



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



EVALUACIÓN GEODINÁMICA DE LOS SECTORES KUMURRUMUY TAPARCALLA, CCANTUSCALLA, UPINA, LIMACPATA RETAMACHAYOC – VÍA CU-117 PARURO

Informe Técnico N°022-2025/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Agosto, 2025

Instituto Geofísico del Perú

Jefe Institucional: Hernando Tavera

Informe Técnico

Evaluación geodinámica de los sectores Kumurumuy, Taparcalla, Ccantuscalla, Upina, Limacpata y Retamachayoc- Vía CU-117 Paruro
(Distrito y Provincia de Paruro, Región de Cusco)

Autores

Mariana Vivanco
José Arela
Gustavo Namay
Wendy Quiroz
Juan Carlos Gómez

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
Teléfono: 51-1-3172300

**Evaluación geodinámica de los sectores Kumurumuy,
Taparcalla, Ccantuscalla, Upina, Limacpata y
Retamachayoc- Vía CU-117 Paruro
(Distrito y Provincia de Paruro, Región de Cusco)**

Lima – Perú
Agosto, 2025

RESUMEN

En el distrito de Paruro y alrededores se originan eventos geodinámicos del tipo movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes) y erosión fluvial, debido a la interacción entre los factores condicionantes o características físicas del territorio (geomorfología, pendientes, geología y cobertura vegetal) y los factores desencadenantes (precipitaciones pluviales), principalmente durante los meses de diciembre a abril cuando se registran las lluvias de mayor intensidad, así como, actividades inducidas por acción humana.

Durante la ocurrencia de precipitaciones intensas, los sectores expuestos son principalmente Kumurumuy, Taparcalla, Ccantuscalla, Upina, Retamachayoc y Limacpata ubicados en la denominada vía CU-117 que une Cusco con Paruro, lugares donde se han identificado laderas inestables susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa, cuya área de influencia es de aproximadamente 8 Has; por lo tanto, es necesario implementar medidas de prevención y reducción del riesgo para evitar la afectación de esta vía que es el acceso principal al distrito de Paruro.

CONTENIDO

RESUMEN

1.- INTRODUCCIÓN

- 1.1.- Ubicación
- 1.2.- Clima
- 1.3.- Base topográfica
- 1.4.- Antecedentes
- 1.5.- Metodología

2.- GEOMORFOLOGÍA

- 2.1.- Unidades Geomorfológicas
- 2.2.- Susceptibilidad a movimientos en masa

3.- GEOLOGÍA

- 3.1.- Geología regional
- 3.2.- Geología local

4.- GEODINÁMICA

- 4.2 Movimientos en masa

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

1.- INTRODUCCIÓN

La Municipalidad Provincial de Paruro (MDP), solicitó apoyo técnico al Instituto Geofísico del Perú (IGP) a través de la carta N° 013-2025-MPP/A , para realizar la evaluación geodinámica de los sectores de Kumurumuy, Upina y Limacpata - vía CU-117 en el distrito de Paruro en el departamento de Cusco, debido a que desde el año 2017 hasta la actualidad la vía en mención es afectada frecuentemente por la ocurrencia de movimientos en masa tipo derrumbes y deslizamientos ocasionados principalmente durante el periodo de precipitaciones. De acuerdo a las coordinaciones realizadas, se procedió con la visita técnica de campo con la participación del jefe de la oficina de Gestión de Riesgos de Desastres de la MPP, llegándose a identificar y delimitar las zonas afectadas por derrumbes y deslizamientos recientes, así como, los factores condicionantes y desencadenantes que intervienen para la ocurrencia de estos eventos.

1.1.- Ubicación

El área de estudio comprende los sectores de Kumurumuy, Taparcalla, Ccantuscalla, Upina, Retamachayoc y Limacpata - vía CU-117 en el distrito de Paruro, Provincia de Paruro - departamento de Cusco (Figura 1). El acceso al área de estudio, desde la ciudad de Cusco, se realiza por la vía CU-117 asfaltada en buen estado de conservación durante un tiempo aproximado de 1 hora.

1.2.- Clima

Los derrumbes y deslizamientos tienen en las precipitaciones uno de sus principales agentes desencadenantes. Por esta razón, resulta fundamental conocer el patrón de lluvias, identificar los eventos de precipitación

extraordinaria y analizar cómo estos se relacionan directamente con la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.

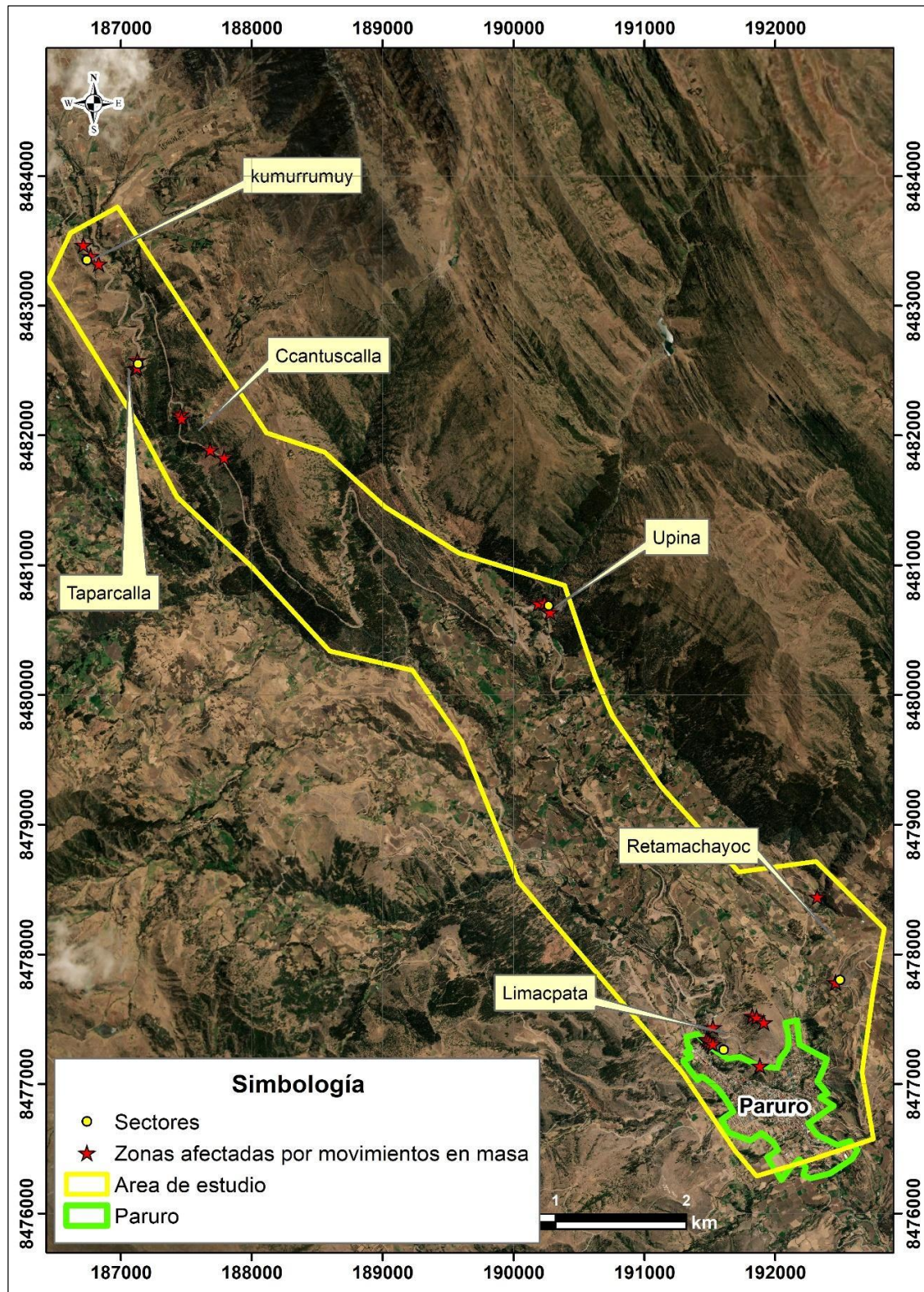


Figura 1.- Ubicación de los sectores afectados por movimientos en masa en el distrito de Paruro.

En este contexto, se utilizó información proveniente de la estación meteorológica de Paruro ubicada en las coordenadas geográficas: longitud - 71.8447 y latitud -13.7675 (Figura 2). Se analizaron datos de precipitación diaria registrados entre los años 1965 y 2025, abarcando un total de 57 años de información climática.

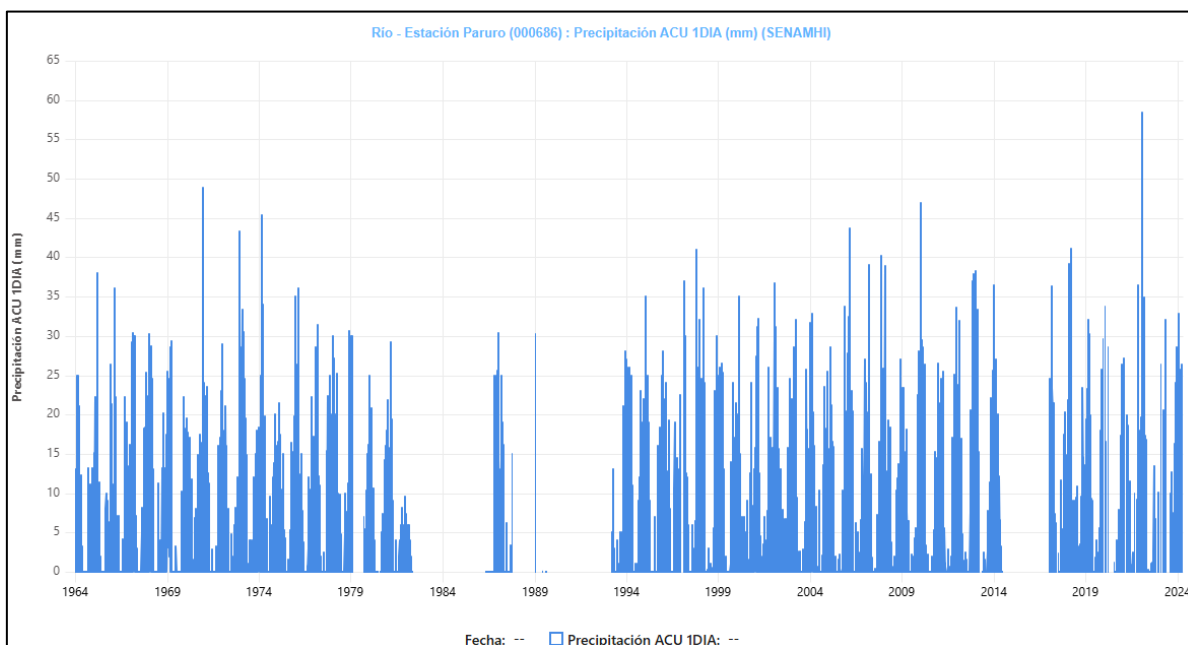


Figura 2.- La estación meteorológica Paruro (SENAMHI, 2024).

Del análisis del registro histórico de precipitaciones, se identifica que los mayores acumulados de lluvia se concentran en los meses de diciembre a abril. En este periodo, las precipitaciones diarias excedieron los 30.1 mm, umbral definido por el SENAMHI como “extremadamente lluvioso”. Asimismo, se han alcanzado valores extraordinarios, como los 58.4 mm registrados en marzo de 2022. Sin embargo, no se cuenta con información de que en esa fecha se hayan producido deslizamientos o derrumbes.

Por otro lado, el 29 de marzo de 2025 se registraron deslizamientos en el sector de Limacpata debido a una precipitación de 21.4 mm (Figura 3).

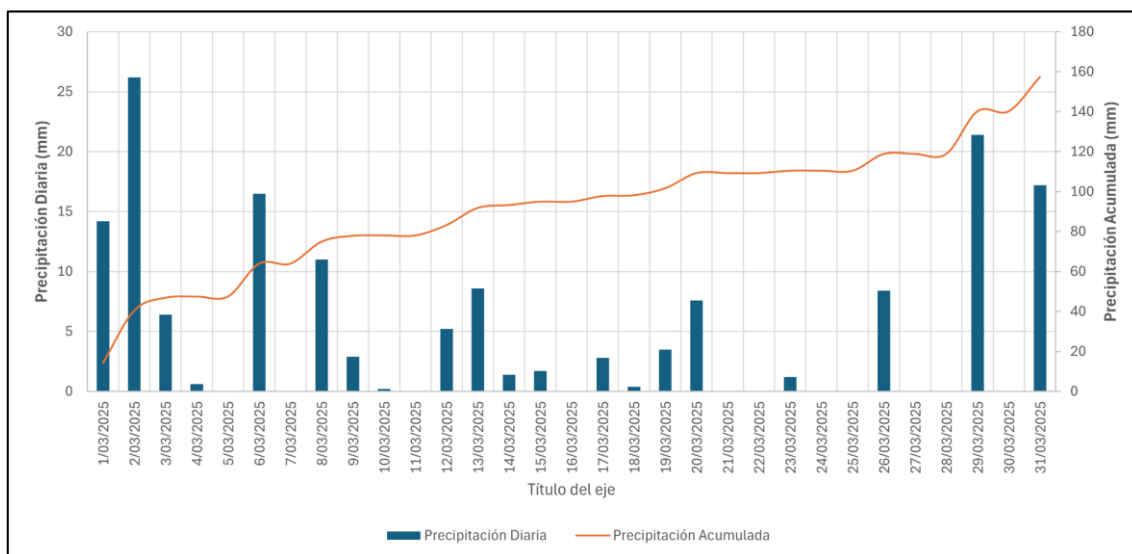


Figura 3.-. Precipitaciones diarias y acumuladas en el mes de marzo de 2025. Estación Paruro.

1.3.- Base topográfica

Para el presente estudio se utilizaron dos bases topográficas a distinta resolución. La primera base topográfica fue generada a partir de una imagen satelital de tipo radar, correspondiente al sensor PALSAR del satélite ALOS, desarrollado por la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA), con una resolución de 12.5 metros. Esta base fue utilizada como insumo de referencia para la delimitación general de geformas y el cálculo preliminar de pendientes.

La segunda base topográfica se obtuvo mediante levantamientos fotogramétricos con dron en cinco sectores específicos del área de estudio, empleando receptores GPS de alta precisión para asegurar la calidad (10 cm de resolución) y exactitud del producto cartográfico (abril de 2025). Esta información fue utilizada para la clasificación detallada de pendientes, la identificación de infraestructura, así como para la cartografía de escarpes y la delimitación precisa de deslizamientos y derrumbes observados en campo (Figura 4).

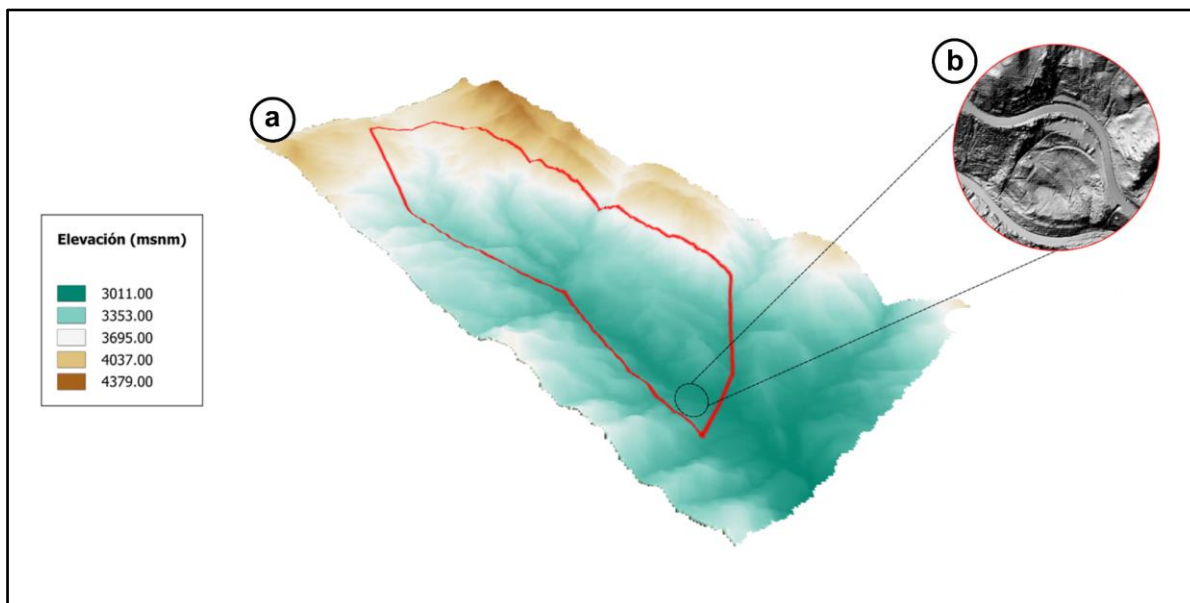


Figura 4.- a) Topografía digital del terreno a escala regional, utilizada para la delimitación de geoformas. b) Topografía digital de alta resolución, obtenida mediante un vuelo fotogramétrico con dron, utilizada para delimitar con mayor detalle los deslizamientos y derrumbes.

1.4 Antecedentes

INGEMMET (2023) informe técnico N° A7391 “Evaluación de peligros geológicos por deslizamientos y derrumbes en el sector Retamachayoc de la comunidad de Cucuchiray”: Se identificaron deslizamientos tipo rotacional reactivados (2023) y derrumbes en el sector Retamachayoc que cubre un área de 9.77 hectáreas, así como, se reconoció la probable ocurrencia de flujos de detritos en la quebrada Perahuayco que podría afectar viviendas ubicadas en zonas aledañas a este y aguas abajo (Figura 5), siendo los factores condicionantes la composición litológica (bloques de rocas y gravas en matriz areno limosa) y como factor detonante las precipitaciones (58 mm/día). La longitud de la escarpa es de 51 m y el área de deslizamiento de 5400 m².

INGEMMET (2019) informe técnico N° A6967 “Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en los sectores puente Upina y 40 curvas”: El informe menciona que la causa principal de la ocurrencia del deslizamiento se debe a los cortes de talud para la vía interprovincial Cusco-Paruro sumado

a las precipitaciones pluviales intensas (diciembre - marzo). Se reactivaron los movimientos en masa tipo deslizamiento en un tramo de 300m de la carretera principal (Figura 6).

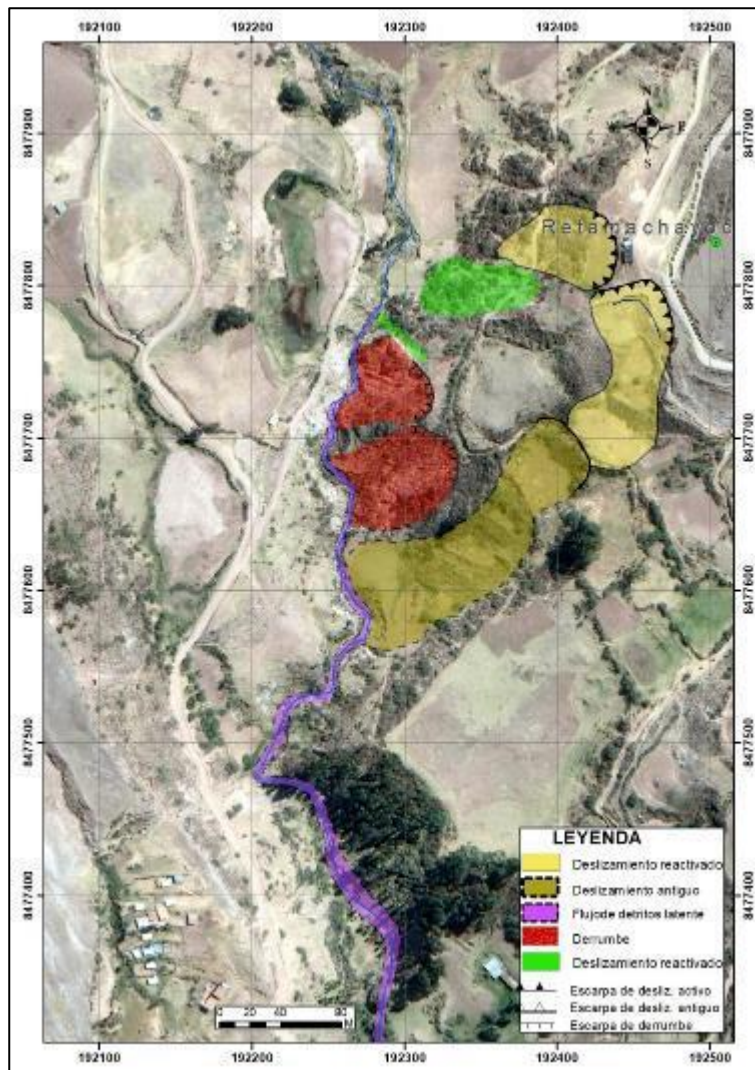


Figura 5.- Derrumbes y deslizamientos en el sector Cucuchiray (2023) (INGEMMET-2023).

INGEMMET (2018) informe técnico N° A6801 "Deslizamiento en el sector Sillacpata": Describe la existencia de un deslizamiento antiguo cuyo substrato rocoso o conforman rocas del tipo lutitas, limolitas y areniscas poco consolidadas y resistentes, pendiente altas de las laderas y como detonantes la ocurrencia de precipitaciones (fuertes lluvias y prolongadas), causas antrópicas (malas prácticas de riego, cortes de taludes inadecuados, deforestación) y la reactivación de movimientos en masa (Figura 7).

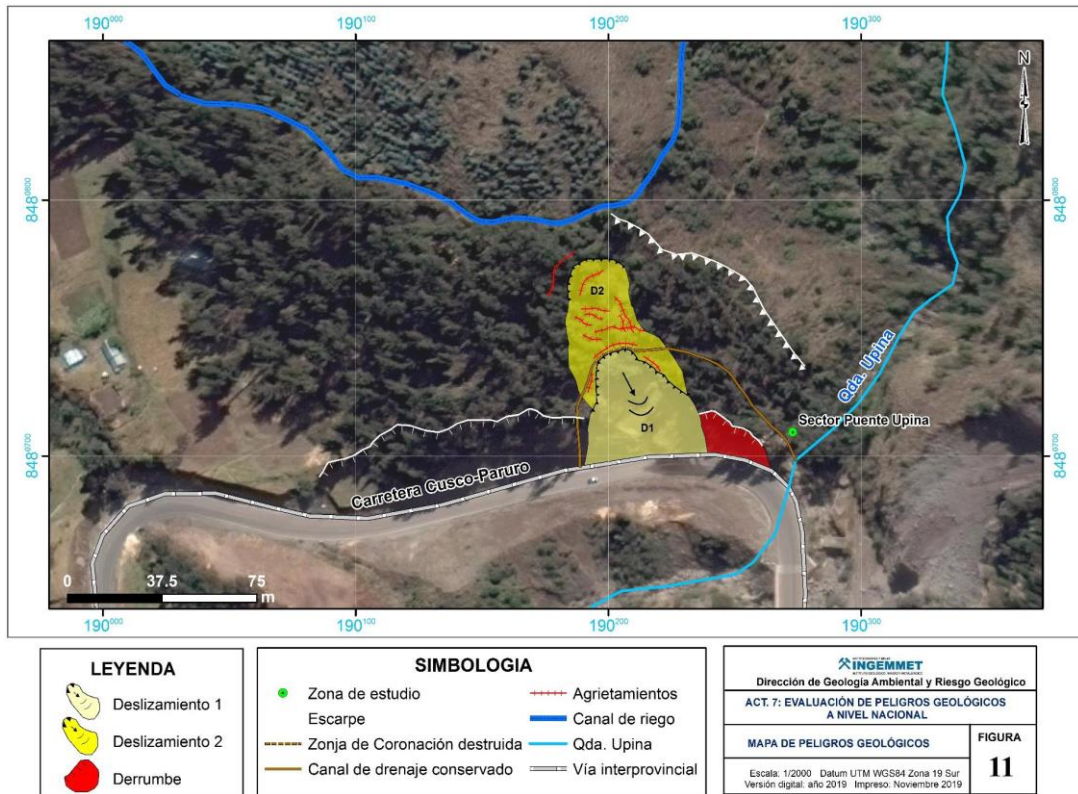


Figura 6.-Movimientos en masa en el sector Upina, 2019 (INGEMMET 2029).

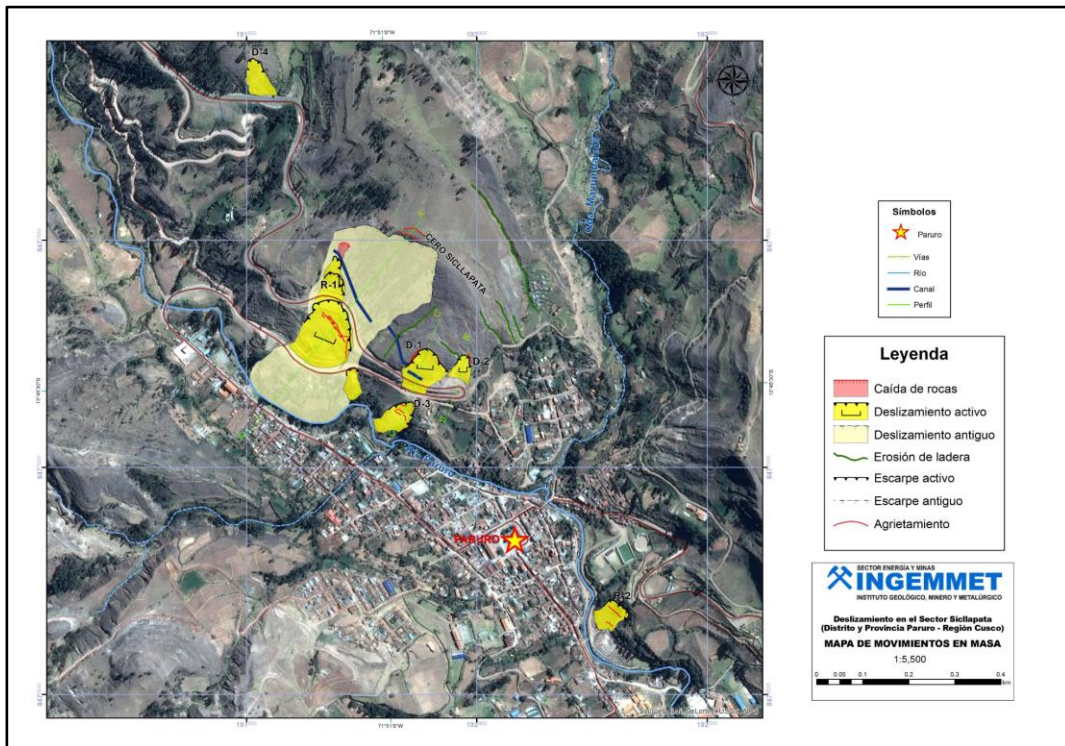


Figura 7.- Movimientos en masa antiguos en Limacpata, 2018 (INGEMMET 2018).

1.5 Metodología

La realización del presente estudio consistió en la evaluación pre campo donde se aborda, la problemática del área a intervenir y se generan planos base, luego de ello se hace la visita a campo para recopilar toda la información in situ, para posteriormente procesarla, analizarla y emitir elaborar el informe final (Figura 8).



Figura 8.- Esquema gráfico del proceso de información para elaboración de informes.

2.- GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología estudia las diferentes formas del relieve de la superficie terrestre (geoformas) y los procesos que las generan. La geomorfología regional del área de estudio (Figura 9), presenta un relieve montañoso de topografía irregular con laderas inclinadas y de pendientes fuertes (Tabla 1). Las zonas bajas están representadas por valles estrechos, resultantes de la interacción de los esfuerzos y compresión de la dinámica interna de la tierra.

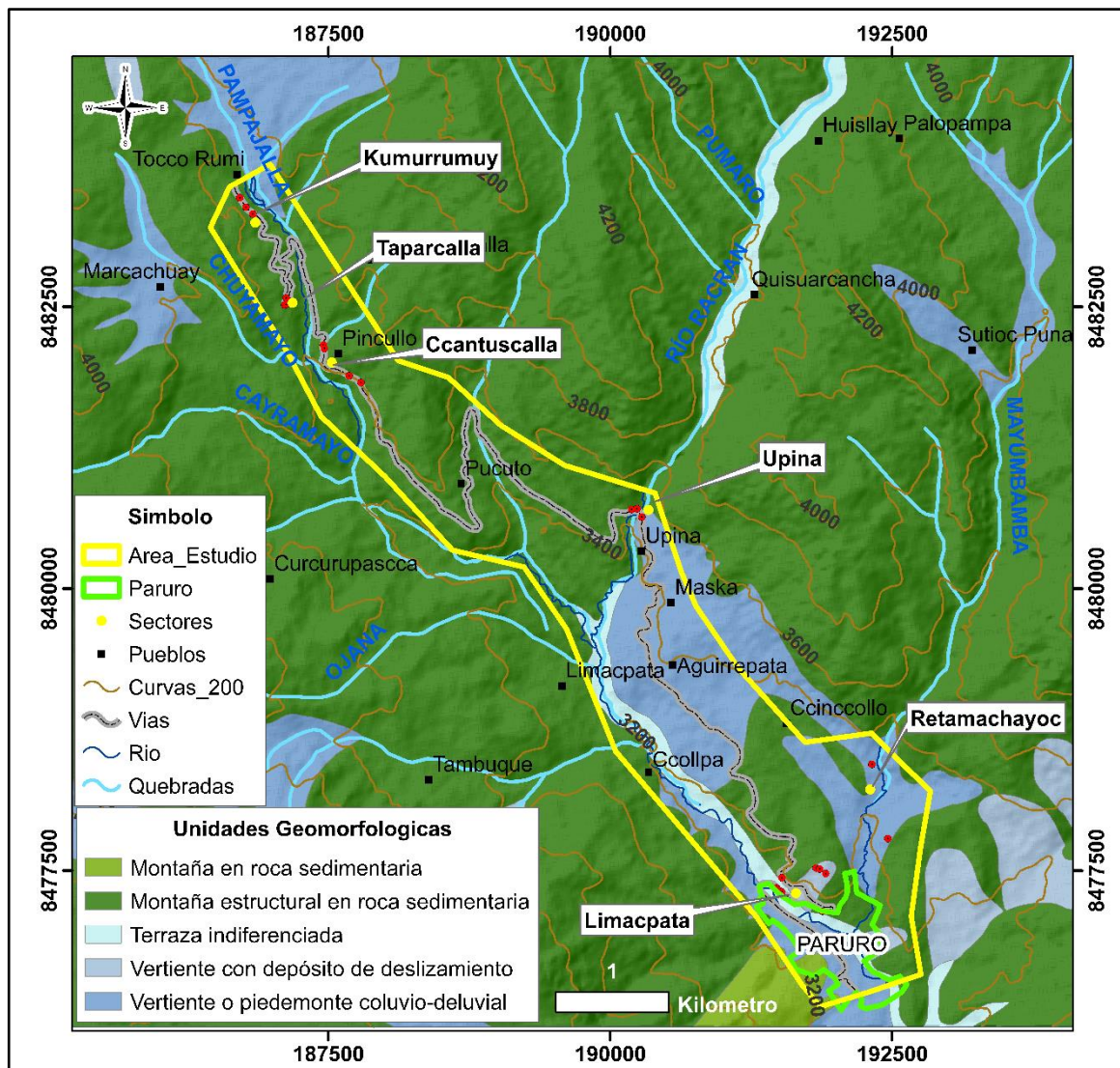


Figura 9.- Geomorfología regional en el distrito de Paruro (INGEMMET)

Tabla 1.- Rango de pendientes del terreno (INGEMMET 2020)

CATEGORÍA	RANGO DE PENDIENTE	DESCRIPCIÓN
Muy Baja	(0-1°)	terreno plano localizado en el fondo del valle
Baja	(1-5°)	Áreas suavemente inclinadas, en la zona de estudio se representa mediante las terrazas fluviales
media	(5-15°)	relieves inclinados, sus laderas presentan una susceptibilidad media a los movimientos en masa
Fuerte	(15-25°)	relieves inclinados ,presentes en laderas de colinas y flancos inferiores de las montañas, altamente susceptible a los movimientos en masa
Muy Fuerte	(25-45°)	relieves de muy fuerte pendiente presenta alta susceptibilidad a movimientos en masa
Abrupto/ Muy escarpado	(> 45°)	Zonas con escarpes rocosos y cortes abruptos

2.1 Unidades geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas cartografiadas en el área de estudio están conformadas por lecho fluvial, cauce de quebrada, terrazas, lomas, colinas y montañas (Figura 10), sobre estas dos últimas se generan deslizamientos y derrumbes; es decir, susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa. Las unidades geomorfológicas indicadas fueron analizadas a escala 1:33000.

Lecho fluvial: Es el canal excavado por el flujo de un río y los sedimentos que éste transporta durante todo su desarrollo y evolución. La morfología depende del caudal, pendiente, tamaño de sedimento y de lo erosionable del sustrato rocoso, de tal forma que exista un equilibrio entre la carga de sedimentos y su capacidad de transporte. El río Paruro tiene sus nacientes en los cerros Patacocha y bofedales (Distrito de Yaurisque) a 4153 m.s.n.m, a su paso por

el distrito de Paruro se ubica a 3129 m.s.n.m, tiene un ancho promedio de 5 m y caudal de 0.279 m³/s (octubre, 2010) con velocidad media de 0.395 m/s, el río en mención desemboca en el río Apurimac (Proyecto Fortalecimiento del Desarrollo de Capacidades de ordenamiento territorial en la región Cusco-2012). La geoforma lecho fluvial ocupa el 3% del área total de estudio.

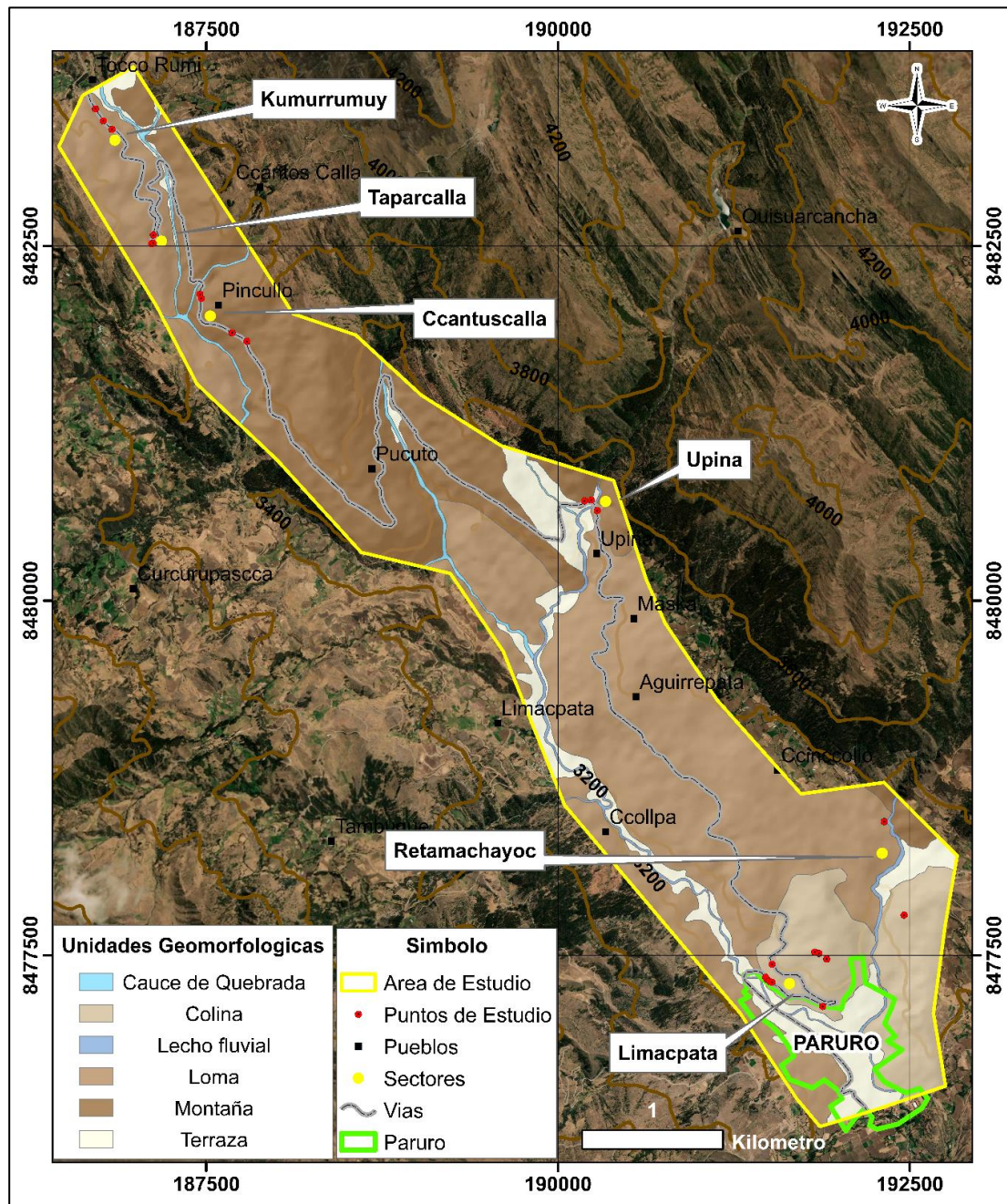


Figura 10.- Mapa geomorfológico del área de estudio en el distrito de Paruro.

Cauce de quebrada: Sistema de drenaje que forma parte de una cuenca hidrológica, se desarrollan en zonas de lomas y/o montañas por pasos estrechos/encajonados y de escorrentía intermitente. En el distrito Paruro las quebradas disectan las lomas, colinas y montañas, para luego desembocar sobre el flujo principal representado por el río Paruro que incrementa su caudal en periodo de precipitaciones (Figura 11). La geoforma cauce de quebrada ocupa el 1% del área total del área de estudio.

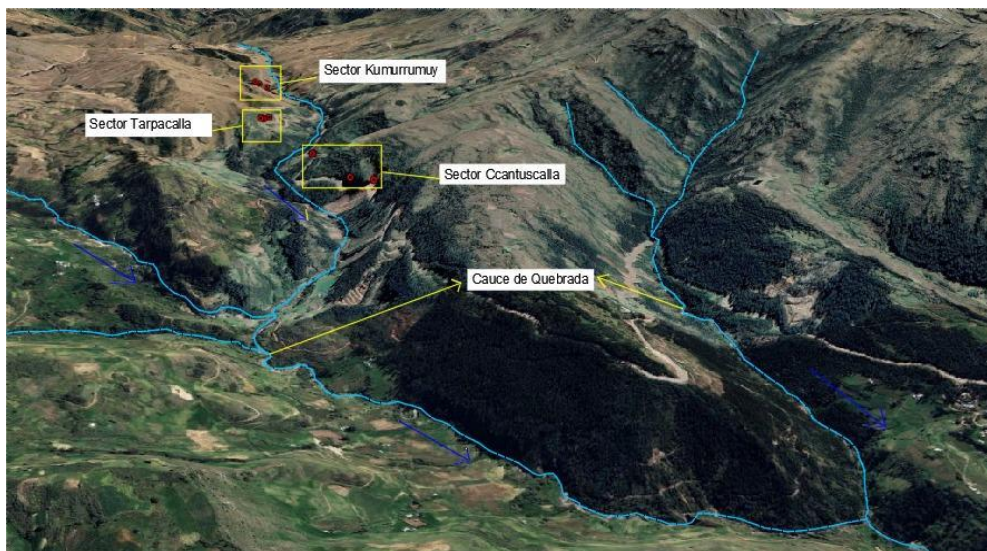


Figura 11.- Cauces de quebradas en los sectores de Kumurrumuy.

Terrazas: Superficie horizontal o ligeramente inclinada, cuyo relieve presenta pendientes menores a 7° . Generalmente se encuentra conformada por materiales heterogéneos (clastos subangulosos a subredondeados envueltos en una matriz areno-limosa) y capas delgadas de limos. En el distrito de Paruro las terrazas se ubican a ambos márgenes del río Paruro sobre las cuales se asienta el área urbana de Paruro (Figura 12). La geoforma terrazas ocupa el 14% del área total del área de estudio.

Loma: Se disponen en formas irregulares a alargadas, de grandes extensiones y altura superior a los 300 m, en el área de estudio estas geoformas representan el 43% del área total y presentan pendientes medias

a altas que condicionan la ocurrencia de derrumbes en los sectores de Kumurrumuy, Ccantuscalla y deslizamiento en Taparcalla, Upina. Figura 13.



Figura 12.- Terrazas y lecho fluvial en el distrito de Paruro.



Figura 13.- Geoforma Loma en el distrito de Paruro delimitada por el interlineado de coloración blanca.

Colina: Se refiere a superficies elevadas cuya base presenta forma redondeada, alto grado de pendientes (20° a 35°) y altamente susceptible a generar movimientos en masa. En el área de estudio se identificó este tipo de geoforma en el sector de Limacpata, en donde se evidenciaron la ocurrencia

de deslizamientos antiguos y recientes-activos en el distrito de Paruro. Representan el 13% del área total (Figura 14).

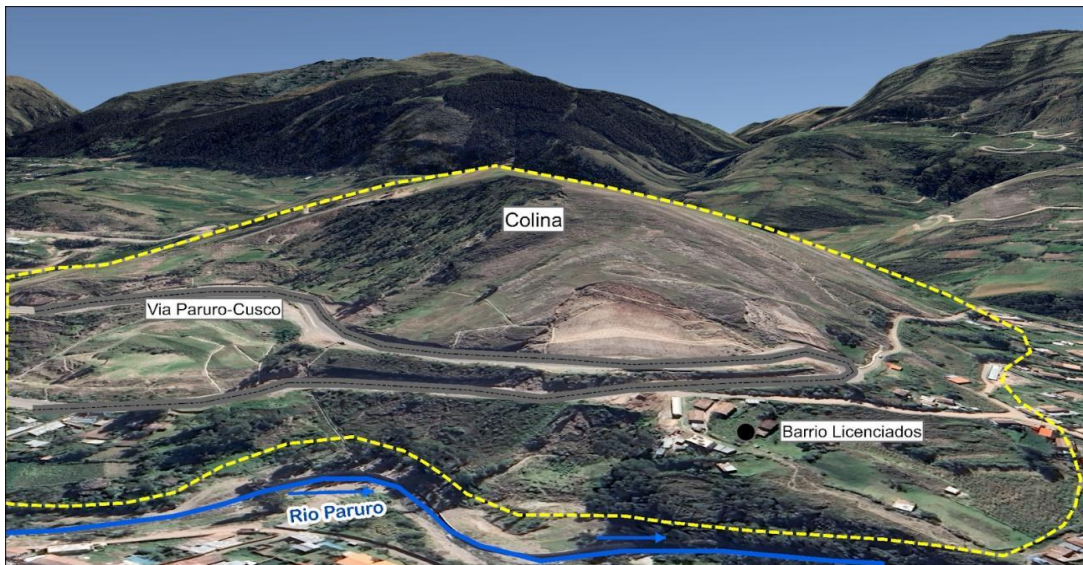


Figura 14.- Unidad geomorfológica colina en el sector Limacpata.

Montaña.- Esta unidad geomorfológica conforma las superficies elevadas ubicadas en el extremo este del distrito de Paruro y presenta laderas con pendientes altas ($> a 45^\circ$) y susceptibles a generar movimientos en masa. Esta unidad ocupa el 25% del área total en estudio (Figura 15). Sobre este tipo de geoforma presente en Upina, se ha identificado zonas de derrumbes y deslizamientos.

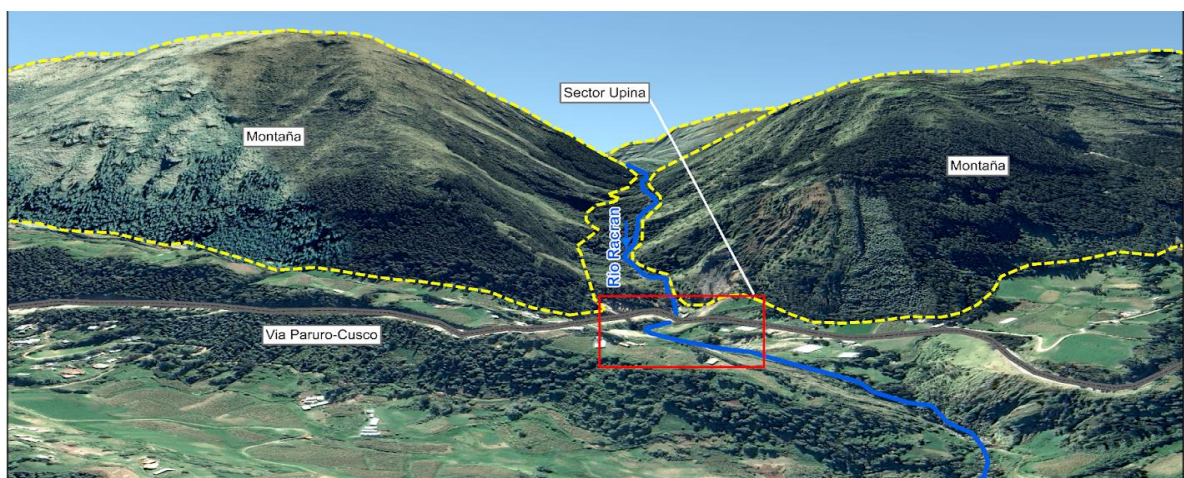


Figura 15.- Montañas ubicadas al noreste y sureste del sector Upina(rectángulo rojo)

2.2 Análisis de susceptibilidad en función al relieve

Se elaboró un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje automático a fin de identificar las zonas del terreno con mayor propensión a deslizamientos. Para este fin se utilizó el algoritmo Random Forest aplicado en estudios de susceptibilidad por su robustez ante datos ruidosos, su capacidad de manejar variables correlacionadas y su rendimiento confiable sin necesidad de supuestos estadísticos estrictos (Breiman, 2001; Goetz et al., 2015). Este modelo se basa en la creación de múltiples árboles de decisión independientes, cuya votación conjunta permite estimar la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento para cada píxel del terreno, en función de variables como la pendiente, orientación de la pendiente, elevación, rugosidad topográfica y litología.

El modelo entrenado mostró un buen desempeño, alcanzando una exactitud del 93.4% y un área bajo la curva ROC (AUC) de 0.985, lo cual refleja una excelente capacidad para discriminar entre zonas susceptibles y no susceptibles a movimientos en masa (Pham et al., 2016). Asimismo, la alta sensibilidad del modelo permitió identificar adecuadamente la mayoría de las zonas previamente afectadas por deslizamientos. Una ventaja adicional del algoritmo Random Forest es que permite analizar la importancia relativa de las variables predictoras, lo cual brinda una comprensión más profunda de los factores que influyen en la inestabilidad del terreno. En este estudio, se determinó que las variables más influyentes fueron: elevación (39%), dirección de pendiente (22%), pendiente (17%), unidades litológicas (14%), y rugosidad (8%).

El mapa resultante muestra que las zonas más susceptibles a movimientos en masa, representadas en tonalidades rojas correspondientes a la clase de muy alta susceptibilidad, se encuentran principalmente hacia los

sectores noroeste y sureste del área evaluada. Estas áreas se distribuyen a lo largo de la franja de análisis, en correspondencia con zonas de pendiente pronunciada y condiciones geológicas favorables para la inestabilidad. Las tonalidades anaranjadas indican alta susceptibilidad y se encuentran dispersas en los sectores noroeste y en el extremo sureste del área de estudio. La coincidencia entre estas zonas y los eventos de deslizamiento inventariados, valida empíricamente la precisión del modelo predictivo aplicado (Guzzetti et al. 2006 y Reichenbach et al. 2018),(Figura 16).

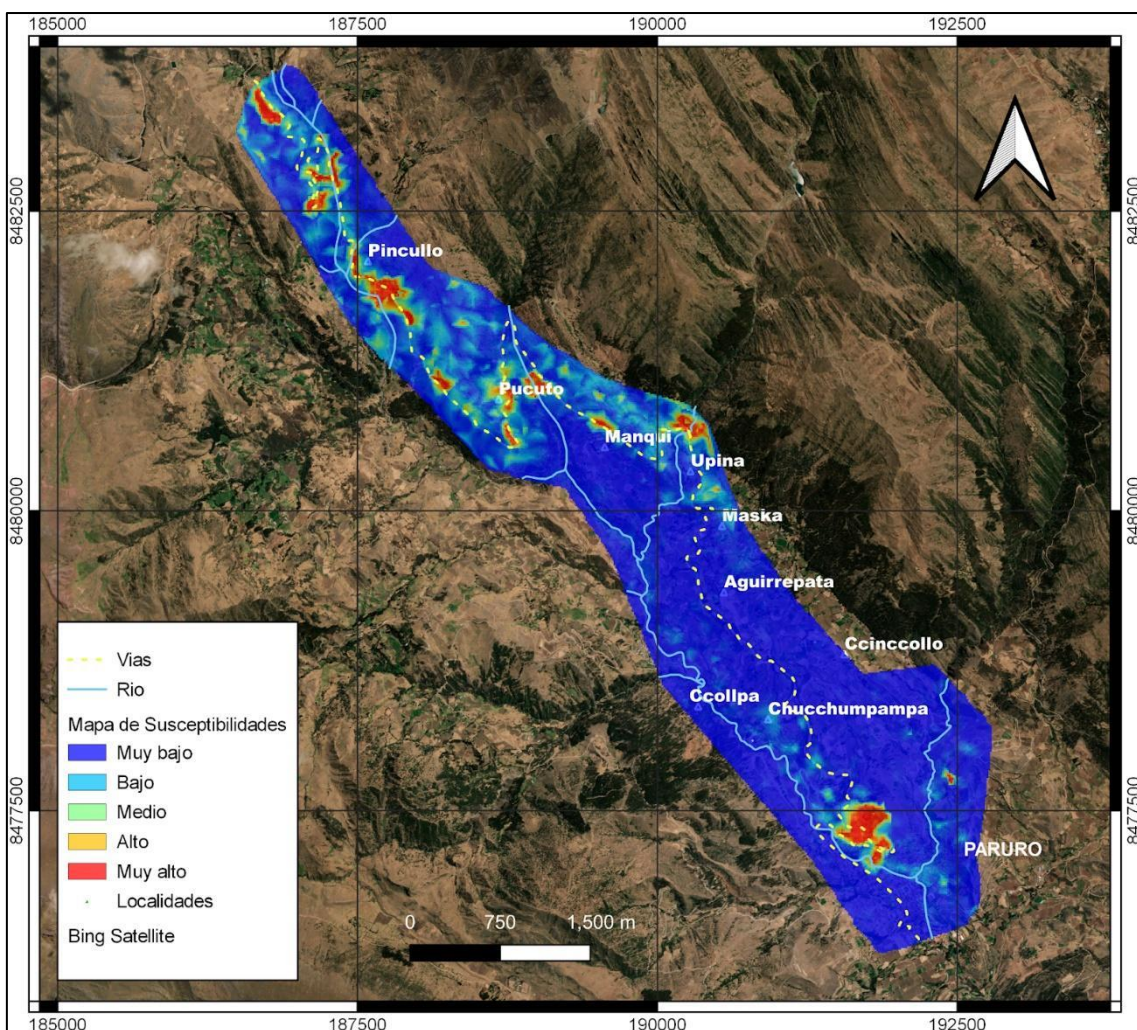


Figura 16.- Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa(algoritmo Random Forest) de la zona de estudio, vías principales (líneas punteadas amarillas), ríos (línea celeste) y localidades

Adicionalmente, se realizó la intersección espacial entre las áreas clasificadas como de alta y muy alta susceptibilidad, y el trazado vial, con el objetivo de identificar los tramos de carretera potencialmente expuestos a ser afectadas. Este análisis permitió cuantificar la longitud de vía que, debido a su ubicación dentro de zonas propensas a deslizamientos, presenta un nivel elevado de exposición a procesos de inestabilidad. Como resultado, se estimó que aproximadamente el 64% del total de la carretera comprendida en el área de estudio se encuentra en condición de potencial afectación; es decir, no necesariamente dañada, pero sí ubicada en sectores que presentan condiciones geológicas y geomorfológicas favorables para la ocurrencia de deslizamientos. La aplicación del modelo Random Forest permitió delimitar estas zonas con alta resolución espacial, generando así un producto importante para la priorización de zonas críticas y desarrollo de estrategias de mitigación de riesgos.

Del mapa de susceptibilidad y el análisis geomorfológico del área de estudio se determina que las unidades geomorfológicas como las laderas de las lomas, colinas y montañas son potencialmente susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes en la carretera CU-117.

4.- GEOLOGÍA

El análisis de la geología regional ha sido desarrollado en base a información geológica del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 2011) a escala 1: 50,000 Cuadrángulo Geológico de Cusco – hoja 28-s secciones III y IV, (Figura 17). La geología local se ha desarrollado mediante el reconocimiento in situ.

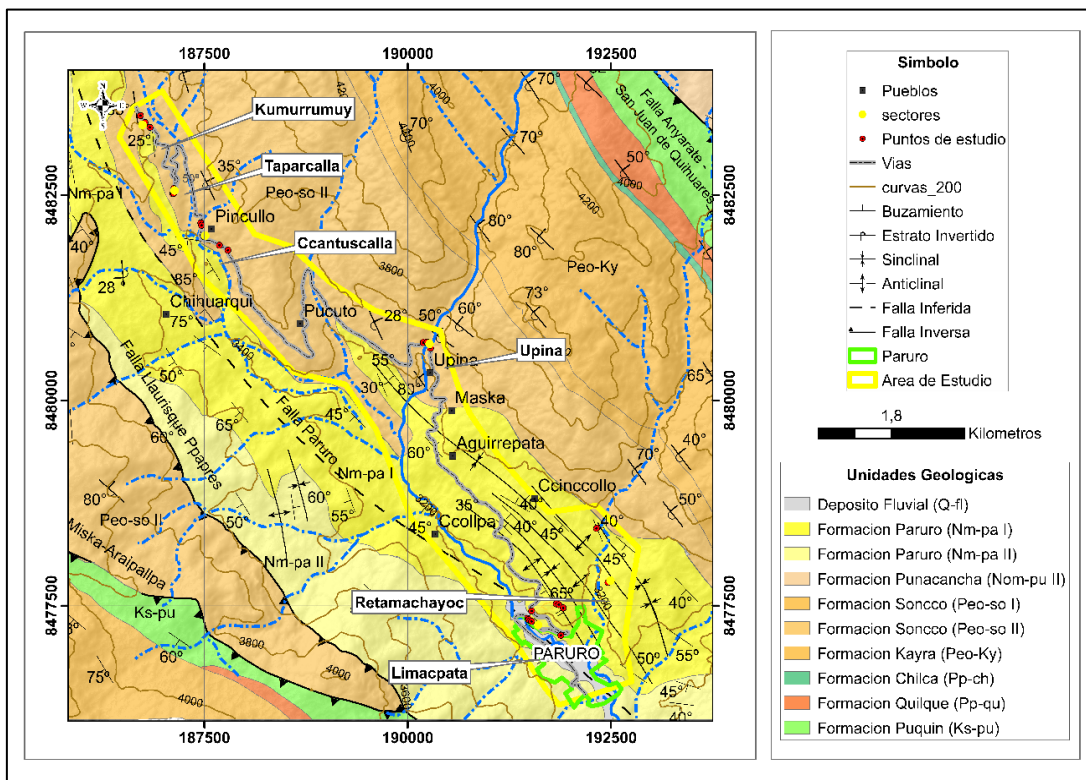


Figura 17: Geología regional en el área de estudio en Paruro.

La geología del área de estudio está representada por la Formación Soncco (Peo-so I y II) conformada por areniscas y conglomerados (cantos rodados soportados en matriz arenosa); además de lutitas con intercalación de areniscas altamente meteorizadas/erosionadas (fracturadas/diaclasadas). La Formación Paruro (Nm-pa I y II) está conformada por conglomerados fluviales (cantos rodados soportados en matriz arenosa) y lutitas intercaladas con limolitas lacustres, areniscas y depósitos coluviales conformados por

clastos angulosos con arenas, limos y arcillas, todos como productos de deslizamientos, caída de rocas, entre otros.

3.2.- Geología local

Se identificaron las principales unidades geológicas en los sectores de Kumurrumuy, Taparcalla, Ccantuscalla, Upina, Limacpata y Retamachayoc, que se describen a continuación, (Figuras 18 y 19):

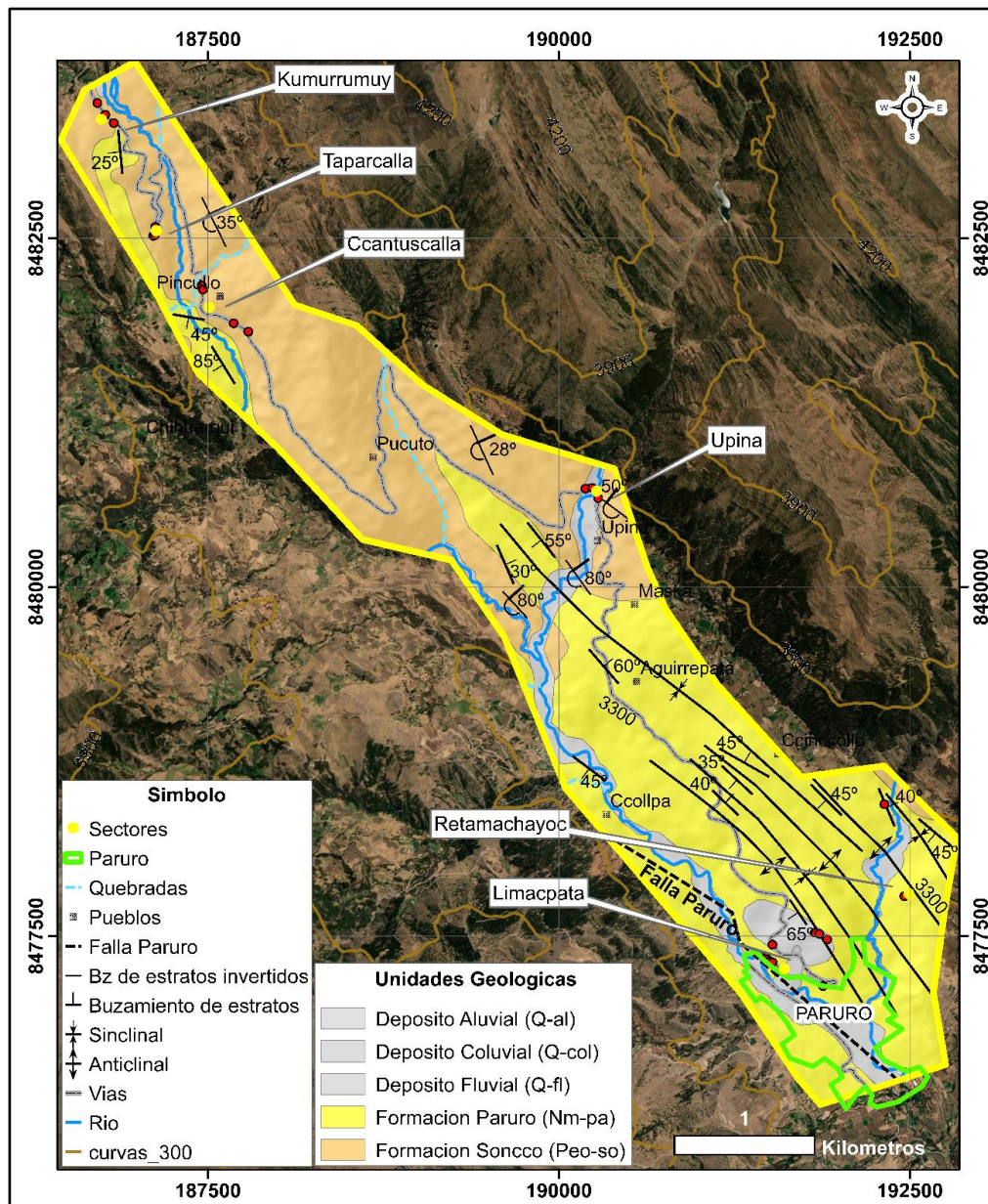


Figura 18.- Unidades geológicas del área de estudio

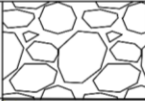



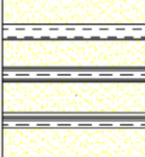
ERA	SISTEMA	ESPESOR	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS		
			Deposito	Formación	Descripción
CENOZOICO	CUATERNARIO	1-5 m	Deposito Coluvial (Q-co)		Compuesto por bloques y gravas angulosas a sub angulosas con matriz arenolimsa, no consolidados.
		1-3 m	Deposito Aluvial (Q-al)		Conformados por gravas con clastos redondeados a subredondeados soportados en arenas limo arcillosas.
		1-6 m	Deposito Fluvial (Q-fl)		Constituidas por bloques y gravas redondeadas a sub redondeadas en matriz limo arenosa.
	NEOGENO	365-700m	Fm. Paruro (Nm-pa)		Contituida por Areniscas poco consolidadas con intercalaciones de Lutitas y limolitas, en algunos sectores se presentan conglomerados aluviales.
	PALEOGENO	1000-2000 m	Fm. Soncco (Peo-so)		Constituidas por areniscas compactas intercaladas con lutitas y arcillitas, presentan alto fracturamiento.

Figura 19.- Unidades estratigráficas del área de estudio.

Formación Soncco (Peo-so): Unidad conformada por rocas del tipo areniscas intercaladas con lutitas de coloración rojiza, cubiertos por conglomerados fluviales y arenas

Formación Paruro (Nm-pa): Lo conforman rocas del tipo lutita y limolitas de origen lacustre, intercalados con areniscas y conglomerados fluviales; las rocas lutitas y areniscas presentan plegamientos (sinclinales y anticlinales).

Depósito fluvial (Q-fl): Conformado por arenas y gravas estratificadas, producto de la alteración, denudación y erosión de rocas preexistentes y se movilizaron por la dinámica fluvial (corrientes de río) y se depositan en el cauce de los ríos y terrazas, en el área de estudio estos depósitos se los reconoce en las terrazas adyacentes al lecho fluvial (río Paruro).

Depósito aluvial (Q-al): Son materiales producto de la alteración, denudación y erosión que se trasladaron por las corrientes de río y/o flujos

antiguos y se depositaron conformando terrazas altas, conformados por gravas soportados en arenas limo arcillosas.

Depósito coluvial (Q-al): Producto de la alteración (física) de la roca y desplazados pendientes abajo acumulados principalmente en la base de zonas de pendientes producto de derrumbes, deslizamientos, de forma subangulares, angulares y de tamaño heterogéneo. En el área de estudio estos depósitos se ubican en las partes bajas de las lomas, montañas y colinas.

En los sectores inspeccionados del área de estudio, se describen las unidades litológicas aflorantes a continuación:

Sector Kumurumuy: El sector Kumurumuy se ubica al norte de Paruro aproximadamente a 7.5 km, los afloramientos rocosos en este sector están conformados por rocas de la Formación Soncco (Pe-so) y Formación Paruro (Nm-pa) y se encuentran altamente fracturadas y diaclasadas, en este sector se identificaron derrumbes en la carretera Vía VU-117 Paruro (Figura 20).

Sector Taparcalla: Se identificaron afloramientos de materiales de la Formación Soncco altamente meteorizados formando arcillas que condicionan a la ocurrencia de deslizamientos (Figura 21).

Sector Ccantuscalla: Se identificaron rocas tipo areniscas intercaladas con lutitas de la formación Soncco y depósitos de cobertura, las rocas se presentan fracturadas y diaclasadas producto de la deformación andina regional. En este sector se evidenció la ocurrencia de deslizamiento y posterior a ellos generación de flujos de detritos (Figura 22).



Figura 20.- Areniscas altamente fracturadas que condicionan la caída de materiales a favor de la pendiente.



Figura 21.- Depósito de arcilla - arenosa de grano fino a medio, con matriz plástica, color rojizo en el Sector de Taparcalla.



Figura 22.- Areniscas altamente fracturadas que condicionan la generación de deslizamientos y flujos.

Sector Upina: Se evidencio la presencia de rocas de la Formación Soncco altamente fracturadas y diaclasadas cubiertas por clastos angulosos a sub angulosa soportados en arcillas arenosas y limos. Asimismo se identificaron depósitos fluviales (cantos rodados con arenas) en la parte baja producto de la actividad de la quebrada Racran. En este se identificaron la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes (Figura 23).

Sector Limacpata: Se identificaron arenas, limo arcillosas y conglomerados que forman parte de los depósitos aluviales y coluviales que sobre yacen a las areniscas y lutitas (Figura 24). En la parte baja del sector Limacpata se identificaron gravas y arenas depositadas a ambas márgenes del río Paruro y sobre el cauce que forman los depósitos fluviales en el área de estudio. Figura 25. En este sector se identificaron deslizamientos tipo rotaciones y traslacionales.



Figura 23.- Depósitos coluviales y roca tipo areniscas en el sector Upina.



Figura 24.- Depósitos aluviales que afloran en el sector Limacpata.

Sector Retamachayoc: Conformado por lutitas y limolitas y depósitos fluviales conformados por arenas limosa arcillosas y gravas en la zona de Cucuchiray y en la zona de Cara Cara se evidenció afloramiento de areniscas

altamente fracturadas y diaclasadas, estos últimos generando derrumbes (Figura 26).

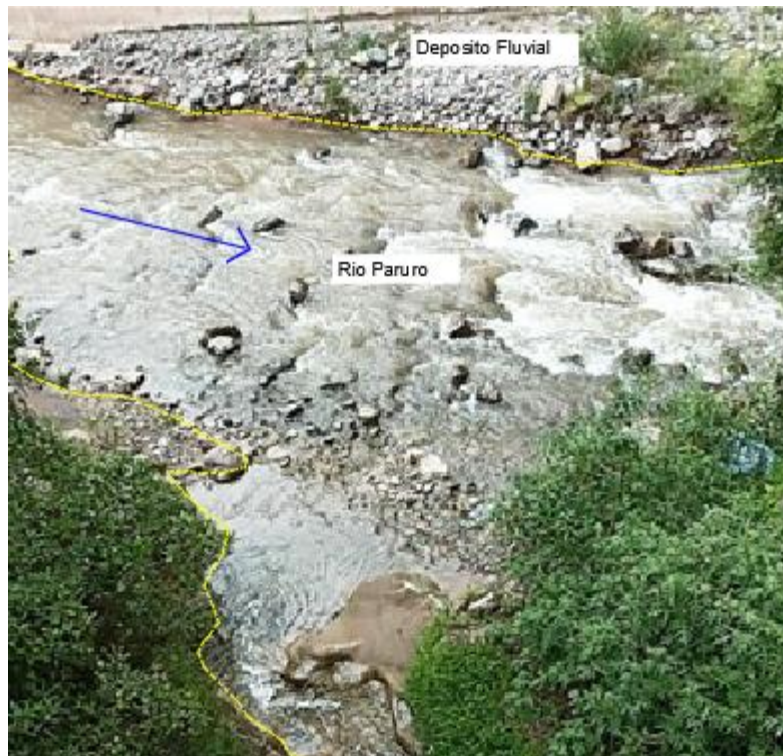


Figura 25.- Depósitos fluviales en el sector Limacpata formando terrazas en el área de estudio.

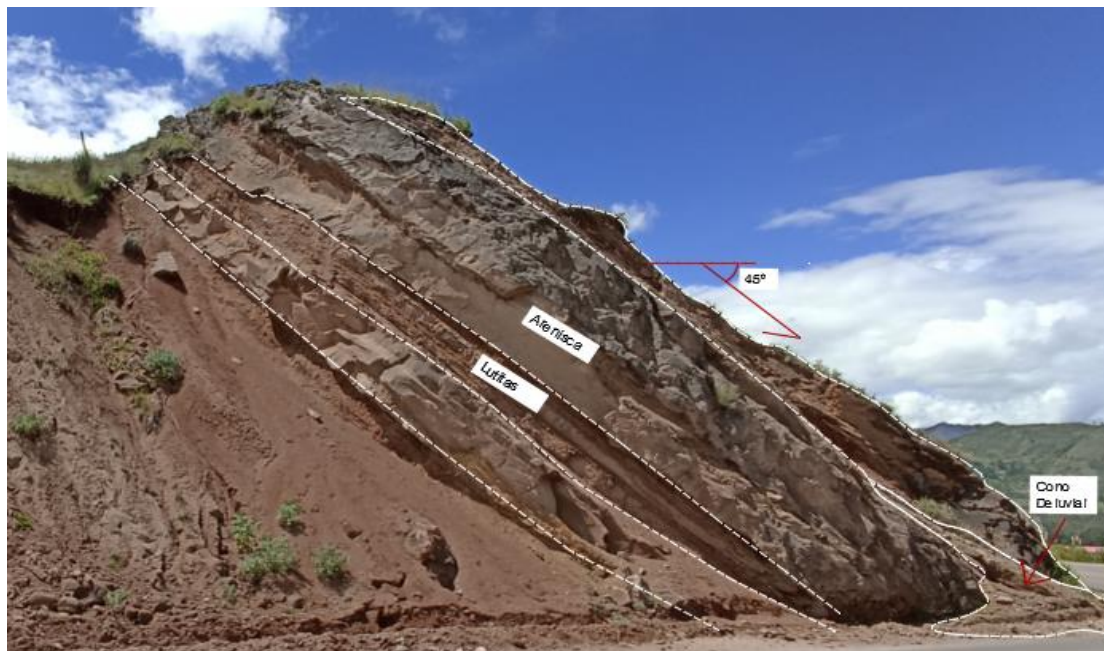


Figura 26.-Formación Paruro (lutitas y areniscas) que aflora en el área de estudio en el distrito de Paruro.

4.- GEODINÁMICA

Estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre producto de la interacción de procesos geodinámicos (internos y externos) que originan cambios físicos, químicos y/o morfológicos que alteran y modifican el relieve actual.

4.1.- Movimientos en masa

En el área de estudio que comprende la carretera Via-Cu 117, se identificaron la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos rotacionales y traslacionales. A continuación, se describen los principales eventos geodinámicos identificados:

Sector Kumurumuy

Derrumbes: Este tipo de movimientos en masas se ubica a mano derecha de la Quebrada Pampajalla, al sureste del centro poblado Ttoccoorumi y están asociados principalmente a zonas de mucho fracturamiento de roca y pendientes altas ($>45^\circ$). Se ha evidencian la presencia de bloques angulosos medianos a grandes, con diámetros de 2,5 a 3 m acumulados al pie del talud y compuestos por areniscas de grano medio y lutitas. La caída de estos materiales afecta la seguridad física de la carretera Vía Cu-117 y obstaculiza en tránsito vehicular al poblado de Paruro (Figuras 27 y 28).

Sector Taparcalla

En este sector se delimitó un movimiento en masa que corresponde a un deslizamiento del tipo rotacional, afectando suelos compuestos por arenas de grano medio y arcillas saturadas.

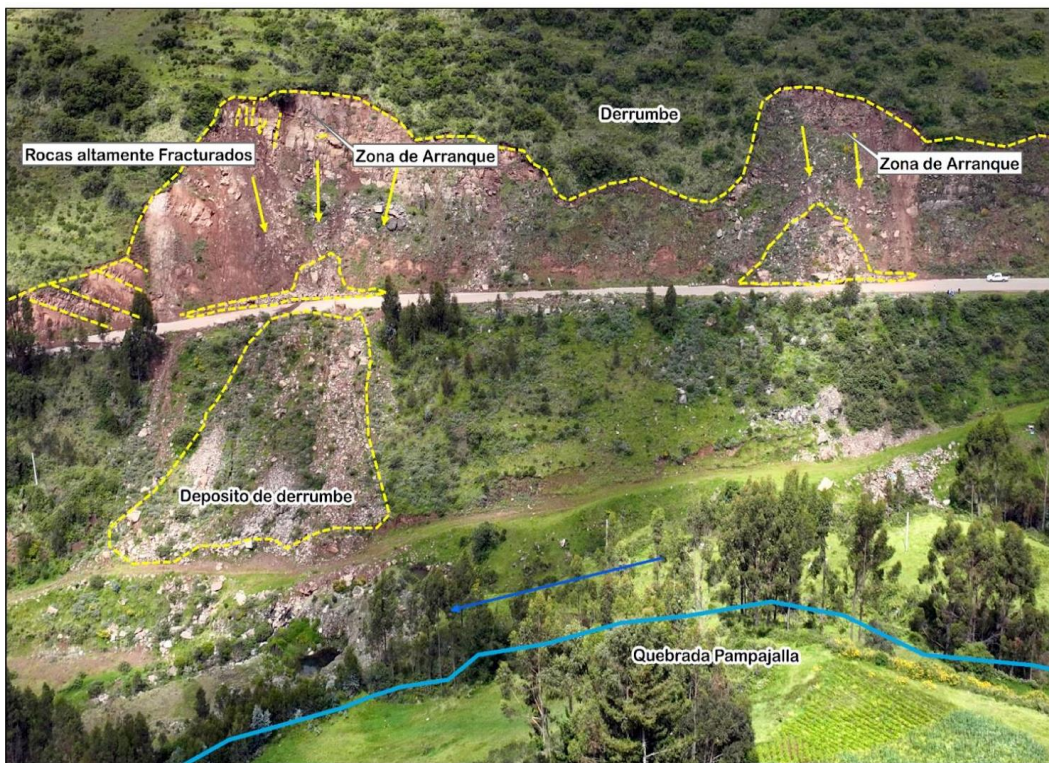


Figura 27.-Derrumbes identificados en el sector Kumurumuy .



Figura 28.-Derrumbes identificados en el sector Kumurumuy, la caída de materiales afecta la seguridad física de la carretera de la vía Cu-117 en Paruro

La escarpa principal presenta una forma irregular y alcanza una longitud de 97 m, el salto es de 7 m en la parte media y 2 m en los flancos derecho e izquierdo, el desnivel desde el escarpe principal hacia el pie del deslizamiento es de 30 m, el área afectada abarca aproximadamente 1566 m². En la base del talud el material desprendido se ha acumulado en forma de un cono de deyección de 12 m de ancho con fragmentos de roca que alcanzan diámetros de hasta 0.80 m, asimismo, es importante mencionar que a 2 m aproximadamente de la escarpa principal se encuentra un canal de drenaje en mal estado de conservación, que genera infiltración en el suelo y se determinó que fue la causa de la reactivación del movimiento en masa tipo deslizamiento rotacional, se han observado filtraciones de agua en el cuerpo del deslizamiento, (Figura 29).

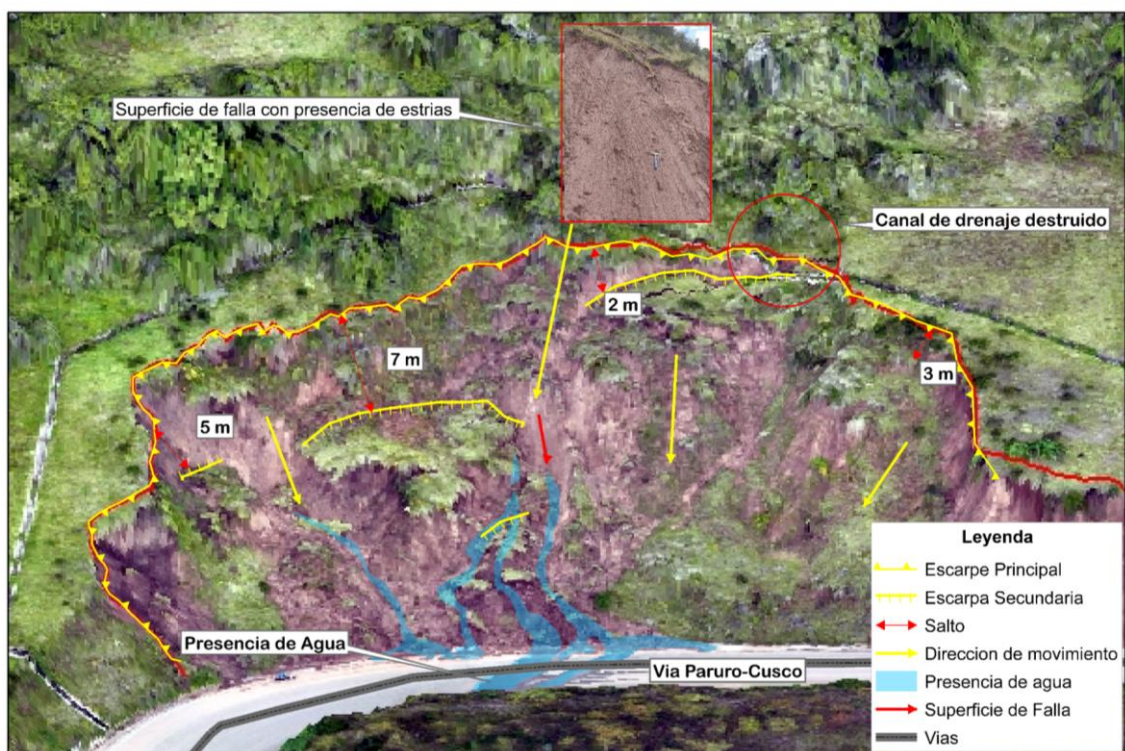


Figura 29.-Deslizamiento en el sector Taparcalla.

Sector Ccantuscalla

Al sur -este del centro poblado Tarpacalla a unos 550 m aproximadamente se ha identificado un movimiento complejo que combina mecanismos de deslizamiento rotacional y flujo de detritos desarrollándose en una ladera de muy fuerte pendiente, aproximadamente entre 25 a 45 °, está compuesto por rocas sedimentarias como areniscas, lutitas y arcillitas altamente fracturados y que están cubiertas por depósitos recientes (coluviales).

La zona alta del movimiento presenta una escarpa de arranque claramente definida con un avance retrogresivo de materiales poco consolidados, la zona intermedia está limitada en ambos flancos por capas de estratos consolidados que presentan un fracturamiento alto, en la zona baja, el material acumulado está compuesto por pequeños bloques angulosos y material fino con una matriz heterogénea, lo que sería un indicativo de un flujo de detritos posterior al deslizamiento. Este depósito ha sobrepasado la carretera principal Cusco -Paruro y ha ocupado parte del fondo de la Quebrada Pampajalla.

Este depósito ha sobrepasado la carretera principal Cusco -Paruro y ha ocupado parte del fondo de la Quebrada Pampajalla. La ocurrencia de este movimiento complejo está relacionado principalmente al escurrimiento superficial y subterráneo del agua identificado en el flanco derecho del deslizamiento, estratos inclinados y altamente fracturados, pendiente abrupto aproximadamente 60°. Adicionalmente, factores antrópicos como la actividad agrícola en las zonas altas y el deficiente manejo del drenaje superficial; estarían acelerando los procesos de reactivación de estos movimientos en masa (Figura 30).

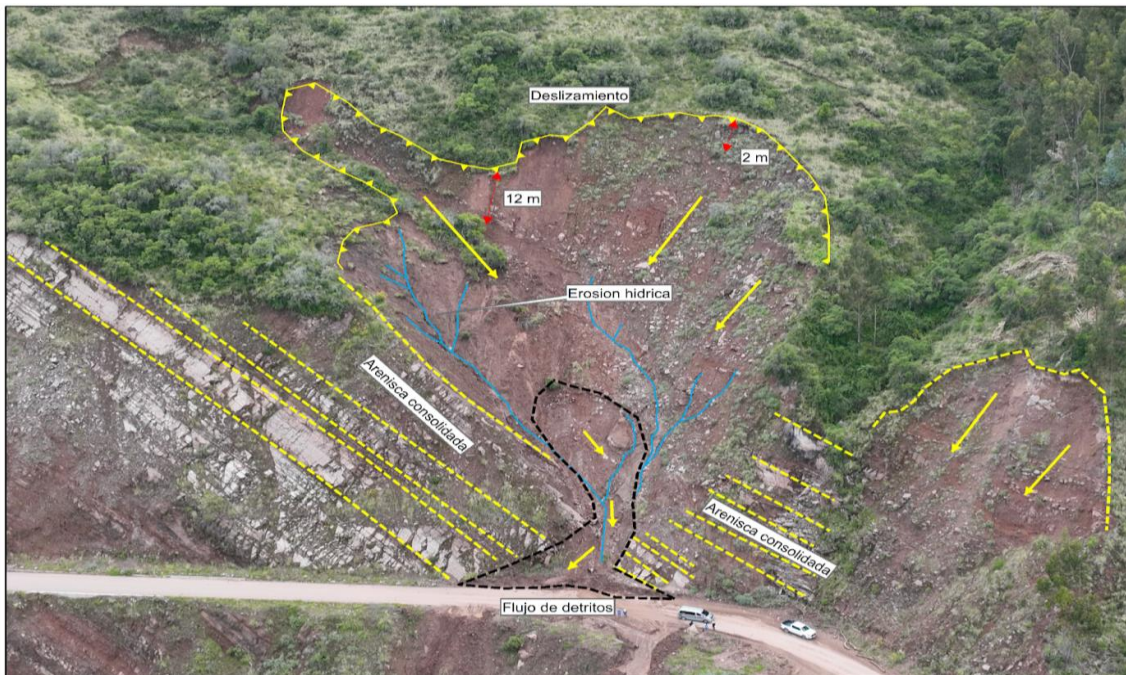


Figura 30.- Se delimitó la escarpa del deslizamiento línea amarilla en el sector Cantuscalla y ocurrencia de flujo de detritos en la parte media de la ladera (línea negra) y derrumbe (línea interlineada amarilla).

Sector Upina

Este sector se ubica a 3.8 km de distancia hacia el nor-oeste del distrito de Paruro, muy cerca al puente Upina en el cual se identificó la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.

Deslizamiento Puente Upina: El deslizamiento identificado en el sector del Puente Upina, es del tipo rotacional y está compuesto principalmente por rocas sedimentarias altamente fracturadas y meteorizadas. La escarpa principal cuenta con una longitud de 48 m, un salto vertical de 10 m y un desnivel del escarpe principal al pie del deslizamiento de 75 metros. La superficie afectada alcanza un área estimada de 1790 m², el material suelto se ha deslizado sobre el afloramiento de roca debido a una pendiente abrupta de 50 ° aproximadamente y suelo muy saturado, (Figura 31)

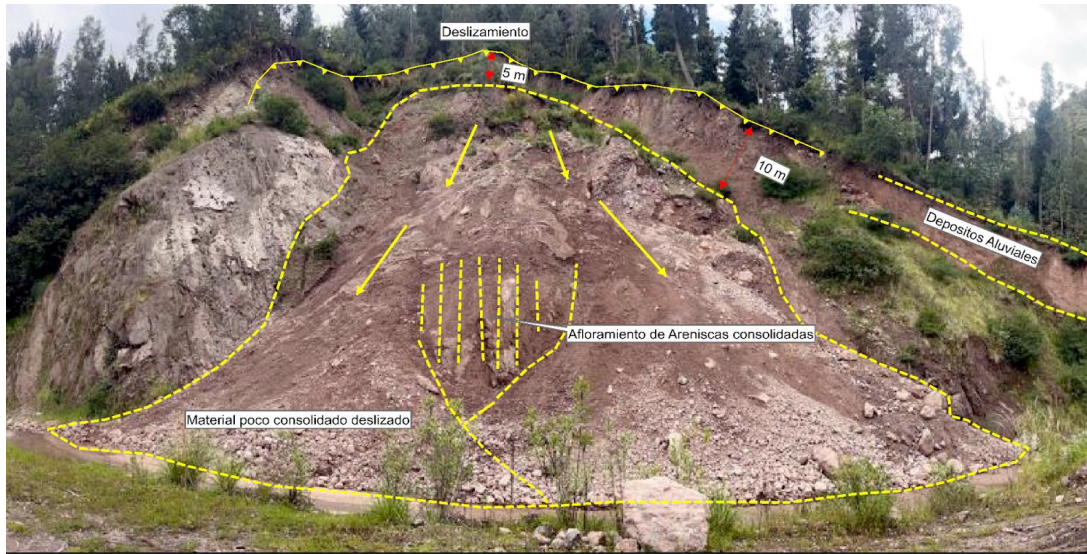


Figura 31.- Deslizamiento en el sector Upina.

Sector Limacpata

En este sector se han delimitado varios deslizamientos, a continuación, se describen los 2 eventos reactivados (Figura 32).

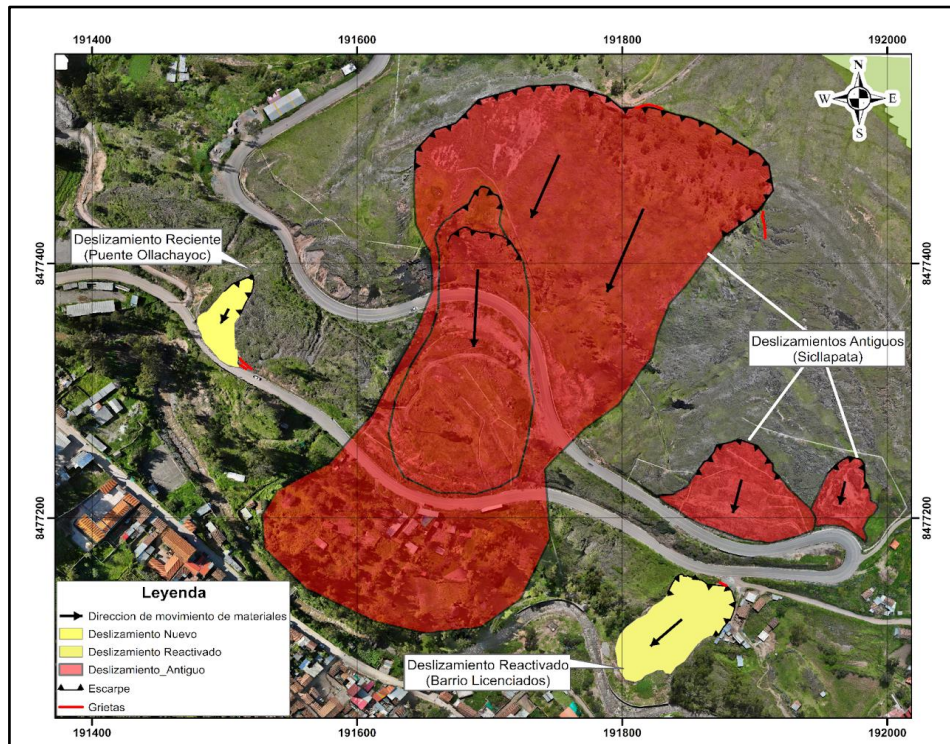


Figura 32.- Deslizamientos en el sector Limacpata.

Deslizamiento (traslacional) Puente Ollachayoc: Se encuentra ubicado al ingreso del distrito de Paruro, muy cerca al Puente Ollachayoc, corresponde a un deslizamiento del tipo traslacional y se ha originado en una ladera de pendiente abrupta $> 45^\circ$. El material desplazado corresponde principalmente a depósitos aluviales compuestos por gravas, arenas y limos, poco consolidados. Estos depósitos descansan sobre una base de arenisca más consolidada, de color rojizo, que constituye el sustrato resistente. En la Figura 33 se muestra claramente el contacto entre ambos materiales, donde se identifica una superficie de falla inclinada hacia la carretera, caracterizada por la presencia de un estrato arcilloso que actúa como plano de debilidad.



Figura 33.- Deslizamiento (29 de marzo, 2025) en el sector Limacpata-puente Ollayachoc.

Finalmente, el escarpe principal presenta una forma irregular con una longitud de 60 m y un salto vertical de aproximadamente 10 a 12 m y un desnivel desde la escarpa principal hasta el pie del deslizamiento de 40 m, la superficie afectada tiene un área de 1364m^2

Deslizamiento (rotacional) Licenciados: este evento se ubica al ingreso del distrito de Paruro, corresponde a un deslizamiento del tipo rotacional retrogresivo, presenta una escarpa principal de aproximadamente 55 metros con un salto vertical de 4 m. Sobre la corona del deslizamiento se observan grietas tensionales con una longitud de 15 m, profundidad de 1.10 m y apertura de 0,60m.

El área total afectada por el deslizamiento es de aproximadamente 5013 m², que compromete la vía principal de acceso hacia el distrito de Paruro, la cual se encuentra a tan solo 5 m de distancia de la escarpa principal. Cabe resaltar que existen viviendas que se encuentran muy cerca al borde de la escarpa. La masa deslizada corresponde a un depósito de material excedente (DME) producto del corte de la carretera, este material es de baja cohesión y una compactación deficiente; estas propiedades lo hacen altamente susceptible a la inestabilidad, sobre el talud se observan restos de malla de geotextil, colocadas probablemente como medida de protección superficial (Figura 34); el factor desencadenante se le atribuye a factores antrópicos.

Sector Retamachayoc

Se ubica a 1 km al Este del poblado de Paruro, presenta la ocurrencia de movimientos en masa tipo deslizamientos y derrumbes en Cucuchiray y Cara Cara (Figura 35).

Deslizamiento Cucuchiray: Este evento se ubicada en la comunidad de Cucuchiray y es del tipo rotacional, presenta una escarpa de forma semicircular, la pendiente del terreno es fuerte entre 15 a 25 grados, el área de acumulación presenta poca movilización, sobre la corona de la escarpa principal se ha identificado grietas de 3 metros de longitud, 0.05 m de apertura y 0.40 m de profundidad.

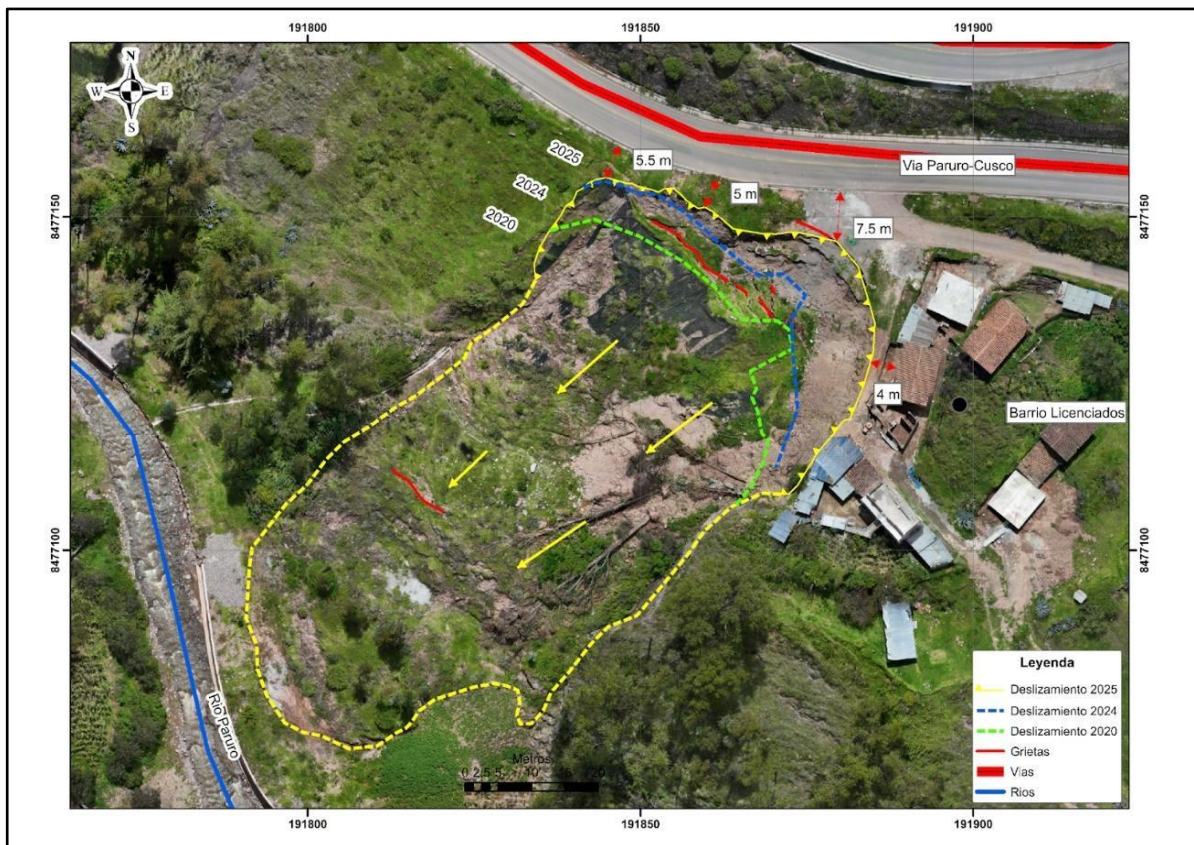


Figura 34.- Deslizamiento producido sobre materiales del DME en Licenciados 2, Limacpata.

El material está compuesto principalmente por limos y arcillas, asimismo se ha podido identificar la presencia de agua sobre el cuerpo del deslizamiento (Figura 36).

Derrumbe Cara Cara: Se encuentra ubicado en el Sector de Cara Cara, el material está compuesto por un depósito coluvial, constituido por fragmentos de roca subangular, bloques de diferente tamaño y una matriz de suelo arenoso.

El material desplazado se ha acumulado en la base del talud sepultando la infraestructura de captación de agua existente en la zona (Figura 37).

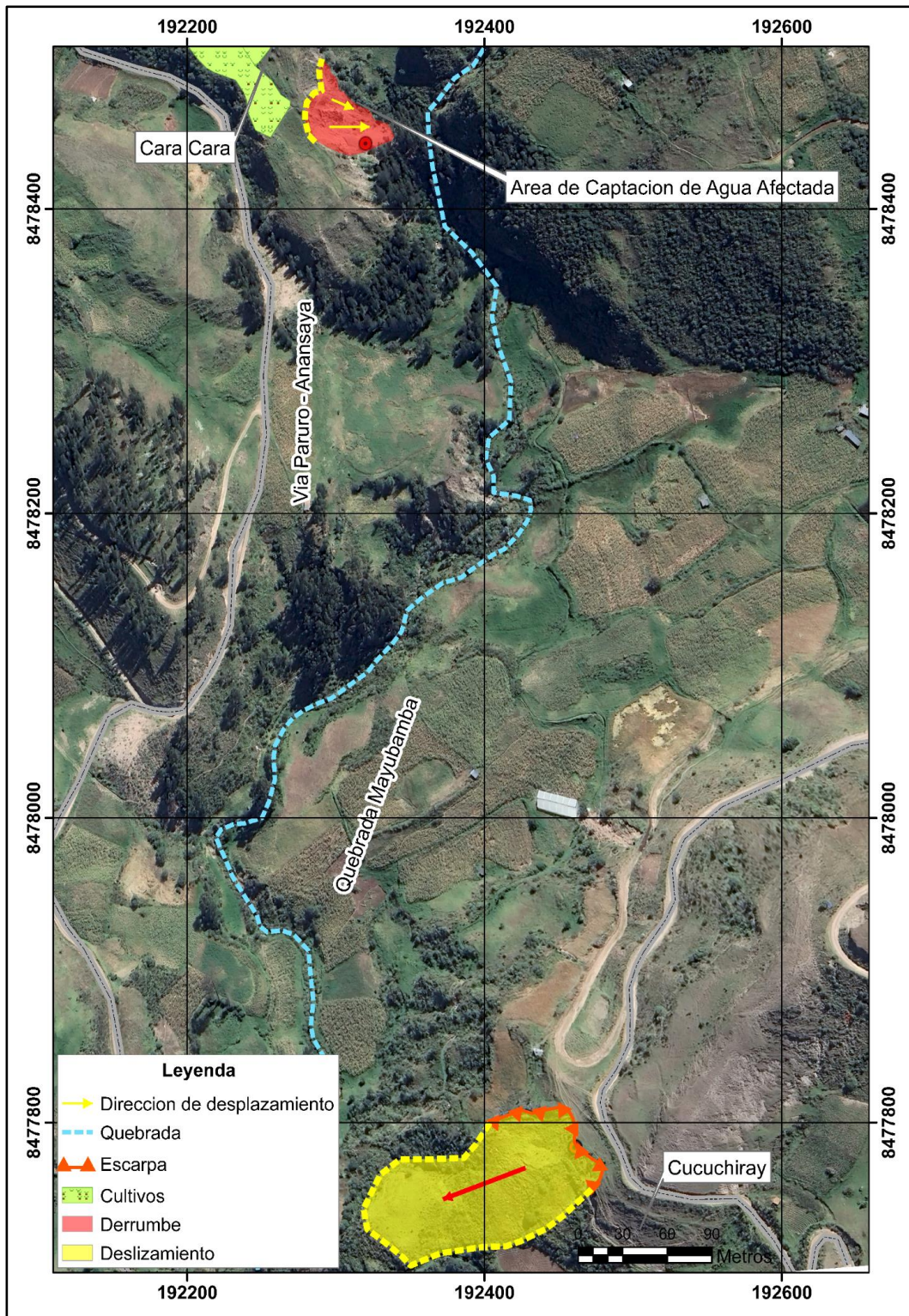


Figura 35.- Movimientos en masa en el sector de Retamachayoc-Paruro.

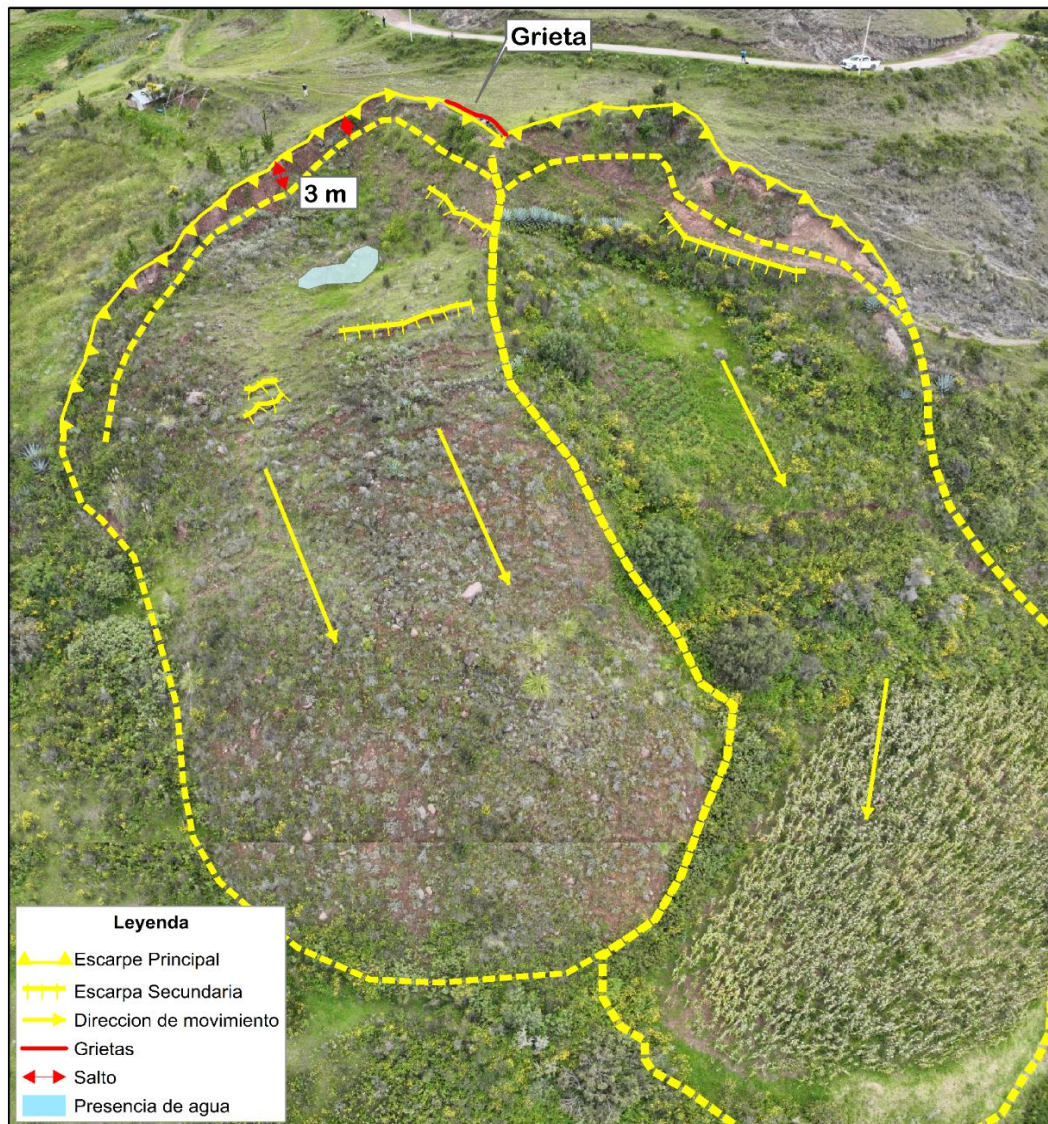


Figura 36.- Deslizamiento tipo rotacional en el sector de Cucuchiray.

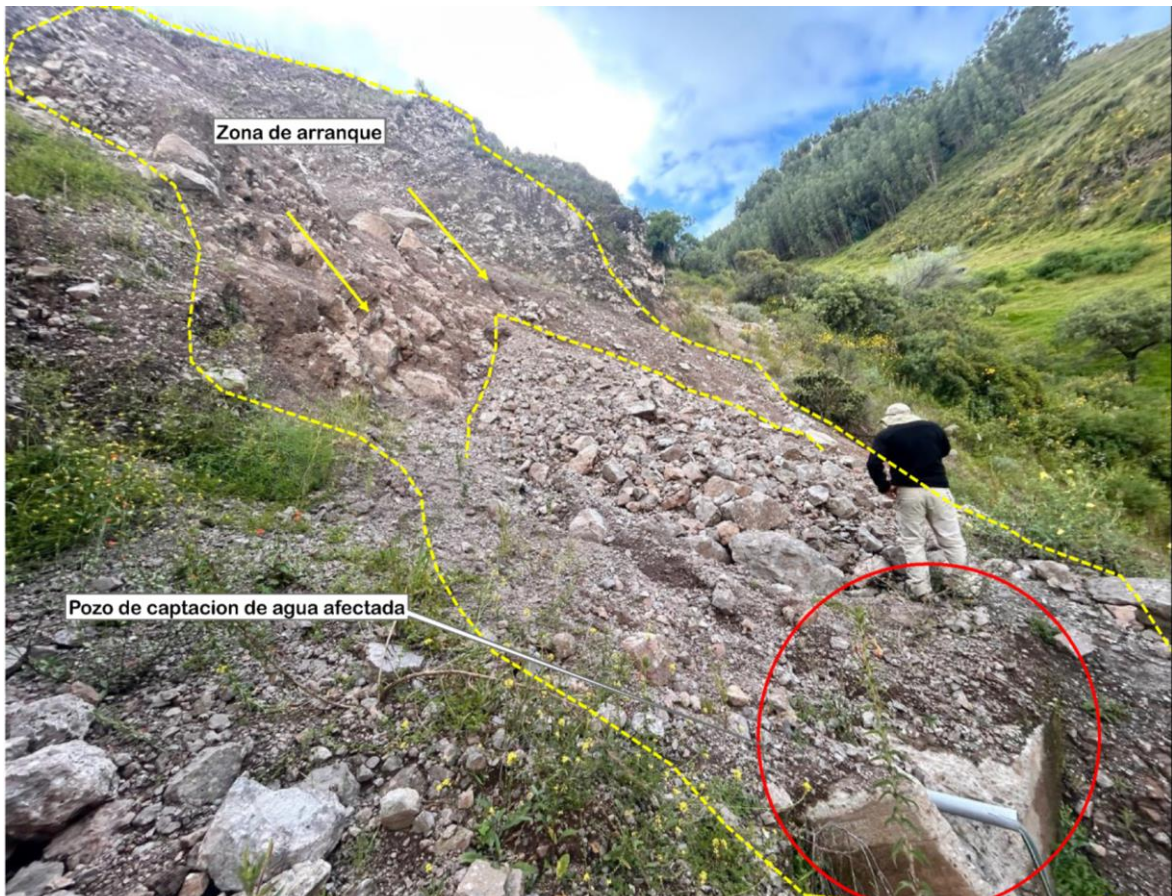


Figura 37.- Derrumbe en el sector Cara Cara, la reactivación del mismo puede afectar la infraestructura física de las captaciones de agua para el distrito de Paruro.

CONCLUSIONES

- El área de estudio comprende los sectores de Kumurrumuy, Taparcalla, Ccantuscalte, Upina, Limacpata y Retamachayoc, cuyas laderas presentan inestabilidad por lo que se generan movimientos en masa tipo deslizamientos y derrumbes. Los materiales productos de los eventos antes descritos se depositan en la carretera asfaltada CU-117, por lo que afectan la seguridad física de la misma e interrumpiendo el paso al poblado de Paruro y distritos aledaños.
- El relieve del área de estudio está representado por colinas y montañas de pendiente medias a altas (25° y $> 45^\circ$ de inclinación), lo que condiciona a la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos. Asimismo, el análisis de susceptibilidad da como resultado susceptibilidad alta ante movimientos en masa en las geoformas antes descritas.
- El área de estudio está conformada por rocas tipo areniscas que se evidencian en las laderas de lomas, montañas y colinas y se encuentran altamente meteorizadas (fracturadas y diaclasadas) producto de la Tectónica Andina Regional (esfuerzos de la dinámica interna de la tierra). Asimismo, se identificaron depósitos cuaternarios de origen coluvial y aluvial.
- El sector Limacpata presenta laderas inestables, evidencia de ello son los movimientos en masa identificados en años anteriores en el 2018. En la actualidad en el barrio Licenciados se ha reactivado un deslizamiento rotacional próximo a la carretera Cusco-Paruro, cuyas evidencias son nuevos agrietamientos (15 m longitud, profundidad de 1.10 m y apertura de 0,60m) ubicados en la parte superior del evento, así mismo, se ha reactivado un nuevo deslizamiento tipo traslacional en la zona de Ollachayoc.

- El sector Puente Upina, ubicado al noroeste del distrito de Paruro, presenta laderas activamente inestables, evidencia de ello son los deslizamientos del tipo rotacional identificados en 2019. En la actualidad se ha reactivado el evento que se desarrolla sobre rocas sedimentarias fracturadas (areniscas) en pendientes abruptas (>45%). Desde lo ocurrido en el 2019 a lo ocurrido en el 2025 se ha observado un cambio en la morfología y dimensiones del movimiento, de un escarpe semicircular de 40 m de longitud y 60 m de desnivel, se ha incrementado a un escarpe de 48 m, 10 m de salto vertical y 75 m de desnivel, afectando un área estimada de 1790m².

- En el sector Cucuchiray, se ha identificado deslizamientos que se iniciaron en el año 2018 y actualmente en el 2025, el IGP ha evidenciado la presencia de actividad inestable del deslizamiento. Aunque ambos eventos en diferentes tiempos comparten características similares en cuanto a tipo de movimiento y condiciones saturadas del terreno. El evento más reciente muestra una evolución crítica en la parte superior del talud, donde se han identificado grietas tensionales activas de hasta 3 m de longitud, 0.05 m de apertura y 0.40 m de profundidad, ubicadas sobre la corona de la escarpa. Estas grietas nos indican una progresiva pérdida de estabilidad en la zona alta del deslizamiento. La presencia de limos y arcillas saturadas, junto con la apertura de nuevas grietas, sugiere condiciones favorables para una reactivación del deslizamiento, con riesgo potencial de afectar áreas productivas y la carretera situada a 13 m de la escarpa principal.

RECOMENDACIONES

- Mantenimiento y mejora de drenajes pluviales (revestimiento con material impermeable que evite la infiltración de agua en zonas inestables) en los sectores de Upina y Taparcalla.
- Estudios de ingeniería de detalle para configurar los cortes de taludes (ángulos de taludes estables) en los sectores de Ccantuscalla y Kumurrumuy (zona de derrumbes) y considerar estructuras que contengan el material y/o implantación de coberturas vegetales estabilizadoras.
- Implementación de sistema de monitoreo (Sistema Global de Navegación por Satélite -GNSS) en el sector Limacpata (Barrio Licenciados) debido a que la activación de este podría afectar a las viviendas aledañas a esta zona y/o producir la obturación del Río Paruro.
- Realizar el análisis de estabilidad de los taludes en las inmediaciones del sector Limacpata, para lo cual se deben realizar estudios de suelos, topografía y geofísica, que permitan definir zonas con potencial a deslizarse.
- Realizar la Evaluación de Gestión de Riesgo de Desastres (EVAR) por ocurrencia de deslizamientos en Paruro e identificar las zonas susceptibles a ser afectadas por ocurrencia de estos, y determinar el nivel de riesgo a la que está expuesta la población y en base a ello ejecutar las medidas de mitigación respectivas.

BIBLIOGRAFÍA

Gómez, D. (2018)- Informe técnico N° A6801 "Deslizamiento en el sector Sillacpata, región Cusco, provincia Paruro distrito Paruro paraje Albazo Toccana" INGEMMET

Dávila, J. (2011). Diccionario geológico, INGEMMET

INGEMMET (2023)-Informe técnico N° A7391 "Evaluación de peligros geológicos por deslizamientos y derrumbes en el sector Retamachayoc de la comunidad de Cucuchiray" INGEMMET

INGEMMET (2019) informe técnico N° A6967 "Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en los sectores puente Upina y 40 curvas"

