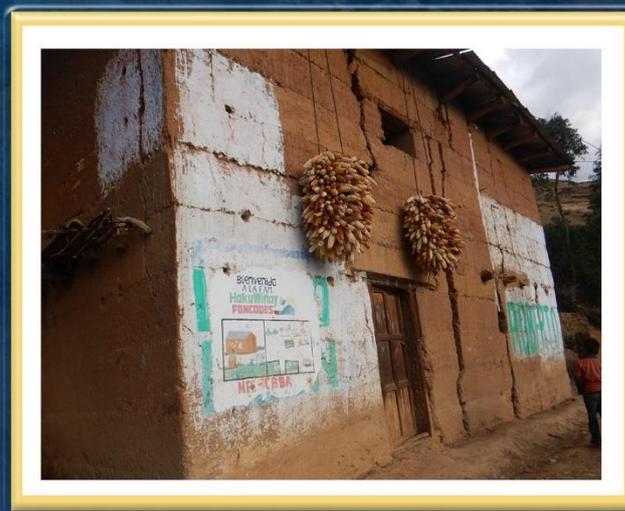
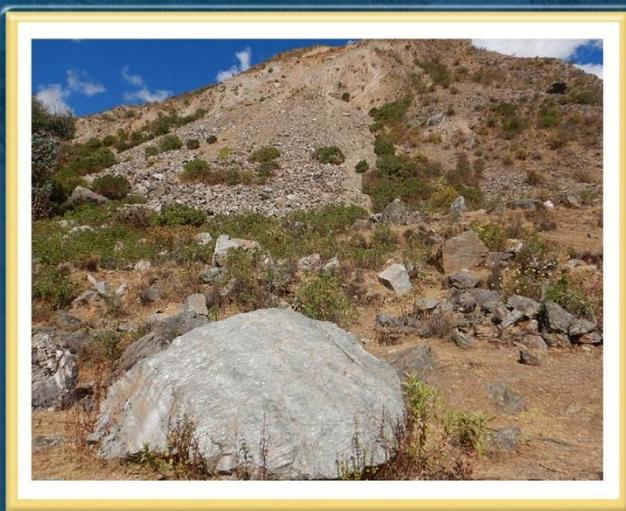


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7182

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD DE PAUCA

Departamento Huánuco
Provincia Huacaybamba
Distrito Canchabamba



SETIEMBRE
2021

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

Equipo de investigación:

*Norma L. Sosa Senticala
Mauricio A. Núñez Peredo*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la localidad de Pauca, distrito Canchabamba, provincia Huacaybamba, departamento Huánuco. Lima; Ingemmet, Informe técnico N°A7182, 37 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3.1. Ubicación	4
1.3.2. Accesibilidad	4
1.3.3. Clima	6
1.3.4. Zonificación Sísmica	7
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
2.3. Unidades litoestratigráficas	8
2.3.1. Complejo del Maraón (NP-cm-esq-gn).....	8
2.3.2. Granito gneisificado (Oi-ggn)	8
2.3.3. Depósitos cuaternarios	9
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	10
3.1. Pendientes del terreno.....	10
3.2. Unidades geomorfológicas.....	11
3.2.1. Geformas de carácter tectónico degradacional.....	11
3.2.2. Geformas de carácter tectónico depositacional y agradacional....	12
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	14
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	14
4.1.1. Derrumbe del 15 de marzo.....	15
4.1.1.1 Características visuales del evento	17
4.1.1.2 Daños generados por el derrumbe	18
4.1.2. Deslizamiento rotacional	19
4.1.2.1. Características visuales del evento	21
4.1.2.2. Daños generados por el deslizamiento.....	24
4.1.3. Erosión de ladera	24
4.1.3.1. Características visuales del evento	25
5. CONCLUSIONES.....	26
6. RECOMENDACIONES	27
7. BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXO 1: MAPAS.....	29
ANEXO 2: GLOSARIO.....	34

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en la localidad de Pauca, perteneciente a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Canchabamba, provincia Huacaybamba, departamento de Huánuco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada y alrededores, son principalmente de origen metamórfico (Complejo Marañón), formadas por esquistos micáceos, medianamente fracturadas altamente meteorizadas (A4). La localidad de Pauca, se encuentra asentada sobre depósitos coluvio-deluviales, constituidos de bloques de gravas, guijarros con clastos de naturaleza litológica heterogénea, subangulosos a angulosos, envueltos en una matriz limo arenoso – arcilloso, acumulados al pie de laderas y con signos de removilización.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico degradacional y erosional (montañas en rocas metamórficas) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores y configuran morfología de piedemonte (vertiente coluvio-deluvial) y planicies (abanico de piedemonte). La pendiente del terreno varía entre de fuerte y muy fuerte (15° - 45°), esta variabilidad es considerada como el principal factor condicionante en la ocurrencia de movimientos en masa.

Los procesos identificados en la localidad de Pauca corresponden a los denominados movimientos en masa, tipo derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas (cárcavas), los cuales han presentado reciente “actividad”. Los daños ocasionados por el derrumbe corresponden a la destrucción de una vivienda, un servicio higiénico y podría comprometer a otras siete viviendas. El deslizamiento está comprometiendo a diez viviendas, así como un tramo de la vía Pauca-Canchabamba (85 m) y terrenos de cultivo.

Por las condiciones geodinámica, geológica y geomorfológica, mencionadas anteriormente, la localidad de Pauca, se considera de **Peligro Muy Alto**, a la ocurrencia de derrumbe y deslizamiento, y se consideraría a este punto como **Zona Crítica**.

Estos movimientos en masa pueden ser detonados por lluvias intensas y/o prolongadas o movimientos sísmicos.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones para que las autoridades competentes tomen acción, entre ellas la reubicación de viviendas afectadas y/o comprometidas. Recomendaciones planteadas con la finalidad de salvaguardar la seguridad de los pobladores de Pauca.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Provincial de Huacaybamba, según Oficio N° 069-2020-MPHBBA/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación geológica del derrumbe, ocurrido el día 15 de marzo del 2019, que afectó una vivienda, un servicio higiénico y podría afectar a siete otras viviendas ubicadas en dirección del derrumbe. A su vez se identificó un deslizamiento antiguo el cual presenta reactivación comprometiendo a diez viviendas, así como un tramo de la vía Pauca-Canchabamba y terrenos de cultivo de papa y maíz.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al Ing. Norma Sosa Senticala y el Geol. Mauricio Núñez Peredo, realizar la evaluación de peligros geológicos en la localidad de Pauca, llevándose a cabo el 22 de julio del 2021, en coordinación con representantes de la Unidad de Defensa Civil del distrito Canchabamba y autoridades locales del sector de Pauca.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Provincial de Huacaybamba y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación 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:

- a) Evaluar y caracterizar el peligro geológico por movimientos en masa ocurridos en la localidad de Pauca, eventos que comprometen la seguridad física de la población, viviendas y sus medios de vida en la zona de influencia del evento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos
- c) 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

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que sirven de referencia, tales como (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- a) Boletín N° 34, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de riesgos geológicos en la región Huánuco” (Zavala & Vílchez, 2006). Aquí se ha registrado un total de 840 ocurrencias de peligros geológicos en la región Huánuco. cabe mencionar que los eventos más próximos identificados son los deslizamientos y derrumbes.
 Así mismo, en el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, se evidencia que el sector de Pauca se encuentra en zona de susceptibilidad Muy Alta, (figura 1).
- b) Boletín N° 75, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo Huánuco” (Quispesivana, L. 1996), En este boletín se describen las unidades litoestratigráficas de la zona de estudio y alrededores; la cual corresponde a una secuencia de rocas metamórficas del complejo Marañón.

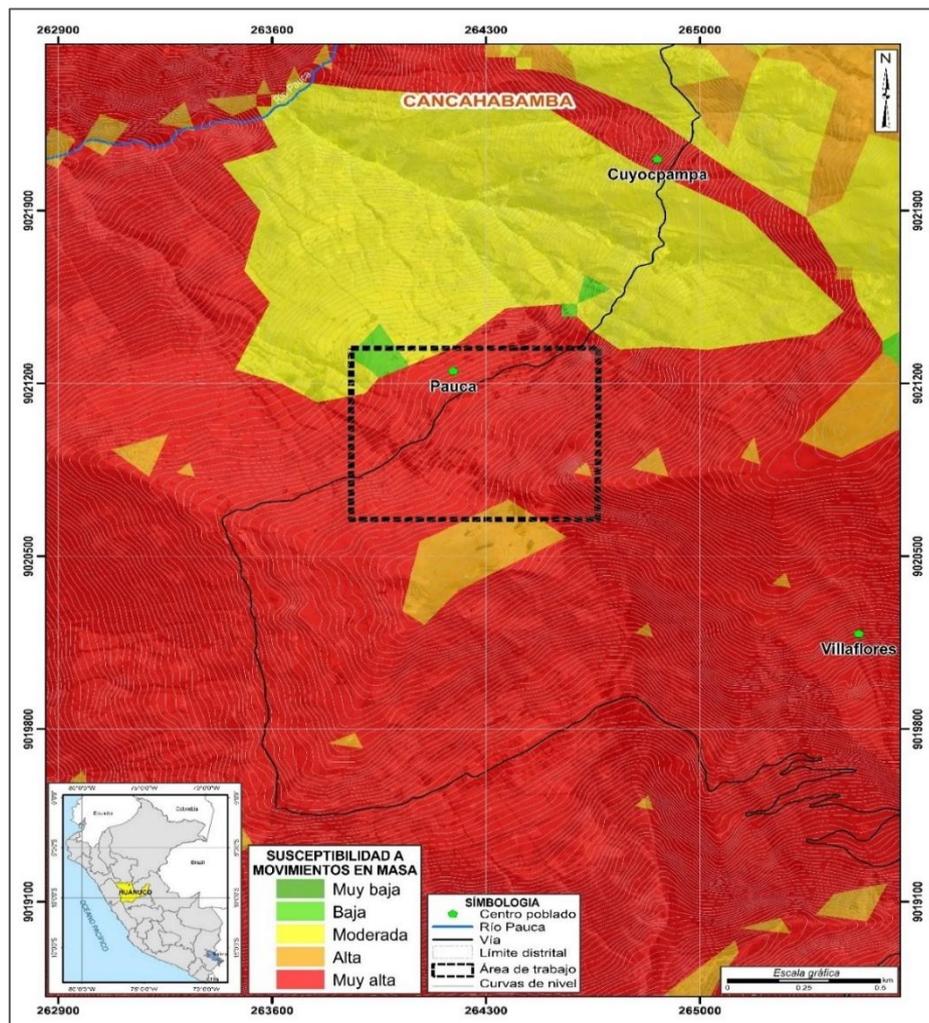


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa de la localidad de Pauca y alrededores (Fuente: Zavala & Vílchez, 2006).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La localidad de Pauca, políticamente pertenece al distrito de Canchabamba, provincia de Huacaybamba, región Huánuco (figura 2), ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	264672.16	9021335.67	-8.84	-77.13
2	264672.16	9020632.39	-8.85	-77.13
3	263826.02	9020632.39	-8.84	-77.14
4	263826.02	9021335.67	-8.85	-77.14
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	264564.21	9020865.75	-8.85	-77.14

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la población censada de la Comunidad Campesina de Pauca es de 310 habitantes, distribuidos en un total de 96 viviendas, de las cuales 95 se encuentran ocupadas y 1 desocupada.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre desde la oficina central de Ingemmet (Lima), hasta la localidad de Pauca (Huánuco), mediante la siguiente ruta, (cuadro 2):

Cuadro 2. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Barranco	Asfaltada	206	3 horas 26 min
Barranco – Catac	Asfaltada	181	3 horas 16 min
Catac – Yunguilla	Asfaltada	119	2 horas 42 min
Yunguilla – Huacaybamba	Afirmada	48	1 hora 16 min
Huacaybamba - Canchabamba	Afirmada – Trocha carrozable	90	3 horas 16 min
Canchabamba - Pauca	Trocha carrozable	30	50 min

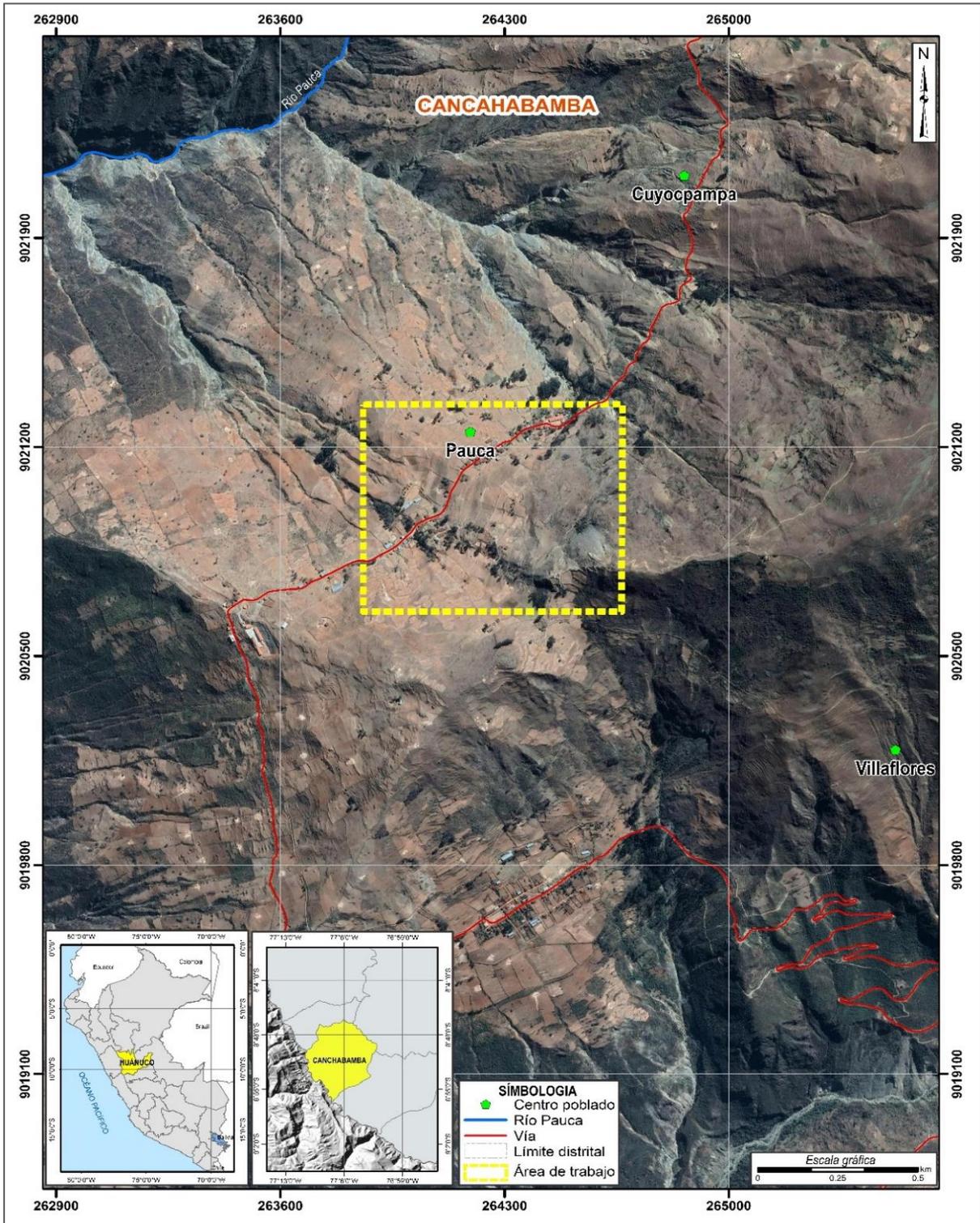


Figura 2: Ubicación de la localidad de Pauca y alrededores.

1.3.3. Clima

El clima en la provincia de Huacaybamba, los veranos son frescos y nublados y los inviernos son cortos, fríos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 6 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 21 °C.

Información, de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), la localidad de Pauca y alrededores, está influenciada por un clima semiseco a semifrío, caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera,

La temporada de lluvia dura 6.5 meses, comprendida del 9 de octubre al 25 de abril, con una probabilidad de más del 29% de que cierto día sea un día lluvioso. El periodo del año sin lluvia dura 5.5 meses, y va del 25 de abril al 9 de octubre, (figura 3).

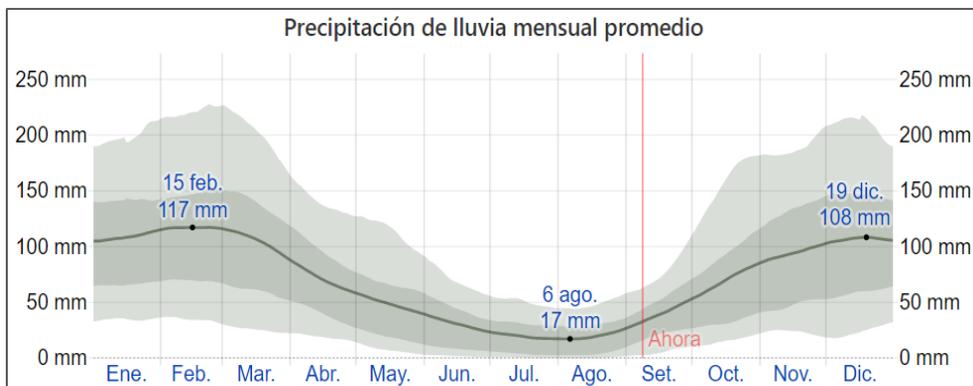


Figura 3. Precipitación mensual promedio. **Fuente:** Weather Spark, 2021.

También se produce una temporada templada que dura 3.2 meses, comprendida del 31 de agosto al 5 de diciembre, cuya temperatura máxima promedio diaria es más de 18 °C. La temporada fresca dura 1.8 meses, del 30 de mayo al 23 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C, (figura 4).

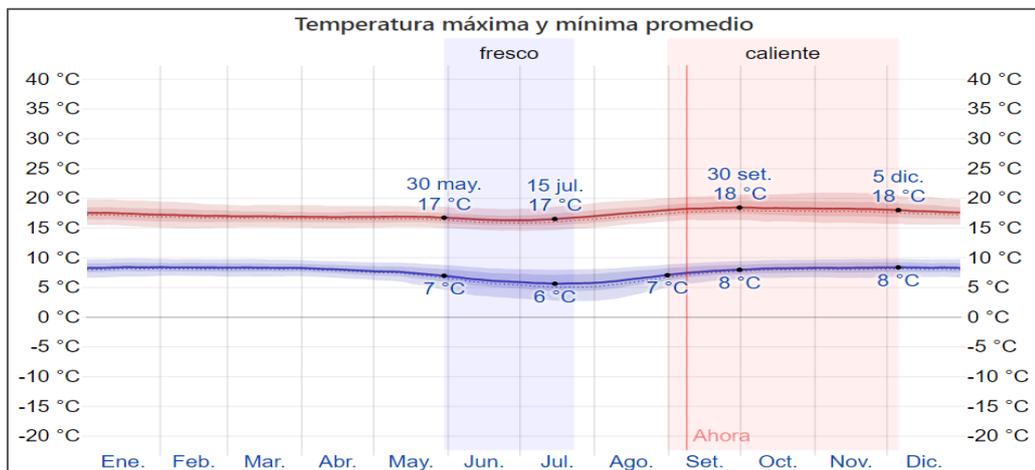


Figura 4. Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas diarias (línea azul), promedio diario, para la provincia de Huacaybamba. **Fuente:** Weather Spark, 2021.

1.3.4. Zonificación Sísmica

El territorio nacional se considera dividido en tres zonas, como se muestra en la figura 5. La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 3. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

Según dicho mapa, el área de estudio se ubica en la Zona 3 (sismicidad Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

Cuadro 3. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

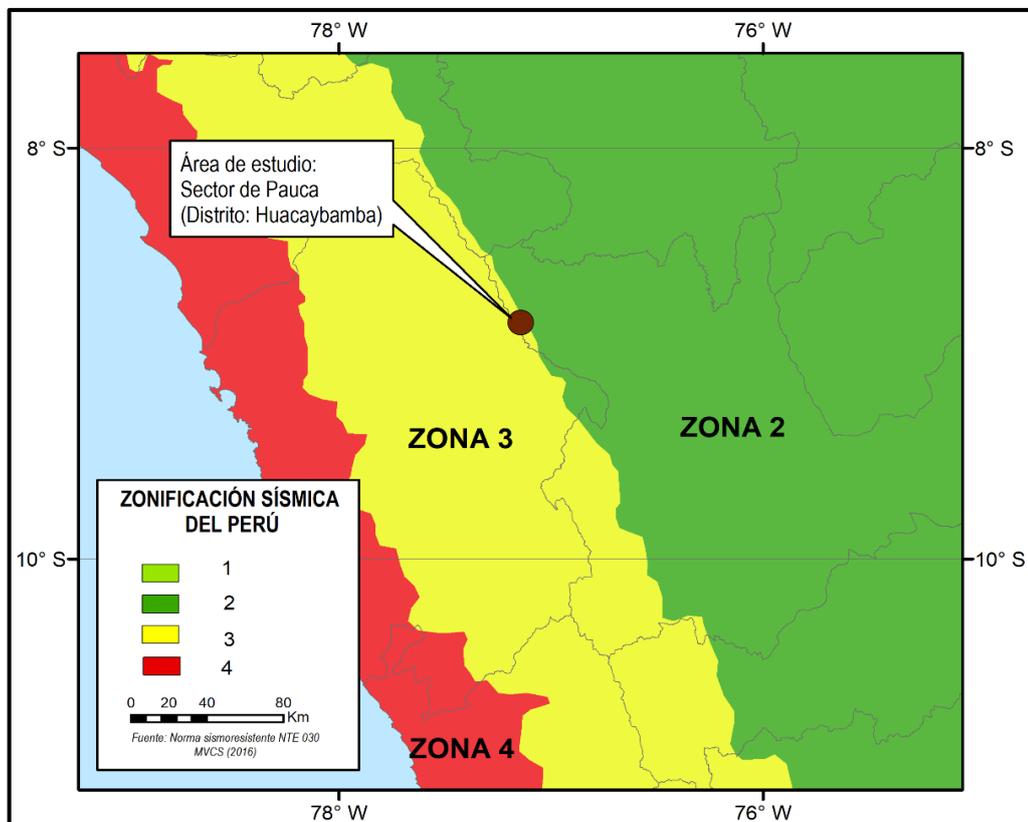


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú.
Fuente: Alva (1984).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Huánuco, escala 1:100,000 (Quispesivana, L. 1996), además de la referencia del Boletín N° Boletín N° 75, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo Huánuco”, publicados por Ingemmet.

De igual manera se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en Pauca y alrededores, son principalmente de origen metamórfico del complejo Marañón; coberturado por depósitos recientes coluvio-deluvial, coluvial y aluvial, (anexo 1 – mapa 01).

2.1.1. Complejo del Marañón (NP-cm-esq-gn)

Según Quispesivana (1996), el complejo del Marañón, consiste en una secuencia potente de rocas metamórficas, formadas por esquistos micáceos de color gris, poco resistentes. Geomecánicamente, estas rocas se encuentran medianamente fracturadas F3, con espaciamentos muy próximas entre si (0.30 a 1.0 m) y aberturas algo abiertas (0.1-1.0 mm). Además, se encuentran altamente meteorizadas A4, es decir más de 50% esta desintegrada a suelo, (fotografía 1).



Fotografía 1. Sustrato rocoso conformado por esquistos color gris del complejo del Marañón. Estas rocas se presentan medianamente fracturas y altamente meteorizadas.

2.1.2. Granito gneisificado (Oi-ggn)

Los afloramientos de esta roca se encuentran al norte del poblado de Pauca, estas rocas se constituyen como las más antiguas en la zona, presentándose a manera de franjas alargadas y comprendiendo en sectores a las rocas ultrabásicas, (Quispesivana, L. 1996).

2.2.3. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd):

Depósito constituido por bloques de gravas, guijarros con clastos de naturaleza litológica heterogénea, subangulosos a angulosos, envueltos en una matriz limo arenoso-arcilloso, acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros que han sufrido transporte, (figura 6).



Figura 6. Depósitos coluvio-deluvial formado por fragmentos de roca angulosos de tamaño variable envueltos en una matriz limoarcilloso.

Depósito coluvial (Q-cl):

Estos depósitos están inconsolidados, compuestos por fragmentos de roca angulosos de tamaños variables y de naturaleza litológica homogénea. Presentan nula o poca compactación y acumulados al pie de taludes escarpados (figura 7).



Figura 7. Depósitos coluvio-deluvial formado por fragmentos de roca angulosos de tamaño variable envueltos en una matriz limoarcilloso.

Deposito Aluvial (Q-al):

Conformado por depósitos de gravas y arenas redondeados a subredondeados; transportados por la corriente del río Pauca a grandes distancias, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales; son de edad Cuaternario.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

La pendiente, es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002), es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, como factor condicionante.

En el anexo 1 – mapa 02, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS), donde el sector evaluado y alrededores, se encuentran rodeados de ladera cuyos rangos de pendientes van desde fuerte (15° a 25°) a muy escarpado (> 45°). Sobre este rango de pendientes, se produce una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre.

En el cuadro 4, se describen las características principales para los seis rangos de pendientes establecidos en el área de estudio.

Cuadro 4. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios que se distribuyen principalmente a lo largo del fondo de valle, asociado a unidades como terrazas fluviales y aluviales.
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de fondos de valles, planicies y cimas de lomadas de baja altura, también en terrazas aluviales y fluviales.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente al pie de las laderas de las montañas y colinas, a su vez, estas inclinaciones condicionan la erosión de laderas en las vertientes.
15°a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las colinas, lomadas y montañas. En este rango se ubica algunas viviendas y centros educativos del sector Pauca, en donde se generó el derrumbe, deslizamiento y está ocurriendo erosión de ladera.
25°a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de montañas metamórficas, así como vertiente o piedemonte coluvio-deluvial. En este rango de pendiente, generalmente se registran procesos de erosión en cárcava y en los cortes de taludes pueden ocurrir derrumbes , deslizamientos o caídas de rocas.
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas, cumbres de colinas, montañas sedimentarias, así como en quebradas donde existe erosión cárcava.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (anexo 1 – mapa 03), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación. (Vilchez, M., et al, 2019).

Teniendo así unidades y subunidades geomorfológicas:

3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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 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.

a) *Subunidad de montañas en rocas metamórficas (RM-rm):*

Corresponde a las cadenas montañosas en donde procesos denudativos (fluvio-erosionales, glaciar) afectaron rocas metamórficas, estas montañas son antiguas y tienen buena exposición alrededor de la zona evaluada. Litológicamente corresponde a rocas metamórficas del Complejo Marañón y Granito gneisificado, (figura 8)

Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas, de cumbres redondeadas a agudas que fueron afectadas por actividad glaciar, formando valles glaciares. El patrón de drenaje es paralelo a subdendrítico, con valles profundos en forma de V, sus laderas varían en pendiente desde fuerte (15°) a muy escarpado (>45°). Geodinámicamente se asocian a grandes deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos.



Figura 8. Vista con dirección al noreste donde se observa las montañas conformadas por el Complejo Marañón y Granito gneisificado, ubicadas en la margen izquierda del río Paucá.

3.2.2. Geformas de carácter tectónico 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:

3.2.2.1. Unidad de Piedemonte

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arena, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos pueden ocupar grandes extensiones. Se identificó las siguientes subunidades:

a) Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd):

Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales, estos se encuentran acumulados al pie de laderas de montañas o acantilados de valles. Se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales, estos se acumulan al pie de laderas de montañas o acantilados de valles (figura 9).

Se pueden movimientos complejos, reptación de suelos, avalancha de detritos y flujos de detritos. Los principales agentes formadores son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento y la reptación de suelos.



Figura 9. Vista donde se observa vertiente coluvio-deluvial, donde se realizan labores agrícolas y se asientan algunas viviendas del sector Pauca, (delimitado con línea de color amarillo).

3.2.2.2. Unidad de Planicie

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

a) Subunidad Abanico de piedemonte (Ab)

Es una forma del relieve depositacional originado en la base o pie de un frente montañoso, asociada a la descarga de sedimentos de un curso de agua (río o quebrada), drena desde un área topográficamente elevada a un área baja y plana adyacente. Esta subunidad se encuentra en ambas márgenes del río Pauca (figura 10).

b) Cauce de río (Río)

Dentro de esta unidad se reúne los cuerpos de agua de origen natural (ríos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo, así también se consideran dentro de esta unidad las terrazas aluviales que se encuentran próximas a estos cauces de río.



Figura 10. Se delimitó la vertiente coluvial (con líneas separadas de color amarillo), y el abanico de piedemonte (líneas separadas de color verde).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

El peligro geológico reconocido en el sector evaluado corresponde a los movimientos en masa de tipo derrumbe, deslizamiento y erosión de ladera; Así como, flujo de detritos (huaico). (PMA: GCA, 2007). Este proceso es el 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 de los ríos.

Estos movimientos en masa tienen como causas o condicionantes, factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “**desencadenante**” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa (anexo 1 – mapa 4).

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La

meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica) actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambiando el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

La caracterización de los eventos geodinámicos, se realizó en base a la información obtenida de los trabajos de campo, en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se toma datos GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.33 y 0.04 cm por pixel, respectivamente; complementada con el análisis de imágenes de satélite.

En el sector de Pauca se ha identificado y caracterizado los siguientes peligros geológicos por movimientos en masa:

4.1.1. Derrumbe del 15 de marzo

Registros antecedentes de este evento, y versiones de los pobladores nos revelan la ocurrencia de este evento hace unos 10 años atrás y evidenciado recientemente el 15 de marzo del 2019 en el sector de Pauca, presentado como caída constante de bloques menores a 0.80 m, los que hasta el momento no habrían generado afectación a las viviendas y solo se depositaban en la ladera.

Este evento localizado en las siguientes coordenadas UTM WGS-84: 9020910 N, 264513 E, a una altitud de 3239 m s.n.m (figura 11), posee las siguientes dimensiones: Longitud de escarpa de 52 m, con una distancia entre la escarpa y el pie de 185 m, cuya depositación corresponde al desplazamiento de un bloque de aproximadamente 1.7 m, el cual destruyó parte de las paredes de un servicio higiénico e impactó en una vivienda de dos pisos, ocasionando el colapso parcial de la vivienda (figura 12 y 13). Ambas estructuras de material de adobe se encuentran ubicadas en las siguientes coordenadas, (cuadro 5):

Cuadro 5. Afectaciones generadas por el derrumbe.

N°	Punto Control	Afectación (16/03/2019)	COORDENADAS UTM			Tipo de peligro
			Norte	Este	Cota	
1	333	Vivienda destruida	9021164	264320	3076	Derrumbe
2	334	Servicio higiénico afectado	9021142	264345	3092	

Los trabajos de campo permitieron identificar bloques de roca de hasta 1.7 m, ubicados entre la zona del derrumbe y las viviendas del sector de Pauca, asentadas a tan solo 300 m del pie del derrumbe (figura 14). Esta característica, hace que otras 07 viviendas más, se encuentren en riesgo.



Figura 11. Vista del derrumbe, ubicado al este del sector Pauca. Desde este punto rodó un bloque de roca que generó el colapso de una vivienda.



Figura 12. Se observa el servicio higiénico afectado, el cual presenta agrietamientos en dos caras. (grietas delimitadas con líneas punteadas de color amarillo).



Figura 13. Vista del bloque de roca de 1.5 m de diámetro, que generó el colapso parcial de la vivienda.

4.1.1.1 Características visuales del evento

- Estado de la actividad del movimiento: Activo.
- Tipo de rotura: Vuelco.
- Zona de arranque: Ladera.
- Forma de zona de arranque: Irregular, discontinua.
- Características del depósito: Bloques aislados.
- Alcance máximo 185 metros.
- Tamaño de bloques: 0.50 a 1.7 m de longitud.
- Bloques aislados que varían entre 0.50 a 1.4 metros.
- Arranque: Talud rocoso fracturado compuesto principalmente de rocas metamórficas

La parte alta del sector de Pauca presenta bloques colgados de hasta 1.7 m de diámetro, los cuales se encuentran dispuestos a tan solo 105 metros de las viviendas. Es importante destacar que todas las viviendas de este sector son de material de adobe.

a) Factores condicionantes

- Pendiente fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°).
- Configuración geomorfológica del área (montaña en roca metamórfica)
- Litología conformada por esquistos y gneis, medianamente fracturadas y altamente meteorizadas.

b) Factores detonantes y desencadenantes

- Precipitaciones: Lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de noviembre y marzo.

- Sismos: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), la región Huánuco se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

c) Factor antrópico

- Inadecuado y/o deficiente alcantarillado y desagüe.



Figura 14. Vista de los bloques rodados, los cuales se encuentran en parte de la ladera, las mismas que están en dirección de caída hacia diez viviendas del sector Pauca.

4.1.1.2 Daños generados por el derrumbe

- a) El derrumbe afectó una vivienda
- b) Afectó un servicio higiénico
- c) Podría afectar 07 viviendas que se ubican en dirección del derrumbe
- d) Poste de tendido eléctrico (01).

4.1.2. Deslizamiento rotacional

Se identificó un deslizamiento rotacional antiguo y otro en proceso de reactivación, se ubica en las siguientes entre las coordenadas UTM WGS-84: 9020858 N, 264123 E, con una altitud de 3088 m s.n.m (figura 15).

El deslizamiento reactivado tiene una longitud de escarpa de 40 m, con un salto de 0.15 cm a 1.30 m (figura 16 y 17), una distancia entre la escarpa y el pie del deslizamiento de 299 m y un área aproximada de 28742,1942 m².

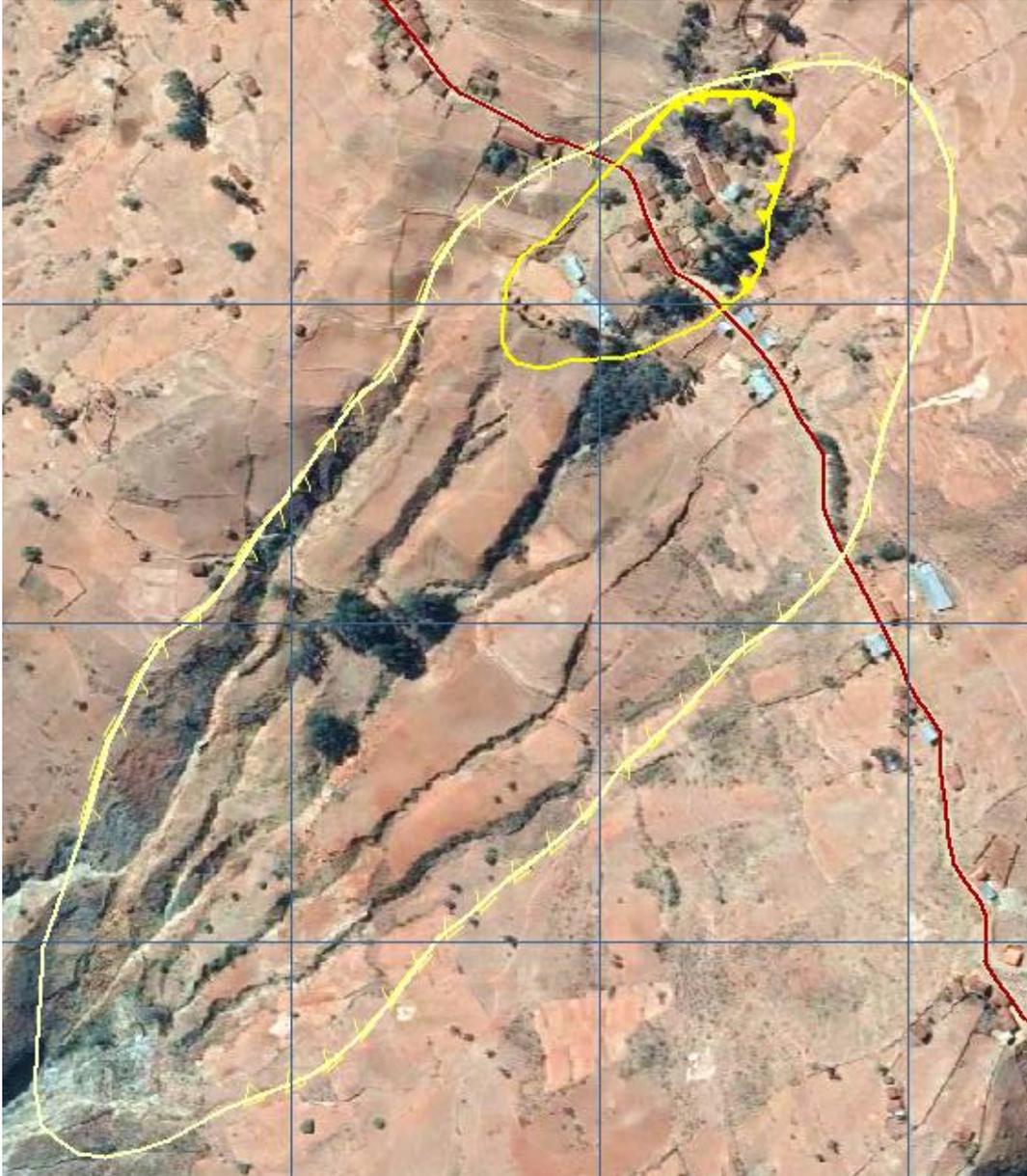


Figura 15. Imagen de Google Earth, donde se puede visualizar el deslizamiento antiguo (delimitado de color amarillo claro), así como como la reactivación (delimitado con amarillo oscuro).

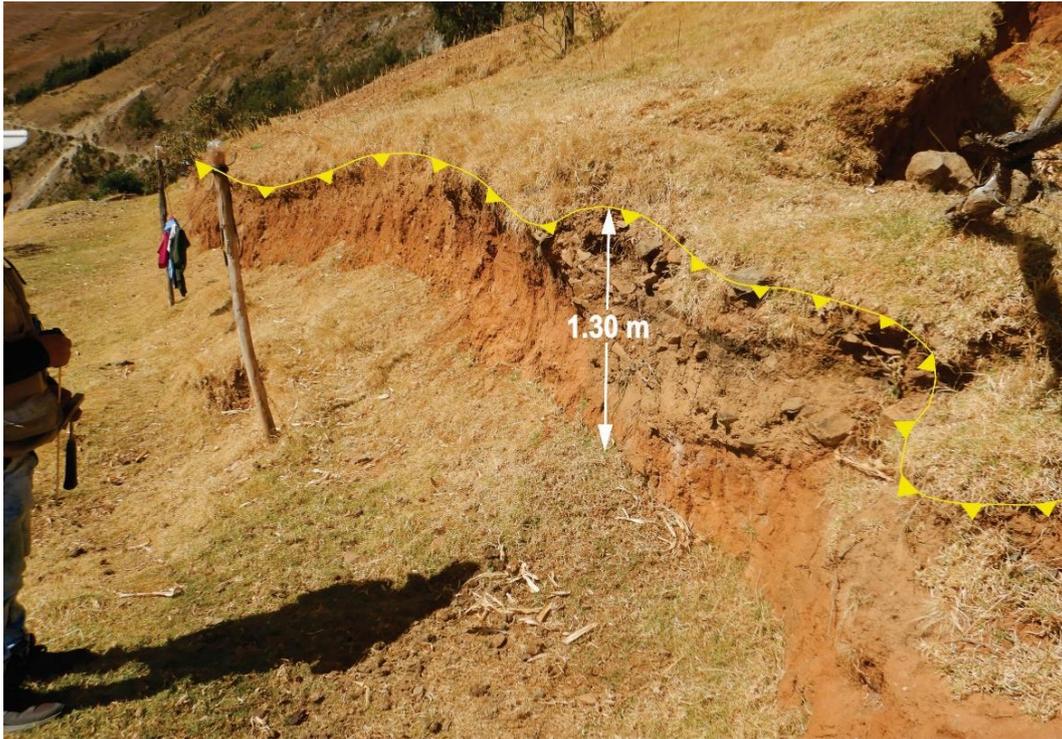


Figura 16. Vista con dirección noreste, donde se observa salto de escarpa de hasta 1.30 m. y una longitud de 4m.



Figura 17. Se observa saltos continuos con longitudes de hasta 4.5 m, la cuales se encuentran en la margen izquierda de la vivienda destruida; la misma que se ubican en las coordenadas UTM 9021164 N, 264309 E a una altitud de 3073 m s.n.m.

4.1.2.1. **Características visuales del evento**

Los deslizamientos, presenta las siguientes características y dimensiones:

o **D-2 (Deslizamiento reactivado)**

- Tipo rotacional.
- Escarpa principal de forma elongada y de actividad activa.
- Superficie de rotura: Irregular y alargada.
- Longitud de la escarpa es de 40 m.
- Desnivel entre la escarpa y pie: 299 m.
- La superficie del deslizamiento es rotacional
- Salto de escarpe 1.30 m.
- Área total de 28742,1942 m²
- Presenta pendiente fuerte (15° a 25°).

o **D-1 (Deslizamiento antiguo)**

- Tipo rotacional.
- Escarpa principal de forma elongada y de actividad reciente.
- Superficie de rotura; irregular y alargada.
- Longitud de la escarpa es de 670 m.
- Densivel entre escarpa y pie: 1.070 m.
- Área total de 107397.39 m².
- Presenta pendiente fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°).

El evento se manifiesta con la ocurrencia de agrietamientos en las paredes de adobe de las viviendas, asentadas en el cuerpo del deslizamiento, las mismas que tienen aberturas entre 0.05 a 0.20 cm y longitudes de 0.50 a 4 m, (figura 18). De la misma manera se puede apreciar la presencia irregular del terreno y la trocha carrozable, adyacentes al evento en un tramo de 85 m (figura 19).

4.1.2.2. **Daños generados por el deslizamiento**

La reactivación género y podría generar los siguientes daños:

- Viviendas presentan agrietamientos (10) (Ver cuadro 6)
- Tramo de la carretera presenta asentamiento y desplazamiento (85 m)
- Poste de tendido eléctrico se encuentra inclinado (01)
- Afecto cultivos de maíz y papa (9580 m²).



Figura 18. Vista donde se aprecia agrietamientos en paredes de adobe de las viviendas localizadas dentro del cuerpo desplazado, cabe mencionar que estas grietas tienen aberturas de hasta 0.20 cm, profundidad de 0.20 m y con longitudes de hasta 4 m, algunas viviendas sellaron dichas grietas; per esta volvió a generarse.



Figura 19. Vista donde se puede observar la trocha carrozable: a) vista con dirección al oeste donde se observa que la trocha no tuvo variación alguna, b) vista al este, donde se generó el asentamiento de 0.70 a 1 m y empuje de la trocha, según información de los pobladores, fue refaccionada.

El evento compromete 10 viviendas de adobe, las cuales se detallan en el siguiente cuadro 6:

Cuadro 6. Listado de puntos de control de agrietamientos generadas por el deslizamiento.

N°	Punto Control	Afectación	COORDENADAS UTM			Tipo de peligro
			Norte	Este	Cota	
1	341	Agrietamientos	9020843	264184	3122	Deslizamiento
2	342	Vivienda destruida	9020858	264057	3080	
3	343	Agrietamientos (vivienda deshabitada)	9020878	264081	3071	
4	344	Agrietamientos	9020901	264047	3057	
5	345	Agrietamientos	9020914	264088	3056	
6	346	Agrietamientos	9020910	264103	3070	
7	347	Agrietamientos	9020920	264112	3069	
8	348	Agrietamientos (vivienda deshabitada)	9020919	264122	3075	
9	350	Vivienda destruida (3 años)	9020880	264078	3069	
10	351	Agrietamientos	9020940	264107	3060	
11	349	Asentamiento de plataforma	9020972	264092	3046	

Actualmente dos de esas viviendas (puntos de control 343 y 348) se encuentran deshabitadas por medida de seguridad; debido a la presencia de agrietamientos en las paredes y suelo con aberturas de hasta 0.20 cm (figura 20).



Figura 20. Estado actual de algunas viviendas, de las cuales dos se encuentra deshabitados como medida de seguridad (delimitado con una línea de color amarillo).

4.1.3. Erosión de ladera

Los procesos de erosión de ladera, están conformados por un conjunto de cárcavas de profundidades variables de 1 a 17 m, cuyo avance o crecimiento se encuentra muy cerca de algunas viviendas del sector de Pauca, (figura 14).

Así mismo, se observó otras erosiones, de 47 m de poco recorrido y máximas de hasta 1 km, por donde se concentra la precipitación y la escorrentía removiendo clastos y material fino del substrato rocoso.

La presencia de estos eventos, nos revelan evidencias de que la zona estuvo sujeta a periodos de lluvias extremas a lo largo del tiempo, por lo que se puede presumir que se seguirán produciendo estos episodios en periodos de lluvias extremas, con la consecuente continuidad y acrecentamiento de dichos procesos de erosión de laderas y generación de flujos.

El proceso de erosión en cárcavas afecta secuencias metamórficas compuesta por esquisto y gneis del Complejo Marañón.

4.1.3.1. Características visuales del evento

La erosión de ladera presenta las siguientes características y dimensiones:

- Tipo: Cárcavas
- Estado evolutivo: Maduro/inicial
- Longitudes: de 100 m. a más
- Profundidad: 0.40 cm, 10 m a más
- Uso de terreno: área rural y cultivos
- La pendiente varía entre fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°).



Figura 21. Imagen Google Earth de octubre del 2020, en la que se delimitó la erosión de laderas (cárcavas), (delimitados con líneas de color verde); próximos a las viviendas del sector Pauca y alrededores.

5. CONCLUSIONES

- 1) En la localidad Pauca y alrededores, se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa de tipo derrumbe, deslizamiento, así como erosión de laderas (cárcavas).
- 2) El 15 de marzo del presente año en la localidad de Pauca, ocurrió un derrumbe que presentó una longitud de arranque de 52 m y un desnivel de 185 m, este evento afectó dos construcciones de adobe (01 vivienda y 01 servicio higiénico), que se encuentran al pie de la ladera. De generarse otro derrumbe afectaría a otras 07 viviendas que están al pie del talud.
- 3) En la localidad de Pauca se identificó un deslizamiento antiguo de tipo rotacional, que presenta una escarpa principal de forma elongada con longitud de 670 m, el desnivel entre la escapa y al pie es de 1.070 m, abarcando un área de 107397.39 m. La reactivación presenta una escarpa de forma elongada con longitud de 40 m, su salto principal es de 1.30 m, el desnivel entre la escarpa y el pie es 299 m. Producto del movimiento del deslizamiento, en las paredes de 10 viviendas de adobe se han presentado agrietamientos con aberturas de hasta 0.20 cm y longitudes de hasta 4m; así mismo el evento generó el asentamiento y empuje de la trocha carrozable entre Pauca y Canchabamba de 85 m.
- 4) La erosión de laderas (cárcavas) abarca un área aproximada de 45123.464 m², estos procesos cortan parte de la escarpa del deslizamiento antiguo, arrancan material detrítico, se genera flujos formando pequeños conos al pie del río Pauca.
- 5) Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada y alrededores, son de origen metamórfico conformado por el complejo Marañón y granitos, altamente meteorizadas (A4), espaciamientos regular entre fracturas (F3); así como depósitos recientes coluvio-deluvial, coluvial y aluvial.
- 6) Las geoformas identificadas corresponden a montañas en rocas metamórfica, piedemonte (vertiente coluvio-deluvial, coluvial), planicie (abanico). Así mismo el área presenta laderas con pendiente fuerte (15° a 25°) a muy escarpado (>45°), las que están asociadas a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo derrumbes, deslizamientos.
- 7) Se considera como factor desencadenante las lluvias que se presentan entre diciembre a marzo, y el otro factor es la actividad sísmica.
- 8) Por las condiciones geodinámicas (presencia de movimientos en masa y procesos de erosión de laderas), geológicas (tipo de rocas y suelos de mala calidad geotécnica), la configuración geomorfológica (laderas con pendiente de fuerte (15° a 25°) a muy escarpado (> 45°); se considera al sector de Pauca de **Peligro Muy Alto** y como **Zona Crítica**, donde se pueden producir nuevas reactivaciones de movimientos en masa.

6. RECOMENDACIONES

- 1) Debido a la condición latente de inestabilidad de las laderas, se debe **reubicar** las viviendas, principalmente las afectadas, ya que ponen en riesgo la vida e integridad de sus habitantes. Esto debe ser realizada por la Municipalidad Distrital de Canchabamba.
- 2) Implementar y realizar el monitoreo instrumental del movimiento de deslizamiento, identificado en la zona evaluada.
- 3) Para las zonas de reubicación, se deben contar con estudios de suelos y caracterización geotécnica a fin de determinar la capacidad portante del suelo, las mismas que deben ser planificadas y elaboradas por especialistas; así como también un estudio de peligros geológico.
- 4) La municipalidad debe proponer las áreas de reubicación, las cuales deben ser evaluadas por las entidades competentes.
- 5) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores, autoridades y comunidad en general de la localidad de Pauca y alrededores, en temas de peligros geológicos y gestión de riesgos de desastres.



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

7. BIBLIOGRAFÍA

Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf

Dirección de Carta Geológica Nacional. (1995). Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas: 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-g y 19-i. Ingemmet, Boletín N° 60, Serie A: Carta Geológica Nacional, 85 p.

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.

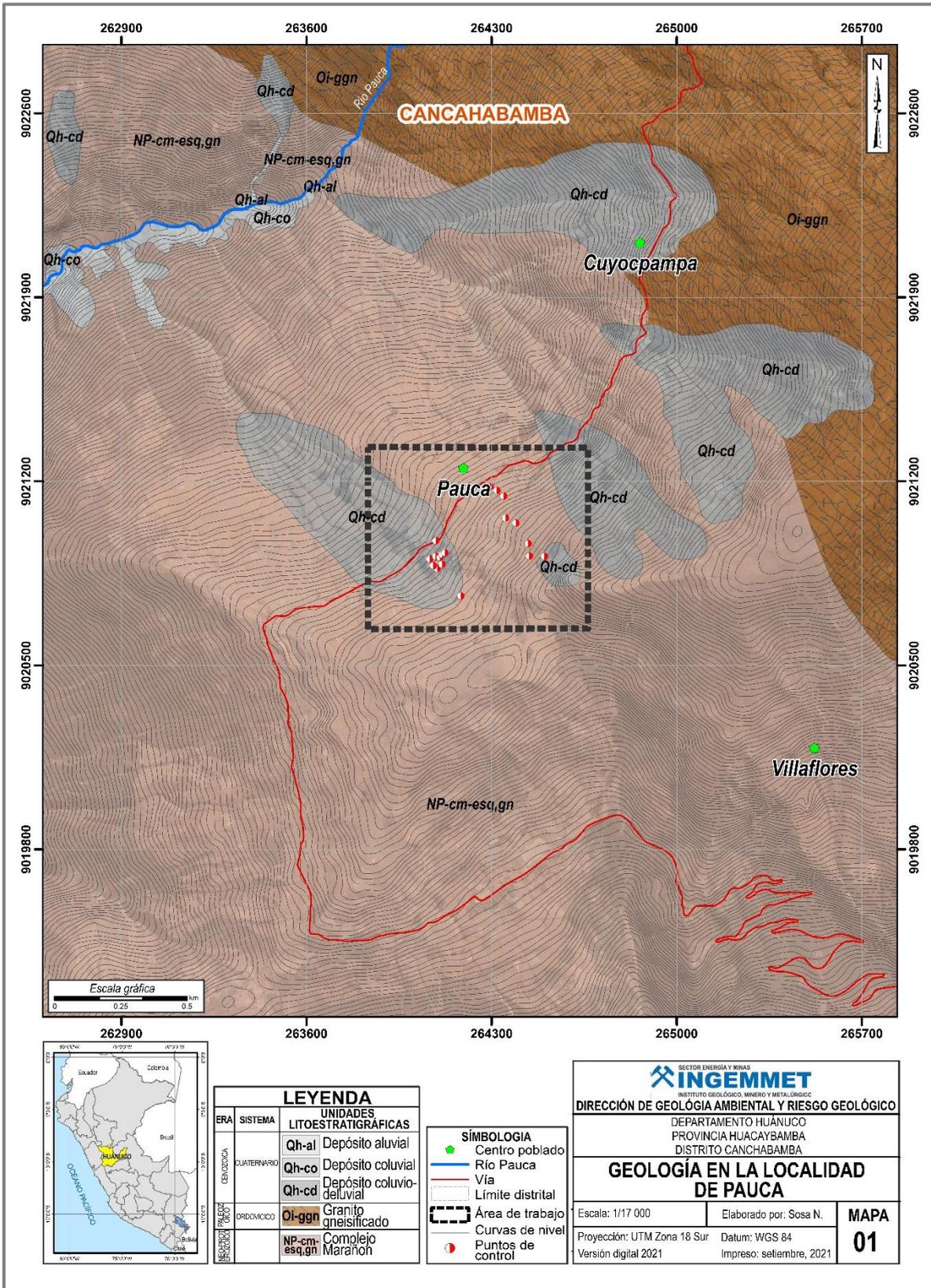
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

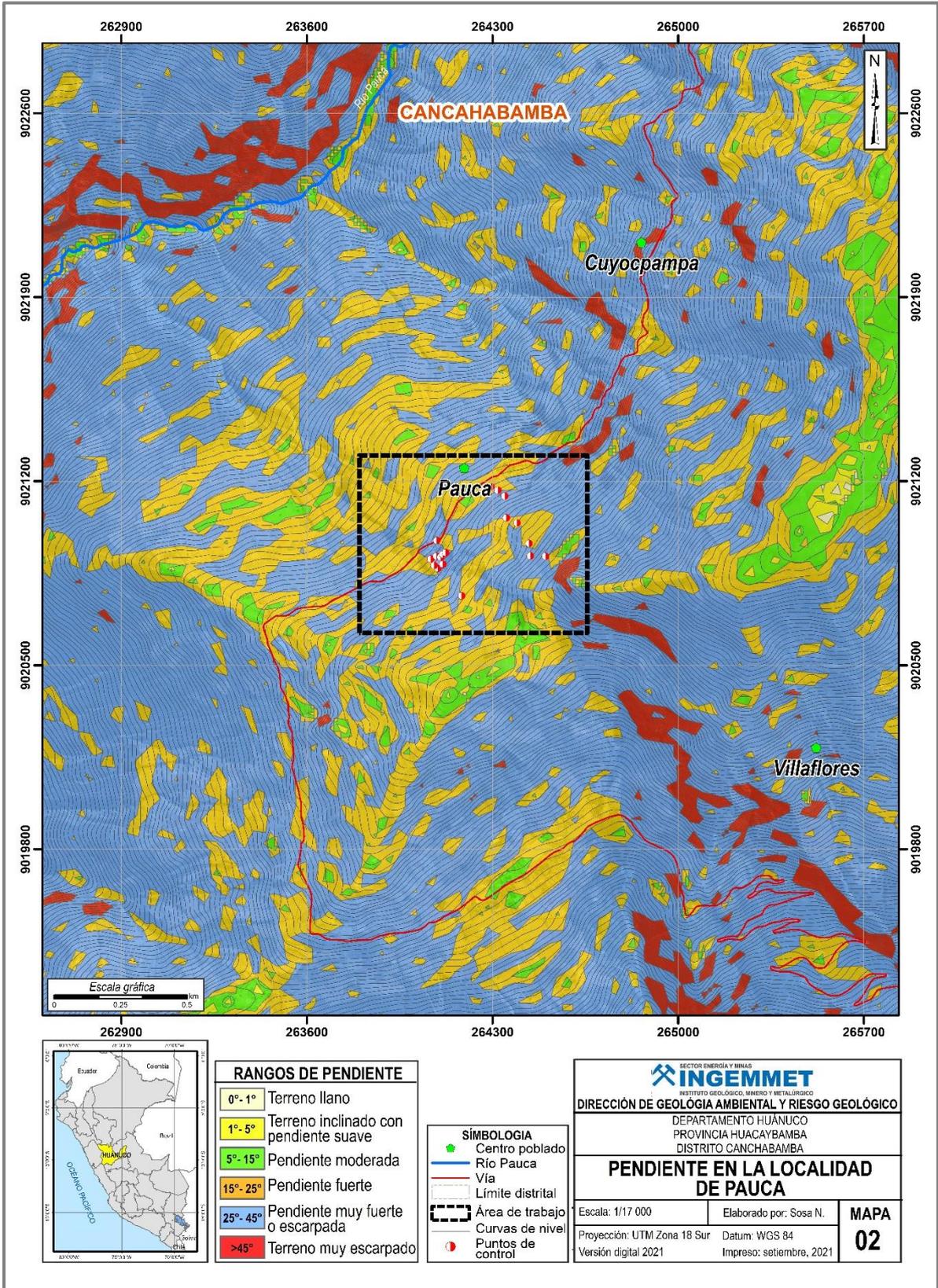
Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

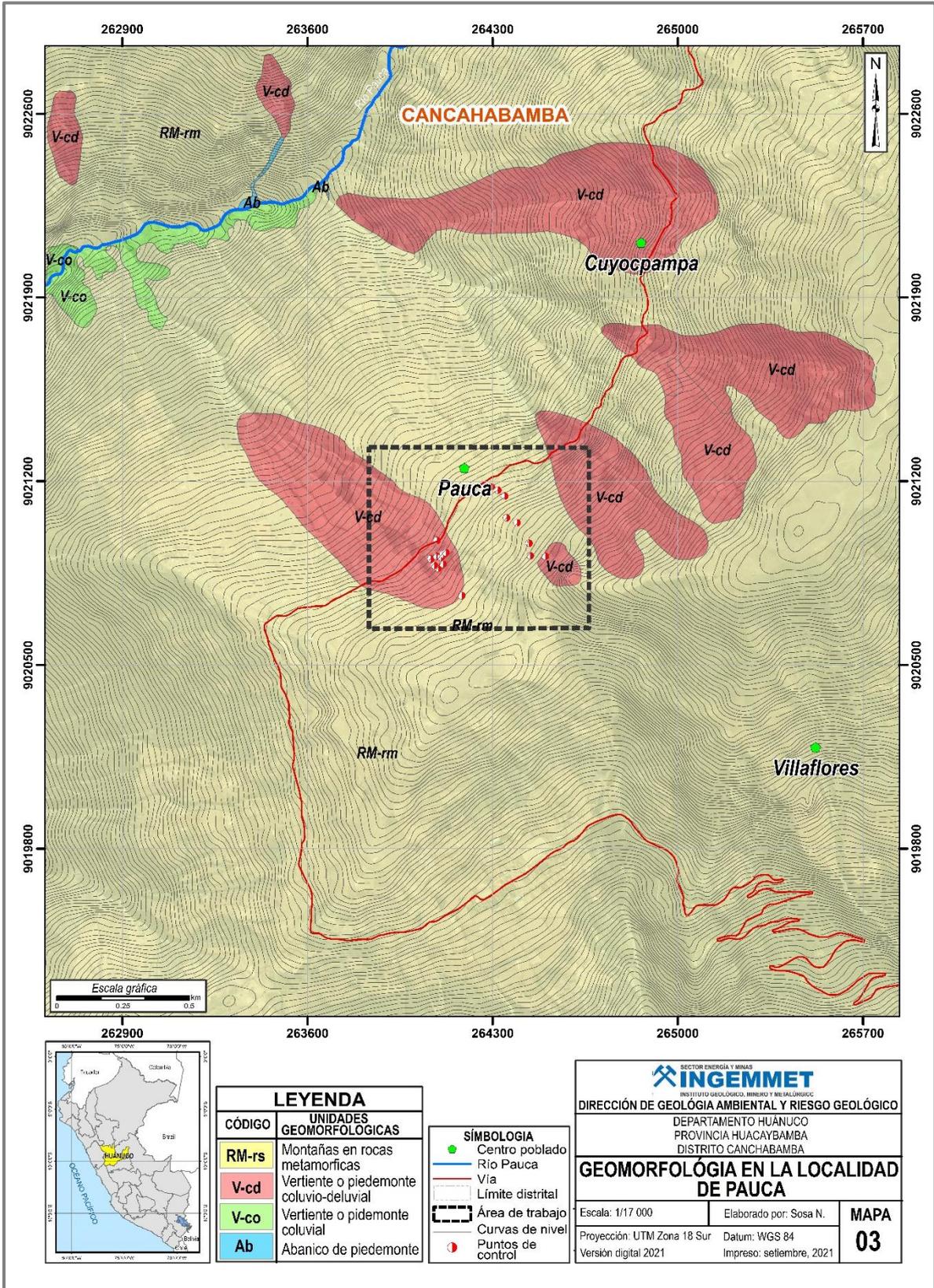
Quispesivana, L. (1996). Geológica Nacional: Geología del cuadrángulo Huánuco. Ingemmet, Boletín N° 75, Serie A, 138 p.

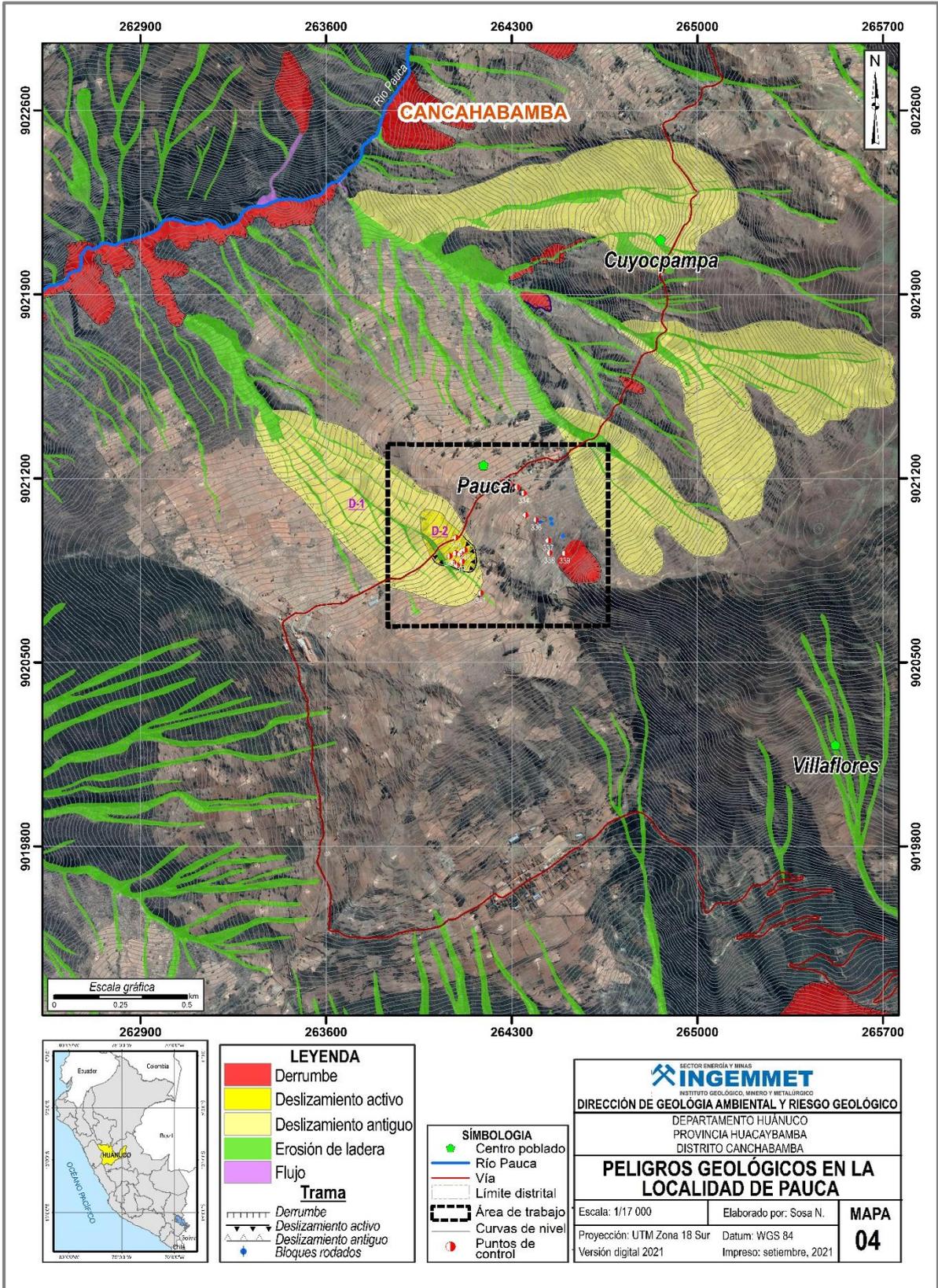
Zavala, B.; Vílchez, M. 2006. Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, N°34, 174p.

ANEXO 1: MAPAS









ANEXO 2: GLOSARIO

Peligros geológicos: Son fenómenos que podrían ocasionar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.

Movimiento en Masa: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

Escarpe: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos

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). (figura 1)

Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas (Vilchez, 2019).

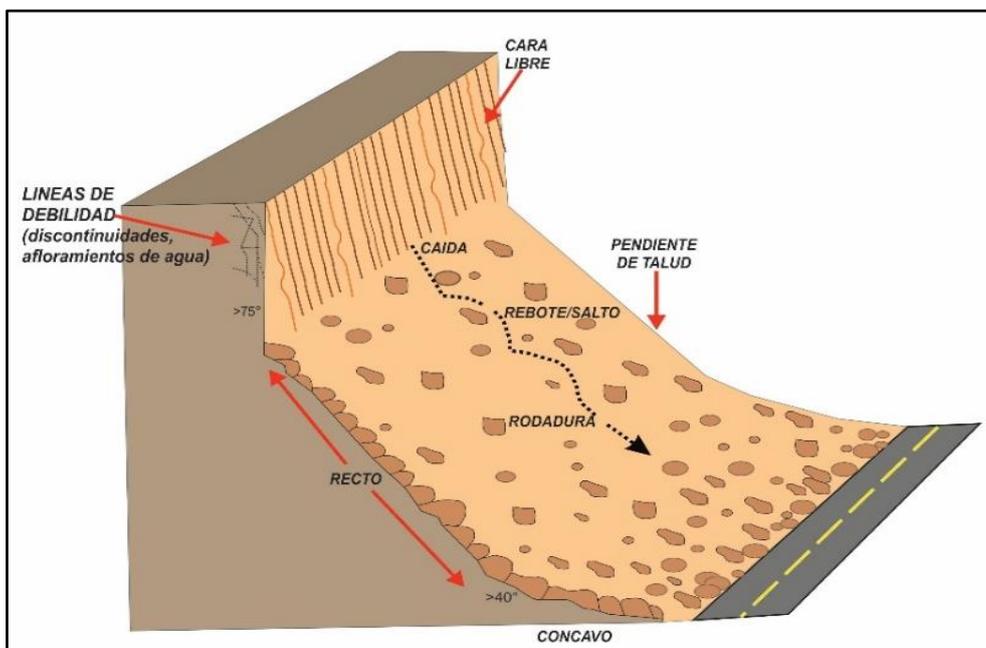


Figura 1. Esquema de Derrumbe (Vilchez 2015)

Deslizamiento (Slide): Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña. (figura 2)

Deslizamiento rotacional: En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es autodeslizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es, con frecuencia, baja excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

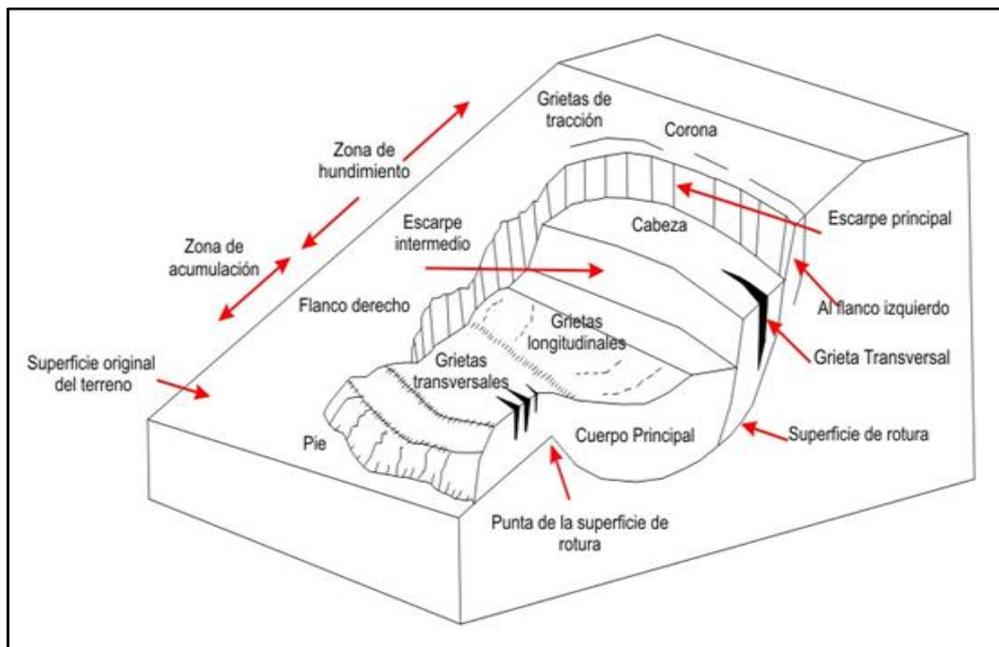


Figura 2. Partes de un deslizamiento rotacional.

Erosión de laderas: Este tipo de eventos son considerados predecesoras en muchos casos a 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. (figura 3). El proceso se presenta gracias 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 generándose los procesos de erosión (Gonzalo et al., 2002).

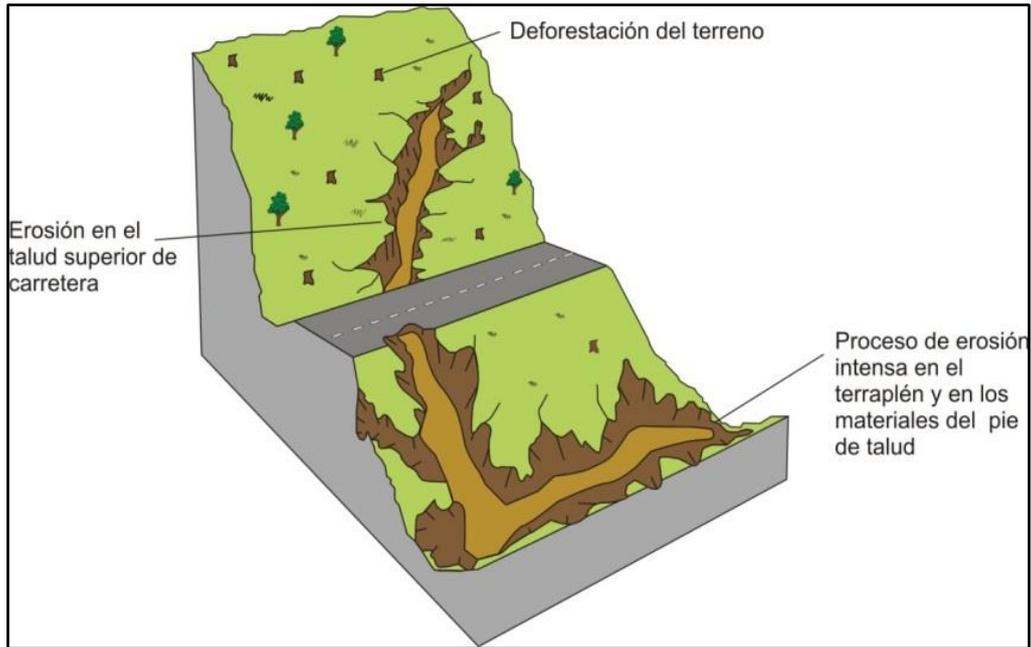


Figura 3. Esquema de erosión de laderas en cárcavas.

Flujo (Flow): Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco, (figura 4). En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Se tienen los siguientes tipos según Varnes (1978), Hungr et al. (2001), Hungr (2005).

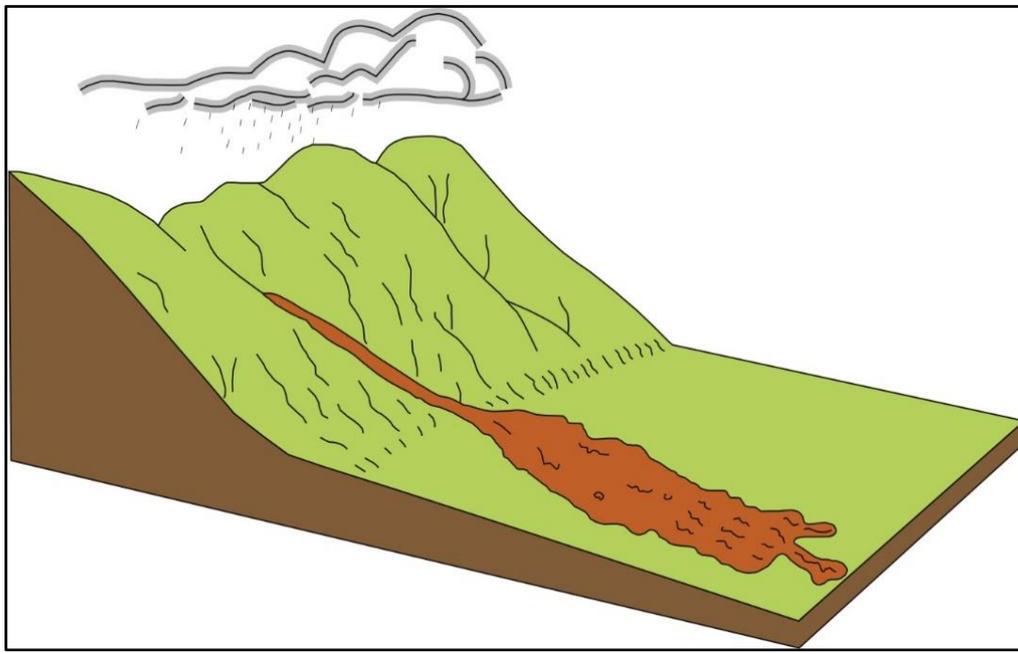


Figura 4. Esquema de flujo