

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7274

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA RAMBUCHAYOC, SECTOR DE KEPASHIATO

Departamento Cusco
Provincia La Convención
Distrito Kumpirushiato



JUNIO
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA RAMBUCHAYOC, SECTOR DE KEPASHIATO

(Distrito Kumpirushiato, provincia La Convención, departamento Cusco)

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

Responsable de la investigación:

Gael Araujo Huamán

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). *Evaluación de Peligros Geológicos por movimientos en masa en la quebrada Rambuchayoc, sector de Kepashiato*. Distrito Kumpirushiato, provincia La Convención, departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7274, 36 p.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.2. Aspectos generales	7
1.2.1. UBICACIÓN	7
1.2.2. POBLACIÓN.....	8
1.2.3. ACCESIBILIDAD.....	8
1.2.4. CLIMA.....	9
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	12
2.1. Unidades litoestratigráficas.....	12
2.1.1. FORMACIÓN ANANEA (SD-a)	12
2.1.2. FORMACIÓN SAN GABÁN (Os-s).....	13
2.1.3. DEPÓSITOS COLUVIO-DELUVIALES (Q-cd)	13
2.1.4. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)	14
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	15
3.1. Pendientes del terreno	15
3.2. Unidades geomorfológicas.....	16
3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	16
3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL.....	17
4. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	22
4.1. Caracterización del Peligros por Movimientos en Masa	22
4.2. Parte Alta de la quebrada Rambuchayoc.....	22
4.3. Parte media de la quebrada Rambuchayoc	22
4.4. Parte baja de la quebrada Rambuchayoc	23
4.5. Factores condicionantes y desencadenantes.....	29
4.5.1. FACTORES CONDICIONANTES	29
4.5.2. FACTORES DESENCADENANTES	29
5. CONCLUSIONES	30
6. RECOMENDACIONES	31
7. BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	33

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en la quebrada Rambuchayoc, sector de Kepashiato, distrito Kumpirushiato, provincia La Convención, departamento de Cusco. La quebrada de Rambuchayoc disecta el lado perpendicularmente el centro poblado de Kepashiato, hasta desembocar en la margen derecha del río Kumpirushiato.

Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet cumple con la función de brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada y confiable en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

En el área de estudio afloran rocas sedimentarias como lutitas y limolitas, fragmentadas y muy fracturadas. Mientas que los suelos están representados por depósitos aluviales (fragmentos heterométricos y heterogéneos envueltos en una matriz arenarcillosa/limosa), depósitos coluvio-deluviales (fragmentos heterogéneos con material fino de arena y limo) y depósitos de deslizamiento dispuestos sobre vertientes de fondo de valle, quebradas principales y laderas. Los depósitos se encuentran inconsolidados son de fácil erosión.

Las unidades geomorfológicas, según su origen tectónico degradacional, están formadas por montañas en roca metamórfica con laderas de pendientes que varían de fuerte a muy fuerte (15° a 45°); y de carácter depositacional, como vertientes con depósito de deslizamiento, coluvio-deluviales, aluviales, aluvio-torrencial y planicie de inundación sobre terrenos con pendientes de baja a muy fuerte (0° a 45°), predominando pendientes entre fuerte y muy fuerte. Estas características asociadas a las características litológicas, clasifican el área con un grado de susceptibilidad alta a muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa.

En la parte alta y media del sector de Kepashiato, se identificó un deslizamiento inactivo (en estado latente), de 900 m de largo y 250 m de ancho; además de un deslizamiento en proceso de reactivación, de 350 m de largo y 120 m de ancho, ubicado a lo largo de la quebrada Rambuchayoc. Entre noviembre a marzo de 2017 al 2019 (época de lluvia), el fenómeno se activó, observándose agrietamientos, basculamientos del terreno, saltos de 1 m y 35 m de extensión, derrumbes de 32 m de ancho y 40 m de alto y flujos de detritos, tierra y lodo (huaicos), dentro del cuerpo del deslizamiento reactivado, los cuales causaron daños en terrenos de cultivos y más de 20 familias ubicadas en el flanco izquierdo de la quebrada de Rambuchayoc.

Además actualmente hay más de 20 familias ubicadas cerca y en el abanico proluvial de la quebrada Rambuchayoc, las cuales pueden ser afectadas por flujos de detritos, tierra, lodo, debido a lluvias intensas y prolongadas. Por lo tanto, el área de estudio se considera **de peligro muy alto** a movimientos en masa e inundaciones

El presente informe se pone a disposición de las autoridades, a fin de que las conclusiones y recomendaciones sirvan como instrumento y guía en el marco de la gestión de riesgos de desastres

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 (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológicogeológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Echarati, según oficio N° 014-2021-GM-MDE-LC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, de tipo deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos, tierra y lodo, a lo largo de la quebrada Rambuchayoc, las cuales vienen ocurriendo desde el 2004 y con mayor magnitud entre el 2017 al 2019. Es en este último periodo, cuando las lluvias intensas generaron agrietamientos, aperturas, saltos de 1 m y basculamiento del terreno a lo largo de la quebrada Rambuchayoc, afectando viviendas y terrenos de cultivos en su flanco izquierdo. Según el testimonio de los pobladores, el 2017, año de mayor afectación, se observó levantamientos en el terreno, dando apariencias de un movimiento sísmico.

Para el 2022, año de la evaluación, la vegetación cubre gran parte de zona afectada, sin embargo las imágenes aéreas satelitales y de dron, permiten reconocer la reactivación de un deslizamiento de 350 m de largo y 120 m de ancho, que es disectado por la quebrada Rambuchayoc, generando a su vez derrumbes, flujos de detritos y lodo.

La quebrada Rambuchayoc, se asienta geomorfológicamente sobre montañas en roca metamórfica que generan vertientes coluviales, cuya pendiente varía de fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°) inclinación. Además, este, es disectado por quebradas cuyo cauce varían de 2 m a 36 m. Estas condiciones geológicas, sumadas al asentamiento poblacional a ambos flancos de quebradas activas y lluvias excepcionales entre los meses de diciembre a marzo, generan un riesgo alto en el sector de Kepashiato.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a la ingeniera Gael Araujo, realizar una evaluación técnica de peligros geológicos en la quebrada Rambuchayoc y centro poblado de Kepashiato, llevándose a cabo el 19 de marzo de 2022.

La evaluación técnica se basó en etapas de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET, etapas de campo a través de la observación, toma de datos de campo (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada, y la etapa final de gabinete a través del procesamiento de información terrestre y aérea, fotointerpretación de imágenes satelitales, elaboración de mapas/figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Echarati e instituciones técnico normativas del SINAGERD (INDECI y 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.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar, cartografiar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que ocurren en la quebrada Rambuchayoc del sector de Kepashiato.
- b) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan en los planes de prevención y/o mitigación del riesgo de desastre por movimientos en masa.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

- A) En el boletín N°74, serie C: Peligros Geológicos en la región Cusco (Vílchez et al., 2020) se ha elaborado el mapa de susceptibilidad regional a escala 1:250 000; el cual sirve de referencia, se denota una susceptibilidad media en la zona evaluada. Ya con la evaluación técnica de campo, a detalle, se presenta rangos de susceptibilidad alta, debido a la presencia de quebradas que disectan y al mismo tiempo generan derrumbe y flujo de detritos en el sector de kepashiato (figura 1 y cuadro 1).

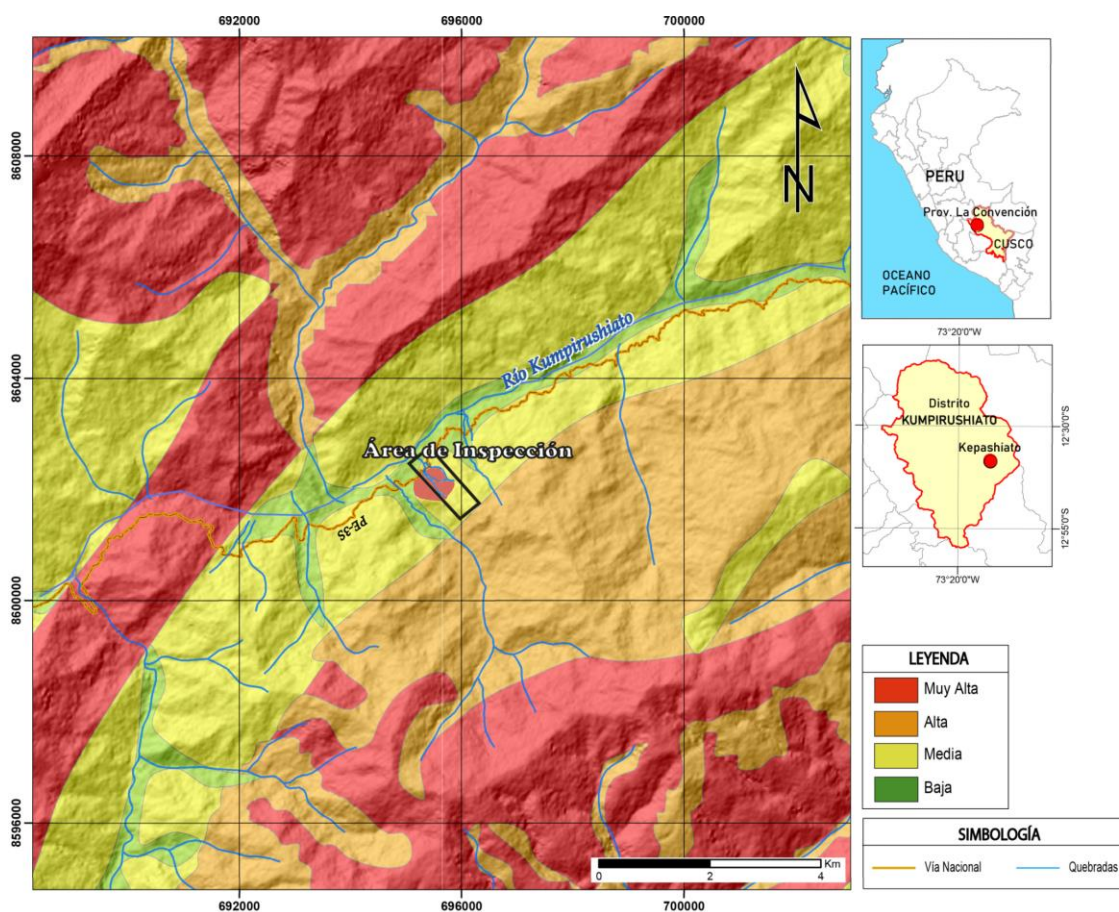


Figura 1. Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa del área de estudio. Fuente: modificado de Vílchez et al., 2020

GRADO	CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS	RECOMENDACIONES
-------	---------------------------------	-----------------

BAJA	Las condiciones intrínsecas del terreno no son propensas a generar movimientos en masa. Estas áreas presentan una topografía plano-ondulada con pendientes muy bajas a medias (0°- 15°) en algunos sectores. Se tienen depósitos de materiales superficiales aluviales y fluviales. El substrato está constituido por rocas sedimentarias con intenso fracturamiento.	En esta zona se puede permitir el desarrollo de infraestructura siempre y cuando se incorporen las recomendaciones del estudio de diseño para hacer viable cualquier proyecto o adaptarse a las condiciones del terreno.
MEDIA	Aquí algunas condiciones pueden favorecer la ocurrencia de movimientos en masa. Estas áreas presentan pendientes bajas a medias (5°-15°). Así se tienen depósitos aluviales. Con substrato es de rocas sedimentarias altamente fracturadas. También se hallan alteradas (meteorizadas) por efectos del clima.	Es probable que cuando se construyan obras de Infraestructura en estas áreas se generen movimientos en masa, por lo que se recomienda conocer en detalle las propiedades de los terrenos y también conocer las condiciones geodinámicas del área circundante.
ALTA	En esta zona confluyen la mayoría de condiciones favorables del terreno a generar movimientos en masa, cuando se desestabilizan las laderas por causas naturales o por acción antrópica. La zona de estudio esta disectada por quebradas sobre una pendiente de fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45° inclinación), que condiciona la ocurrencia de movimientos en masa de tipo derrumbes y flujo de detritos	Se debe restringir el desarrollo de infraestructura urbana y de instalaciones o esta debe de ser muy bien planificada y contar con sus respectivos estudios de zonificación por peligros,
MUY ALTA	Presentan condiciones del terreno muy favorables para que se generen movimientos en masa. Estas áreas presentan pendientes de muy fuertes (25° a 45°) a abrupta (> 45°), compromete suelos coluviales derivados de antiguos movimientos en masa; el sustrato está conformado por rocas sedimentarias, Aquí se produce la mayor cantidad de movimientos en masa (mega eventos de tipo deslizamientos, caídas, flujos y movimientos complejos), además de procesos de erosión de laderas y reptación.	Se recomienda prohibir el desarrollo de toda infraestructura de cualquier tipo (carreteras, puente, presas, hidroeléctricas) o habilitación urbana.

Cuadro 1. Niveles de Susceptibilidad en el área de estudio. Fuente: Vílchez et al. 2020

- A) El boletín N° 89 de la carta Geológica Nacional. Geología del cuadrángulo de Chuanquiri (26 p) y Pacaypata (27 p) (Cardenas et al. 1997), el boletín N° 13, serie L. Actualización Carta Geológica Nacional: Geología del cuadrángulo de Chuanquiri (hojas 26 p1, 26p2, 26p3, 26p4) (Latorre et al., 2021). De igual modo en el boletín N°74, serie L: de peligros geológicos en la región Cusco, se describen las unidades geológicas presentes en la zona evaluada.

1.2.Aspectos generales

1.2.1. UBICACIÓN

La quebrada Rambuchayoc se ubica en la margen derecha del río Kumpirushiato, y perpendicular al mismo, se extiende en una longitud de 1 km disectando el centro poblado de Kepashiato, políticamente pertenece al distrito de Kumpirushiato, provincia de La Convención, departamento del Cusco (figura 2), en las coordenadas UTM WGS84 y geográficas mostradas en el cuadro 2.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	695532	8602156	12°38'19"S	73°11'59"O
2	695441	8602095	12°38'21"S	73°12'02"O
3	695294	8602649	12°38'03"S	73°12'07"O
4	695143	8602589	12°38'05"S	73°12'12"O
COORDENADA REPRESENTATIVA				
C	695322	8602341	12°38'13"S	73°12'06"O

Cuadro 2. Coordenadas UTM y geográficas del área de estudio



Figura 2. Ubicación del área de estudio.

1.2.2. POBLACIÓN

Oficialmente, el centro poblado de Kepashiato fue creado el 10 de mayo de 1988 como parte del distrito de Echarati, pero fue elevada a la categoría capital junto con la creación del distrito de Kumpirushiato el 17 de marzo del 2021. Según DIGESA el 2007, la población en Kepashiato era de 936 habitantes, sin embargo, después de que se convirtió en capital, el número de habitantes fue en ascenso alcanzando actualmente 12,215 habitantes.

1.2.3. ACCESIBILIDAD

Partiendo de la ciudad del Cusco, por vía terrestre se accede por la ruta Cusco – Kiteni – Kepashiato, a través de carretera ‘CU-110’ (ruta Cusco - Pachar) y carretera 28B hasta llegar al C.P. Kiteni, luego dirigirse ~31 km al sur continuando por la carretera 28 B hasta llegar Al C.P. Kepashiato.

La parte media de la quebrada de Rambuchayoc es visible desde la carretera nacional PE-3S (entrada al C.P. Kepashiato), mientras que la parte alta y media de la quebrada Rambuchayoc es accesible por la trocha vecinal Kepashiato – Alto Unión y las vías de ingreso a la parte baja del C.P. Kepashiato respectivamente. El tiempo de viaje desde Cusco a Kepashiato es de 8 horas con 15 minutos (cuadro 3).

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Kiteni	1) Carreteras nacionales CU-110 y 28B	328	7 hr 15 min
Kiteni - Kepashiato	Carretera nacional PE-3S	30.6	1 hr

Cuadro 3. Rutas de acceso al área de inspección

1.2.4. CLIMA

- Temperaturas y precipitaciones

Según el Mapa climático Nacional del SENAMHI (2020), el C.P. Kepashiato, , presenta un clima lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año (templado). por lo que se sitúa en el flanco oriental de la cordillera de los Andes.

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 25°C a 29°C de y temperaturas mínimas de 11°C a 17°C. Los acumulados anuales de lluvias en esta zona puede variar desde los 1200 mm hasta los 3000 mm aproximadamente (SENAMHI, 2022).

DEFINICIONES

El Perú es un país que por su variedad de climas, complejidad geológica y ubicación en el denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, está expuesto a diversos peligros geológicos que pueden convertirse en desastres. Con el fin de dar a conocer el resultado de los estudios a las autoridades y público en general, se brinda una definición de los términos más importantes acuñados en el presente informe (cuadro 4).

<p>PELIGROS GEOLÓGICOS</p>	<p>Los 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, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.</p>
<p>MOVIMIENTOS EN MASA</p>	<p>Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.</p>
<p>DESLIZAMIENTOS</p>	<p>Movimientos ladera abajo 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).</p>
<p>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO EN MASA</p>	<p>REACTIVADO: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo</p> <p>ACTIVO: Movimiento en Masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.</p> <p>INACTIVO LATENTE: Movimientos en masa aparentemente inactivo o sin movimiento, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).</p>
<p>CAÍDA</p>	<p>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 (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.</p>

<p>FLUJOS</p>	<p>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 un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flujos de detrito (huayco): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. - Flujos de lodo: Tipo de flujo con predominancia de materiales de fracción fina (limos, arcillas y arena fina), con al menos un 50%, y el cual se presenta muy saturado.
<p>LLANURA DE INUNDACIÓN FLUVIAL</p>	<p>La llanura de inundación fluvial se define como el terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una creciente. Las causas principales de las inundaciones son las precipitaciones intensas, las terrazas bajas, la dinámica fluvial y, en algunos casos, la deforestación.</p>
<p>MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD</p>	<p>Este mapa muestra las áreas propensas a movimientos en masa (deslizamientos, huaicos, caída de rocas, etc.) en el territorio nacional. A menor escala junto con el mapa de peligros determinan las zonas críticas ante peligros geológicos. Se cuenta también con mapas regionales y por cuencas.</p>
<p>SISMOS</p>	<p>Los sismos son movimientos que se producen al interior de la tierra y liberan energía de manera violenta, se originan por: i) el contacto de placas tectónicas, por ejemplo, de las Placas de Nazca y Sudamericana; y ii) la deformación de la corteza en el interior del continente que da origen a las fallas activas.</p>

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El boletín N° 89 (Cardenas et al. 1997), boletín N° 13 (Latorre et al., 2021): Geología del cuadrángulo de Chuanquiri (26-p) y el mapa regional a escala 1:100 000 describen las unidades litoestratigráficas del sector de Kepashiato y aledañas, donde afloran rocas sedimentarias y metamórficas de la Formación Ananea, San Gabán, así como depósitos de origen aluvial y coluvio-deluvial (anexo – mapa 1).

2.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se realiza una descripción detallada de las unidades litoestratigráficas de la zona de estudio:

2.1.1. FORMACIÓN ANANEA (SD-a)

La Formación Ananea aflora a ambos flancos del río Kumpirashiato. El sector de Kepashiato (flanco derecho del río) está limitada por el río Kumpirushiato y la falla Puyentimaro. Litológicamente, está conformado por limolitas y lutitas negras/verdosas fragmentadas y altamente meteorizadas (fotografía 1 y 2). presenta esporádicos niveles de areniscas de grano fino. Mientras que algunos afloramientos presentan una erosión esferoidal.

Sobreyace en posición concordante a la Formación San Gabán e infrayace en transición al contacto con el Grupo Cabanillas. Por su posición estratigráfica se le asigna la edad de Siluro Devoniano. El grosor estimado de la unidad es de 700 m, aproximadamente (Latorre et al. 2021).



Fotografía 1. Lutitas gris oscuras que se muestran astillosas y se separan con facilidad, se encuentran en la parte alta de la trocha Kepashiato – Alto Unión, en las coordenadas UTM X: 695379 Y: 8601972.



Fotografía 2. Lutitas altamente meteorizadas, donde más del 50% está descompuesta y desintegrada, se encuentran expuesta en el camino de trocha Kepashiato – Alto Unión.

2.1.2. FORMACIÓN SAN GABÁN (Os-s)

La Formación San Gabán aflora en el cuadrángulo Chuanquiri 26p. La falla Puyentimaro marca el contacto con la Formación Ananea en las cabeceras del C.P. Kepashiato y río Kumpirushiato, sin embargo, éstas se encuentran fuera del área de estudio (anexo – mapa 1).

Litológicamente está compuesta por cuarzoarenitas feldespáticas micáceas, de grano fino a medio masivas, con clastos aislados, sudredondeados a subangulosos; los clastos pueden alcanzar el tamaño promedio de 5 cm; sus afloramientos presentan una erosión esferoidal característica; ocasionalmente, las areniscas presentan una laminación planar (figura 2.22). También, presentan limolitas y lutitas foliadas gris oscuras, con granos redondeados de cuarzo y clastos aislados (Latorre et al. 2021).

2.1.3. DEPÓSITOS COLUVIO-DELUVIALES (Q-cd)

Se encuentran conformados por bloques pizarrosos, de 5 cm a 10 cm de diámetro, envueltos en una matriz limo-arcillosa (fotografía 3), a lo largo de pendientes de fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°) inclinación (anexo - mapa 2). Son bloques angulosos. Algunos de los cuales se encuentran sueltos, sin cohesión, rellenando saltos y aperturas del terreno.

Los depósitos coluvio-deluviales son materiales que también fueron movilizados por algunos tipos de movimientos en masa antiguos y que presentan reactivaciones, como en en la quebrada de Rambuchayoc (área de inspección).

Los principales agentes formadores de estos depósitos, son el intemperismo, la gravedad, movimientos sísmicos, precipitaciones intensas y ocurrencia/reactivación de movimientos en masa (deslizamientos, caída de rocas o suelo (derrumbes), movimientos complejos, etc.).

En la zona de estudio los depósitos coluvio-deluviales están cubiertos por vegetación.



Fotografía 3: Vista de depósitos coluviales distribuidos en una pendiente de muy fuerte inclinación (25° a 45°), producto de movimientos en masa antiguo en el flanco izquierdo de la quebrada Rambuchayoc.

2.1.4. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)

Estos depósitos, se encuentran distribuidos en las quebradas principales y secundarias del sector de Kepashiato, llanuras aluviales antiguas y/o niveles de terrazas adyacentes a río Kumpirushiato (fotografía 4).

Está compuesto por una mezcla de fragmentos heterométricos y heterogéneos lutáceos redondeados a subredondeados, y matriz de tipo arenoso, limoso y arcilloso, transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias. Además, conforman terrazas y abanicos aluviales extensos.

Dentro de esta unidad también se incluyen los depósitos fluviales visibles en ambas márgenes y curso principal del río Kumpirushiato (fotografía 4), del lecho de ríos y quebradas, terrazas bajas y llanura de inundación. Son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles, cuya permeabilidad es alta (Vilchez et al. 2020).



Fotografía 4. Depósitos aluviales, a ambos flancos del río Kumpirushiato.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

Las pendientes, son generadas a través del modelo de elevación digital de 'Alaska Satellite Facility' con una resolución de 12.5 m. Se muestra que el área de inspección (quebrada Rambuchayoc – sector de Kepashiato) presenta pendientes que varían entre fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°) inclinación (anexo – mapa 2).

La descripción de la clasificación de pendientes de la figura 4, se da en el cuadro 4:

PENDIENTES	DESCRIPCIÓN
Baja	Áreas poco susceptibles a movimientos en masa, de inclinación suave afectadas o cortadas por eventos que se generan en zonas más altas o de pendiente más inclinada, generalmente flujos de detritos que depositan los materiales que acarrear en estas zonas planas, formando abanicos. En la desembocadura de la quebrada Rambuchayoc, la parte baja del C.P. Kepashiato y el cauce del río Kumpirashiato se observa pendientes de baja pendiente
Media	

	Conforman relieves inclinados, sus laderas presentan una susceptibilidad media a los movimientos en masa. Las quebradas que disectan el C.P. Kepashiato presentan este tipo de pendientes y son susceptibles a la ocurrencia de flujos de detritos, asociados a derrumbes y deslizamientos.
Fuerte	Conforman relieves inclinados, se les considera altamente susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa. Mas del 50% del área de estudio está formada por relieves de fuerte pendiente (parte alta del sector de Kepashiato)
Muy fuerte	Caracterizado por presentar muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa. El otro 50% del área de estudio está formada por relieves de muy fuerte pendiente (parte alta del sector de Kepashiato).
Abrupto/ Muy Escarpado	Son zonas abruptas. La ocurrencia de peligros dependerá de las condiciones intrínsecas de la roca (grado de fracturamiento y orientación, estratificación, etc.), la presencia de suelo y de los detonantes (lluvia, sismos). Se les ha considerado con alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa

Cuadro 4. Descripción de pendientes mostradas en la figura 4. Fuente: Vílchez et al, 2020

3.2. Unidades geomorfológicas

El mapa geomorfológico a escala 1:500 000 del boletín N° 74: Peligros Geológicos en la Región Cusco y la fotointerpretación de imágenes satelitales, determinan regionalmente el sector de Kepashiato y aledaños en geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional (montañas en roca sedimentaria y metamórfica) y geoformas de carácter deposicional (vertiente coluvio-deluvial, aluvial, vertiente o piedemonte aluvio torrencial y llanura inundable) (anexo - mapa 3)

3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Están representadas por geoformas montañosas con pendientes pronunciadas. La erosión y degradación de su afloramiento en la parte alta originan geoformas de carácter depositacional, por transporte arrastre y acumulación de sedimentos.

3.2.1.1. Montañas en roca Sedimentaria (RM-rs)

En esta subunidad geomorfológica se encuentran las elevaciones de terreno que hacen parte de las cordilleras levantadas por la actividad tectónica, cuya morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia de escorrentía, y agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad. En el área de estudio la unidad de montañas en roca metamórfica, tienen pendientes de fuerte (15° a 25°) muy fuerte (25° a 45°) inclinación (fotografía 5 y anexo – mapa 2). Las rocas sedimentarias expuestas en la parte alta del área de influencia, son lutitas negras con alto grado de fracturamiento y fragmentación, por lo que permite la salida de ojos de agua y riachuelos que hacen posible la existencia de quebradas que disectan el sector de Kepashiato. Los procesos erosivos de estas geoformas han generado

deslizamientos y/o movimientos en masa complejos antiguos en el área de inspección, representados litológicamente como depósitos coluviales, dispuestos sobre una vertiente coluvio-deluvial y vertientes con depósito de deslizamiento.

La vegetación densa del sector de Kepashiato cubre los afloramientos sedimentarios, estos son pobremente visibles en los cortes de carretera de Kepashiato – Alto Unión.



Fotografía 5. Montañas en roca sedimentaria en el sector de Kepashiato.

3.2.1.2. Montañas en roca metamórfica (RM-rm)

Esta subunidad geomorfológica corresponde a cadenas montañosas afectadas procesos denudativos (fluvio-erosionales) dieron origen a geofomas de carácter deposicional como vertientes con depósito de deslizamiento y vertientes coluviales de detritos. Litológicamente corresponden a rocas metamórficas de Grupo Cabanillas. Las montañas en roca metamórfica tienen pendientes de muy fuerte (25° a 45°) a abrupta (>45°) inclinación (anexo - mapa 2) y se encuentran fuera del área de estudio.

3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Están representadas por relieves formados por depósito o acumulación de sedimentos en piedemontes o vertientes.

3.2.2.1. Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Esta unidad corresponde a acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, en el área de estudio son de

tipo deslizamientos (fotografía 6 y 7), dispuestas sobre una pendiente de inclinación fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°).

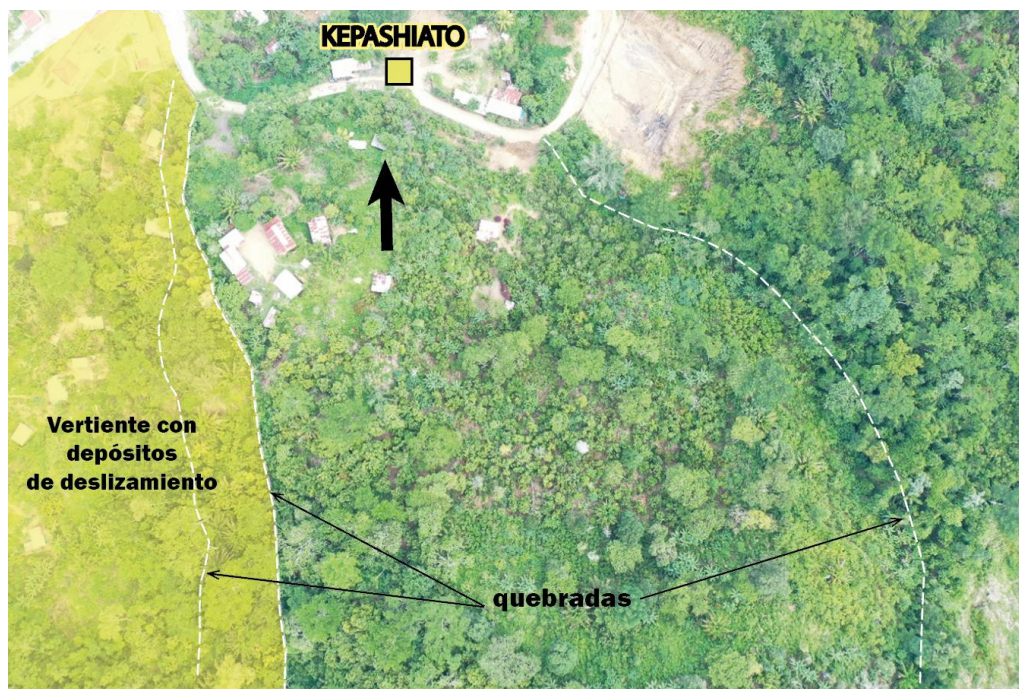
Son producto del proceso erosivo de montañas en roca sedimentaria, donde se observa la disposición de fragmentos pizarrosos subangulares a subangulosos envueltos en una matriz limo-arcillosa. Esta unidad es disectada por quebradas entre 2 m a 36 m de ancho en su cauce principal (fotografía 8).



Fotografía 6: Depósito de deslizamiento, cubiertas por la vegetación densa



Fotografía 7: Depósitos de deslizamiento en la parte alta del sector de Kepashiato. Unidad de vertiente cubierta por vegetación.



Fotografía 8: Vista aérea de geformas de vertiente con depósito de deslizamiento y quebradas angostas que disectan la parte alta del sector de Kepashiato.

3.2.2.2. Vertiente coluvial - deluvial (V-cd)

Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales. Están acumulados al pie de laderas de montañas, quebradas y acantilados de valles (Vilchez et al., 2020).

En las zonas de estudio se observa depósitos coluviales al pie de laderas de fuerte a muy fuerte inclinación. Estos depósitos se consideran inestables, ya que no existe cohesión entre sus fragmentos. Por esta razón, es fácil que un sobrepeso (caída de nuevos bloques) produzca derrumbes de los materiales (fotografía 9).



Fotografía 9: Depósitos coluvio deluviales en el flanco derecho de la quebrada Rambuchayoc. Vista de derrumbes cubiertos por vegetación en la ladera expuesta del corte de carretera de Kepashiato.

3.2.2.3. Vertiente aluvial (V-al)

Conforma planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos. Están formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, que pueden formar abanicos debido al movimiento lateral-cíclico del curso de los ríos o quebradas que los originan. La pendiente de estos depósitos es de suave a moderada (1-15°)(ver anexo – mapa 2). Sobre estos abanicos se pueden depositar también materiales provenientes de flujos torrenciales, comúnmente conocidos como huaicos (Vilchez et al.2020).

Esta unidad es visible en las llanuras de inundación a ambos flancos del río Kumpirushiato (fotografía 10) y en los de conos de deyección producto de flujos de

detritos antiguos y recientes sobre quebradas del flanco izquierdo del mismo río (fotografía 4 y anexo – mapa 3).

3.2.2.4. Vertiente aluvio-torrencial (P-at)

Esta unidad corresponde a planicies ligeramente inclinadas y extendidas. Están formadas por la acumulación de sedimentos que son acarreados por corrientes de agua de carácter excepcional relacionadas a lluvias ocasionales, extraordinarias y muy excepcionales.

La pendiente de estos depósitos es baja (1° - 5°) y está representada por el cauce del río Kumpirushiato. Esta geoforma está formada por materiales acumulados de flujo de detritos constituidos en quebradas tributarias, que alcanzan los cauces principales del río Kumpirushiato (fotografía 10).

Esta unidad es susceptible a remoción por flujo de detritos y por erosión fluvial en las márgenes de las quebradas. Sus materiales pueden ser arrancados y transportados por las corrientes de ríos principales en los cuales confluyen.

3.2.2.1. Llanura o planicie inundable (PI-i)

En el flanco derecho del río Kumpirushiato, parte baja del C.P. Kepashiato se muestran llanuras o planicies inundables con crecidas de río (fotografía 10); estas geoformas están expuestas a erosión fluvial intensa.



Fotografía 10. Disposición de vertientes aluviales y aluvio-torrenciales en la parte baja del C.P. de Kepashiato.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

4.1. Caracterización del Peligros por Movimientos en Masa

Entre noviembre a marzo (época de lluvia) de 2017, 2018 y 2019 se han presentado reactivaciones de derrumbes con dimensiones de aproximadamente 35 m de largo y 12 m de ancho, a ambos flancos de la quebrada Rambuchayoc (polígonos rojos del anexo – mapa 4 y figura 3).

El 2017, además de la activación de derrumbes, se evidenció la presencia de saltos, agrietamientos en la cabecera de la quebrada de Rambuchayoc, y activación de flujos de tierra y lodo (figura 4B) que afectó terrenos de cultivo y más de 20 familias, cuyas viviendas se ubican a lo largo y dentro del área de influencia de la quebrada (figura 4C).

El mayor número de viviendas afectadas en el evento se encuentran dentro de la zona de inundación de la quebrada de Rambuchayoc (parte baja del C.P. Kepashiato) (figura 4D). Así mismo, el río Kumpirushiato (río donde desemboca la quebrada Rambuchayoc), también amenaza con destruir viviendas, terrenos y vías de trocha ubicados dentro de su llanura de inundación (figura 3 y 4).

Según el testimonio de pobladores, el 2017, el suelo estaba completamente cuarteado y presentaba zonas levantadas y hundidas a ambos flancos de la quebrada, como si hubiese ocurrido un movimiento sísmico.

La mayor cantidad de agrietamientos, saltos y otros elementos expuestos que permiten la caracterización precisa del peligro geológico en la zona de estudio fueron cubiertos por la vegetación densa, propio del clima del sector de Kepashiato. Sin embargo, el trabajo de campo (inspección insitu y sobrevuelo dron) y de gabinete (fotointerpretación satelital), permitió identificar un deslizamiento reactivado de 350 m de largo y 120 m de ancho (figura 4), sobre un deslizamiento inactivo latente, de 900 m de largo y 250 m de ancho, en donde se asentaría una parte del C.P. de Kepashiato (figura 6 A).

4.2. Parte Alta de la quebrada Rambuchayoc

En diciembre de 2020, la administración local del agua, realizó un recorrido por la parte alta o cabecera de la quebrada, donde se observó la presencia de agrietamientos y surgencia de manantes (Informe N°047-2020-ANA-AAA.UV-ALA.CV.AT/EHCH).

La escarpa principal del deslizamiento con movimiento inactivo latente estaría ubicada en la parte alta de quebrada Rambuchayoc (figura 3); además se ha cartografiado la presencia de saltos de 1 m que se extienden de 35 m a 95 m, paralelos al flanco izquierdo, y derrumbes de pequeñas dimensiones a ambos flancos, de la quebrada Rambuchayoc (figura 3).

4.3. Parte media de la quebrada Rambuchayoc

La escarpa principal del deslizamiento reactivado (350 m de largo y 120 m de ancho) se ubica en la parte media de la quebrada Rambuchayoc (figura 3 y 5), y está en proceso de reactivación en forma de derrumbes de 35 m de largo y 12 m de ancho a ambos flancos y paralelas a la quebrada (figura 3). El cuerpo del deslizamiento reactivado se extiende hasta la comisaría de Kepashiato, mientras la masa desplazada del deslizamiento antiguo pudo extenderse hasta la zona baja del C.P. de Kepashiato (figura 5A).

El escarpe principal del deslizamiento es afectado por aguas subterráneas drenadas hacia la quebrada, a lo largo de una cuneta sin revestimiento, en un tramo de la trocha Kepashiato – Alto Unión (figura 4 E).

Ochenta y cinco (85) metros más abajo de la zona de derrumbes y a 40 m del flanco izquierdo de la quebrada Rambuchayoc, se observan saltos de 1m, que se extienden hasta 35 m en dirección WWS – EEN (figura 5A); además de agrietamientos, con aperturas de 10 cm a 15 cm y en dirección E-W y NE-SW, y saltos, de 20 cm en dirección SE-NW , aún visibles en el patio de la vivienda afectada, 170 m más debajo de la zona de derrumbes y a menos de 4 m del flanco izquierdo de la quebrada Rambuchayoc (figura 4C).

La activación de derrumbes y erosión de ambos flancos de la quebrada Rambuchayoc (figura 4G) ha generado la activación de flujos de tierra y lodo, actualmente acumuladas cerca a viviendas y que para entonces destruyó terrenos de cultivos (figura 4B).

4.4. Parte baja de la quebrada Rambuchayoc

La quebrada Rambuchayoc continua su recorrido con una ligera desviación hacia el N, sobre la pendiente de fuerte a muy fuerte inclinación (a la altura de la comisaría de Kepashiato / carretera Kepashito-Kimbiri). Generando socavación y erosión intensa a ambos flancos de la quebrada, visible desde la carretera nacional PE-3 (figura 4F).

En el evento del 2017, se generó flujos de tierra que arrasó con terrenos de cultivo ubicados en la zona de inundación de la quebrada Rambuchayoc, quedando un cauce de 8 m de ancho. Tiempo después de la ocurrencia del evento, los pobladores cerraron el cauce de la quebrada de 8 m a 3 m de ancho, con rellenos de material terroso para uso de terrenos de plantación y construcción de vivienda (figura 4F).

En la parte baja de la quebrada Rambuchayoc se juntan otras 2 quebradas (fotografía 11), que en temporada de lluvia se activan y generan flujos de tierra y lodo en las viviendas ubicadas en la zona de inundación de la quebrada Rambuchayoc.



Fotografía 11. Confluencia de quebradas en el cauce de la quebrada Rambuchayoc. En la coordenada UTM: X: 695221 Y:8602565.

En temporada de lluvia excepcional, siempre se generan flujos de tierra y lodo que afectan viviendas, pisigranjas e infraestructura en el flanco izquierdo de la quebrada Rambuchayoc, debido a que están ubicadas dentro de la zona de inundación de la quebrada (figura 3 y 4D).

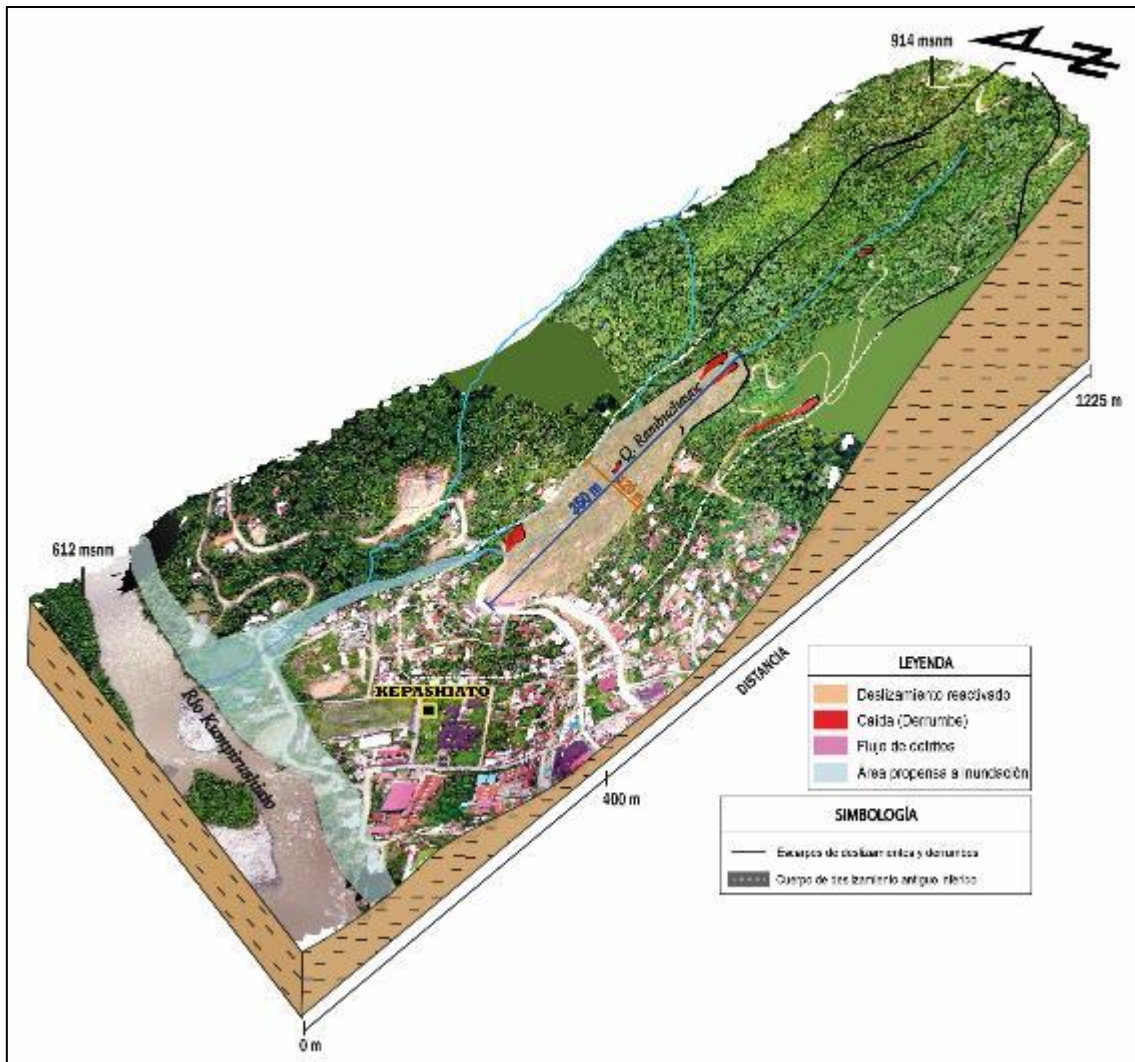


Figura 3. Block diagrama de los peligros geológicos de la quebrada Rambuchayoc- sector de Kepashiato

La quebrada de Rambuchayoc desemboca en el río Kumpirushiato, quien a su vez genera socavación de su flanco derecho o de la parte baja del C.P. de Kepashiato, la crecida del río llega a inundar la trocha y terrenos de cultivo (fotografía 12 y 13). Históricamente ha ampliado su cauce destruyendo terrenos de cultivos de casi 50 cm de ancho entre enero de 2020 y abril de 2022 (figura 5), al encontrarse en su llanura de inundación (figura 3 y 4).



Figura 12. Trochas del C.P de Kepashiato ubicadas en zonas de inundación del río Kumpirushiato



Figura 12. Terrenos del C.P de Kepashiato ubicados en zonas de inundación del río Kumpirushiato.



Figura 4. Vista 3D del área de estudio. Cartografiado de peligros geológicos por movimientos en masa en sector de Kepashiato. A: Saltos de 1 m en la parte media de la quebrada Rambuchayoc. B: Acumulación de materiales detríticos producto de flujos de lodo. C: Agrietamientos, aperturas y saltos aun visibles en el patio de concreto de la vivienda ubicada a <de 4 m del flanco izquierdo de la quebrada Rambuchayoc. D: zonas de inundación en la parte baja de la quebrada. E: cuneta sin revestimiento en la cabecera del deslizamiento activo. F: zona de relleno en el cauce de la quebrada Rambuchayoc. G: derrumbes y erosión en el cauce de la quebrada Rambuchayoc.

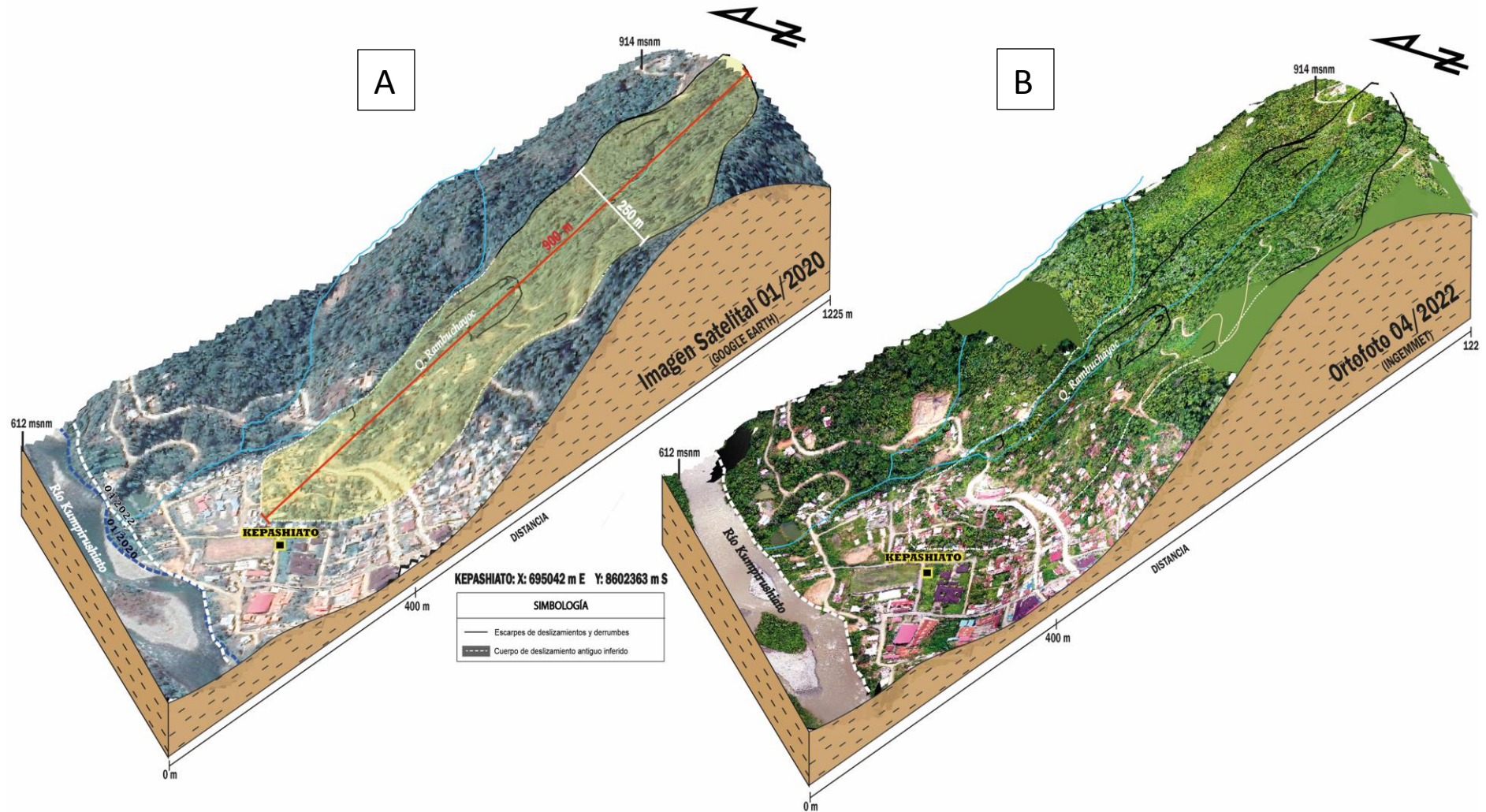


Figura 5. Imagen satelital del sector de Kepashito y cartografiado de escarpes de deslizamiento reactivado. A: Imagen satelital de enero de 2020. B: Ortofoto de abril de 2022.

4.5. Factores condicionantes y desencadenantes

4.5.1. FACTORES CONDICIONANTES

- **LITOLÓGICO:** Las unidades geológicas que conforman el área de estudio son rocas sedimentarias de la Formación Ananea (pizarras), altamente meteorizadas a fragmentadas, cubierto por depósitos aluviales, coluvio – deluviales, de deslizamiento y fluviales, acumulados en quebradas, laderas empinadas y lechos de río, generados por intemperismo, gravedad, movimientos sísmicos, precipitaciones excepcionales y activación de movimientos en masa (deslizamiento, caída de rocas, derrumbes y flujos de detrito).
- **GEOMORFOLOGÍA:** Las unidades geomorfológicas que conforman el área de estudio son montañas en rocas sedimentarias en la parte alta de C.P. Kepashiato y vertientes con depósito de deslizamiento, coluvial de detritos y aluvio-torrencial, estas vertientes son disectadas por quebradas y ríos, y al mismo tiempo se observa la presencia de movimientos en masa recientes y antiguos.
- **PENDIENTE:** A lo largo de la quebrada Rambuchayoc, sector de Kepashiato, se observan pendientes que varían de fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°) inclinación.

4.5.2. FACTORES DESENCADENANTES

- **LLUVIAS INTENSAS:** En el área de estudio, se registran precipitaciones anuales entre 1200 mm y 3000 mm, por lo que se considera con clima lluvioso y humedad abundante todas las estaciones del año
- **SISMOS:** A pesar de que el testimonio de pobladores indica no sentir ningún movimiento telúrico cuando desencadenó el evento, los sismos son uno de los factores que condicionan la ocurrencia de grandes movimientos en masa.

5. CONCLUSIONES

- a) Geológicamente, en el área de estudio afloran lutitas y limolitas (Formación Ananea), que se encuentran altamente meteorizados a fragmentados. Además, la presencia de unidades no consolidadas como: depósitos aluviales (fragmentos heterométricos y heterogéneos envueltos en una matriz areno-arcillosa/limosa), depósitos coluvio-deluviales (fragmentos pizarrosos con material fino de areno-limosa y/o limo-arcillosa) sobre el fondo de valle y quebradas principales y depósitos de deslizamientos sobre la ladera de fuerte a muy fuerte inclinación. Estos depósitos cuaternarios son muy susceptibles a reactivación.
- b) Las unidades geomorfológicas que representan las áreas de estudio son geoformas de carácter tectónico degradacional, como montañas en roca sedimentaria y geoformas de carácter depositacional como vertientes coluvio-deluvial, dispuestas sobre pendientes que varían de fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° a 45°) inclinación y vertientes aluvio-torrencial y planicie inundable sobre una pendiente baja (0° - 5°) a media (5° - 15°). Estas características asociadas a la geología clasifican el área con un **grado de susceptibilidad alta**, a la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Los sectores evaluados de quebrada Rambuchayoc y Kepashiato por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que evidencian, se consideran dinámicamente **muy activas**, por lo tanto, las áreas de estudio tienen un nivel de **peligro muy alto** en temporada de lluvias intensas y prolongadas. Los peligros geológicos reconocidos, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y lodo.
- d) Sobre un deslizamiento inactivo, de 900 m de largo y 250 m de ancho, se identificó un deslizamiento en proceso de reactivación, de 350 m de largo y 120 m de ancho, a lo largo de la quebrada Rambuchayoc, debido a la presencia de agrietamientos, saltos de 1 m y 35 m de extensión, derrumbes de 32 m de ancho y 40 m de alto y flujos de detritos, tierra y lodo. Los movimientos en masa identificados y el basculamiento de la zona de deslizamiento en proceso de reactivación, causaron daños en terrenos de cultivos y más de 20 familias ubicadas en el flanco izquierdo de la quebrada de Rambuchayoc, entre noviembre a marzo (época de lluvia) de 2017, 2018 y 2019.

6. RECOMENDACIONES

- A) Realizar la captación de ojos de agua / manantes y construir una red de drenaje para evitar la saturación hídrica del suelo incompetente sobre el deslizamiento reactivado del sector de Kepashiato.
- B) Prohibir el asentamiento poblacional o la construcción de nuevas viviendas a ambos flancos y en zonas de llanura de inundación de la quebrada Rambuchayoc y río Kumpirushiato. Respetar el límite de fajas marginales
- C) Controlar y evitar el estrechamiento de ancho de cauce de la quebrada Rambuchayoc, además de evitar colmatar con material de relleno. Realizar la limpieza del cauce.
- D) Reubicar las viviendas que se sitúan cerca del cauce y en límite de faja marginal de la quebrada Rambuchayoc y río Kumpirushiato.
- E) Realizar un estudio de delimitación de fajas marginales , solicitando aprobación ante la Autoridad Nacional del Agua. (Según lo detallado en el informe N°047-2020-ANA-AAA.UV-ALA.CV.AT/ETHCH)
- F) Encauzar la parte baja de la quebrada Rambuchayoc y río Kumpirashiato.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

Autoridad Nacional del Agua. ANA, 2020. informe N°047-2020-ANA-AAA.UV-ALA.CV.AT/ETHCH.

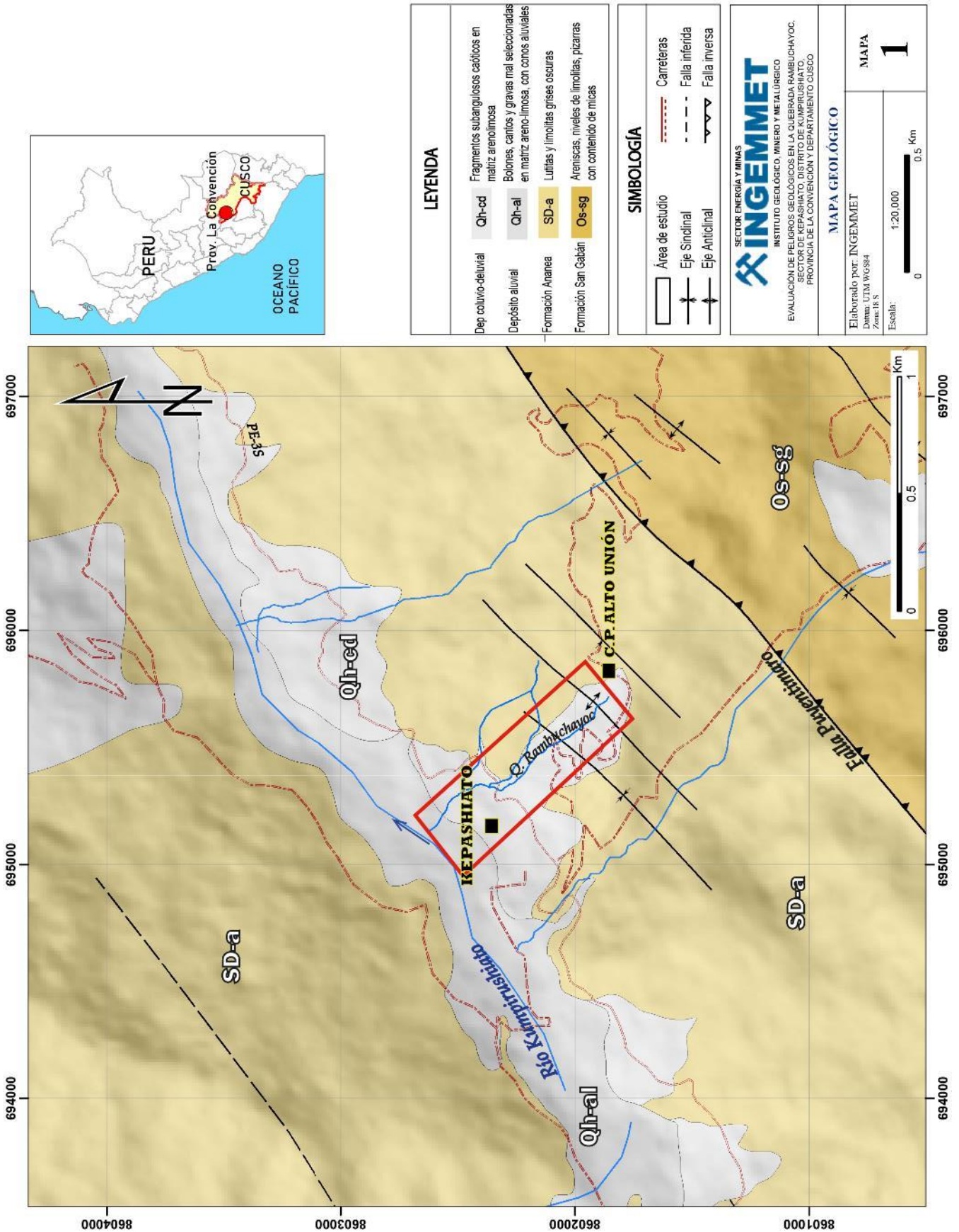
Latorre O., Sipión C. & Cueva R. (2021). Geología del cuadrángulo de Chuanquiri (hojas 26p1, 26p2, 26p3, 26p4), Boletín N° 13. Serie L: Actualización de la Carta Geológica Nacional. INGEMMET.

Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas. Servicio Nacional De Geología Y Minería. Publicación Geológica Multinacional No. 4.

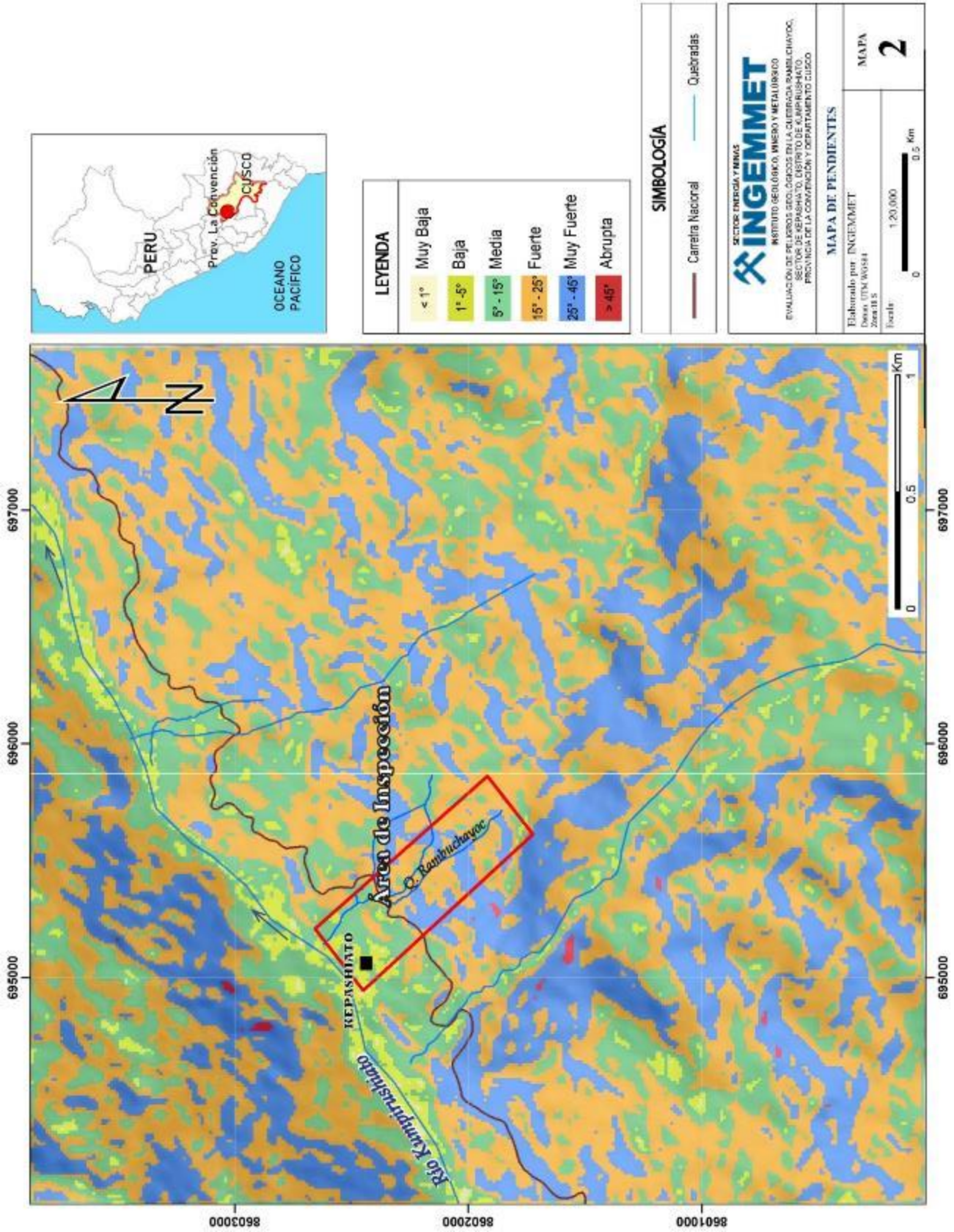
SENAMHI, 2020. Climas del Perú. Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.

Vilchez M., Sosa N., Pari W., Peña F. (2020). Peligro Geológico en la región de Cusco. Boletín N° 74. Serie C. INGEMMET.

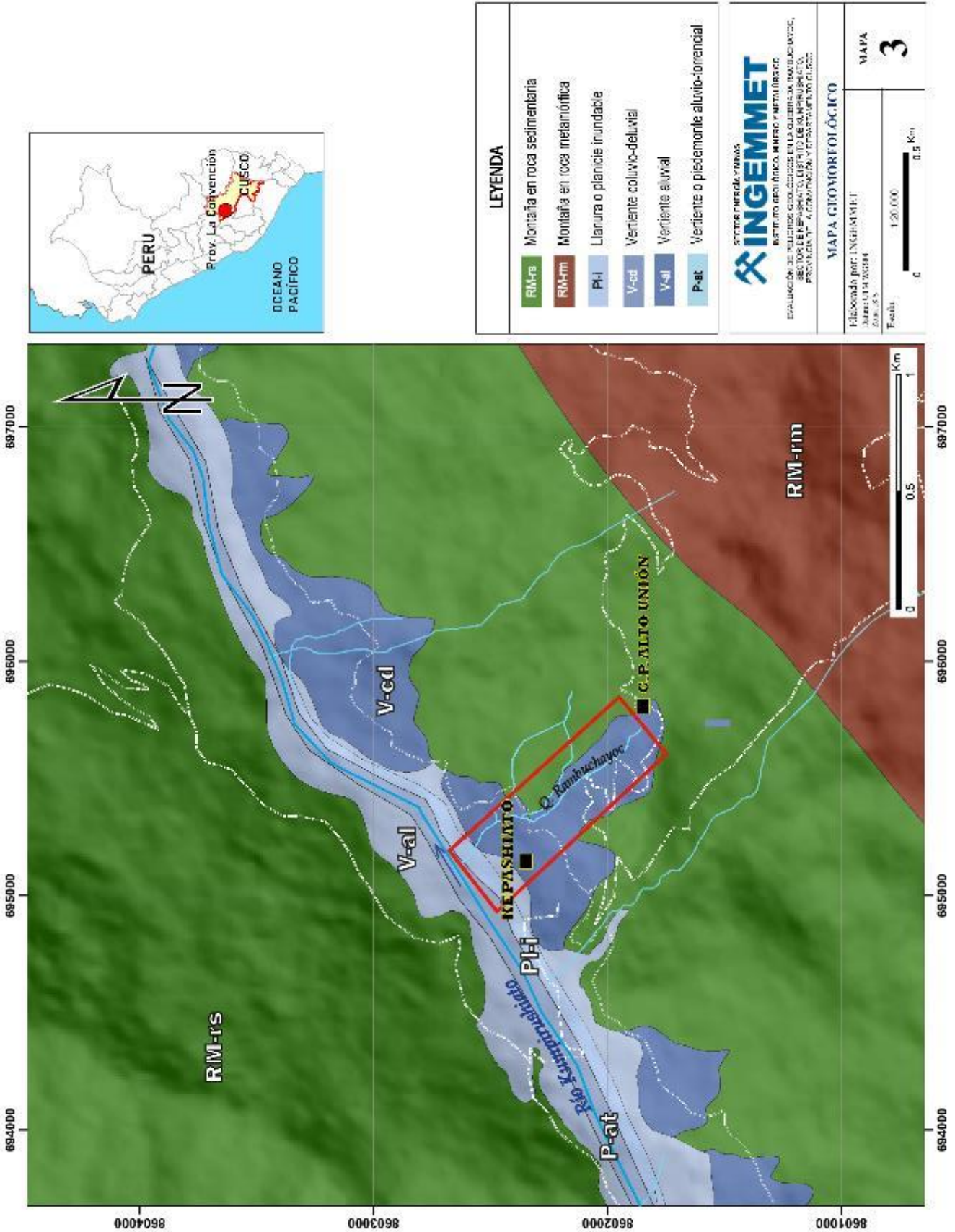
ANEXOS



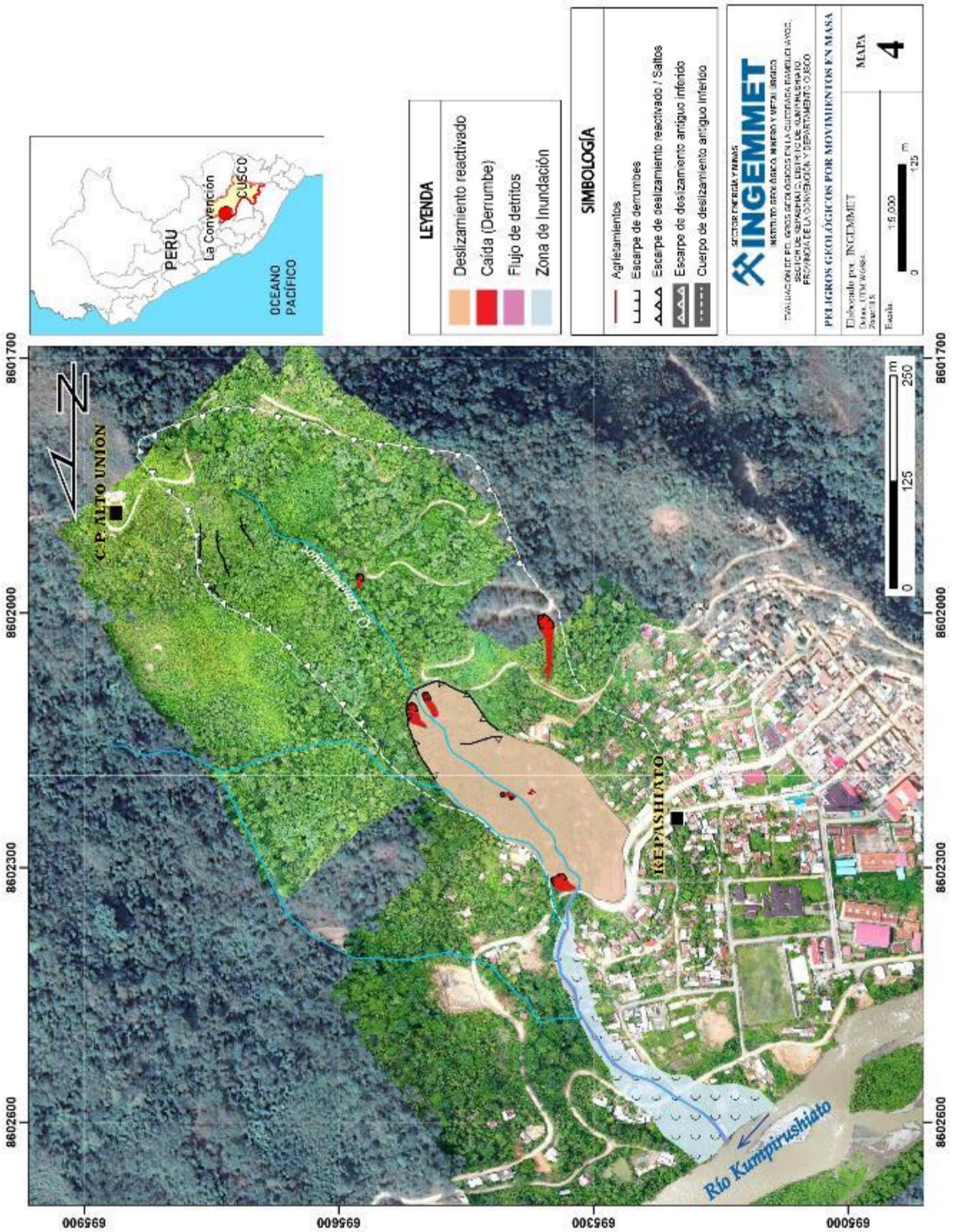
Mapa 1. Mapa Geológico del área de estudio. Fuente: Monge et al., 1998



Mapa 2. Mapa de pendientes. Fuente DEM: Alaska satellite facility



Mapa 3. Mapa geomorfológico en el área de estudio. Fuente: Vílchez et al., 2020



Mapa 4. Cartografiado de peligros geológicos en el sector Kephashiato