

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7199

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA MACOSHOATO DE LA COMUNIDAD NATIVA DE KORIBENI

Departamento Cusco
Provincia La Convención
Distrito Echarati



DICIEMBRE
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA MACOSHOATO DE LA COMUNIDAD NATIVA DE KORIBENI

(Distrito de Echarati, provincia de La Convención, departamento Cusco)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Guisela Choquenaira Garate

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en la quebrada Macoshoato de la comunidad nativa de Koribeni. Distrito de Echarati, provincia de La Convención, departamento Cusco. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7199, 29 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	7
1.3.1. UBICACIÓN.....	7
1.3.2. ACCESIBILIDAD.....	8
1.3.3. CLIMA	8
2. DEFINICIONES	8
2.1. Deslizamiento	8
2.2. Flujos	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
3.1. Unidades litoestratigráficas	10
3.1.1. FORMACIÓN ANANEA (SD-a)	10
3.1.2. GRUPO CABANILLAS (D-ca)	10
3.1.3. GRUPO TARMA-COPACABANA (CP-ta,co)	10
3.1.4. GRUPO MITU (PsT-mi)	¡Error! Marcador no definido.
3.1.5. PLUTÓN CIRIALO (PsTi-ci/gr)	¡Error! Marcador no definido.
3.1.6. DEPÓSITO PROLUVIAL (Q-pr).....	11
3.1.7. DEPÓSITO ALUVIAL (Q-al).....	11
3.1.8. DEPÓSITO COLUVIAL (Q-co).....	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	12
4.1. Pendientes del terreno	12
4.2. Unidades geomorfológicas	13
4.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL.....	13
4.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL.....	14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	15
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	15
5.1.1. FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA MACOSHOATO	15
5.1.2. FACTORES CONDICIONANTES	19
5.1.3. FACTORES DESENCADENANTES	19
6. CONCLUSIONES	20
7. RECOMENDACIONES	21
8. BIBLIOGRAFÍA	22

ANEXO 1: MAPAS 24

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en la quebrada Macoshoato- sector Koribeni Alto, perteneciente a la jurisdicción de la comunidad nativa de Koribeni, distrito de Echarati, provincia de La Convención, departamento Cusco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada, corresponden a rocas de origen metamórfico y sedimentario correspondientes a la Formación Ananea, al Grupo Cabanillas y Tarma-Copacabana, los cuales se encuentran muy fracturados y moderadamente meteorizados. Además, en la zona alta afloran rocas intrusivas nombrado como Plutón Cirialo de composición granítica y volcano sedimentarias del Grupo Mitu, conformado por lutitas y areniscas. Estas unidades se encuentran cubiertos por depósitos coluvio-deluviales, compuestos por materiales inconsolidados de bloques de formas angulosas a subangulosas, inmersos en una matriz areno arcillosa. Finalmente, en ambas márgenes de la quebrada se distinguen depósitos proluviales antiguos y recientes, compuestos por bloques subangulosos a subredondeados, envueltos en una matriz areno-arcillosa. Se encuentran mal clasificados y medianamente consolidados.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas modeladas en rocas metamórficas, sedimentarias, volcano-sedimentarias e intrusivas) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos, que configuran geoformas de piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento, coluvio – deluvial y piedemonte aluvio-torrencial).

El factor desencadenante, que originó la activación del flujo de detritos, fueron las lluvias intensas y/o prolongadas registradas durante el mes de febrero, alcanzando un umbral de 40.8 mm de precipitación pluvial el día 7 de febrero y 53.4 mm acumulados entre el 12 al 15 de febrero. Además, se considera como los principales factores condicionantes al substrato rocoso muy fracturado, el cual favoreció los derrumbes en la parte alta de la quebrada y que dieron origen al flujo de detrito; así como suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales) de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas; y laderas con pendientes muy escarpadas (55°), que permite la presencia de movimientos en masa que puedan ser “detonadas” por lluvias intensas.

El 8 de febrero, por la quebrada Macoshoato, discurrió un flujo de detritos (huaico); que en su trayecto acarrió bloques con diámetros de 1 a 6 m, arena y troncos de árboles. El evento afectó 10 viviendas, 180 m de carretera y terrenos de cultivo.

El área de estudio se considera como **Zona crítica** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de flujo de detritos (huaicos) que pueden ser reactivados en temporada de lluvias intensas y excepcionales.

Finalmente, se recomienda reubicar a la población del sector Koribeni Alto que se encuentra dentro del área de influencia del flujo de detritos, posteriormente realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR), que determinen el reasentamiento definitivo.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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 Distrital de Echarati, según Oficio N° 0140-2021-A-MDE/LC, en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos de tipo flujo de detritos, que afectó 10 viviendas, 180 m de carretera, terrenos de cultivo y la pérdida de 1 vida humana.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros David Prudencio y Guisela Choquenaira Garate, para realizar la evaluación de peligros geológicos, el 25 de mayo de 2021.

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, fotografías terrestres, levantamiento fotogramétrico con dron con el fin de observar mejor el alcance del evento), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Echarati y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastre, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa ocurridos el 8 de febrero de 2021 en la quebrada Macoshoato y el sector Koribeni Alto.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en la quebrada Macoshoato se tienen:

- A) Boletín N° 74, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros Geológicos en la Región Cusco” (Vílchez *et al.*, 2020); en la provincia de La Convención se identificaron 16 zona críticas, de los cuales 1 evento de tipo flujo de detritos fue identificado en el distrito de Echarati. El estudio también realizó un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa presentado en un mapa a escala 1: 100 000, donde la quebrada Macoshoato presenta alta a muy alta susceptibilidad (figura 1). Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

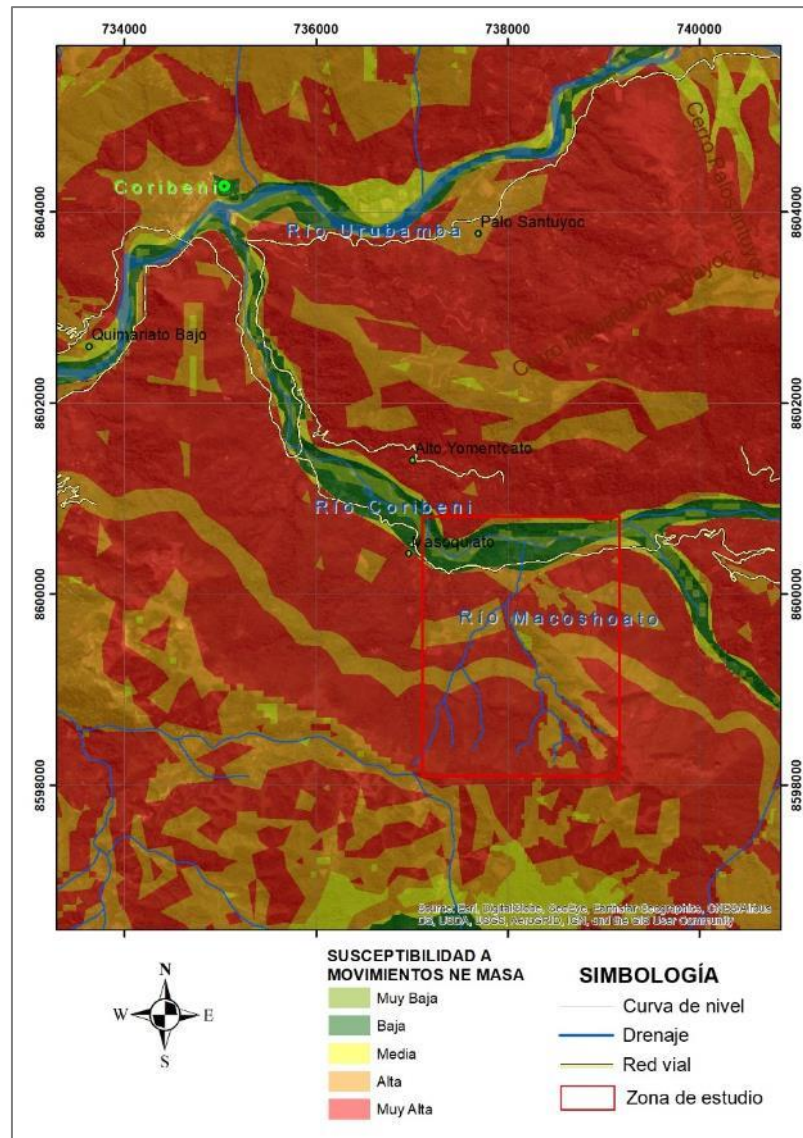


Figura 1. Rangos de susceptibilidad a movimientos en masa de la quebrada Macoshoato, ubicados en la comunidad nativa Koribeni, distrito de Echarati, provincia de La Convención, departamento Cusco.

- B) El “Estudio Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 4”, elaborado por Ingemmet (2006), completa el estudio de peligros geológicos en el ámbito de la provincia de La Convención que abarca hasta aproximadamente los 11° 15’ de latitud sur, también a escala regional; se tratan acápites de geología, geomorfología, los peligros geológicos de tipo movimientos en masa y geohidrológicos, la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa, finalmente identifica zonas críticas.
- C) En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Quillabamba 26-q y Machupichu 27-q (Carlotto *et al.*, 1999); describe la geología a escala 1: 100 000, información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía (grupos Mitu, Tarma-Copacabana y Cabanillas). Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas (montañas modeladas en rocas metamórficas) de la quebrada Macoshoato.

D) En la “Geología del cuadrángulo de Quillabamba (hojas 26q1, 26q2, 26q3, 26q4) (Ramos *et al.*, 2021); describe la geología a escala 1: 50 000, donde describen los cambios más resaltantes sobre estratigrafía del Grupo Mitu, Tarma-Copacabana, Cabanillas y Formación Ananea que se observan en la quebrada Macoshoato.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

La quebrada Macoshoato vierte sus aguas por la margen izquierda al río Koribeni y este último confluye por la margen izquierda en el río Urubamba, se encuentra ubicado dentro del área de la comunidad nativa Koribeni, a 70 km al noreste de Echarati. Políticamente, pertenece al distrito de Echarati, provincia de La Convención, departamento Cusco (figura 2), en coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) siguientes (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas de la quebrada Macoshoato

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	737103	8600631	-12.649°	-72.817°
2	739232	8600631	-12.649°	-72.797°
3	739232	8598016	-12.673°	-72.797°
4	737103	8598016	-12.673°	-72.816°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	738088	8599587	-12.658°	-72.807°

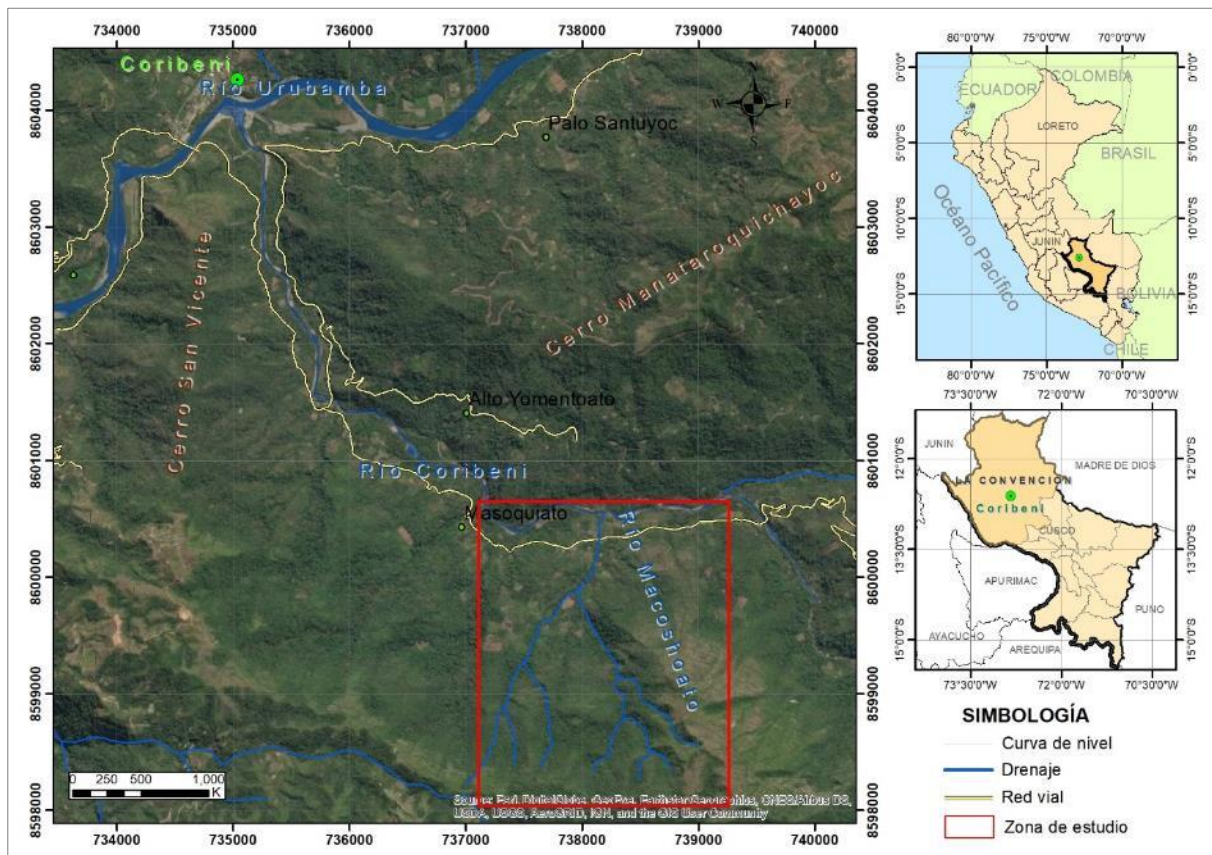


Figura 2. Ubicación de la quebrada Macoshoato en la comunidad nativa Koribeni, distrito de Echarati, provincia de La Convención, departamento Cusco.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la quebrada Macoshoato, por vía terrestre desde la ciudad del Cusco (Ingemmet-OD Cusco), se realizó mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos a la quebrada Macoshoato

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco - Quillabamba	Carretera asfaltada	203	4 h 30 minutos
Quillabamba – Echarati	Carretera asfaltada	25.1	35 minutos
Echarati – quebrada Koribeni	Carretera bicapa	70.9	1 h 29 minutos
Quebrada Koribeni – quebrada Macoshoato	Trocha carrozable	6	10 minutos

1.3.3. CLIMA

De acuerdo a la clasificación climática de Koppen y Geiger, el distrito de Echarati se clasifica como Cfb (templado y cálido), con temperatura media anual de 23.5 °C y precipitación anual de 2350 mm.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2021), en la estación meteorológica Quillabamba. Entre el 12 al 15 de febrero del presente año (tabla 1) se registró 53.4 mm acumulados de precipitación pluvial. Debido a las intensas y prolongadas lluvias en la zona de estudio, se activó y desencadenó un flujo de detritos en la quebrada Macoshoato.

Tabla 1. Precipitación pluvial registrada en la Estación Quillabamba (SENAHMI, 2021)

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2021-02-01	31.8	20.6	S/D	0.0
2021-02-02	32.2	20.6	S/D	0.0
2021-02-03	26.4	19.2	S/D	7.2
2021-02-04	32.6	20.4	S/D	3.6
2021-02-05	29.8	19.2	S/D	2.2
2021-02-06	30.6	20.8	S/D	0.0
2021-02-07	32.2	21.4	S/D	40.8
2021-02-08	30.6	19.2	S/D	0.6
2021-02-09	28.2	19.6	S/D	4.4
2021-02-10	27.8	19.2	S/D	2.2
2021-02-11	27.8	19.4	S/D	0.8
2021-02-12	27.4	19.2	S/D	12.8
2021-02-13	28.4	19.2	S/D	8.8
2021-02-14	29.6	18	S/D	14.6
2021-02-15	30.2	19.2	S/D	17.2
2021-02-16	29.4	18.8	S/D	0.6

2. DEFINICIONES

2.1. Deslizamiento

Movimiento 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) (figura 3) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava) (figura 4).

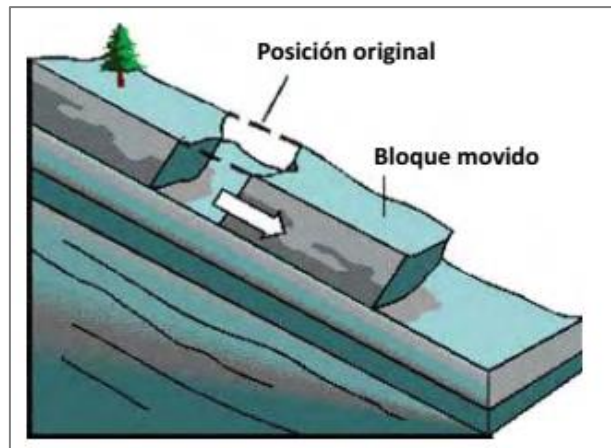


Figura 3. Esquema de un deslizamiento traslacional, tomado del Ingemmet (2021).

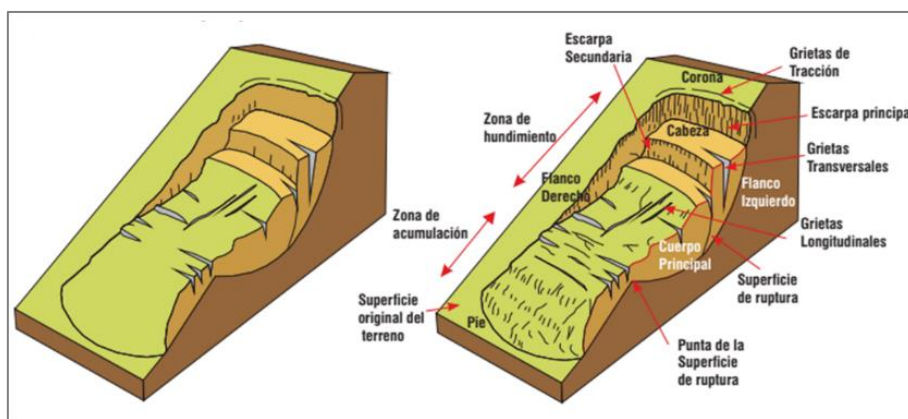


Figura 4. Esquema de un deslizamiento rotacional, tomado del Ingemmet (2021).

2.2. 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. Estos pueden ser canalizados (flujos de detritos o huaicos) y no canalizados (avalanchas) (figura 5).

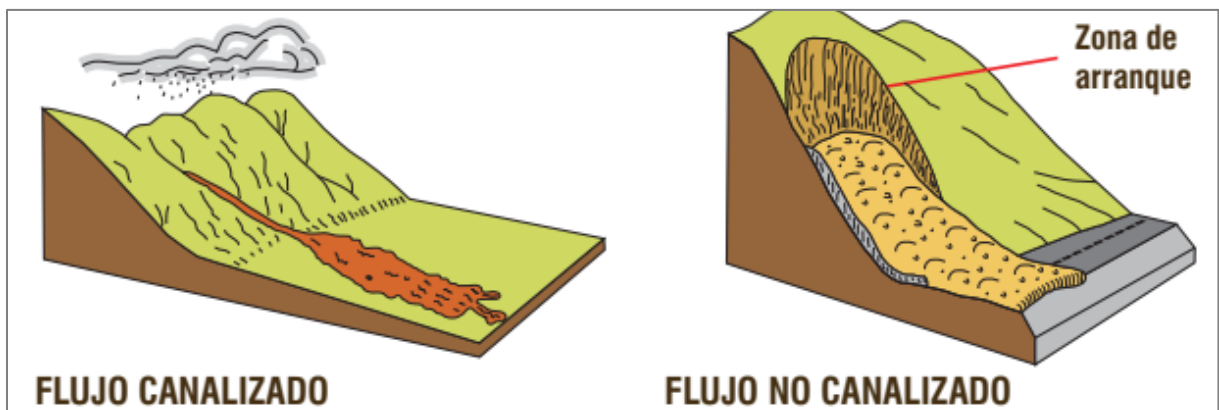


Figura 5. Esquema de tipos de flujos, tomado del Ingemmet (2021).

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se desarrolló en base a la Carta Geológica de Quillabamba – hoja 26q, Carlotto (1999) a escala 1/100 000; donde afloran rocas metamórficas del Paleozoico y depósitos Cuaternarios. La cartografía geológica, se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la quebrada Macoshoato y alrededores, son de origen metamórfico y sedimentario correspondientes a la Formación Ananea, al Grupo Cabanillas y Tarma-Copacabana, los cuales se encuentran muy fracturados y moderadamente meteorizados. Además, en la zona alta afloran rocas intrusivas nombrado como Plutón Cirialo y volcanos sedimentarias del Grupo Mitu, conformado por lutitas y areniscas. Estas unidades se encuentran cubiertos por depósitos proluviales, aluviales y coluvio – deluviales (depósito de deslizamiento), que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo1: Mapa1).

3.1.1. FORMACIÓN ANANEA (SD-a)

Esta unidad aflora al sur del sector Koribeni, en la margen derecha del río Koribeni, y en pequeñas zonas en la parte media de la quebrada Macoshoato. Litológicamente está compuesto por limolitas con esquistosidad y pizarras grises verdosas, las que no se logran observar en la quebrada por la cobertura de depósitos recientes (Sánchez, 2003).

3.1.2. GRUPO CABANILLAS (D-ca)

Aflora al sureste de Koribeni y en la margen izquierda de la quebrada Macoshoato. Litológicamente está conformado por una intercalación de areniscas pardas de grano fino con limolitas y pizarras cortados por diques. En esta quebrada normalmente se encuentra cubierto por depósitos recientes. Además, en la margen derecha, en coordenadas UTM (WGS 84): 737988 E, 8599761 S se observa el sustrato rocoso conformado por pizarras, las cuales se encuentran medianamente a muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, ello generó bloques sueltos que aportan material al cauce de la quebrada.

3.1.3. GRUPO TARMA-COPACABANA (CP-ta,co)

Aflora al sureste de Koribeni, en la quebrada Macoshoato. Litológicamente está conformado por areniscas pardas a blanquecinas y calizas grises que se encuentran muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, ello generó deslizamientos en ambas márgenes de la quebrada (fotografía 1).

3.1.4. GRUPO MITU (PsT-mi)

Se ubica en la parte alta de la quebrada Macoshoato, conformada por andesitas de color gris oscuro a parduscas y areniscas de grano medio a fino de color gris rojizo, se pudo observar en el cauce de la quebrada como bloques arrastrados de hasta 6 m de diámetro.

3.1.5. PLUTÓN CIRIALO (PsTi-ci/gr)

Se ubica en las cimas de la quebrada Macoshoato, son intrusiones de granitos y cuarzomonzodioritas que forma parte del macizo de Quillabamba (Carlotto et al., 1999) se presentan en la parte baja de la quebrada en forma de bloques de hasta 6 m que fueron generados por caídas y derrumbes en las partes altas.



Fotografía 1. Deslizamiento de la margen derecha de la quebrada Macoshoato, se produjo en las calizas del Grupo Tarma-Copacabana.

3.1.6. DEPÓSITO PROLUVIAL (Q-pr)

Se encuentran dispuestos en el fondo de los valles, en forma de conos de deyección hacia la confluencia del río Koribeni. Estos depósitos están compuestos por bloques y gravas de rocas intrusivas, volcánicas sedimentarias y sedimentarias, de formas subangulosas a subredondeadas, con diámetros que varían de 1 m a 6 m, envueltos en una matriz arenarcillosa (fotografía 2).

3.1.7. DEPÓSITO ALUVIAL (Q-al)

Estos depósitos se encuentran distribuidos en ambos márgenes del río Koribeni, están constituidos por bloques de rocas intrusivas, volcánicas sedimentarias, sedimentarias y metamórficas, en forma de bancos de gravas y arenas, formando terrazas aluviales. Sobre este depósito se encuentran asentadas algunas viviendas del sector Koribeni Alto y se desarrollan terrenos de cultivo.

3.1.8. DEPÓSITO COLUVIO-DELUVIAL (Q-cd)

Se localizan en las laderas que circunscriben la quebrada Macoshoato, dispuestos de forma caótica al pie de laderas por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. Están compuestos por materiales inconsolidados de bloques de formas angulosas a subangulosas, con diámetros que varían de 0.8 a 3.5 m, inmersos en una matriz areno – arcillosa.



Fotografía 2. Depósito proluvial reciente, conformado por bloques con diámetros que varían de 1 m a 6 m, envueltos en matriz areno-arcillosa. Coordenadas UTM (WGS 84): 764645 E, 8590224 S, a 968 m s.n.m.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

El mapa de pendientes fue elaborado en base al modelo de elevación digital con resolución de 12.5 m (USGS) información libre que fue tomada del satélite Alos Palsar. Es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

La quebrada Macoshoato está circundada por montañas sedimentarias con laderas de pendientes escarpada (25° - 45°) a muy escarpada ($> 45^{\circ}$), varían de 25° a 55° , lo que facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto disponible en las laderas. Además, en la zona media – baja, el valle de la quebrada presenta una pendiente inclinada (1° - 5°) a moderada (5° - 25°) que varía de 2° a 7° (Anexo1: Mapa 2).

4.2. Unidades geomorfológicas

La determinación y caracterización de las unidades geomorfológicas (Anexo 1: Mapa 3), se complementaron y actualizaron en base al 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 (Vílchez *et al*, 2020).

4.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

4.2.1.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia las siguientes subunidades:

Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs): Relieve modelado en afloramientos rocosos de los grupos Cabanillas, Tarma-Copacabana, conformadas por lutitas, areniscas pardas a blanquecinas, calizas y pizarras. La montaña cubre gran parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes fuertes a escarpadas, presenta 25°, con cimas subredondeadas a agudas. En la parte alta son disectados por una red de drenaje dendrítica, resaltando principalmente la quebrada Macoshoato.

Subunidad de montañas en rocas volcano-sedimentarias (RM-rvs): Relieve modelado en afloramientos rocosos del grupo Mitu, conformadas por andesitas intercaladas con areniscas y lutitas gris rojizas. La montaña presenta laderas de pendientes escarpadas a muy escarpadas, varían de 25° a 55°, con cimas subredondeadas a agudas. También es disectada por una red de drenaje dendrítica.

Subunidad de montañas en rocas intrusivas (RM-ri): el cerro Simbeni presenta un relieve modelado en rocas intrusivas, ubicado al sur de la quebrada Macoshoato. presenta cimas subredondeadas y laderas muy escarpadas (fotografía 3).



Fotografía 3. Vista del cerro Simbeni, modelada en rocas intrusivas (RM-ri), cuyas laderas presentan pendientes muy escarpadas.

4.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tienen:

4.2.2.1. Subunidad de vertiente con depósito coluvio - deluvial (V-cd)

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de las laderas, resultantes de la acumulación de material caído desde las partes altas, por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial.

4.2.2.2. Subunidad de piedemonte aluvio – torrencial (P-at)

Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos de detritos (huaicos), modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales. La quebrada Macoshoato, afluente por su margen izquierda del río Koribeni formó un cono proluvial producto de la acumulación de material acarreado por huaicos antiguos.

El material está conformado por bloques de naturaleza sedimentaria, volcano sedimentarias e intrusivas, con diámetros que varían de 1 m a 6 m; de formas subangulosas a subredondeadas, las que se encuentran medianamente consolidados.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo flujo de detritos, deslizamientos y derrumbes (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de 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.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

La quebrada Macoshoato, presenta una geodinámica muy activa, representada por deslizamientos antiguos, derrumbes reactivados, depósitos antiguos de flujo de detritos o huaicos (Anexo 1: Mapa 4) y recientemente, el flujo de detritos del 8 y 16 de febrero del presente año. Además, la zona es considerada de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Vílchez, 2020).

5.1.1. FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA MACOSHOATO

El sector Koribeni Alto, se encuentra asentado sobre antiguos depósitos proluviales que se originaron por la acumulación de material acarreado por flujos de detritos o huaicos. Está conformado por bloques de formas subangulosas, con diámetros que varían de 1 m a 6 m, envueltos en matriz areno-arcillosa; además, el depósito se encuentra medianamente consolidado.

El 8 de febrero del 2021, aproximadamente a las 1 a.m., debido a las lluvias intensas registradas en el distrito de Echarati; la quebrada Macoshoato se activó y generó un flujo de detritos afectando a 10 viviendas ubicadas en zonas circundantes a la confluencia del río Macoshoato con el río Koribeni, además afectó 180 m de carretera que comunica estos sectores con la comunidad de Koribeni y áreas de cultivo (figuras 5 y 6).

Los trabajos de campo realizados el 25 de mayo en la zona media-alta de la quebrada Macoshoato, permitieron identificar a lo largo de su cauce la presencia de antiguos deslizamientos reactivados y derrumbes recientes (figuras 7 y 8), los cuales podrían generar represamientos en el cauce; cuyo desembalse violento, posiblemente generaría flujos de detritos (huaicos) de mayor volumen a lo acontecido el 8 de febrero del presente año.

En la parte media el huaico alcanzó 12 m de altura (figura 9), trasportó bloques de hasta 6 m y arrancó árboles desde su raíz (fotografía 4). Así mismo, sobrepasó la terraza en 4 m.



Figura 5. Viviendas afectadas por el flujo de detritos en la quebrada Macoshoato.



Figura 6. Vista aérea de la zona afectada por el flujo de detritos en la quebrada Macoshoato.



Figura 7. Derrumbes continuos en la zona media de la quebrada Macoshoato. Con coordenadas UTM: 766117, 8586600 S a 1457 m s.n.m.



Figura 8. Deslizamiento en la zona media de la quebrada Macoshoato. Con coordenadas UTM: 738086 E, 8599543 S a 1457 m s.n.m.



Figura 9. Atura alcanzada por el flujo de detritos en la zona media de la quebrada Macoshoato.



Fotografía 4. Material transportado por la quebrada Macoshoato, conformado por bloques gravas en matriz areno arcillosa y árboles arrancados desde su raíz.

5.1.2. FACTORES CONDICIONANTES

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por lutitas, areniscas pardas a blanquecinas, calizas, areniscas gris rojizas y pizarras, esquistos y cuarcitas moderadamente meteorizado y muy fracturado debido a la intrusión del Plutón Cirialo ubicado en las partes altas de la quebrada, los cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Depósitos coluvio - deluviales adosados a las laderas que delimitan la quebrada Macoshoato, compuestos principalmente por materiales inconsolidados de bloques de formas angulosas a subangulosas, con diámetros que varían de 1 m a 6 m, inmersos en una matriz areno arcillosa, son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas.

Factor geomorfológico

- La quebrada Macoshoato se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas intrusivas, volcano-sedimentarias y sedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes fuertes (25°) a muy escarpadas (55°); ello permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

Factor hidrológico - hidrogeológico

- Acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas y montañas que circunscriben la quebrada Macoshoato.
- Presencia de agua subterránea (ojos de agua y manantiales), los cuales saturan el terreno. La circulación del agua está ligado a las características estructurales del macizo rocoso (fallas y fracturas) y a los depósitos superficiales que los cubren.

5.1.3. FACTORES DESENCADENANTES

- Según Senamhi (2021), en la estación meteorológica Quillabamba, el día 7 de febrero, día previo a la ocurrencia de flujo de detritos, se registró 40.8 mm de precipitación pluvial. Asimismo, entre el 12 al 15 de febrero del presente año, se registró 53.4 mm. Debido a las intensas lluvias inusuales en la zona de estudio, se activó y desencadenó un flujo de detritos en la quebrada Macoshoato.

6. CONCLUSIONES

1. El sector Koribeni Alto se encuentra asentadas sobre antiguos depósitos aluviales y proluviales. Este último depósito fue originado por la acumulación de material acarreado de huaicos antiguos, los que se encuentran medianamente consolidados y saturados; y está conformado por bloques subangulosos a subredondeados, con diámetros que varían de 1 m a 6 m, envueltos en una matriz areno-arcillosa.
2. El 8 de febrero, la quebrada Macoshoato se activó y desencadenó un flujo de detritos, en su trayecto acarrió bloques de composición sedimentaria, gravas, arena y troncos de árboles. En el sector Koribeni Alto afectó 10 viviendas, 180 m de carretera y terrenos de cultivo.
3. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la quebrada Macoshoato y el sector Koribeni Alto son considerados como **Zona crítica** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de flujo de detritos (huaicos) que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y excepcionales.
4. El factor desencadenante para la ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada Macoshoato, fueron las lluvias intensas registradas días antes al evento en el distrito de Echarate (SENAMHI, 2021).



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



Ing. Guisela Choquenaira Garate

7. RECOMENDACIONES

1. Reubicar a la población del sector Koribeni Alto que se encuentran dentro del área de influencia del flujo de detritos, posteriormente realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR), que determinen el reasentamiento definitivo.
2. Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear los huaicos que se generan en la quebrada Macoshoato. En la implementación se debe tener en cuenta la instalación de sensores, sistemas de comunicación, alarmas, entre otros, con el objetivo de tener avisos oportunos ante la ocurrencia de huaicos, para que la población pueda tomar las precauciones y salvaguardar sus vidas.
3. Realizar monitoreo visual y constante en la quebrada Macoshoato ante el posible represamiento por la ocurrencia de derrumbes o deslizamientos, que pueden ser originados por precipitaciones pluviales intensas o excepcionales.
4. Descolmatar continuamente y encausar la quebrada Macoshoato, respetando el cauce natural.
5. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las que se encuentran expuestos los poblados ubicados en ambas márgenes de la quebrada Macoshoato y en las riberas del río Koribeni.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Carlotto, V., Cárdenas, J. y Carlier, G. (1999) - Geología del Cuadrángulos de Quillabamba – hoja 26q y Machupicchu – hoja 27q - 1:100 000 Ingemmet, Boletín, Serie A: 127, 334p.
- 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, Transportatión researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 3. Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 28, 373 p.
- Köppen, W. (2010). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Clasificación de climas según temperatura, precipitación y ciclo estacional.). Petermanns Geogr. Mitt., 64, 193-203, 243-248. http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1918.pdf
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2021) – SENAMHI.. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Ramos, W. & Minaya, I. (2021) - Geología del cuadrángulo de Quillabamba (hojas 26q1, 26q2, 26q3, 26q4). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000), 8, 63 p, 4 mapas.
- Vilchez, M. & Sosa, N. (2013) – Peligros geológicos en el ámbito de la Mancomunidad Municipal Amazónica. Informe técnico N° A6635. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Ingemmet, 85 p. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1500#files>
- Vilchez, M. & Sosa, N. (2015) – Zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco. Informe técnico geología ambiental. Ingemmet, 100 p. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2026>
- Vilchez, 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. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2564>

- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS

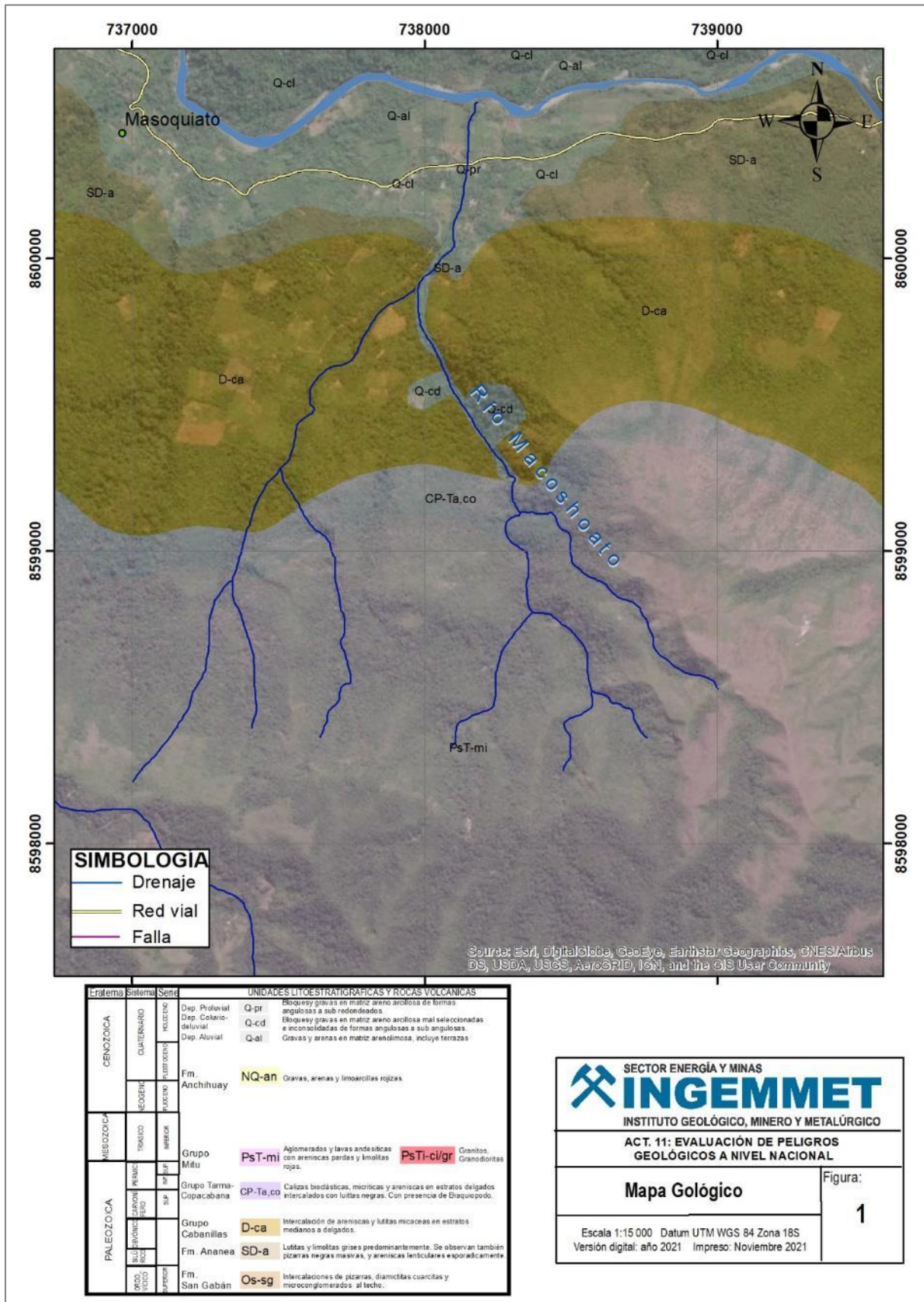


Figura 2. Mapa geológico de la quebrada Macoshoato. Fuente: Carlotto et al., 1999

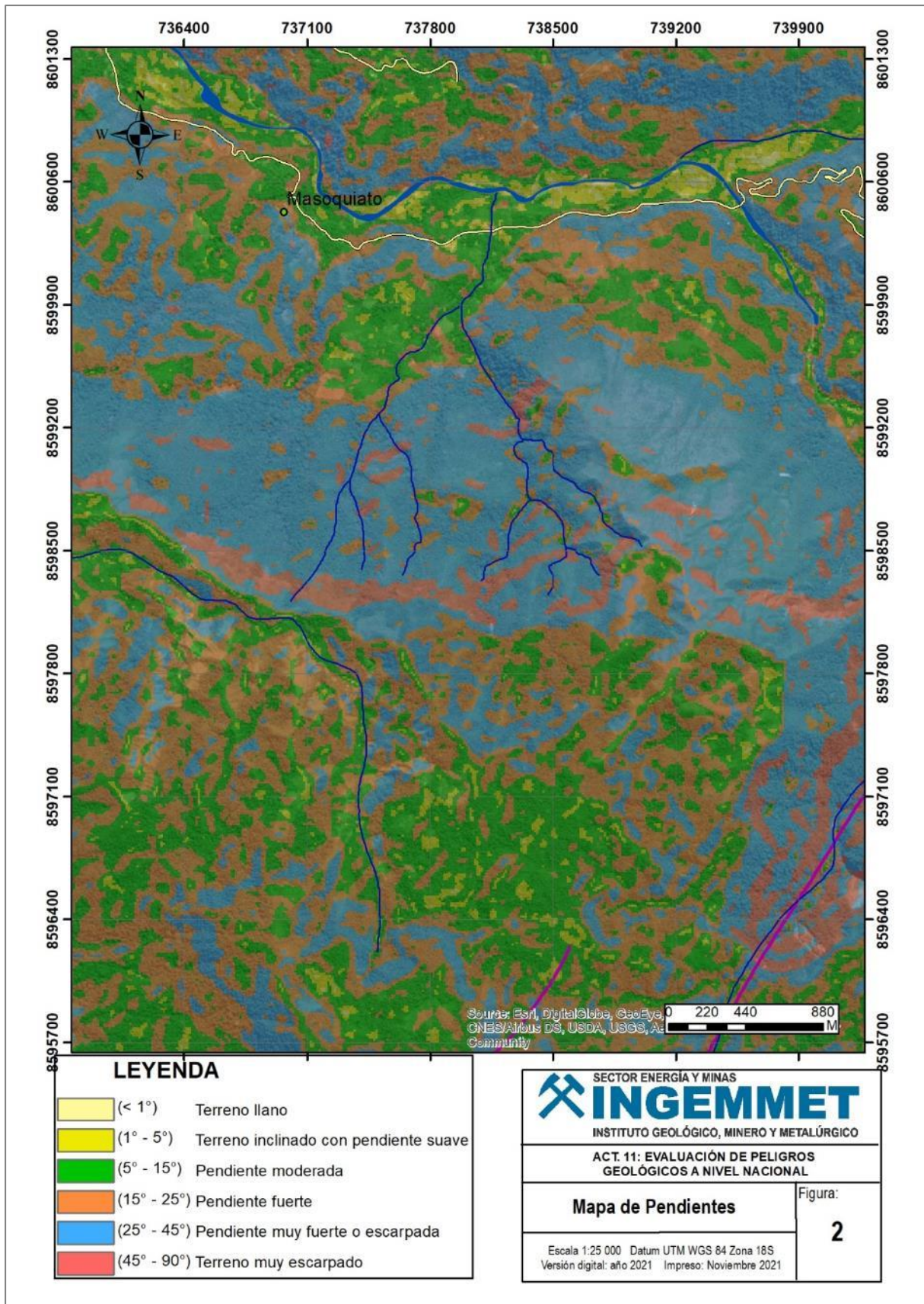


Figura 2. Mapa de pendientes del terreno de la quebrada Macoshoato. Fuente: Elaboración propia.

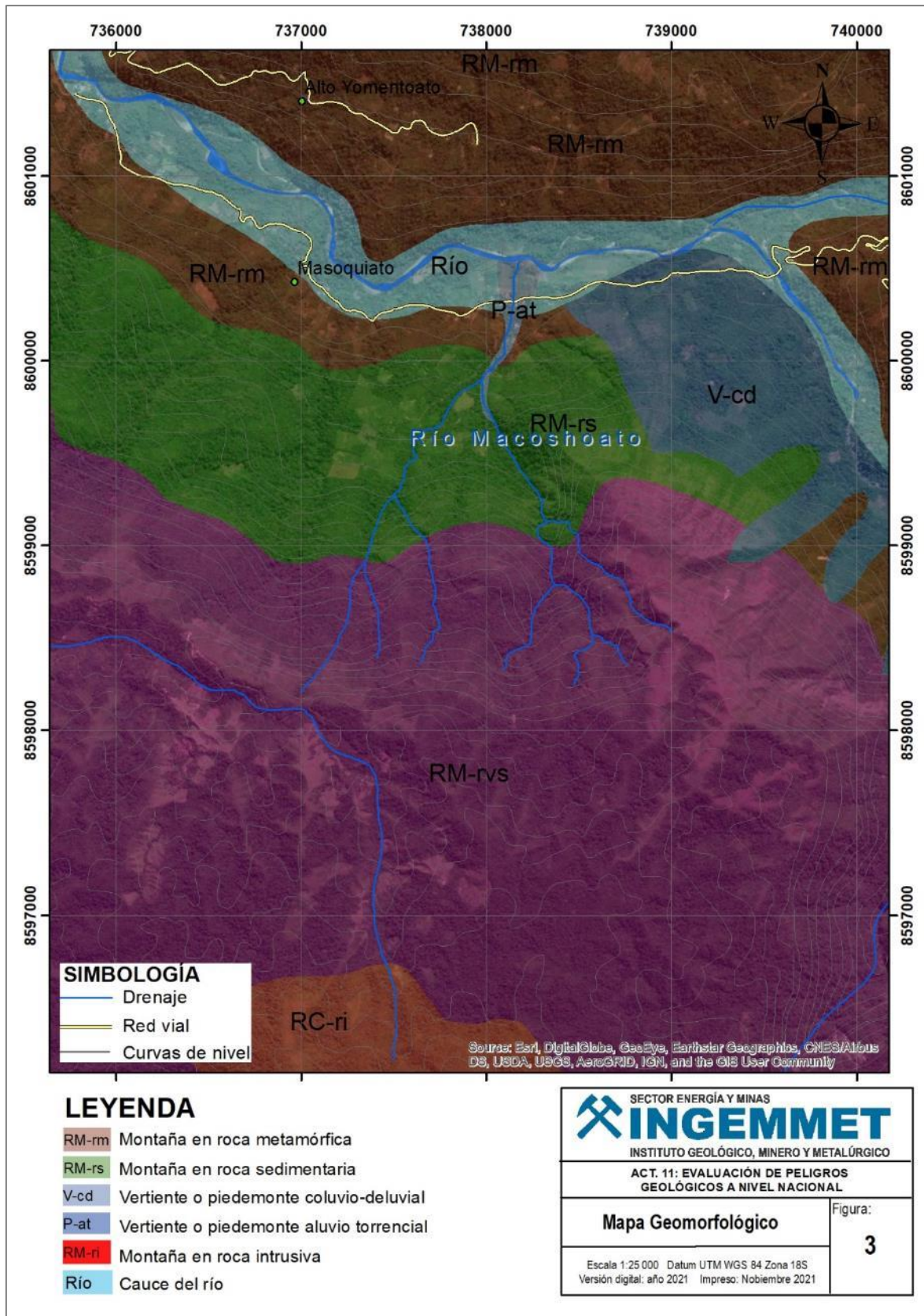


Figura 3. Mapa geomorfológico de la quebrada Macoshoato. Fuente: Vílchez et al., 2020.

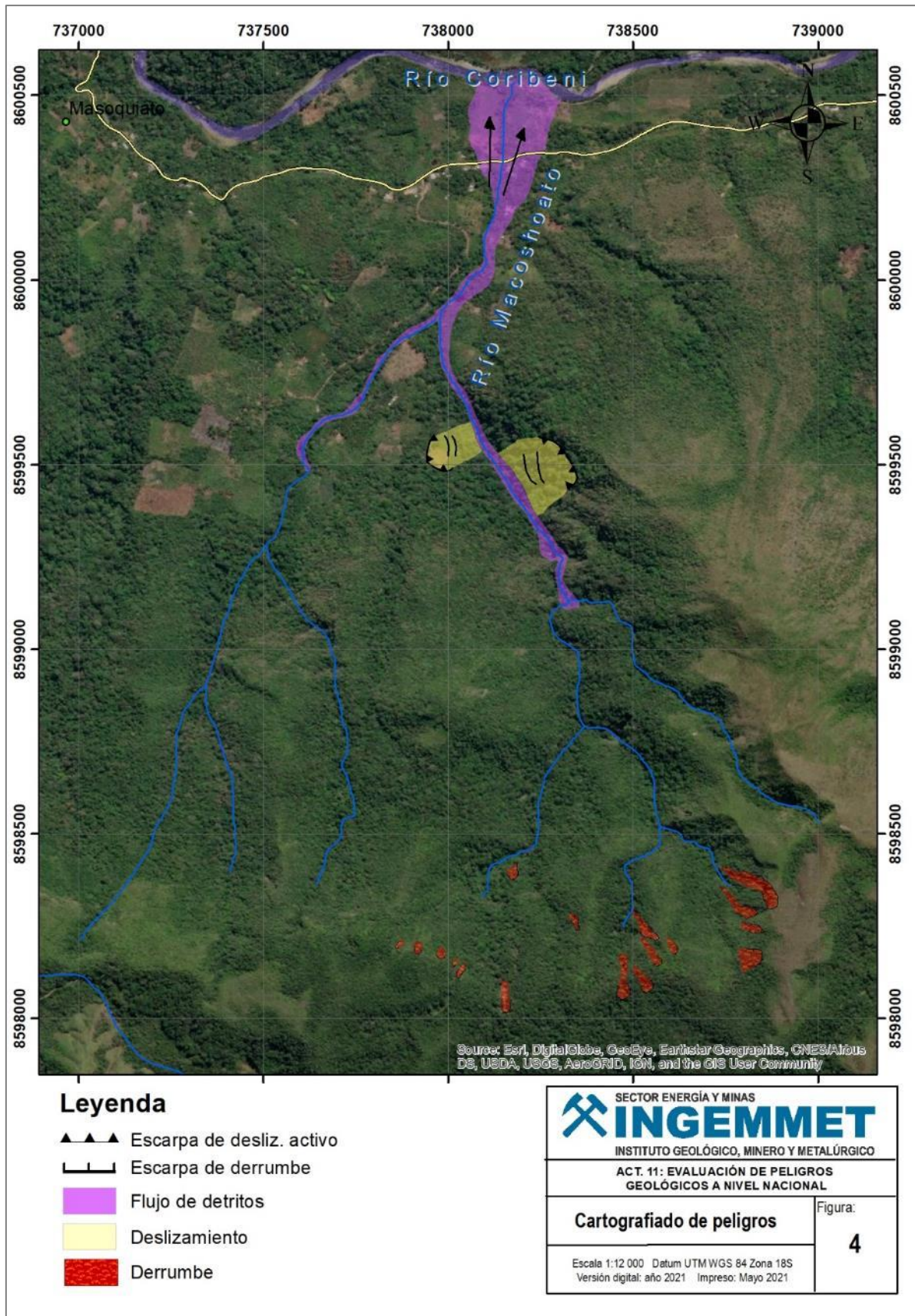


Figura 4. Cartografía de peligros geológicos en la quebrada Macoshoato. Fuente: Elaboración propia.