

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7090

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE COCAS Y DE LA ZONA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN

Región Ayacucho
Provincia Víctor Fajardo
Distrito Vilcanchos



OCTUBRE
2020

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. ANTECEDENTES.....	2
1.4. ASPECTOS GENERALES	4
1.4.1. Ubicación y accesibilidad	4
1.4.2. Clima e hidrología	5
2. ASPETOS GEOLÓGICOS.....	7
2.1. Unidades litoestratigráficas	8
2.1.1. Grupo Cabanillas (D-c).....	8
2.1.2. Grupo Pucará (Ts-Ji-P).....	8
2.1.3. Formación Cachíos (Jm-ca)	9
2.1.4. Formación Cercapuquio (J-mc)	10
2.1.5. Depósito aluvial (Q-al).....	10
2.1.6. Depósito coluvial (Q-co).....	10
2.1.7. Depósito proluvial (Q-pl)	11
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	12
3.1. Pendiente del terreno.....	12
3.2. Unidades geomorfológicas	13
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional.....	14
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	15
4. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	17
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	17
4.1.1. Flujo de detritos (huaico) del sector de Cocas.....	18
4.2. FACTORES CONDICIONANTES	22
4.3. FACTORES DESENCADENANTES	24
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN	24
5.1. Área propuesta.....	24
5.1.1. Condiciones geológicas	25
5.1.2. Condiciones geomorfológicas.....	26
5.1.3. Condiciones geodinámicas	26
6. CONCLUSIONES.....	28
7. RECOMENDACIONES	29
8. BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXOS 1: MAPAS	31
ANEXO 2: GLOSARIO	32
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACIÓN.....	34

RESUMEN

El presente informe técnico es resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el centro poblado de Cocas y de la zona propuesta para la reubicación (Pillhua), que pertenece a la jurisdicción de la municipalidad distrital de Vilcanchos, provincia Víctor Fajardo, región Ayacucho. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cumple con 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 geológicas que afloran en las zonas evaluadas corresponden a rocas de origen sedimentario (Grupo Pucara, Grupo Cabanillas, Formación Cachíos, Formación Cercapuquio y depósitos cuaternarios).

De igual modo las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional tipo montañas en roca sedimentaria y geoformas de carácter depositacional y agradacional, principalmente formadas por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos; de los cuales se han diferenciadas las unidades de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial en el centro poblado de Cocas y vertiente con depósito de deslizamiento en la zona propuesta para la reubicación (Pillahua).

De acuerdo a las características litológicas se puede mencionar que los procesos de movimientos en masa identificados en las zonas de estudio, se desarrollaron principalmente en materiales conformados por calizas, areniscas y conglomerados del Grupo Pucara, las cuales poseen características geotécnicas de mala calidad y muy susceptibles a la generación de los mismos.

Los procesos identificados en el centro poblado de Cocas, corresponde a los denominados movimientos en masa de tipo flujo de detritos (huaico) y derrumbes, consideradas muy antiguos y reactivados como los que ocurriendo el pasado 14 de febrero. Estos eventos han generado la destrucción de 33 viviendas y la afectación de 34, además de 5 postes de tendido eléctrico, 1 centro educativo, 1 iglesia destruida y otra afectada, 1 posta de salud y tuberías de agua potable y desagüe.

De igual modo la evaluación de peligros geológicos ha identificado procesos de deslizamiento antiguo en la zona propuesta para la reubicación (Pillahua); donde actualmente se está generando derrumbes y procesos de erosión de ladera (cárcavas). Por tal motivo, se le considera **No Apta para el reasentamiento poblacional del** centro poblado de Cocas.

Finalmente, en el presente informe se brindan un sinnúmero de recomendaciones dirigidas a las autoridades y tomadores de decisión, a fin de que sean tomadas en cuenta en sus labores de prevención y mitigación que contribuyan a minimizar el impacto de estos peligros geológicos, así como reducir la generación de riesgos futuros que comprometan la seguridad íntegra de la población, bienes y patrimonio en las zonas evaluadas.

1. INTRODUCCIÓN

El Gobierno regional de Ayacucho mediante Oficio N°554-2020-GRA/GR, de fecha 17 de agosto del 2020, solicita al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-INGEMMET, apoyo para realizar la evaluación geológica del centro poblado de Cocas, distrito de Vilcanchos, provincia Fajardo, región Ayacucho.

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geológica Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional (ACT7), 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 en zonas que tengan elementos vulnerables. Para lo cual se delega a los ingenieros Norma Sosa Senticala y Luis Albinez Baca realizar la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron los días 16 y 17 de setiembre del presente año, para los cuales previamente se realizaron coordinaciones con el Sr. Elmer Godoy, alcalde de la Municipalidad distrital de Vilcanchos, a lo cual se suma el acompañamiento en campo de algunos pobladores quienes expusieron la problemática de la zona.

La evaluación técnica se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET y la información obtenida durante el trabajo en campo (puntos de control GPS y fotografías), el cartografiado geológico y geodinámico, con la que finalmente se procedió a la redacción del informe técnico.

Este informe técnico se pone en consideración de la Municipalidad distrital de Vilcanchos, donde se proporcionará 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.

1.2. OBJETIVOS

- Identificar, delimitar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el centro poblado de Cocas y de la zona propuesta para la reubicación (Pillhua), los cuales pueden comprometer la seguridad de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- Realizar la caracterización geológica y geodinámica del territorio sobre el cual se encuentra asentado el centro poblado de Cocas, así como de la zona propuesta de reubicación.
- Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos por movimientos en masas identificados.

1.3. ANTECEDENTES

Existen trabajos previos que incluyen al centro poblado de Cocas, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los que destacan las publicaciones realizadas por el INGEMMET:

- En el Boletín N°61, serie A, Carta Geológica Nacional: "Geología del cuadrángulo de Ayacucho" (1995), se describe la geología presente en la zona evaluada, donde se exponen rocas de edad Cenozoica de naturaleza sedimentaria.
- La "Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Guadalupe (28-l), Huancapi (28-ñ), Chincheros (28-o), Castrovirreyna (27-m), San Miguel (27-o), Tupe (26-l), Conaica (26-m),

Huarocharí (25-k), Yauyos (25-l) y Huancayo (25-m)” (2003) muestra la cartografía a detalle de la geología del Grupo Pucará.

- La Memoria sobre la geología económica de la región Ayacucho, “Metalogenia y geología económica por regiones”, hace referencia de la litología del Grupo Pucará representada por calizas intercaladas con areniscas.
- En el Estudio de Riesgos Geológicos del Perú - Franja N°3, Boletín N°28 Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, realizado Guzmán A. & Herrera F. (2003), se muestra la presencia de un evento de un flujo de detritos ocurrido en el centro poblado de Cocas, el cual fue inventariado y registrado en la base de datos geocientífica del INGEMMET en el año 2003 con el código N°5634.
- En el Boletín N° 70, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligro geológico en la región Ayacucho” (2019), se identifican peligros geológicos y geohidrológicos que pueden causar desastres dentro del ámbito de estudio; los cuales suman un total de 1390 ocurrencias de peligros (dentro de los cuales incluye eventos identificados en el centro poblado de Cocas); además se determinaron 31 zonas críticas. El estudio también realiza un análisis de susceptibilidad por movimientos en masa (escala 1: 100 000), evidenciándose que el centro poblado de Cocas a rangos de susceptibilidad Alta y Muy Alta (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 y están relacionados a 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 que son coadyuvados o desencadenados por eventos extraordinarios de precipitación pluvial y sismicidad.

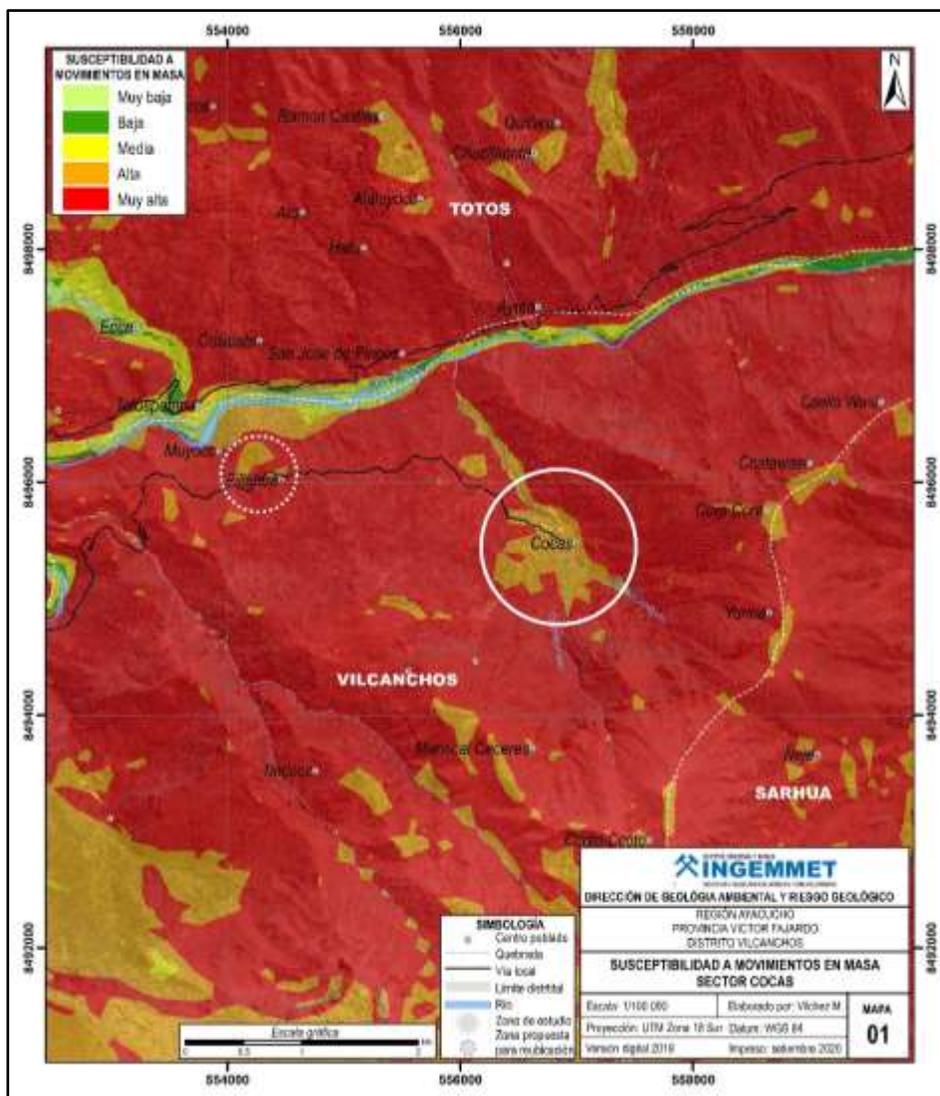


Figura 1. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de las zonas de estudio y alrededores (Vilchez y Ochoa, 2019).

1.4. ASPECTOS GENERALES

1.4.1. Ubicación y accesibilidad

La zona de estudio corresponde al Centro poblado de Cocas, ubicado a 6.6 km al noreste en línea recta del distrito de Vilcanchos, provincia Víctor Fajardo, región Ayacucho (figura 2); georreferenciado en las coordenadas UTM – WGS84 y Geográficas, de la Zona 18s.

Cuadro 1. Coordenadas de la zona de estudio

CENTRO POBLADO DE COCAS				
Coordenadas UTM			Coordenadas Geográficas	
Norte	Este	Altitud	Latitud	Longitud
8495226	556918	3660 m s.n.m.	-13.611063°	-74.473816°

El acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima, es por vía terrestre, para ello se debe seguir la carretera Panamericana Sur en la siguiente ruta: Lima – Pisco – Huaytará – Huamanga – Vilcanchos – Cocas, en un recorrido de 12 horas con 35 minutos aproximadamente (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Rutas de acceso a la zona de estudio

ACCESIBILIDAD					
Tramo		Km	Tipo de transporte	Tipo de vía	Tiempo
Lima	Pisco	235	Vía terrestre	Asfaltada	3h y 10min
Pisco	Huaytará	119		Asfaltada	2h y 10min
Huaytará	Huamanga	220		Asfaltada	3h y 30min
Huamanga	Vilcanchos	148		Asfaltada/trocha	3h y 30 min
Vilcanchos	Cocas	20		Trocha	15min

1.4.2. Clima e hidrología

De acuerdo con los datos climáticos (clasificación climática por el método de Thornthwaite), en el ámbito del centro poblado de Cocas se tienen los siguientes tipos de climas (SENAMHI, 2010):

- El centro poblado de Cocas corresponde a una zona de clima frío, lluvioso, con deficiencias de lluvias en otoño e invierno, y humedad relativa calificada como húmeda [B(o,i) C' H3].
- En la parte alta de las montañas en dirección sur del poblado de Cocas con clima lluvioso, invierno húmedo con humedad semifrígida [C(i) D'H3].
- Para el lado norte del poblado, hacia el distrito de Totos, el clima es semiseco, templado, con deficiencia de lluvias en otoño e invierno y humedad relativa calificada como húmeda [C(o,i) B'2 H3].

En cuanto a la cantidad de lluvia y de acuerdo al mapa de precipitación acumulada durante el periodo lluvioso normal elaborado por SENAMHI (2020), se puede ver que en el centro poblado de Cocas se tiene un acumulado promedio de 400 a 1000 mm; de otro lado en el cuadro 3 donde se presenta el registro de temperatura y precipitación diaria en el mes de febrero, especialmente el día 14 de febrero, muestra valores medios de 7.2 mm/día, sin embargo hay picos extremos tres días anteriores al 11 febrero de hasta 10.5 mm/día

La red hidrográfica está conformada por el curso del río Pampas, que es un afluente del río Apurímac y que discurre de norte a sur a través del departamento de Ayacucho. La longitud del río es de 424,07 km es alimentado por el margen derecha por las quebradas Antani y Uchujucha

Las aguas del río Pampas tienen origen en la Laguna Choclococha, la cual tiene sus orígenes en el departamento de Huancavelica y fluye hacia territorios de la región de Ayacucho principalmente por las provincias de Víctor Fajardo, Cangallo y Vilcas Huamán para luego desembocar en el río Apurímac.

En el cuadro 3, se muestra las precipitaciones pluviales de la estación Huancapi, del mes de febrero, en donde se reactivó la quebrada Antani.

Cuadro 3. Precipitaciones pluviales en la estación Huancapi

ESTACIÓN: HUANCAPI				
Departamento: Ayacucho		Provincia: Víctor Fajardo		Distrito: HUANCAPI
Latitud: 13°44'56.4"		Longitud: 74°4'5.2"		Altitud: 3102 msnm.
CO -				
Tipo: Meteorológica		Código: 113022		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
01/02/2020	21.4	11.4	85.6	9.7
02/02/2020	23.2	10.2	86.6	9.9
03/02/2020	21.8	5.8	83.3	13
04/02/2020	22.2	10.2	86.4	0.5
05/02/2020	23.6	8.6	73.4	0
06/02/2020	22.8	9.2	85.5	10.2
07/02/2020	20.8	11	87.9	0.6
08/02/2020	22.2	11.2	89.3	5.8
09/02/2020	16.2	10.2	91.1	0
10/02/2020	22	10.6	86.2	2
11/02/2020	21.4	11.4	90	10.5
12/02/2020	19.6	10.2	88.8	5.4
13/02/2020	18.8	9	86.2	3
14/02/2020	18.6	11	89.8	7.2
15/02/2020	20.2	10	87.5	1.5
16/02/2020	21.8	10.8	83.5	0
17/02/2020	21.4	8.8	83	0.6
18/02/2020	23.6	10	88.3	7.9
19/02/2020	23.8	7.6	83.1	7.6
20/02/2020	22.8	8.4	85.4	18.3
21/02/2020	15.2	8.8	90.8	1.4
22/02/2020	18.4	9.8	91.2	3

Fuente: SENAMHI / DRD (2020)

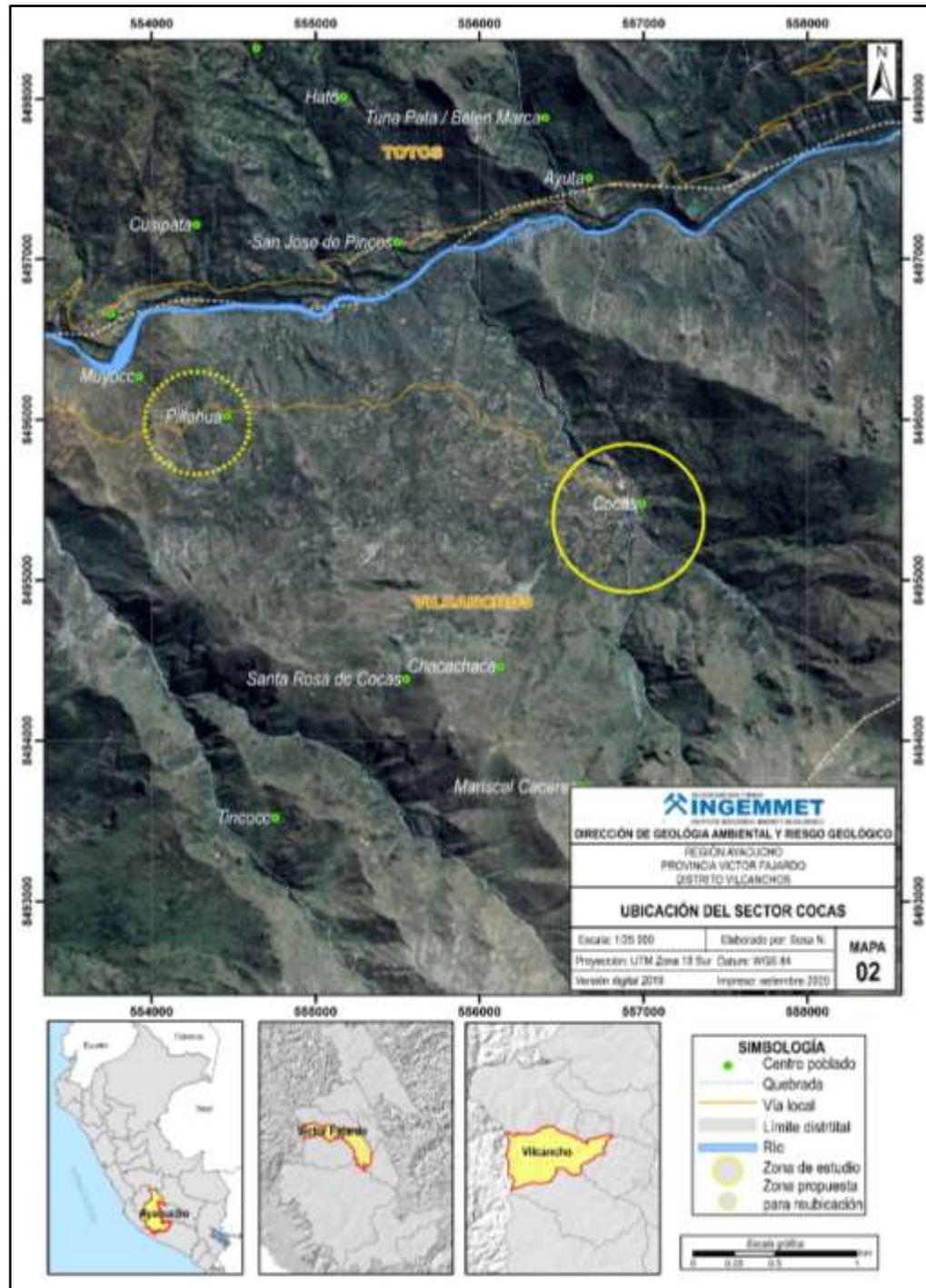


Figura 2. Mapa de ubicación de las zonas de estudio.

2. ASPETOS GEOLÓGICOS

En el contexto regional las unidades litológicas que afloran en la zona de estudio son de origen sedimentario; caracterizado por secuencias estratigráficas de calizas, areniscas y lutitas del Grupo Pucará del Triásico

superior – Jurásico inferior, Grupo Cabanillas del Devónico, la Formación Cercapuquio y Cachios del Jurásico (Quispesivana y Navarro, 2003)

2.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación se describen las unidades litoestratigráficas que afloran en el centro poblado de Cocas, la zona propuesta de reubicación y alrededores, las cuales se muestran en la (figura 4)

2.1.1. Grupo Cabanillas (D-c)

Constituido por limoarcillitas oscuras carbonosas con estructura lutácea en capas delgadas 0.10 a 0.30cm, en la parte inferior presenta limoarcillitas oscuras intercaladas con capas delgadas de areniscas grises de grano medio a grueso, esta unidad corresponde al Devónico.

De acuerdo a la fotografía 1 se puede observar este afloramiento a favor de la pendiente al norte del centro poblado de Cocas, y se extiende gran parte hasta el distrito de Totos, donde además se encuentra cubierta por vegetación..



Fotografía 1. Vista al norte donde se observan capas de limoarcillitas oscuras, ubicadas en la margen izquierda del río Pampas.

2.1.2. Grupo Pucará (Ts-Ji-P)

Esta unidad está conformada por calizas de color gris, intercaladas con proporciones subordinarias de areniscas, lutitas, presencia de margas y ocasionalmente lentes de evaporitas y horizontes de conglomerados; se le asigna a este grupo una edad Triásico superior-Jurásico inferior.

Esta unidad aflora mayormente en todo el centro poblado de Cocas y la zona propuesta para la reubicación (Pillahua), donde se aprecian calizas de color gris oscura (fotografía 2), en bancos medios a gruesos con nódulos.

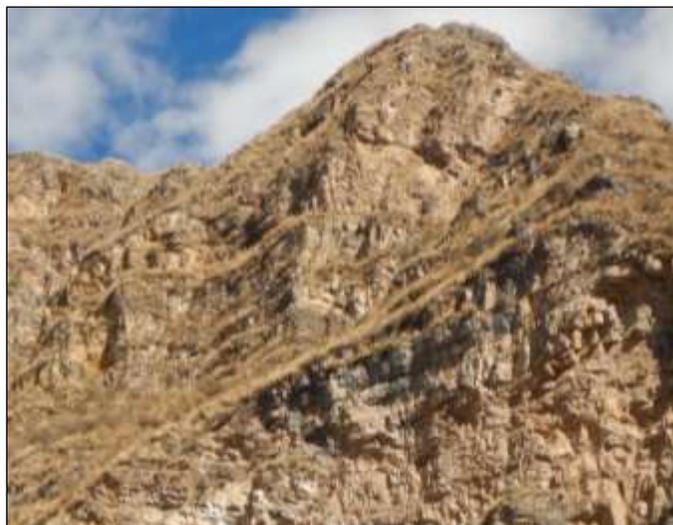
El substrato se encuentra medianamente meteorizado (A3), según la tabla de rango de meteorización, donde se observó que la roca se encuentra fresca y no se desintegra fácilmente al golpe del martillo, ofreciendo cierta resistividad; así también mencionar que al grado de fracturamiento menos de la mitad está descompuesto y/o desintegrado a suelo.



Fotografía 2. Muestra de mano de caliza con venillas de calcita, localizada en la margen derecha de la quebrada Antani

2.1.3. Formación Cachíos (Jm-ca)

Esta unidad está conformada por intercalaciones de areniscas, areniscas cuarcíticas oscuras, lutitas, y limolitas. De edad Jurásico medio-Cretáceo, se localiza al sur del centro poblado de Cocas (fotografía 3), donde se observó rocas de color beige con estratificación a favor de la pendiente, moderadamente meteorizadas y de mala calidad geotécnica; según la clasificación de niveles de suelos (ISRM, 1981)



Fotografía 3. Vista con dirección al sur de la margen derecha de la quebrada Antani, donde se puede observar la secuencia sedimentaria de la Formación Cachíos; conformada por intercalaciones de areniscas y lutitas de color beige.

2.1.4. Formación Cercapuquio (J-mc)

Litológicamente compuesta por areniscas cuarzosas, calizas y limoarcillitas rojas, ubicadas al suroeste del centro poblado de Cocas y exactamente a 1.5 km de la zona propuesta de reubicación (Pillahua).

2.1.5. Depósito aluvial (Q-al)

Estos depósitos son del Holoceno, están compuestos por gravas redondeadas a subredondeadas en matriz areno-limosa conformando terrazas aluviales. Su afloramiento se encuentra en ambas márgenes de las quebradas Antani y Uchujucha, como se muestra en la fotografía 4.



Fotografía 4. Vista con dirección al sur del centro poblado de Cocas, donde se aprecia material del depósito aluvial, ubicado en las coordenadas UTM 8494941 N, 556929 E, con altitud de 3419 m s.n.m.

2.1.6. Depósito coluvial (Q-co)

Son depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros constituidos por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que han sufrido transporte por gravedad. Los depósitos de esta unidad están conformados por los depósitos de movimientos en masa antiguos, como son deslizamientos, avalanchas y derrumbes (fotografía 5).



Fotografía 5. Vista con dirección noreste del sector Pillahua, donde se observan depósitos coluviales antiguos, cubiertos de vegetación, ubicados en las coordenadas UTM 8496155 N, 554418 E, con altitud 3146 m s.n.m.

2.1.7. Depósito proluvial (Q-pl)

Compuestos por fragmentos rocosos heterométricos (arenas, gravas, bloques, etc.), con relleno limo arenoso-arcilloso depositado en el fondo de valles tributarios y conoides deyectivos en la confluencia con el río Pampas y margen izquierda del mismo (figura 3)



Figura 3. Depósitos proluviales en confluencia con el río Pampas. Frente al centro poblado de Cocas y de la zona propuesta de Pillahua.

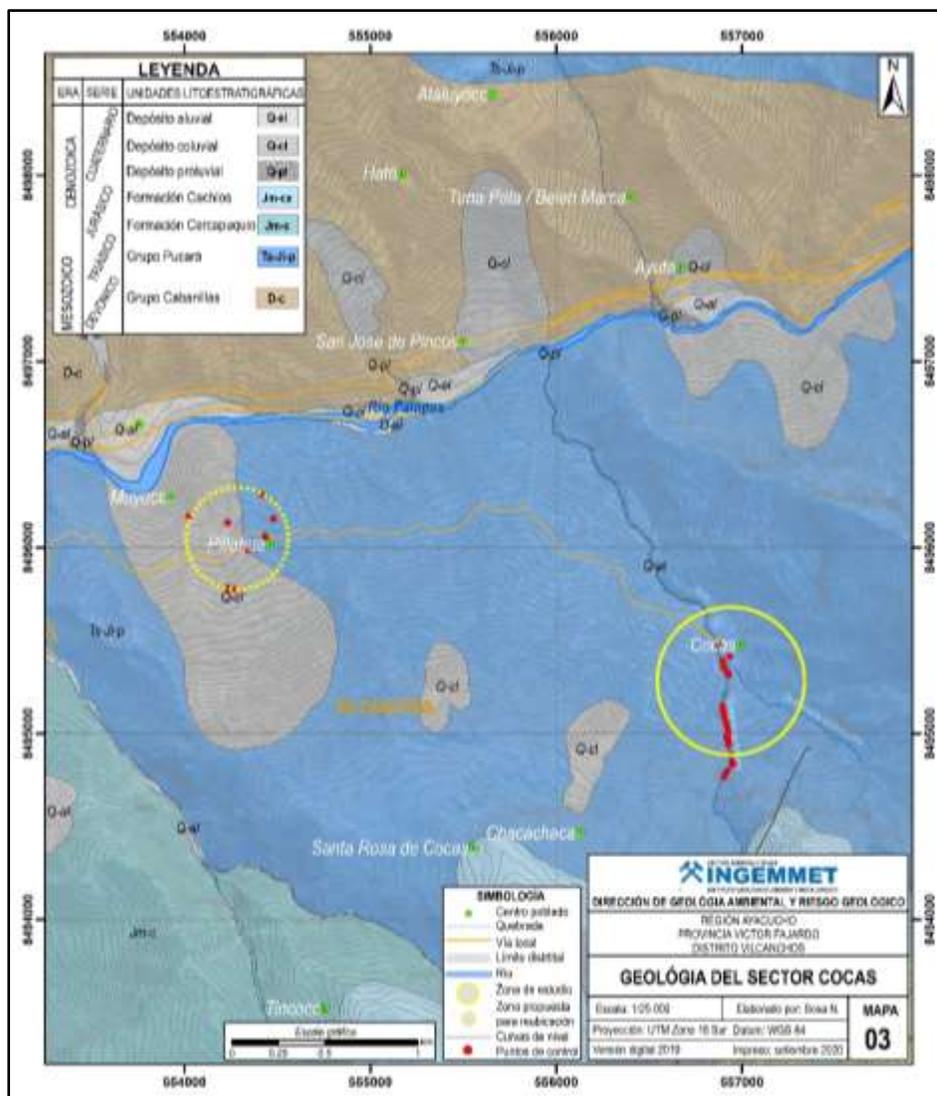


Figura 4. Mapa geológico de las zonas de estudio y alrededores (Modificado de Quispesivana y Navarro, 2003)

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La cartografía geomorfológica y la delimitación de unidades y subunidades geomorfológicas se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

3.1. Pendiente del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la identificación de unidades geomorfológicas y la evaluación de procesos por movimientos en masa, porque actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de los mismos (Ingemmet, 2019).

En la figura 5, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 20 m de resolución (USGS). De acuerdo a este mapa, el centro poblado de Cocas y la zona propuesta de reubicación, se localizan en una ladera cuyos rangos van desde la conformación de terrenos suavemente inclinados (5° - 15°), pasando por una amplia depresión con dirección norte, originado por la actividad geodinámica; y rodeado por pendientes fuertes (15° - 25°); que comprenden laderas de montañas, resultantes de una intensa erosión de la superficie.

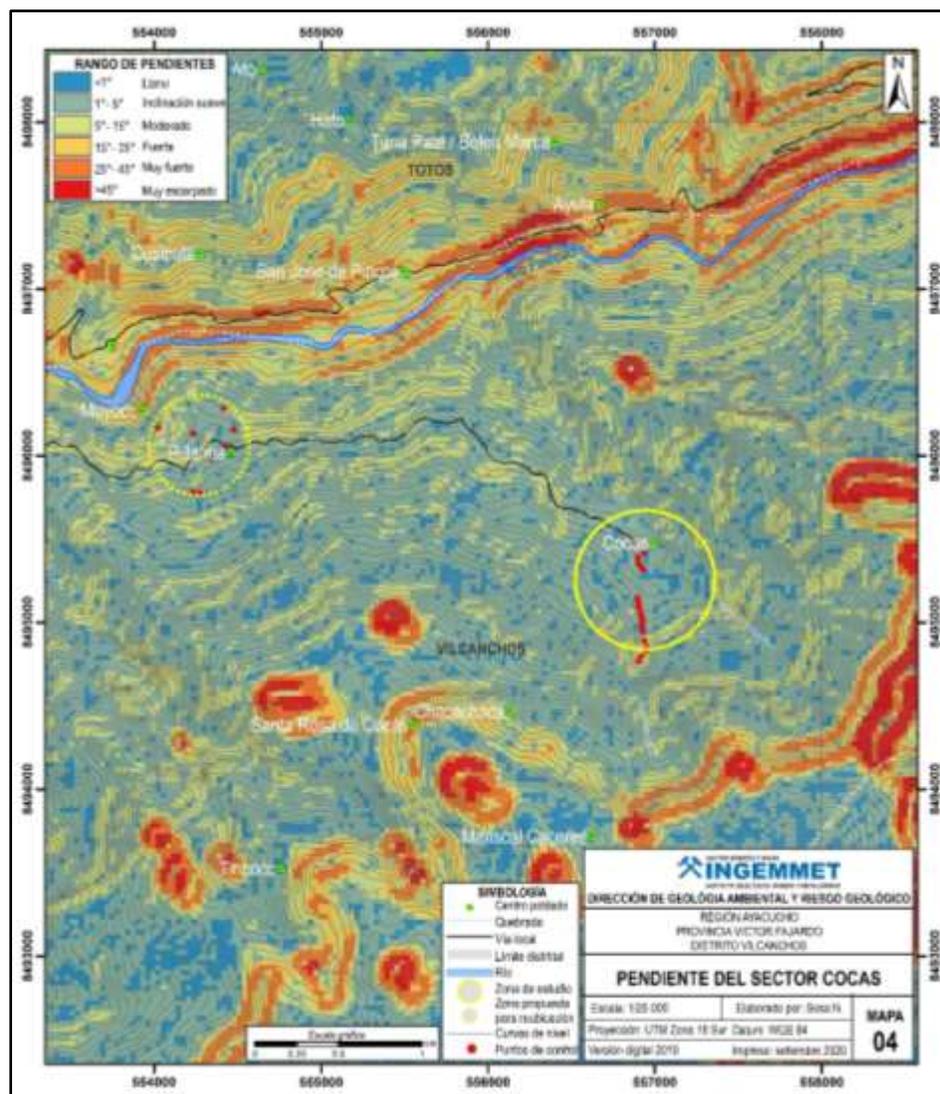


Figura 5. Mapa de pendientes de las zonas de estudio y alrededores.

3.2. Unidades geomorfológicas

Las unidades y subunidades geomorfológicas identificadas en las zonas evaluadas y alrededores se establecen en los dos tipos de clasificaciones descritas a continuación, señalando las características de geofomas definidas en cada grupo.

3.2.1. 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:

3.2.1.1. Unidad de montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Presentan cimas o cumbres agudas, subagudas, semiredondeadas, redondeadas o tubulares y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan pendiente promedio superior a 30% (Villota, 2005).

a. 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.

Esta subunidad corresponde a montañas modeladas en afloramientos de rocas sedimentarias del Grupo Pucará, Cabanillas y las formaciones Cachíos y Cercapuquio; las cuales están constituidas por rocas tipo calizas, areniscas con intercalaciones de limolitas y conglomerados con matriz arenosa intercalados con areniscas. Geodinámicamente a estas geoformas se asocia la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos, flujo de detritos (huaicos) y procesos de erosión de laderas (fotografía 6).



Fotografía 6. Vista al sureste del centro poblado de Cocas, donde se observan montañas de rocas sedimentarias ubicadas en ambas márgenes de la quebrada Antani.

3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultantes de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas preexistente. Se tienen las siguientes unidades y subunidades:

3.2.2.1. Unidad de piedemonte

Acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arenas, limos y arcilla inconsolidados ubicados al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos pueden ocupar grandes extensiones. Se diferencian las siguientes subunidades:

a. Subunidad de piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

Son aquellos depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros constituidos por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que han sufrido transporte; se presentan con cierta irregularidad en la quebrada de Antani (figura 6).



Figura 6. Vista con dirección al sur, donde se observa parte del piedemonte coluvio-deluvial, conformado por fragmentos de rocas sedimentarias del Grupo Pucara.

b. Subunidad de vertiente con deposito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes, que corresponden a deslizamientos, avalanchas de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados. Son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despeque del movimiento en masa.

Geodinámicamente, se asocia a reactivaciones en los materiales depositados por los movimientos en masa antiguos (generación de flujo y movimientos complejos), así como por nuevos aportes de material provenientes de la actividad retrogresiva de eventos activos (figura 7). Esta subunidad forma la depresión

donde se encuentra asentado Pillahua, zona propuesta de reubicación plano ondulados y que forman pequeñas lomadas.



Figura 7. Vista donde se observa la vertiente de deslizamiento, que se inicia en la parte alta de Pillahua; zona propuesta para la reubicación del poblado de Cocas.

3.2.2.2. Unidad de planicie

Son superficies que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, formadas por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

a. Subunidad de Terraza aluvial (T-al)

Porciones de terreno que se encuentran dispuestas cerca de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, pero a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se asientan y desarrollan viviendas y actividad agrícola, tal como se puede observar en la margen izquierda del río Pampas (figura 8)



Figura 8. Vista donde se puede observar la terraza aluvial a la margen izquierda del río Pampas.

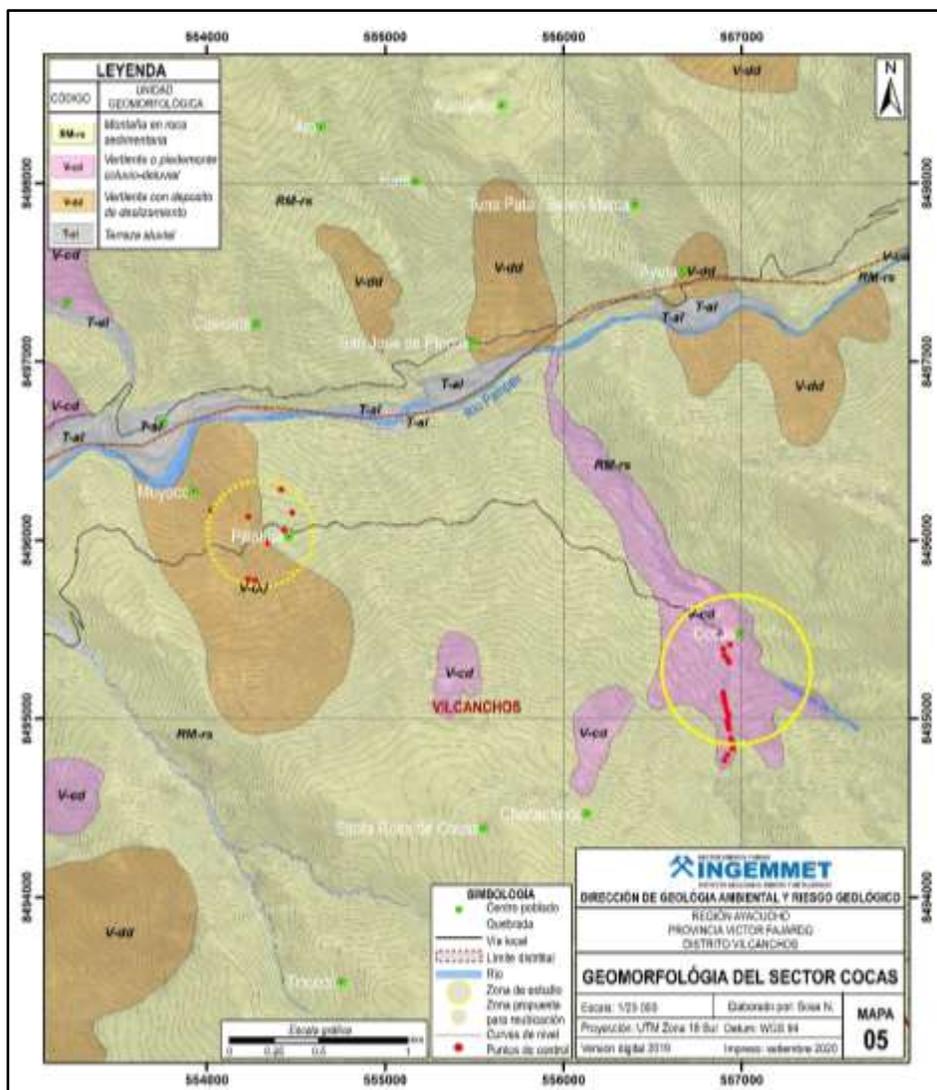


Figura 9. Mapa geomorfológico de las zonas de estudio y alrededores

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada y sus alrededores, corresponden a movimientos en masa, denominados como flujo de detritos, derrumbes, deslizamientos y erosión de ladera (cárcavas), tal como se muestra en el mapa de peligros geológicos por movimientos en masa. (Anexo 2: Figura 17)

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los peligros geológicos reconocidos en la zona inspeccionada corresponden al grupo de los movimientos en masa, denominados como flujo de detritos, derrumbe, deslizamiento y erosión de ladera (PMA: GCA, 2007). Estas ocurrencias son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en la Cordillera de los Andes por cursos de agua, 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 del río.

4.1.1. Flujo de detritos (huaico) del sector de Cocas

Evento localizado en la margen derecha del río Pampas, se caracteriza por presentar un relieve abrupto y configuración topográfica muy accidentada hacia la parte alta de la quebrada Antani, debido a los procesos geológicos ocurridos en el pasado.

Estos procesos se conforman por procesos geodinámicos como derrumbes, erosión de ladera, identificados en las laderas y que aportan material a la quebrada conllevando a flujos de detritos (huaicos)

Se puede mencionar que el centro poblado de Cocas se encuentra localizado entre las quebradas: Antani y Uchujucha, las cuales cargan flujos de detritos, que representan peligro geológico para la población, (figura 10),

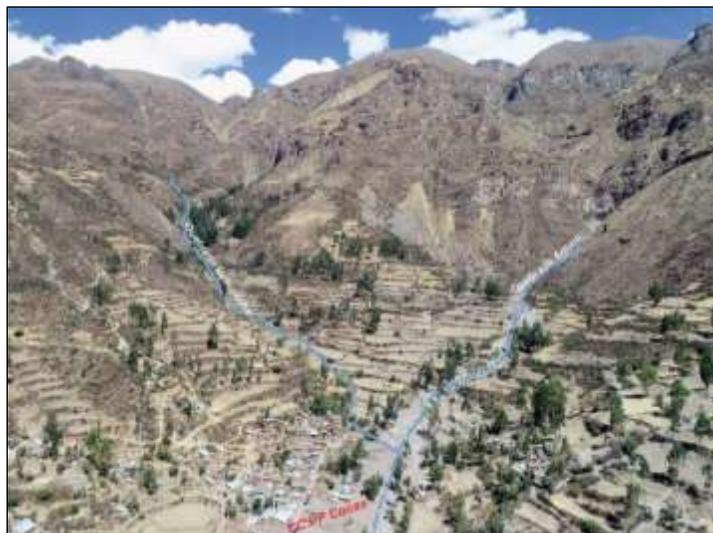


Figura 10. Vista donde se observa el Centro poblado de Cocas en medio de las quebradas Antani y Uchujucha (ubicado en las coordenadas UTM 8495572 N, 556817 E, y altitud de 3310 m s.n.m.)

Según información de los pobladores, en el año 1973, en el centro poblado de Cocas, se evidenció por primera vez un huaico, que generó la destrucción de 33 viviendas y 2 personas desaparecidas. Los eventos del 2019 y 2020 corresponden a reactivaciones de este suceso antiguo.

Haciendo uso de imágenes satelitales del año 2019, previas al evento ocurrido el 14 de febrero, se puede evidenciar que el cauce o lecho de quebrada Antani es de 3.5 a 4.5 m de ancho y una profundidad que variaba de 1 a 2 m, además que presenta una canalización rústica. El huaico tiene un recorrido de 1.8 km aproximadamente, considerada desde la cabecera pasando por el poblado.

Ya con la inspección geológica de campo desarrollada el 16 de setiembre del presente, se puede observar que dicha quebrada se desbordó, su cauce se amplió hasta en 110 m y profundizado su lecho de 1 a 5 m de profundidad; tal como se muestra en la figura 11.

El evento del 14 de febrero del 2020, ocurrió a las 19.15 pm horas, se generó únicamente en la quebrada Antani, ubicada en la margen derecha del centro poblado de Cocas, por donde se condujeron flujos de detritos (huaicos) en casi 1.8 km de trayectoria hasta alcanzar al poblado de Cocas aguas abajo.

El material que transportó el flujo estuvo compuesto por bloques de hasta 2.5 m, gravas, arenas y limos, combinados con troncos de eucaliptos, que se encontraban en ambos márgenes de la quebrada (figura 12), alcanzó depositaciones de hasta 1.5m de altura (figura 13), lo cual trajo consigo la destrucción de 33 viviendas de adobe, actualmente deshabitadas (fotografía 6) y 5 postes de tendido eléctrico de concreto destruidos (fotografía 7)

También observo la tubería del agua potable del centro poblado de Cocas, que actualmente fue repuesta; así como el sistema de desagüe. (figura 14).

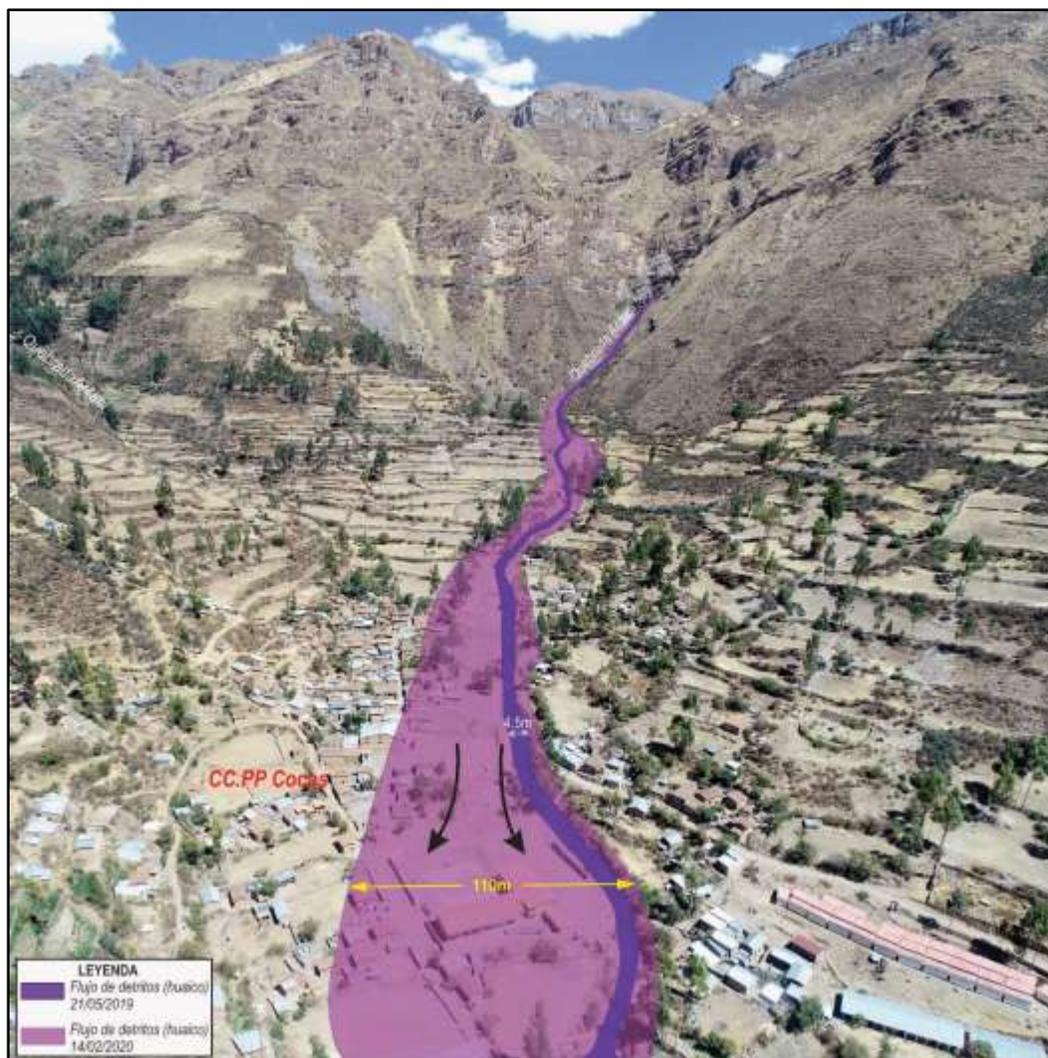


Figura 11. Vista tomada con dron, donde se observa la reactivación de la quebrada Antani y la generación del flujo de detritos (huaico) generado en febrero de este año.



Figura 12. Vista donde se observan: a) bloques de 2 m combinados con gravas semiredondeadas, b) árboles inclinados y caídos; que se desplazaron por toda la quebrada Antani.



Fotografía 7. Se identificaron los daños ocasionados por el flujo de detritos (viviendas destruidas y deshabitadas).



Figura 13. Vista donde se observa rastros del nivel del flujo de detritos (huaico) que varía entre 1 a 1.5 m, ubicado en las coordenadas UTM 8495442 N, 556916 E, con una altitud 3324.



Figura 14. Vista donde se observa: a) tubería del agua potable, que actualmente fue repuesta; b) tapa de concreto de desagüe destruida.



Fotografía 7. Postes de concreto de tendido eléctrico destruidos.

Evidencia que presenta el flujo de detritos (huaico):

- Forma: cono/abanico
- Flujo de material: canalizado
- Distancia recorrida: 1.8 km
- Tamaño de clastos: bloques 30%, gravas 40%, limo 30%, poco consolidado

Daños ocasionados por el flujo de detritos (huaico):

- Viviendas destruidas (33)
- Viviendas afectadas (34)
- Centro educativo N°38535 Manuel Siguera Corrales (destruido)
- Parque destruido (1)
- Iglesia Evangélica "Asamblea de Dios, Agua Dulce" (destruido)
- Postes de tendido eléctrico destruidos (5)
- Iglesia del centro poblado de Cocas (afectado)
- Posta del centro poblado de Cocas (afectado)
- árboles de eucalipto (destruidos)
- Tubería de agua potable (destruido)
- Desagüe (destruido)

4.2. FACTORES CONDICIONANTES

Los factores que influyen en la inestabilidad de las laderas se dividen en: condicionantes y desencadenantes; los primeros dependen de las características intrínsecas de las laderas, y los segundos, conocidos también como "detonantes", debidos a las condiciones climáticas regionales, por los eventos extremos y por el grado de impacto o deterioro ocasionado por las actividades del hombre.

A continuación, se detalla las características de factores de ladera identificados en la zona de estudio que condicionan la generación de los peligros geológicos

- Unidad geomorfológica de montaña con laderas con pendiente moderada a fuerte (fotografía 8).
- Substrato rocoso completamente meteorizado, muy fracturado y de calidad geotécnica mala, que corresponde al Grupo Pucara.
- Naturaleza de suelo incompetente, formada por bloques, gravas y arenas con matriz arcilloso-limosa medianamente saturada, de fácil erosión y remoción (fotografía 9).
- Presencia de cobertura vegetal moderada.

4.2.1. FACTORES POR ACCION HUMANA

- Actividad antrópica representada por la ocupación inadecuada del suelo por el hombre en zonas vulnerables.



Fotografía 8. Vista de las montañas en ambas márgenes de la quebrada Antani y que presentan pendientes promedio de 40° (Imagen tomada con el drone).



Fotografía 9. Vista al norte del centro poblado de Cocas, donde se puede observar el material transportado por el flujo de detritos (huaico), así como la profundidad que llego a 5 m y un ancho promedio de 4 a 6.

4.3. FACTORES DESENCADENANTES

- Las precipitaciones pluviales intensas que se presentan entre los meses de diciembre a abril, funcionan como el desencadenante principal, así como las precipitaciones excepcionales, tal es así que el evento de huaico se asocia a precipitaciones del orden de 7.2 a 10.5 mm/día según lo mostrado en los datos de estación pluviométrica.
- La actividad sísmica que ocurre en la provincia de Víctor Fajardo es de intensidad VI, (Sildado, 1978) según los datos macrosismicos de la región Ayacucho y alrededores, a la cual se puede asociar la generación movimientos por efectos de vibración sísmica en los depósitos culuvio deluviales que se encuentran sueltos en las laderas produciendo caídas de rocas entre otros que pueden afectar al poblado de Cocas y la zona de reubicación Pillahua.

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN

5.1. Área propuesta

El área propuesta por la municipalidad de Vilcanchos, asignada para la reubicación de Cocas, es conocida como sector Pillahua, y se encuentra ubicada a la margen derecha del río Pampas y l noroeste del centro poblado mencionado (fotografía 10).

Toda el área comprende las siguientes coordenadas UTM, WGS84 y geográficas:

Cuadro 4. Coordenadas de la zona propuesta para la reubicación del sector Cocas

SECTOR PILLAHUA				
Coordenadas UTM			Coordenadas Geográficas	
Norte	Este	Altitud	Longitud	Latitud
8495926	554627	3226	-74.494996°	-13.604785°
8496383	554417	3057	-74.497008°	-13.600670°
8496122	553987	3071	-74.500924°	-13.603052°
8495753	554249	3229	-74.498501°	-13.606340°

El terreno propuesto para reubicación se localiza sobre laderas bisectadas por quebradas, numerosas erosiones de ladera (cárcavas) y rellenadas por depósito de deslizamiento antiguo. El área de reubicación cubre un área de 23 hectáreas aproximadamente, cuyas viviendas se asentarían u ocuparían las laderas y vertientes de los cerros, limitada en su parte superior e inferior por la trocha carrozable de acceso al poblado Cocas.



Fotografía 10. Vista al noroeste, donde se observa el sector Pillahua; área propuesta para la reubicación del sector Cocas.

5.1.1. Condiciones geológicas

En el contexto litológico en los terrenos del sector Pillahua afloran substratos rocosos de calizas y areniscas fracturadas y meteorizadas (fotografía 11) y cubiertas por depósitos de escombros de remociones en masa, constituidos por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa, con afloramientos importantes en el corte de carretera, donde se evidenciaron clastos angulosos de hasta 15cm englobados en matriz en arena limosa, característico de los depósitos de deslizamientos antiguos.

Así también, al momento de la inspección geológica de campo, se observa la presencia de calicatas de 2m x 3m y profundidades de hasta 2.5 m, sobre la cual se pueden diferenciar las diferencias secuencias depositacionales de escombros. (figura 15).



Fotografía 11. Bloques y gravas del Grupo Pucará meteorizadas y bien fracturadas.



Figura 15. Calicata en terrenos Pillahua, sobre las cuales se identificaron los diferentes niveles de suelo y depositaciones que conforman el subsuelo en el sector Pillahua. Coordenadas UTM 8496155 N, 554418 E, con una altitud 3142.

El substrato rocoso está conformado por rocas sedimentarias tipo calizas y areniscas que se encuentran combinadas con suelo.

5.1.2. Condiciones geomorfológicas

Geomorfológicamente, las subunidades y geofomas que configuran el relieve en el área de reubicación, esta determinada por laderas de montañas sedimentarias, cuyas vertientes se encuentran rellenas por depósitos de remoción tipo deslizamientos antiguos, lo cual configura topografías de pendientes moderadas de 15° de inclinación aproximadamente

5.1.3. Condiciones geodinámicas

Desde el punto de vista geodinámica y de ocurrencia de peligros geológicos, en el área se pueden identificar procesos de erosión de ladera (cárcavas), derrumbes y deslizamientos (figura 16), los cuales dan inestabilidad al terreno y se consideran fuente de aporte de material de fácil remoción en el tiempo, ante agentes de precipitaciones pluviales extraordinarias, así como por las infiltraciones de escorrentía que pueden producirse en el terreno, lo cual podrían generar reactivaciones de deslizamientos antiguos y derrumbes.

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área, representada por vertientes con depósito de deslizamiento.
- Alternancia e incompetencia de las secuencias de las calizas areniscas y conglomerados.
- Substrato rocoso con un grado de meteorización moderado.
- Presencia de suelos de tipo arcilloso a arcillo-limoso con fragmentos de gravas, que al saturarse pierden cohesión e incrementan su plasticidad; los cuales corresponden a materiales de remoción antigua (deslizamiento), caracterizado con susceptibilidad alta a muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa.

Por las condiciones geológicas y geodinámicas expuestas del terreno, este sector se considera **NO APTO** para la reubicación del centro poblado de Cocas.

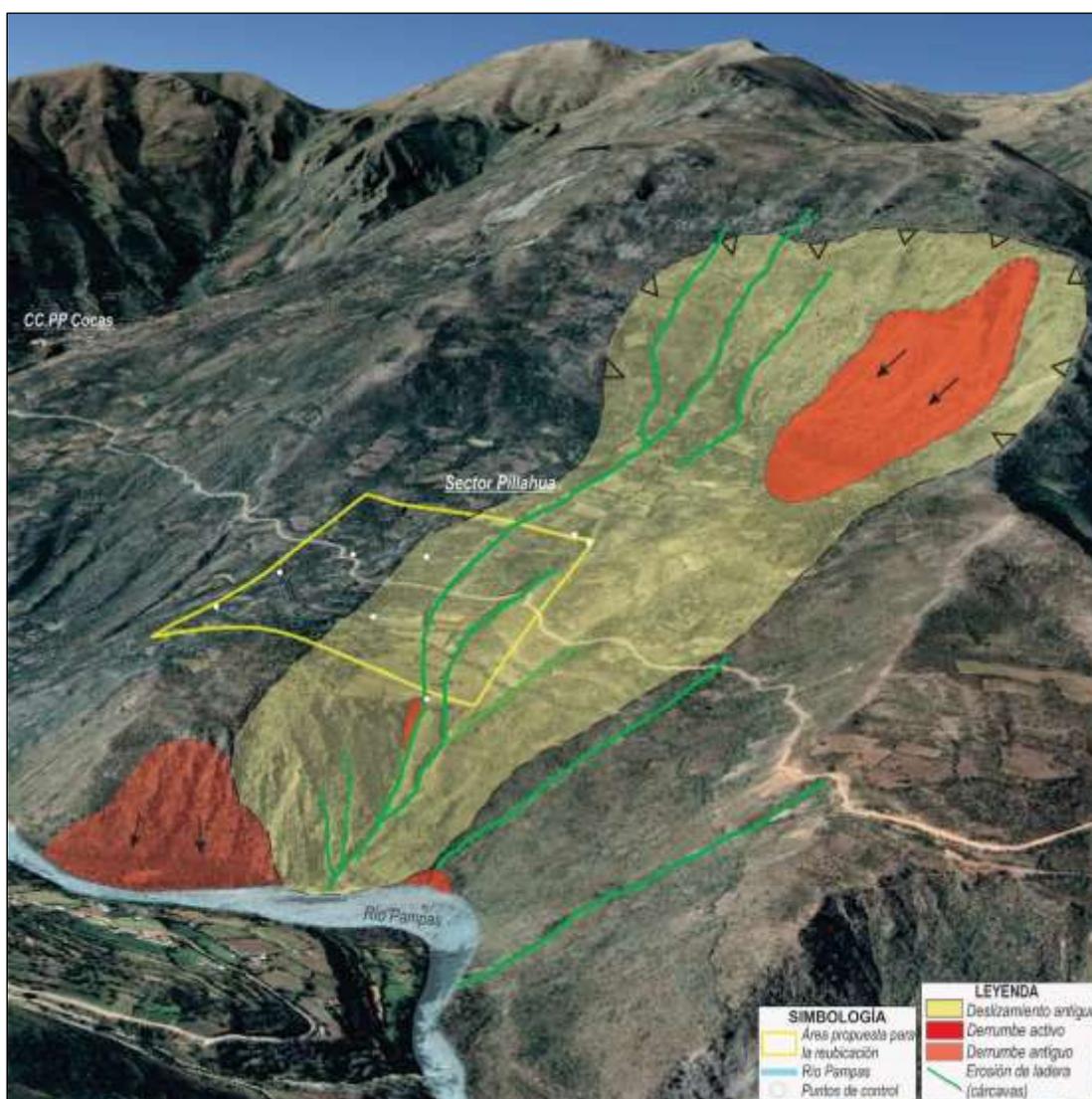


Figura 16. Cartografía de peligros geológicos en el sector propuesto (Pillahua), zona propuesta para la reubicación del centro poblado de Cocas.

6. CONCLUSIONES

- a) El centro poblado de Cocas y la zona propuesta de reubicación (Pillahua), se localizan en áreas y zonas de alta y muy alta susceptibilidad a movimientos en masa, donde se han identificado en ambos sectores peligros geológicos como flujo de detritos (huaico), derrumbe; deslizamientos y erosiones de ladera, respectivamente, los cuales representan un Peligro Muy Alto que comprometen la seguridad física los pobladores; así como sus medios de vida
- b) El centro poblado de Cocas se encuentra asentado en una ladera delimitada en ambos márgenes por las quebradas Antani y Uchujucha, lo cual lo ubica en una zona de peligro muy alto ante la reactivación de las mismas. Tal es así que el 14 de febrero del 2020, en la quebrada Antani se reactivó un flujo de detritos (huaico), que recorrió un trayecto de 1.8 km, extendiéndose en 110 m y profundizando su cauce en aproximadamente 5m. Los daños generados por este evento corresponden a la destrucción de 33 viviendas, 5 postes de tendido eléctrico y la afectación de 34 viviendas, 1 centro educativo, 1 iglesia destruida y otra afectada, 1 posta de salud y tubería de agua potable y desagüe.
- c) Las unidades litoestratigráficas que afloran en las zonas evaluadas corresponde a rocas de origen sedimentario (Grupo Pucara, Grupo Cabanillas, Formación Cachíos, Formación Cercapuquio; así como depósitos cuaternarios. Los movimientos en masa identificados en ambos, se desarrollaron principalmente en materiales conformados por calizas, areniscas y conglomerados, considerados como rocas de mala calidad geotécnica.
- d) Las Geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas en roca sedimentaria), geoformas de carácter depositacional y agradacional, principalmente originadas por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos: vertiente o piedemonte coluvio-deluvial en el centro poblado de Cocas y vertiente con depósito de deslizamiento en la zona propuesta para la reubicación (Pillahua).
- e) Por las condiciones geológicas y geodinámicas del área propuesta para la reubicación del centro poblado de Cocas, mencionadas, esta zona es inestable y por lo tanto **No es apta para la reubicación** del centro poblado de Cocas.

7. RECOMENDACIONES

- 1) **Reubicación** del centro poblado de Cocas, ya que se encuentra expuesto a peligros potenciales de flujos de detritos (huaicos) y derrumbes, de acuerdo a lo detallado en el capítulo de peligros geológicos.
- 2) Dicho poblado debe ser reasentado en un sector que presente condiciones geológicas y geodinámicas adecuadas, considerando que la zona propuesta de Pillahua, no presenta estas condiciones para dicho fin, según lo mencionado en el capítulo 5 caracterización del área propuesta para reubicación.
- 3) **A manera de indicaciones y recomendaciones** generales de mitigación y prevención, es necesario implementar algunas de las que se mencionan en el anexo3.
- 4) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos por movimientos en masa y gestión del riesgo de desastres, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de este tipo de eventos que pueden afectar su seguridad física.
- 5) Implementar un sistema de alerta temprana (SAT), en temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.



Norma Luz Sosa Senticala
Especialista en peligros geológicos
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico



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

8. BIBLIOGRAFÍA

Morche, W., Ávila A., De La Cruz J., Zeballos F., (1995), Boletín N° 61, serie A, Carta Geológica Nacional: "Geología del cuadrángulo de Ayacucho"

Quispesivana L. & Navarro P. (2003), La "Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Guadalupe(28-l), Huancapi (28-ñ), Chincheros (28-o), Castrovirreyna (27-m), San Miguel (27-o), Tupe (26-l), Conaica (26-m), Huarochirí (25-k), Yauyos (25-l) y Huancayo (25-m)"

Acosta J., Rodríguez I., Flores A. & Huanacuni D. (2011), Memoria sobre la geología económica de la región Ayacucho, Proyecto GE33 "METALOGENIA Y GEOLOGÍA ECONÓMICA POR REGIONES".

Guzmán A. & Herrera F. (2003), Estudio de Riesgos Geológicos del Perú - Franja N°3, Boletín N°28 Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica.

Vílchez M., Ochoa M., Parí W. (2019), Boletín N° 70, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: "Peligro geológico en la región Ayacucho"

Hungr, O.; Evans, S.G.; Bovis, M.J. & Hutchinson, J.N. (2001) – A review of the classification of landslides of flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3): 221-238.

Duque, G. & Escobar, C. (2016) – Erosión de suelos (en línea). En: Duque, G. & Escobar, C. *Geomecánica*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, p 122-135 (consulta: 10 julio 2015). Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/53252/45/erosiondesuelos.pdf>

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.

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

Valderrama, L.; Montenegro, E. & Galindo, J. (1964) - Reconocimiento forestal del departamento de Cundinamarca. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 86 p.

Senamhi, Clasificación de climas de Wern Thornthwaite: www.senamhi.gog.pe

Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (2015) Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. -- Lima: MINAM, 2015. 100: il. col., maps., tbls

Silgado, E. (1978) - Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). Instituto de Geología y Minería, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica, 3, 130 p.

ANEXOS 1: MAPAS

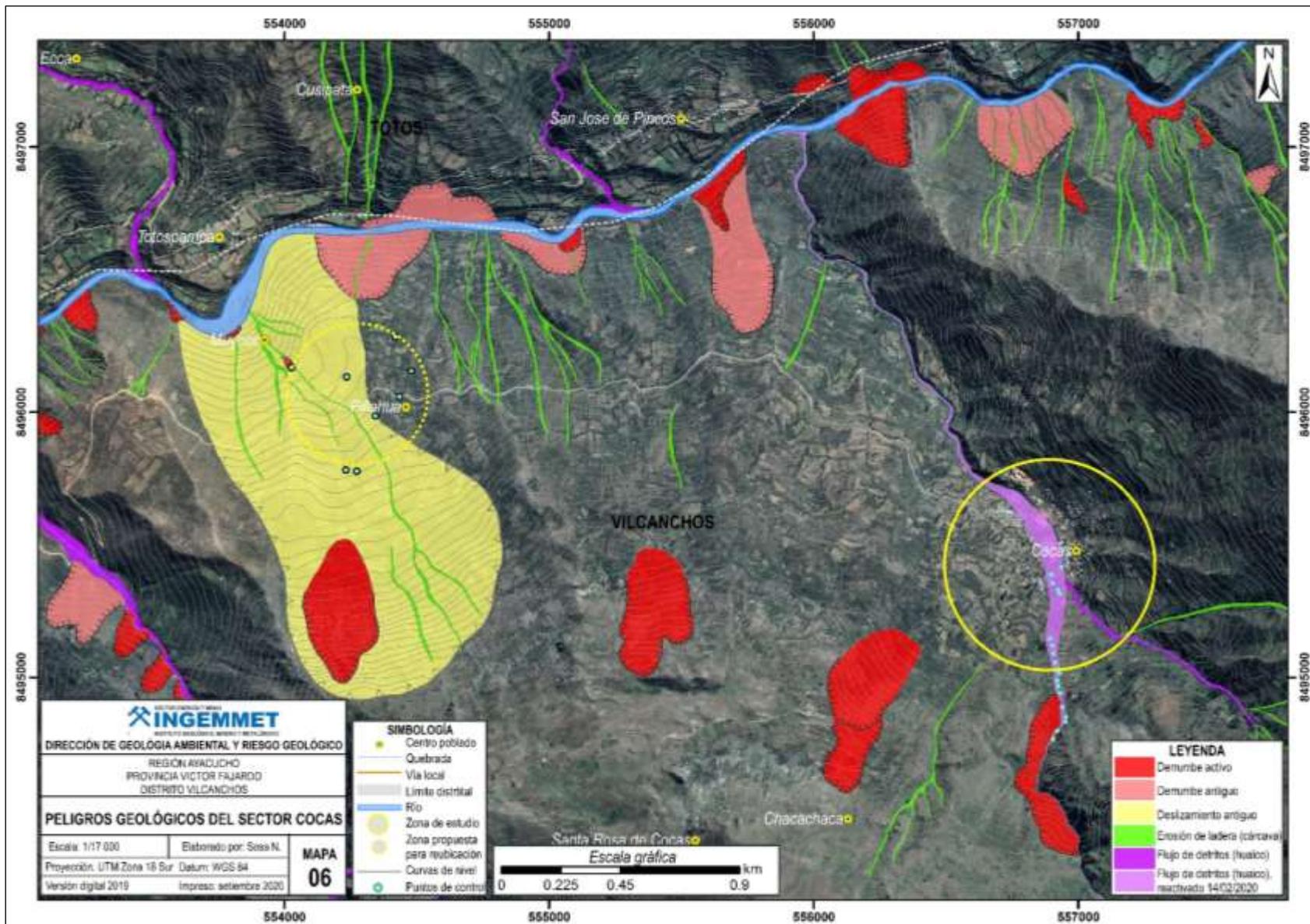


Figura 17. Mapa de peligros geológicos por movimientos en masa de las zonas de estudio.

ANEXO 2: GLOSARIO

Susceptibilidad a movimientos en masa: Está definida 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), y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

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. Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de “u”, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.

La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hungry, 2005).

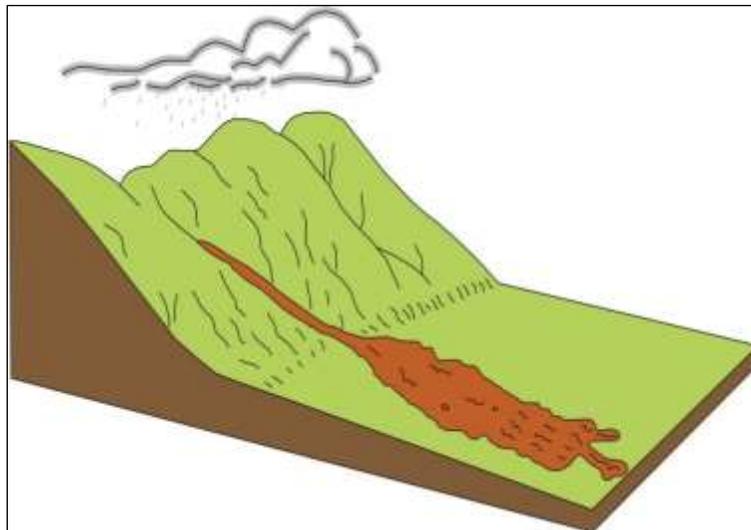


Figura 18. Esquema donde se muestra el depósito que forma un flujo de detritos.

Derrumbe: Son fenómenos asociados a la inestabilidad de las laderas de los cerros, consisten en el desprendimiento y caída repentina de una masa de suelo o rocas o ambos, que pueden rodar o caer directamente en forma vertical con ayuda de la gravedad. Son producidos o reactivados por sismos, erosión (socavamiento de la base en riberas fluviales o acantilados rocosos), efecto de la lluvia (saturación de suelos incoherentes) y la actividad humana (acción antrópica: cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas (Vilchez, 2019).

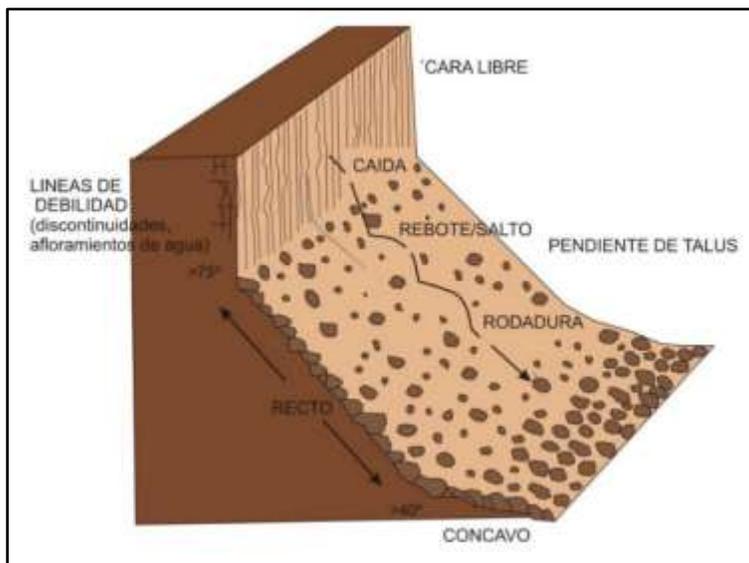


Figura 19. Esquema de un derrumbe (Vilchez, 2015)

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. 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).

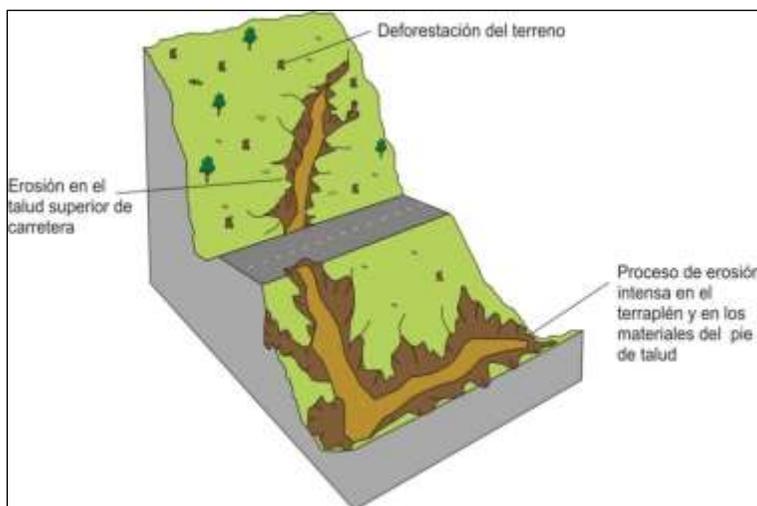


Figura 20. Esquema de una ladera afectada por reptación de suelos.

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

- Programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc.

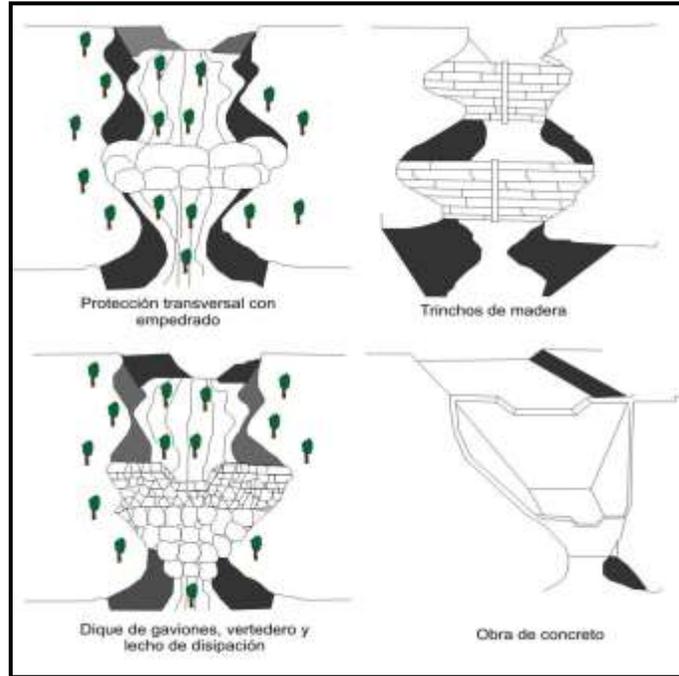


Figura 21. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas. (Instituto Nacional de Vías- Ministerio de Transporte Republica de Colombia, 1998)

- Realizar la construcción de presas de sedimentación escalonadas 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.

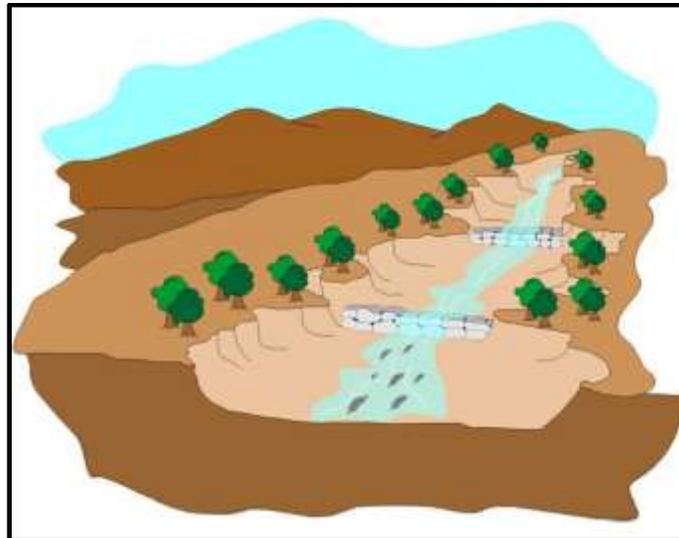


Figura 22. Presas transversales a cursos de quebradas