

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7645

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL POBLADO DE SILLAPATA

Departamento: Huánuco
Provincia: Dos de Mayo
Distrito: Sillapata



JULIO
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS EN EL POBLADO DE SILLAPATA

Distrito Sillapata, provincia Dos de Mayo, departamento Huánuco

Elaborado por la Dirección
de Geología Ambiental y
Riesgo Geológico del
Ingemmet

Equipo de técnico:

*Guisela Choquenaira Garate
Wilson Gomez Cahuaya*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). *Evaluación de peligros geológicos en el poblado de Sillapata. Distrito Sillapata, provincia Dos de Mayo, departamento de Huánuco*: Ingemmet, Informe Técnico A7645, 47p.

INDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales.....	7
1.3.1. Ubicación	7
1.3.2. Accesibilidad	7
1.3.3. Población	7
1.3.4. Clima	7
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
3.1. Unidades Litoestratigráficas	11
3.2. Depósitos superficiales	16
3.2.1. Depósito coluvio deluvial (Q-cd).....	16
3.2.2. Depósito coluvial (Q-d).....	16
3.2.3. Depósito coluvio-proluvial (Q-cp).....	17
3.2.4. Depósito proluvial (Q-pr)	17
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	18
4.1. Pendientes del terreno	18
4.2. Índice topográfico de Humedad (TWI).....	20
4.3. Unidades geomorfológicas.....	22
4.3.1. Unidad de montaña	22
4.3.2. Unidad de planicie rocosa	23
4.3.3. Unidad de ladera	23
4.3.4. Unidad de piedemonte	24
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	26
5.1. Situación actual del deslizamiento 2019.....	27
5.2. Derrumbes	30
5.3. Otros peligros geológicos.....	31
5.3.1. Erosión de ladera	31
5.4. Factores condicionantes	36
5.5. Factores desencadenantes	37
5.6. Factores Antrópicos	38
6. CONCLUSIONES.....	39
7. RECOMENDACIONES.....	40
8. BIBLIOGRAFÍA:.....	42
ANEXO 1	43

RESUMEN

El presente informe detalla la evaluación de peligros geológicos realizada en el poblado Sillapata, distrito Sillapata, provincia Dos de Mayo, departamento Huánuco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos, para los tres niveles de gobierno.

En el contexto litológico, el entorno del poblado Sillapata representa un factor determinante en la ocurrencia de movimientos en masa. Al sur, afloran esquistos y metareniscas con alto grado de meteorización y fracturamiento, de baja resistencia mecánica, lo que los convierte en materiales geotécnicamente débiles. Asimismo; los conglomerados monomítico y microconglomerado polimítico de la Formación La Unión también con características similares de baja competencia, alta porosidad y una matriz fina que favorece la retención de humedad. Estas condiciones, combinadas con factores como lluvias intensas, infiltración de aguas y actividad sísmica, han coadyuvado a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas.

Los depósitos inconsolidados de la zona, denominados coluvio-deluviales y coluviales, corresponden a acumulaciones de fragmentos heterométricos de gravas, arenas, limos y arcillas, con escasa presencia de bloques. Desde el punto de vista geotécnico, estos depósitos son poco competentes y con baja resistencia al corte, lo cual, los convierten en zonas susceptibles a la erosión, o a la ocurrencia de probables deslizamientos superficiales.

Desde el punto de vista geomorfológico, las laderas con pendiente muy pronunciadas a abruptas que bordean la meseta sobre la cual se encuentra asentado el poblado de Sillapata constituyen un factor morfodinámico, al generar inestabilidad natural, sobre todo en los flancos este y oeste; en este último el relieve abrupto favorece la concentración y aceleración del escurrimiento superficial. Esta condición, sumada a la acción de vertimientos de agua no controlados y las intensas precipitaciones pluviales, han dado lugar al desarrollo de procesos de erosión de laderas con cárcavas.

Los peligros geológicos identificados en el poblado de Sillapata afectan un área aproximada de 85 ha. Los trabajos de campo permitieron caracterizar e inventariar catorce (14) derrumbes de los cuales doce (12) son activos. Así también, se identificó seis (6) deslizamientos, de los cuales dos (2) son considerados inactivo - latentes, cuatro (3) reactivados y dos (2) activos, este último atribuido al evento producido el 2019. Por el lado oeste, se tiene el registro de cinco (5) procesos de erosión de ladera en cárcavas.

La evaluación del estado actual del deslizamiento ocurrido el año 2019, muestra que en la zona de escarpe aún se conservan agrietamientos en el suelo como también en las viviendas. Así mismo, la masa desplazada permanece acumulada al pie de la ladera, con escasos cambios morfológicos desde la ocurrencia del evento original.

Se considera que el factor antrópico, como la presencia de viviendas construidas muy próximas al borde de la meseta de Sillapata, que vierten sus aguas pluviales mediante tuberías y sistemas artesanales, directamente hacia la ladera, incrementan la susceptibilidad a movimientos en masa, sobre todo cuando aumenta la saturación hídrica.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera que las viviendas de la calle el Porvenir, en dirección al río Yacurragra son considerados como una **Zona Crítica y de Peligro Muy Alto**, y las viviendas del Jr. Izcuchaca en dirección a la ladera noroeste como **Peligro Alto** ante la ocurrencia de movimientos en masa y otros peligros geológicos.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad distrital de Sillapata, con Oficio N° 035-2025-A-MDS/DM/HCO, según nuestras competencias se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el poblado de Sillapata. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Guisela Choquenaira y Wilson Gómez, para realizar la evaluación de peligros geológicos, los días 29 y 30 de abril del 2025.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Gabinete I, consiste con recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; ii) Campo, consiste en toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografía, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Gabinete II, donde se realizó el procesamiento de toda la información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación final, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del presente informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad distrital de Sillapata e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664. A fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en el poblado de Sillapata
- b) Determinar los factores condicionantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel regional, en la zona de estudio se tiene la siguiente información:

- A. El Boletín N° 34 de la Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco”, elaborado por Zavala & Vélchez (2006). El estudio contiene información básica sobre los peligros geológicos presentes en el departamento de Huánuco y los factores que los condicionan para su ocurrencia. El área de evaluación es considerada entre alta y muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1).

Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

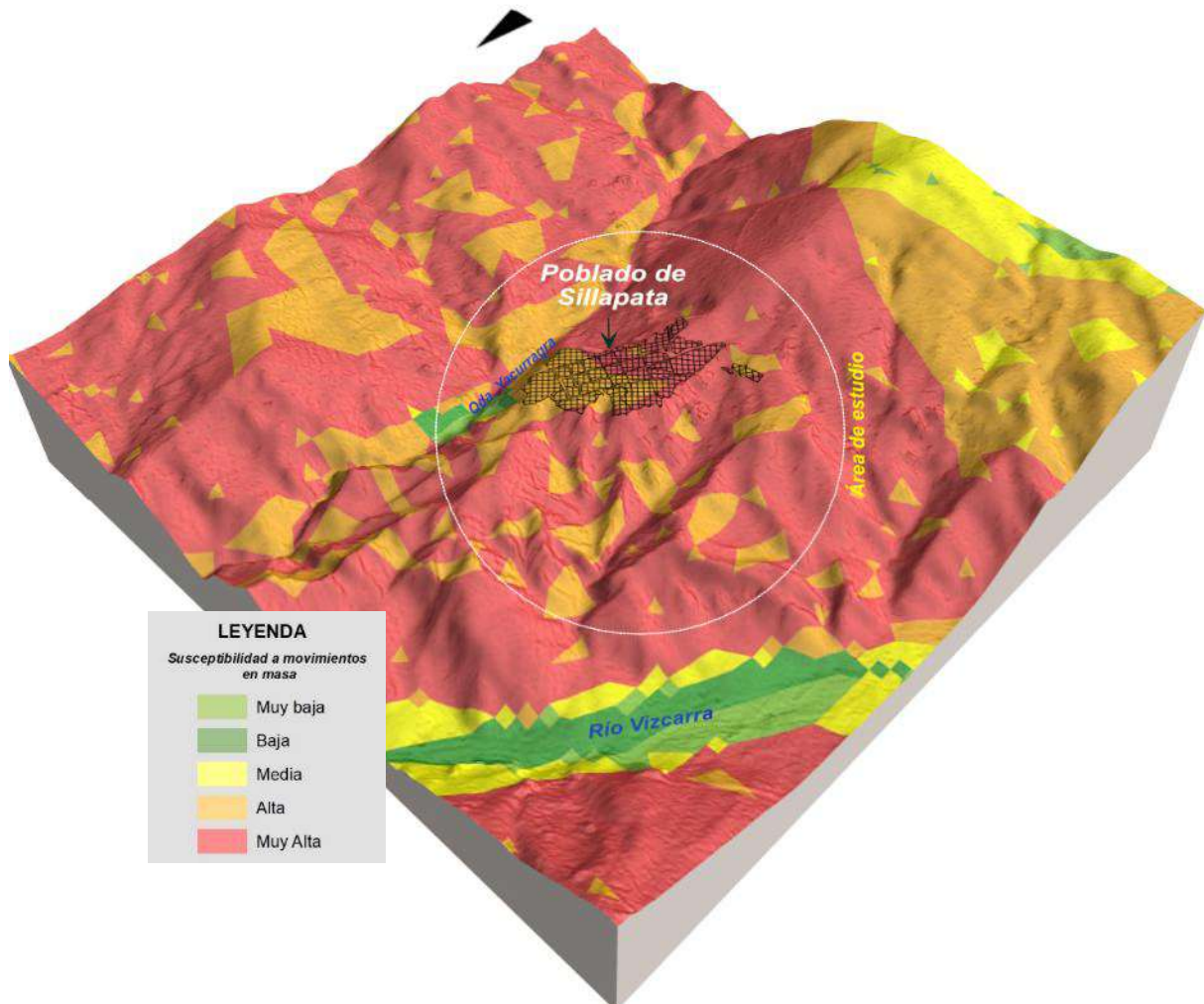


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa en la comunidad de Llacuabamba. Fuente: Medina, et al., 2012.

- B. Informes técnicos N° A6915 y N°A6925: “Evaluación de peligros geológicos en el sector Sillapata”, donde se describe el deslizamiento ocurrido el 29 de junio de 2019 que afectó 48 viviendas de la calle El Porvenir, posta médica y Hotel. Además, afectó redes de agua y desagüe.
- C. Informe técnico N° A7476 “Evaluación de peligros geológicos en el sector Patarín, describe la geología, geomorfología y geodinámica del lado suroeste de Sillapata.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El poblado de Sillapata se ubica en la margen izquierda de la quebrada Yacurragra, a 12.5 km al noreste de La Unión. Políticamente pertenece al distrito Sillapata, provincia Dos de Mayo, departamento Huánuco (figura 2); en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18s) (tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas del área evaluada.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	305043	8921442	9°45'8.92"	76°46'38.20"
2	305853	8921134	9°45'19.08"	76°46'11.68"
3	305507	8919991	9°45'56.22"	76°46'23.23"
4	304615	8920712	9°45'32.60"	76°46'52.37"
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	305277	8920810	9°45'29.53"	76°46'30.63"

1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde la ciudad de Lima (Ingemmet-sede central), a través de la siguiente ruta (cuadro 1):

Cuadro 1. Rutas y accesos al área evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Conococha	Carretera asfaltada	320	6h
Conococha - La Unión	Carretera asfaltada	108	2h 20 minutos
La Unión - Sillapata	Trocha carrozable	12.5	30 minutos

1.3.3. Población

A partir de la data disponible del sistema de Información geográfica del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), la distribución poblacional de Sillapata asciende alrededor de 1814 habitantes y 130 viviendas, de las cuales el 90% está construido de material rustico (adobe). <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>.

1.3.4. Clima

Tomando como referencia el Mapa de Clasificación Climática de Thornthwaite del Senamhi (2020), el área de evaluación y alrededores se encuentra dentro de una zona con un clima lluvioso, otoño e invierno seco, con ambiente frío a templado.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según los datos meteorológicos y pronóstico del tiempo de la estación de Senamhi más cercana a la zona de estudio (estación Dos de Mayo, ubicada en el distrito Pachas, provincia de Dos de Mayo), la precipitación máxima registrada en los meses de diciembre y enero es aproximadamente 30 mm.

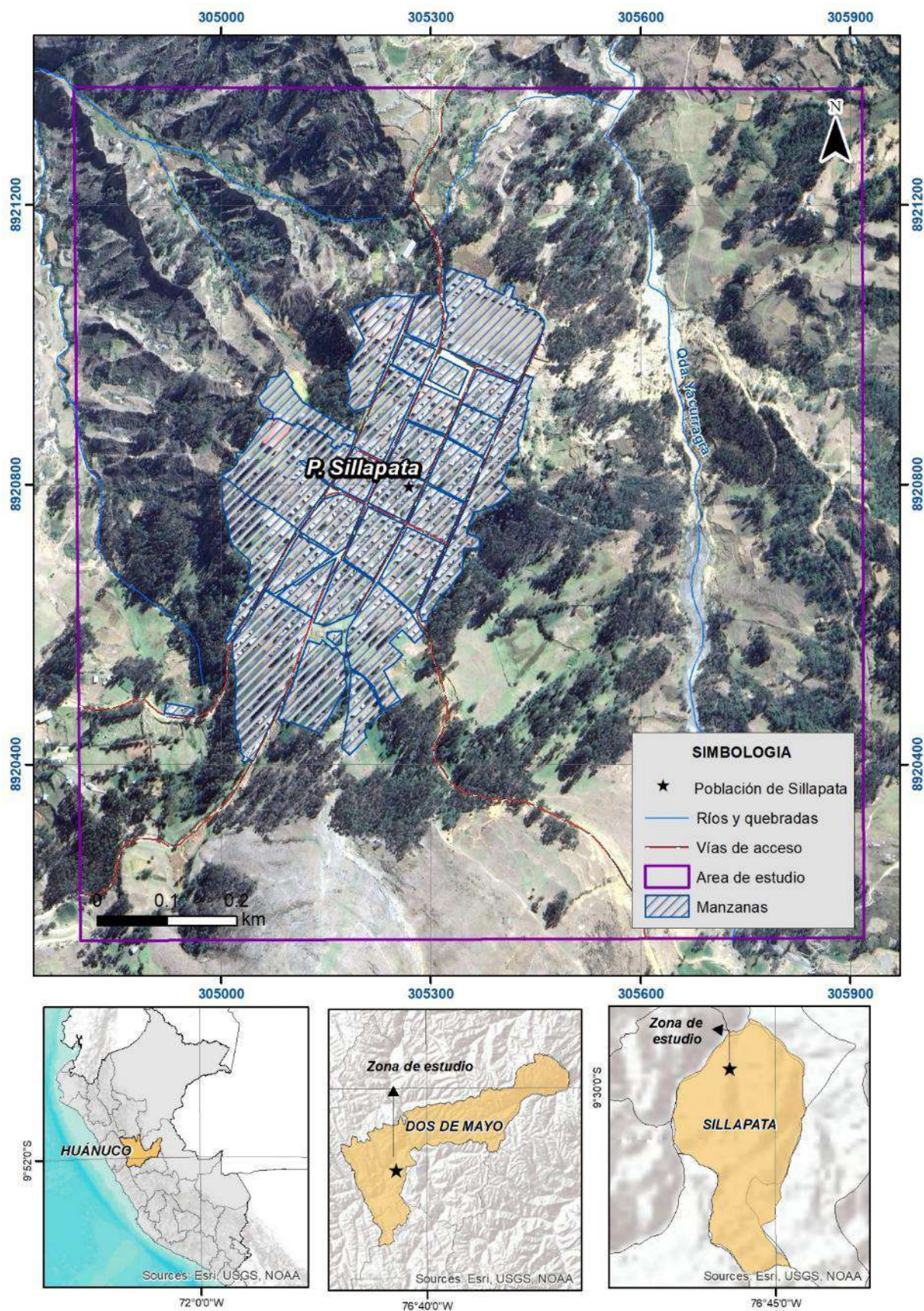


Figura 2. Ubicación del poblado Sillapata, perteneciente al distrito del mismo nombre, provincia Dos de Mayo, departamento Huánuco.

2. DEFINICIONES

El presente glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007):

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Derrumbe: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Erosión fluvial: Proceso natural por el cual las corrientes de agua desgastan y transportan materiales de las orillas y el lecho de los ríos, modificando el relieve terrestre. Este fenómeno se produce cuando la energía del agua supera la resistencia del material del cauce, lo que puede causar el desprendimiento de partículas y su transporte aguas abajo.

Escarpe: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de derrumbes se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Fractura (crack). Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Inactivo: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

Inactivo Latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993)

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimiento en masa Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, detritos o de tierras (Cruden, 1991).

Peligros geológicos: Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

Zona crítica: Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Este informe describe la geología de la zona estudiada, elaborada a partir de datos recolectados en campo y complementada con la información de la Carta Geológica del cuadrángulo de La Unión, hoja 20-j elaborado por Cobbing & Sánchez (1996), a escala 1:100 000; donde se identificaron rocas metamórficas, sedimentarias y depósitos cuaternarios.

Mediante la cartografía geológica, el análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas, se integró la información en el mapa geológico que se muestra en (Mapa 1: Anexo 1).

3.1. Unidades Litoestratigráficas

En la zona de estudio afloran rocas del complejo Marañón y la Formación La Unión, subdividida en Miembro 1 y 2. Asimismo, se identifican depósitos cuaternarios de origen coluvio-deluvial, coluvial, coluvio - proluvial y proluvial, acumulados desde el Pleistoceno hasta el presente (figura 3).

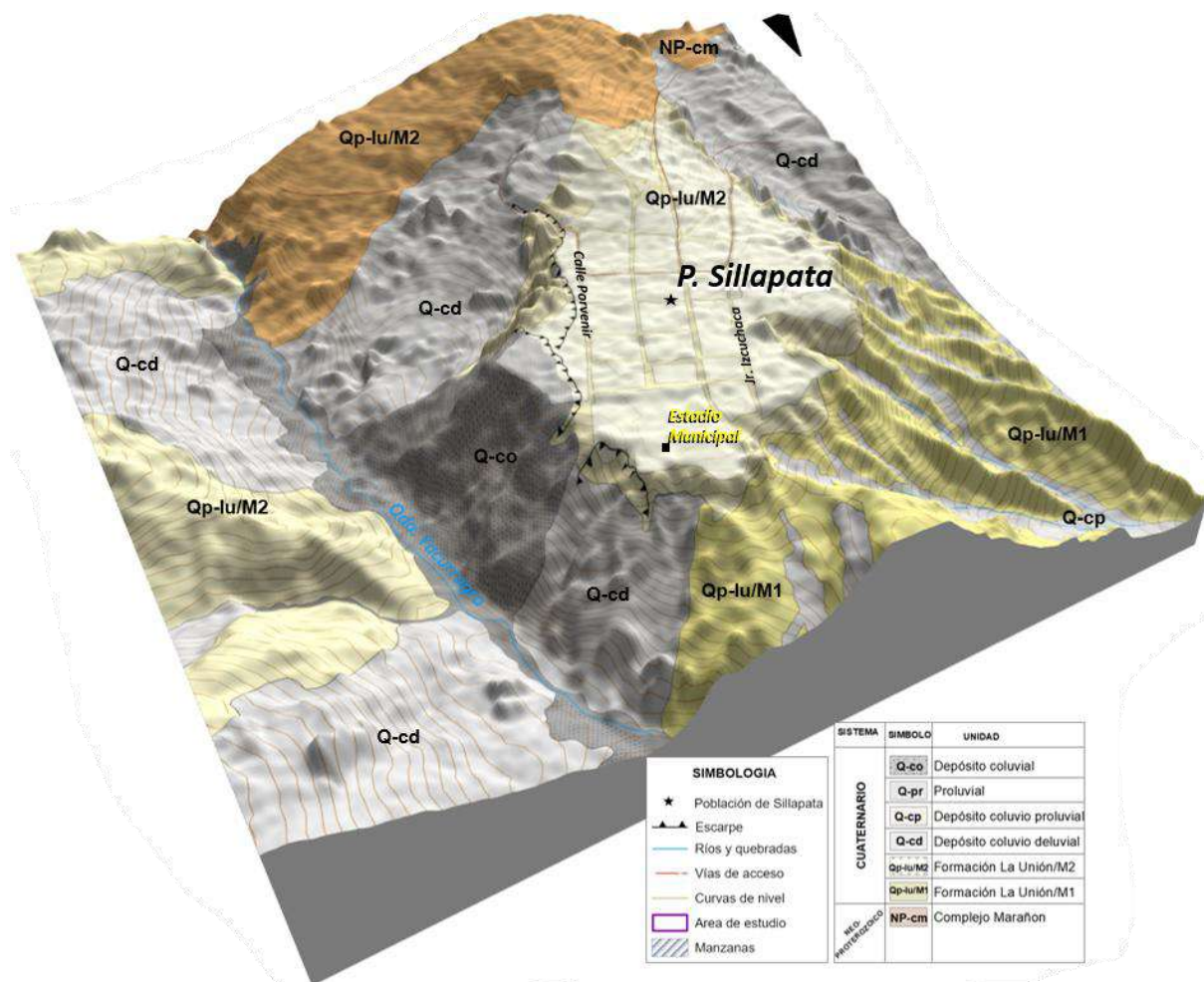


Figura 3. Block diagrama de la geología del poblado de Sillapata.

3.1.1. Complejo Marañón (NP-cm)

Esta unidad aflora de manera extensa al sur del poblado de Sillapata, y está constituida predominantemente por esquistos y metareniscas de grano medio a grueso, con una esquistosidad incipiente (figura 4A). El macizo rocoso se encuentra altamente meteorizado

y muy fracturado, con espaciamiento entre las fracturas que varía entre 1 cm a 10 cm, e identificándose hasta cuatro familias principales de discontinuidades. En cuanto a su humedad, varía entre levemente húmedo y muy húmedo, lo que puede influir en su comportamiento geomecánico. La roca muestra color gris verdoso característico, aunque gran parte de su superficie se halla recubierta por una tonalidad naranja, atribuido a la oxidación de minerales ferrosos (figura 4B).

El afloramiento muestra baja resistencia, porque puede ser indentado (figura 4C) fácilmente con un solo golpe de martillo geológico (picota), indicando una consistencia blanda a moderadamente blanda. Esta unidad está asociada a procesos de remoción en masa, como deslizamientos y derrumbes, debido a su estructura fracturada, alto grado de meteorización y condiciones de humedad.



Figura 4. A) Afloramiento rocoso compuesto por esquistos y metareniscas, altamente meteorizadas debido. B) Presenta 4 familias de discontinuidades y se rompe con un golpe del martillo (picota).

3.1.1. Formación La Unión (Qp-lu)

Esta unidad está conformada por rocas sedimentarias de conglomerados, divididas en dos miembros: Miembro 1 y 2 (figura 5), que a continuación se detalla:

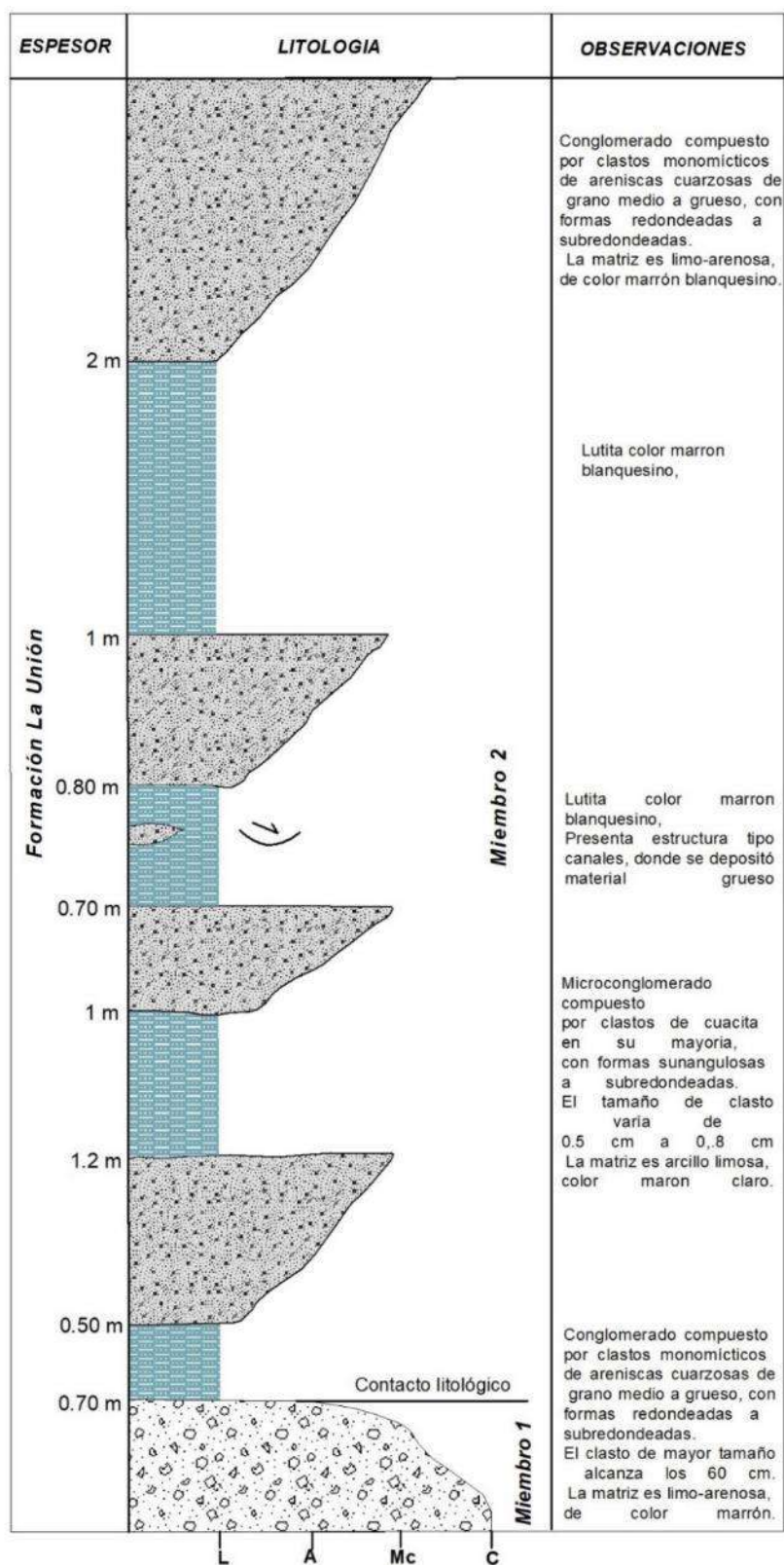


Figura 5. Columna estratigráfica de la Formación La Unión, dividida en el Miembro 1 y 2.

Miembro 1: Esta unidad infrayace al Miembro 2, está constituida por un conglomerado monomítico (figura 6A) compuesto por clastos (15%) de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso (figura 6B), guijarros (25%) y gravilla (35%). Los clastos presentan formas subredondeadas a redondeadas, con diámetros que alcanzan hasta 60 cm. Están inmersos en una matriz limo-arenosa (25%) de color marrón, que actúa como elemento de relleno entre los clastos (figura 6C). En ciertos sectores, el depósito exhibe una coloración naranja intensa, atribuido a procesos de oxidación de minerales ferrosos, lo que también indica un alto grado de meteorización (figura 6D).



Figura 6. Conglomerado compuesto por clastos monomíticos de la Formación La Unión.

Geotécnicamente, se encuentra muy deleznable, pudiendo ser desagregada fácilmente con un solo golpe de martillo geológico (picota), lo que evidencia su baja resistencia y escasa consolidación.

Este tipo de conglomerado está asociado a procesos de erosión intensa de ladera, manifestándose en la formación de cárcavas activas y eventos de remoción en masa, como derrumbes superficiales, especialmente en zonas con pendiente pronunciada y baja cobertura vegetal.

Miembro 2: Esta unidad aflora en el mismo poblado de Sillapata. Está compuesta por un microconglomerado polimíctico de textura grano-decreciente, en el que predominan clastos de cuarcita de grano fino y fragmentos de tobas. Los clastos presentan formas subangulosas a subredondeadas, con diámetros que varían entre 2 cm y 10 cm, y se encuentran dispuestos de manera disarmónica dentro de una matriz arcillo-limosa, color marrón blanquecino (figura 7).

Desde el punto de vista geotécnico, es de buena consolidación; sin embargo, muestra baja resistencia mecánica, ya que puede ser fácilmente indentado con un solo golpe de martillo geológico (picota), lo que sugiere una competencia baja. Tiene un espesor aproximado de 25 m.

Esta unidad está asociada a procesos de inestabilidad de ladera, principalmente deslizamientos y derrumbes.

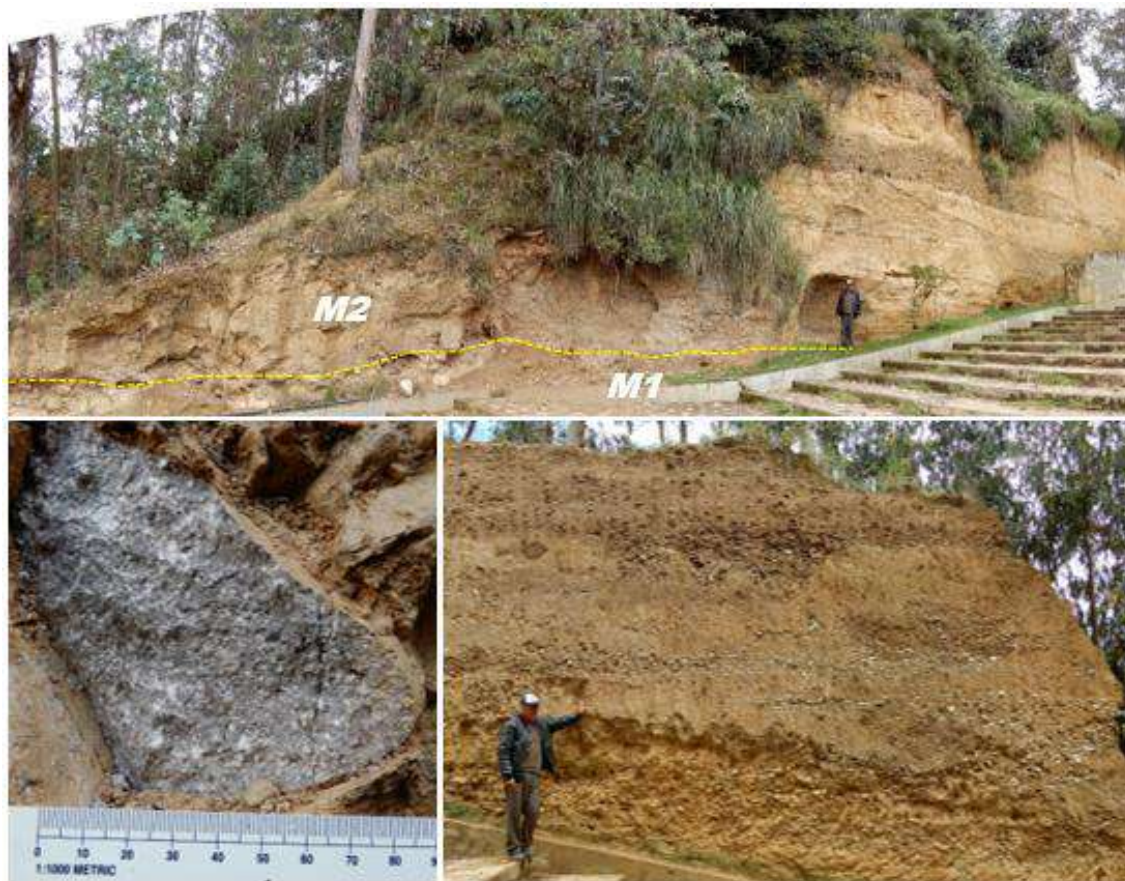


Figura 7. Vista al noreste del afloramiento de microconglomerados del Miembro 2 de la Formación La Unión.

3.2. Depósitos superficiales

3.2.1. Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Los depósitos inconsolidados de la zona, denominados coluvio-deluviales, corresponden a acumulaciones de fragmentos heterométricos transportados por procesos gravitacionales tales como deslizamientos y derrumbes, combinados con la dinámica deluvial, por erosión asociada a la escorrentía pluvial.

Estos corresponden a depósitos dejados por deslizamientos que se ubican al sureste de Sillapata. Están compuestos por bloques, gravas, inmersos en una matriz areno limosa (fotografía 1), color marrón rojizo. Presenta una estructura masiva, porosa y húmeda debido a la presencia de agua, que discurre ladera abajo. Estas condiciones lo convierten en zonas inestables, poco competentes y aumentan la susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

Desde el punto de vista geodinámico, estos depósitos están asociados a derrumbes y deslizamientos.



Fotografía 1. Depósito coluvio deluvial conformado por bloques, gravas, arenas, limos y contenido de arcillas.

3.2.2. Depósito coluvial (Q-d)

En la ladera este de Sillapata, margen izquierda del río Yacurragra se tienen dispuestos depósitos coluviales, acumulados por acción gravitacional, como resultado de remoción de masas. Están compuestos principalmente por gravas (20%), arenas (40%), limos y arcillas (30%), con escasa presencia de bloques (10%). Presenta una coloración marrón clara.

Desde el punto de vista geotécnico, estos depósitos coluviales son materiales poco competentes y con baja resistencia al corte, lo cual, los convierten en zonas susceptibles a la erosión, o a la ocurrencia de probables deslizamientos superficiales, especialmente bajo condiciones de saturación por lluvias o actividad sísmica (fotografía 2).



Fotografía 2. Depósito coluvial, dispuesto al pie de las laderas, compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas.

3.2.3. Depósito coluvio-proluvial (Q-cp)

Estos depósitos se desarrollan en la ladera noroeste de Sillapata, como resultado de la acumulación de materiales transportados por procesos gravitacionales (coluviales) desde las laderas compuestas por conglomerados de la Formación La Unión. Posteriormente, estos materiales son canalizados por las quebradas adyacentes, descendiendo en forma de flujos de detritos. Están conformados por una mezcla heterogénea de fragmentos de roca de forma subredondeada a subangulosa, dispuestos de manera caótica dentro de una matriz fina.

Geotécnicamente, estos materiales presentan una baja cohesión, alta porosidad y son susceptibles a la saturación hídrica, lo que favorece su inestabilidad ante lluvias intensas o sismos.

3.2.4. Depósito proluvial (Q-pr)

Estos depósitos se encuentran dispuestos a lo largo del cauce de la quebrada Yacurragra, como resultado de la ocurrencia de flujos de detritos (huaicos) generados por precipitaciones intensas y transporte torrencial. Están constituidos por una mezcla mal seleccionada de bloques, gravas, arenas y limos, dispuestos de manera caótica.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro fundamental en la evaluación de procesos de movimientos en masa, ya que actúa como un factor tanto condicionante como dinámico en su generación. Su análisis permite identificar zonas potencialmente inestables, especialmente en terrenos montañosos y con antecedentes de remociones en masa.

En la zona de estudio se han identificado 5 rangos de pendiente que van de 1° a 5°, considerados como terrenos de pendiente baja; 5° a 15° pendiente moderada; 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno con pendiente muy escarpado o abrupto (Anexo 1: mapa 3).

La Figura 8 muestra el mapa de pendientes de la zona de estudio, elaborado a partir de un modelo digital de elevación (MDE) con resolución espacial de 0.7 m/px, generado mediante fotogrametría con dron (proporcionado por el Gobierno Regional de Huánuco). El análisis muestra que la meseta donde se encuentra asentado el poblado de Sillapata presenta pendiente baja (1°-5°) a moderada (5°-15°); mientras que, sus laderas poseen pendientes entre muy fuerte (25°-45°) a abrupta (>45°), siendo en estas últimas áreas donde se produjo el deslizamiento del 2019; así como también derrumbes y procesos de erosión de ladera en cárcavas en áreas adyacentes.

Esta variabilidad topográfica es el resultado de la acción combinada de eventos geodinámicos antiguos, que han dado como resultado un relieve con una morfología escarpada e irregular en la zona evaluada.

Los rangos de pendiente presentes en el área de estudio se detallan en el Cuadro 2, en función de lo representado en el mapa de pendientes local.

Cuadro 2. Rangos de pendiente identificados en el área evaluada.

RANGO	DESCRIPCIÓN	SECTOR	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
1°-5°	Pendiente Baja	Se localiza principalmente en la meseta donde se encuentra asentado el poblado de Sillapata	Meseta modelada en roca sedimentaria
5°-15°	Pendiente moderada	Se observa en menor proporción en la meseta del poblado Sillapata; así como en las vertientes coluvio deluvial y el cauce de la quebrada Yacurraga.	Meseta modelada en roca sedimentaria. Piedemonte proluvial. Vertiente coluvio deluvial
15°-25°	Pendiente fuerte	Aparece en menor proporción sobre la vertiente coluvio deluvial localizada al noreste de Sillapata.	Vertiente coluvio deluvial
25°-45°	Pendiente muy fuerte o escarpada	Se presenta en las laderas noroeste y sureste que forma la meseta de Sillapata. Además, se observa en la vertiente coluvio deluvial.	Ladera disectada en roca sedimentaria. Ladera en roca sedimentaria. Vertiente coluvial
>45°	Pendiente muy abrupta	Corresponde a zonas de ladera modelada en roca sedimentaria, así como al escarpe del deslizamiento producido el año 2019 y las zonas de ladera disectada.	Ladera disectada en roca sedimentaria. Ladera en roca sedimentaria. Escarpe de deslizamiento

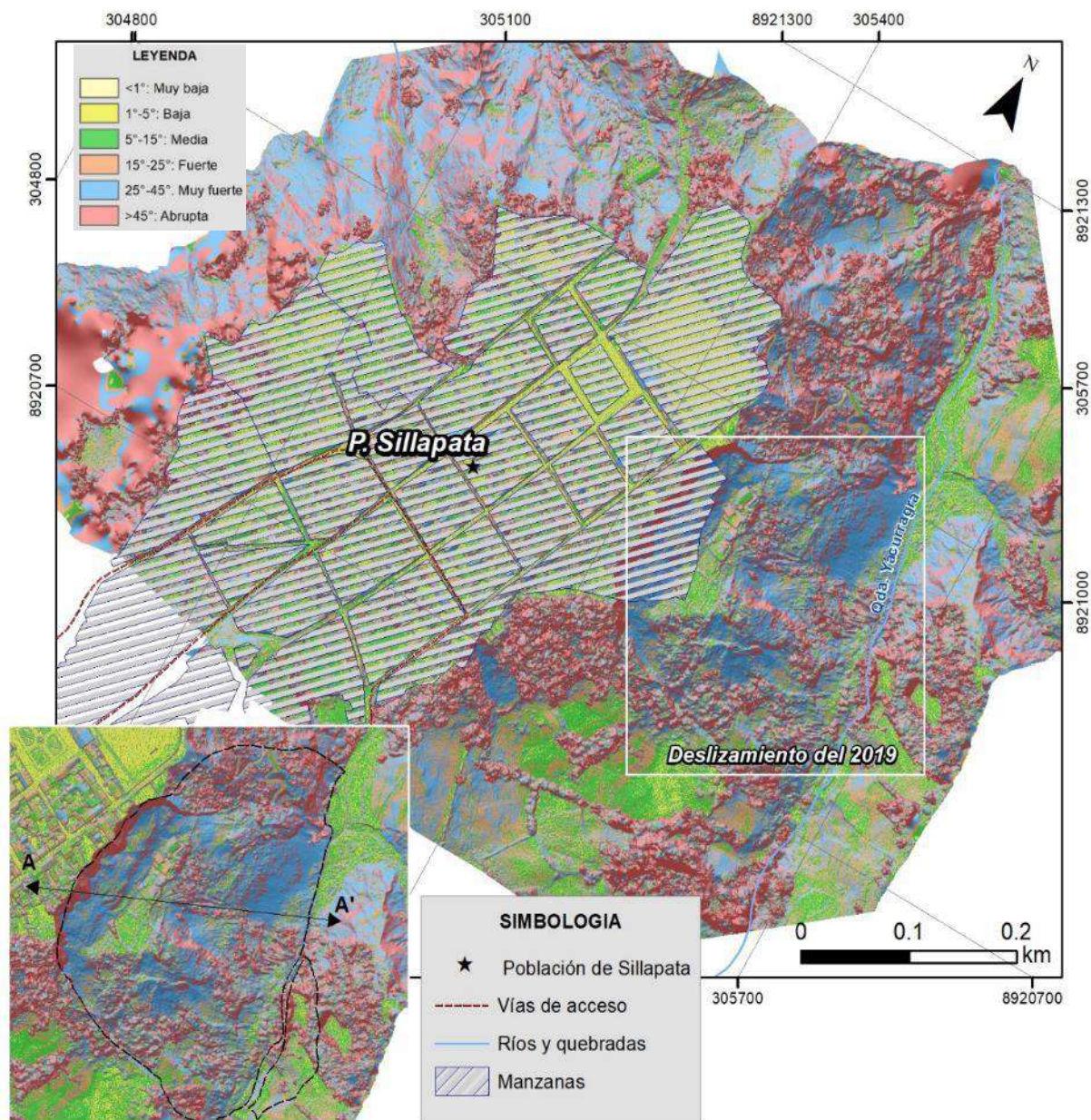


Figura 8. A) Rangos de pendiente del poblado Sillapata. B) Pendiente muy fuerte a abrupta en la vertiente coluvial que produjo el deslizamiento del 2019.

En el perfil longitudinal A—A', que atraviesa la zona afectada por el deslizamiento ocurrido en el año 2019, se identifica un cambio topográfico abrupto y un relieve accidentado. Este cambio está asociado a una variación significativa en la pendiente del terreno, que pasa de ser suave en la meseta sedimentaria a muy fuerte y abrupta en la ladera oeste del poblado de Sillapata (figura 9).

La marcada inclinación de las laderas constituye un factor geomorfológico determinante en la activación de movimientos en masa, como lo evidencia la ocurrencia del deslizamiento señalado y los procesos de erosión de ladera hacia este de Sillapata.

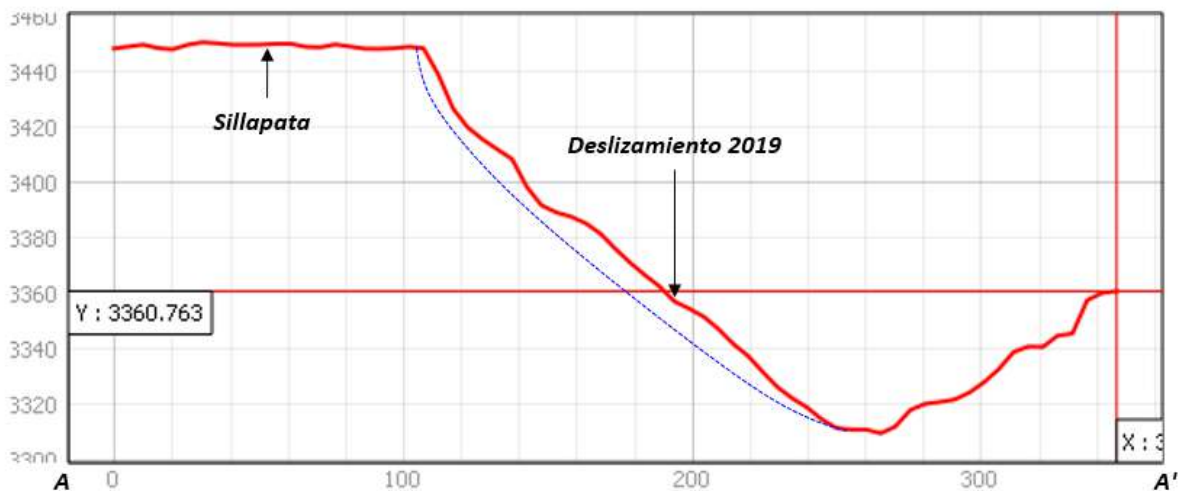


Figura 9. Perfil longitudinal topográfico A-A' interpretado en la zona de deslizamiento ocurrido el año 2019, que muestra el relieve actual de la zona de estudio.

4.2. Índice topográfico de Humedad (TWI)

El Índice Topográfico de Humedad (TWI) es una herramienta que permite identificar zonas con potencial acumulación de humedad superficial, influenciada por las características topográficas del terreno. Este índice, derivado del análisis de Modelos Digitales de Elevación (DEM), combina la pendiente y la acumulación de flujo para delimitar áreas propensas a la saturación. El procesamiento se realizó utilizando el software SAGA GIS.

En la meseta sedimentaria donde se asienta el centro poblado de Sillapata, se observa una moderada concentración de humedad superficial, particularmente en aquellas áreas libres de edificaciones, como calles sin pavimentar y terrenos sin construcción. En estos espacios, una parte del agua de lluvia se infiltra directamente en el suelo, generando una mayor saturación y humedecimiento del terreno. El resto discurre hacia las laderas que rodean la meseta, contribuyendo al transporte de agua hacia zonas más inestables.

Hacia la ladera este del poblado de Sillapata, se observa que el flujo de agua superficial discurre a lo largo de la pendiente empinada, lo cual se representa en la Figura 9 mediante líneas de tonalidad azul. Estas zonas húmedas coinciden con sectores de ladera inestables y con escasa o nula cobertura vegetal, lo que incrementa la susceptibilidad a la escorrentía concentrada. Esta condición favorece la ocurrencia de procesos erosivos superficiales (figura 10), aumenta la saturación del suelo y, como consecuencia, propicia el desarrollo o la reactivación de movimientos en masa, tal como lo acontecido el año 2019.

De manera similar, hacia el sector oeste de Sillapata se identifican zonas húmedas en el piedemonte proluvial, por donde el agua superficial fluye ladera abajo siguiendo el modelado natural del terreno, favoreciendo el ensanchamiento y/o profundización de cárcavas. Asimismo, se observa que una parte importante del escurrimiento proveniente del noroeste del poblado se canaliza a través de la calle Izcuchaca y el Jirón Dos de Mayo. Aunque este último se encuentra parcialmente revestido, la calle Izcuchaca carece de revestimiento, lo que favorece la infiltración, la erosión del suelo y la posible generación de cárcavas en eventos de lluvia intensa.

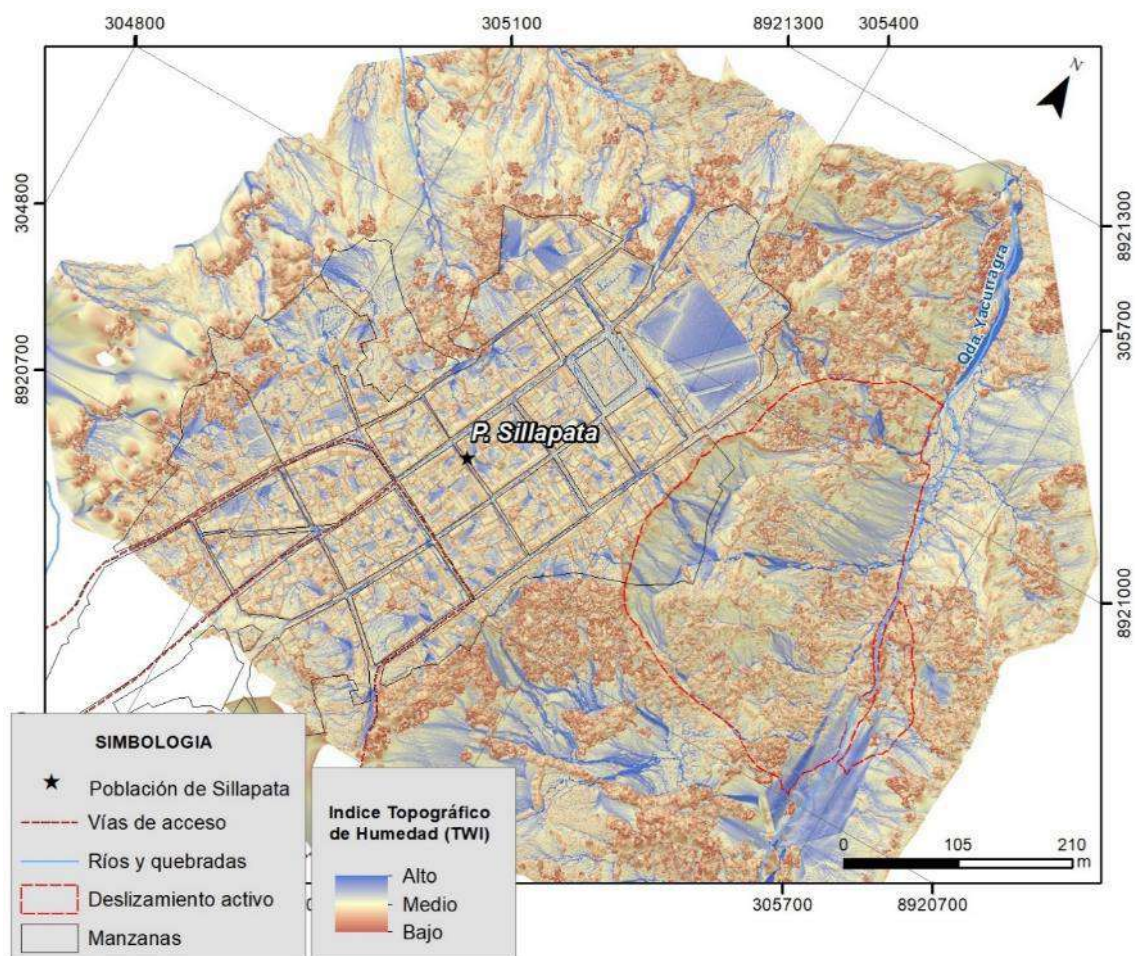


Figura 9. Mapa de Índice topográfico de Humedad (TWI) en el poblado de Sillapata.

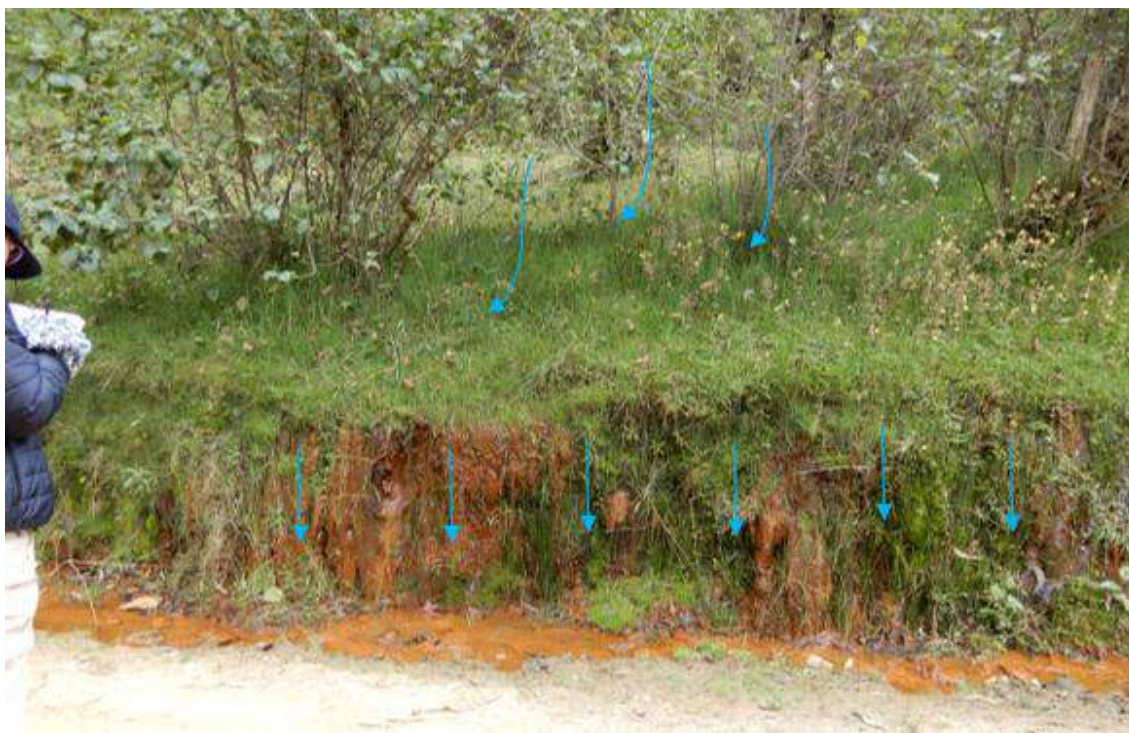


Figura 10. Vista del agua que discurre por la alera sureste de Sillapata. Afecta directamente la vertiente coluvio deluvial.

4.3. Unidades geomorfológicas

La identificación de unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio, basada en criterios como la homogeneidad del terreno y el origen del relieve, es fundamental para comprender cómo se ha formado y cómo cambia el paisaje en esta zona. Este análisis permite clasificar y describir con mayor detalle las diferentes zonas según sus características del terreno y tipo de rocas, lo cual es muy útil para evaluar peligros geológicos y apoyar la planificación del uso del suelo.

En el Mapa 3 (Anexo 1) se pueden observar las subunidades geomorfológicas reconocidas en el área. Asimismo, en la Figura 11 se muestra la configuración del relieve actual del poblado de Sillapata.

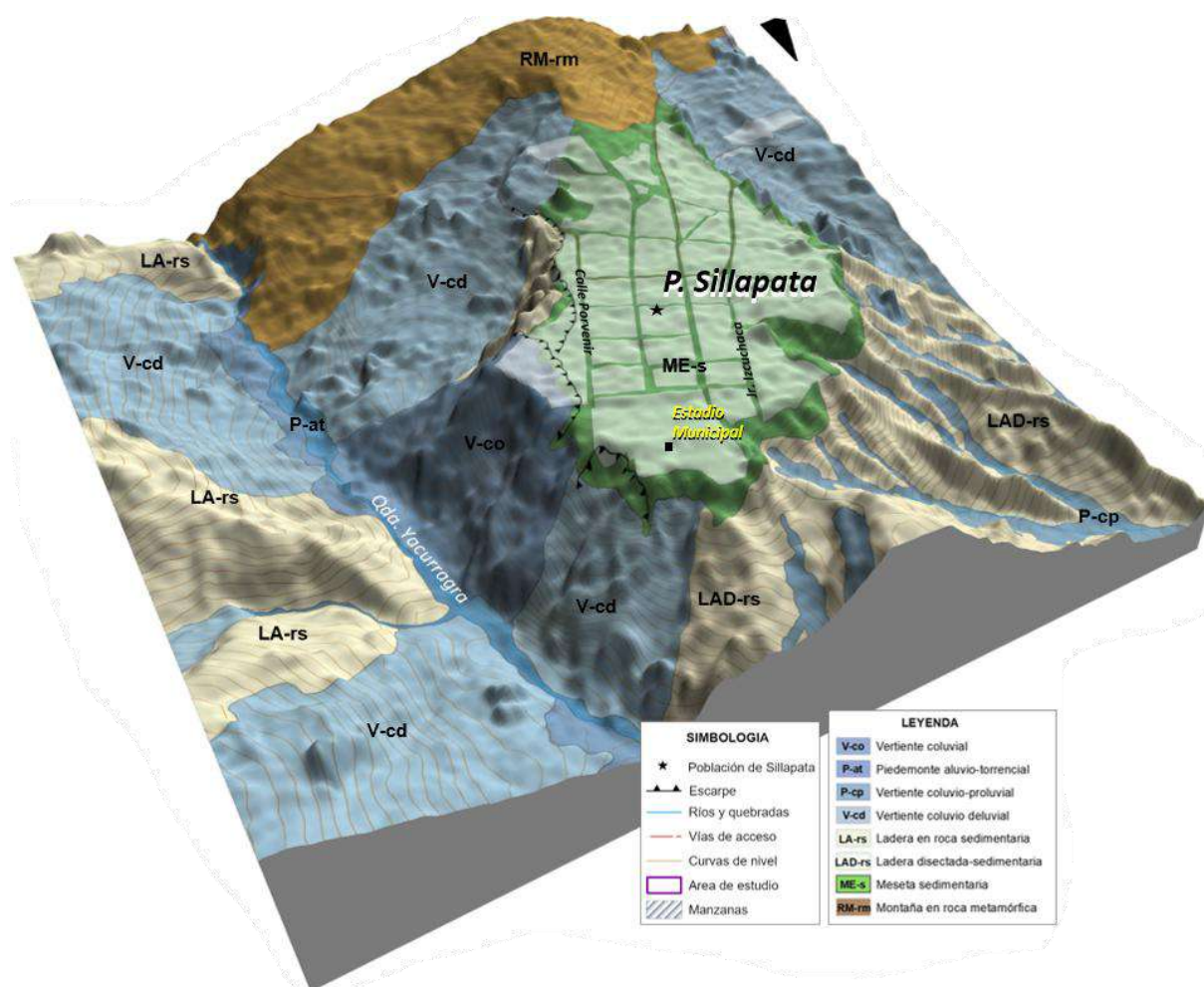


Figura 11. Unidades geomorfológicas expuestas en el poblado de Sillapata. RM-rm. Montaña en roca metamórfica, ME-rs: Meseta sedimentaria, V-co: Vertiente coluvial, V-cd. Vertiente coluvio deluvial, P-cp: Piedemonte coluvio-proluvial y P-at: Piedemonte aluvio torrencial.

4.3.1. Unidad de montaña

Esta es una de las unidades geomorfológicas más representativas en zonas de relieve abrupto o montañoso. Se caracteriza por presentar formaciones geológicas que superan los 300 m de altura en relación con el nivel de base local, como el fondo de valle. Dentro de esta unidad se incluyen diversas geoformas típicas del paisaje montañoso, tales como crestas, cumbres, laderas empinadas y valles intermontanos. En el área de estudio, se han identificado las siguientes subunidades geomorfológicas:

Montaña en roca metamórfica (ME-rm): Relieve modelado sobre rocas metamórficas del Complejo Marañón, ubicado al sur del centro poblado de Sillapata (figura 12). El paisaje se caracteriza por cimas redondeadas y alargadas, producto de un prolongado proceso de modelado y denudación. Las laderas presentan pendientes que varían de fuertes a empinadas, lo que condicionó la de movimientos en masa, principalmente deslizamientos, así como por procesos activos de erosión superficial de ladera.

4.3.2. Unidad de planicie rocosa

Meseta sedimentaria (ME-rs): La meseta sedimentaria donde se asienta el poblado de Sillapata corresponde a una geoforma modelada en rocas sedimentarias, caracterizada por una superficie relativamente plana o suavemente inclinada (figura 12). Esta unidad geomorfológica constituye laderas empinadas que conforman un entorno abrupto y dinámico, afectado por diversos procesos de remoción en masa, como deslizamientos y derrumbes, así como por erosión de ladera activa. Estas condiciones generan un entorno susceptible a la inestabilidad, especialmente en los bordes de la meseta y zonas de transición con las laderas adyacentes.



Figura 12. Vista hacia el sur de Sillapata Montaña modelada en rocas metamórficas (RM-rm) y la meseta sedimentaria (ME-rs) donde se asienta población.

4.3.3. Unidad de ladera

Ladera disectada en roca sedimentaria (LAD-rs): Corresponden a las laderas disectadas ubicadas en el sector noroeste de Sillapata. Estas se caracterizan por pendientes muy fuertes a abruptas, lo que ha favorecido su intensa disección y la presencia de cárcavas profundas producto de procesos erosivos activos. La combinación de alta pendiente, escasa cobertura vegetal y la acción concentrada del escurrimiento superficial ha contribuido al modelado irregular y erosionado de esta unidad geomorfológica (fotografía 3).

Ladera en roca sedimentaria (LA-rs): Relieve desarrollado principalmente en el sector este del poblado de Sillapata, conformado por materiales sedimentarios. Se caracteriza por laderas de pendiente moderada a fuerte, modeladas por procesos de erosión y escurrimiento superficial (fotografía 4). Esta unidad geomorfológica presenta una morfología más suave en comparación con las laderas disectadas del sector occidental, aunque también puede estar sujeta a procesos de inestabilidad en zonas localizadas.



Fotografía 3. Vista hacia el oeste de Sillapata, ladera disectada en roca sedimentaria.



Fotografía 4. Vista hacia el este de Sillapata ladera modelada en roca sedimentaria.

4.3.4. Unidad de piedemonte

Vertiente coluvio deluvial (V-cd): Esta unidad corresponde a depósitos originados por acción combinada de procesos gravitacionales y escurrimiento superficial. Se asocian a

movimientos en masa de diversa magnitud, que van desde deslizamientos menores hasta eventos de gran escala.

En el área de estudio, estos depósitos se localizan predominantemente en los sectores este y oeste del poblado de Sillapata, donde configuran un relieve suavemente ondulado a irregular, resultado de antiguos procesos de deslizamientos (figura 13). Las pendientes en esta unidad varían de moderadas a fuertes, lo que favorece la continuidad de procesos erosivos y de inestabilidad. Desde el punto de vista geodinámico, esta unidad está asociada a procesos como derrumbes, avalanchas de rocas y deslizamientos.

Vertiente coluvial: (V-co): Este depósito coluvial se localiza al pie del deslizamiento ocurrido en el año 2019, ocupando una posición topográfica cóncava en la parte baja de la ladera. El material se ha acumulado de manera desorganizada, siguiendo la pendiente natural del terreno, la cual aún conserva la inclinación pronunciada de la zona de arranque (figura 13). Esta pendiente fuerte favorece la continuidad de procesos de remoción en masa y la movilización de materiales sueltos, especialmente durante eventos de lluvia intensa o sismos.

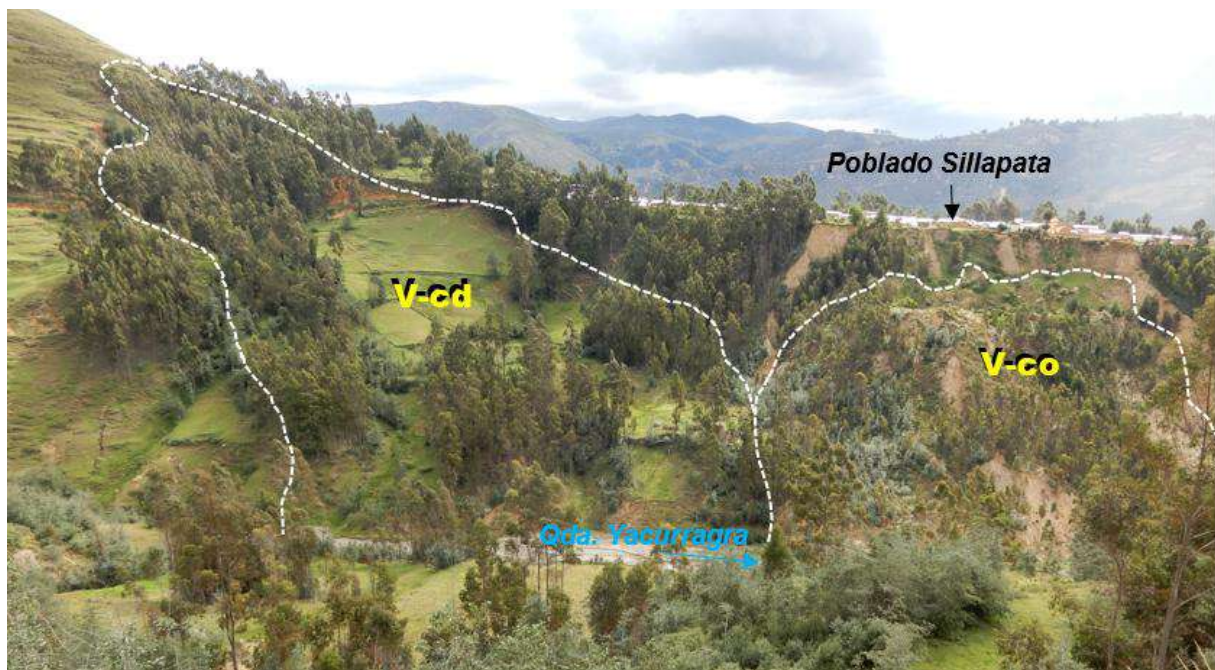


Figura 13. Vertiente coluvio deluvial (V-cd) y coluvial (V-co) de la ladera oeste de Sillapata.

Vertiente coluvio-proluvial: (V-cp): La vertiente coluvio-proluvial se localiza en la ladera este de la meseta de Sillapata. Esta unidad se caracteriza por pendientes muy fuertes a empinadas, condición que ha favorecido la ocurrencia de pequeños movimientos en masa inducidos por la acción de la gravedad. Los materiales movilizados tienden a concentrarse en zonas canalizadas, donde son transportados ladera abajo en forma de flujos de detritos. Este tipo de dinámica indica una alta susceptibilidad a procesos de remoción en masa, especialmente bajo condiciones de saturación del suelo por precipitaciones intensas o prolongadas.

Piedemonte aluvio torrencial (P-at): Se localiza a lo largo de la quebrada Yacurragra, formado como resultado de flujos de detritos generados por procesos de remoción en masa en las laderas adyacentes. Estos materiales, de composición heterogénea se han depositado progresivamente a lo largo del cauce. En la zona de desembocadura, donde la quebrada confluye con el río Vizcarra, el depósito conforma un cono proluvial bien definido, evidenciando una dinámica activa de transporte y acumulación.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el poblado de Sillapata, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos activos, reactivados e inactivo latentes que representan el 52% del área evaluada, seguidos de derrumbes activos e inactivo latentes que abarcan el 14% del área y el flujo de detritos cubre el 3%. En cuanto a otros peligros geológicos, se tiene erosión de ladera en cárcavas (figura 7) que afecta el 31% del área evaluada; en conjunto estos peligros geológicos abarcan un área de aproximada de 85 ha (figura 14). El paisaje resultante de estos peligros es producto del proceso de modelamiento del terreno, influenciado por las características del macizo rocoso, los depósitos de eventos antiguos y la intervención antrópica (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007) (Anexo 1: Mapa 4).

El informe N° A6925, titulado “Evaluación de peligros geológicos en el sector de Sillapata”, describe únicamente el deslizamiento ocurrido en el año 2019. En los siguientes apartados se detallarán las condiciones actuales de dicho deslizamiento, así como otros movimientos en masa identificados en zonas adyacentes, con el fin de ampliar el análisis de la geodinámica de todo el poblado de Sillapata.

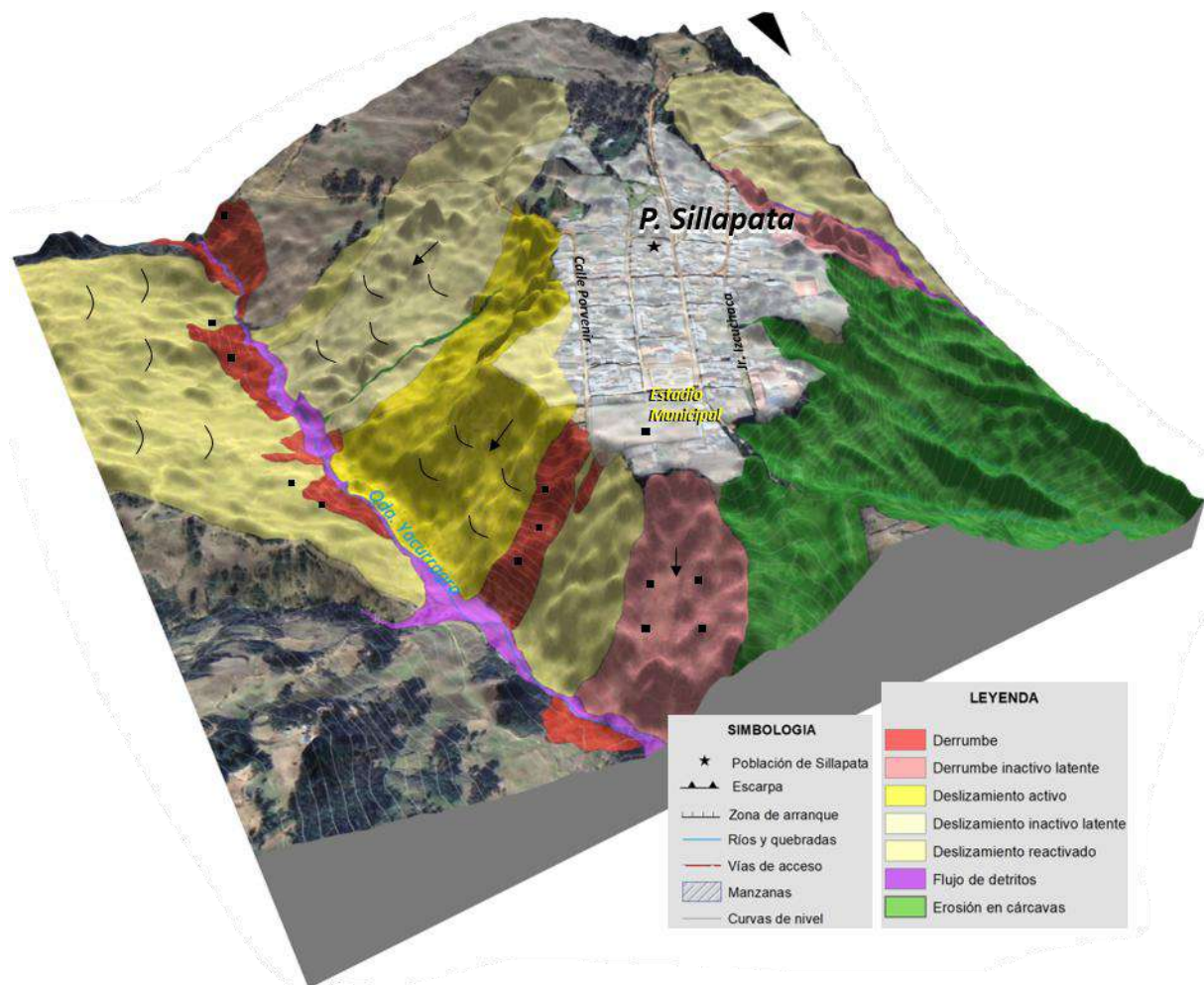


Figura 14. Block diagrama donde se muestra la cartografía de movimientos en masa y otros peligros geológicos originados en el poblado de Sillapata.

5.1. Situación actual del deslizamiento 2019

El deslizamiento ocurrido el 2019 en el sector de Sillapata continúa activo (figura 15), evidenciado por la presencia de agrietamientos en las paredes de viviendas aún presentes en la calle Porvenir. Actualmente, el escarpe principal del deslizamiento está cubierto parcialmente por escasa vegetación autóctona; otra parte muestra erosión (fotografía 5), atribuida tanto a las precipitaciones intensas y/o prolongadas como al vertimiento de agua a través de tuberías y canales artesanales (calaminas) que recolectan aguas pluviales (fotografía 6). Esta infiltración contribuye a la saturación del terreno. Además, la presencia de cultivos sobre la zona inestable (figura 16) incrementa la susceptibilidad, al modificar las condiciones de carga y facilitar la infiltración de agua, lo que podría desencadenar un nuevo evento, incluso de mayor magnitud.

La masa desplazada permanece acumulada al pie de la ladera, con escasos cambios morfológicos desde la ocurrencia del evento original. Aún se conservan agrietamientos y deformaciones superficiales características del momento del deslizamiento.

Adyacente a este evento, se ha identificado otro deslizamiento activo, reportado por la población local, quienes señalan que el escarpe se incrementó aproximadamente 3 cm en los últimos dos años. Esta reactivación también se manifiesta en el desplazamiento visible de una vereda respecto a una vivienda colindante (figura 17).

Hacia el sureste, se identificó un deslizamiento inactivo-latente. Nuevas reactivaciones podrían ocurrir por la constante filtración de agua, que genera condiciones de saturación en el terreno; también se puede reactivar por un movimiento sísmico. De seguir la reactivación existe la posibilidad que se obstruya parcialmente la quebrada Yacurraga, generando un represamiento, como lo acontecido el 2019.

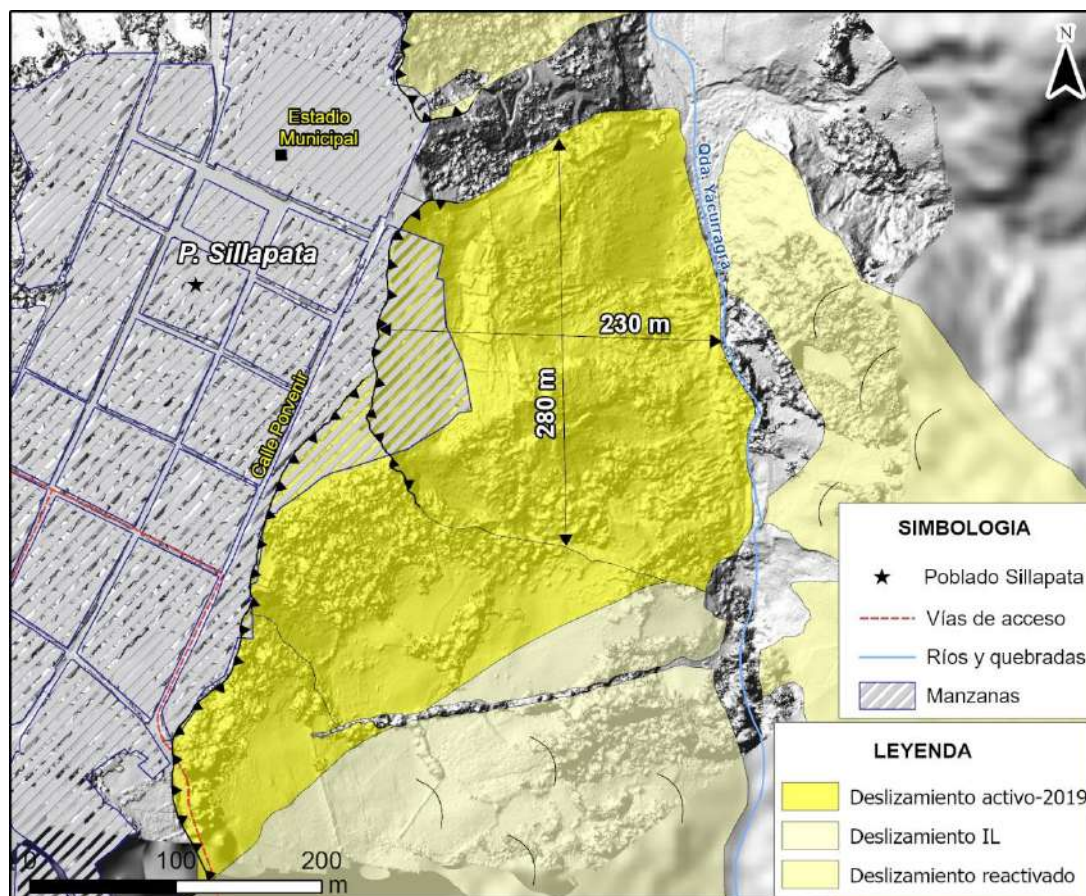


Figura 15. Deslizamientos que afectan la ladera este del poblado de Sillapata.



Fotografía 5. Condiciones actuales del escarpe del deslizamiento producido el 2019.



Fotografía 6. Vista de calaminas implementadas como canales recolectores de agua de lluvia, que son vertidos directamente a la zona de deslizamientos.



Figura 16. A y B) Terrenos de cultivo producidos en la zona de deslizamientos.



Figura 17. Agrietamiento que separa la vereda de la vivienda, producida hace aproximadamente 2 años.

5.2. Derrumbes

En la zona evaluada se han identificado derrumbes activos e inactivo latentes que cubre un área aproximada de 11.5 ha. Los derrumbes activos localizados principalmente al pie de las laderas, cubren un área de 5 ha.

En el mes de marzo del 2025, se produjo un derrumbe en la ladera noroeste de Sillapata, sobre microconglomerado correspondientes al Miembro 2 de la Formación La Unión. Este material se caracteriza por ser poco competente desde el punto de vista geomecánico, lo que lo hace especialmente susceptible a procesos de remoción en masa. La ocurrencia del derrumbe también estuvo influenciada por la pendiente pronunciada del terreno, la cual varía de fuerte (25°) a muy fuerte (45°), favoreciendo la inestabilidad del talud.

La combinación de litología y topografía son condiciones intrínsecas que favorecieron el derrumbe del talud, posiblemente desencadenado por precipitaciones registradas en el poblado de Sillapata.

A continuación, se detalla las características del derrumbe (figura 18):

- Estado de actividad: Activo
- Forma de la zona de arranque: Irregular
- Longitud de la zona de arranque: ~10 m.
- Desnivel entre la zona de arranque y el pie del derrumbe: ~55 m
- Ancho promedio de derrumbe: ~12 m.
- Área de derrumbe reactivado: ~685 m²



Figura 18. Vista hacia el noreste del derrumbe producido el presente año en ladera de pendiente que varía de fuerte a muy fuerte.

De avanzar de manera retrogresiva podría afectar el estadio municipal de Sillapata, ubicado aproximadamente a 4 m de distancia (figura 19).



Figura 19. Vista del estadio Municipal de Sillapata, ubicado a 4 m del derrumbe producido el presente año.

5.3. Otros peligros geológicos

5.3.1. Erosión de ladera

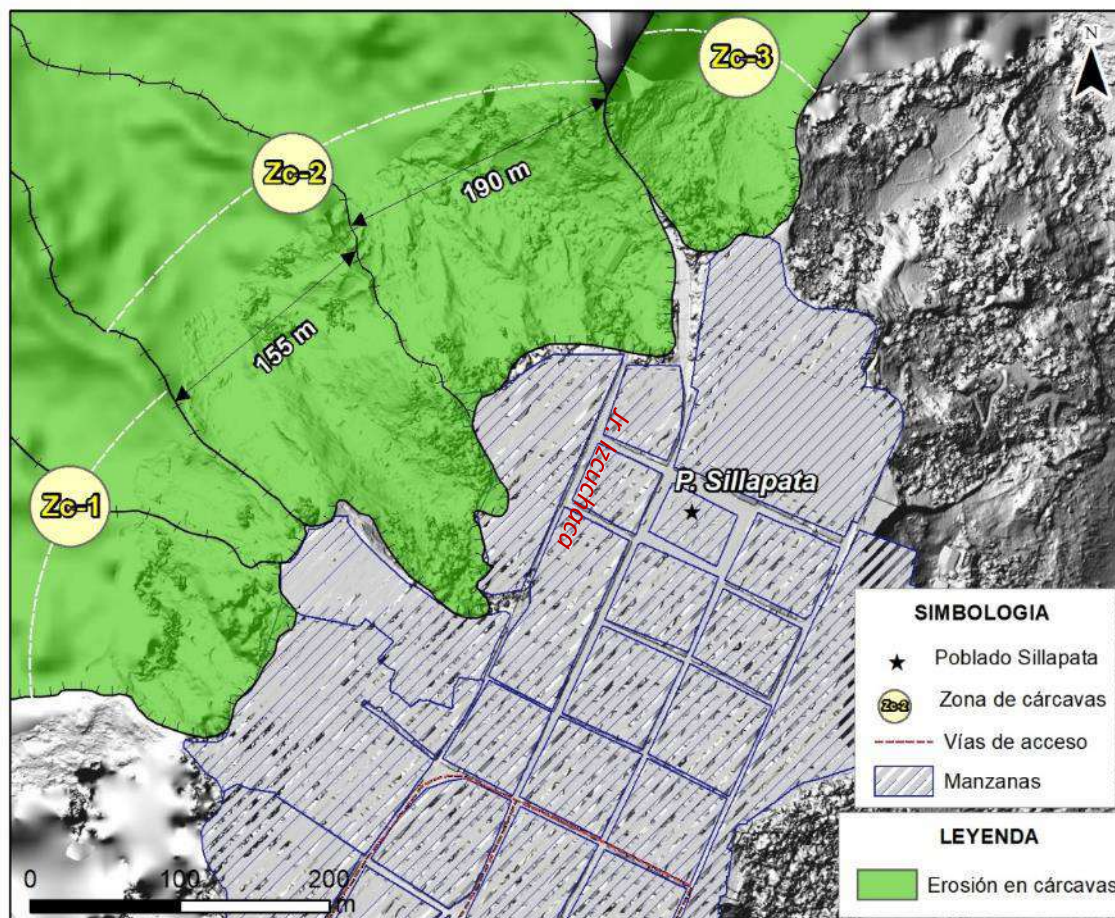
En la ladera noroeste del poblado de Sillapata se ha identificado zonas afectadas por procesos de erosión en cárcavas, las cuales para una mejor descripción han sido divididas en tres zonas (figura 20), que a continuación se detalla:

Zona de carcavamiento 1: Se localiza al suroeste del centro poblado de Sillapata, afectando un área aproximada de 7 hectáreas. Este fenómeno se produjo sobre conglomerados pertenecientes al Miembro 1 de la Formación La Unión, caracterizado por pendientes muy fuertes a abruptas, lo que favorece la incisión del terreno y el avance del proceso erosivo (fotografía 7).

En la parte alta del talud, la presencia de cobertura arbórea ha contribuido a mitigar parcialmente el avance retrógrado de las cárcavas, actuando como elemento estabilizador al reducir el impacto directo de la escorrentía superficial y mejorar la cohesión del suelo.

Sin embargo, en las coordenadas UTM (WGS84): 305024; 8920843, se identificó un canal de drenaje sin revestimiento (fotografía 8) que descarga las aguas directamente sobre esta zona erosionada. El vertimiento constante de aguas sin control incrementa la capacidad erosiva del

flujo, lo cual podría intensificar la incisión del terreno y acelerar el avance retrógrado de las cárcavas si no se implementan medidas de control adecuadas.



Fotografía 20. Vista de los procesos de erosión de ladera en la ladera oeste de Sillapata.



Fotografía 7. Procesos de erosión de ladera de la zona 1, localizado al suroeste de Sillapata.



Fotografía 8. Canal de drenaje sin revestir, que canaliza sus aguas hacia la zona de carcavamiento 1.

Zona de carcavamiento 2: Esta zona se ubica al oeste de la meseta donde se asienta el poblado de Sillapata, afectando directamente la estabilidad del terreno de este sector. Está conformada por dos cárcavas principales, que en conjunto alcanzan un ancho aproximado de 445 m. En su interior se identifican cárcavas de menor dimensión que han modelado el relieve en formas características como cimas puntiagudas, laderas empinadas y valles poco profundos, por donde discurren flujos de agua durante las temporadas de lluvias intensas y/o prolongadas (fotografía 9).

A lo largo de las laderas se observan plantaciones de árboles, cuya cobertura vegetal contribuye parcialmente a reducir la erosión superficial. Sin embargo, el material geológico, compuesto por conglomerados poco competentes y una matriz areno-limosa de la Formación La Unión, favorece la inestabilidad del terreno y la progresión erosiva se intensifica en zonas sin cobertura o con vertimientos hídricos no controlados.

Esta zona representa la mayor afectación erosiva por avance retrógrado hacia la zona urbana de Sillapata. Se considera que uno de los factores que intensifica este proceso es el agua de lluvia, coadyuvado por las aguas que discurren desde el poblado de Sillapata por el Jr. Dos de Mayo, calle Izcuchaca (figura 21) y de las tuberías de drenaje de la Institución Educativa N° 32250 Integrado de Sillapata (fotografía 10), las cuales descargan directamente sobre las zonas de carcavamiento.

En las coordenadas UTM (WGS 84): 305077; 8920981, se registró un derrumbe reciente, con un ancho aproximado de 30 m. En la parte posterior de la zona de arranque se observaron grietas con aperturas de hasta 5 cm y profundidades visibles de hasta 32 cm (figura 22), lo

que evidencia una inestabilidad progresiva del terreno que podría evolucionar a nuevos procesos de remoción en masa si no se adoptan medidas de mitigación.



Fotografía 9. Vista de la zona de carcavamiento 2 que afecta parte del terreno de Sillapata.



Fotografía 10. Tubería de drenaje de la I.E. N° 32250, que vierte sus aguas hacia la ladera oeste de Sillapata.



Figura 21. Vista del Jr. Dos de Mayo e Izcuchaca, por donde se canaliza y discurre el agua de lluvia en dirección hacia la zona de carcavamiento 2.

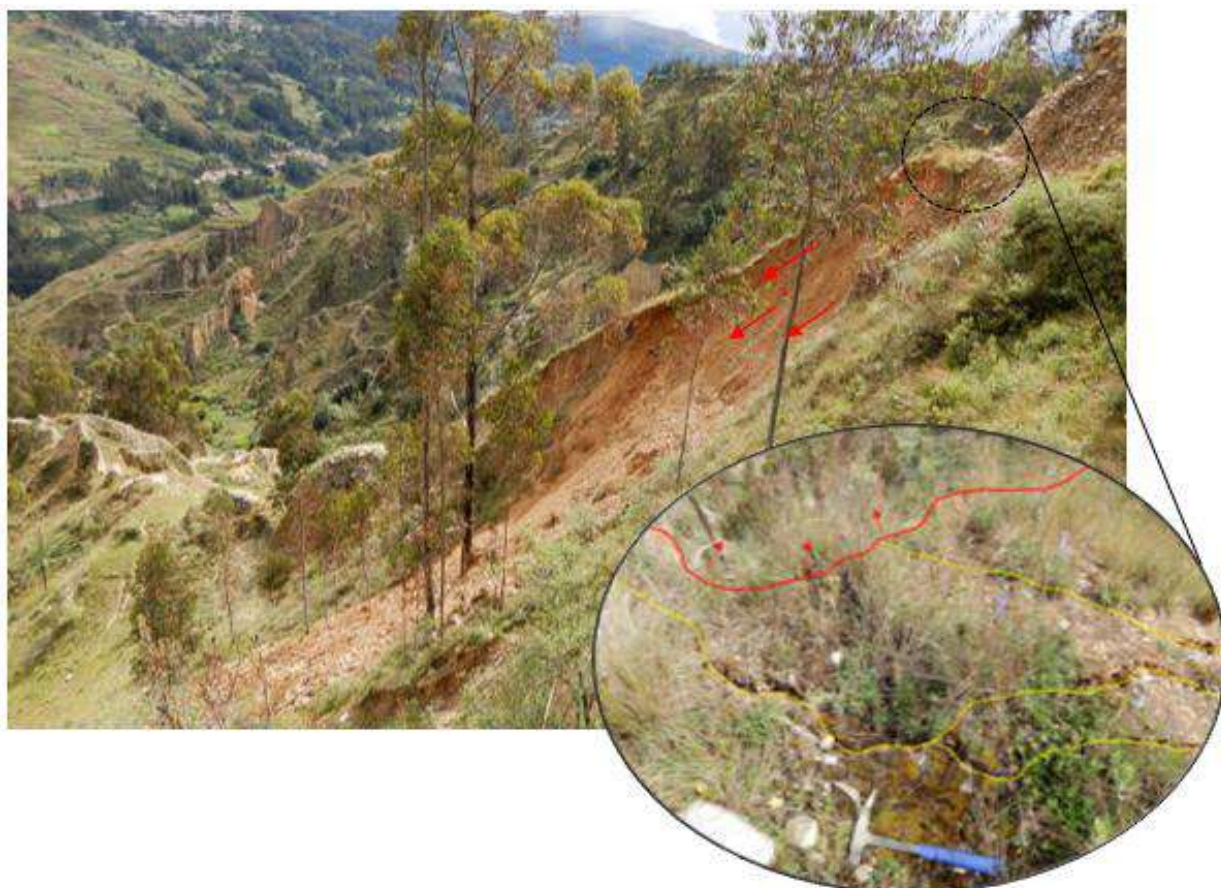


Figura 22. Vista del derrumbe producido dentro de la zona de carcavamiento 2 de la ladera oeste de Sillapata.

Zona de carcavamiento 3: Esta zona se encuentra hacia norte de Sillapata, vierte sus aguas por medio de una quebrada, hacia la quebrada Yacurragra. Presenta un área de 3.2 ha, con un ancho promedio de 150 m.

5.4. Factores condicionantes

Los factores condicionantes (cuadro 3) en el desarrollo y expansión de movimientos en masa y otros peligros geológicos en el poblado de Sillapata, son:

Cuadro 3. Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa y otros peligros.

Procesos o causas naturales	Características	Peligros geológicos inducidos
Factores geológicos - geotécnicos inherentes (factores de sitio)		
Litología del substrato-estructural	La litología expuesta al sur del poblado de Sillapata, compuesta principalmente por esquistos y metareniscas de grano medio a grueso, representa un factor condicionante clave en la ocurrencia de movimientos en masa. Esta unidad presenta una esquistosidad incipiente y se encuentra intensamente meteorizada, lo que debilita su cohesión interna y resistencia al corte. Además, la baja resistencia queda evidenciada al ser fácilmente indentada con un solo golpe de martillo geológico, clasificándose como un material de consistencia blanda a moderadamente blanda. En el área de Sillapata, los movimientos en masa están fuertemente condicionados por las características litológicas de la Formación La Unión, que se divide en un conglomerado monomítico y un microconglomerado polimítico. Ambas unidades, por su naturaleza poco competente y alta meteorización sectorizada, así como por la presencia de matrices finas que retienen humedad, están directamente asociadas a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera, especialmente bajo condiciones de saturación hídrica, lluvias intensas o actividad sísmica.	Deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera.
Tipo de suelo (naturaleza del suelo)	En el área de Sillapata, la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes está condicionada por la presencia de depósitos inconsolidados, principalmente de origen coluvio-deluvial y coluvial. Estos corresponden a acumulaciones heterométricas de fragmentos y gravas inmersos en una matriz arenoso-limosa de textura porosa y en algunos sectores húmeda, producto de la infiltración y escurrimiento de agua ladera abajo. Estas condiciones favorecen su baja competencia mecánica, baja resistencia al corte y cohesión limitada, lo que los convierte en zonas propensas a deslizamientos y derrumbes,	Derrumbes, deslizamientos y erosión de ladera.

	especialmente durante la temporada de lluvias o en escenarios de sismicidad activa.	
Morfología y pendiente del terreno	La meseta sobre la cual se asienta el poblado de Sillapata presenta condiciones que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa, principalmente por laderas empinadas a muy empinadas que la conforman por el lado este, lo que representa un factor morfodinámico crítico en términos de estabilidad de taludes. Así también, el relieve abrupto de las laderas que conforman el lado oeste de la meseta genera una fuerte pendiente natural que, en combinación con la escorrentía superficial, vertimientos de agua o precipitaciones intensas, favorece procesos de erosión en cárcava.	Derrumbes, avalancha de rocas y erosión en cárcavas.
Dinámica fluvial	El incremento del caudal del río Yacurraga podría provocar el socavamiento de su margen izquierda, lo que aumentaría la inestabilidad de los deslizamientos y derrumbes previamente ocurridos en dicha zona.	

5.5. Factores desencadenantes

Son aquellos eventos o condiciones que provocan o aceleran los peligros geológicos. A continuación, se detallan los principales factores desencadenantes que influyen en la zona:

Cuadro 4. Factores desencadenantes de los peligros geológicos.

Factores naturales del entorno geográfico		
Climáticos e Hidrológicos		
Precipitaciones pluviales	El poblado de Sillapata se encuentra ubicado en una zona de alta pluviosidad. La recurrencia de lluvias intensas y prolongadas provoca la saturación de los suelos y/o macizos rocosos, lo que incrementa las presiones intersticiales dentro del terreno. El agua infiltrada a través de grietas, fracturas o discontinuidades geológicas reduce la resistencia al corte de los materiales y genera una sobrecarga adicional debido a su peso, condiciones que favorecen significativamente la ocurrencia de movimientos en masa.	Derrumbes, avalancha de rocas y erosión en cárcavas.

5.6. Factores Antrópicos

Cuadro 5. Factores antrópicos que contribuyen a los procesos por movimientos en masa.

Factores Antrópicos (humanos)		
Ocupación inadecuada del terreno por el hombre	Presencia de viviendas construidas muy próximas al borde de la meseta de Sillapata. Vertimiento de agua directamente hacia la ladera, lo que incrementa la inestabilidad al generar acumulación y saturación hídrica. Sembrío de cultivos en zonas inestables.	Derrumbes, deslizamientos y erosión en cárcavas.
Cambios en la geometría original de la ladera	Construcción de trochas carrozables sobre depósitos de deslizamientos antiguos podría contribuir a desencadenar su reactivación. Estas intervenciones en el talud pueden modificar el equilibrio natural del terreno, especialmente si se altera el drenaje superficial.	Derrumbes, deslizamientos y erosión en cárcavas.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

1. Al sur del poblado de Sillapata, afloran esquistos y metareniscas con alto grado de meteorización y fracturamiento, presentando baja resistencia mecánica, lo que los convierte en materiales geotécnicamente débiles. Asimismo; los conglomerados monomíctico y microconglomerado polimíctico de la Formación La Unión presentan características de baja competencia, alta porosidad y una matriz fina que favorece la retención de humedad. Estas condiciones, combinadas con factores externos como lluvias intensas, infiltración de aguas y actividad sísmica, generan un entorno altamente susceptible a deslizamientos, derrumbes y erosión de ladera. Por tanto, las condiciones litológicas en el poblado de Sillapata representan un factor determinante en la ocurrencia de movimientos en masa.
2. Las laderas con pendiente muy empinada (25° - 45°) a abrupta ($>45^{\circ}$) que bordean la meseta de Sillapata, constituyen un factor morfodinámico para su inestabilidad natural. Esta condición, sumada a la acción de vertimientos de agua no controlados y a precipitaciones intensas, ha dado lugar al desarrollo de deslizamientos, derrumbes y procesos de erosión de ladera en cárcavas, siendo imprescindible su consideración en la planificación territorial.
3. Geodinamicamente, en el poblado de Sillapata se identificaron 32 peligros geológicos, que afectan un área aproximada de 85 ha. Los trabajos de campo permitieron caracterizar e inventariar catorce (14) derrumbes de los cuales doce (12) son activos. Así también, se identificó seis (6) deslizamientos, de los cuales cuatro (4) son considerados inactivo latente y dos activos; este último es atribuido al deslizamiento producido el 2019. Por el lado oeste se tiene el registro de cinco (5) procesos de erosión de ladera en cárcavas.
4. El estado actual del deslizamiento ocurrido en el año 2019 evidencia que, en la zona del escarpe, aún persisten agrietamientos y deformaciones superficiales asociadas al evento original. Asimismo, la masa desplazada permanece acumulada al pie de la ladera, sin presentar cambios morfológicos significativos desde su ocurrencia.
5. Se considera que el factor antrópico influye en la inestabilidad de la ladera, especialmente por la presencia de viviendas construidas muy próximas al borde de la meseta de Sillapata. Muchas de estas viviendas vierten aguas pluviales directamente hacia la ladera a través de tuberías y sistemas artesanales; además, la presencia de terrenos de cultivo en zonas inestables incrementa la saturación hídrica del terreno.
6. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera que las viviendas de la calle el Porvenir, en dirección al río Yacurragra son considerados como una **Zona Crítica y de Peligro Muy Alto**, y las viviendas del Jr. Izcuchaca en dirección a la ladera noroeste como **Peligro Alto** ante la ocurrencia de movimientos en masa y otros peligros geológicos.

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de peligros asociados a movimientos en masa y otros peligros geológicos en el poblado de Sillapata. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a las viviendas e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

NO ESTRUCTURALES

1. Se reitera la recomendación número uno del informe técnico A6925 “*Evaluación de peligros geológicos en el sector de Sillapata*” donde se recomienda reubicar en su totalidad a las viviendas ubicadas entre la calle El Porvenir y la quebrada Yacurragra, hacia el sector Chongo Pampa. Además, considerar de manera paulatina la reubicación de las viviendas ubicadas en el Jr. Izcuchaca en dirección a la ladera noroeste.
2. Realizar la Evaluación de Riesgos (EVAR) con los insumos (mapas a detalle) realizado en este informe para determinar los elementos expuestos del poblado de Sillapata y el nivel de riesgo, así como también del sector Chongo Pampa. Este informe deberá determinar si se reubica parcialmente o en su totalidad al poblado de Sillapata.
3. Realizar monitoreo periódico, sobre todo en temporada de lluvias, de los agrietamientos y laderas inestables que conforman la meseta de Sillapata, especialmente el derrumbe que se produjo el presente año. Estos pueden ser a través de puntos de control geodésico, visual para observar posibles desplazamientos del terreno, o mediante imágenes satélites o fotogrametría con drones.
4. En el sector oeste de Sillapata, donde se ha identificado procesos de erosión en cárcavas, se propone la implementación de un programa de revegetación con especies autóctonas u otras especies adecuadas, seleccionadas en función del tipo de material que conforma las laderas. La revegetación busca estabilizar el suelo, mejorar la cohesión superficial y reducir el escurrimiento superficial mediante la interceptación de agua y la creación de una cobertura vegetal protectora.
5. Prohibir la construcción de viviendas muy próximas al borde de la meseta de Sillapata; además, prohibir el sembrío que requiera riego en zonas inestables.
6. Evitar el vertimiento de aguas sobre las laderas que conforma la meseta de Sillapata.
7. Las autoridades deben difundir a la comunidad en general, sobre la identificación de las zonas de peligro alto en sus jurisdicciones, a fin de hacerles participe con planes de preparación, evacuación y acción ante la ocurrencia de estos eventos, potenciales en magnitud e intensidad de peligrosidad.

ESTRUCTURALES

8. Se recomienda implementar sistemas de drenaje en la meseta y laderas que la conforman: Hacia el lado este (Calle Porvenir y sectores inestables) se recomienda drenaje superficial (cunetas, canales revestidos) para controlar el escurrimiento pluvial;

además, colocar drenes horizontales o subdrenes en el cuerpo del deslizamiento para reducir la presión intersticial.

Hacia el sureste de Sillapata, captar y canalizar el manantial identificado y las aguas pluviales antes de que estas alcancen las zonas inestables.

En la ladera Oeste – Zona de cárcavas: se recomienda drenaje pluvial en el pueblo y la Institución educativa, para que capte y canalice hacia quebradas ya definidas.

Finalmente, revestir el canal de drenaje ubicado en las coordenadas UTM (WGS 84) 305024 E;8920843 N.

Todos los sistemas deben incluir mantenimiento periódico, estar integrados al planeamiento urbano y ser acompañados por programas de educación comunitaria y control del uso del suelo (por ejemplo, restringir cultivos en zonas inestables o frágiles).

9. Implementar defensa ribereña, especialmente en la margen izquierda de la quebrada Yacurraga en un tramo aproximado de 700 m para mitigar la erosión que genera la dinámica erosiva de la quebrada. Coordenadas de Inicio 305662, 8920425 y finaliza 305615, 8921146.

Nota. El tipo y diseño de las medidas estructurales vertidas en el presente informe deben tener un estudio geotécnico a detalle, antes de ejecutarlo.



Ing. GILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET



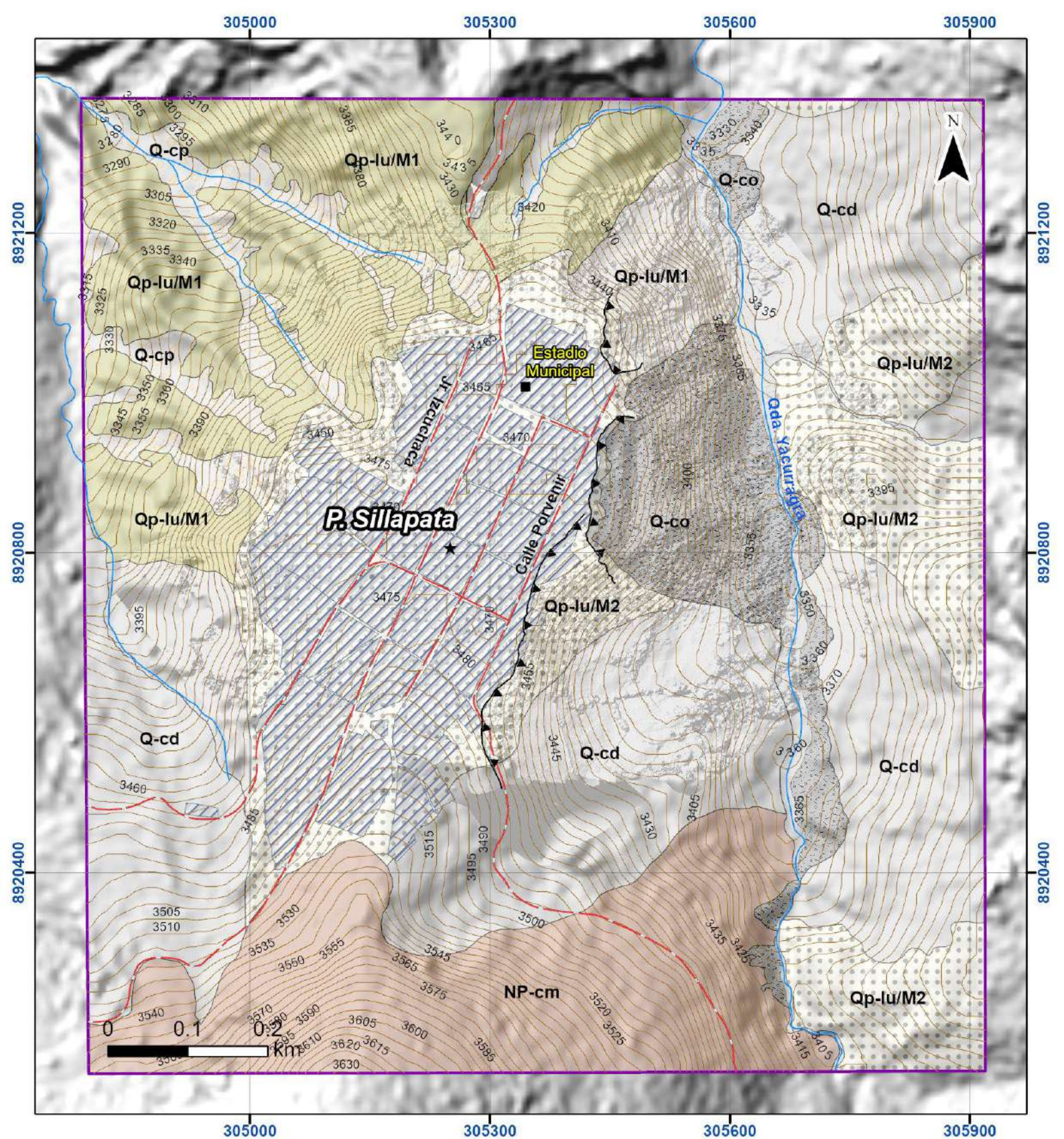
Ing. GUISELA CHOQUENAIRA GARATE
Especialista en movimientos en masa
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA:

- Chávez M & Choquenaira G. (2024). "Evaluación de peligros geológicos en el sector Patarín. Distrito Sillapata, provincia Dos de Mayo, departamento Huánuco", Informe técnico A7476, 39p, INGEMMET.
- Cobbing, J., Sanchez, A., Martínez, W. y Zarate H. 1996). Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión. Chiquian y Yanahuanca. Boletín N°76, serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 20 h, 20i, 20j, 21i y 21j). INGEMMET. Lima-Perú.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2019). Evaluación de peligro geológico en el sector de Sillapata. Distrito Sillapata, provincia Dos de Mayo, departamento Huánuco. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A6925, 16 p <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2239>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Zavala, B., & Vílchez, M., (2006). Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. Boletín, C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; N° 34. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/278>

ANEXO 1

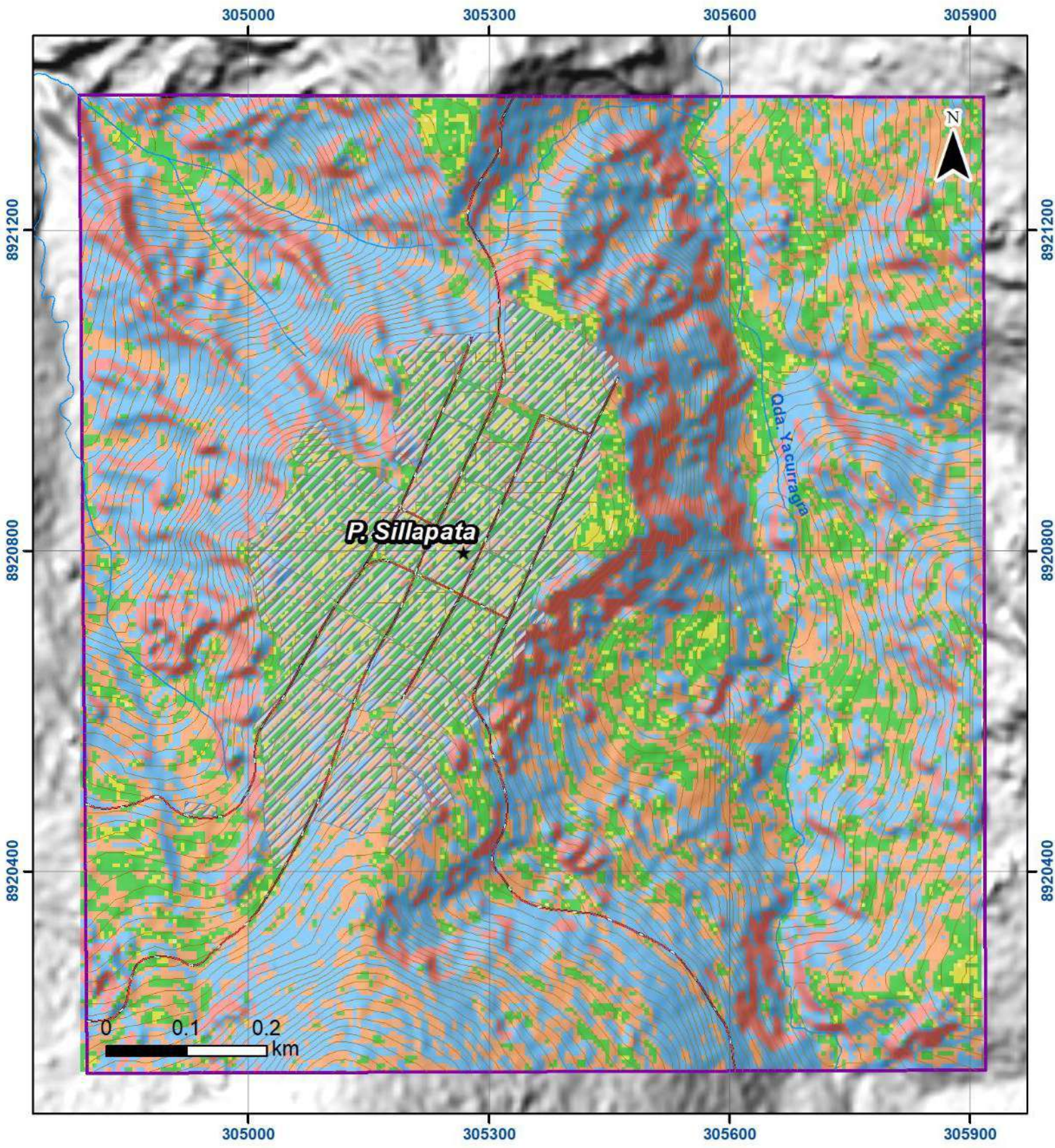
MAPAS DEL POBLADO SILLAPATA



SISTEMA	SÍMBOLO	UNIDAD
CUATERNARIO	Q-co	Depósito coluvial
	Q-pr	Depósito proluvial
	Q-cp	Depósito coluvio proluvial
	Q-cd	Depósito coluvio deluvial
	Qp-lu/M2	Formación La Unión/M2
	Qp-lu/M1	Formación La Unión/M1
NEO-PROTEROZOICO	NP-cm	Complejo Marañón

SIMBOLOGIA	
★	Población de Sillapata
▲▲	Escarpe
—	Ríos y quebradas
---	Vías de acceso
—	Curvas de nivel
□	Area de estudio
▨	Manzanas

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
MAPA GEOLÓGICO DE SILLAPATA Escala 1:6 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: Año 2025	01



COLOR	UNIDAD	RANGO
	Muy baja	<1°
	Baja	1° - 5°
	Media	5° - 15°
	Alta	15° - 25°
	Muy alta	25° - 45°
	Abrupta	>45°

SIMBOLOGIA	
	Población de Sillapata
	Ríos y quebradas
	Vías de acceso
	Curvas de nivel
	Manzanas
	Area de estudio



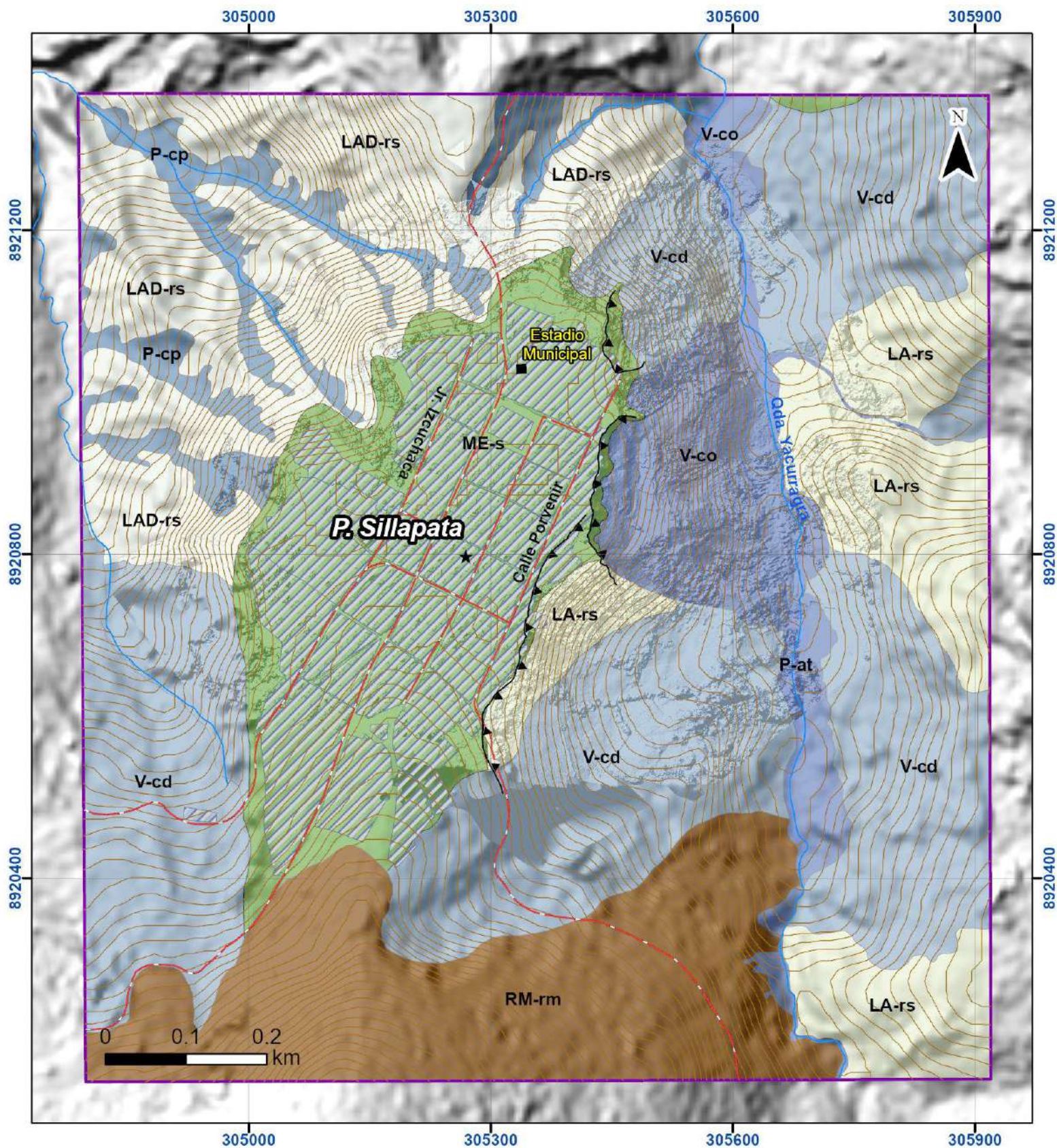
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

**MAPA DE PENDIENTES DE
SILLAPATA**

Escala 1:6 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s
Versión digital: Año 2025

02



LEYENDA

V-co	Vertiente coluvial
P-at	Piedemonte aluvio-torrencial
P-cp	Vertiente coluvio-proluvial
V-cd	Vertiente coluvio deluvial
LA-rs	Ladera en roca sedimentaria
LAD-rs	Ladera disectada-sedimentaria
ME-s	Meseta sedimentaria
RM-rm	Montaña en roca metamórfica

SIMBOLOGIA

★	Población de Sillapata
▲▲	Escarpe
—	Ríos y quebradas
---	Vías de acceso
—	Curvas de nivel
□	Area de estudio
▨	Manzanas

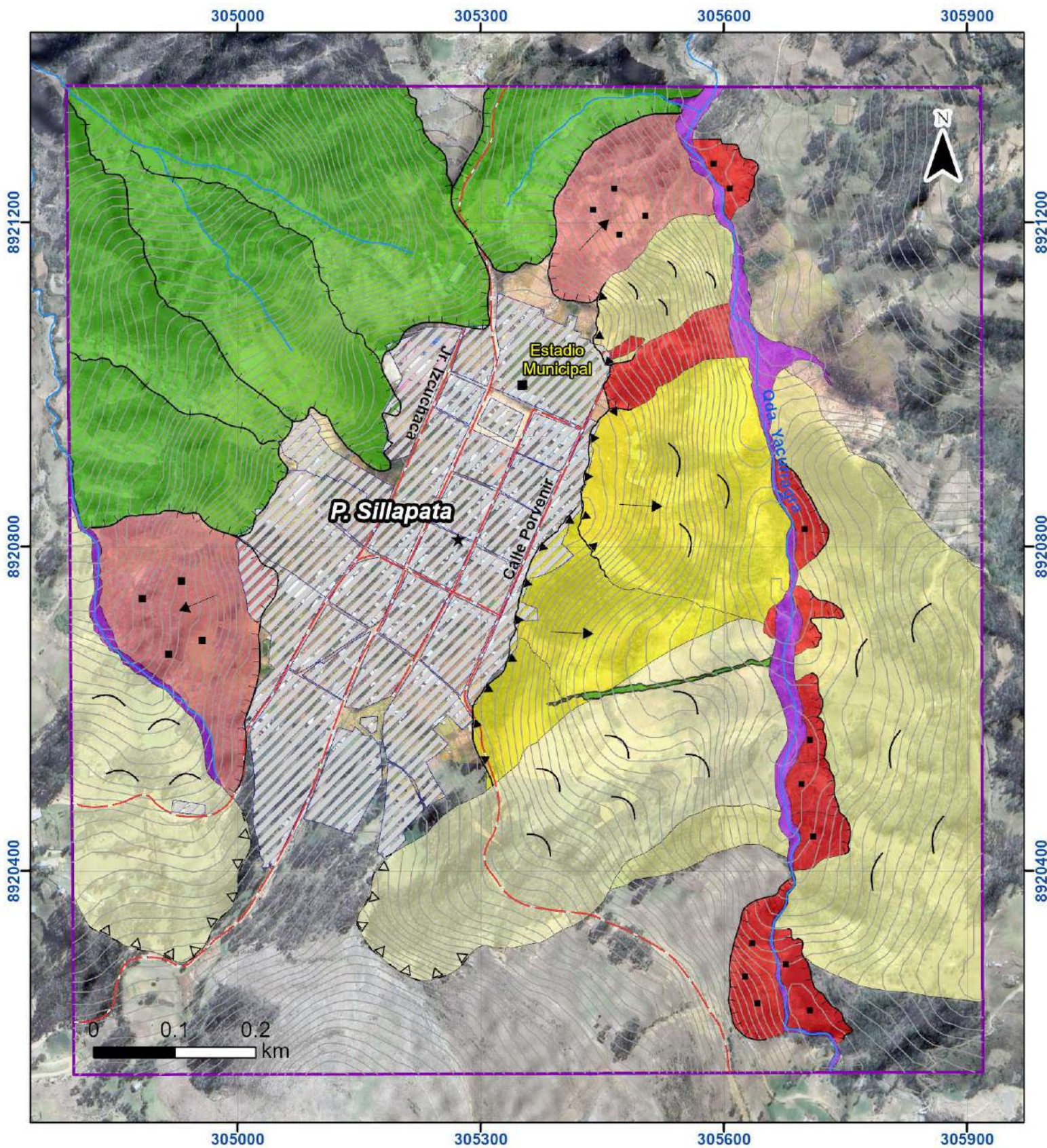


ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TECNICA EN LA
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE SILLAPATA

Escala 1:6 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s
Versión digital: Año 2025

03



LEYENDA

Peligros geológicos

- Derrumbe
- Derrumbe inactivo latente
- Deslizamiento activo
- Deslizamiento inactivo latente
- Deslizamiento reactivado
- Flujo de detritos
- Erosión en cárcavas

SIMBOLOGIA

- Población de Sillapata
- Escarpa
- Zona de arranque
- Ríos y quebradas
- Vías de acceso
- Manzanas
- Curvas de nivel
- Area de estudio



ACT. 16: SERVICIO DE ASISTENCIA TECNICA EN LA
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA DE CARTOGRAFIA DE MOVIMIENTOS EN MASA

Escala 1:6 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s
Versión digital: Año 2025

04