

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7018

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE WISCAPUQUIO

Región Huancavelica
Provincia Angaraes
Distrito Ceochaccasa



FEBRERO
2020

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR WISCAPUQUIO

(Distrito de Ccochaccasa, provincia de Angaraes, región Huancavelica)

CONTENIDO

	RESUMEN	2
1.	INTRODUCCIÓN	3
	1.1 Objetivos del estudio	3
	1.2 Antecedentes y trabajos anteriores	3
2.	ASPECTOS GENERALES	5
	2.1 Ubicación y accesibilidad	5
	2.2 Clima e hidrografía	7
3.	GEOLOGÍA	8
	3.1 Unidades litoestratigráficas	8
4.	GEOMORFOLOGÍA	11
	4.1 Pendientes	11
	4.2 Unidades geomorfológicas	12
	4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	12
	4.2.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional	15
5.	PELIGROS GEOLÓGICOS - CONCEPTOS GENERALES	16
	5.1 Otros peligros geológicos	16
	5.1.1 Erosión de laderas	16
	5.1.2 Hundimiento	17
6.	OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE WISCAPUQUIO	19
	6.1 Erosión de laderas en el sector de Wiscapuquio	19
	6.1.1 Causas	20
	6.2 Hundimiento en el sector de Wiscapuquio	21
	6.2.1 Causas	28
	6.2.2 Daños	28
7.	CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO	29
	CONCLUSIONES	31
	RECOMENDACIONES	32
	REFERENCIAS	33

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR WISCAPUQUIO (Distrito de Ccochaccasa, provincia de Angaraes, región Huancavelica)

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizado en sector de Wiscapuquio, que pertenece a la jurisdicción de la municipalidad distrital de Ccochaccasa, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica. 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.

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas de origen sedimentario y volcánico; en la base se tienen secuencias de calizas de la Formación Chambará; le sobreyacen las secuencias volcánicas (tobas) del miembro inferior de la Formación Julcani; con una cobertura de materiales del Cuaternario (depósitos glaciares, fluvio-glaciares y antropogénicos).

Se identificaron geoformas de carácter tectónico-degradacional y denudacional (montañas modeladas en rocas sedimentarias, montañas en roca volcánica) y geoformas de carácter depositacional y agradacional (Piedemonte, bofedales, cauce de río y plataforma antrópica).

En el sector de Wiscapuquio se identificó tres hundimientos denominados según su cronología de ocurrencia como H1, H2 y H3, de diferentes dimensiones, ubicados en el cauce de la quebrada Chontacancha; el último evento (H3) ocurrió el mes de enero del año 2019. Los hundimientos tienen como origen procesos de disolución de rocas calcáreas, que produjo la formación de cavernas y dolinas de colapso, que destruyó tuberías de agua y desagüe, así también afectó la porción final del canal pluvial cubierto de Wiscapuquio.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas presentes en la zona evaluada, donde los bordes del hundimiento activo (H3) se presentan inestables; se le considera como una zona de alto peligro, dado que las paredes verticales del hundimiento pueden ceder por efectos de ensanchamiento del evento ante la ocurrencia de precipitaciones pluviales o sismos.

Finalmente, en el presente informe se brindan recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades pongan en práctica para reducir la vulnerabilidad de personas y animales, y por tanto reducir el riesgo a los peligros geológicos. Estas recomendaciones se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias y los daños que pueden ocasionar los procesos identificados.

1. INTRODUCCIÓN

La Oficina Regional de Defensa Nacional, Seguridad Ciudadana, Gestión del Riesgo de Desastres y Desarrollo Sostenible del Gobierno Regional de Huancavelica, mediante Oficio N° 261-2019/GOB.REG.HVCA7GR-ORDNSCGRyDS, de fecha 26 de junio de 2019, solicitó el estudio geológico de peligro en el canal pluvial del sector Wiscapuquio, del distrito de Ccochaccasa, afectado por hundimientos.

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 7), contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico por movimientos en masa y de los denominados otros peligros geológicos en zonas que tengan elementos vulnerables. Para ello la DGAR designó al ingeniero Manuel Vílchez M., para que realicen la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron el día 19 de setiembre del presente año. Se inició los trabajos realizando las coordinaciones respectivas con el alcalde de la Municipalidad Distrital Ccochaccasa el señor Edmundo Huarcaya C. y durante la inspección de campo con la presencia del Sr. Damaso Huillcas Ovalle Secretario Técnico de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pazos Ccochaccasa y de otros pobladores de la zona.

La evaluación técnica se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET y los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías), el cartografiado geológicos y geodinámico, y finalmente la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Ccochaccasa, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa o los denominados otros peligros geológicos que se presentan en el sector de Wiscapuqui; si también, determinar se los eventos identificados pueden comprometer la seguridad física de personas y sus bienes.
- Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2 Antecedentes y trabajos anteriores

Se tienen trabajos previos y publicaciones en diferentes escalas realizadas por INGEMMET que incluyen el sector de Wiscapuquio del distrito de Ccochaccasa, relacionados a temas de geología y peligros geológicos, de los cuales destacan los siguientes:

- En el Boletín N° 69, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: **“Peligro geológico en la región Huancavelica”** (2019), se identifican los peligros geológicos y geohidrológicos que pueden causar desastres dentro del ámbito de la región. Se identificó un total de 1740 ocurrencias de peligros (incluye eventos

identificados cerca al sector de Wiscapuquio) y se determinaron 45 zonas críticas. El estudio también realiza un análisis de susceptibilidad por movimientos en masa (escala 1: 100 000), evidenciándose que en el sector de Wiscapuquio se presentan una alta susceptibilidad (figura 1). Entendiéndose susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno); los desencadenantes de estos eventos son la precipitación pluvial y la sismicidad.

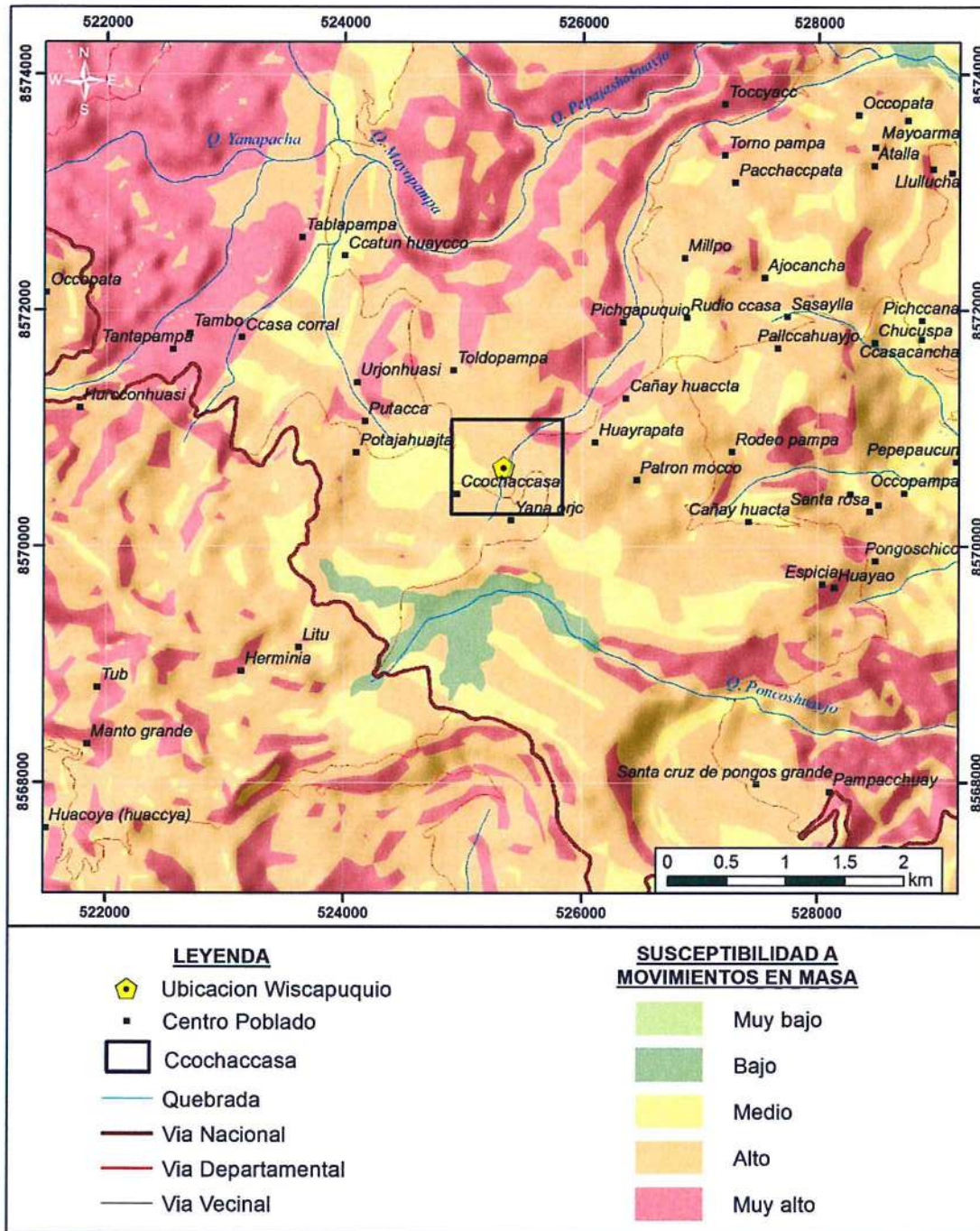


Figura 1: Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa (INGEMMET, 2019).

- La "Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica" (2003), se realiza el reconocimiento y la división de los grupos Tarma y Copacabana; realiza la división y cartografiado de los grupos Mitu, Pucará y Goyllarisquiza; también de las formaciones Acobamba y Rumichaca; finalmente reconoce nuevas fallas y pliegues, y hace el cartografiado de afloramientos de rocas intrusivas y subvolcánicas.
- En el Boletín N° 73, serie A, Carta Geológica Nacional: "**Geología del cuadrángulo de Huancavelica**" (1996); se describe la geología presente en la zona evaluada, conformada por secuencias de rocas sedimentarias, metamórficas y plutónicas-volcánicas, con edades que van desde el Paleozoico al Cuaternario reciente.

También se tiene informes de la zona evaluada que fueron elaborados por otras instituciones, entre los que se tiene:

El "**Informe técnico N° 023-2019: Informe preliminar del riesgo en el canal pluvial del sector Wiscapuquio, distrito de Ccochacasa, provincia de Anarés – Huancavelica**", elaborado por la Oficina de Defensa Nacional, Seguridad Ciudadana, Gestión de Riesgo de Desastres y Desarrollo Sostenible del Gobierno Regional de Huancavelica, tiene como objetivos estimar el nivel del riesgo que pudiera afectar la propiedad pública y privada en el sector de Wiscapuquio del distrito Ccochaccasa. En el documento se manifiesta que en el mes de enero del presente año a consecuencia de las precipitaciones pluviales se produjo el hundimiento del cauce principal del canal pluvial del sector Wiscapuquio; se identifican los peligros, algunos factores condicionantes y desencadenantes de los eventos identificados. También se presenta una estimación preliminar del nivel del peligro, se emiten conclusiones y las recomendaciones respectivas.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación y accesibilidad

La zona evaluada corresponde al sector de Wiscapuquio que pertenece al distrito de Ccochaccasa, provincia Angaraes, región de Huancavelica (figura 2); se encuentra ubicado en las coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) siguientes:

Centro poblado de San Lucas de Tongos		
Norte	Este	Altitud
8570665	525336	4160 m s.n.m

El acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima, es por vía terrestre, para ello se debe seguir dos rutas; la primera por la Carretera Central en la siguiente ruta: Lima-La Oroya-Jauja-Huancayo-Izcuchaca-Huancavelica-Ccochacasa por un tiempo estimado de 11 h 8 min, a través de 501 km aproximadamente; y la segunda es por la carretera Panamericana Sur en la siguiente ruta: Lima-Chincha-Sonco-Villa de Arma-Huancavelica-Ccochaccasa, por un tiempo estimado de 7 h 13 min, a través de 478 km.

Cuadro 1: Rutas de acceso a la zona evaluada

Desde	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Ruta 1			
Lima - Huancayo	Carretera central y carretera 3S – asfaltada	304 km	7 h 1 m

Huancayo Izcuchaca Huancavelica ccochoaccasa	- - - -	Carretera 26 - asfaltada	197	4 h 7 min
Ruta 2				
Lima - Chíncha		1S - asfaltada (Panamericana Sur)	204	2 h 46 min
Chíncha - Sonco - Villa de Arma		Carretera 26 - afirmada	104	1 h 44 min
Villa de Arma - Huancavelica		Carretera 26 - afirmada	120	1 h 43
Huancavelica Ccochoaccasa		Carretera 26 B - asfaltada	50	1 h

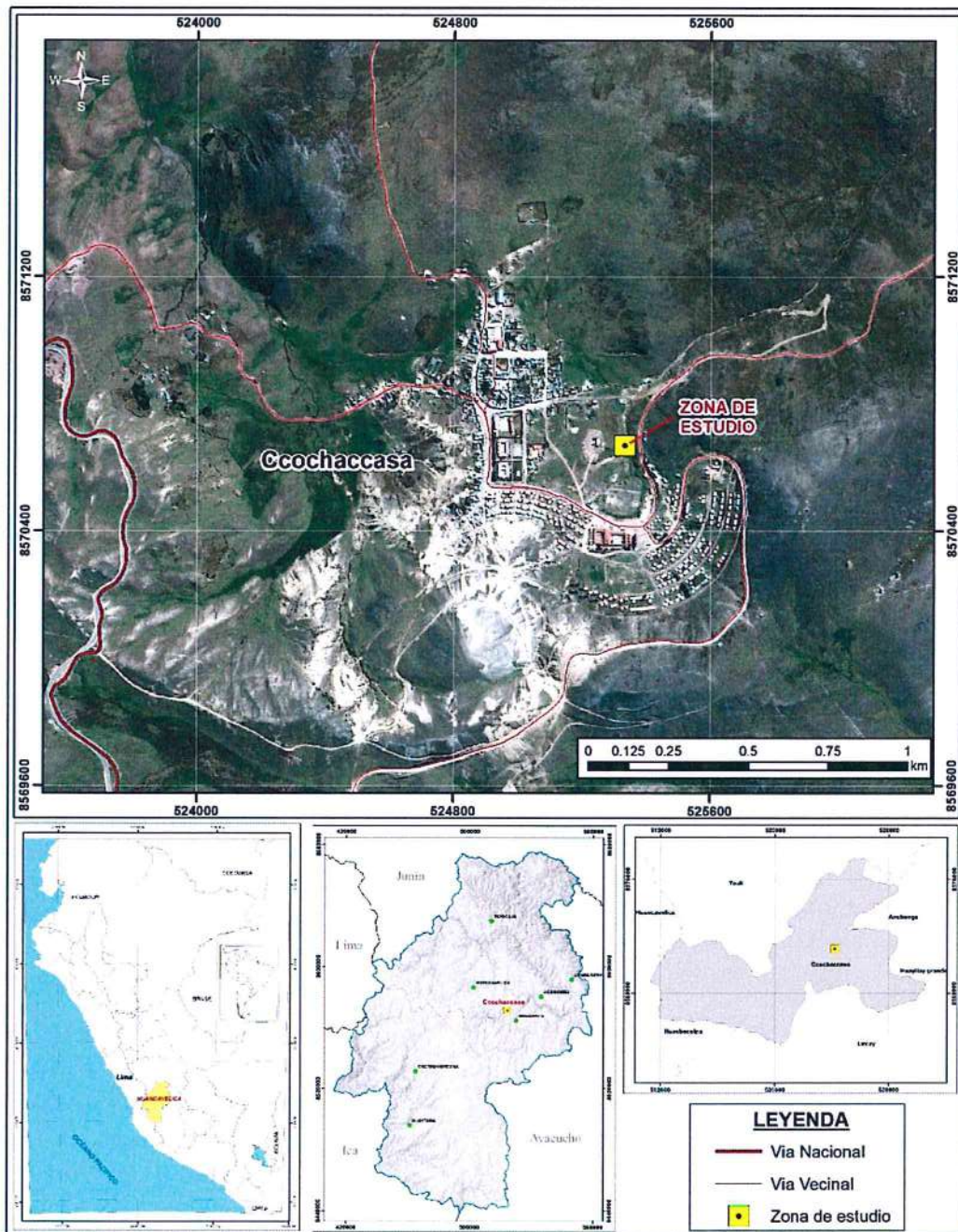


Figura 2: Mapa de ubicación de la zona inspeccionada.

2.2 Clima e hidrografía

De acuerdo con los datos climáticos (clasificación climática por el método de Thornthwaite), en el sector de Wiscapuquio - Ccochaccasa se tiene los siguientes tipos climáticos:

- Clima lluvioso, con otoño en invierno seco; frío y húmedo [B (o,i) C' H3].

Para determinar las condiciones hidrometeorológicas en la zona de estudio, se tomaron datos referenciales de la estación Lircay

Para determinar las condiciones hidrometeorológicas de la zona evaluada, se tomaron datos referenciales de la estación "Lircay", registrada en la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), la cual se encuentra aproximadamente a unos 8.4 km al SO de la zona de estudio.

Las cifras de precipitación indican que durante el periodo de lluvias 2019 se registró una precipitación acumulada de 507.9 mm (enero-marzo), valor que resulta ser superior al equivalente al mismo periodo de año 2018 (397.4 mm), pero inferior a las cifras del año 2017 (562.5 mm) (cuadro 2).

Cuadro 2: Datos de precipitación pluvial tomados de la estación meteorológica Lircay.

Año 2017												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	222.5	187.5	152.5	92.2	68	5.3	15.6	17.7	57.2	66.6	41.5	75.5
Año 2018												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	115.9	127.3	154.2	30.3	18.2	20.6	24	51	11.6	83	33.5	55.9
Año 2019												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	135.9	174.1	197.9	44.3	26.8	8.3	18.9	0	13.2	42.2	78.2	188.7

En el mapa de precipitación acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre-mayo) elaborado por SENAMHI, se puede ver que en la zona evaluada llueve por encima de 700 mm, por lo que al compararlos con los 763 mm de precipitación registrados durante el periodo 2018-2019, este último valor resulta de una lluvia por encima de lo normal; esta condición puede cambiar cuando se presenta el fenómeno El Niño en la zona, como sucedió el año 1997-1998, donde se registraron valores de precipitación en la zona evaluada de hasta más de 800 mm.

La red hidrográfica de la zona evaluada tiene como curso principal al tramo inicial de la quebrada Chontacancha, que aguas abajo confluye en el río Ojohuayjo, este cambia de nombre aguas abajo a río Sicra; este confluye aguas abajo en el río Casavi, que se denomina después río Urubamba; la red hidrográfica forma parte de la cuenca del río Mantaro.

3. GEOLOGÍA

En el contexto regional las unidades que afloran en la zona evaluada son de origen sedimentario y volcánico; la base de la secuencia estratigráfica está conformada por secuencias calcáreas de la Formación Chambará, del Triásico; le siguen rocas volcánicas de la Formación Julcani, del Mioceno; finalmente se tiene una cobertura superficial cuaternaria conformada depósitos glaciares, fluvio-glaciares y antropogénico (figura 5).

A continuación, se presenta de manera resumida una descripción de las principales formaciones geológicas que afloran en el sector de Ccochaccasa.

3.1 Unidades litoestratigráficas

A) MESOZOICA

Formación Chambará (Ts-cha): La secuencia se caracteriza por presentar en la parte superior calizas grises a veces con chert intercaladas con areniscas cuarzosas de color verdoso; en algunos casos en la parte inferior se intercalan secuencias compuestas por coladas volcánicas (basalto y andesitas), areniscas cuarzo-feldespáticas y limoarcillitas de color rojo. En la parte media y superior la formación tiene calizas grises intercaladas con dolomías y limoarcillitas grises. Se le asigna a esta formación una edad Triásico superior. Localmente en el sector de Wiscapuquio se tienen afloramientos de calizas, en bancos de 0,30 m de ancho, con orientación N 80° y buzamiento de 8° al sureste; la roca se presenta en superficie medianamente fracturada y ligeramente meteorizada (fotografía 1 y figura 4).



Fotografía 1: Vista con dirección al este en la margen derecha de la cabecera de la quebrada Chontacancha, donde se presentan afloramientos de calizas de la Formación Chambará; es posible observar el bajo ángulo de inclinación de las capas y el fracturamiento de las rocas.

B) CENOZOICA

Formación Julcani: Se compone de dos miembros:

Miembro inferior (Nm-j/t): Secuencia volcánica que aflora al sur y oeste de la zona evaluada, está conformada por tobas de color blanquecino a rosado con cuarzo, líticos y pómez (figura 4). Se le asigna a esta formación una edad Neógeno-Miocena. La secuencia se presenta afectada por procesos de erosión de laderas

Miembro superior (Nm-j/cv): compuesto de conglomerados con clastos de tobas, brechas, coladas y domos volcánicos. Se le asigna una edad Miocena superior.

Depósito glaciar (Qpl-gl): Se encuentra constituido por bloques rocosos heterométricos y gravas de formas subangulosas a subredondeadas, englobados por una matriz arcillo-limosa a arenosa de color amarillo a crema. Localmente en el sector de Wiscapuquio los depósitos glaciares presentan en la parte superior la formación de suelo de color marrón, en un espesor 0,30 m, conformado por limo-arcilloso con grava; por debajo de este suelo se tiene un nivel de 0,40 m de espesor de arcilla-limosa, de color crema con tonalidades anaranjadas (figura 3 y 4).

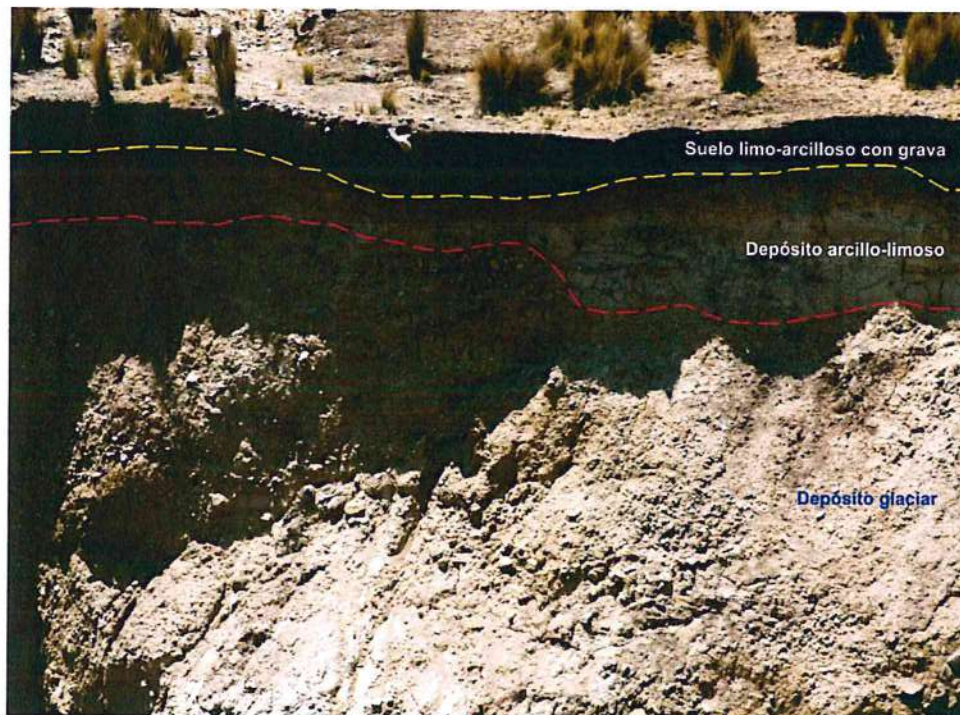


Figura 3: Vista con dirección al este donde se puede observar los depósitos glaciares, cubiertos de forma local por un depósito arcillo-limoso y suelos limo-arcilloso con gravas.

Depósito fluvio-glaciar (Qh-fg): Se encuentra conformado por los materiales que encontramos dentro del cauce de la quebrada Chontacancha, que son resultado principalmente de la erosión y transporte del material glaciar presente en la zona; este está conformado material gravo-limoso, cuyos clastos tienen forma angulosa, debido al poco transporte que han tenido (fotografía 2).

Depósito antropogénico (Qh-ant): Corresponde a depósitos generados por el hombre sin intervención de procesos de transformación industrial; para el caso de la zona evaluada este depósito es resultado de la remoción de material glaciar, el cual fue acomodado para formar una plataforma sobre la cual se encuentra el campo deportivo de la localidad de Cchochaccasa (figura 4).



Fotografía 2: Vista de la quebrada Chontacancha aguas debajo, donde se puede observar el material gravo-limoso, con bloques; los fragmentos de roca tienen forma angulosa.



Figura 4: Vista con dirección hacia el sur donde se ha delimitado los depósitos glaciares (Qpl-fg), depósitos antropogénicos (Qh-ant), Formación Chambará (Ts-cha) y la Formación Julcani miembro inferior (Nm-j/t).

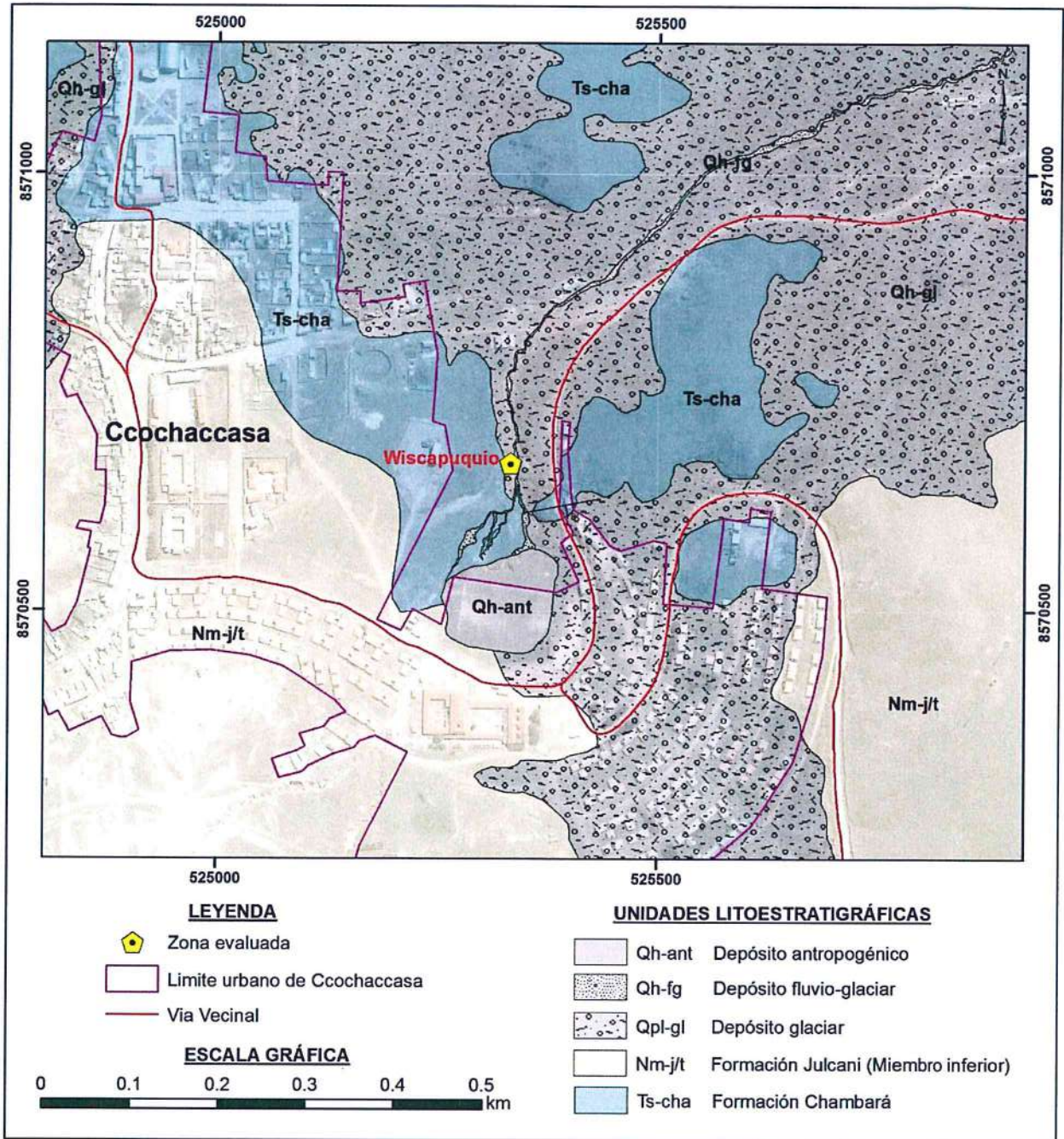


Figura 5: Mapa geológico de la zona evaluada.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1 Pendiente del terreno

En la zona de evaluación el terreno presenta rangos de pendientes que van desde la conformación de terrenos llanos ($< 1^\circ$), que pasan a suavemente inclinados ($1^\circ-5^\circ$), sobre los cuales se encuentra gran parte de la localidad de Ccochaccasa; alrededor de estos se tienen terrenos de inclinación moderada ($5^\circ-15^\circ$) a fuerte ($15^\circ-25^\circ$), que corresponde laderas de colinas y montañas, resultantes de la actividad glaciar del pasado (figura 6).

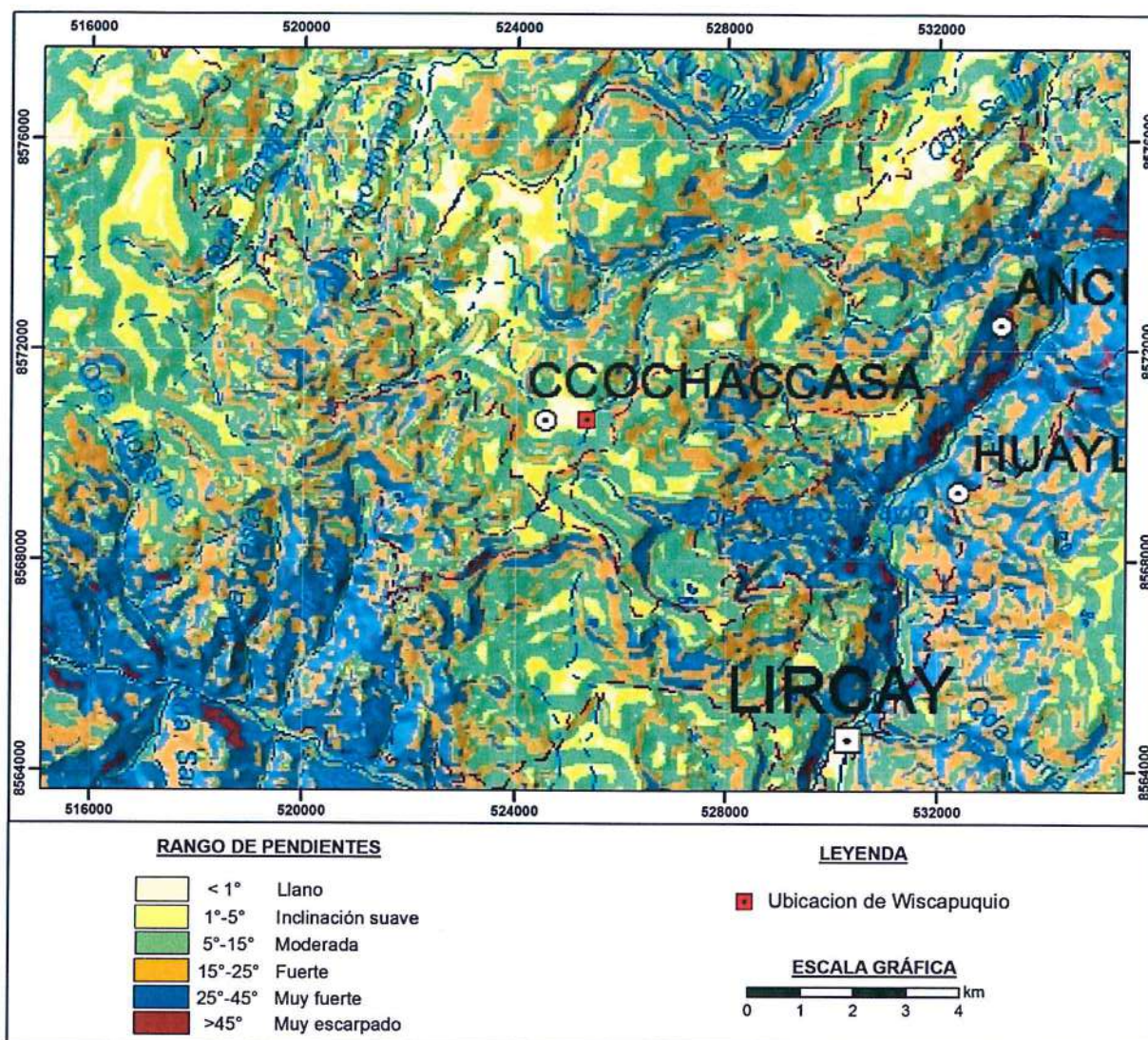


Figura 6: Mapa de pendientes del sector de Wiscapuquio en el distrito de Ccochaccasa.

4.2 Unidades geomorfológicas

En la zona evaluada y se identificaron las siguientes geoformas:

4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005). Así en el área evaluada se tienen las siguientes unidades:

Unidad de montañas: Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de Montañas en roca sedimentaria (RM-rs): Estas montañas han sido levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía, los glaciares y el agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad. En estas montañas el plegamiento de las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las

estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias, sin que lleguen a constituir cadenas montañosas.

Es importante destacar que las geoformas de montañas en rocas sedimentarias hacen referencia a un estudio regional, por lo que, de forma local, al estar dentro de la zona evaluada y observar las formas del terreno, estas corresponden principalmente a lomadas y colinas ubicadas en la cima de sistemas montañosos (figura 7 y 8). Esta subunidad ha sido modelada en afloramientos de rocas sedimentarias de las Formación Chambará; de tipo calizas con intercalaciones de areniscas. Geodinámicamente asociadas a la ocurrencia de derrumbes, caída de rocas, hundimientos y procesos de erosión de laderas.

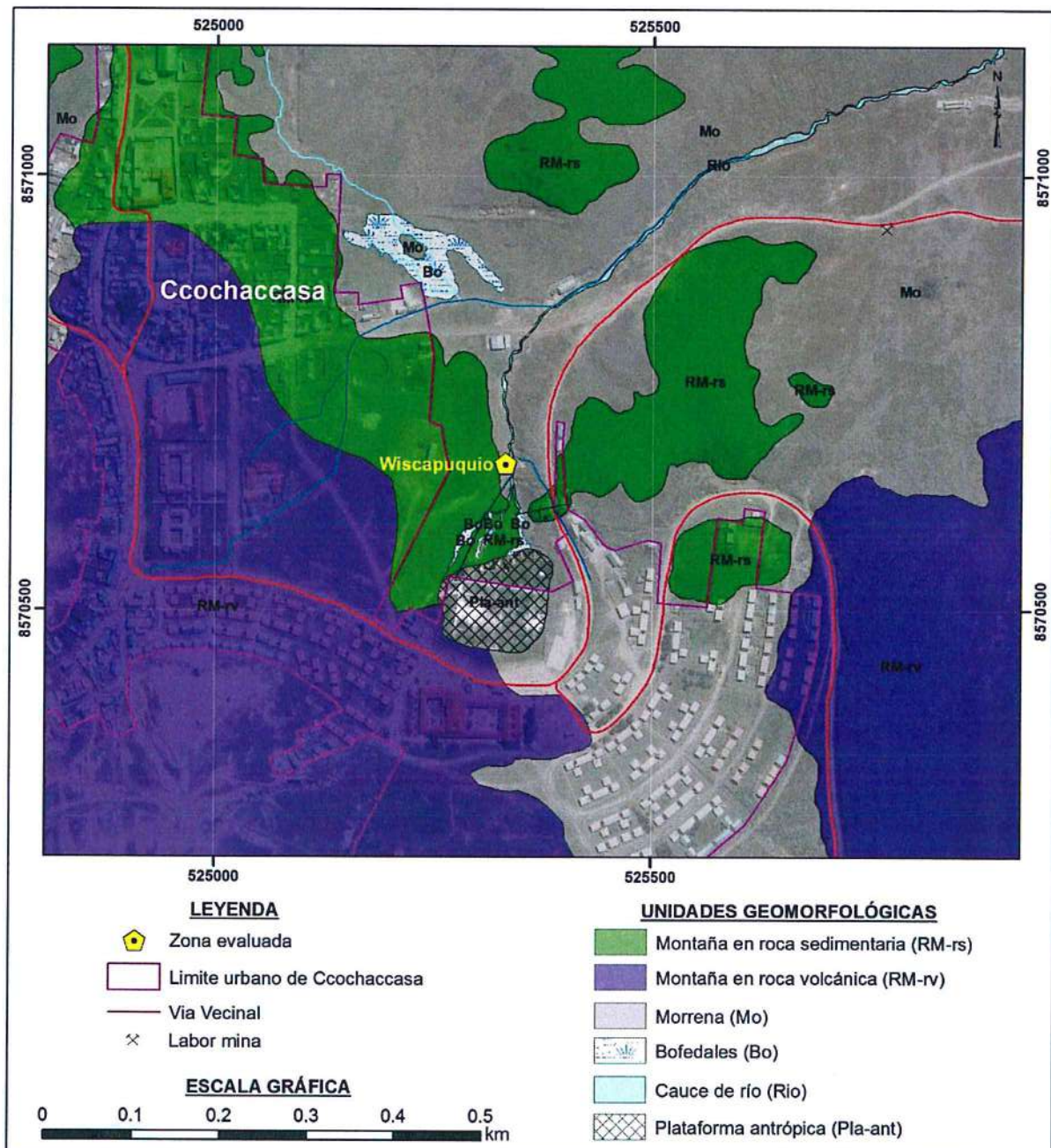


Figura 7: Mapa geomorfológico del sector de Wiscapuquio, distrito de Ccochaccasa.

Subunidad de Montañas en rocas volcánicas (RM-rv): Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánicas de tipo tobas y coladas andesitas, que corresponden a volcánicos de la Formación Julcani (miembro inferior), que fueron depositados por la actividad volcánica explosiva y efusiva que se produjo en el Neógeno-Mioceno (figuras 7 y 9); estos depósitos fueron afectados por procesos fluvio-erosionales, glaciares y glacio-fluviales.

Presentan laderas con pendientes moderadas a fuertes en las laderas de montañas; la red de drenaje es subparalela; localmente configura colinas ubicadas en la cima de sistemas montañosos de naturaleza volcánica. Geodinámicamente, está asociada a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y procesos de erosión de laderas.



Figura 8: Vista hacia el norte donde se observan las montañas en roca sedimentaria (RM-rs), que localmente configura colinas y lomadas sobre las cuales se asienta la localidad de Ccochaccasa.



Figura 9: vista con dirección al sur donde se puede observar las montañas en roca volcánica (RM-rv), afectadas por erosión de laderas (laminar y surcos).

4.2.2 Geformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geformas anteriores; se tienen las siguientes unidades y subunidades:

A) UNIDAD DE PIEDEMONTE

Acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arena, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; esto depósitos pueden ocupar grandes extensiones.

Subunidad de morrenas (Mo): Comprende geformas convexas suaves y alargadas, así también se presentan como piedemontes que cubren la superficie y faldas de laderas de montañas, depositados por la actividad glaciaria ocurrida durante el Pleistoceno (figura 9).

B) GEOFORMAS PARTICULARES

Son geformas de características singulares que resultan de la actividad fluvial, marina, lacustre y antrópica, en la zona evaluada se presenta las siguientes subunidades:

Subunidad de Bofedales (Bo): Terrenos planos ondulados a cóncavos anegados, con formaciones vegetales en un ambiente edáfico orgánico; con una condición hídrica de saturación permanente. Se localiza en las cabeceras de la quebrada Chontacancha, cerca del campo deportivos y al lado este de la zona urbana de Ccochacasa, donde se acumulan las aguas de precipitación pluvial y de surgencias de aguas subterráneas (figura 7).

Subunidad de Cauce de río (Río): Se refiere a los canales o cursos de agua que por lo general presentan caudales valorables durante todo el año; se han considerado además terrazas y llanuras de inundación que no fueron diferenciadas en el mapa geomorfológico, por la escala de elaboración del mismo (figura 7 y 10).



Figura 10: Vista aguas abajo de la quebrada Chontacancha donde se ha demarcado el cauce de la quebrada y las terrazas fluviales de reducida extensión en ambas márgenes.

Plataforma antrópica (Pla-ant): Subunidad que comprende plataformas horizontales construidas por el hombre, generalmente realizando cortes en laderas de colinas y montañas para la explanación de terreno o la construcción de carreteras y vías férreas (figura 7).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS – CONCEPTOS GENERALES

Los peligros geológicos identificados en la zona evaluada corresponden a subtipos agrupados en los denominados otros peligros geológicos, los cuales serán descritos a continuación.

5.1 Otros Peligros Geológicos

Dentro de esta clasificación se agrupan a los procesos que no han sido considerados como movimientos en masa, pero que en su origen y mecanismo de movimiento involucra material geológico, estos son los hundimientos, erosión de laderas, erosión de riberas y arenamientos. En la zona evaluada se identificó los siguientes procesos:

5.1.1 Erosión de laderas

Este tipo de proceso es considerado predecesor de la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta debido a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo (figura 11). En el primer caso, por el impacto; y, en el segundo caso, por fuerzas tractivas que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo y se generan los procesos de erosión (Duque et al., 2016).

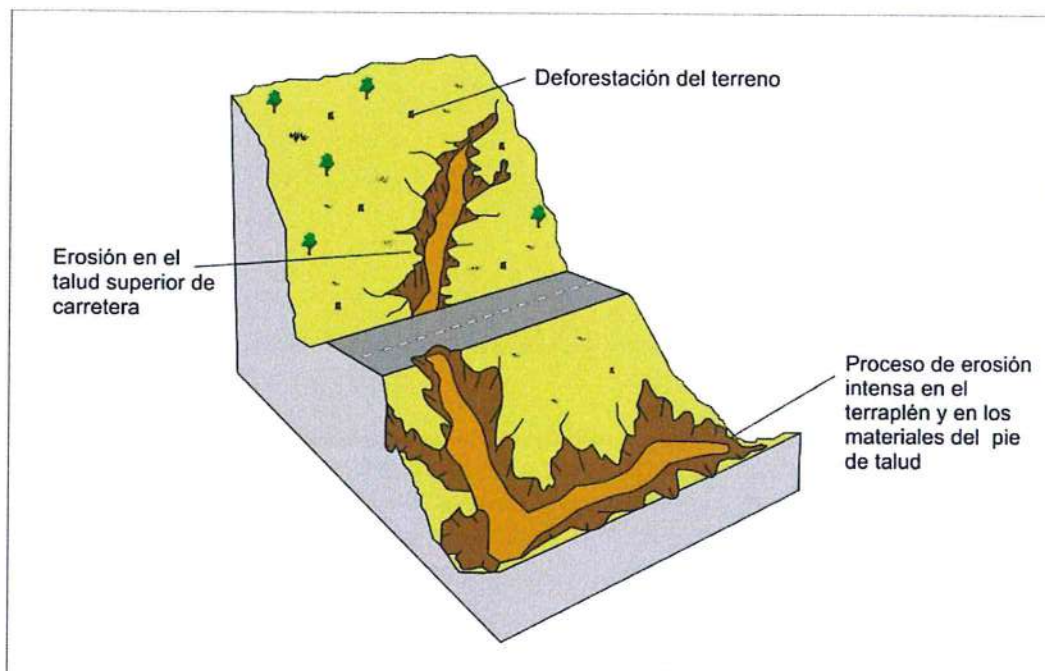


Figura 11: Esquema de erosión de laderas que forma cárcavas.

La erosión hídrica causada por el agua de lluvia abarca los siguientes procesos:

Saltación pluvial. El impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino. El impacto compacta el suelo, disminuye la permeabilidad e incrementa escorrentía.

Escurrimiento superficial difuso. Comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimula el escurrimiento del agua arrastrando finos.

Escurrimiento superficial concentrado. Se produce en 2 formas: surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños, formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados) y cárcavas (son canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión, por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia). El proceso se da en 4 etapas: 1) entallamiento del canal, 2) erosión remontante o retrogresiva desde la base, 3) cicatrización y 4) estabilización (Duque et al., 2016).

5.1.2 Hundimiento

Es el descenso o movimiento vertical de una porción de suelo o roca que cede a causa de fenómenos kársticos, depresión de la napa freática, labores mineras antiguas o abandonadas, o también pueden ocurrir debido a fenómenos de licuación de arenas o por una deficiente compactación diferencial de suelos.

Pueden suceder por:

- Procesos de disolución de rocas calcárea, por circulación de aguas subterráneas (cavernas naturales).
- Extracción de aguas subterráneas, petróleo y minerales; extracción o remoción del subsuelo.
- Falta de sustentación de perforaciones mineras.
- Excavación de túneles.

Los procesos kársticos se presentan en substratos calcáreos, donde es posible encontrar formas topográficas peculiares, resultantes de la disolución superficial y subsuperficial de rocas calcáreas por las aguas de lluvias, las que al concentrarse en escorrentía son llevadas hacia cauces subterráneos (Thornbury, 1966).

Los materiales afectados son rocas calcáreas (calizas y dolomitas), conjunto de rocas que contienen más del 50% de minerales de carbonato, siendo el más común la calcita (CaCO_3), también se tiene la aragonita (CaCO_3 cristalizado) y la dolomita ($\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$). El resto del material constituyente de las calizas lo conforman impurezas de sílice, limos, minerales de arcilla y óxidos de hierro.

El proceso de disolución de las calizas se produce cuando estas se encuentran conformadas solo por calcita y dolomita (CaCO_3), los cuales son solubles al agua natural con contenidos de ácido carbónico diluido (H_2CO_3). Este ácido carbónico resulta de la solución de CO_2 del aire y su reacción con agua.

Estas reacciones atacan las rocas calcáreas, dando como resultado rasgos morfológicos de procesos de disolución de calizas, que están representados por la presencia de drenajes subterráneos, la formación de huecos u oquedades y otras depresiones sobre la superficie del terreno; allí donde el agua penetra en la roca, agrandando las fracturas y fisuras preexistentes por disolución.

Es importante mencionar que en la zona de Wiscapuquio las geoformas kársticas son muy locales y de tamaño reducido, entre las más comunes se tienen:

Caverna: Es un espacio vacío en el subsuelo que alcanza grandes dimensiones, pudiendo tener disposición horizontal, vertical u oblicua, como resultado de la disolución

de rocas calcáreas (proceso kárstico). Dentro de las cavernas pueden encontrarse subpaisajes de karst entre las cuales se tienen estalactitas, estalagmitas, pilares y travertinos (figura 12).

Dolina: Hoyos cerrados en forma de embudo o de cuenco, con sus lados rocosos o cubiertos de suelo y vegetación, de forma circular o elíptica en vista de planta, cuyas dimensiones varían entre 2 y 100 m de profundidad y entre 10 y 100 m de diámetro, pueden ocurrir aisladas o en grupos (Villota, 2005) (figura 12). Las dolinas pueden clasificarse como:

Dolinas de desplome: Se forman donde el techo de una caverna cae, dejando un pozo de paredes verticales y a menudo angulares (figura 13).

Dolinas de subsidencia: Se forman donde yacen depósitos de cobertura sobre las calizas; un desplome puede involucrar la capa de cobertura, la cual será gradualmente descendida o llevada hacia el interior de la cavidad, para dejar un hueco cónico.

Los hundimientos como procesos y sus expresiones morfológicas como formas (dolinas de hundimiento) son las expresiones más notables de los peligros relacionados a karst (Durán, J. en Ayala, F. y Olcina J. 2002). Los hundimientos pueden ser lentos (subsidencia) o rápidos (colapsos o desplome).

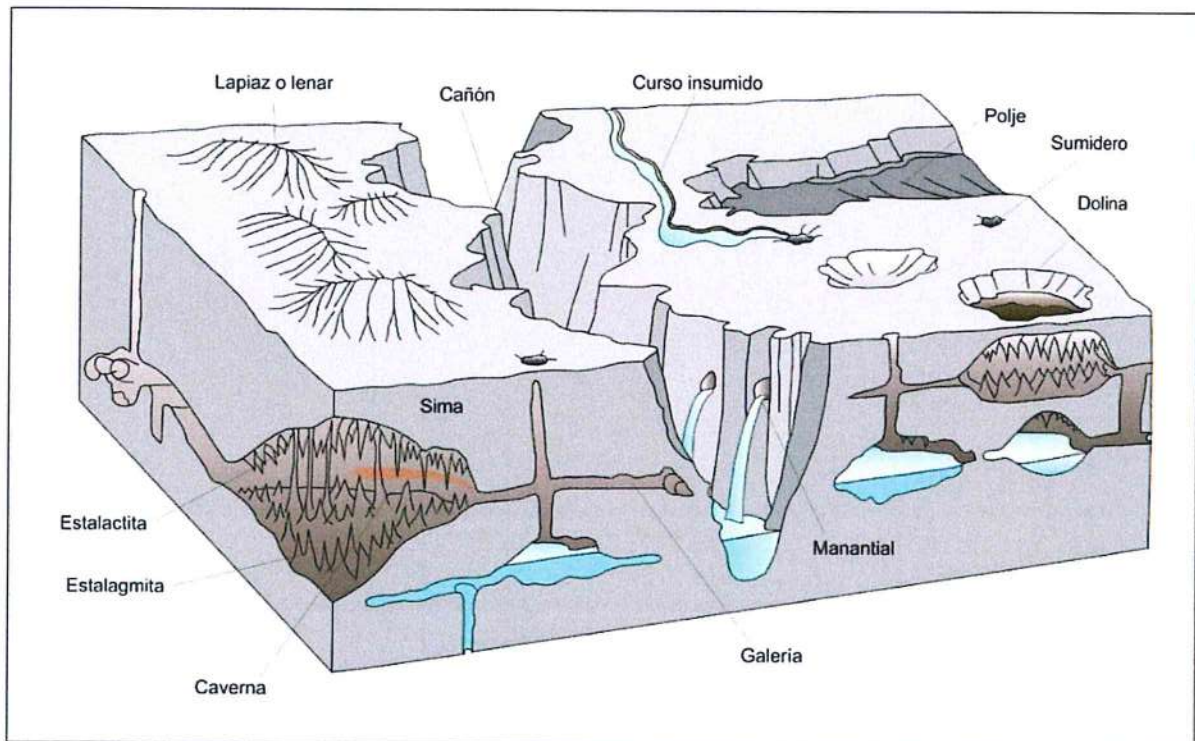


Figura 12: Esquema en la que se pueden observar las geformas presentes en una zona de karst.

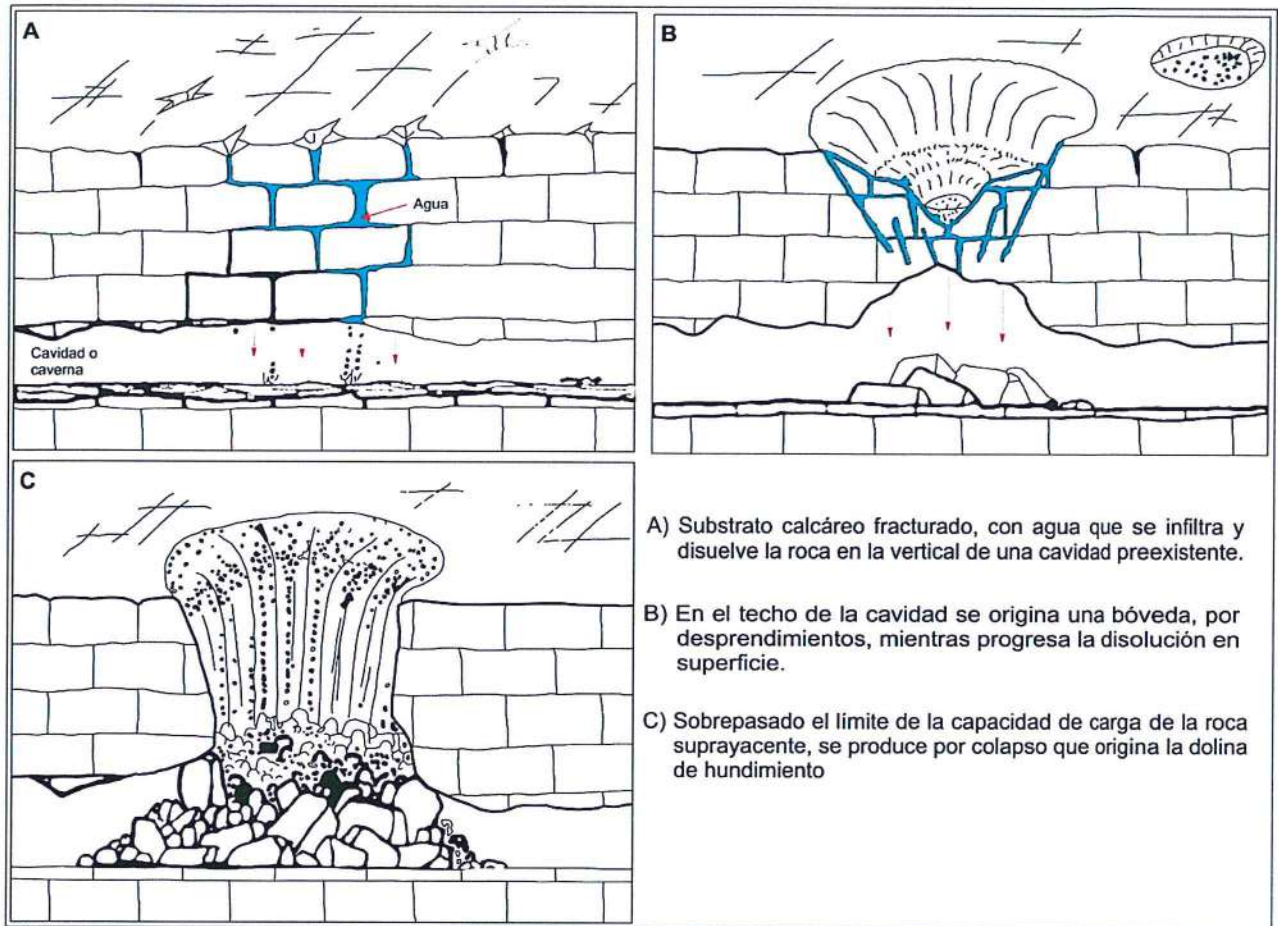


Figura 13: Esquema de un hundimiento kárstico por disolución de rocas calcáreas (formación de dolinas de colapso) (tomado de Durán, J. en Ayala, F. y Olcina J. 2002).

6. OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE WISCAPUQUIO

6.1 Erosión de laderas en el sector de Wiscapuquio

Se identificó en el sector de Wiscapuquio procesos de erosión de laderas en las vertientes y cauce de la quebrada Chontacancha, este proceso se manifiesta a manera de cárcavas y una insipiente erosión laminar.

Las cárcavas se encuentran en una etapa inicial de formación, vienen produciendo incisión, profundización y su ensanchamiento en la superficie del terreno, este proceso arranca materiales y los acarrea al cauce principal de la quebrada. Las cárcavas tienen longitudes entre 18 m – 60 m, con profundidades de 1 m – 4 m y anchos de entre 5 m - 7 m (figuras 14, 15 y 27).

El proceso de erosión en cárcavas afecta depósitos glaciares, compuestas por bloques rocosos heterométricos y gravas de formas subangulosas a subredondeadas, con una matriz arcillo-limosa a arenosa; se encuentran poco consolidadas.



Figura 14: Vista con dirección al este se observa laderas de la margen derecha de la quebrada Chontacancha afectada por cárcavas (línea color amarillo) y erosión laminar (línea color rojo).



Figura 15: Vista con dirección al sur, se observa cárcavas en el cauce de la quebrada Chontacancha (línea de color rojo).

6.1.1 Causas

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (montañas modeladas en rocas sedimentarias y volcánicas).
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 5° y 15°.
- Depósito glacial poco consolidado.
- Escasez de vegetación (Pastos).

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas.
- Formación de escorrentía superficial que socaba la superficie del suelo.

Factores antrópicos:

- Sistemas de captación y drenaje de agua de origen pluvial.

6.2 Hundimientos en el sector de Wiscapuquio

En el sector de Wiscapuquio se identificó tres hundimientos que son resultado de procesos kársticos que ocurren de forma natural.

Los hundimientos identificados en el sector de Wiscapuquio, tienen como origen el proceso de disolución de rocas calcáreas (calizas) de la Formación Chambará; son consecuencia de la formación de dolinas de colapso, relacionados a un sistema de drenaje subterráneo, producido por el colapso del techo de una caverna subterránea.

Este proceso al parecer, también fue acelerado por la infiltración de aguas de escorrentía superficial y de , que discurren por el cauce de la quebrada Chontacancha, estas aguas se infiltraban en un primer momento en el material fluvial de la quebrada y continúan a través de las fracturas de rocas de tipo calizas que conforma el substrato; estas aguas infiltradas en su tránsito a las galerías y cavernas disolvieron los carbonatos y debilitaron las rocas, hasta producir el colapso o hundimiento del techo de la caverna.

Los hundimientos del sector de Wiscapuquio, según la cronología de ocurrencia observada en imágenes satelitales, han sido denominados con los códigos H1, H2 y H3, y se describen a continuación:

a) Hundimiento H1

Denominado con el código H1, se considera como el primer hundimiento ocurrido en la zona (identificado en imagen satelital Google Earth del año 2013) (figura 16), de origen kárstico, por dolina de desplome, ubicado en coordenadas UTM WGS-84: 8570655 N, 525341 O y 4158 m s.n.m (figura 27).

Se trata de un hundimiento que compromete secuencias de rocas calcáreas del substrato correspondientes a la Formación Chambará, los depósitos glaciares y el suelo limo-arcilloso con grava.



Figura 16: Imagen Google Earth (setiembre, 2013) donde se puede observar la presencia del hundimiento H1.

El hundimiento H1 tiene las siguientes características y dimensiones:

- Forma semicircular, con un diámetro de 8 m de longitud (figuras 17 y 18).
- Hundimiento con paredes verticales.
- Profundidad de 2.5 m - 3 m
- Área aproximada de 53 m²
- Se observa el fondo del hundimiento.

Figura 16: Imagen Google Earth (setiembre, 2013) donde se puede observar la presencia del hundimiento H1.



Figura 17: Vista con dirección al sureste donde se puede observar el hundimiento H1 (línea color rojo).



Figura 18: Vista con dirección al suroeste, se aprecia otra vista del hundimiento H1 (línea color rojo).

b) Hundimiento H2

Denominado con el código H2, se considera como el segundo hundimiento ocurrido en la zona, de origen kárstico, por dolina de desplome, ubicado en coordenadas UTM WGS-84: 8570660 N, 525335 O y 4155 m s.n.m., a una distancia de 1.5 m del último hundimiento (figura 27).

Se trata de un hundimiento que compromete secuencias de rocas calcáreas de la Formación Chambará del substrato, los depósitos glaciares y el suelo limo-arcilloso con grava.

El hundimiento H2 tiene las siguientes características y dimensiones:

- Forma irregular a semicircular, con un eje mayor de 2.5 m de longitud y eje menor de 2 m de longitud (fotografía 3 y figura 19).
- Hundimiento con paredes verticales.
- Profundidad de 0.5 m.
- Área aproximada de 4.5 m²
- Se observa el fondo del hundimiento.



Fotografía 3: Vista con dirección al sureste donde se puede observar el hundimiento H2, localizado a solo 1.5 m del último hundimiento.



Figura 19: Imagen Google Earth (junio, 2017) se puede observar el hundimiento H2.

c) Hundimiento H3

El hundimiento denominado con el código H3, es el tercer evento ocurrido en el sector de Wiscapuquio, el mes de enero del 2019; es un evento activo, de origen kárstico, que se encuentra en el mismo cauce de la quebrada Chontacancha, en coordenadas UTM WGS-84: 8570661 N, 525337 E y 3160 m s.n.m (figura 27).

El hundimiento compromete secuencias de rocas de la Formación Chamará conformadas por calizas principalmente.

El origen del evento está asociado al colapso del techo de una caverna, cuya geoforma se denomina dolina de colapso. La caverna es el resultado de la disolución de las rocas carbonatadas (calizas) en el subsuelo. Por otro lado, el agua infiltrada a través del suelo y las fracturas de las rocas, también causaron la disolución de carbonatos y debilitó las rocas que vendrían a constituir el techo de la caverna, condicionando su colapso y la formación del agujero observado en superficie; parte del material colapsado ingreso a la caverna.

El hundimiento H3 presenta las siguientes características:

- Forma irregular alargada, con una longitud de 20 m y 17 m de ancho (figuras 20 y 21).
- Paredes verticales en la zona hundida.
- No se observa el fondo del hundimiento, por lo que la profundidad verdadera no pudo ser medida (figura 22 y 23).
- La dolina de colapso se conecta al parecer a una caverna.
- Área aproximada del hundimiento es de 183.5 m²
- Presencia de grietas en el borde este del hundimiento H3, con aberturas de hasta 3 cm; también en el lado oeste que sigue una dirección N 199°, por donde se tiene una tubería de agua enterrada, con aberturas de 2 cm (figuras 24 y 25).



Figura 20: Vista con dirección al este donde se observa el hundimiento H3 en el cauce de la quebrada Chontacancha; también se señala otros hundimientos H1 y H2, así como la tubería enterrada que pasa por la margen izquierda de la quebrada.



Figura 21: Vista con dirección al sur, se puede ver el cauce de la quebrada Chontacancha y el hundimiento H3 (línea color rojo) producido en el mismo cauce.



Figura 22: Vista con dirección al norte donde se observa la parte más profunda del hundimiento, cuyo fondo no pudo ser medido.



Figura 23: Vista en la que se puede ver la zona hundida más profunda, se observa las paredes verticales conformadas por calizas de la Formación Chambara; se puede observar también el fracturamiento y el estado de la roca moderadamente meteorizada, con coloración amarillo a anaranjado.

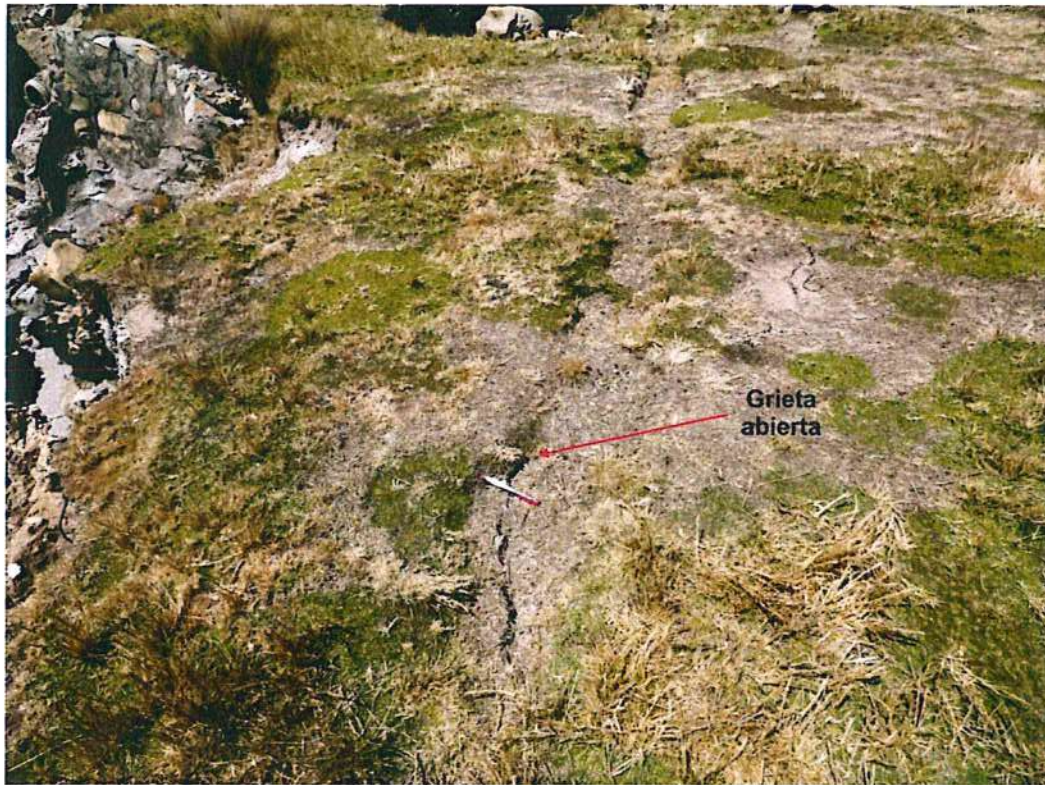


Figura 24: Vista con dirección al sur de la margen izquierda de la quebrada Chontacancha, se observa agrietamientos abiertos en una dirección de N 199°, que sigue la línea de una tubería de agua enterrada.



Figura 25: Vista con dirección al norte donde se puede observar los agrietamientos en el borde del hundimiento H3.

6.2.1 Causas

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (montañas modeladas en rocas sedimentarias).
- Características litológicas del área, conformado por afloramiento de calizas (Formación Chambará). Se considera a esta secuencia como una roca de calidad regular, medianamente fracturada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia cavernas y galerías por efectos de la disolución de carbonatos.
- Substrato se presente con un grado de meteorización moderado.
- Presencia de familias de discontinuidades que condicionan la circulación del agua subterránea.
- Cobertura vegetal de tipo pastizales, escasos matorrales.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que se infiltran y que saturan los terrenos; así también, alimentan el acuífero que genera corrientes de agua subterránea.
- Presencia de aguas subterráneas, que circula por las fracturas de las rocas y disuelve los carbonatos.

Factores antrópicos:

- Sistemas de captación y drenaje de agua de origen pluvial, cuyo desfogue en la quebrada Chontacancha, se ubicaba en la zona donde se produjo el último hundimiento; estas aguas contribuyen al proceso de disolución de carbonatos.

6.2.2 Daños

- Afecto el tramo final del canal de drenaje cubierto de Wiscapuquio (figura 26).
- Afecto tuberías de desagüe (figura 26).
- Dejó expuestas tuberías de conducción de agua potable, estas se encuentran limitadas por agrietamientos paralelos al hundimiento, lo que reactivaciones del evento podrían afectar dichas tuberías (figura 26).
- Representa un peligro potencial para personas y animales que transitan distraídas cerca de la zona de hundimiento.



Figura 26: Es posible observar los daños causados en el canal pluvial cubierto de Wiscapuquio, así como en las tuberías de agua y desagüe que drenaban hacia la quebrada Chontacancha en la zona hundida.

7. CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO

En la actualidad, las características del terreno (intrínsecas) que favoreció la ocurrencia del hundimiento continúan, así como las condiciones de seguridad de las paredes verticales dejadas por el material hundido, no garantizan la estabilidad del terreno contiguo en ambas márgenes de la zona de hundimiento, por lo que es muy probable que el agujero dejado por el hundimiento continúe ensanchándose. Esta apreciación se sustenta en las siguientes condiciones encontradas en la zona evaluada:

- Características litológicas del substrato medianamente meteorizado en profundidad, conformado calizas.
- Substrato rocoso medianamente fracturado.
- Presencia de humedad en el suelo y las rocas en profundidad.
- Paredes verticales dejadas por el hundimiento.
- Presencia de agrietamientos abiertos en los extremos este y oeste del hundimiento.
- Las aguas de escorrentía fluvial captadas aguas arriba del hundimiento, confluyen hacia este y se infiltrarán por el hueco dejado por colapso del cauce de la quebrada, causando erosión de las paredes y el fondo de la zona hundida.

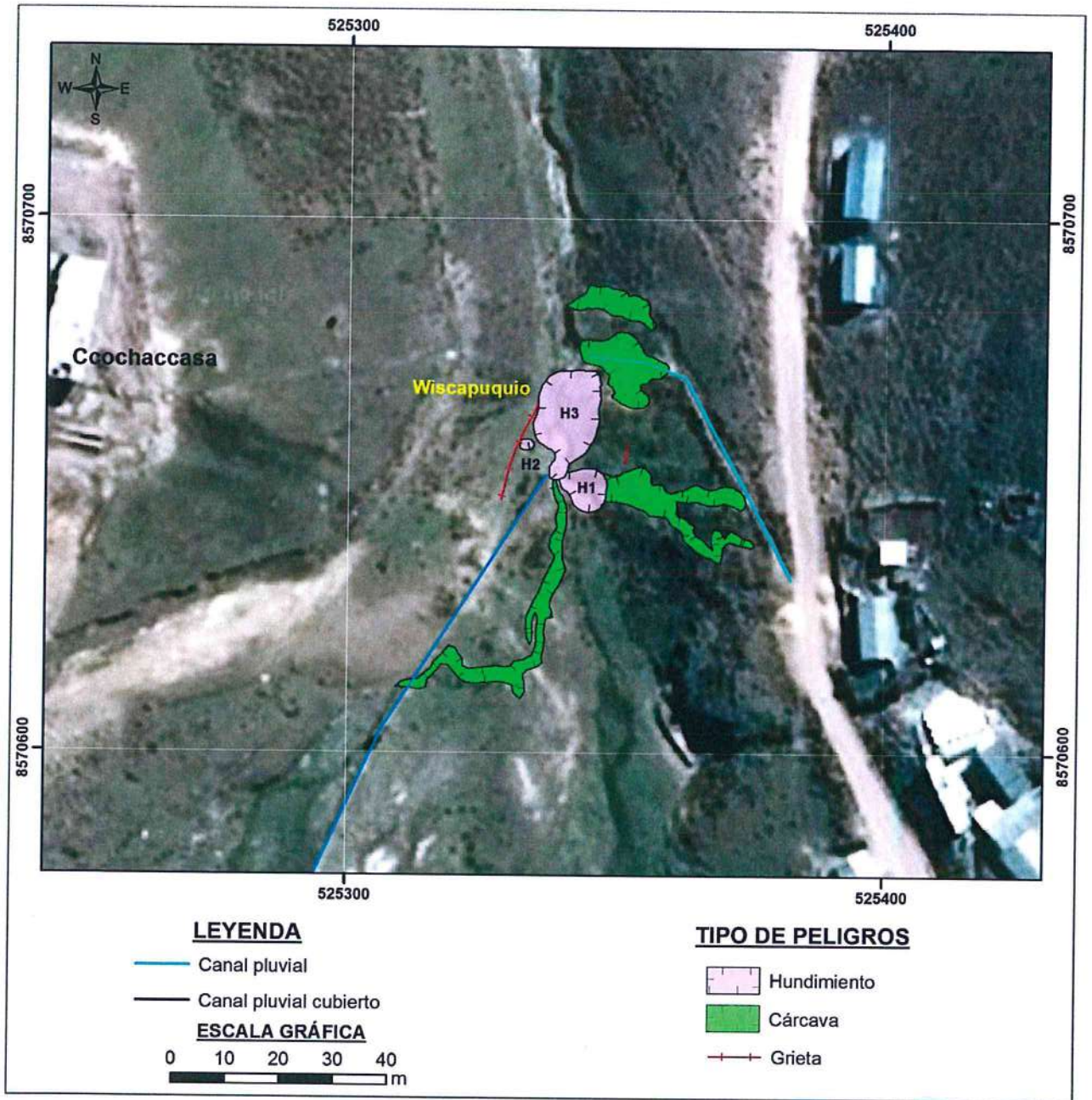


Figura 27: Mapa de peligros del sector de Wiscapuquio, distrito de Ccochaccasa.

CONCLUSIONES

- a) En el sector de Wiscapuquio del distrito de Ccochaccasa, se identificó peligros geológicos denominados como otros peligros geológicos (hundimiento y erosión de laderas).
- b) Los procesos de erosión de laderas son de tipo cárcavas, tienen corto recorrido (60 m de longitud) y profundidades máximas de 4 m; estas cortan depósitos glaciares.
- c) En el cauce de la quebrada Chontacancha, sector denominado Wiscapuquio se identificaron tres hundimientos denominados según cronología de ocurrencia como H1, H2 y H3; siendo el hundimiento H3 el último evento, ocurrido en el mes de enero del año 2019, que además es el de mayor dimensión (20 m de longitud y 17 m de ancho). Los hundimientos tienen como origen el proceso de disolución de rocas calcáreas (calizas) de la Formación Chambará, en la cual se han formado dolinas de colapso.
- d) Se considera que el hundimiento H3 se encuentra activo y entre las condicionantes de su ocurrencia se tienen a la configuración de montañas modeladas en rocas sedimentarias; las características litológicas del área, conformado por un substrato de calizas de la Formación Chambará; presencia de un substrato moderadamente meteorizado, afectado por procesos de disolución de carbonatos; presencia de familias de discontinuidades en las rocas; y la presencia de agua subterránea. El hundimiento H3 afectó 183.5 m² del cauce de la quebrada Chontacancha; representa un peligro potencial para las personas y animales que transitan cerca del hundimiento.
- e) Se considera que la zona de hundimiento H3 continua inestable, por presentar un substrato medianamente meteorizado y fracturados; la presencia de humedad en el suelo y rocas del substrato; presencia de paredes verticales dejadas por el hundimiento; y la presencia de grietas abiertas en los extremos este y oeste del hundimiento; así como porque las aguas captadas por estos canales de drenaje pluvial confluyen directamente en la zona hundida.
- f) Dado que las condiciones de inestabilidad continúan en el sector afectado por el hundimiento H3, **se considera este como una zona del alto peligro**, debido a que el hundimiento puede continuar ensanchándose ante lluvias intensas periódicas y extraordinarias, o por sismos.

RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que deben tomarse en cuenta a corto y mediano plazo son las siguientes:

- a) Reparar el perímetro de protección (cerco de malla y palos) colocado alrededor del terreno afectado por los hundimientos.
- b) Prohibir el tránsito de personas y animales cerca de la zona de hundimiento.
- c) Captar y conducir las aguas de escorrentía que se concentran aguas arriba de los hundimientos H1 y H3, por medio de tuberías o un nuevo canal que debe ser diseñado y construido por la margen izquierda de la quebrada Chontacancha.
- d) Reparar y cambiar la dirección y ubicación del tramo final del canal cubierto de Wiscapuquio, así como de las tuberías de agua y desagüe que confluyen en la quebrada Chontacancha que fue afectada por el hundimiento; el nuevo trazo del canal Wiscapuquio debe ubicarse en la margen izquierda de la quebrada y debe conducir las aguas captadas lejos de la zona hundida.
- e) Es necesario realizar un estudio geofísico en la zona (método de tomografía eléctrica, georradar), con el fin de determinar la presencia de cavernas, su extensión, morfología y su disposición en el subsuelo.
- f) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos que podrían afectar su seguridad física.

.....
Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

REFERENCIAS

- Ayala, F.J. & Alcina, J. (2002) – *Riesgos Naturales*. Barcelona. Ariel, 1512 p.
- Morche, W. & Larico, W. (1995) – *Geología del cuadrángulo de Huancavelica*. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 73, 177 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (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, 432 p., 1 CD-ROM.
- Romero, D. & Torres, V. (2003) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica, escala 1:50 000*. Lima: INGEMMET.
- Thornbury W. D. (1966) - *Principios de geomorfología*. Buenos Aires: Kapelus.
- Varnes, D.J. (1978) - *Slope movement types and processes*. En: Schuster, R.L. & Krizek, R.J., eds., *Landslides: analysis and control*. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, p. 11-33, Special Report 176.
- Villota, H. (2005) – *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras*. 2. Ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.