

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7320

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR UNUPITE DE LAS COMUNIDADES SUTEC Y CUCUCHIRAY

Departamento Cusco
Provincia Paruro
Distrito Paruro



NOVIEMBRE
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR UNUPITE DE LAS COMUNIDADES SUTEC Y CUCUCHIRAY

(Distrito de Paruro, provincia La Paruro y departamento Cusco)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Gael Araujo Huamán

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por deslizamientos en el sector Unupite de las comunidades de Sutec y Cucuchiray. Distrito de Paruro, provincia Paruro y departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7320, 25p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	3
1.3.1. Ubicación	3
1.3.2. Accesibilidad	4
1.3.3. Clima	4
2. DEFINICIONES	5
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
3.1. Unidades litoestratigráficas	6
3.1.1. Formación Soncco	6
3.1.2. Formación Paruro	6
3.1.3. Depósitos coluviodeluviales	7
3.1.4. Depósitos coluviales	8
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
4.1. Pendientes del terreno	9
4.2. Unidades geomorfológicas	9
4.2.1. Unidad de montañas	9
4.2.2. Unidad de piedemonte	9
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	10
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa del sector Unupite	10
5.1.1. Factores condicionantes	15
5.1.2. Factores detonantes o desencadenantes	16
RECOMENDACIONES	18
ANEXO 1: MAPAS	20
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	24

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamientos y derrumbes, en el sector Unupite perteneciente a las comunidades de Sutec y Cucuchiray, en la jurisdicción distrital y provincial de Paruro, departamento Cusco. 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.

Se presenta conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas, que se encuentran muy fracturados y altamente meteorizados (Formación Paruro Miembro I), se encuentran cubiertos por depósitos coluviodeluviales poco consolidados. Estos últimos están conformados gravas angulosas a sub angulosos (40%), en matriz arena-limo-arcillosa (60%).

Las unidades geomorfológicas pertenecen a montaña estructural en roca sedimentaria, sobre ella se tiene una vertiente de deslizamientos; las laderas presentan pendientes moderadas a fuerte (5°- 25°).

El sector Unupite se encuentra sobre el cuerpo de un deslizamiento antiguo que está en proceso de reactivación como deslizamiento rotacional. El evento principal presenta una escarpa con altura de 3 m, con longitud de 170 m; la distancia de la cabecera al pie del deslizamiento es 310 m. En el cuerpo del deslizamiento se presentan grietas tensionales dispuestas longitudinalmente y transversalmente con aperturas de hasta 50 cm y profundidades de 1 m, con longitudes hasta 200 m.

El evento afectó 3 viviendas, 8 galpones de cuyes, 6 fitotoldos, 7 ha de terrenos de cultivo (de 25 familias) y sistema de riego para la comunidad campesina de Sutec y del colegio Hermanos Ayar.

Se concluye que el sector Unupite, es considerado de **peligro muy alto** por deslizamientos, que pueden ser desencadenados por lluvias intensas y/o prolongadas y por eventos sísmicos (presencia de fallas neotectónicas próximas).

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes; tales como realizar zanjas de coronación y drenaje en forma de espina de pescado impermeabilizado, forestación de los cuerpos de los eventos, entre otros.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Provincial de Paruro, según Oficios N° 143-2022-MPP/A y N°0217-2022-MPP/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos en el sector Unupite perteneciente a las comunidades de Sutec y Cucuchiray por encontrarse en peligro ante “deslizamientos”. La reactivación del deslizamiento afectó 3 viviendas, fitotoldos, galpones de crianza de cuyes, sistemas de transporte de agua para riego y áreas de producción de maíz, trigo, papa y frutales.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al Ing. David Prudencio Mendoza y Mag. Gael Araujo Huamán, realizar la evaluación de peligros geológicos. En los trabajos de campo se contó con la jefa de la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial de Paruro; Ing. Nohelia Zaire, quien comentó los hechos ocurridos. El trabajo de campo se realizó el día 20 de abril del 2022.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías terrestres), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Provincial de Paruro y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presenta en el sector de Unupite.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación necesarias a fin de prevenir o reducir los riesgos presentes o la generación de nuevos

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el distrito de Paruro, se tienen:

- A) Según el boletín N° 74, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro geológico en la región Cusco” (Vílchez et al., 2020); el estudio realiza un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa como flujos de detritos, deslizamientos, caídas y erosión fluvial, donde el sector Unupite presenta muy alta susceptibilidad. 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.

- B) En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cusco (28-s)”, escala 1: 50 000 (Carlotto et al., 2011); describe la información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía (Formación Paruro - Miembro 1) y la geología estructural del área de dichos cuadrángulos.
- C) Según el boletín “Neotectónica y peligro sísmico en la región Cusco” Benavente (2013) describe la falla Rondocan, como parte del Sistema de Fallas Casacunca-Acomayo-Langui-Layo, de edad Pleistocena, presenta una dirección promedio N130°E, un movimiento de tipo Normal y recurrencia de sismos con profundidades menores a 30 km en los últimos años.

Esta falla limita al Grupo San Jerónimo de la Formación Paruro y se encuentra muy próxima al sector Retamachayoc.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Unupite se encuentra entre las comunidades de Sutec y Cucuchiray, al noroeste del centro poblado de Paruro (capital de la provincia) y a 1.5 km de distancia por la carretera Paruro – Sutec - relleno sanitario de Paruro. Además, hidrográficamente las aguas de escorrentía del sector se vierten a la margen derecha de la quebrada Mayllora y luego por la margen izquierda al río Paruro. Políticamente se encuentra dentro del distrito y provincia de Paruro, departamento de Cusco. (figura 1), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 19S) son (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	192588	8476716	-13.762576°	-71.842713°
2	192588	8477742	-13.753310°	-71.842601°
3	193381	8477742	-13.753395°	-71.835275°
4	193381	8476716	-13.762661°	-71.835387°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
C	193032	8477114	-13.759029°	-71.838568°

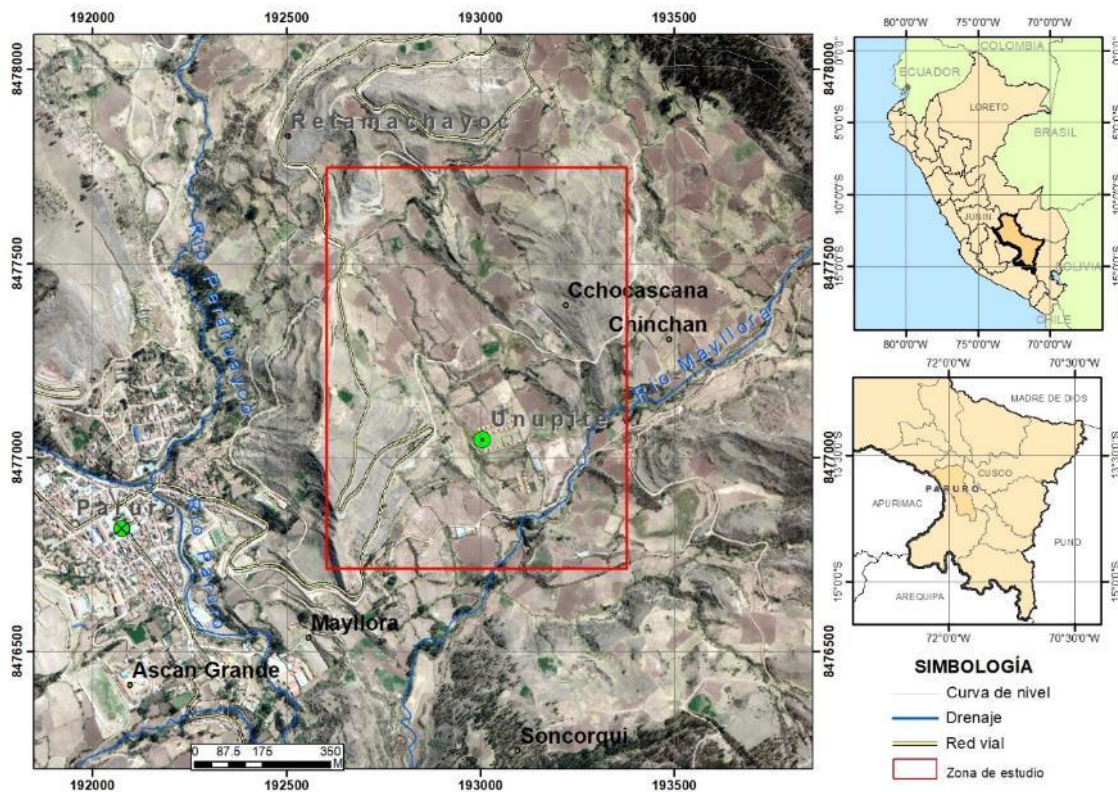


Figura 1. Ubicación del sector Unupite entre las comunidades de Sutech y Cucuchiray

1.3.2. Accesibilidad

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde la ciudad del Cusco, mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Paruro	Asfaltada	64	1 h 37 min
Paruro – sector Unupite	Carretera afirmada	1.5	5 min

1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, se puede observar que el sector Unupite tiene un clima semiseco, templado y con invierno seco.

Presenta una frecuencia de precipitación entre los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 300 mm a 700 mm, además, en los meses de junio a setiembre presenta temperaturas máximas que oscilan entre 15°C a 21°C y mínimas entre 7°C y 11°C, con humedad atmosférica relativa de inviernos secos.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices Climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

2. DEFINICIONES

Se describen algunas definiciones usadas en el informe:

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 Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando. Se le conoce también como desprendimiento de rocas, suelos y/o derrumbes.

Deslizamientos: Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. 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).

Escarpa: 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 deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Flujos: Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea deslizamiento o una caída. Los flujos pueden ser canalizados (huaicos) y no canalizados (avalanchas).

Formación geológica: Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

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

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.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: Es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la

propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Susceptibilidad: Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base a la Carta Geológica Nacional "Geología del cuadrángulo de Cusco" hoja: 28-s, a escala 1:50 000 (Carlotto *et al.*, 2011), donde se aprecian principalmente unidades litoestratigráficas de naturaleza sedimentaria, cubiertos por depósitos cuaternarios. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona inspeccionada y alrededores corresponden a afloramientos de rocas sedimentarias de las formaciones Paruro y Soncco del Grupo San Jerónimo, además localmente se aprecian depósitos fluviales, deluvio-coluviales y coluviales que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo 1 - Mapa 1).

3.1.1. Formación Soncco

Aflora ampliamente al noreste de la zona de estudio, en la parte alta de los cerros, se puede apreciar el Miembro II, compuesto por areniscas de clastos blandos y conglomerados con clastos volcánicos, de edad Eoceno Superior, se presentan medianamente a muy fracturadas y altamente meteorizado.

3.1.2. Formación Paruro

Esta formación se divide en dos miembros:

El Miembro I aflora en la margen izquierda del río Paruro y al norte del centro poblado del mismo nombre. Sobreyace a la Formación Soncco, tiene un espesor de 365 a 700 m y está compuesto por lutitas y limolitas lacustres, areniscas fluviales y algunos conglomerados fluviales; en la zona de estudio se aprecian las areniscas y conglomerados los cuales se presentan muy fracturados y altamente meteorizados (figura 2).



Figura 2: Escarpa del deslizamiento, se aprecia lutitas y limolitas de la Formación Paruro Miembro I.

El Miembro II aflora en la margen derecha del río Paruro y al sur del centro poblado del mismo nombre. Tiene un espesor de 800 a 1000 m, compuesto casi exclusivamente por conglomerados de conos aluviales que constituyen una secuencia grano-estrato creciente (Jaimes et al., 1996).

3.1.3. Depósitos coluviodeluviales

Son depósitos poco consolidados que se encuentran adosados en las laderas de la quebrada Mayllora y riachuelos afluentes. Compuestas por gravas angulosas a sub angulosas (40%) con matriz areno-limo-arcilla (60%).

Los materiales fueron originados por materiales removidos de deslizamientos, que se desplazaron pendiente abajo por acción de la gravedad y aguas de escorrentía. (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales 1) (figura 3).



Figura 3: Se aprecian depósitos coluviodeluvial, dejado por el deslizamiento. Sector donde se encontraban los fitotoldos.

3.1.4. Depósitos coluviales

Son depósitos de materiales deslizados que se encuentran adosados en las laderas de la quebrada Mayllora, se aprecian ampliamente en la zona evaluada, están compuestos por gravas angulosas a sub angulosas con arenas, limos y arcillas, se encuentran poco compactos y susceptibles a generar nuevos movimientos en masa (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales 2).

Tectónica

Cerca de la zona evaluada se aprecia el sistema de fallas activas, del sistema Yuarisque - Papres – Paruro, como también se tienen pliegues que pasan por el mismo deslizamiento (Carlotto et al., 2011).

Además, junto a la zona evaluada Benavente (2013) describió la falla neotectónica Rondocan, pertenece al Sistema de fallas Casacunca-Acomayo-Langui-Layo, con una edad Pleistocena.

Esta falla limita al Grupo San Jerónimo con la Formación Paruro, presenta dirección promedio N130° y tiene movimiento de tipo normal con recurrencia de sismos con profundidades menores a 30 km en los últimos años. Generando mayor peligrosidad a movimientos en masa.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de peligros por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Se presenta el mapa de pendientes (Anexo 1 - Mapa 2), el cual se realizó con ayuda de un modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución; tomada del satélite Alos Palsar (USGS).

En la zona evaluada, el cuerpo del deslizamiento, su corona y zonas aledañas presentan terrenos con pendientes moderadas (5°- 15°) a fuerte (15°- 25°), siendo un factor condicionante a los deslizamientos.

En el área circundante se tiene afloramientos rocosos, que presentan laderas con pendientes muy fuertes (25°- 45°).

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se realizó la complementación y actualización del mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 elaborado por Vílchez (2020). Además, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual, en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación, diferenciándose montañas de piedemonte (Anexo 1 - Mapa 3).

4.2.1. Unidad de montañas

Son geoformas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad a elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose la siguiente subunidad según el tipo de roca que la conforma y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas estructural en rocas sedimentaria (RME-rs): representado en la zona evaluada por un relieve modelado en afloramientos rocosos de las formaciones Soncco y Paruro, conformadas por conglomerados, areniscas, lutitas y limos.

Se aprecia en las zonas altas y en la zona de estudio, laderas con pendiente muy fuertes.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Son geoformas de carácter depositacional y agradacional. Se consideran como formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predominan los terrenos generados por fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes y depósitos de tipo glaciar – fluvial.

Subunidad de vertiente con depósitos de deslizamientos (V-dd): Son zonas de acumulaciones en ladera de materiales inconsolidados, su composición litológica es homogénea y proviene de procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento y sus reactivaciones; presenta morfología convexa y disposición circular a elongada de las zonas de arranque.

El sector Unupite se encuentra sobre esta subunidad, la cual presenta laderas con pendientes moderadas.

Subunidad de terrazas indiferenciadas (T-i): Dentro de esta subunidad se considera fondos de quebradas y valles, junto a la zona de estudio se aprecia el río Paruro, donde se pueden distinguir en el fondo las terrazas y llanuras de inundación.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa tipo deslizamientos y reactivaciones. Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos (PMA: GCA, 2007).

Los movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son geometría del terreno, pendiente del terreno, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial-subterráneo y tipo de cobertura vegetal. Como “detonantes” las precipitaciones pluviales intensas y prolongadas, así como sismos.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa del sector Unupite

Se identificaron movimientos en masa que se reactivaron el día 15 de febrero del 2022, los cuales fueron, un deslizamiento principal con dirección hacia el río Mayllora y otros adyacentes que se encuentran en la margen derecha del evento principal. El evento principal trasladó materiales hacia la quebrada Unupite.

Afectó, 3 viviendas, 8 galpones de cuyes, 6 fitotoldos, áreas de cultivo de 25 familias y el sistema de riego para la comunidad campesina de Sutec y el colegio Hermanos Ayar. Se tiene un conjunto de viviendas que nunca fueron utilizadas para tal fin, actualmente son usadas para galpones de cuyes (figura 4 y 5) (Anexo 1 - Mapa 4).

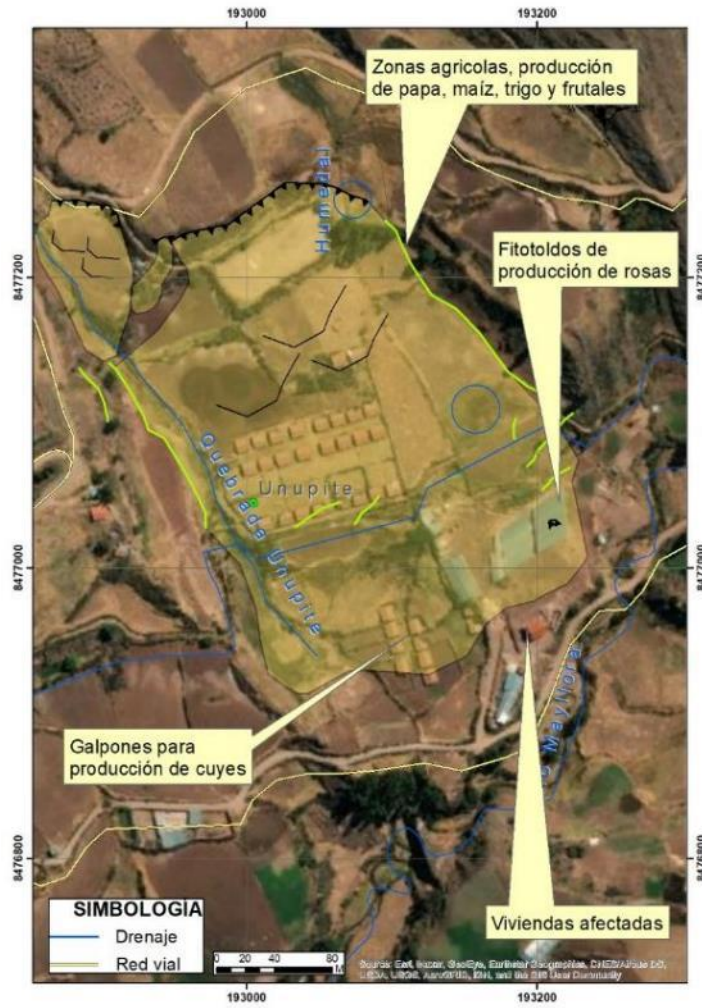


Figura 4: Se aprecia el deslizamiento principal los humedales y las zonas afectadas por el evento.



Figura 5: Se aprecia las viviendas afectadas por movimientos anteriores, las cuales algunas de estas son utilizadas para crianza de cuyes.

El evento principal fue detonado por las lluvias intensas y prolongadas que se dio días antes del evento. El material removido está compuesto por gravas (40%), arenas (20%), limos (20%), arcillas (20%), (figura 6), sus características son:

- Ancho promedio de la escarpa: 170 m
- Altura de la escarpa principal: 3 m
- Distancia de la cabeza al pie del deslizamiento: 310 m
- Forma de la superficie de rotura: semi circular
- Área del deslizamiento: 7 ha

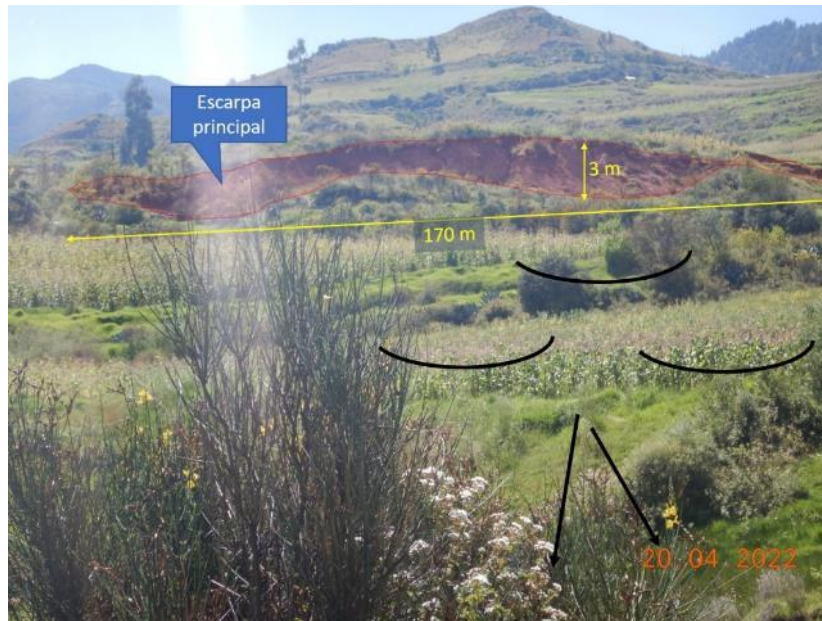


Figura 6: Vista del escarpe del deslizamiento principal tomada desde el cuerpo del mismo, se aprecia la altura y el ancho del escarpe.

Dentro del cuerpo del deslizamiento se aprecia zonas sobresaturadas y emanaciones de agua que forman humedales, algunos aparecieron luego del evento.

Se tiene canales de drenaje que no son suficientes, para evaluar todas filtraciones que tiene el terreno. El agua se sigue infiltrando sobre el suelo, lo que está generando sobrecargas y desestabilización del sector (figura 7).



Figura 7: Humedal que se generó luego del deslizamiento.

Además, dentro del evento se apreció grietas tensionales dispuestas longitudinalmente y transversalmente con apertura de hasta 50 cm y 1 m de profundidad, con longitudes hasta de 200 m. Estas grietas se disponen a la altura de la escarpa principal, en la parte baja al pie del deslizamiento y en las márgenes laterales, figuras 8 y 9.



Figura 8: Grieta tensional en dirección perpendicular al deslizamiento que afecta al canal de regadío del sector.



Figura 9: Agrietamiento del terreno, paralelo al escarpe principal, se aprecia con ancho de 50 cm y profundidad de hasta 1 m.

Este evento afectó áreas de cultivo de 25 familias, sistema de riego para la comunidad campesina de Sutec y del colegio Hermanos Ayar, 6 fitotoldos, 3 viviendas; en años anteriores afectó viviendas, que actualmente son usadas como galpones (figura 10).



Figura 10: En años anteriores se construyeron bloques de viviendas en la zona, las cuales fueron afectadas por reactivaciones antiguas del deslizamiento.

El segundo evento es un deslizamiento que presenta una dirección N 210 y aporta material a la quebrada Unupite. El evento se ubica en la margen derecha del deslizamiento principal.

Entre sus características se aprecia una escarpa principal con altura de 40 cm, longitud de 60 m y la distancia de la cabecera al pie es 76 m (figura 11).



Figura 11: se aprecia la escarpa del deslizamiento que traslada sus materiales a la quebrada Unupite.

5.1.1. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por conglomerados, areniscas, lutitas y limonitas de la Formación Paruro, se encuentra muy fracturado y altamente meteorizado.
- Los depósitos coluvio deluviales se presentan porosos y están compuestos por gravas de formas angulosas a sub angulosas (40%), arenas (20%), limos (20%) y arcillas (20%), que permite la infiltración de agua al subsuelo. Son de fácil erosión y remoción.
- Los pliegues que se presentan en la zona de estudio corresponden al sistema de fallas Colcha-Coyabamba-Acomayo y Yaurisque-Papres-Acomayo. Que generan el fracturamiento de la roca.

Factor geomorfológico

- El sector donde se producen los deslizamientos se encuentra en la subunidad de vertiente con depósitos de deslizamientos, cuyas laderas presentan depósitos recientes con pendientes medias (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°), mayormente varían de 8° hasta 12° .

Factor hidrológico - hidrogeológico

- El cuerpo del deslizamiento se comporta como acuífero, se tiene humedales generados por el agua de escorrentía y de riego, que se infiltran y sobrecargan al terreno. Además, en el sector se aplica la técnica de riego por aspersión, pero en una forma errónea, la cual no es correcta para el terreno.

5.1.2. Factores detonantes o desencadenantes

- El factor que desencadeno este deslizamiento fueron las lluvias intensas y/o prolongadas que se dio en el mes de febrero como apreciamos en la (figura 12), donde del 6 al 15 del mes se dieron lluvias con intensidades parecidas, estas saturaron y sobrecargaron el talud, al punto de desestabilizar la zona.



Figura 12: Se muestra las precipitaciones diarias días antes que se genere los deslizamientos.

- Otro factor que podría desencadenar este deslizamiento son los sismos, cerca se tiene la falla neotectónica normal Rondocan, que puede generar energía en los taludes, más aún por la cercanías a la zona de estudio, que es una principal fuente sísmica en el área (Benavente, et al, 2013)

CONCLUSIONES

- a) El deslizamiento que se presentó en el sector Unupite, afectó 3 viviendas, 8 galpones de crianza de cuy, 6 fitotoldo, 7 ha de cultivo de 25 familias, sistema de riego para la comunidad campesina de Sutech y el colegio Hermanos Ayar.
- b) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector Unupite de las Comunidades de Sutech y Cucuchiray es considerada de **peligro muy alto** a la ocurrencia de deslizamientos, los que pueden ser desencadenados en presencia de lluvias intensas y/o prolongadas y en eventos sísmicos.
- c) El deslizamiento principal presenta una escarpa con longitud de 170m y altura de 3 m, la distancia de la cabecera al pie del deslizamiento es 310 m y afecta un área de 7 ha.
- d) Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - El substrato rocoso muy fracturado por estar en un sistema de plegamiento.
 - Roca altamente meteorizada, compuesto por conglomerados, areniscas, lutitas y limonitas de la Formación Paruro.
 - Depósitos coluviodeluvial no consolidados, compuestos por gravas (40%) de formas angulosas a sub angulosas, arenas (20%), limos (20%) y arcillas (20%).
 - Las laderas que presentan depósitos recientes con pendientes medias (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°) mayormente varían de 8° hasta 12°. Donde en material suelto se puede movilizar con facilidad cuesta abajo.
 - Técnicas de riego por aspersión, usadas en forma inadecuada, que sobresaturan al terreno.
 - Al estar saturado el terreno, sumado la pendiente del terreno, hay un aumento de la masa inestable que se encuentra en la ladera, la que va a tender a desestabilizarse.
- e) El factor que desencadenante del deslizamiento, fueron las lluvias intensas y/o prolongadas que se dio en el mes de febrero.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar zanjas de coronación y espina de pescado revestidas, para drenar el cuerpo del deslizamiento, así evitar la infiltración y sobrecarga de peso.
- b) Forestar con planta autóctonas, el cuerpo de los deslizamientos con el fin de impermeabilizar y evitar sobrecargas, para ello deben reducir las áreas destinadas para la agricultura.
- c) Realizar un estudio hidrogeológico con el fin de evacuar las aguas infiltradas y evitar o disminuir el peligro a deslizamientos.
- d) Las viviendas afectadas del sector deben pasar a un proceso de reubicación, ya que son susceptibles la generación de nuevas afectaciones en sus propiedades.
- e) Sensibilizar la población sobre los peligros geológicos que presenta el sector, para que puedan hacer un monitoreo sobre el avance a las grietas de la zona, ya que este deslizamiento tiene un avance retogresivo y con estos conocimientos puedan tener una correcta reacción en caso se reactive este evento.
- f) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), con el fin de contar con información real ante la ocurrencia nuevos deslizamientos, para la evacuación de personas que se encuentren dentro del ámbito del sector.

BIBLIOGRAFÍA

Benavente, C; Delgado, F; Taípe, E.; Audin, L. & Pari, W.; (2013) – Neotectónica y peligros sísmicos en la región Cusco, INGEMMET. Boletín, serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 55, 245 p., 1 Mapa.

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.

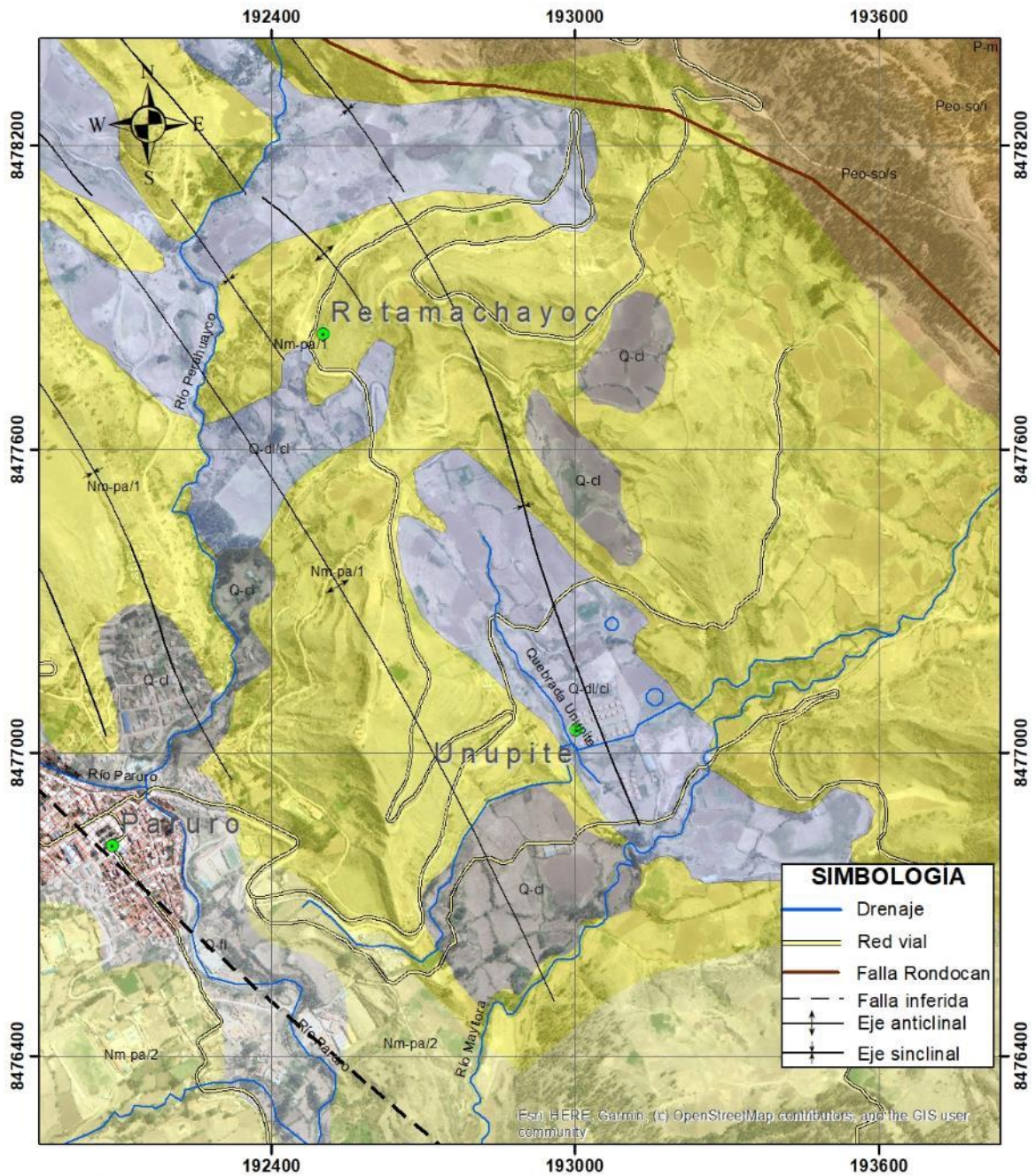
Carlotto, V., Cárdenas, J. y Carlier, G. (2011) – Geología del cuadrángulo de Cusco 28-S – 1:50 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 138, 258 p., 6 mapas.

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 Multinacional, 4.

SENAMHI, 2020. Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.

Vílchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligro geológico en la región Cusco. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 155 p.

ANEXO 1: MAPAS



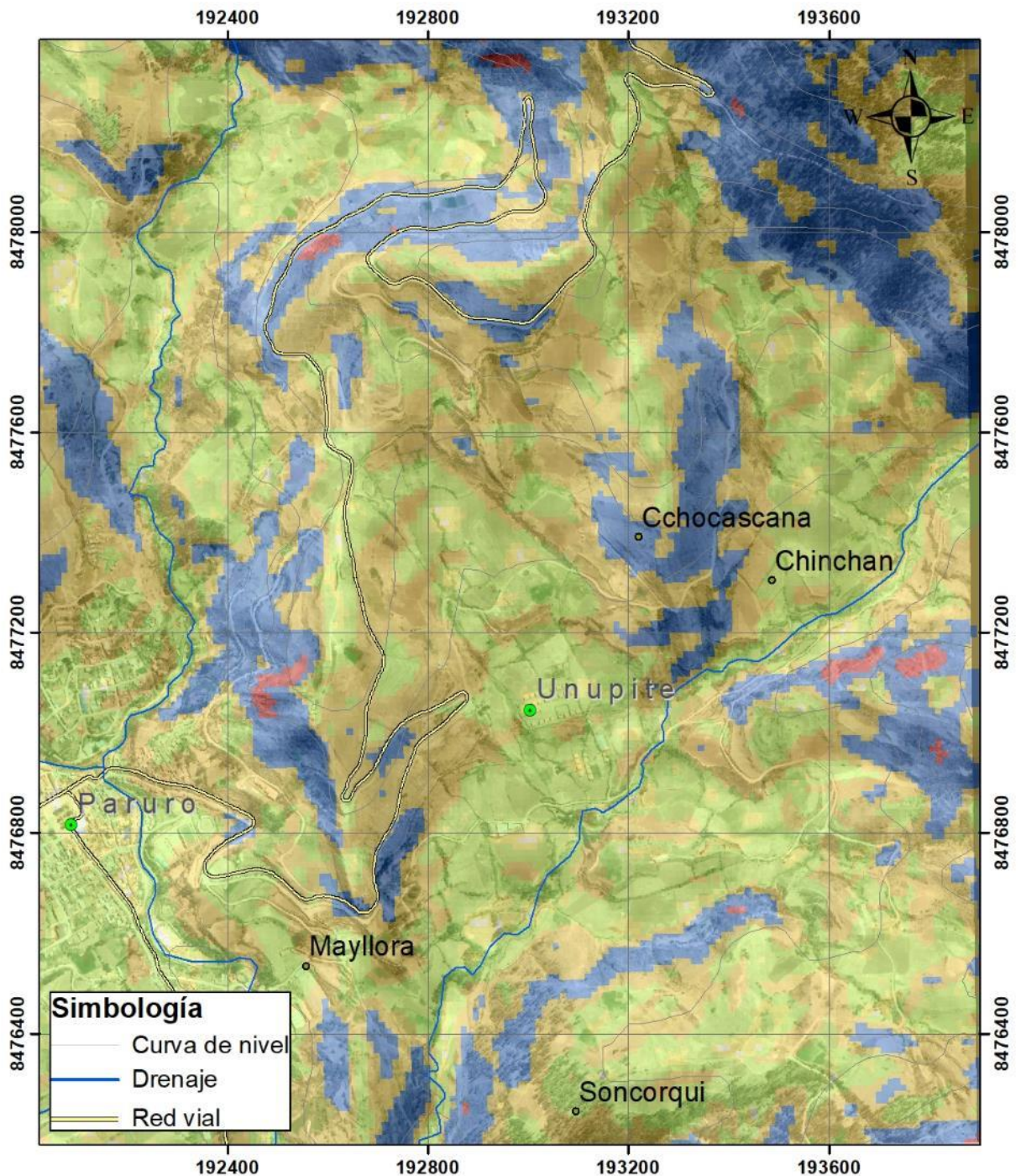
ERATEMA/SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. coluvial Q-cl Compuesto por bloques heterométricos y homogéneos angulosos a sub angulosos.
			Dep. deluvio-coluvial Q-d/cl Bloques heterométricos y homogéneos en matriz arcillas arenosas en taludes suave.
			Dep. fluvial Q-fl Acumulaciones de gravas, arenas, limos y arcillas en cauces de ríos y quebradas.
	NEOGENO	Pleistoceno	
		Plioceno	
			Fm Paruro-Miembro 1 Nm-pa/1 Lutitas y limolitas lacustres con carofitas, areniscas y conglomeraos
	PALEÓGENO	Mioceno	Fm Paruro-Miembro 2 Nm-pa/2 Conglomerados gruesos
		Oligoceno	
		Eoceno	Gpo. San Jerónimo Fm Soncco-Miembro 1 Peo-so/s Areniscas y conglomerados polimicticos
		Paleoceno	

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

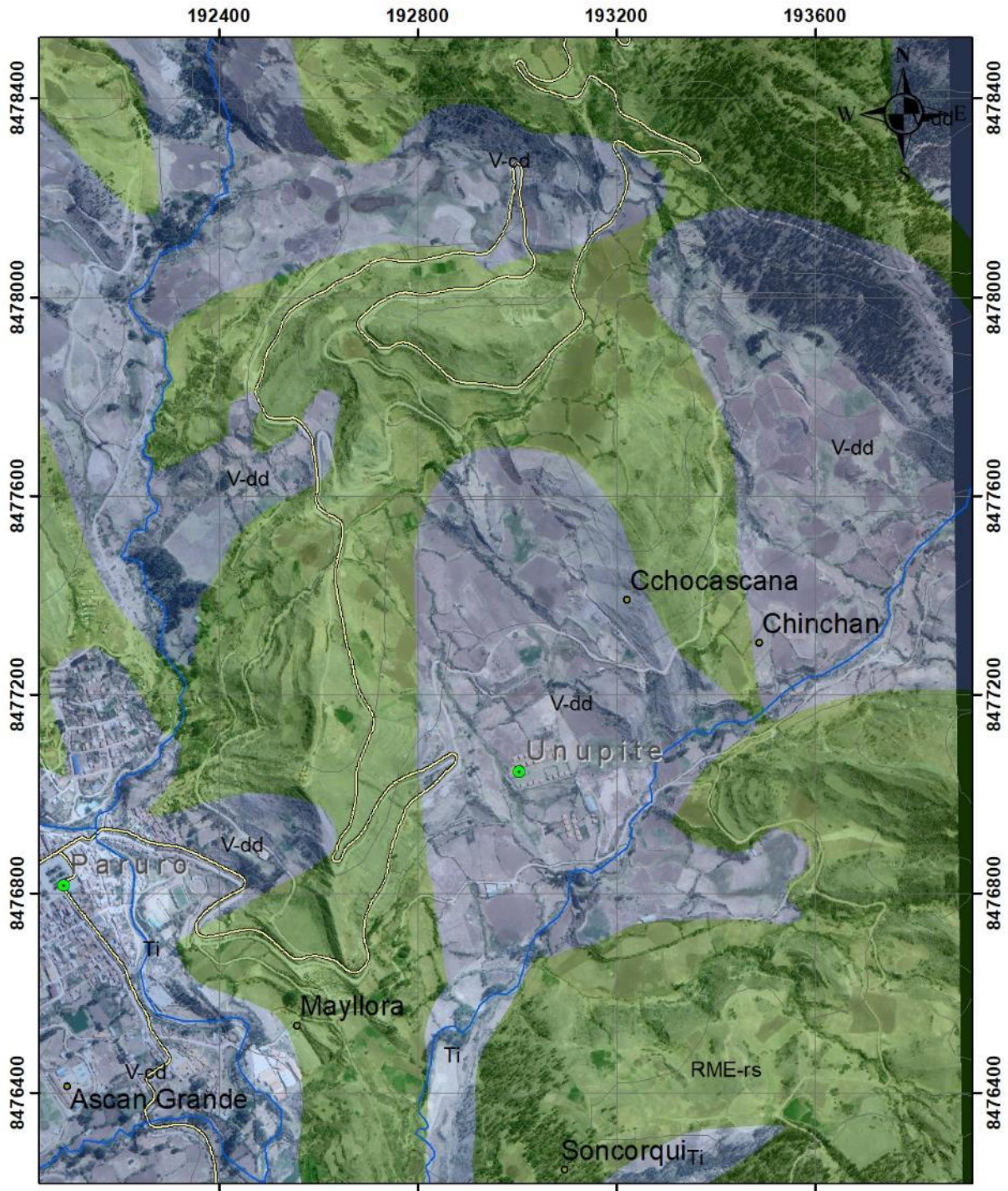
Mapa Geológico Figura: **1**

Escala 1:10 000 Datum UTMWGS 84 Zona 19S
 Versión digital: año 2022 Impreso: Julio 2022



LEYENDA	
	(< 1°) Terreno llano
	(1° - 5°) Terreno inclinado con pendiente suave
	(5° - 15°) Pendiente moderada
	(15° - 25°) Pendiente fuerte
	(25° - 45°) Pendiente muy fuerte o escarpada
	(45° - 90°) Terreno muy escarpado

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Pendientes	Figura: 2
Escala 1:10 000 Datum UTMWGS 84 Zona 19S Versión digital: año 2022 Impreso: Julio 2022	



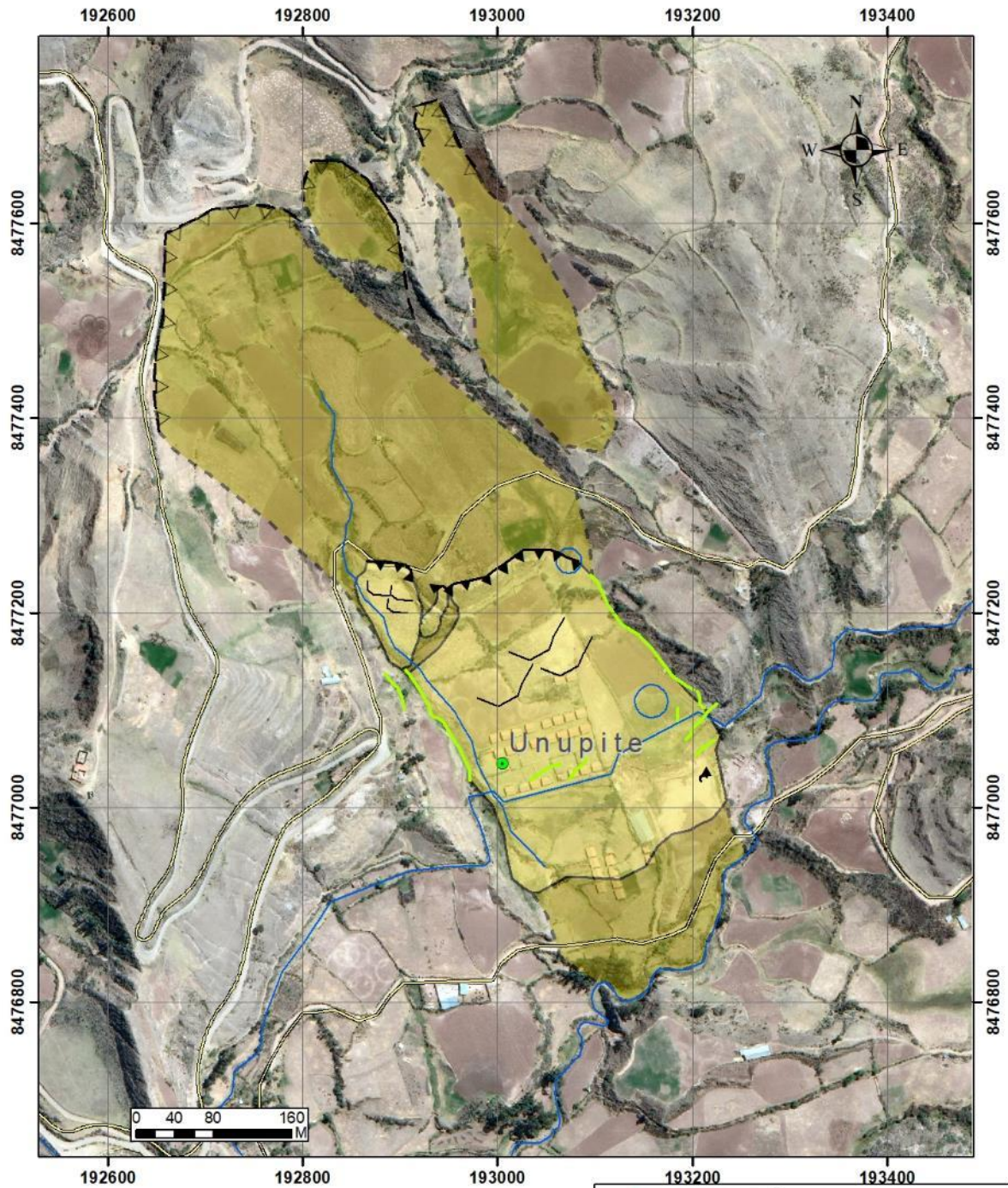
Leyenda

RME-rs	Montaña estructural en roca sedimentaria
V-dd	Vertiente con depósito de deslizamiento
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
Ti	Terraza indiferenciada

Simbología

	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa geomorfológico	Figura: 3
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 19S Versión digital: año 2022 Impreso: Julio 2022	



LEYENDA	
	Deslizamiento reactivado
	Deslizamiento antiguo
	Escarpa de desliz. activo
	Escarpa de desliz. antiguo
	Grieta tensional

SIMBOLOGÍA	
	Drenaje
	Red vial

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
<p>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p>	
<p>Mapa de Peligros</p> <p>Escala 1:5 000 Datum UTMWGS 84 Zona 19S Versión digital: año 2022 Impreso: Julio 2022</p>	<p>Figura: 4</p>

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES 2									
		TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre			
			<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino			
			<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico			
			<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico			
			<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial			
			<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral			
			<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar			
GRANULOMETRÍA			FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD		
	%								
<input type="checkbox"/>	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad		
<input type="checkbox"/>	10 Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico		
<input type="checkbox"/>	30 Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad		
<input type="checkbox"/>	20 Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico		
<input type="checkbox"/>	20 Arenas								
<input type="checkbox"/>	20 Limos								
<input type="checkbox"/>	Arcillas								
		ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA			
<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos		
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos		
<input checked="" type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Matamórficos		
						<input checked="" type="checkbox"/>	100 Sedimentarios		
COMPACIDAD									
SUELOS FINOS					SUELOS GRUESOS				
Limos y Arcillas			Arenas		Gravas				
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta				
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada				
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada				
CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.									
SUELOS GRUESOS					SUELOS FINOS				
<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH		
<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH		
<input checked="" type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT		
<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH				