

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7140

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA COCABAMBILLA

Región Cusco
Provincia La Convención
Distrito Echarati



ABRIL
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA COCABAMBILLA

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

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

Equipo de investigación:

Guisela Choquenaira Garate

Kevin Cueva Sandoval

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 Cocabambilla. Distrito de Echarati, provincia de La Convención, región Cusco. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7140, 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	9
1.3.1. Ubicación	9
1.3.2. Accesibilidad	9
1.3.3. Clima	10
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
2.1. Unidades litoestratigráficas	10
2.1.1. Grupo San José (Om-sj)	11
2.1.2. Formación Sandia (Os-s)	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3. Intrusivo Quilloc – Mesapelada (PET-quim-sgr)	12
2.1.4. Depósito proluvial (Q-pr)	12
2.1.5. Depósito aluvial (Q-al)	13
2.1.6. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)	13
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
3.1. Pendientes del terreno	13
3.2. Unidades geomorfológicas	15
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	16
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	17
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	17
4.1.1. Flujo de detritos en la quebrada Cocabambilla	18
4.1.2. Factores condicionantes	23
4.1.3. Factores desencadenantes	23
5. CONCLUSIONES	24
6. RECOMENDACIONES	25
7. BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXO 1: GLOSARIO	27
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	28

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos, realizado en la quebrada Cocabambilla, perteneciente a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Echarati, provincia de La Convención, región 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 de las formaciones San José y Sandía, conformado por pizarras, esquistos y cuarcitas, este último se encuentra muy fracturado y moderadamente meteorizado. Estas unidades se encuentran cubiertas por depósitos coluvio-deluviales, compuestos por materiales inconsolidados de bloques de formas angulosas a subangulosas, con diámetros que varían de 0.5 a 1.2 m, 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, con diámetros que varían de 0.3 a 2 m, 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) 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 flujo de detritos en la quebrada Cocabambilla fueron las lluvias intensas registradas durante el mes de febrero, alcanzado 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 para la activación de derrumbes en la parte alta de la quebrada y que dieron origen al huaico al substrato rocoso muy fracturado, ello permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno; suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales) de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas; ladera con pendiente escarpada (55°), lo que 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.

El 8 de febrero, la quebrada Cocabambilla se activó y desencadenó un flujo de detritos; en su trayecto acarreó bloques con diámetros de 0.5 a 3 m, arena y troncos de árboles de 0.5 a 1.3 m de longitud. En el evento falleció 1 persona, afectó 41 viviendas de los sectores Pan de Azúcar y Cocabambilla, tramos carreteros, puente de Cocabambilla y 208 ha de 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 temporalmente a la población asentada en los sectores Pan de Azúcar y Cocabambilla al sector denominado Pampa Concepción (coordenadas UTM 764996, 8591648); 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 los eventos de tipo flujo de detritos, que afectó 41 viviendas, tramos carreteros, 2 puentes, 208 ha de terrenos de cultivo y la pérdida de 1 vida humana.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Kevin Cueva y Guisela Choquenaira Garate, para realizar la evaluación de peligros geológicos, el 21 de febrero 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), el cartografiado geológico y geodinámico, 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 16 de febrero en la quebrada Cocabambilla.
- 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.

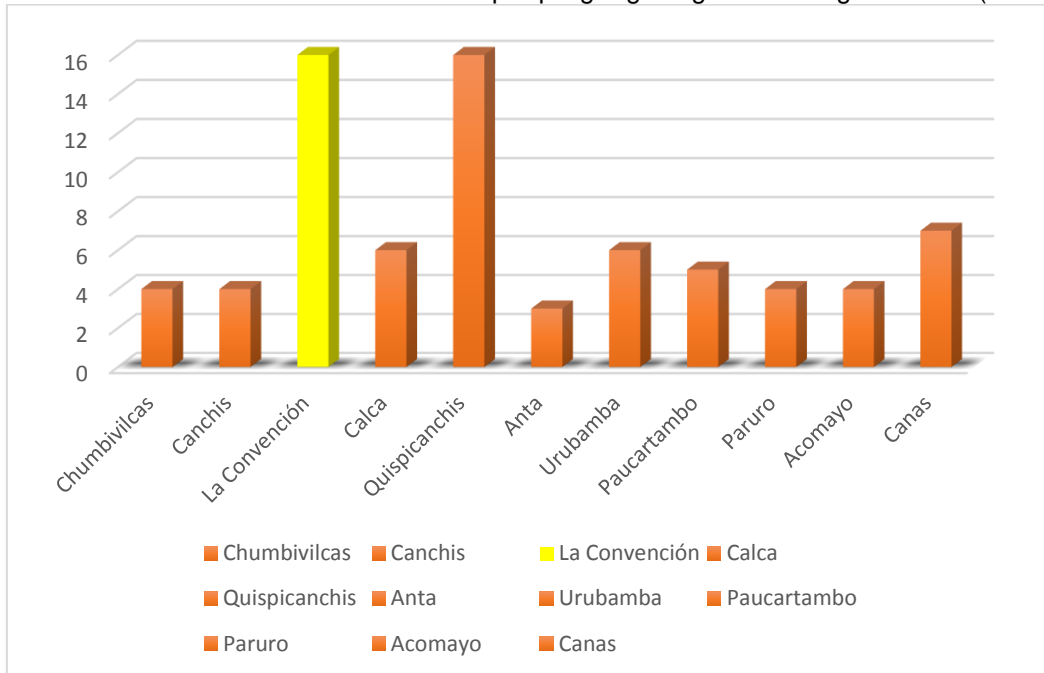
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- A) Boletín N° 74, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros Geológicos en la Región Cusco” (Vílchez et al., 2020); se identificó un total de 75 zonas críticas (gráfico 1) y 1682 ocurrencias de peligros geológicos, tipo: caídas, deslizamientos, flujos, procesos de erosión de laderas, erosión fluvial, reptación de suelos, inundación fluvial, movimientos complejos, hundimientos y finalmente vuelcos. En la provincia de La Convención se identificó 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 Cocabambilla 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.

Gráfico 1. Inventario de zonas críticas por peligro geológico en la región Cusco (2015)



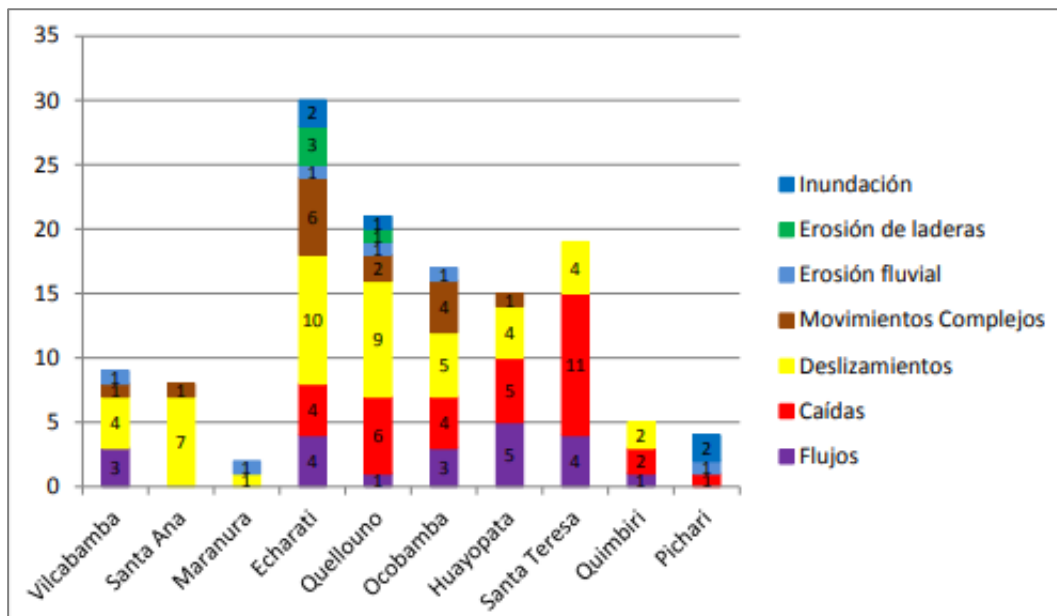
- A) Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 3 (Ingemmet, 2003) menciona que, en la provincia de La Convención se han inventariado 4 ocurrencias de peligros geológicos de tipo flujo de detritos, deslizamientos y derrumbes antiguos. Además de 4 zonas críticas por peligro geológico.

En el mapa de peligros geológicos múltiples (estudio realizado a escala regional), parte del territorio de la provincia de La Convención comprendido en el estudio, se encuentra dentro de las áreas denominadas como: peligro Muy Alto: En estas áreas se conjugan numerosos peligros geológicos; principalmente huaicos, caídas, deslizamientos, movimientos complejos, inundaciones, erosión fluvial y en algunas áreas aluviones. Terrenos con fuerte a muy fuerte pendiente. Áreas propensas a sufrir eventos naturales severos, en las cuales debe evitarse actividades de desarrollo. De implementarse estas actividades, por el requerimiento de la población, deberán tener estudios geológicos-geotécnicos al detalle, previos.

- 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 (formaciones San José y Sandia). Además, señala de manera regional las unidades geomorfológicas (montañas modeladas en rocas metamórficas) de la quebrada Cocabambilla.
- D) La base de datos geocientífica de peligros geológicos disponible en el Sistema de Información Geológico Catastral Minero (Geocatmin), registra un total de 221 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos para la provincia de La Convención, presentándose la mayor cantidad de ocurrencias en los distritos de Echarati, Quellouno y Santa Teresa (gráfico 2).

Gráfico 2. Ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos por distritos, provincia de La Convención



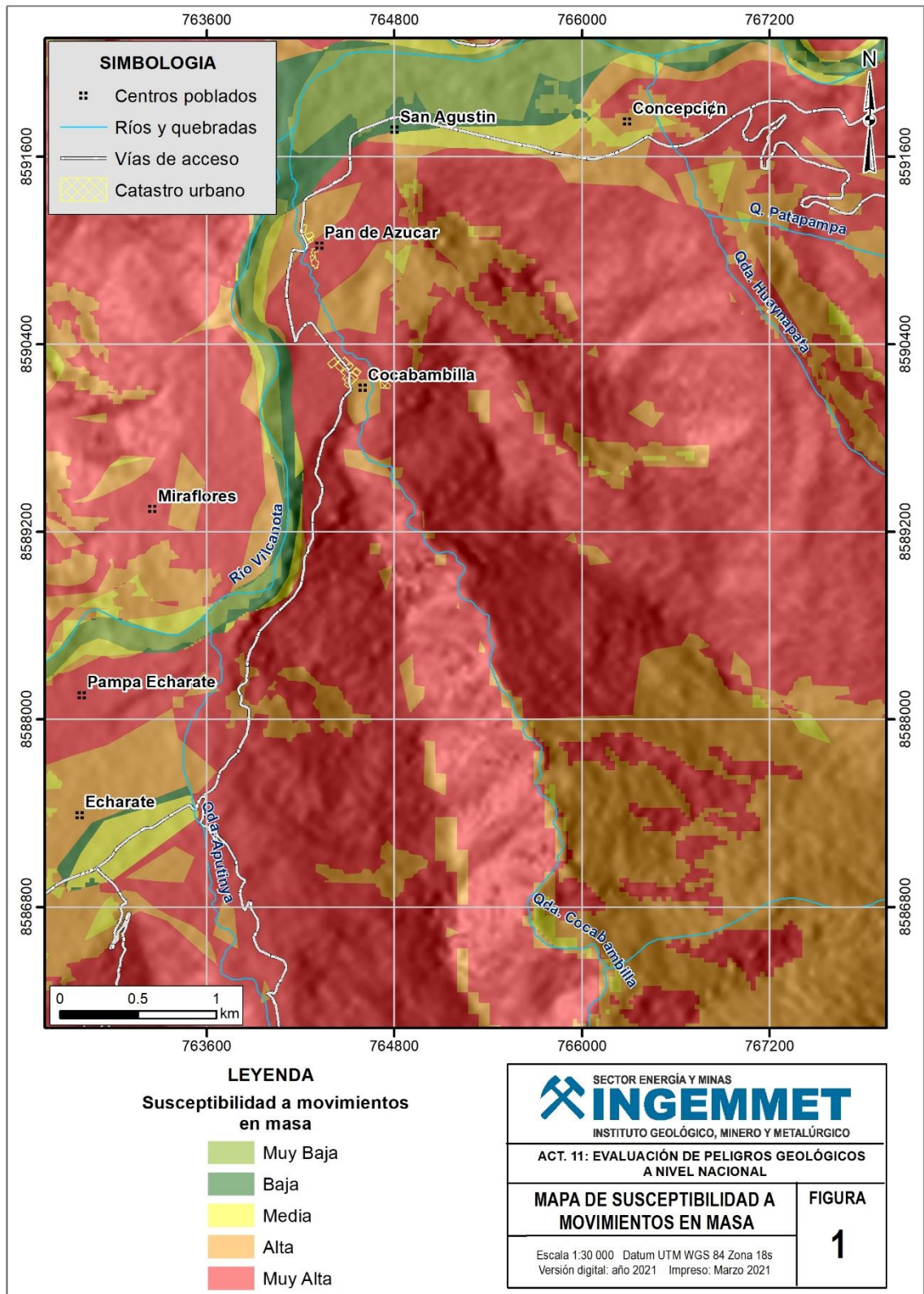


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la quebrada Cocabambilla.
 Fuente: Vílchez et al., 2020.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Los sectores Cocabambilla y Pan de Azúcar, se encuentran ubicados en la quebrada Cocabambilla, a 3.9 km al noreste de Echarati. Políticamente, pertenece al distrito de Echarati, provincia de La Convención, región Cusco. (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) siguientes (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas de la quebrada Cocabambilla

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	762353	8589494	-12.74°	-72.58°
2	766506	8591567	-12.72°	-72.54°
3	771228	8583383	-12.80°	-72.50°
4	764496	8582130	-12.81°	-72.56°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	765945	8586414	-12.77°	-72.55°

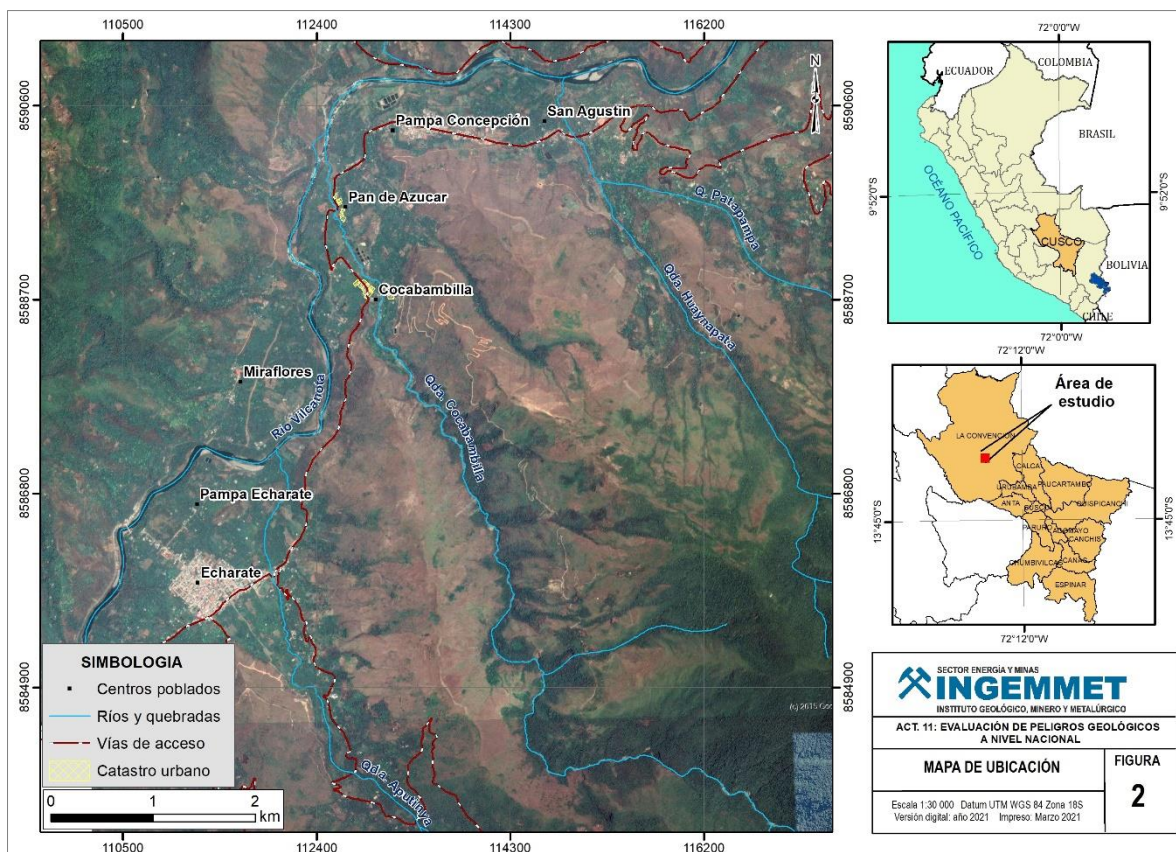


Figura 2. Mapa de ubicación de los sectores Pan de Azúcar y Cocabambilla, ubicados en la quebrada Cocabambilla, distrito de Echarati, provincia de La Convención, región Cusco.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la quebrada Cocabambilla, 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 Cocabambilla

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cusco - Quillabamba	Carretera asfaltada	203	4 h 30 minutos
Quillabamba – Echarati	Carretera asfaltada	25.1	35 minutos
Echarati – Quebrada Cocabambilla	Trocha carrozable	3.9	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, el día 7 de febrero, día previo al primer evento, se registró 40.8 mm de precipitación pluvial. 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 lluvias inusuales en la zona de estudio, se activó y desencadenó un flujo de detritos en la quebrada Cocabambilla.

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. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se desarrolló en base a la carta geológica de Quillabamba – hoja 26q, Carlotto (1999) a escala 1/100 000; en la zona 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.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la quebrada Cocabambilla y alrededores, son de origen metamórfico correspondientes a las formaciones San José (Om-sj) y Sandia (Os-s), los cuales se encuentran muy fracturados y moderadamente meteorizados. Además, en la zona alta afloran rocas intrusivas del Triásico (Quilloc - Mesapelada), conformado por sienogranitos y granitos. 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 (figura 3).

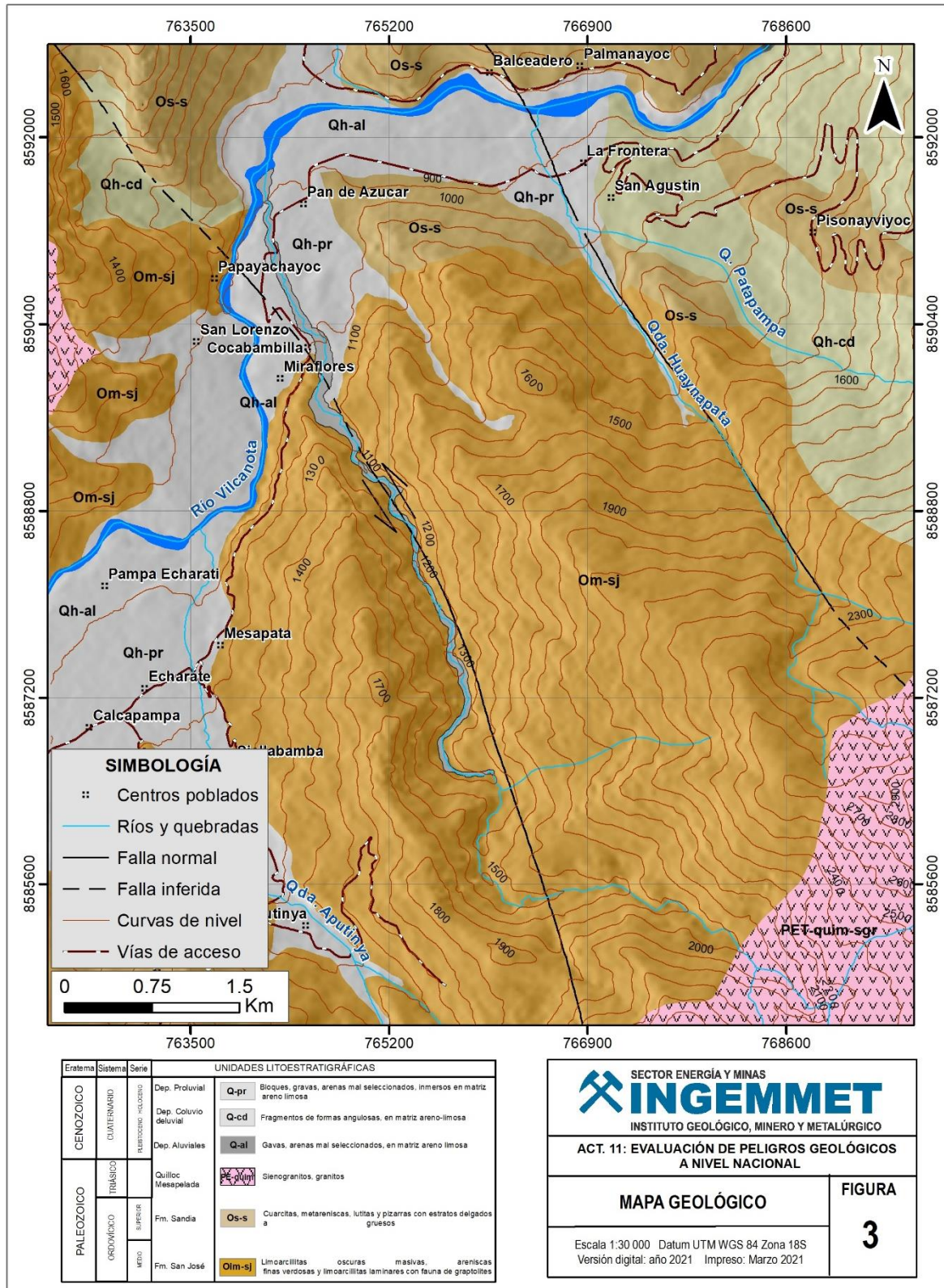


Figura 3. Mapa geológico de la quebrada Cocabambilla. Modificado de Carlotto, 1999.

2.1.1. Grupo San José (Om-sj)

Esta unidad aflora al sur de los sectores Cocabambilla y Pan de Azúcar y al noreste de Echarate, así mismo, aflora en las partes altas de los cerros circundantes a la quebrada Cocabambilla y en contacto con el intrusivo Quilloc – Mesapelada; está compuesto por

pizarras, esquistos grises, verdes y negros con pirita diseminada y cristalizada, además de micaesquistos, cuarcitas y hornfels (Laubacher, 1977; De la Cruz & Carpio, 1996). En la margen izquierda de la quebrada Cocabambilla, el afloramiento se encuentra medianamente fracturado (fotografía 1) y moderadamente meteorizado.



Fotografía 1. Cuarcitas medianamente fracturadas y moderada a altamente meteorizadas de la Formación San José. Con coordenadas UTM (WGS 84): 765178 E, 8585270 S a 1618 m s. n. m.

2.1.2. Formación Sandía (Os-s)

Aflora al noreste de los sectores Cocabambilla, Miraflores y Pan de Azúcar. Litológicamente está conformado por una secuencia de cuarcitas, metacuarcitas laminada y pizarras. En la margen derecha de la quebrada Cocabambilla el sustrato rocoso está conformado principalmente por esquistos, pizarras, intercalado con bancos de cuarcitas, los cuales se encuentran muy fracturados, ello generó bloques sueltos de hasta 0.5 m. Además, se encuentra moderadamente meteorizada.

2.1.3. Intrusivo Quilloc – Mesapelada (PET-quim-sgr)

Se ubica en la parte sureste del cuadrángulo de Quillabamba, tiene una dirección general noroeste-sureste, este macizo intruye rocas del Grupo San José y de las formaciones Quillabamba y Sandía. Macroscópicamente, está compuesto por sienogranitos, tienen textura fanerítica de grano grueso y son leucócratas.

2.1.4. Depósito proluvial (Q-pr)

Se encuentran dispuestos en el fondo de los valles, en forma de conos de deyección hacia la confluencia del río Vilcanota. Estos depósitos están compuestos por bloques y gravas de rocas intrusivas y metamórficas, de formas subangulosas a subredondeadas, con diámetros que varían de 0.3 a 2 m, envueltos en una matriz areno-arcillosa (fotografía 2). Se encuentran medianamente consolidado y saturado. Actualmente, sobre este depósito se ubican los sectores de Cocabambilla y Pan de Azúcar.



Fotografía 2. Depósito proluvial (depósito de flujos antiguos), conformado por bloques con diámetros que varían de 0.3 a 2 m, envueltos en matriz areno-arcillosa. Coordenadas UTM (WGS 84): 764645 E, 8590224 S, a 968 m s.n.m.

2.1.5. Depósito aluvial (Q-al)

Estos depósitos se encuentran distribuidos en ambas márgenes del río Vilcanota, están constituidos por bloques de rocas intrusivas y metamórficas, bancos de gravas y arenas, formando terrazas aluviales. Sobre este depósito se encuentran asentadas algunas viviendas del sector Pan de Azúcar y se desarrollan terrenos de cultivo.

2.1.6. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Se localizan en las laderas que circunscriben la quebrada Cocabambilla, 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 0.5 a 1.2 m, inmersos en una matriz areno – arcillosa.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

La pendiente, 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.

En la figura 4, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a la información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS), donde se presentan con mayor

predominio laderas con pendientes moderadamente inclinados (5° - 15°) a inclinados (15° - 25°), con un cambio abrupto a terrenos de pendiente muy fuerte ($>45^{\circ}$).

La Quebrada Cocabambilla está circundada por montañas metamórficas con laderas de pendientes que 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 que varía de 2° a 7° .

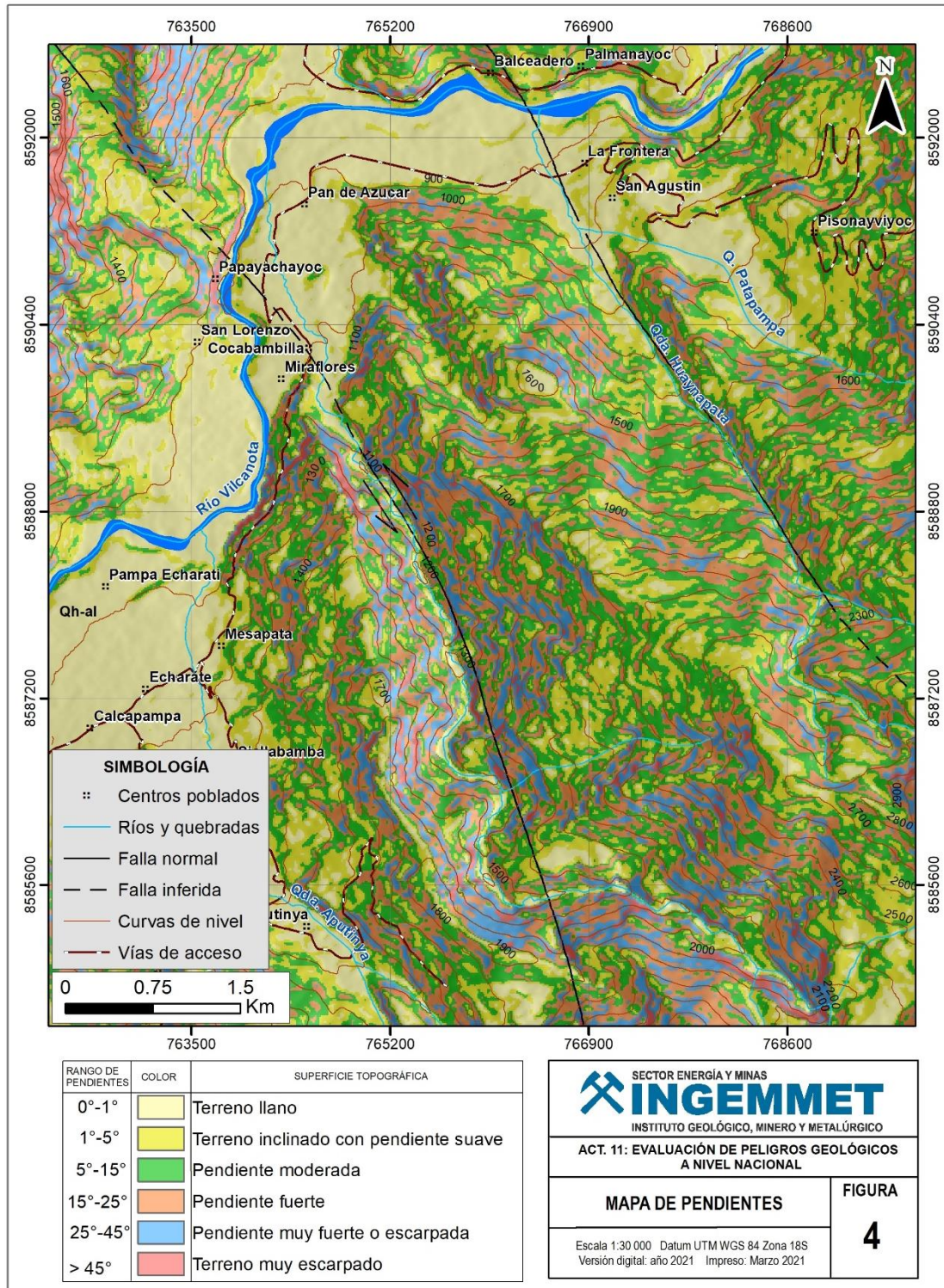


Figura 4. Mapa de pendientes de la quebrada Cocabambilla. Elaboración propia.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (figura 5), 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).

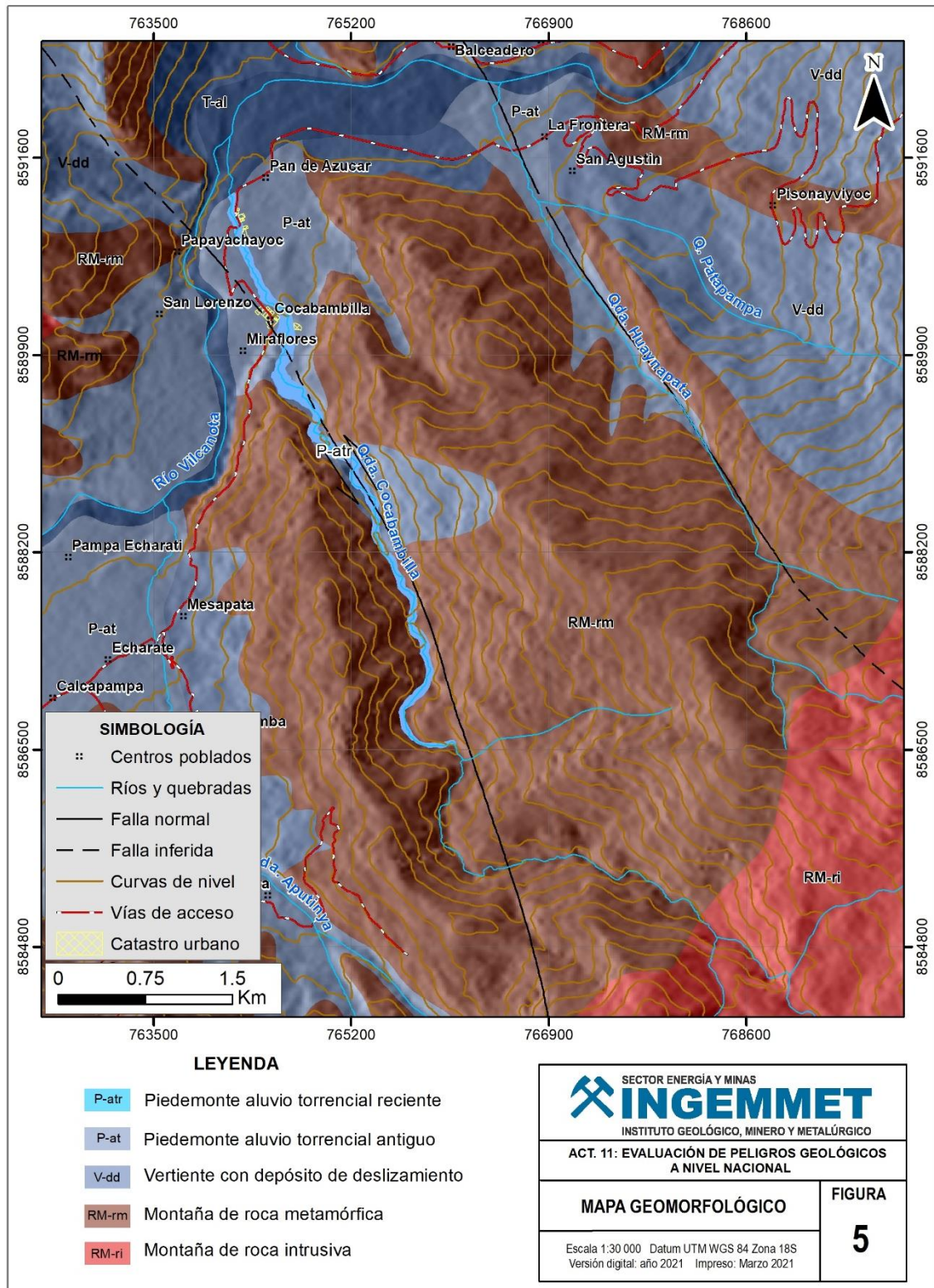


Figura 5. Mapa geomorfológico de la quebrada Cocabambilla. Fuente: Vílchez et al., 2020.

3.2.1. 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).

3.2.1.1. 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 metamórficos (RM-rm): Relieve modelado en afloramientos de las formaciones Sandía y San José, conformadas por esquistos, pizarras, intercalados con bancos de cuarcita. La montaña cubre gran parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes moderadas a escarpadas, varían de 25° a 55°, con cimas subredondeadas a agudas. En la parte alta son disectados por una red de drenaje dendrítica, resaltando principalmente la quebrada Cocabambilla (fotografía 3).



Fotografía 3. Vista aérea de montañas modeladas en rocas metamórficas (RM-rm), cuyas laderas presentan pendientes empinadas.

Subunidad de montañas en rocas intrusivas (RM-rm): Representada por las montañas denominada Mesapelada, corresponde a una cadena de cumbres altas que superan los 3 500 m s.n.m. que rodean las ciudades de Quillabamba y Echarate, por el sector este. Están limitadas por la vertiente oriental del valle del Urubamba y se prolongan hasta el valle de

Ocobamba. Esta geoforma se desarrolló sobre rocas intrusivas permo-triásicas del macizo de Mesapelada, con cimas subredondeadas y laderas empinadas.

3.2.2. 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:

3.2.2.1. 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.

3.2.2.2. 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 Cocabambilla, afluente al río Vilcanota por su margen derecha formó un cono proluvial producto de la acumulación de material acarreado por huaicos antiguos.

El material está conformado por bloques de naturaleza metamórfica e intrusiva, con diámetros que varían de 0.3 m a 2 m; de formas subangulosos a subredondeados, se encuentran medianamente consolidados. En la desembocadura de la quebrada Cocabambilla se ubican las viviendas de los sectores Cocabambilla y Pan de Azúcar y se desarrolla terrenos de cultivo.

4. 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.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

La quebrada Cocabambilla, presenta una geodinámica muy activa, representada por deslizamientos antiguos, derrumbes reactivados, depósitos antiguos flujo de detritos o huaicos (figura 7) y recientemente, el flujo de detritos del 8 y 16 de febrero del presente año (figura 8). Además, la zona es considerada de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Vílchez, 2020).

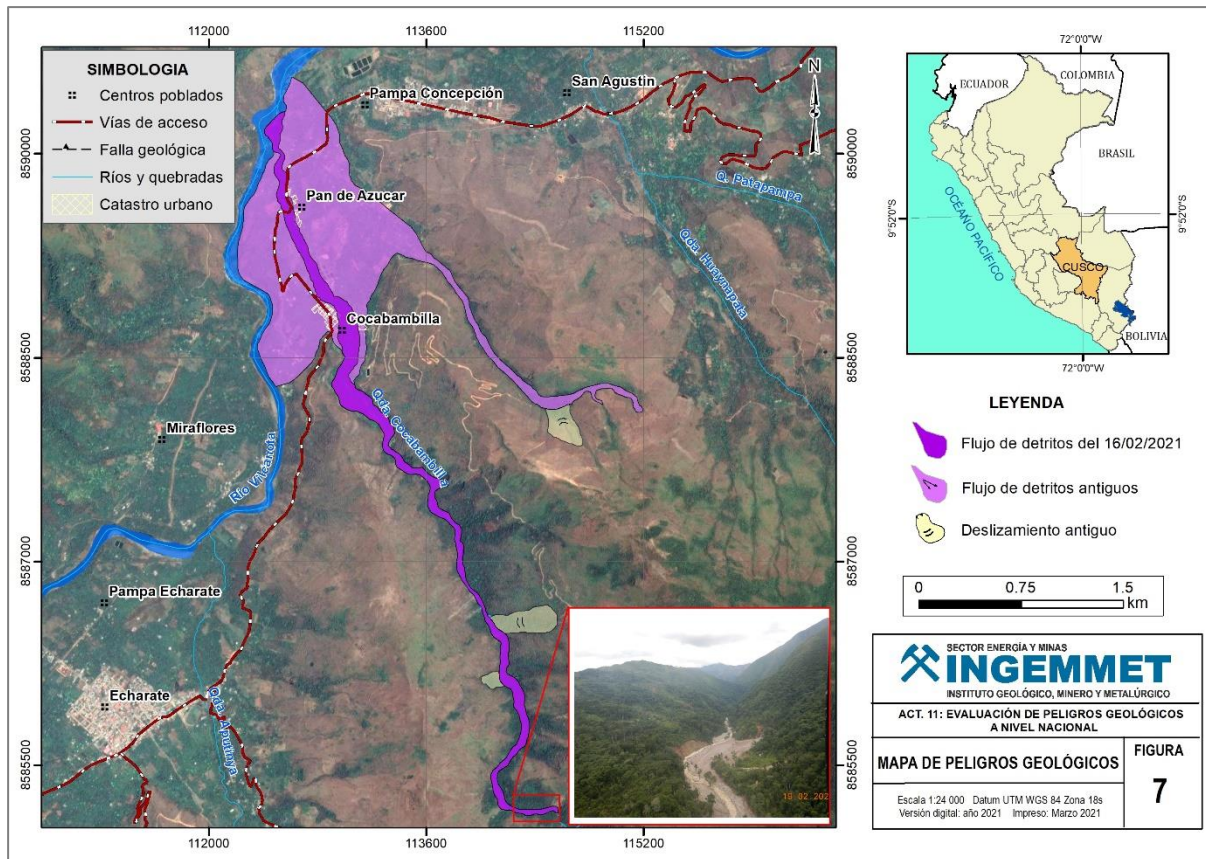


Figura 7. Cartografía de peligros geológicos en la quebrada Cocabambilla.

4.1.1. Flujo de detritos en la quebrada Cocabambilla

Los sectores Pan de Azúcar y Cocabambilla, se encuentran asentados sobre antiguos depósitos proluviales que se originaron por la acumulación de material acarreado por flujos de detritos o huaicos. El material está conformado por bloques de formas subangulosas, con diámetros que varían de 0.3 a 2 m, envueltos en matriz areno-arcillosa; además, el depósito se encuentra medianamente consolidado.

El 8 de febrero del 2021, aproximadamente a las 3 a.m., debido a las lluvias intensas registradas en el distrito de Echarati; la quebrada Cocabambilla se activó y generó un flujo de detritos (fotografía 4). El 16 de febrero, nuevamente la quebrada se reactivó en flujo de detritos, siendo este el de menor volumen.

Trabajos de campo realizado el 20 de febrero en la zona media de la quebrada Cocabambilla, permitieron identificar a lo largo de su cauce la presencia de antiguos deslizamientos reactivados y derrumbes recientes (figura 9), 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 y 16 de febrero del presente año.

A la altura del sector Cocabambilla, el huaico transportó bloques de composición metamórfica, con diámetros que varían de 0.5 a 3 m, arena (fotografía 5) y troncos de árboles de 0.5 a 1.3 m de longitud, (fotografía 6). Aguas arriba del sector Cocabambilla, el flujo de detritos alcanzó aproximadamente 168 m de ancho y sobrepaso la terraza en 2 m. Hacia la margen derecha erosionó y ensanchó su cauce en 78 m; asimismo, hacia la margen izquierda erosionó 58 m. El daño ocasionado en este sector comprende la destrucción de 7 viviendas, puente de acceso al sector Mosocllaqta, trocha carrozable y terrenos de cultivo.

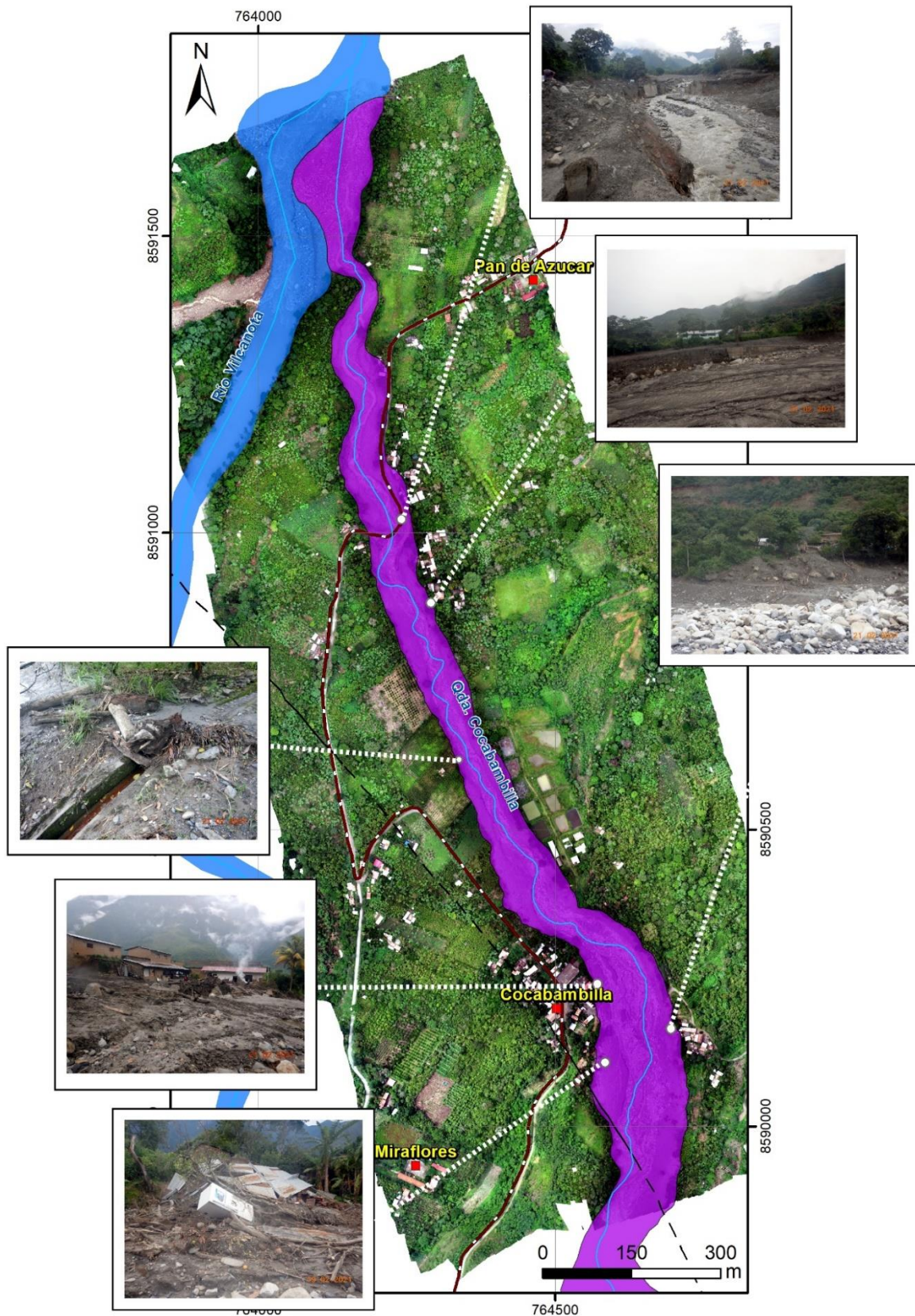


Figura 8. Afectación y proceso evolutivo del flujo de detritos (huaico) en la zona baja de la quebrada Cocabambilla, desencadenado el 16/02/2021, producto de las lluvias inusuales registradas en la provincia de La Convención.



Fotografía 4. Vista aérea de la zona de aporte a la quebrada Cocabambilla.

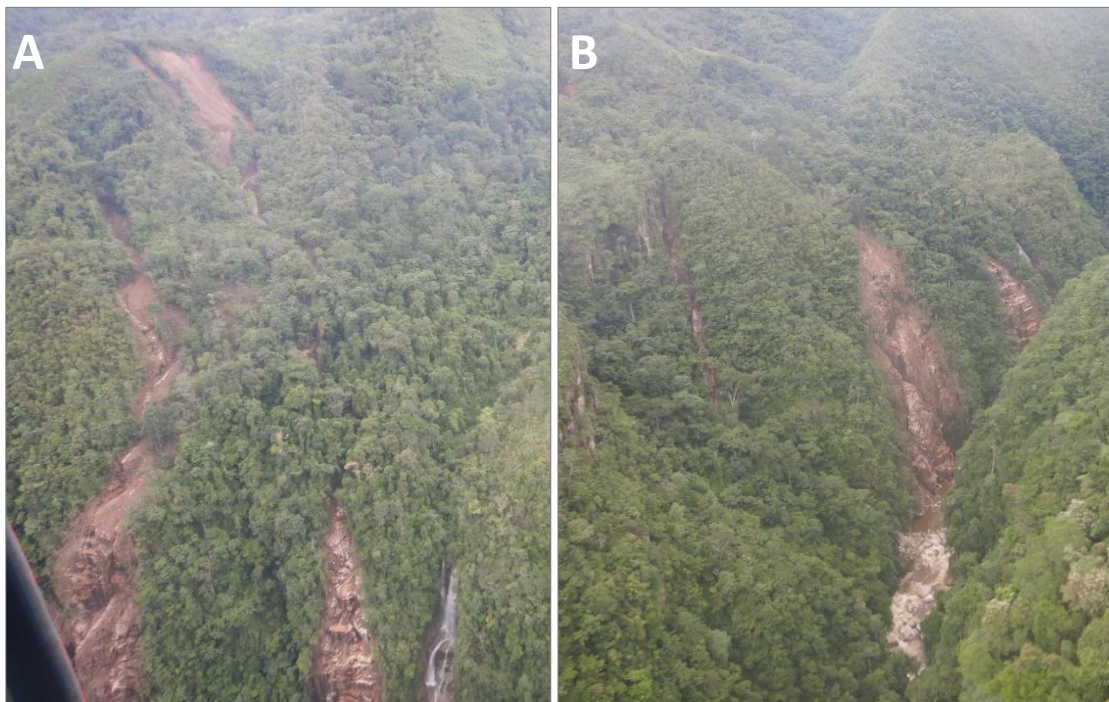


Figura 9. A, B) Derrumbes continuos en la zona media de la quebrada Cocabambilla. Con coordenadas UTM (WGS 84): 766117, 8586600 S a 1457 m s.n.m.



Fotografía 5. Material transportado por la quebrada Cocabambilla, es cual está conformado por bloques con diámetros de 0.5 a 3 m, arena.



Fotografía 6. Troncos de árboles de 0.5 a 1.3 m de longitud, arrancados desde su raíz.

Finalmente, hacia la zona más distal, en el sector Pan de Azúcar (fotografía 7), el huaico erosionó la margen derecha, aproximadamente en 20 m; en ese punto alcanzó una altura de 1.5 m sobre el antiguo depósito de flujo de distritos e inundó las viviendas del sector mencionado. Además, el evento ocasionó el colapso del puente Cocabambilla, dejando inhabilitado la vía de acceso a pueblos aledaños y cobró la vida de una persona (figura 10 A y B).



Fotografía 7. Recorrido del huaico en la zona baja de la quebrada Cocabambilla.



Figura 10. A) Puente Cocabambilla colapsado, medio de acceso al sector Pan de Azúcar. B) Vista de viviendas del sector Pan de azúcar afectados.

4.1.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por pizarras, esquistos y cuarcitas regularmente meteorizado y muy fracturado debido a la presencia de fallas geológicas, los cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Los suelos inconsolidados (depósitos coluvio - deluviales), adosados a las laderas que delimitan la quebrada Cocabambilla, compuestos principalmente por materiales inconsolidados de bloques de formas angulosas a subangulosas, con diámetros que varían de 0.5 a 1.2 m, inmersos en una matriz areno arcillosa, son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas.

Factor geomorfológico

- La quebrada Cocabambilla se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas metamórficas, cuyas laderas presentan pendientes fuertes (25°) a 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 Cocabambilla.
- 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.

4.1.3. 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 Cocabambilla.

5. CONCLUSIONES

1. Los sectores Pan de Azúcar y Cocabambilla se encuentran asentadas sobre antiguos depósitos proluviales medianamente consolidados y saturados, que se originaron por la acumulación de material acarreado de huaicos antiguos. El material está conformado por bloques subangulosos a subredondeados, con diámetros que varían de 0.3 a 2 m, envueltos en una matriz areno-arcillosa.
2. El 8 de febrero, la quebrada Cocabambilla se activó y desencadenó un flujo de detritos, en su trayecto acarrió bloques de composición metamórfica, gravas, arena y troncos de árboles de 0.5 hasta 1.3 m de longitud. Ello afectó 41 viviendas, tramos carreteros, puente Cocabambilla, 208 ha de terrenos de cultivo y cobró la vida de una persona.
3. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, los sectores Pan de Azúcar y Cocabambilla, 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. La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
 - Sustrato rocoso compuesto por pizarras, esquistos y cuarcitas regularmente meteorizado y muy fracturado debido a la presencia de fallas geológicas, los cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
 - Los suelos inconsolidados conformado por depósitos coluvio - deluviales, adosados a las laderas que delimitan la quebrada Cocabambilla, son fácilmente erosionables y removibles ante precipitaciones pluviales intensas.
 - Las laderas que circunscriben la quebrada Cocabambilla presentan pendientes fuertes (25°) a 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.
 - Acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas y montañas que circunscriben la quebrada Cocabambilla.
 - Presencia de agua subterránea (ojos de agua y manantiales) que 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. El factor desencadenante para la ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada Cocabambilla, fueron las lluvias intensas registradas días antes al evento en el distrito de Echarate (SENAMHI, 2021).

6. RECOMENDACIONES

1. Reubicar temporalmente a la población de los sectores Pan de Azúcar y Cocabambilla al sector denominado Pampa Concepción (764996, 8591648); 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 Cocabambilla. 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 Cocabambilla 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 Cocabambilla, respetando el cauce natural.
5. El trazo para la construcción del nuevo puente Cocabambilla, debe tener en cuenta las máximas avenidas de la quebrada, respetar el cauce natural y realizar estudios geotécnicos.
6. 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 Cocabambilla y en las riberas del río Vilcanota.



.....
Ing. KEVIN ARNOLD CUEVA SANDOVAL

Especialista en Peligros

Volcánicos

INGEMMET



.....
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL

Director

Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

INGEMMET

7. 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, Transportati3n 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
- 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>
- 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: GLOSARIO

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

AGRIETAMIENTO (cracking) Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

CORONA (crown) 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.

DESLIZAMIENTO (slide) Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez J., 2009).

ESCARPE (scarp) sin.: 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.

FLUJO DE DETRITOS: Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos

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

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

MOVIMIENTO EN MASA (mass movement, landslide) sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A. Medidas de mitigación para huaicos

Estas medidas de mitigación deben emplearse en quebradas de régimen temporal donde se producen huaicos periódicos a excepcionales que pueden alcanzar grandes extensiones y transportar amplios volúmenes de sedimentos gruesos y finos. Con el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar, en los casos que sean posibles, las medidas que se proponen a continuación

- Encauzamiento del canal principal de los lechos fluviales secos, con remoción selectiva de los materiales gruesos, que pueden ser utilizados en los enrocados y/o espigones para controlar las corrientes (figura 11). Considerar siempre que estos lechos fluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional, caso del fenómeno El Niño. Es decir, el encauzamiento debe considerar un diseño que pueda resistir máximas avenidas sin que se produzcan desbordes.
- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos (figura 12).
- La construcción de obras e infraestructuras que crucen estos cauces secos deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, que permitan el libre paso de huaicos, evitándose obstrucciones y represamientos, con posteriores desembalses más violentos.
- Realizar la construcción de presas de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos.
- Evitar en lo posible la utilización del lecho fluvial como terreno de cultivo que permita el libre discurrir de los flujos hídricos.
- Las quebradas, torrenteras o chorreras que generan huaicos periódicos en la región pueden ser controladas en las carreteras mediante badenes de concreto o mampostería de piedra, alcantarillas, pontones o puentes, entre otros, en función de las características geodinámicas y topográficas de la quebrada. Es preciso mencionar que estas obras de infraestructuras, que atraviesen estos cauces, deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máximas crecidas registradas, que permitan el libre discurrir de crecidas violentas que provienen de la cuenca media y alta evitándose obstrucciones y represamientos violentos.

Además, estas obras deben ser acompañadas de obras de canalización y limpieza del cauce de la quebrada aguas arriba; así como obras de defensa contra erosión (enrocados, gaviones o muros de concreto) ya mencionados.

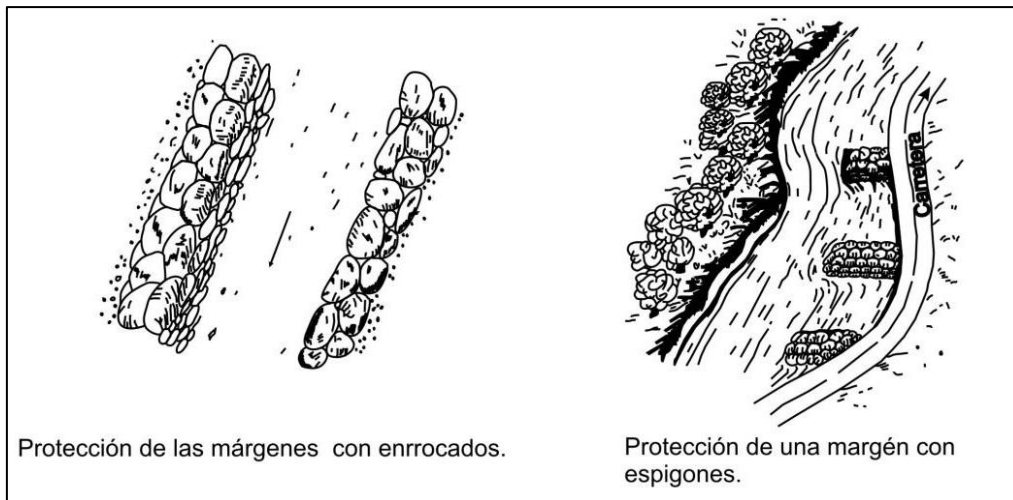


Figura 11. Protección de márgenes con enrocados, espigones y siembra de bosques ribereños.

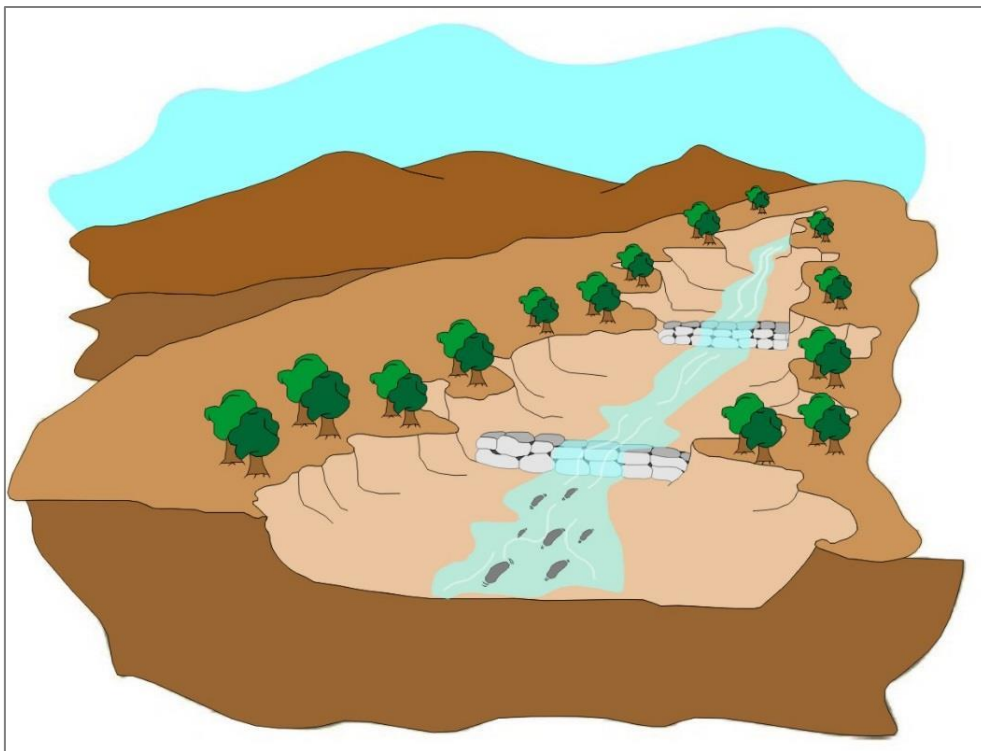


Figura 12. Presas transversales a cursos de quebradas.