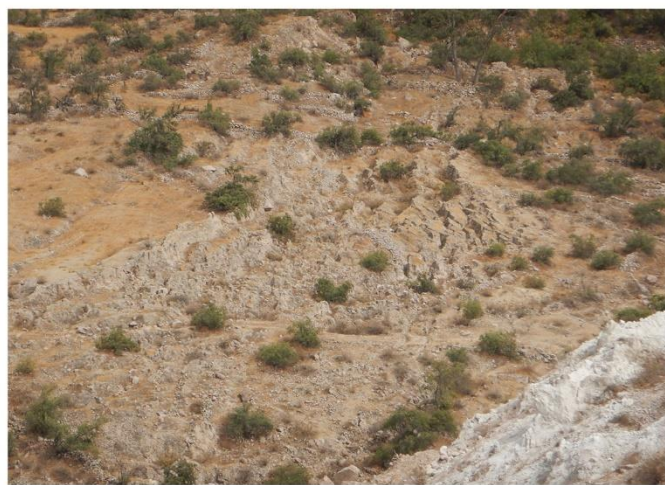


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7081**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR SANTIAGO

Región Ayacucho  
Provincia Lucanas  
Distrito Leoncio Prado



## CONTENIDO

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCION .....	2
1.1. Objetivos .....	2
1.2. Antecedentes .....	2
1.3. Ubicación y accesibilidad .....	4
1.4. Clima e hidrología .....	5
1.5. Vegetación.....	5
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	7
2.1. Unidades litoestratigráficas .....	7
3. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS .....	10
3.1. Pendiente del terreno .....	10
3.2. Unidades geomorfológicas .....	11
4. PELIGROS GEOLOGICOS.....	15
4.1. Conceptos teóricos .....	15
4.1.1. Deslizamiento .....	16
4.1.2. Derrumbe .....	16
4.1.3. Erosión de ladera (cárcavas) .....	17
4.2. Peligros identificados en el Centro Poblado Santiago Viejo. ....	18
4.2.1. Deslizamiento rotacional.....	18
4.2.2. Derrumbe .....	24
4.2.3 Erosión de ladera tipo Cárcavas .....	25
CONCLUSIONES .....	28
RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	30

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el sector de Santiago, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Leoncio Prado, provincia de Lucanas, región Ayacucho. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas de origen volcánicos-sedimentarios del Grupo Nasca (Tobas, ignimbritas o piroclásticos y flujo piroclásticos finos). Los movimientos en masa identificados en la zona, se desarrollaron principalmente en material coluvial.

Las Geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas en rocas volcano-sedimentaria) y Geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos, que configuran geoformas de Piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento) y planicie (superficie de flujo piroclástico disectado; así como terrazas indiferenciadas. Se considera que el principal factor condicionante que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa, es la pendiente del terreno que va de moderado (5° - 15°) a fuerte (15° - 25°).

Los procesos identificados en el sector de Santiago corresponden a los denominados movimientos en masa (deslizamiento, derrumbes), de edad antiguo que han sufrido reactivaciones; también se identificó zonas con procesos de erosión de laderas (cárcavas) con desarrollo de ensanchamiento y profundización. Estos procesos han afectado tramos de carretera, trocha carrozable. Se concluye que el área de estudio es considerada de **Muy Alto** peligro a la ocurrencia de deslizamientos, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (octubre a marzo) y por movimientos sísmicos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importante que las autoridades competentes pongan en práctica, como es el uso de un sistema de riego tecnificado por parte de los agricultores y sus organizaciones.



## 1. INTRODUCCION

La Subprefectura Distrital de Leoncio Prado, mediante Oficio N°079-2019-S-D-LP-TQ, de fecha 02 de diciembre del 2019, solicito al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), una evaluación técnica por peligros geológicos en la jurisdicción del sector Santiago, distrito Leoncio Prado, provincia Lucanas, región Ayacucho.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet), ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo (DGAR) la evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional; contribuye de esta manera con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables. Para ello la DGAR designó a los profesionales Dulio Gómez Velásquez y Norma Sosa Senticala, para realizar la evaluación técnica respectiva.

El trabajo de campo se realizó el día 03 de diciembre del 2019, para lo cual se tuvo que efectuar coordinaciones con el prefecto del distrito de Leoncio Prado; durante el recorrido por la zona evaluada se contó con la presencia del presidente del sector y pobladores quienes expusieron la problemática de la zona.

Finalmente, con la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, la interpretación de imágenes satelitales y fotos aéreas de la zona, datos obtenidos en campo (coordenadas GPS, fotografías), cartografía; se proporciona una evaluación que incluya resultados y recomendaciones para la mitigación y prevención de daños ocasionados por procesos activos en el marco de la gestión de riesgo de desastres.

Este informe se pone en consideración de la prefectura del distrital de Leoncio Prado, provincia Lucanas, región Ayacucho.

### 1.1. Objetivos

- Identificar, delimitar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el sector de Santiago, que pueden comprometer la seguridad de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos por movimientos en masa identificado.

### 1.2. Antecedentes

En el área evaluada existen trabajos previos que incluyen al sector de Santiago, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los que destacan las publicaciones hechas por Ingemmet:

- Informe técnico “Los deslizamientos de tierra en el pueblo de Santiago” (Castro L., 1948), hace una descripción de los deslizamientos que iniciaron el año 1947, afecto al poblado de Santiago, en el documento se presentan conclusiones importantes que explican la génesis del evento.

- La geología de los cuadrángulos de Lomitas, Palpa, Nasca y Puquio, Hojas 30-l, 30-m, 30-n, 30-ñ (1994), donde se describe la geología de la zona evaluada a una escala 1:100 000; conformada por el Grupo Nasca y depósitos recientes.
- La “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Nasca” (2003) se realizó un cartografiado al detalle de la geología del sector Santiago; se describe el Grupo Nasca y los depósitos cuaternarios.
- En el Boletín N° 61, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo de Ayacucho” (1995), en donde se describe la geología presente en la zona evaluada y alrededores., rocas volcánicas de La Formación Nazca.
- En el estudio riesgos geológicos del Perú, Franja 3 (2003); se identificó y realizó el inventario del deslizamiento de Santiago.
- El Boletín N° 70, Serie C, Geodinámica e ingeniería geológica “Peligro geológico en la región Ayacucho” (2019), donde se identifican los peligros geológicos y geohidrológicos que pueden causar desastres dentro del ámbito de estudio. Se identificó un total de 1390 ocurrencias de peligros y se determinaron 31 zonas críticas. En estudio también realiza un análisis de susceptibilidad por movimientos en masa (escala 1: 100 000), evidenciándose que, en el sector de Santiago del distrito de Leoncio Prado, presentan susceptibilidad rangos de susceptibilidad Baja a Alta (figura 1).

**Susceptibilidad Baja:** Las condiciones intrínsecas del terreno no son propensas a generar movimientos en masa. Zonas llanas ligeramente inclinadas con pendientes entre 1° a 5° (terrazas altas, abanicos, monte islas, colinas y planicie costera, colinas con laderas estructurales y algunas laderas de montañas moderada a suave pendiente). Ocupan principalmente áreas con cobertura hídrica, zonas frutales y desierto costero. La litología corresponde a depósitos fluviales, aluviales, rocas intrusivas con poca meteorización y calcáreas.

**Susceptibilidad Media:** Algunas condiciones favorables para producir movimientos en masa geoformas de colinas estructurales, lomadas, abanicos y mesetas volcánicas; pendientes entre 5°-25° y mayores de 45°; cobertura vegetal herbácea, arbustiva y semiarbustiva, áreas con gramíneas, uso de suelo con algunas zonas urbanas y rurales.

Las rocas corresponden a secuencias volcánicas, volcánico-sedimentarias, secuencias arcillosas y algunos cuerpos intrusivos graníticos fracturados. Dentro de esta unidad se encuentra la localidad d de Santiago, Llochegua, Sivia, San Francisco, Luricocha, San Miguel entre otros.

**Susceptibilidad Alta:** En esta zona confluyen la mayoría de condiciones del terreno favorables a generar movimientos en masa, cuando se desestabilizan las laderas por causas naturales. Los terrenos presentan pendientes medias a muy fuertes. Los terrenos presentan pendientes medias a muy fuerte (15°- 30°), esta zona a las unidades geomorfológicas de

montañas modeladas en rocas sedimentarias, volcano-sedimentarias, volcánicas e intrusivas; montañas estructurales; vertientes o piedemontes coluvio-deluviales (se incluyen los depósitos de antiguos deslizamiento), abanicos y piedemontes proluviales. La zona evaluada es poco estable y susceptible a los movimientos en masa. Se debe restringir el desarrollo de infraestructura urbana y de instalaciones o esta debe de ser muy bien planificada y contar con sus respectivos estudios de zonificación por peligros geológicos.

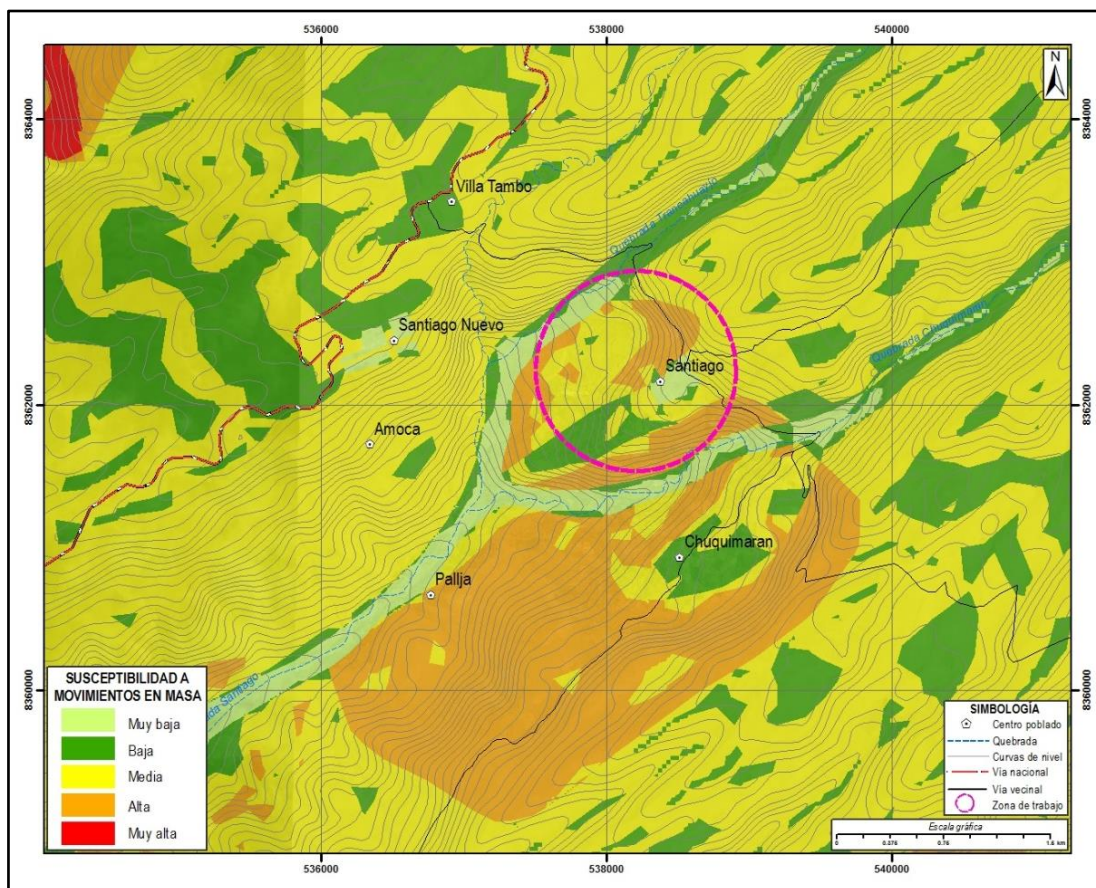


Figura 1. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa (Vilchez, M. y Ochoa, M., 2019).

### 1.3. Ubicación y accesibilidad

El área evaluada corresponde al sector de Santiago en el distrito de Leoncio Prado, provincia Lucanas, región Ayacucho (figura 2), ubicado entre la coordenada UTM-WGS84, Zona 18s.

Cuadro 1. Coordenadas de la zona de estudio

SECTOR DE SANTIAGO		
Norte	Este	Altitud
8362326	538358	2680

El acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima es por vía terrestre, para ello se debe seguir por la carretera asfaltada Panamericana Sur y luego la carretera asfaltada Los Libertadores, en la ruta atraviesas las ciudades: Lima – Chincha – Nazca – Leoncio Prado, hasta llegar al sector de Santiago. (cuadro 2)

**Cuadro 2. Rutas de acceso a la zona evaluada.**

ACCESIBILIDAD					
Tramo		Km	Tipo de transporte	Tipo de vía	Tiempo
Lima	Chincha	205km	Vía terrestre	Asfaltada	2h, 50min
Chincha	Nazca	262km		Asfaltada	4h 11min:
Nazca	Santiago	50km		Asfaltada	1h, 30min

#### 1.4. Clima e hidrología

El clima en el área de estudio, son datos tomados de la clasificación climática por el método de Thornthwaite, corresponde a una zona de clima semiseco, templado con lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda C(o,i,p)B<sup>2</sup>H3, (Senamhi)

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi), en la zona evaluada la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluviosos normal (octubre – marzo) es de 420 mm a 600 mm y su temperatura mínima era de 11 °C, y la máxima 17 °C.

La red hidrográfica del poblado de Santiago está conformado al sur del poblado por la quebrada Chuquimaran y la quebrada Trancahuayo al norte; estas son afluentes del río Taruga, que drena hacia el suroeste del poblado de Santiago.

#### 1.5. Vegetación

El ecosistema presente en el distrito de Leoncio Prado, esta fundamentalmente diferenciado por la altitud sobre el nivel del mar y se puede encontrar una gran formación o tipo de vegetación que es característico del lugar, conformado por especies como el molle, la queñua. Etc.

Los terrenos afectados por el deslizamiento presentan cobertura vegetal de tipo cultivos, que en su mayoría son cultivos de tipo papa, maíz, cebada, etc.



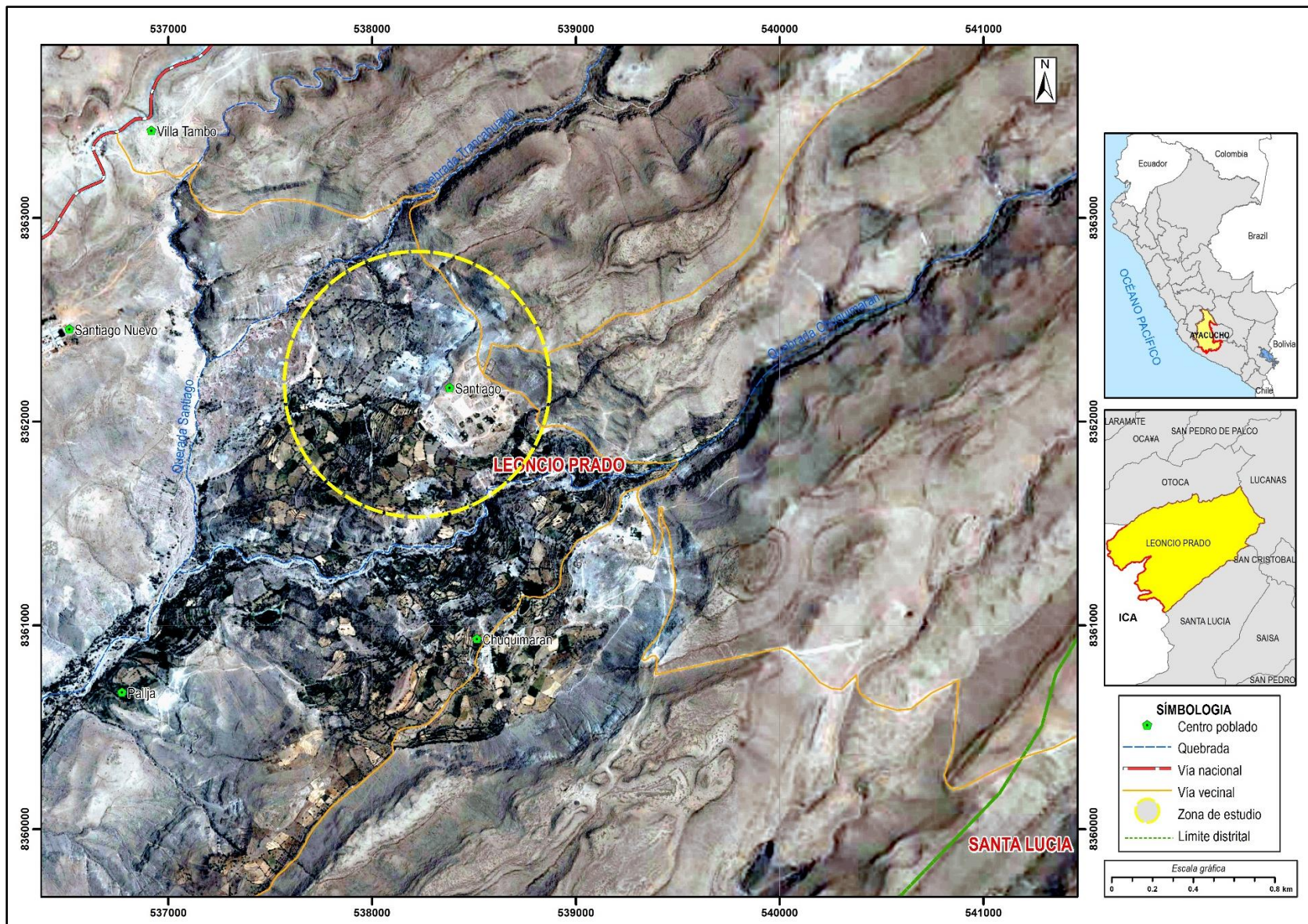


Figura 2. Imagen satelital donde se muestra la ubicación del área evaluada.



## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N° 53 Geología de los cuadrángulos de Lomitas, Palpa, Nasca y Puquio Hojas 30-l, 30-m, 30-n, 30-ñ, donde se describe el afloramiento de rocas volcánicas-sedimentarias del Grupo Nasca. (Montoya, M., Garcia, W. & Caldas, J., 1994).

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas volcánico-sedimentarias con una edad entre los 18 y 22 Ma que corresponde al Mioceno inferior; así como, los depósitos Cuaternarios.

#### SUBSTRATO ROCOSO

**Grupo Nasca:** En una secuencia poco o no deformada, de carácter subhorizontal, inclinada ligeramente hacia el oeste, que yace en discordancia angular sobre rocas del Batolito de la Costa, la secuencia mesozoica plegada o unidades volcánico-sedimentarias del Terciario inferior. Las tobas Nasca son mantos de ignimbritas o piroclásticos sueltos, depositados por un mecanismo de nubes ardientes o como flujo de corrientes de alta densidad de piroclásticos finos, cenizas mezclados con gases volcánicos viajaron y se depositaron pendiente abajo. (Noble D.C. et al. 1979).

Litológicamente conformada por tobas que presentan un rango composición que varía desde riolitas con alto contenido de sílice, abundantes cristales de sanadina y cuarzo; riodacitas o dacitas, conteniendo relativamente fenocristales de plagioclasa, clinopiroxenos y ortopiroxenos; algunas de estos niveles contienen abundantes fragmentos líticos y pómez. (fotografías 1, 2 y 3).



**Fotografía 1.** Vista de muestra de mano, se puede observar una toba volcánica del Grupo Nasca.



**Fotografía 2.** Vista donde se observa muestra de mano de una toba con presencia de cristales de plagioclasas y biotita.



**Fotografía 3.** Vista donde se observa secuencia volcánica de toba lítica, ubicadas en las coordenadas UTM 8362355 N, 538382 E, con altitud 2689 m s.n.m

### Depósitos cuaternarios

**Deposito Aluvial (Q-al):** Están formados por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, gravas, arenas, entre otros.), transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas. El poblado Santiago



se asienta en un depósito aluvial antiguo. así como en las quebradas Chuquimaran y Trancahuayjo. (figura 3).



**Figura 3.** Vista donde se observa depósito aluvial a la margen izquierda de la quebrada Trancahuayjo.

**Deposito Coluvial (Q-cl):** Son aquellos depósitos que se encuentran al pie de las laderas prominentes como material de escombros constituidos por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que han sufrido transporte, se presentan con cierta irregularidad en la hoja de Nasca.

Esta unidad se observa en gran parte en el área donde se reactivan los eventos de tipo derrumbe y deslizamientos, como se indica en la figura 4.



**Figura 4.** Vista con dirección al noroeste del poblado Santiago, donde se indica depósito coluvial (Q-cl) delimitado con línea amarilla.



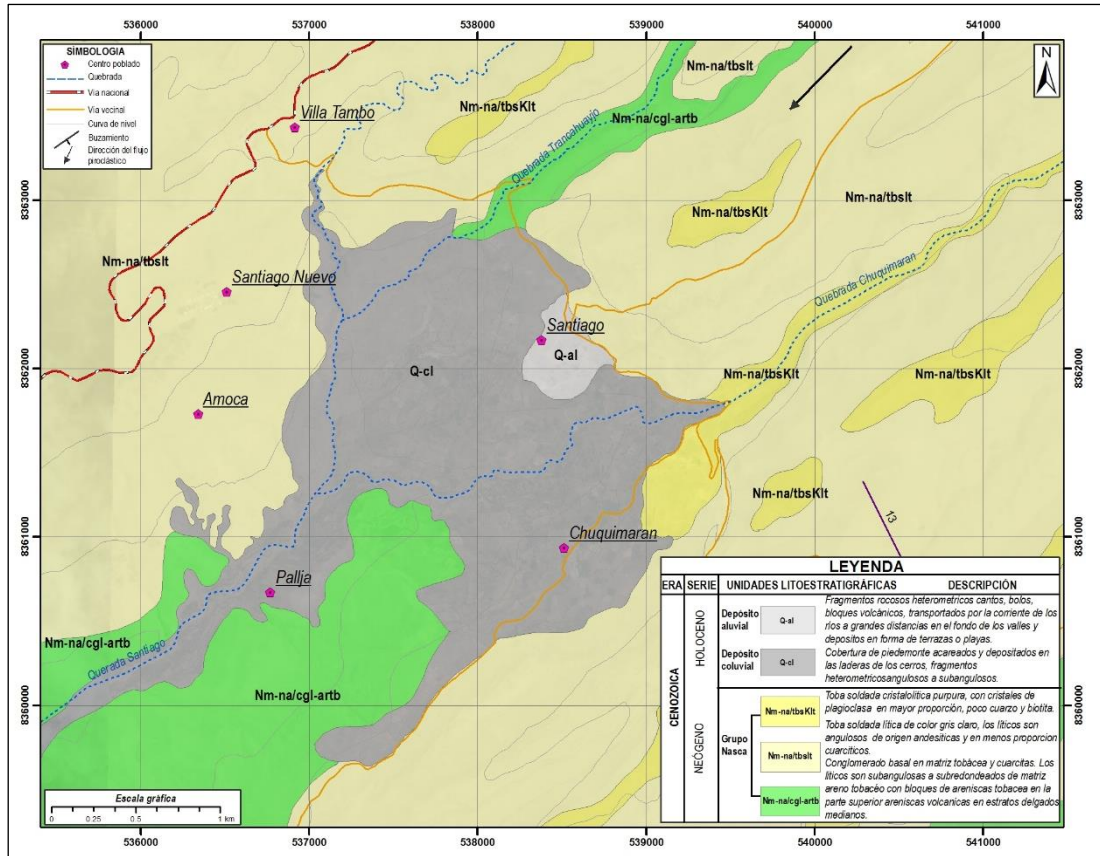


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio (modificado de Montoya, M. et al., 1994).

### 3. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vilchez, M., et al, 2019).

#### 3.1. Pendiente del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa, (Ficha de inventario: DGAR-F-148, INGEMMET).

A continuación, se presenta un mapa de pendiente (figura 6) elaborado en base a un Modelo de Elevación Digital (DEM), de 30 m de resolución, tomado del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). La pendiente en las laderas que conforman el relieve montañoso en la zona estudiada varía de moderado (5° - 15°) a fuerte (15° - 25°).

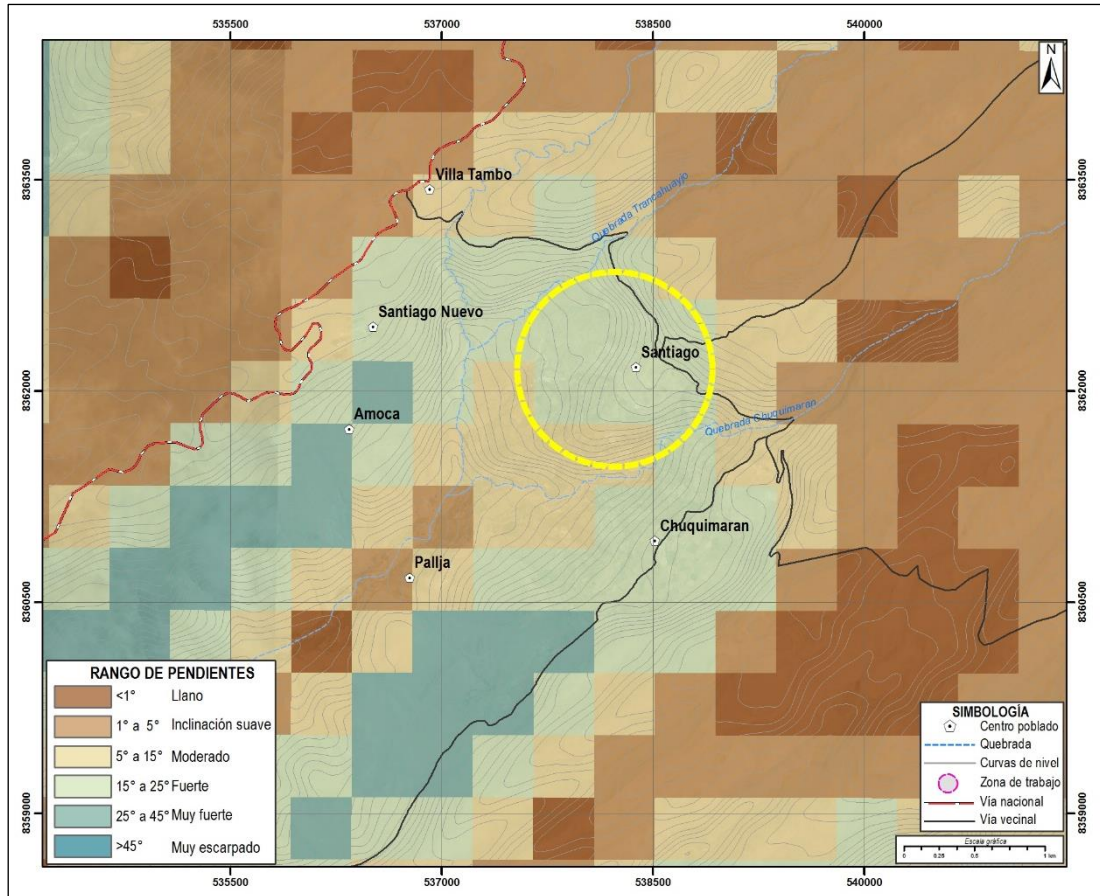


Figura 6. Mapa de pendiente de la zona de estudio, elaborado con curvas de nivel de 30m.

### 3.2. Unidades geomorfológicas

En la zona evaluada y sus alrededores se identificaron las siguientes geoformas, las que se agruparon según su origen (cuadro 3)

Cuadro 3. Unidades geomorfológicas

Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montaña de rocas volcánico-sedimentaria (RM-rvs)
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte	Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
Planicie	Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado (Sfp-d)
	Terraza indiferenciado (Ti)

- **Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional**

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los

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

### **Unidad de Montaña**

Se consideran dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de otros eventos de diferente naturaleza (levantamientos, glaciación, etc).

#### **a) Subunidad de montaña de roca volcánico-sedimentaria (RM-rvs)**

Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de asociaciones de rocas volcánico-sedimentarias, de tipo tobas, tobas cristalolítica, cuarcitas, areniscas volcánicas, conglomerados basal y matriz tobácea. (fotografía 4).



**Fotografía 4.** Vista con dirección al noroeste del poblado de Santiago, donde se observa rocas de tipo tobas del Grupo Nasca.

- **Geoformas de carácter depositacional o agradacional**

Son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terreno más elevados. Conformando así unidades de piedemonte, planicies y planicies inundables.

### **Unidad de Piedemonte**

Estas Geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra,

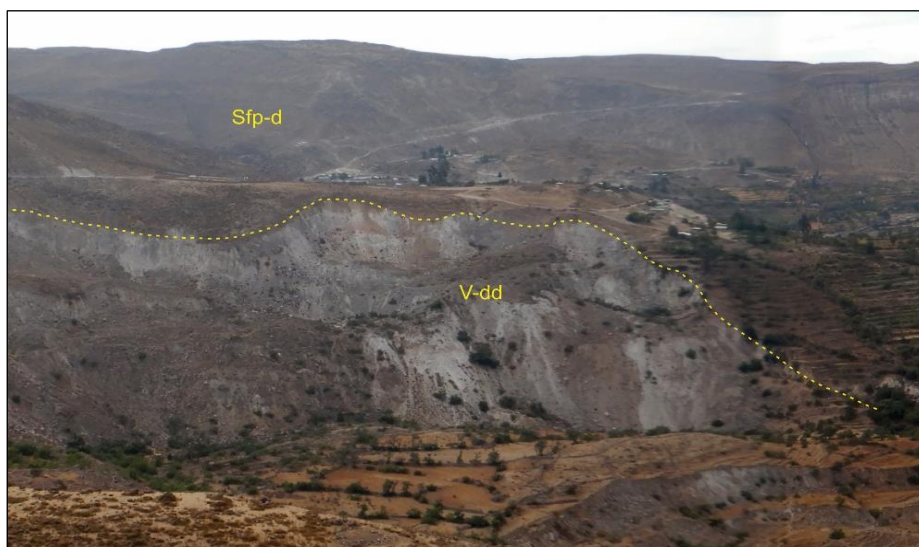


mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

**a) Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)**

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa. (figura 7)

Se relacionan con rocas de diferente naturaleza litológica, ya que es posible encontrarlas comprometiendo todo tipo de rocas. Geodinámicamente se asocia a reactivaciones en los materiales depositados por los movimientos en masa antiguos, así como por nuevos aportes de material provenientes de la actividad retrogresiva de eventos activos.



**Figura 7.** Vista con dirección al norte donde se observa depósito de deslizamiento, que está delimitado con líneas de color amarillo; ubicado en las coordenadas UTM 8362519 N, 538050 E, a una altitud de 2705 m s.n.m.

**Unidad de Planicie**

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya sea que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

**a) Subunidad Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado (Sfp-d)**

Subunidad que presenta el mismo origen que la superficie con flujos piroclásticos, diferenciada porque ha sufrido los efectos de la denudación, encontrándose con un alto grado de disección, cortado por curso de quebradas y torrenteras que configuran un drenaje paralelo a subparalelo.

Geodinámicamente se pueden generar flujos de detritos que discurren por las quebradas que disectan la superficie piroclástica, así como derrumbes y caída de rocas en los frentes escarpados que aportan de material el fondo de los valles. Sobre esta subunidad se asienta el distrito de Leoncio Prado, se encuentra conformada por tobas del Grupo Nasca.



**Figura 8.** En la Imagen google earth, se observa al norte del poblado de Santiago, superficie de flujo piroclástico disectado (líneas discontinuas de color amarillo).

**b) Terraza Indiferenciada (Ti)**

Valles de ríos que discurren cortando la cordillera de los Andes donde no ha sido posible cartografiar de forma diferenciada el fondo de valle, las terrazas y llanura de inundación; está subunidad se encuentra en ambas márgenes de la quebrada Chuquimaran y Tranchahuayjo. (figura 9)



**Figura 9.** Se observa la subunidad de terrazas indiferenciada en la quebrada Tranchahuayjo.



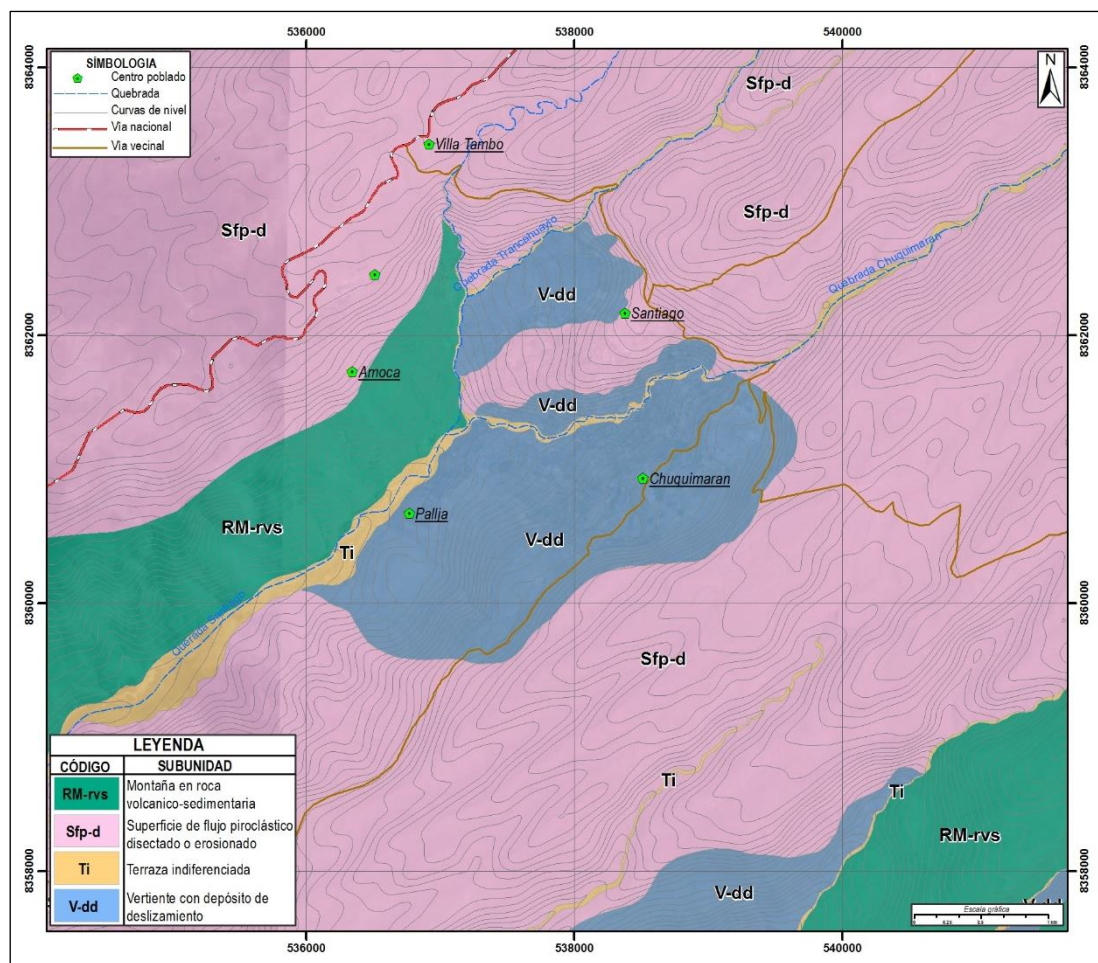


Figura 10. Mapa geomorfológico del poblado Santiago y alrededores.

#### 4. PELIGROS GEOLOGICOS

Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa y los denominados otros peligros geológicos, los cuales serán descritos a continuación:

##### 4.1. Conceptos teóricos

Los movimientos en masa son originados por la combinación de factores condicionantes y desencadenantes. Los factores condicionantes o intrínsecos (la geometría del terreno, el tipo de suelo, el drenaje superficial y subterráneo, y la cobertura vegetal), combinados con factores desencadenantes o extrínsecos (lluvias, corte de carretera, canales, tala de árboles, etc.). El “desencadenante” de los eventos identificados son las precipitaciones pluviales que caen en la zona entre los meses de noviembre a febrero y la ocurrencia de sismos.

Los peligros geológicos reconocidos en la zona inspeccionada corresponden a movimientos en masa de tipo: derrumbes, deslizamientos, erosión de ladera y movimiento complejo (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en la Cordillera de los Andes por cursos de agua, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los



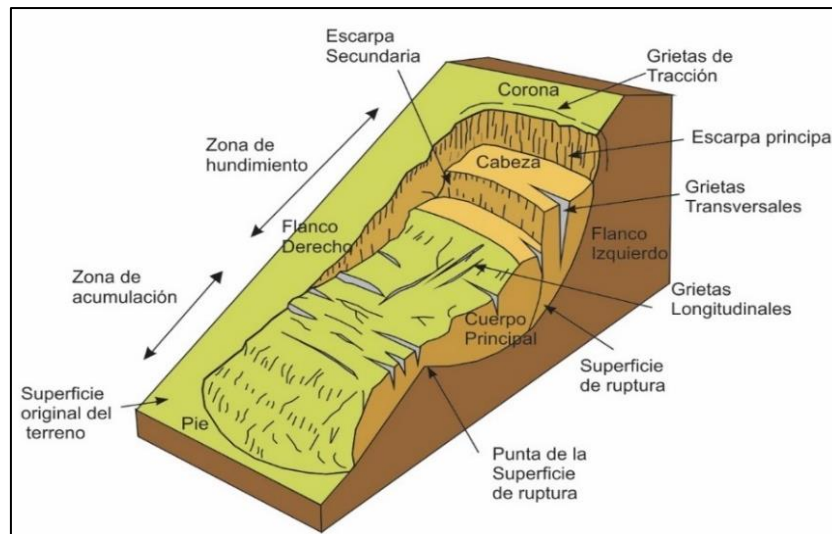
terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

#### 4.1.1. Deslizamiento

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según la clasificación de Varnes (1978), se clasifica a los deslizamientos por la forma de la superficie de deslizamiento por donde se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007).

##### Deslizamiento Rotacional

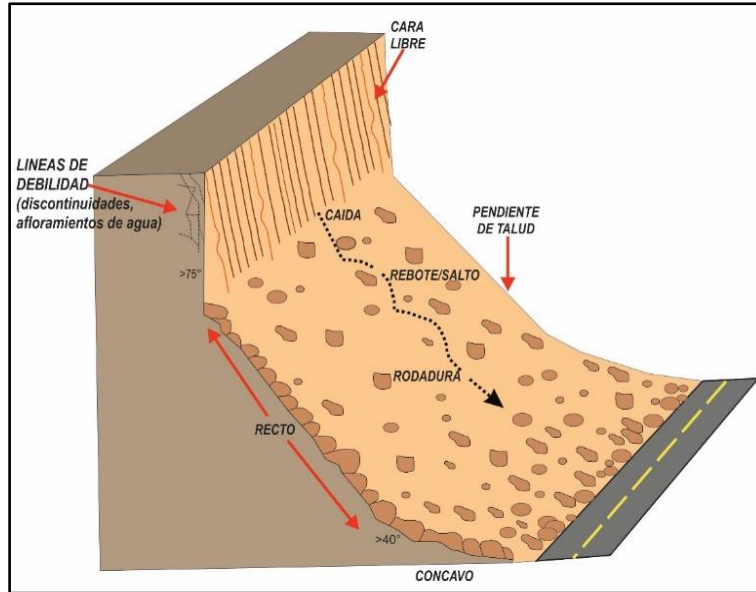
Son un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (Figura 9). Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado, y una contrapendiente en la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. (figura 11) La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta o rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.



**Figura 11.** Esquema de un deslizamiento rotacional, donde se muestra sus diferentes partes(Hutchinson,1988)

#### 4.1.2. Derrumbe

Son fenómenos asociados a la inestabilidad de las laderas de los cerros, consisten en el desprendimiento y caída repentina de una masa de suelo o rocas o ambos, que pueden rodar o caer directamente en forma vertical con ayuda de la gravedad. Son producidos o reactivados por sismos, erosión (socavamiento de la base en riberas fluviales o acantilados rocosos) (figura 12), efecto de la lluvia (saturación de suelos incoherentes) y la actividad humana (acción antrópica: cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas (Vilchez, 2019).

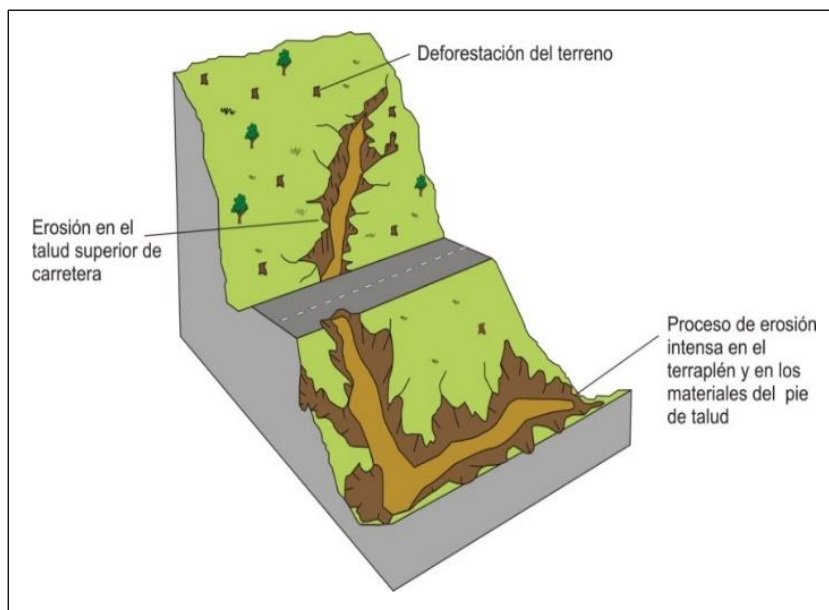


**Figura 12.** Esquema de un derrumbe (Modificado de Vílchez, 2015)

#### 4.1.3. Erosión de ladera (cárcavas)

Es un proceso relacionado con el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo que son causados por el agua y el viento. En el proceso erosivo de los suelos, intervienen, por lo tanto, el suelo como objeto pasivo. Colocado bajo ciertas condiciones de pendiente. Así mismo dos agentes activos, el agua y el viento y un intermediario, la vegetación, que regula sus relaciones. (Ramos, 2016), (Figura 13).

Se presenta cuando existe una excesiva concentración de escorrentía en determinadas zonas del terreno y que posteriormente permite la ampliación progresiva de la zanja. Este tipo de erosión es la fuente más importante de sólidos en suspensión en los ríos, pero en términos de daño al suelo agrícola o reducción de la producción no es muy decisiva, debido a que la mayoría de las tierras sujetas a la formación de cárcavas severas.



**Figura 13.** Esquema de erosión de laderas en cárcavas

## 4.2. Peligros identificados en el Centro Poblado Santiago Viejo.

En el área de estudio se han identificado y cartografiado peligros geológicos de tipo deslizamiento rotacional, derrumbe; así como procesos de erosión de laderas de tipo cárcavas (figura 24), los cuales se describen a continuación:

### 4.2.1. Deslizamiento rotacional.

El Ingemmet en el año 2003, describe la ocurrencia de un deslizamiento de tipo rotacional, el evento es registrado en la base de datos de peligros con el código de inventario N° 13288, se consigna que el evento ha generado daños a los terrenos de cultivo.

El evento ubicado a 800m de la población de Santiago, presenta agrietamientos en el terreno y deslizamiento de tierra desde febrero del año 1947, en donde se destruyeron los terrenos de cultivo del fundo Asñapuquio y afecto el canal de agua para riego. (Vílchez, 2019)

El movimiento sísmico ocurrido el año 1942 de magnitud 8.2 Mw con origen entre los límites de los departamentos de Ica y Arequipa, hace que los terrenos de cultivo sean inestables, a esto se suma las aguas de lluvia y uso de riego por gravedad, producto de estos factores condicionantes se origina un evento en el año 1947, que como se dijo líneas arriba formó grietas en la superficie del terreno; así como, desprendimiento de tierra que destruyó terrenos de cultivo el año 1996 este deslizamiento se reactivó, ocasionado por el terremoto de magnitud 7.7 Mw que se originó frente a la dorsal de Nasca.

En la actualidad el poblado se encuentra ubicado en un nuevo sector al cual se denomina Centro Poblado Nuevo Santiago, localizado en la coordenada 536372m E - 8362396 m S y a una altitud 2730 m s.n.m.; en el denominado pueblo viejo, actualmente permanecen viviendo seis familias, justificando su estancia a que la distancia con respecto al nuevo pueblo no les favorece para ver sus terrenos de cultivo.

A continuación, se describe las características del evento:

El deslizamiento de tipo rotacional con escarpas múltiples cuyas características se indica en el cuadro 4; además, presenta 1220 m de longitud inclinada del escarpe principal al pie, 1210 m de longitud horizontal y 250 m de longitud vertical. La velocidad de desplazamiento de la masa es lento<sup>1</sup>, con distribución o actividad retrogresivo, presenta también un sistema de grietas transversales cuyas longitudes varían entre 20 m a 100 m, muchos de ellos son discontinuas, con apertura que llegan a tener hasta 0.60 m. (figura 18 y 19)

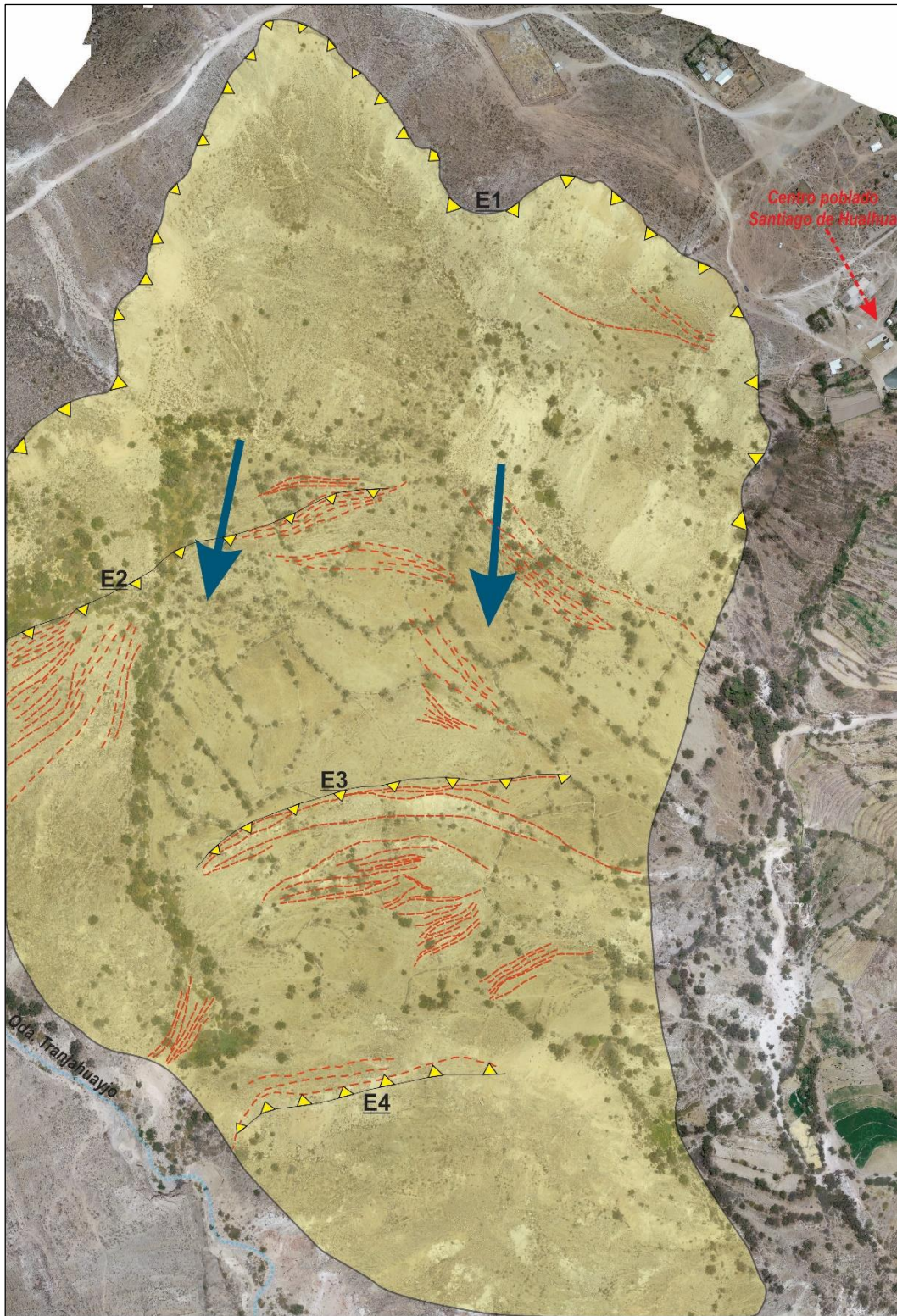
**Cuadro 4: características de las escarpas**

Escarpe	Longitud (m)	Salto vertical (m)	Dirección de desplazamiento
E1	1300	30	Norte 255°
E2	500	4	Norte 224°
E3	510	6	Norte 262°
E4	450	4	Norte 96°

<sup>1</sup> Escala de velocidad de los movimientos de ladera (Cruden y Varnes, 1996)



En la figura 14, 15, 16 y 17 se puede observar algunas características que presenta el deslizamiento (sistema de grietas, salto vertical); también en la figura 18 observamos otros peligros que se generan en la margen derecha de la quebrada Chuquimaran.



**Figura 14.** Imagen tomada con un Dron, en donde puede apreciar la reactivación del deslizamiento rotacional del sector de Santiago, donde se observa grietas transversales (líneas punteadas de color naranja).

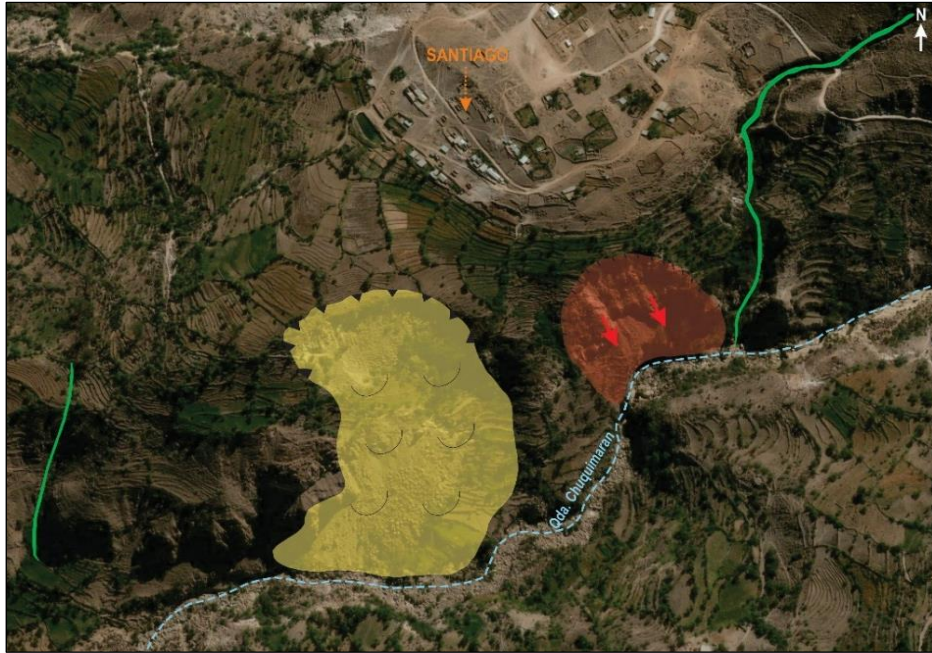




**Figura 15.** Vista donde se observa grietas continuas con aberturas entre 2cm a 40cm; de hasta 148m de longitud, ubicadas en las coordenadas UTM 8362410 N, 538149 E, con altitud 2574 m s.n.m



**Figura 16.** Vista del deslizamiento donde se puede observar saltos de hasta 6.5m, ubicadas en las siguientes coordenadas UTM 8362505 N, 537833 E con una altitud de 2555 m s.n.m



**Figura17.** Vista donde se aprecia deslizamiento rotacional, el que se deposita en la quebrada Chuquimarán, ubicadas en las coordenadas UTM 8361730N, 538294 E con una altitud de 2622 m s.n.m

**Causas:**

La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa, esta condicionado a causas naturales y actividad antropica:

*Factores de sitio:*

- El área evaluada presenta montañas en roca volcánico-sedimentaria, con laderas de pendiente del terreno de moderado a fuerte ( $5^{\circ}$  a  $25^{\circ}$ ).
- Substrato rocoso conformado por tobas, ignimbritas o piroclástico
- Substrato rocoso poco resistente y deleznable.
- Substrato rocoso con un grado de meteorización moderado a alto.
- Presencia de material de remoción antiguo, susceptible a que se reactive y genere nuevos movimientos en masa.
- Cobertura vegetal escasa (pastos)

*Del entorno geográfico:*

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan.
- Presencia de aguas subterráneas (manantiales de agua).
- La ocurrencia de movimientos sísmicos.

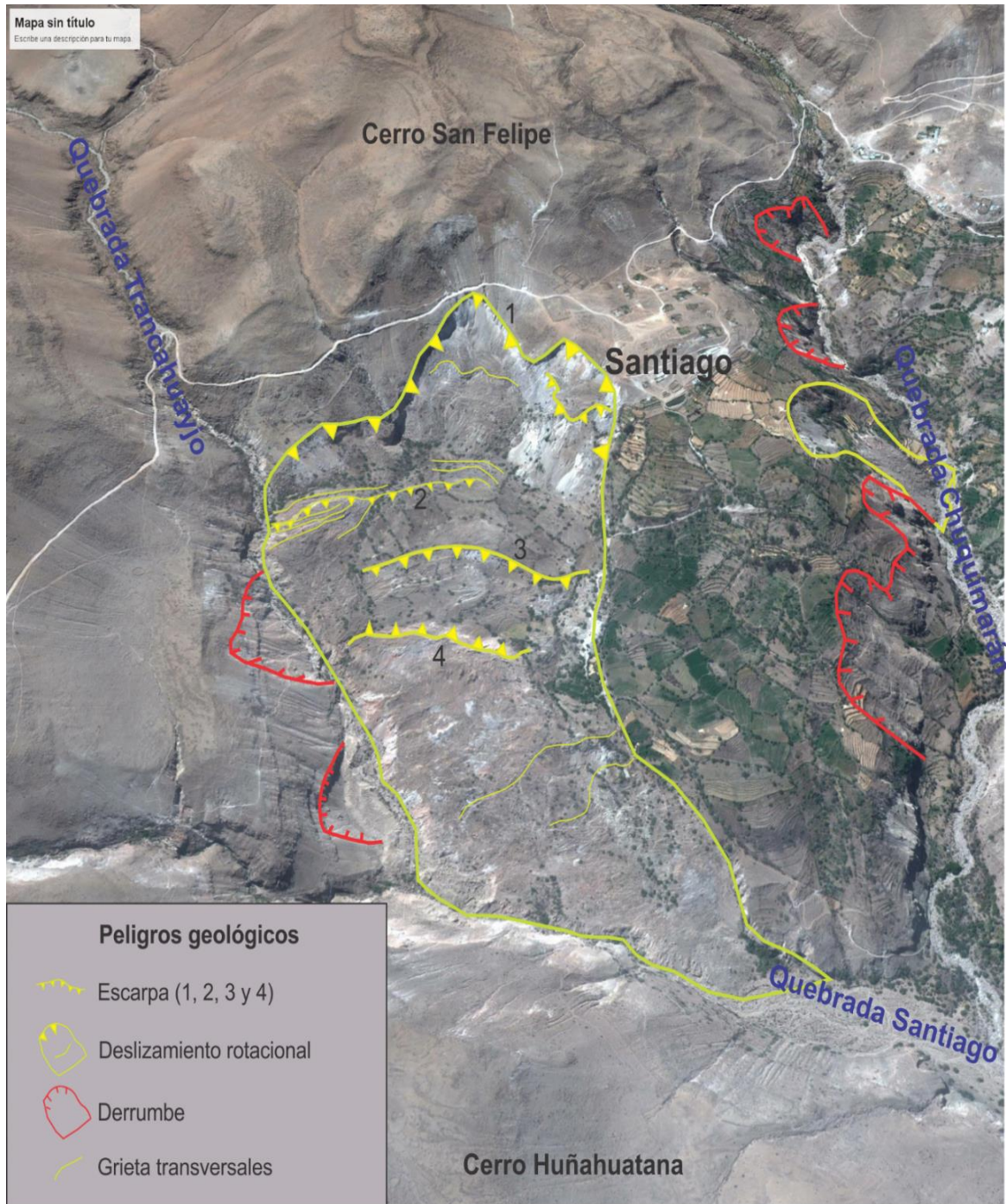
*Factores antrópicos:*

- Corte y relleno artificial en la ladera para la construcción de la carretera.
- Presencia de grietas por donde se infiltra agua al suelo.
- Ocupación de suelo por el hombre en zonas vulnerables.
- Mal uso del sistema de riego (riego por gravedad)



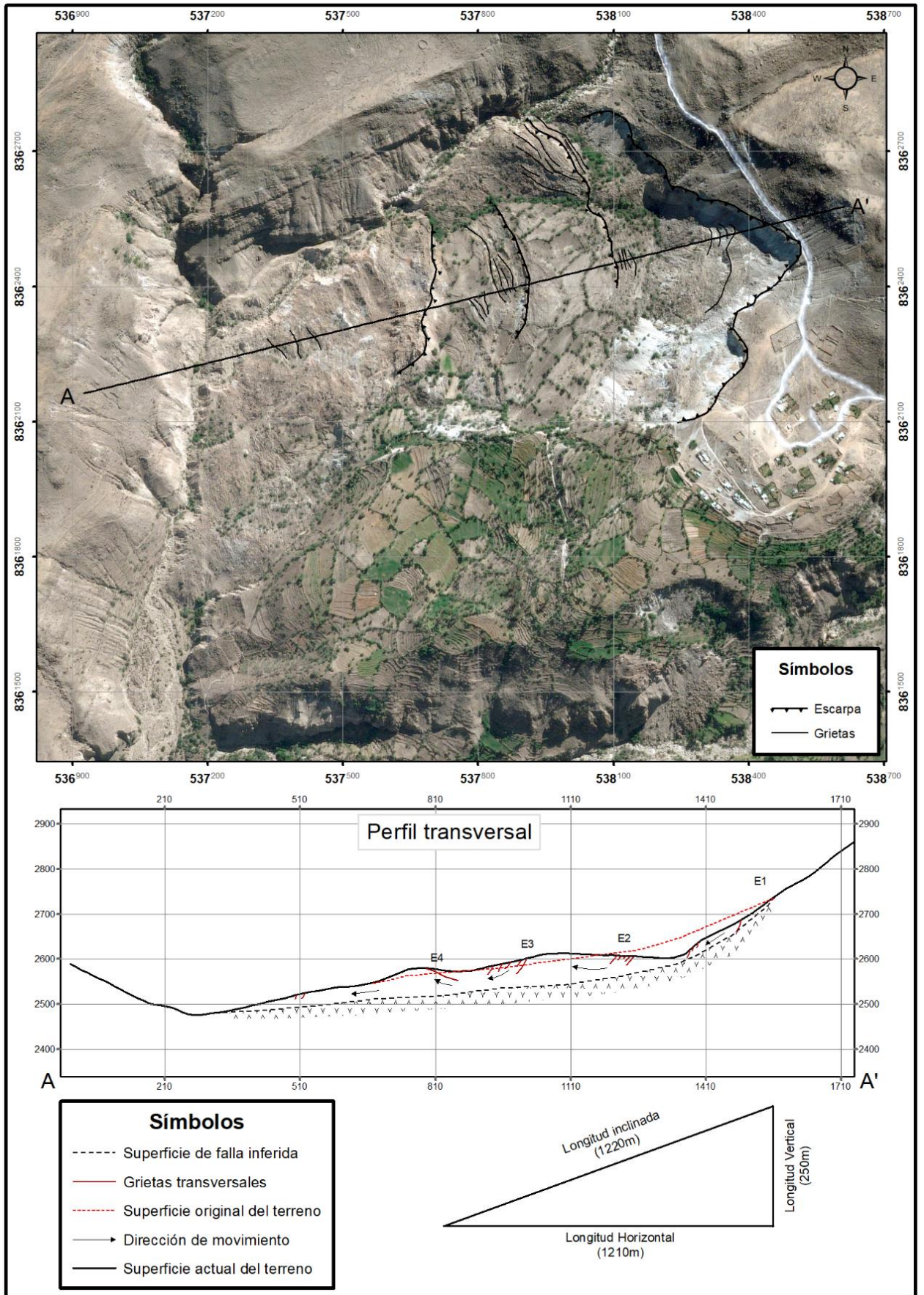
***Daños ocasionados.***

- El deslizamiento produjo la destrucción 20 hectáreas de terrenos de cultivo.



**Figura 18.** Vista con dirección este, se observa la cartografía del deslizamiento de Santiago, así como de otros procesos presentes en la zona.





**Figura 19.** Se observa un perfil transversal del deslizamiento ocurrido en el sector Santiago.



#### 4.2.2. Derrumbe

En los alrededores del área evaluada también se ha identificado derrumbes, estos eventos se pueden observar con claridad en ambas márgenes de las quebradas Trancahuayjo, Chuquimaran y Santiago; los derrumbes se generan por sectores está relacionado al proceso de erosión de la superficie del terreno; los materiales que se desprende se acumulan en el fondo de los valles, este material suelto con la presencia de lluvias intensas son arrastrados pendiente abajo y pueden formar huaicos, que pueden afectar los poblados que se encuentran situados cerca al cauce principal de quebrada Santiago. (fotografía 5 y figura 20).



**Fotografía 5.** Vista con dirección al noroeste donde se observa derrumbes, próximo al poblado Santiago Nuevo.



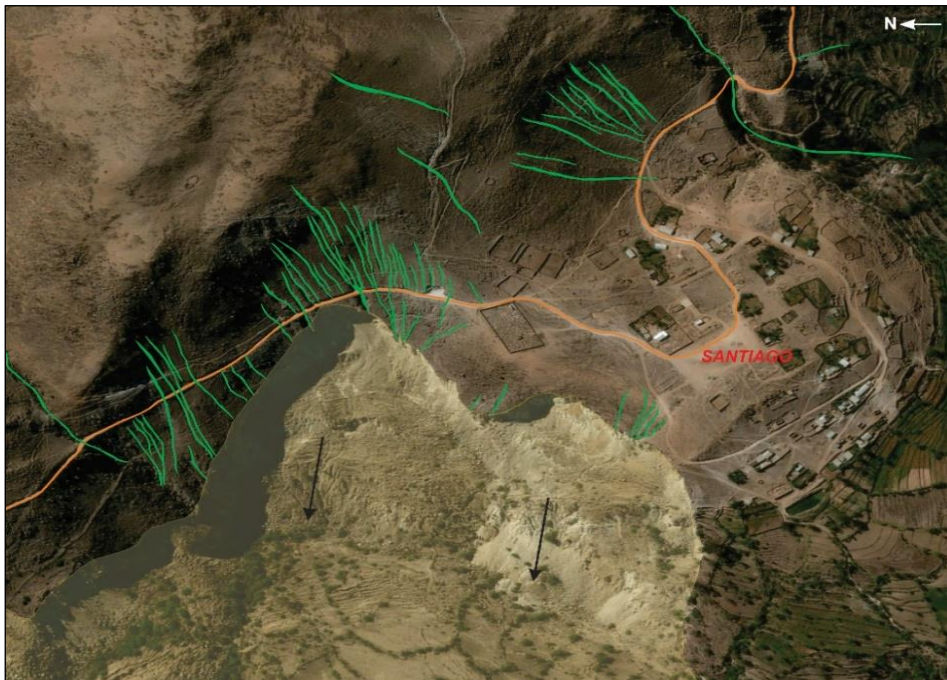
**Figura 21.** En la imagen se observa derrumbe en la margen izquierda de la quebrada Chuquimaran, en donde también se pudo identificar erosión de ladera (cárcavas).



#### 4.2.3 Erosión de ladera tipo Cárcavas

Las cárcavas ubicadas en los alrededores del centro poblado de Santiago, tienen profundidades entre 0.30 m a 5 m, ancho de 0.5 m a 18 m y longitudes de hasta 600m aproximadamente. Según la clasificación de Alves (1978), a este proceso se le puede considerar como cárcavas pequeñas y severas porque se encuentran distribuidas próximos al poblado de Santiago.

Se identificaron cárcavas en ambas márgenes de las quebradas de Trancahuayjo y Chuquimaran; así como en la cabecera del deslizamiento del poblado Santiago (figura 22 y 23), este evento afecta parte de la carretera afirmada que permite el ingreso al poblado anteriormente mencionado.



**Figura 22.** Vista al noroeste, en donde se observa cárcavas continuas, en la cabecera del deslizamiento del poblado de Santiago.



**Figura 23.** Vista al noreste, cárcavas continuas en la margen izquierda de la quebrada Chuquimaran.



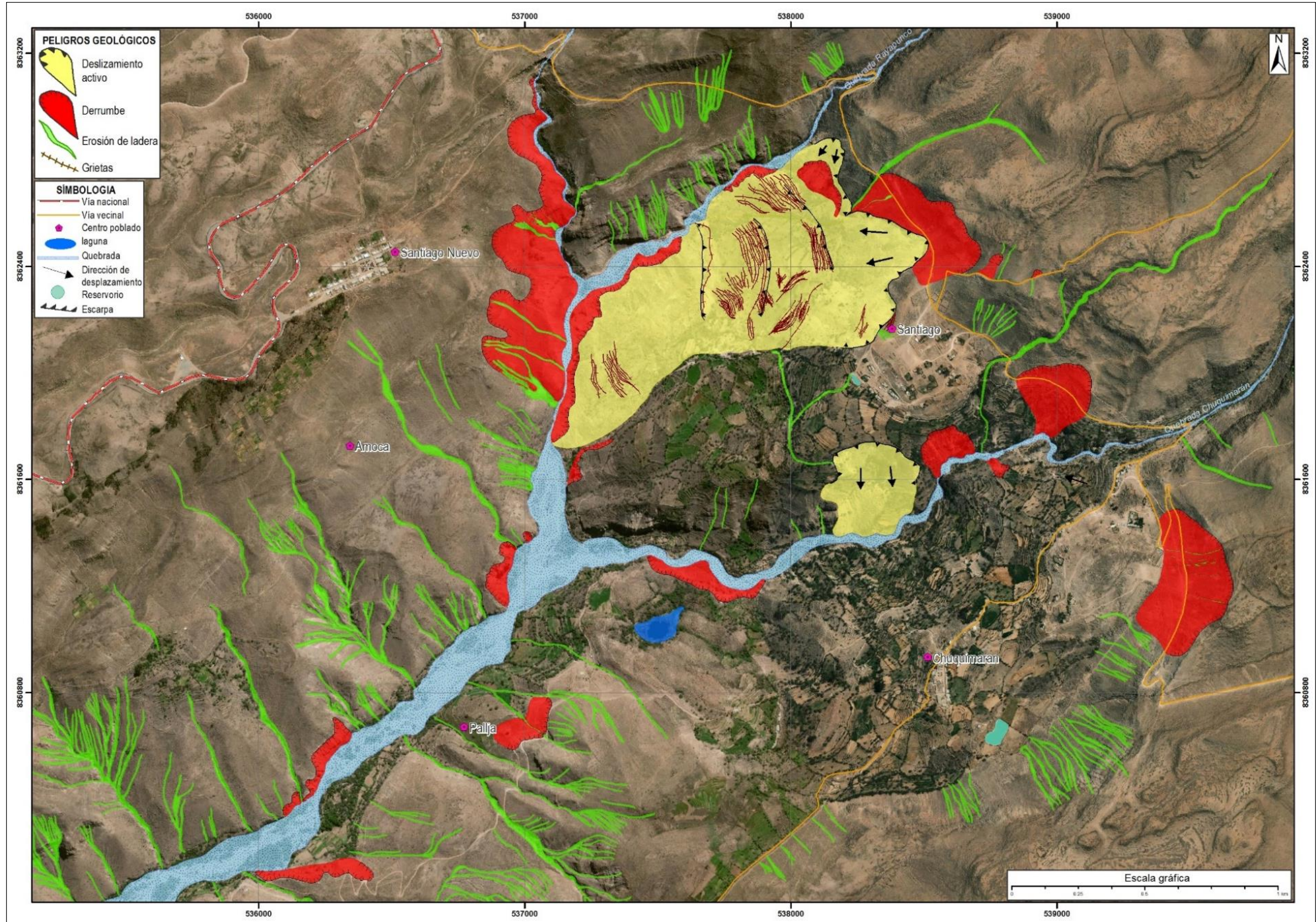


Figura 24. Mapa de peligros geológicos por movimientos en masa del sector Santiago.



## CONCLUSIONES

- a) El área evaluada se encuentra entre las quebradas Chuquimaran y Trancahuayjo, por sus condición geológica y geomorfológica es considerado como una zona de Alta Susceptibilidad, a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa
- b) En deslizamiento reactivado del sector de Santiago, presenta una escarpa principal de tipo elongada con una longitud de 1300m, una distancia inclinada entre la escarpa al pie de 1220 m (figura 20), con saltos de hasta de 30m; así como grietas continuas con longitudes que llegan alcanzar de 60 a 100m con aberturas llegan alcanzar hasta 0.60m. La reactivación del deslizamiento rotacional, afecto terreno de cultivos.
- c) Una de las causas principales de los eventos mencionados, es el tipo de substrato rocoso conformado por rocas con meteorización intensa y terrenos con pendiente moderado (5° - 15°) a fuerte (15° - 25°). Los factores desencadenantes son las intensas lluvias y movimientos sísmicos ocurridos en diferentes años.
- d) En el sector de Santiago Viejo, se le considera como una zona crítica, porque se encuentra expuesto a procesos geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamiento, presentando una condición de Alto Peligro, que compromete la seguridad física de los pobladores y sus medios de vida.

## RECOMENDACIONES

- 1) Las autoridades competentes deben delimitar la zona restringida y no permitir el acceso de las personas.
- 2) Implementar un programa y proyectos para la promoción del uso de un sistema de riego tecnificado entre los agricultores y sus organizaciones.
- 3) Prohibir el uso como terrenos de cultivo y de pastoreo la zona inestable.
- 4) No permitir la construcción de nuevas viviendas próximas al derrumbe de Santiago.
- 5) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores del sector Santiago en temas de peligros geológicos por movimientos en masa y gestión del riesgo de desastres, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de este tipo de eventos que pueden afectar su seguridad física.

**Norma Luz Sosa Senticala**  
Especialista en peligros geológicos  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

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

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- De la Cruz, J. & De La Cruz, O. (2003), Memoria descriptiva de la revisión actualizada del cuadrángulo de Nasca (30-n), Escala 1:100 00, Lima: INGEMMET.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Vargas Ugarte, Rubén: Historia General del Perú. Tomo II. Editor: Carlos Milla Batres. Lima, Perú, 1981. ISBN 84-499-4813-4
- Vilchez M. et al (2019) Peligros Geológicos en la región Ayacucho, Boletín N°70, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica.
- Varios autores: Historia General de los peruanos. Tomo 2. Lima, 1973. Sección: "Temblores y Terremotos de Lima".
- Villota, H. (2005) – Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. 2. Ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, [www.senamhy.gob.pe](http://www.senamhy.gob.pe)
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (1996) - Guía explicativa del mapa forestal 1995. Lima: INRENA. 138 p.
- Alves, C.S. (1978), Control y estabilización de barrancos. Trigo y soja –Boletín Técnico FECOTRIGO, 37, Porto Alegre. pp 6-9