de ladera configuraron cumbres en forma de crestas uniformes y de relieve suave.



Fotografía 3. Se aprecia la ladera este del cerro San Genaro, catalogada como colina sedimentaria.



Figura 4. Se aprecia que la ladera tiene dos tipos de pendientes:
(A) Entre 30° a 40°
(B) Menor a 25°

3.1.2. Unidad de Piedemontes

La palabra piedemonte deriva del italiano “piemonte”, que significa “al pie de las montañas” (Lugo, 2011). Lo constituyen principalmente depósitos acumulados ladera abajo.

- Sub unidad de Piedemonte coluvio-deluvial

Corresponde a las acumulaciones de ladera, originadas por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos, derrumbes, avalanchas de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente, los depósitos inconsolidados a ligeramente consolidados muestran una composición litológica homogénea, tratándose de depósitos con corto recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes (Zabala & Rosado, 2010). Se observan estos piedemontes en la parte baja e intermedia (fotografías 3 y 4) y ladera sur del cerro San Genaro.

- Sub unidad de abanicos de piedemontes proluviales

Son depósitos de flujos de detritos canalizados en forma de abanico, ubicados en la parte terminal o desembocadura de una quebrada o curso fluvial. Debido a que su origen está dado por eventos individuales de diferente magnitud, confundándose en algunos casos con terrazas aluviales. Están compuestos por depósitos de detritos clásticos, que, vistos en planta, presentan formas característicamente cónicas, con pendientes generalmente desde suave (2°), hasta 10°-15° (Zabala & Vílchez 2006). Se observa en la quebrada que limita el norte del cerro San Genaro, sin diferenciarse claramente con la terraza aluvial de la Merced (figura 5).

3.1.3. Unidad de planicies

Porción de la superficie terrestre de cualquier dimensión, equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación (Lugo 2011). Están asociadas a depósitos aluviales (Zabala & Vílchez 2006).

- Sub unidad de terrazas aluviales

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle (Vilchez et al., 2013). La constituye la parte baja del cerro San Genaro, donde está emplazada en mayor porcentaje urbano de la ciudad de la Merced (figura 5).



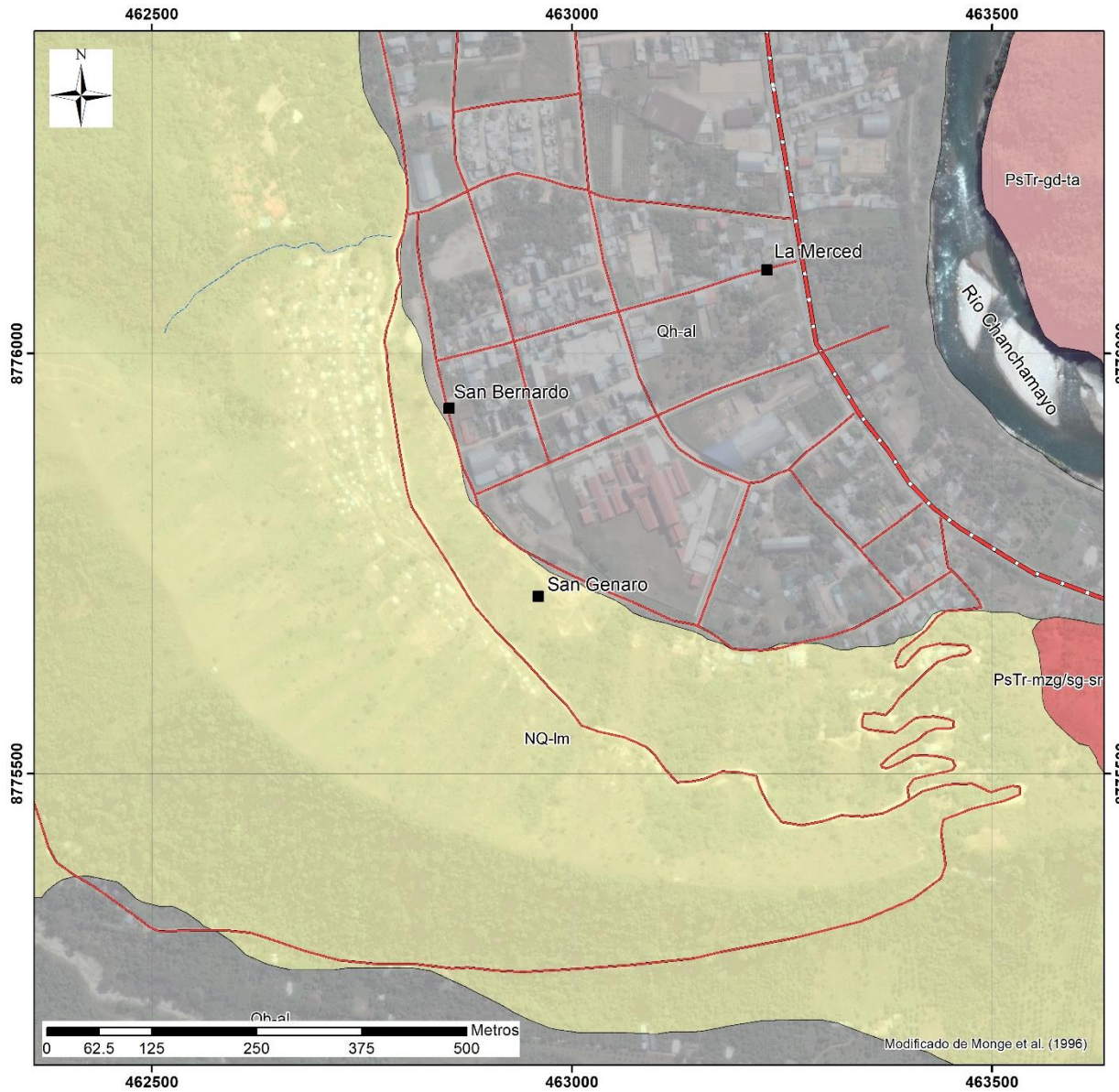
Figura 5. Sub unidades geomorfológicas en la zona de estudio e inmediaciones.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Tomando como referencia el cuadrángulo de La Merced 23-m (Monge *et al.*, 1996), en el cerro San Genaro afloran conglomerados de la formación La Merced. En inmediaciones afloran granodioritas de la formación Tarma, el intrusivo San Ramón (Nuñez & Lara 2018), además de depósitos cuaternarios aluviales y coluvio-deluviales (figura 3).

4.1. 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 (fotografía 4).



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Carretera asfaltada
	Carretera afirmada

LEYENDA	
	Depósitos aluviales (Qh-al)
	Formación La Merced (NQ-Im)
	Granodiorita Tarma (PsTr-gd-ta)
	Intrusivo San Ramón (PsTr-mzg/sg-sr)

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico	
ACT-07: Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional	
MAPA GEOLÓGICO DE SAN GENARO ELABORADO POR NUÑEZ & LARA 2018	
Escala: A4, 1:4,500 Datum: UTM WGS 84 Zona 18 Sur Version digital: Año 2019	Figura 6

Figura 6. Geología del sector de San Genaro y alrededores. Tomado de Nuñez & Lara 2018.

La roca se encuentra moderadamente a altamente meteorizada. Se generan procesos de erosiones de ladera, deslizamientos y derrumbes.



Fotografía 4. Conglomerados de la Formación La Merced identificados en el Cerro San Genaro.

4.2. Depósitos cuaternarios

4.2.1. Depósitos coluvio-deluviales

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 movimientos en masa (Nuñez & Lara 2018).

Estos depósitos se pueden encontrar en la parte baja e intermedia y ladera sur del cerro San Genaro (figuras 7 y 8).

4.2.1. Depósitos aluviales

Los materiales aluviales se encuentran distribuidos en los valles y quebradas tributarias, depositándose material de escombro de gravas y conglomerados polimícticos mal clasificados unidos por una matriz arcillosa a arenosa. Son susceptibles a ser removidos por procesos de erosión fluvial (Nuñez & Lara 2018).

Se encuentra distribuidos en la terraza aluvial donde está emplazada en mayor porcentaje urbano de la ciudad de la Merced.



Figura 7. Se muestra parte del depósito del deslizamiento (A)



Figura 8. Se aprecia los depósitos dejados por movimientos en masa (A), delimitados por las líneas amarillas y naranjas.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En la ladera este del cerro San Genaro, se identificaron procesos de erosión de laderas, deslizamientos y flujos de detritos (figura 10).

5.1. Erosión de laderas (cárcavas) - Conceptos teóricos.

La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas, se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras (figura 9).

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 escurrimientos (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).

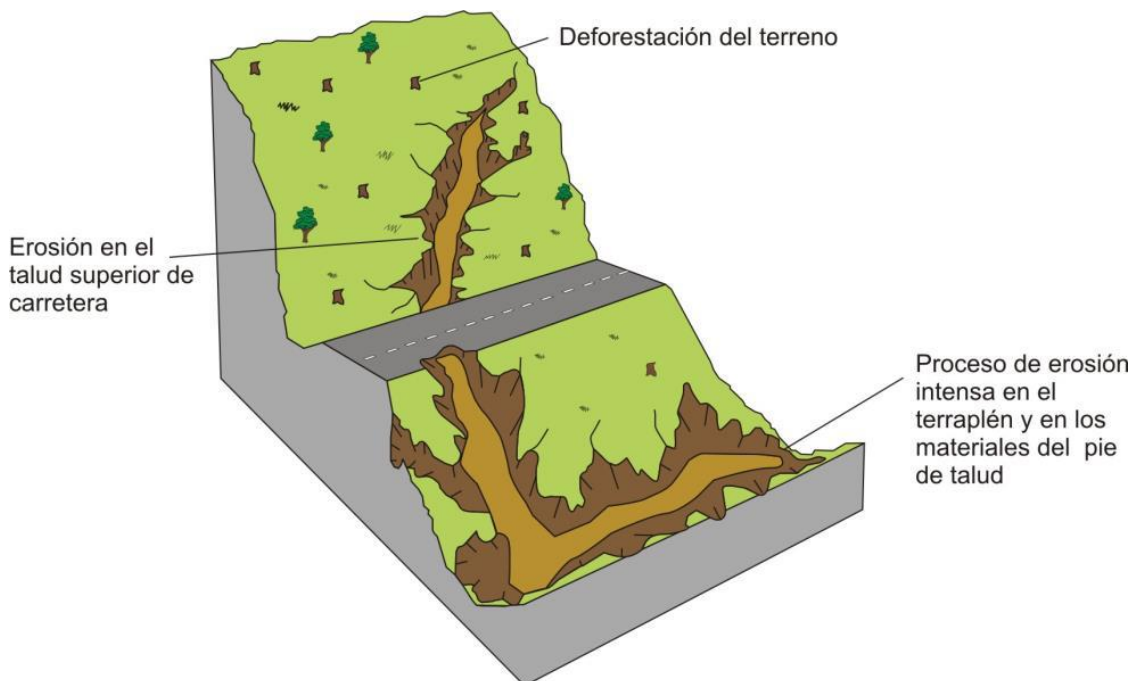


Figura 9. Esquema de erosión de ladera.

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 escurrimiento.

Escorrentía superficial difusa: comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de cobertura vegetal y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

Escorrentía superficial concentrada: 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).

5.1.1. Erosión de laderas en el cerro San Genaro

A lo largo de la ladera este del cerro San Genaro se observan una serie de procesos de erosión de laderas (Nuñez & Lara 2018), que han sido predecesores de la generación de flujos de detritos no canalizados y deslizamientos (figuras 10 y 11).

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.

Sobre los depósitos generados por los movimientos en masa, actualmente se encuentra la población del cerro San Genaro (figura 10).



Figura 10. Se aprecian las cicatrices de procesos de erosión de ladera (líneas de color amarillo), deslizamientos en proceso de formación (líneas naranjas) y la actual escorrentía (líneas azules). Sobre los depósitos se encuentra asentado las viviendas de San Genaro.

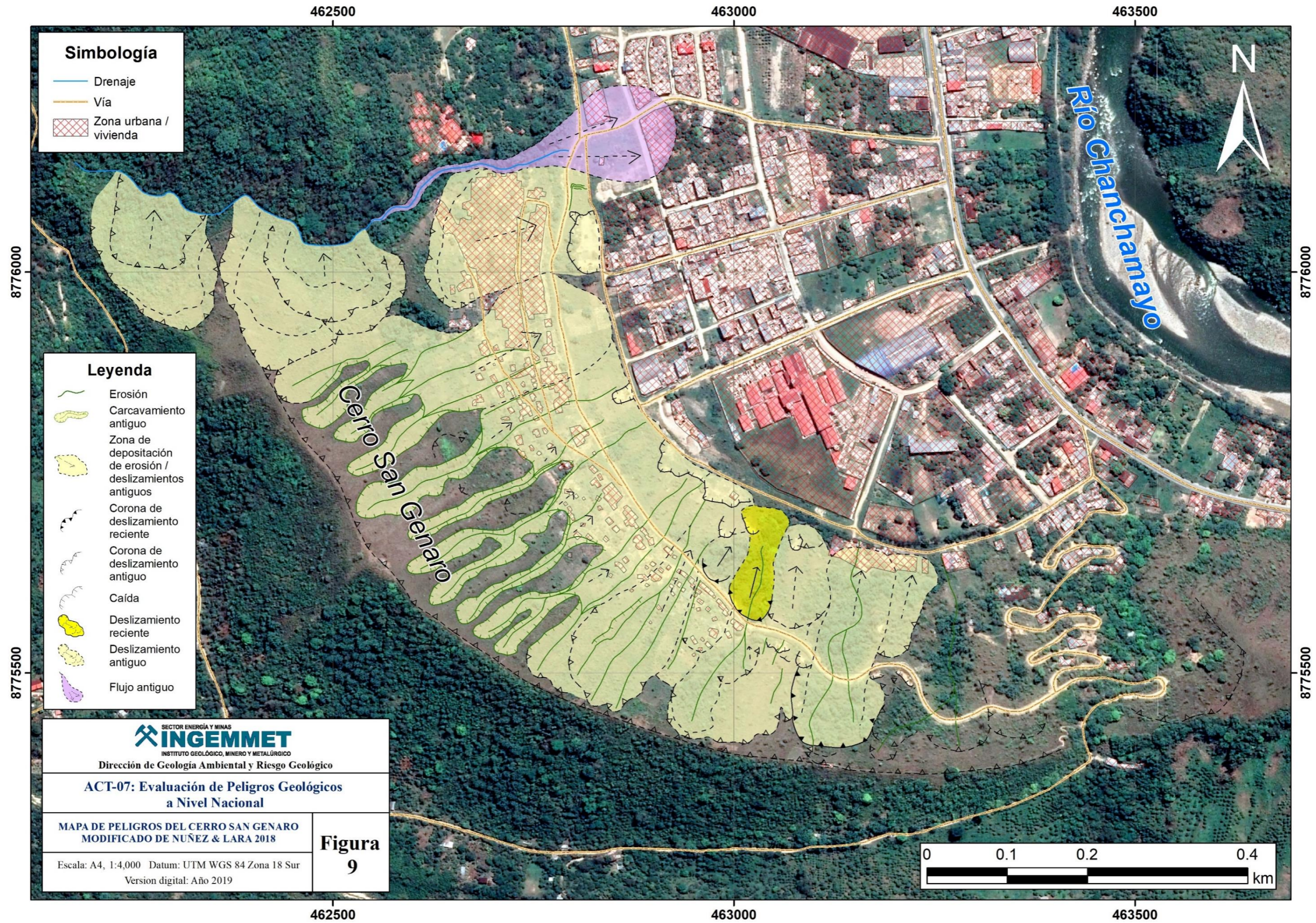


Figura 11. Mapa de peligros del cerro San Genaro. Modificado y actualizado de Nuñez & Lara 2018.

Los depósitos generados por los procesos de erosión de ladera, se encuentran conformados por gravas, bloques no mayores a 50 cm. El material se dispone en forma caótica, la matriz es areno-limosa (fotografía 5).



Fotografía 5. Se muestra los depósitos, conformados por arena-limosa, con algunos clastos de formas redondeadas, dispuesto en forma caótica.

Este tipo de erosión, en los periodos de lluvias intensas, pueden reactivarse, generar derrumbes y flujos de lodo y/o detritos (huaicos). Eventos marcan la actividad geodinámica y tienen alto grado de susceptibilidad, a la que está expuesta la zona de estudio.

En la vía de acceso, se observó un proceso de erosión de ladera reciente, que tiene una profundidad de 5 m y hasta 2 m de ancho, las paredes son verticales (fotografía 6).



Fotografía 6. Se parecía un proceso de erosión de ladera reciente, en la vía de acceso al cerro San Genaro.

a) Recurrencia del evento:

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, 2010).

Según Nuñez & Lara 2018, en el cerro San Genaro, se identificaron procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas que se disponen en forma paralela.

b) Factores condicionantes y desencadenantes:

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°.
- Los depósitos donde se encuentra asentado la población de San Genaro está conformado por gravas, bolones en matriz areno-limosa, fragmentos de roca son de forma subredondeada a redondeada y envueltos en una matriz areno-limosa.
- 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 se movilizaron aguas abajo y generaron flujos. Prueba de ello es la terraza, donde se encuentra asentado las viviendas de San Genaro-centro de salud (parte del depósito antiguo).

El “desencadenante” corresponde a las lluvias intensas o extraordinarias.

5.2. Deslizamiento

Conceptos teóricos

Los fenómenos de ladera o movimientos de ladera son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, se entiende como movimiento del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad, Corominas y García Yagüe, (1997).

Deslizamiento rotacional (figura 11), es cuando la superficie de rotura es una superficie de falla cóncava. Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados, Antoine (1992).

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).

Entonces ¿que los produce?, mencionaremos algunos de los factores que desencadenan los deslizamientos: rocas muy fracturadas y alteradas o suelos poco coherentes, saturación de suelos o roca alterada por intensas lluvias, deforestación de tierras, erosión fluvial, erosión de laderas (cárcavas), modificación de taludes de corte, actividad sísmica.

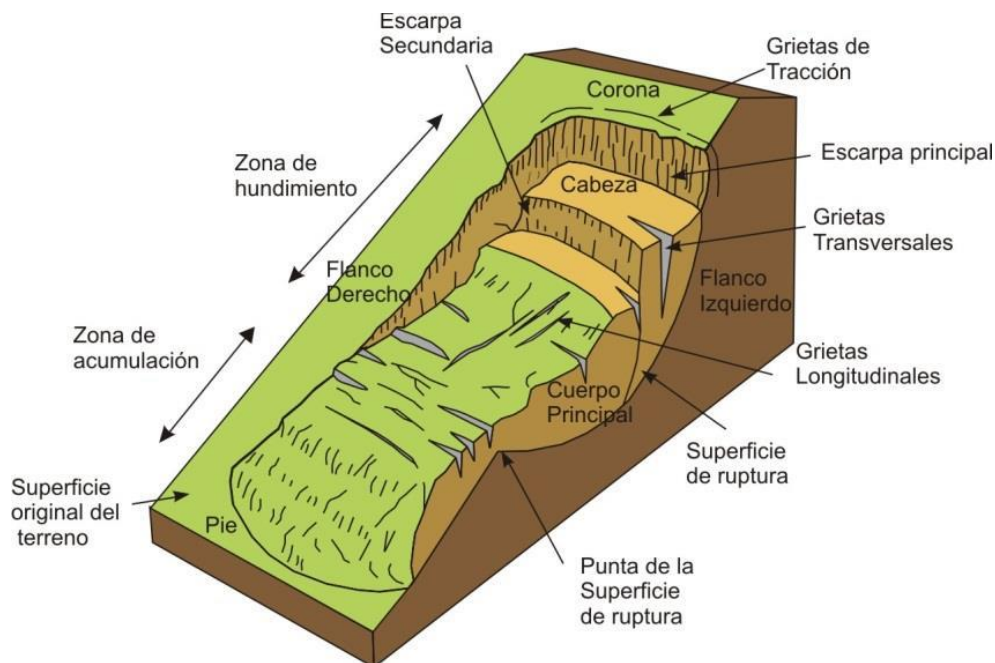


Figura 12. Diagrama de bloque de un deslizamiento.

5.2.1. Deslizamientos en el cerro San Genaro

Se tienen deslizamientos antiguos (fotografía 7 y figura 15) y recientes² (figura 13 y figura 15). Las coronas de los deslizamientos antiguos presentan longitudes variables, entre 100 m a 40 m, no se logró diferenciar la longitud del salto por estar las coronas cubiertas con vegetación.

Los materiales que conforman los deslizamientos antiguos, son gravas, algunos bloques, englobados en matriz areno-limosa. La disposición de los clastos se encuentra en forma caótica, no tienen un orden.

Estos cuerpos se encuentran hacia el borde sur este del cerro San Genaro. Se aprecian evidencias de reactivaciones, como agrietamientos y desplazamiento del terreno (figura 14).

² Deslizamientos en proceso de formación



Fotografía 7. En el corte de talud, se aprecia el material del antiguo movimiento en masa, compuesto gravas y bloques dispuestos, en matriz areno-limosa.



Figura 13. En la parte posterior de las viviendas, se están formando algunos escarpes, señalados con la línea negra discontinua.



Deslizamiento



Figura 14. Se aprecia el escarpe lateral de un deslizamiento reciente, aledaño a la trocha de San Genaro. Se distingue un movimiento del cuerpo cubierto del deslizamiento cubierto por vegetación, hacia el N, en dirección del hospital de la Merced.



Figura 15. Se aprecia los escarpes de los deslizamientos antiguos (línea amarilla discontinua) y los escarpes de los deslizamientos recientes (línea amarilla continua). Imagen izquierda corresponde al julio 2026, la derecha a octubre 2017. Los cuerpos de los deslizamientos antiguos están siendo ocupados por viviendas

5.3. Flujo de detritos (huaicos)

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.

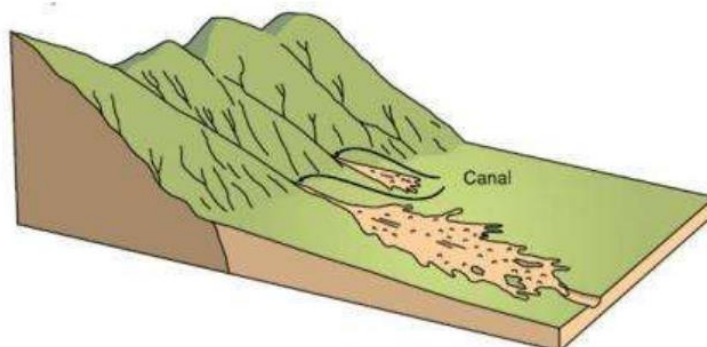


Figura 16. Esquema de un flujo de detritos (Cruden y Varnes, 1996)

5.3.1. Flujos de detritos (huaicos) en el cerro San Genaro

Durante la última inspección se observaron flujos que afectaron localmente viviendas en algunos sectores (figura 17). Estos flujos están relacionados con los procesos de erosión activos de las laderas del cerro San Genaro.

Al norte del cerro San Genaro discurre una quebrada que fluye hacia la zona urbana de La Merced (figura 9), trayendo flujos durante de diferente magnitud, durante la temporada lluviosa.



Escarpe de deslizamiento



Flujos recientes

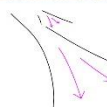


Figura 17. Se muestra un deslizamiento local, generado por el corte de talud.

6. CONDICIONES DE ESTABILIDAD

Los depósitos generados por los procesos de erosión de laderas y flujos presentan pendientes menores a 15°, sobre los cuales está asentado la población de San Genaro.

Para la construcción de esta infraestructura y de las vías de acceso los moradores han realizado cortes de talud, que contribuyen a la desestabilización del terreno.

Se ha observado sobre algunos de los cortes de talud, se están generando derrumbes como también deslizamientos locales (figura 18), lo muestra la inestabilidad del terreno.



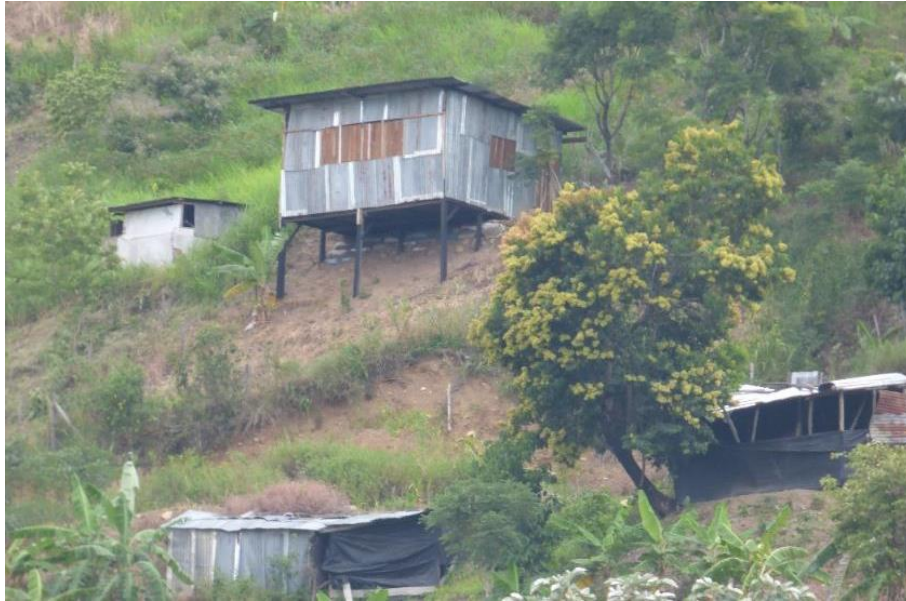
Figura 18. Se muestra un deslizamiento local, generado por el corte de talud.

La población al ocupar los sectores de San Genaro, no han tenido en cuenta las condiciones geológicas del terreno. La ocupación la ladera se realizó en forma desordenada, sin tener un criterio urbanístico, ocupando zonas de cárcavamiento y zonas de relleno natural.

6.1. Daños probables

Las viviendas de las localidades de San Genaro, se encuentran sobre laderas inestables; se tienen casas construidas sobre pilotes de madera (fotografía 8), 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).



Fotografía 8. Se observan las viviendas construidas precariamente sobre pilotes de madera.

7. 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:

7.1. 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 19).

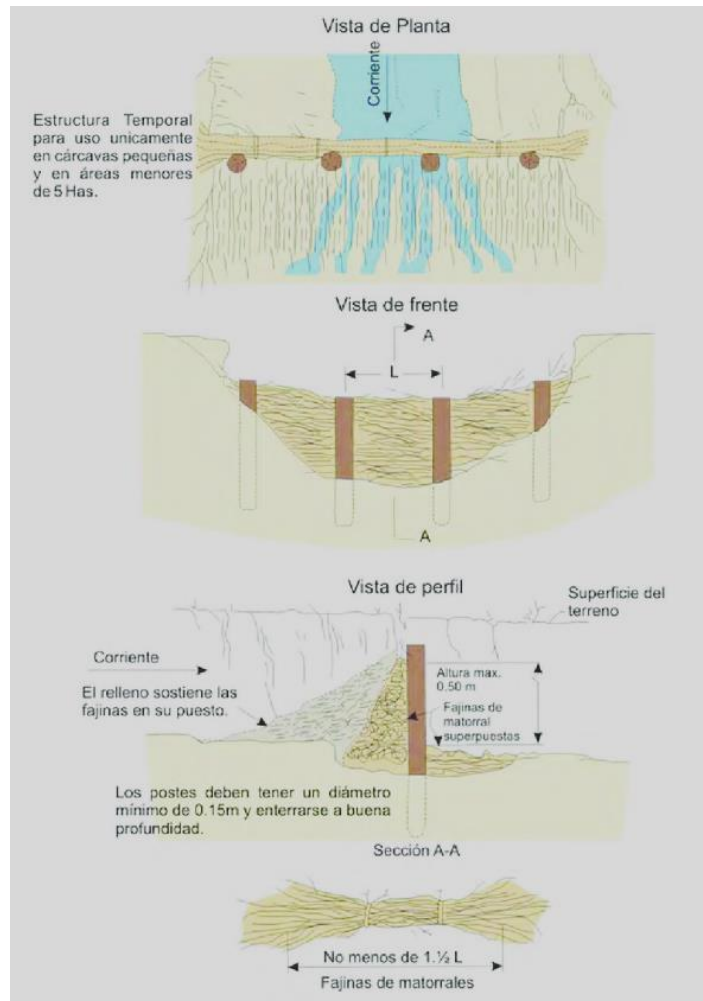


Figura 19. Diques o Trinchos transversales de troncos y fajinas de matorrales para proteger áreas de la erosión de laderas (Modificado de Valderrama y otros, 1964)

- 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.

7.2. 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 20). 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.

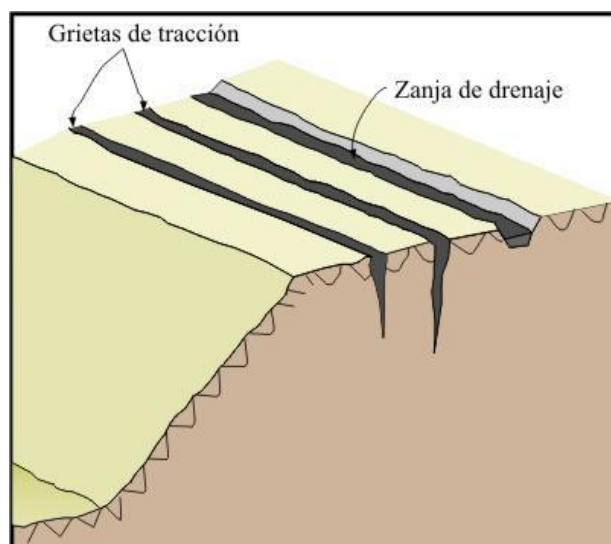


Figura 20: Canales de coronación

- 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 alcanzaran 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 21). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración del agua.



Figura 21: 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

- a) Las condiciones de inestabilidad de la ladera este del cerro San Genaro, hacen del lugar inadecuado para el uso urbano. Debe considerarse, además, que la continua erosión y deterioro antrópico de la ladera, pueden generar futuros flujos de detritos que afecten infraestructura y la población de la parte baja.
- b) La geología de las laderas del cerro San Genaro la constituyen litologías de la Formación La Merced, conformada por clastos de calizas, granitos, areniscas, andesitas y metamórficos, de formas subredondeadas a redondeadas, envueltos en una matriz areno-limosa. Además, se pueden encontrar depósitos coluvio-deluviales, poco o no consolidados, de similar matriz y litología, relacionados a erosión y movimientos en masa antiguos. En conjunto, este tipo materiales es de mala calidad, susceptible a ser removido nuevamente.
- c) Sobre los depósitos no consolidados, los moradores han realizado cortes de talud para la construcción de viviendas y vías de acceso, sin criterio ingenieril, esto ha desestabilizado el terreno, prueba de ello son los deslizamientos puntuales, procesos de erosión de laderas y derrumbes que se han presentado recientemente. Por ello se le considera como **zona crítica y de peligro muy alto**.
- d) La zona ocupada por la población no cuenta con drenaje pluvial, está siendo deforestada, además se tienen cortes de talud sin drenaje adecuado; todo esto contribuye con la infiltración de agua al subsuelo. Lo que está generando un incremento de la zona inestable. De presentarse lluvias extraordinarias estas condiciones de inestabilidad van a generar futuros movimientos en masa.

RECOMENDACIONES

- a) Reubicar las viviendas que se encuentran en los alrededores y dentro de las cárcavas (cauces y zonas aledañas).
- b) **Se debe considerar la reubicación de viviendas emplazadas en zonas de peligros geológicos antiguos y activos e inmediaciones y cambiar el uso de la ladera.**
- c) Realizar un canal de coronación, para evitar la infiltración de agua hacia la ladera.
- d) Hacer un sistema de drenaje, para que los posibles flujos que se formen, lleguen hasta la zona urbana (centro de salud).
- e) Forestar la ladera, para evitar que sigan siendo erosionadas.
- f) Realizar un drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua hacia la ladera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre T aludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Lugo, J. (2011), Diccionario geomorfol3gico. Universidad Nacional Aut3noma de M3xico. 448 p.
- Monge, R., Le3n, W. y Chac3n, N. (1996) - Geolog3a de los Cuadr3ngulos de los cuadr3ngulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. Lima - Per3, Bolet3n, Serie A: Carta Geol3gica Nacional, N3 78. 159 p.
- Nu3ez & Lara (2018). Peligros geol3gicos en las localidades de San Genaro, San Bernardo y Loma Linda. INGEMMET, Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico, Informe T3cnico N3 A6822.
- Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA (2007) - Movimientos en Masa en la Regi3n Andina: Una Gu3a para la Evaluaci3n 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.
- Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013) – Estudio de riesgo geol3gico en la regi3n Piura. INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica 52, 250 p., 9 mapas.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010) – “Riesgo geol3gico en la regi3n Cajamarca”. INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 44, 396 p., 19 mapas.