

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7328

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CERRO APU HUAYHUACA

Departamento Apurímac
Provincia Andahuaylas
Distrito Andahuaylas



DICIEMBRE
2022

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CERRO APU
HUAYHUACA***

(Distrito Andahuaylas, provincia Andahuaylas, departamento Apurímac)

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

Responsable de la investigación:

Gael Araujo Huamán

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el Cerro Apu Huayhuaca, distrito Andahuaylas, provincia Andahuaylas, departamento Apurímac*. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7328, 40 p.

INDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales.....	6
UBICACIÓN.....	6
POBLACIÓN.....	6
ACCESIBILIDAD	8
CLIMA.....	8
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	9
3.1. Unidades litoestratigráficas	9
3.1.1. FORMACIÓN ARCURQUINA, Miembro A (Kis-ar).....	9
3.1.2. UNIDAD OCOBAMBA.....	11
3.1.3. DEPÓSITOS SUPERFICIALES NO CONSOLIDADOS.....	11
- DEPÓSITOS COLUVIALES (Qh-co)	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	12
4.1. Pendientes del terreno	12
4.2. Unidades geomorfológicas.....	13
4.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL.....	13
- MONTAÑAS EN ROCA SEDIMENTARIA (RM-rs)	13
- MONTAÑAS EN ROCA INTRUSIVA (RM-ri).....	14
4.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL	15
- VERTIENTE COLUVIAL (V-co).....	15
- VERTIENTE ALUVIAL (V-al).....	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	18
5.1. SECTOR 1	21
5.2. SECTOR 2	25
5.3. SECTOR 3.....	27
5.4. Factores condicionantes y desencadenantes.....	32
FACTORES CONDICIONANTES	32
FACTORES DESENCADENANTES	32
6. CONCLUSIONES	33
8. BIBLIOGRAFÍA	36
ANEXOS	37

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el cerro Apu Huayhuaca, distrito y provincia de Andahuaylas y departamento Apurímac. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

En el cerro Apu Huayhuaca afloran rocas sedimentarias del tipo calizas (Formación Acurquina) y rocas intrusivas cuarzodioríticas (Plutón Anchaca), que se encuentran muy fracturados y de ligera a medianamente meteorizados. Además, de unidades superficiales no consolidadas, como depósitos coluviales que se encuentran acumulados en laderas por la acción de la gravedad, movimientos sísmicos y procesos antrópicos (corte de talud). Dando lugar a movimientos en masa de tipo deslizamiento y derrumbes.

Se observan geoformas de carácter tectónico degradacional, como montañas en roca sedimentarias e intrusivas; y geoformas de carácter depositacional como vertientes coluviales, con laderas de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°) y vertientes aluviales al pie del cerro Apu Huayhuaca con terrenos de pendiente baja a media (1° a 15°).

Dinámicamente, desde el 2017, los corte de carreteras del cerro Apu Huayhuaca desencadenaron deslizamientos y derrumbes que afectaron infraestructura de la carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas, y del C.P. Pochccota, Chumbao y Rumi Rumi.

El 04 de abril de 2022, ocurrió un deslizamiento con una escarpa principal de longitud 100 m y salto de 5 m. La activación de este deslizamiento afectó la trocha Av. Libertadores, el muro de contención usado como plataforma de dicha trocha (construido entre 2018 a 2019) y el almacén del C.P. Pochccota.

El 30 de marzo del 2022, se activaron caídas de rocas a lo largo de un tramo de longitud 110 m, que afectó 5 m del camino peatonal al Mirador y 5 m de la carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas.

El cerro Apu Huayhuaca por las condiciones geológicas, geomorfológicas y antrópicas, se consideran dinámicamente **activas**, por lo tanto, las áreas de estudio tienen un nivel de **peligro alto**, a la activación de movimientos en masa a lo largo de los cortes de taludes, en temporada de lluvias intensas y prolongadas.

El presente informe se pone a disposición de las autoridades, a fin de que las conclusiones y recomendaciones sirvan como instrumento, para contribuir en los planes de reducción de riesgo de desastre

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 (ACT11)”, 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 Andahuaylas, según oficio N°032-2022-JDNL-ODECI-GDUR-MPA, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el Cerro Apu Huayhuaca.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a la Ingeniera Gael Araujo, realizar una evaluación técnica de peligros geológicos por movimientos en masa en el Cerro Apu Huayhuaca, llevada a cabo el 24 de mayo de 2022.

La evaluación técnica se basó en tres etapas de gabinete, en la primera etapa se llevó a cabo la recopilación de información geológica y geomorfológica del INGEMMET, la segunda etapa de gabinete fueron reuniones virtuales con la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial de Andahuaylas para capacitar en la adquisición de sobrevuelos dron. Además de recopilar el testimonio de los habitantes, antecedentes, fotografías y datos del evento. En la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de imágenes dron, fotointerpretación de imágenes satelitales temporales, elaboración de mapas/figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Provincial de Andahuaylas e instituciones técnico normativas del SINAGERD (INDECI y CENEPRED), a fin de proporcionar información técnica de la evaluación, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, fotointerpretar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el Cerro Apu Huayhuaca.
- b) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan en los planes de prevención y/o mitigación del riesgo de desastre por movimientos en masa.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

- A) El boletín N°74, serie C: Peligros Geológicos en la región Cusco (Vílchez et al., 2020) con el mapa de susceptibilidad regional a escala 1:250 000, es información de referencia que muestra niveles de susceptibilidad bajos en el área de estudio: sin embargo, la evaluación técnica permitió identificar el corte de la carretera Andahuaylas a José María Arguedas como un factor antrópico que modifica la susceptibilidad al nivel alto.

- B) La memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Andahuaylas (28-p), escala 1: 50 000 (Lipa V. et al. 2003), El boletín N°27. Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas (28 p), Abancay y Cotabambas (Morocco R. 1975) describen unidades geológicas que representan el área de estudio.

1.3.Aspectos generales

UBICACIÓN

El Cerro Apu Huayhuaca se ubica en la margen izquierda del río Chumbao, frente al C.P. Andahuaylas. A sus faldas se ubican los centros poblados de Pochocccota, Chumbao y Rumi Rumi. Políticamente, pertenece al distrito y provincia Andahuaylas, departamento de Apurímac. Es cortado por la carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas y otros caminos peatonales. Se ubica en las coordenadas UTM (figura 1), descritas en el cuadro 1.

Cuadro 1. Coordenadas UTM y geográficas del área de estudio

Nro	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	674748	8489433	-13.658°	-73.384°
2	674102	8489431	-13.658°	-73.390°
3	674090	8488923	-13.663°	-73.390°
4	674737	8488933	-13.663°	-73.384°
C	674418	8489267	-13.660°	-73.387°

POBLACIÓN

Según las cifras oficiales del XII Censo Nacional de Población y Vivienda (INEI 2017). La población del C.P. Rumi Rumi y Chumbao eran de 150 y 5 habitantes respectivamente. Sin embargo, actualmente se observan mas de 100, 150 y 300 viviendas, con aproximadamente 4 habitantes por vivienda, en los centros poblados de Pochccota, Chumbao y Rumi Rumi (figura 1).

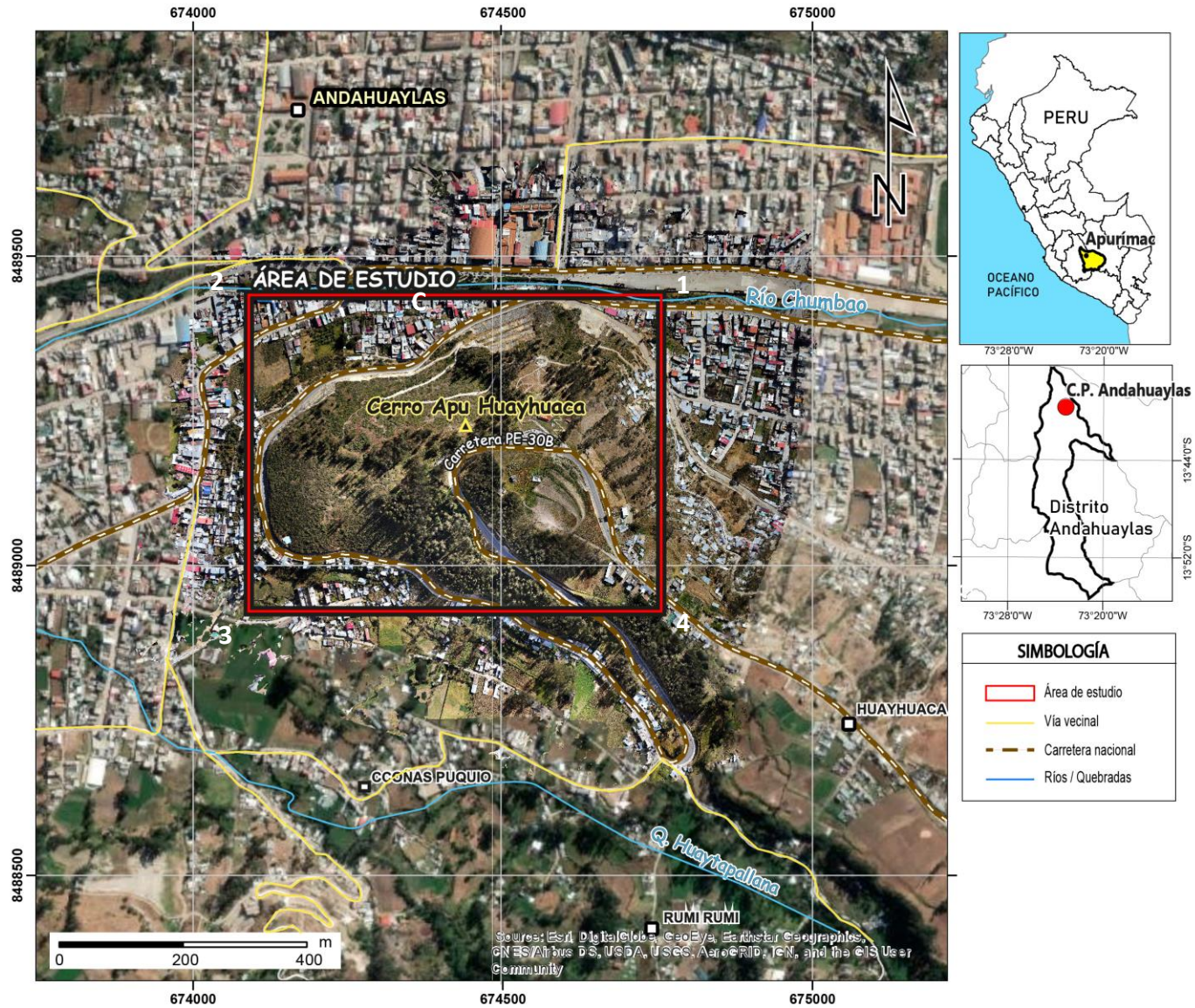


Figura 1. Ubicación de los 3 sectores evaluados respecto al río Urubamba: Sector 1- Ichiquiato Bajo, sector 2 – caserío Talancato y sector 3 – C.P. Palma Real.

ACCESIBILIDAD

Partiendo de la ciudad del Cusco, en dirección al oeste siguiendo la ruta de la Carretera 3S (Cusco – Limatambo – Abancay - Andahuaylas), se llega al Cerro Apu Huayhuaca (frente al C.P. Andahuaylas), en 6 horas con 27 horas 23 min.

CLIMA

- Temperaturas y precipitaciones

Según el Mapa climático Nacional del SENAMHI (2020), el cerro Apu Huayhuaca están representados por 2 climas: En la parte baja tienen un clima de tipo semiseco, templado y con invierno seco. Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 21°C a 25°C en áreas del norte y centro y, de 15°C a 21°C en la sierra sur; mientras que, las temperaturas mínimas oscilan entre los 7°C y 11°C. Los acumulados anuales de lluvias en esta zona alcanzan entre los 300 mm a 700 mm aproximadamente.

En la parte alta, se tiene un clima de tipo semiseco, templado y húmedo durante todo el año. Esta región presenta durante el año, en promedio temperaturas máximas de 21°C a 25°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C. Los acumulados anuales de lluvias en estas zonas pueden alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente.

2. DEFINICIONES

El Perú es un país que por su variedad de climas, complejidad geológica y ubicación en el denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, está expuesto a diversos peligros geológicos que pueden convertirse en desastres. Con el fin de dar a conocer el resultado de los estudios a las autoridades y público en general, se brinda una definición de los términos más importantes acuñados en el presente informe

PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, caída de rocas, derrumbes, y otros)

MOVIMIENTOS EN MASA

Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como

avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

ESCARPA	Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.
DESLIZAMIENTOS	Movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).
CAÍDA	Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO EN MASA	REACTIVADO: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo ACTIVO: Movimiento en Masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Andahuaylas (28-p), escala 1: 50 000 (Lipa V. et al. 2003) y el boletín N°27. Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas (28-p), Abancay y Cotabambas (Morocco R. 1975), describen afloramientos rocosos del Cerro Apu Huayhuaca (Formación Acurquina y Plutón Anchaca de la Unidad Ocobamba) (Anexo – Mapa 1), Mientas que, , la descripción de depósitos superficiales no consolidados de origen coluvial y aluvial se da en base a fotointerpretación satelital.

3.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se realiza una descripción detallada de las unidades litoestratigráficas de la zona de estudio:

3.1.1. FORMACIÓN ARCURQUINA, Miembro A (Kis-ar)

En la hoja de Andahuaylas se describe a la Formación Arcunquina como una secuencia compuesta de 600 m de calizas negras a grises. Se ha diferenciado y dividido en tres miembros, a, b y c, considerando sus diferencias secuenciales y litológicas.

En el cerro Apu Huayhuaca aflora el Miembro a (Kis-ar-a), compuesto de calizas gris negras bien estratificadas; muy fracturadas y ligera a altamente meteorizadas, de estratitos potentes, puede presentar nódulos calcáreos de diversas dimensiones y fósiles mal conservados. Sus mejores exposiciones reconocidas están al SO de la hoja de Andahuaylas, y en el cerro Apu Huayhuaca (fotografía 1 y 2).



Fotografía 1. Afloramientos de caliza en el corte de carretera Andahuaylas a José María Arguedas. Cerro Apu Huayhuaca. En las coordenadas UTM: X: 674509 e Y: 8489368



Fotografía 2. Aforamientos de calizas muy fracturadas y altamente meteorizadas en la margen izquierda de la carretera Andahuaylas a José María Arguedas. Cerro Apu Huayhuaca.

3.1.2. UNIDAD OCOBAMBA

PLUTÓN ANCHACA (PN-co-an/cdi)

Compuesto de rocas cuarzodioríticas muy fracturadas y altamente meteorizadas que abarcan una gran extensión dentro de la hoja de Andahuaylas, afloran extensamente en la parte este del cerro Apu Huayhuaca (Anexo y Mapa 1, fotografía 3). Según sus estudios petrográficos, tienen altos contenidos de plagioclasas, mayores al 60%, cuarzo mayor a 5% y feldspatos potásicos mayor a 5%. Presentan un color gris claro ligeramente verdoso.



Fotografía 3. Afloramientos de cuarzodiorita e la margen izquierda de la carretera Andahuaylas a José Maria Arguedas. Cerro Apu Huayhuaca. En las coordenadas UTM: X: 674398 e Y: 8488969.

3.1.3. DEPÓSITOS SUPERFICIALES NO CONSOLIDADOS

Esta unidad está compuesta por materiales poco o nada coherentes, de extensión y grosor variables, de naturaleza litológica heterogénea, heterométricas, depositados desde el Pleistoceno al Cuaternario reciente, y agrupados en función de su génesis

- DEPÓSITOS COLUVIALES (Qh-co)

Se encuentran conformados por bloques rocosos heterométricos, acumulados al pie de taludes empinados. Los bloques angulosos más gruesos (1 m a 2 m) se depositan en la base y los bloques menores (5 cm a 50 cm) disminuyen gradualmente hacia el ápice. Son sueltos, sin cohesión y conforman taludes de reposo poco estables (Vilchez et al., 2020).

También se consideran depósitos coluviales a aquellos materiales que fueron movilizados por algunos tipos de movimientos en masa antiguos, recientes y/o reactivados. En el corte de carretera Andahuaylas a José María Arguedas, se han activado derrumbes y deslizamientos, que son los principales agentes formadores de estos depósitos coluviales en el área de estudio (fotografía 4).



Fotografía 4: Depósito coluvial en el deslizamiento activado en el sector de Pochccota.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

El mapa de pendientes, elaborado a partir del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución, obtenido de la instalación de procesamiento de datos y estación de rastreo satelital de Alaska 'Alaska Satellite Facility', muestra pendientes que varían entre media a muy fuerte (5° a 5°).

La descripción de la clasificación de pendientes (ver Anexo 1 – Mapa 2), se da en el cuadro 2.

Cuadro 2. Pendientes del cerro Apu Huayhuaca. Fuente: Vílchez et al, 2020

PENDIENTES	DESCRIPCIÓN
Media	Conforman relieves poco inclinados (5° a 15°) en algunos sectores del corte de carretera Andahuaylas a José María Arguedas. Presentan una susceptibilidad media a la ocurrencia de movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes).
Fuerte	Conforman relieves inclinados (15° a 25°). Se les considera altamente susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa. Estas pendientes están distribuidas en muchos sectores del cerro Apu Huayhuaca.
Muy fuerte	Caracterizado por presentar muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa. Da lugar a la ocurrencia de deslizamiento y derrumbes en laderas de muy fuerte pendientes (25° a 45°), tal es el caso del deslizamientos y derrumbes en la margen izquierda de la carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas.

4.2. Unidades geomorfológicas

El mapa geomorfológico a escala 1:500 000 del INGEMMET, la fotointerpretación de imágenes satelitales y fotografías, permitieron cartografiar morfológicamente el cerro Apu Huayhuaca en geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional (montañas en roca sedimentaria e intrusiva) y geoformas de carácter deposicional (vertiente aluvial y coluvial) (anexo - mapa 3).

4.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Están representadas por geoformas montañosas con pendientes pronunciadas. La erosión y degradación de su afloramiento en la parte alta originan geoformas de carácter deposicional, por transporte arrastre y acumulación de sedimentos.

- MONTAÑAS EN ROCA SEDIMENTARIA (RM-rs)

En esta subunidad geomorfológica se encuentran las elevaciones de terreno que hacen parte de las cordilleras levantadas por la actividad tectónica, cuya morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia de escorrentía, y agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad. Esta unidad se cartografía como montañas en roca sedimentaria por estar geológicamente constituida por unidades litológicas de rocas sedimentarias (calizas) de la Formación Acurquina (fotografía 5 y figura 3), cuyas pendientes son de muy fuerte inclinación (25° a 45°).

Los procesos erosivos de estas geoformas generaron y generan movimientos en masa de tipo deslizamientos y caída de rocas, debido a procesos denudativos (fluvio-erosionales (fotografía 5), Por lo tanto da origen a geoformas de carácter deposicional como vertientes coluviales (ver anexo - mapa 3).



Fotografía 5: Vía y camino peatonal hacia el Mirador, sobre geofoma de montañas en roca sedimentaria.

- MONTAÑAS EN ROCA INTRUSIVA (RM-ri)

Esta unidad se cartografía como montañas en roca intrusiva por estar geológicamente constituida por afloramientos cuarzodioríticos del Plutón Anchaca (fotografía 6, figura 2 y 3), cuyas pendientes son de media a muy fuerte inclinación (5° a 45°).



Fotografía 6: Montañas de roca intrusivas en el sector Rumi Rumi.

4.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Estas geformas son el resultado de varios procesos geomorfológicos, determinados por fuerzas de desplazamiento y factores extrínsecos móviles, como sismos, aguas pluviales y de escorrentía, quienes tienden a modificar la superficie de la tierra, mediante el desprendimiento de materiales sólidos en terrenos elevados producto de procesos denudativos en el cerro Apu Huayhuaca se han identificado vertientes coluviales, mientras que al pie del cerro Apu Huayhuaca, se muestra una vertiente aluvial.

- VERTIENTE COLUVIAL (V-co)

Al pie de acantilados, se tiene escarpes y laderas muy empinadas. Hay escasa presencia de suelos y vegetación por la acumulación de fragmentos de roca (entre 50 y 80%) de variado tamaño (gravas a bloques), resultantes de la meteorización física por gelifracción o termofracción de los materiales que los constituyen. Estos fragmentos, desprendidos de los escarpes, se desplazan en caída libre o rodando cuesta abajo.

Los materiales coluviales acomodados al pie de laderas tienen un ángulo de reposo de 35° aproximadamente. Por otro lado, cuando los fragmentos presentan tamaños variados, estos se disponen en un patrón selectivo, con los bloques de mayor tamaño hacia la base debido a su mayor momento y a su facilidad para rodar. Los fragmentos más pequeños se ubican hacia el ápice del depósito (Vilchez, et al. 2020).

Estos depósitos se consideran inestables, ya que no existe cohesión entre sus fragmentos (figura 2). Por esta razón, es fácil que un sobrepeso (caída de nuevos bloques) produzca deslizamiento de parte de los materiales. Cuando el talud o vertiente de detritos es relativamente antiguo y el clima es propicio, se pueden desarrollar suelo y cobertura vegetal estabilizadora (Villota, 2005).

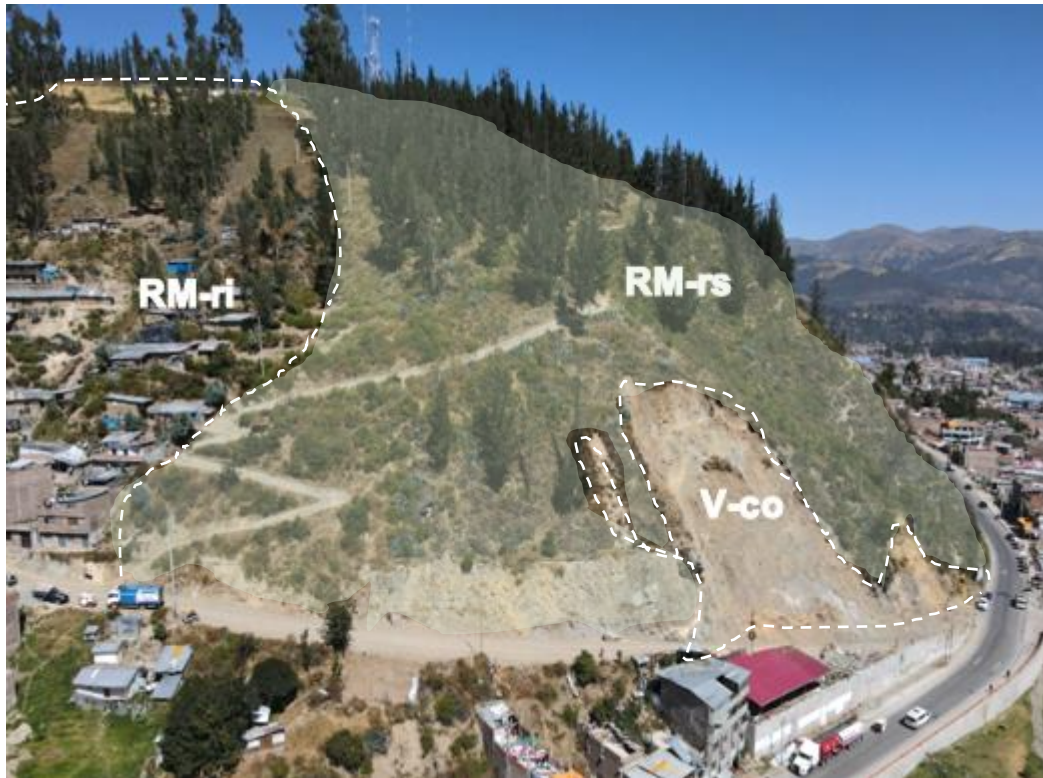


Figura 2: Geoformas de montañas en rocas intrusivas, montañas en rocas sedimentarias y vertientes coluviales en el sector Pochccota.

- VERTIENTE ALUVIAL (V-al)

Conforma planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de las montañas del cerro Apu Huayhuaca (figura 2). Están formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, que pueden formar abanicos debido al movimiento lateral-cíclico del curso de los ríos o quebradas que los originan. La pendiente de estos depósitos es de suave a moderada (1-15°) (Anexo 1_Mapa 2). Sobre estos abanicos se pueden depositar también materiales provenientes de flujos torrenciales, comúnmente conocidos como huaicos.

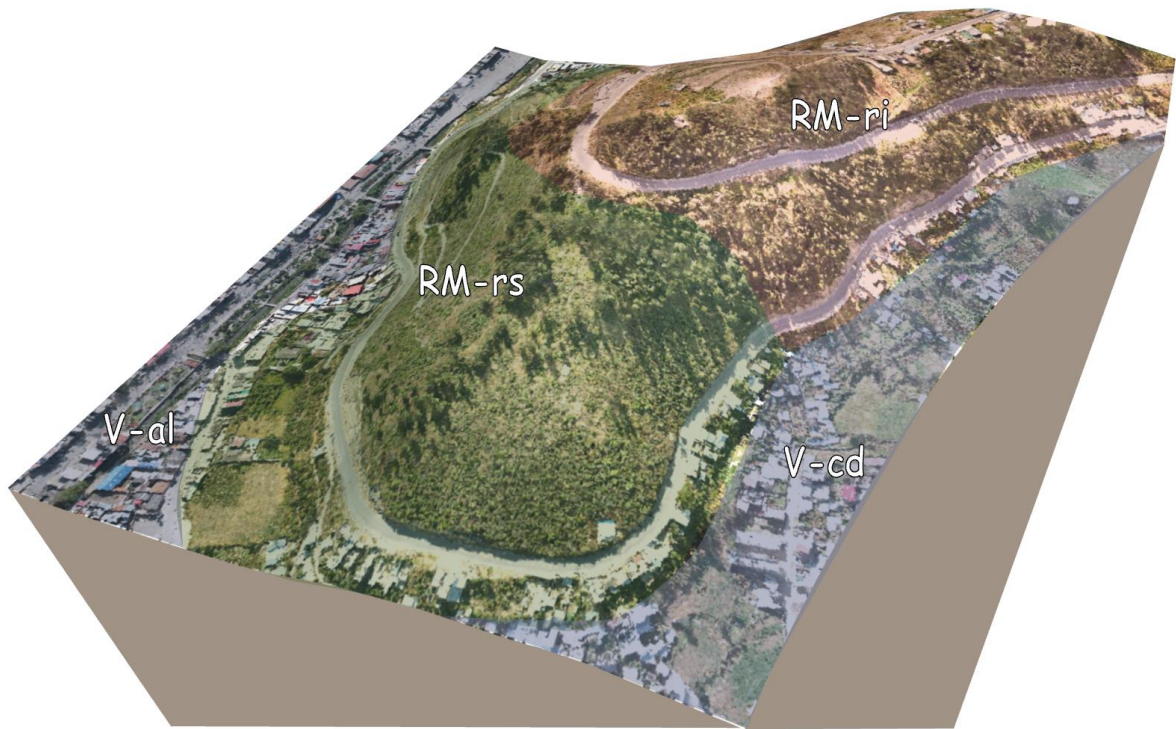


Figura 3. Modelo tridimensional del lado sur del cerro Apu Huayhuaca. Vista de geformas de montañas en roca sedimentaria, montañas en roca intrusiva y vertientes alviales.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

El cerro Apu Huayhuaca ubicado en la margen izquierda del río Chumbao, alcanza los 100 m de altura desde el pie (donde se asientan los centros poblados de Pochccota, Chumbao y Rumi Rumi) hasta la parte más alta (figura 4). Esta representado por montañas de rocas sedimentarias e intrusivas altamente fracturadas y ligera a moderadamente meteorizadas.

Dinámicamente, desde el 2017, en el cerro Apu Huayhuaca se han generado deslizamientos y derrumbes que afectaron infraestructura de la carretera nacional, C.P. Pochccota, Chumbao y Rumi Rumi (figura 3). Para una descripción detallada de peligros geológicos nos enfocaremos en 3 sectores a lo largo de la carretera Andahuaylas a José María Arguedas (figura 4).

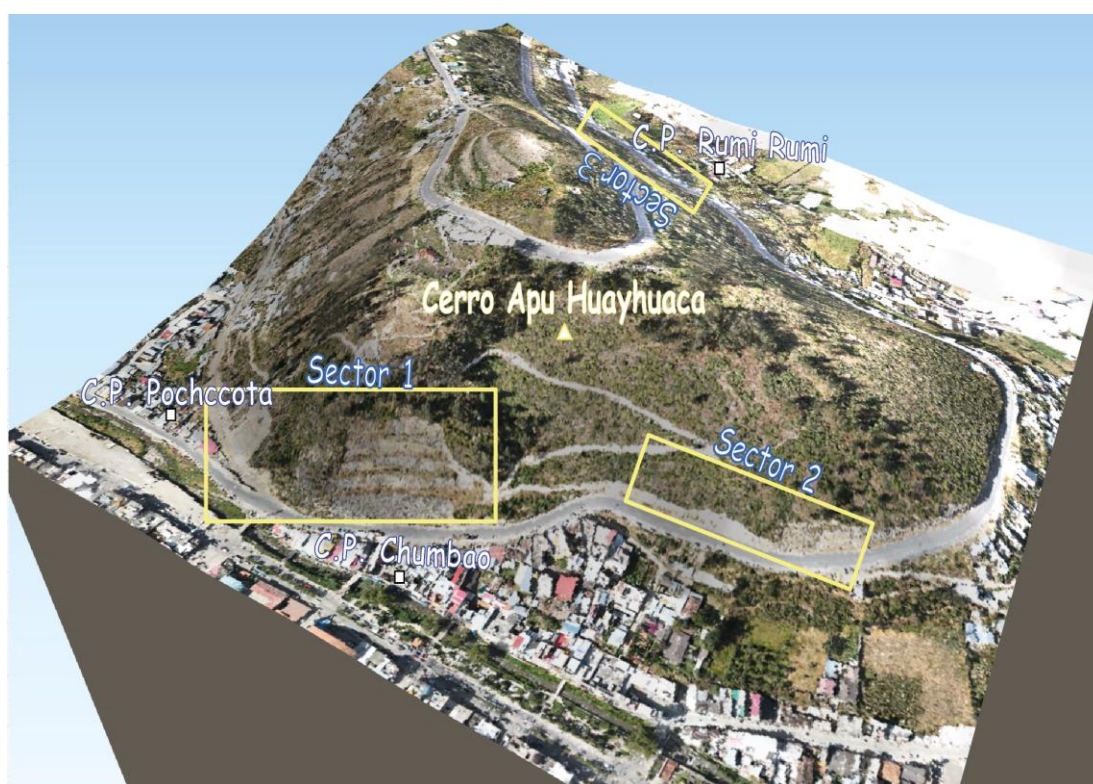


Figura 4. Modelo tridimensional del cerro Apu Huayhuaca. Sectorización del área de estudio..

El análisis y fotointerpretación de imágenes satelitales en un periodo de 14 años (08/2008 a 02/2022) muestra la evolución temporal del cerro Apu Huayhuaca después antes y después de la ampliación y asfaltado de la carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas (Huancabamba) (figura 5).

Entre el 2008 y 2016, se observan agrietamientos y aperturas en el terreno como indicios de la activación de deslizamientos y derrumbes a lo largo del corte de carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas (trocha).

Sin embargo es entre el 2017 y 2018, durante el inicio de trabajos de ampliación y asfaltado de la carretera nacional, se activaron deslizamientos y derrumbes en el corte de talud de la carretera (figura 5). Durante este periodo se estabilizaron algunos deslizamientos y derrumbes con banquetas y/o mallas.

Las imágenes satelitales, muestran que entre el 2018 y 2019 a lo largo de la carretera Andahuaylas a Jose Maria Arguedas, no se presentaron reactivaciones en los deslizamientos y derrumbes (figura 5).

Las lluvias intensas entre noviembre de 2021 a abril de 2022, activaron un deslizamiento y derrumbes que afectaron infraestructura del C.P. Pochccota y Chumbao (figura 5).

Actualmente no se ha observado un comportamiento retrogresivo de los deslizamientos estabilizados, sin embargo la pendiente fuerte a muy fuerte y geología del cerro Apu Huayhuaca, muestra constantes caídas de rocas que ocasionalmente llega a la carretera Andahuaylas – Jose María Arguedas.

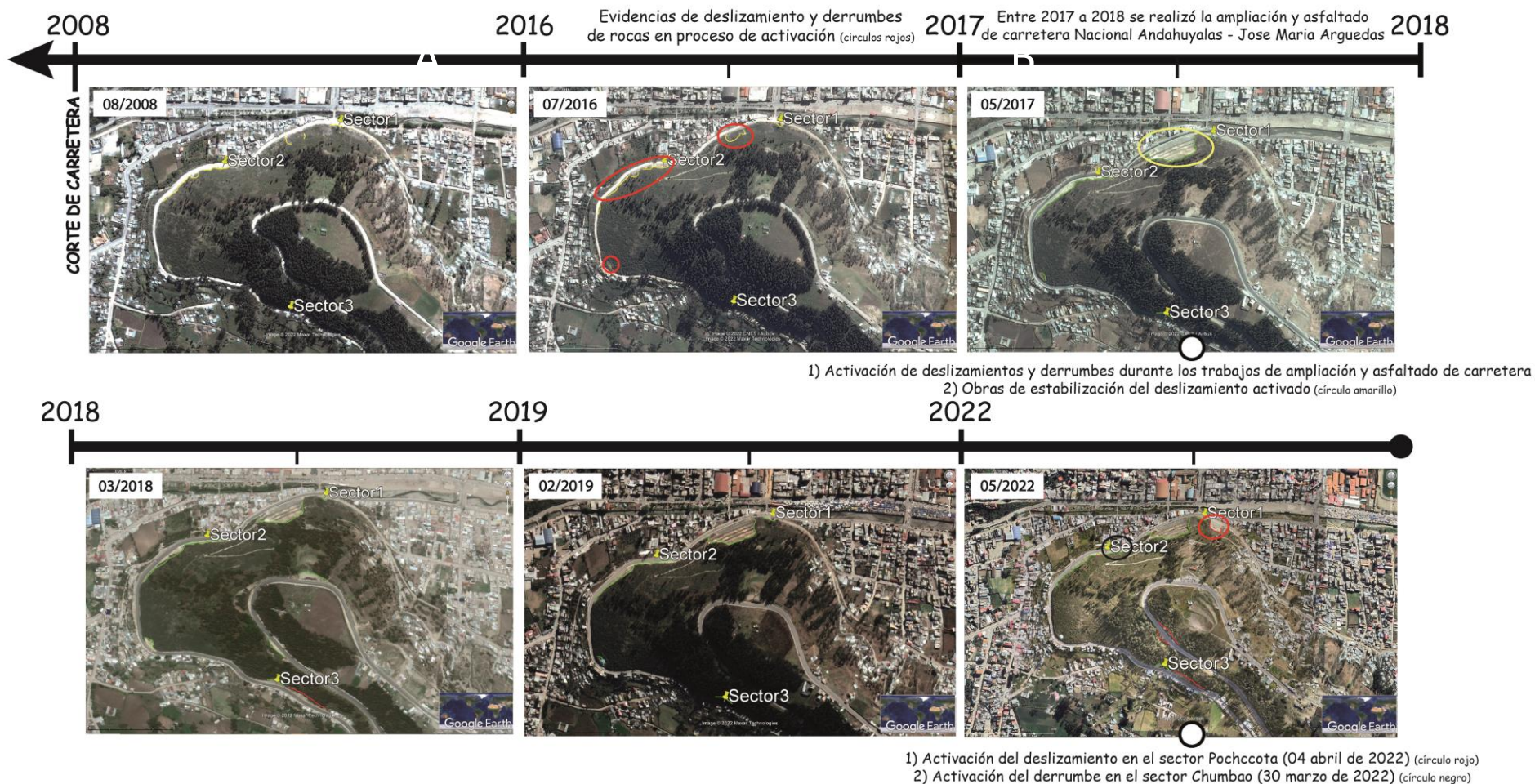


Figura 5. Evolución del Cerro Apu Huayhuaca (08/2008 al 05/2022). Las imágenes satelitales evidencian la activación de deslizamientos y derrumbes a lo largo de la carretera Andahuaylas a José María Arguedas.

5.1. SECTOR 1

El sector 1 ubicado en la intersección entre la carretera Andahuaylas a José María Arguedas y la Av. Libertadores, altura del puente colonial, fue subdividido en 1A y 1B (figura 6).

Sector 1A

El 04 de abril de 2022 ocurrió un deslizamiento de rocas con una escarpa principal de longitud 100 m y salto de 5 m, además sus dimensiones tienen un ancho y largo de longitudes 39 m y 41 m respectivamente (figura 6 y 7). La activación de este deslizamiento afectó la trocha de Av. Libertadores, el muro de contención usado como plataforma de la trocha (construido entre 2018 a 2019) y el almacén del C.P. Pochccota (figura 7B). Y 32 personas del C.P. Pochccota fueron evacuadas.

El muro de contención protegió el tramo de la carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas e infraestructura adyacente a la misma (figura 6 y 7).

En mayo de 2022 se realizó la limpieza de detritos que cubrieron y empujaban el muro de contención de la trocha Libertadores (figura 7C).

Además del deslizamiento sucedido el pasado 04 de abril, se han identificado derrumbes de menores dimensiones en ambos lados del mismo (figura 7A).

Sector 1B

Esta representado por un deslizamiento de rocas estabilizado con banquetas en una pendiente de pendiente fuerte y mallas de protección de caída de rocas al pie del talud (figura 6 y 8).

Entre el 2017 y 2018, el deslizamiento de escarpa de longitud 192 m, ancho 120 m y largo 65 m, se activó durante los trabajos de ampliación y asfaltado de la carretera Andahuaylas a José María Arguedas. La misma fecha fue estabilizado.

Presenta calizas muy fracturadas y ligeramente meteorizadas de la Formación Acurquina se encuentran expuestas en las banquetas del deslizamiento estabilizado (figura 8B),

La activación del deslizamiento entre el 2017 y 2018 afectó la carretera Andahuaylas a José María Arguedas en un tramo de 155 m.

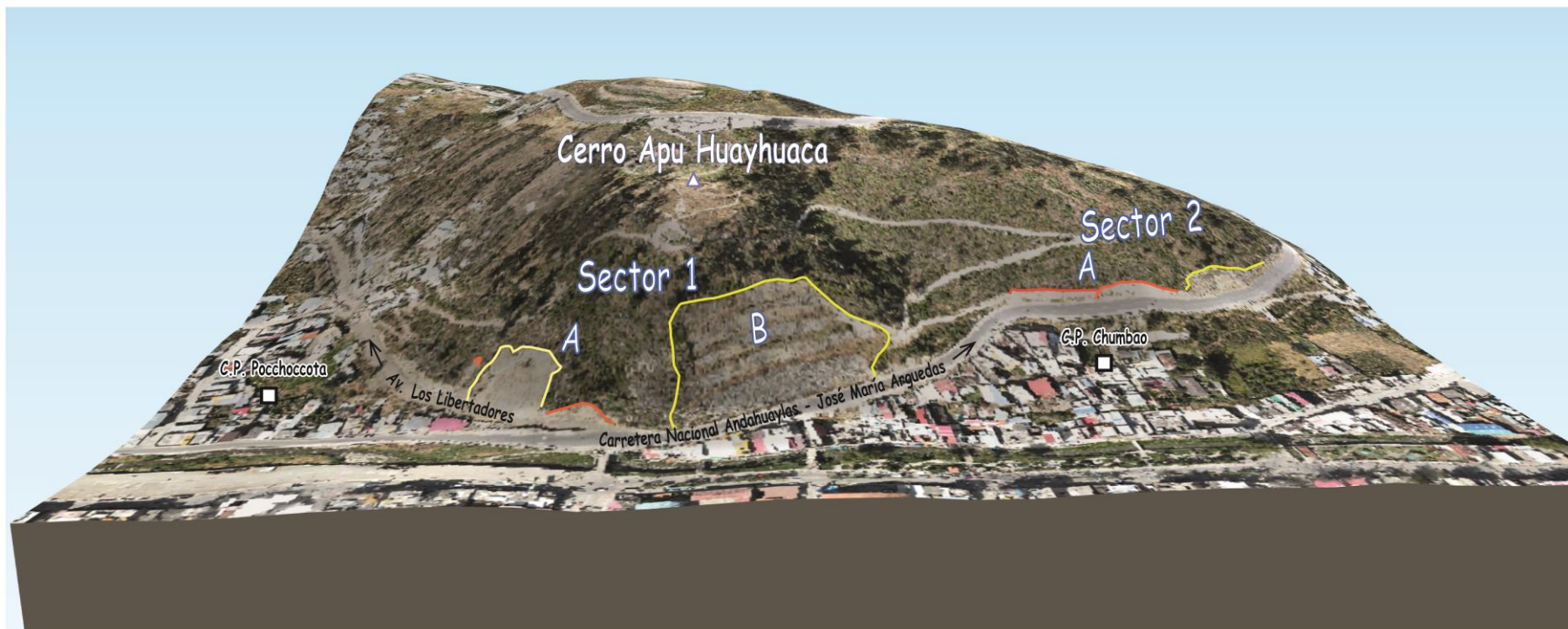


Figura 6. Vista del lado norte del cerro Apu Huayhuaca

Sector 1A



Figura 7. A. Vista tridimensional de zonas de inundación y cauce del río Urubmaba en el C.P. Palma Real. *Imagen de TerraIncognita.*
B. Zonas de Inundación en el C.P. Palma Real. *Imagen obtenida del sobrevuelo dron julio 2022*

Sector 1B

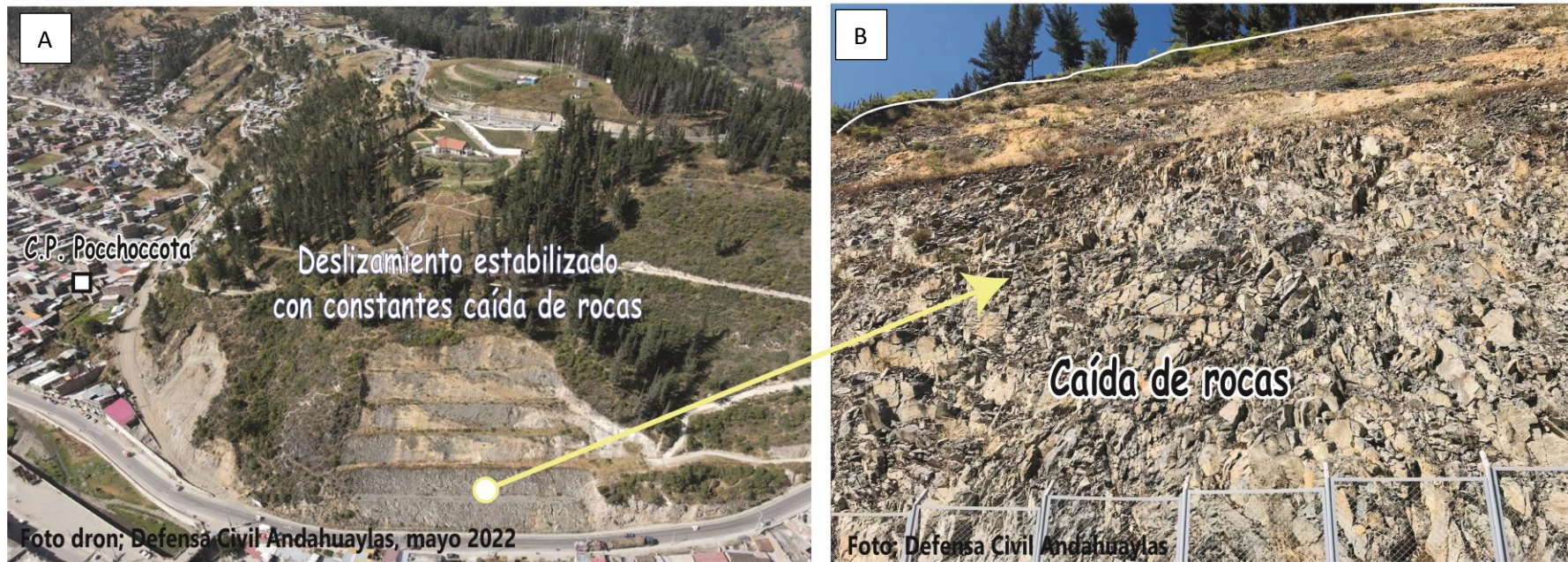


Figura 8. A. Sector 1B del cerro Apu Huayhuaca, deslizamiento estabilizado entre el 2017 a 2018. B. Actualmente se observan caída de rocas

5.2. SECTOR 2

Ubicado desde la intersección de la carretera Andahuaylas a José María Arguedas y el camino peatonal al Mirador (zeta del zorro) (figura 6). El corte del camino peatonal fue realizado entre el 2010 a 2011, dando lugar a la activación de caída de rocas por el corte del talud.

En noviembre de 2021, un tramo del camino peatonal al Mirador fue ampliado y pavimentado, meses después (30 de marzo del 2022), se activó una caída de rocas (largo de 6 m y ancho de 4 m) (figura 9A y 9B), que afectó un tramo de la plataforma del camino peatonal al Mirador (inaccesible hasta la fecha) (figura 9C) y carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas.

Además de caída de rocas en varios tramos de un área de 770 m² (largo y ancho de 110 m y 7 m de longitud) (figura 9D).

La ampliación en las dimensiones de los derrumbes amenazan con afectar un tramo de 130 m de la carretera nacional, 60 m de trocha al Mirador y 10 familias del C.P. Chumbao.

Sector 2A

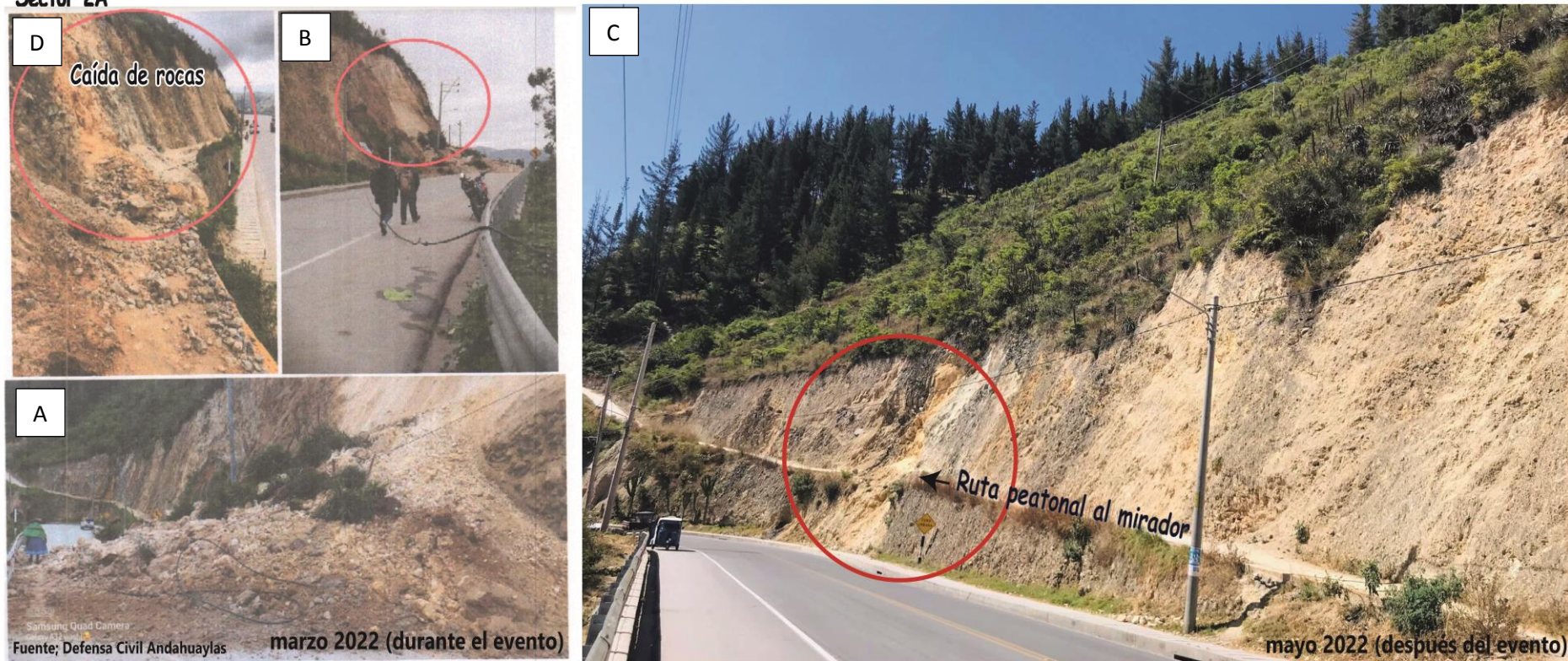


Figura 9. Derrumbes en el sector 2, del cerro Apu Huayhuaca. A.B.. Vista del derrumbes que afectó la plataforma del camino peatonal al mirador. C. Estado actual del derrumbe del 30 de marzo de 2022. D. Otras caídas de rocas en el sector 2.

5.3. SECTOR 3

El sector 3 ubicado en el lado sur del cerro Apu Huayhuaca, altura del C.P. Rumi Rumi, fue subdividido en 3A y 3B (figura 6 y 11).

Sector 3A

A 15 m del corte del talud, del flanco izquierdo de la carretera Andahuaylas a José María Arguedas (anexo 1_mapa 4), se identificó agrietamientos con longitudes de hasta 115 m y salto de 0.5 (figura 10), como indicios del proceso de activación de un deslizamiento dimensionado en ancho y largo de 110 m y 13 m respectivamente.

La parte alta, donde se ha identificado estos saltos, esta cubierto por pinos que tienen alturas de hasta 20 m, se encuentran inclinados y caídos hacia la carretera nacional, los mismos que amenazan con destruir infraestructura de desprenderse y reactivar movimientos en masa o viceversa (figura 10 y 11).



Figura 10. Saltos que evidencian el proceso de activación de un deslizamiento en el sector 3A

Sector 3B

Esta representado por un deslizamiento estabilizado con banquetas entre 2017 y 2018, reactivado en su lado derecho (figura 13A y 13B).

A 4.5 m de su escarpa principal se identificó agrietamientos con longitud de 74 m y salto de 10 cm (figura 13C). Se tienen pinos con altura de 20 m se muestran inclinados en dirección a la carretera Andahuaylas a José María Arguedas y al C.P. Rumi Rumi (figura 13A y 14).

Los árboles de grandes dimensiones en la cabecera de los derrumbes y deslizamientos activos o en proceso de reactivación, contribuyen a la inestabilidad del terreno altamente fracturado y meteorizado.



Figura 12. A. Sector 3 del cerro Apu Huayhuaca.

Sector 3B



Figura 13. Vista de arboles de más de 20 m de altura en la cabecera del corte de talud de la carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas. A. Deslizamiento estabilizado entre 2017 y 2018, actualmente reactivado. B. caída de rocas en el lado reactivado. C. saltos y vista de arboles inclinados a 4.5 m de la escarpa principal.

Sector 3B



Figura 14. Vista de arboles inclinados, de más de 20 m de altura, en la cabecera del corte de talud de la carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas.

A lo largo del corte de carretera Andahuaylas a José María Arguedas, además de los 03 sectores descritos, se han cartografiado otros derrumbes y deslizamientos en procesos de activación y/o reactivación (anexo 1_mapa 4). De no realizar medidas de mitigación a corto o mediano plazo, pueden acelerar su dinámica y ocasionar daños de infraestructura en temporada de lluvia intensa y prolongada,

En la parte alta del cerro Apu Huayhuaca, se cartografió un agrietamiento circular de 54 m como indicio de la activación de un deslizamiento, que puede afectar un tramo de la cuneta de aguas pluviales de la carretera nacional. Es importante mencionar que esta cuneta direcciona sus aguas pluviales, sin ningún revestimiento, hacia el bosque (cabecera del corte de talud del sector 3B) (anexo 1_mapa 4).

5.4. Factores condicionantes y desencadenantes

FACTORES CONDICIONANTES

- **LITOLÓGICO:** En el cerro Apu Huayhuaca afloran rocas sedimentarias e intrusivas de la Formación Acurquina (calizas) y el Pluton Anchaca (cuarzodioritas) muy fracturadas y ligera a medianamente meteorizadas. Además, se tienen depósitos superficiales no consolidados de origen coluvial generado por meteorización, gravedad, movimientos sísmicos, precipitaciones excepcionales y activación de movimientos en masa (deslizamiento, derrumbes y flujos de detrito).
- **GEOMORFOLOGÍA:** El cerro Apu Huayhuaca está constituido por montañas sedimentarias e intrusivas, vertiente coluvial y aluvial.
- **PENDIENTE:** El cerro Apu Huayhuaca tiene pendientes que varía de media a muy fuerte (5° a 45°), predominando pendientes fuertes y muy fuertes (15° a 45°).

FACTORES DESENCADENANTES

- **LLUVIAS INTENSAS Y PROLONGADAS:** El cerro Apu Huayhuaca presenta climas semisecos templados con precipitaciones anuales acumulados entre 700 mm a 2000 mm en la parte alta y 300 mm a 700 mm la parte baja.
- **ÁRBOLES DE GRANDES DIMENSIONES:** La presencia de pinos de más de 20 m de altura, en la cabecera de derrumbes y deslizamientos activados, reactivados y en proceso de reactivación a lo largo del corte de talud de la carretera Andahuaylas a José María Arguedas, generan sobrepeso en el talud inestable por sus rocas muy fracturadas y medianamente meteorizadas sobre pendientes fuertes a muy fuertes, y dan lugar a la generación de agrietamientos, saltos y arboles inclinados, que aseguran la dinámica activa de deslizamientos y derurbes en el cerro Apu Huayhuaca.
- **ANTRÓPICO:** Los trabajos de cortes de talud, ampliación y asfaltado de carretera activaron derrumbes y deslizamientos en el cerro Apu Huayhuaca.
- **SISMOS:** Los sismos de gran magnitud condicionan la ocurrencia de grandes movimientos en masa. Según el registro de Volcano Discovery, Alemania, se han detectado alrededor de 11 sismos cerca de Andahuaylas y Abancay con magnitudes entre 3.5 ML a 4.7 ML.

6. CONCLUSIONES

- a) En el cerro Apu Huayhuaca afloran rocas sedimentarias calizas de la Formación Acurquina y rocas intrusivas cuarzodioríticas del Plutón Anchaca muy fracturadas y ligera a medianamente meteorizadas. Además, de unidades superficiales no consolidadas como depósitos coluviales, acumulados en laderas por la acción de la gravedad, precipitaciones excepcionales, movimientos sísmicos que dan lugar a movimientos en masa de tipo deslizamiento y derrumbes.
 - b) El cerro Apu Huayhuaca está representado por geoformas de carácter tectónico degradacional, como montañas en roca sedimentarias e intrusivas; y geoformas de carácter depositacional como vertientes coluviales de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°) y vertientes aluviales al pie del cerro Apu Huayhuaca con pendiente baja a media (1° a 15°)
 - c) El cerro Apu Huayhuaca por las condiciones geológicas, geomorfológicas y antrópicas (corte y ampliación de talud para la carretera Andahuaylas a José María Arguedas) que evidencian, se consideran dinámicamente **activas**, por lo tanto, las áreas de estudio tienen un nivel de **peligro alto**, a la activación de movimientos en masa a lo largo de los cortes de taludes, en temporada de lluvias intensas y prolongadas.
 - d) Los peligros geológicos reconocidos cerro Apu Huayhuaca son movimientos en masa de tipo deslizamientos y derrumbes.
- a) Desde el 2008 a la actualidad, los trabajos de corte de talud, ampliación y asfaltado de la carretera nacional Andahuaylas a José María Arguedas, camino peatonal al Mirador (Zeta del Zorro) y camino de trocha (Av. Libertadores) han generado deslizamientos y derrumbes que dañaron infraestructura y amenazan con afectar viviendas del C.P. Pochccota, Chumbao y Rumi Rumi (al pie del cerro Apu Huayhuaca).
 - b) Entre el 2017 y 2018 durante los trabajos de ampliación y asfaltado de la carretera Andahuaylas a José María Arguedas se activaron deslizamientos que fueron estabilizados con banquetas. A la fecha se observan constantes caídas de rocas que llegan a la vía nacional. Solo uno de los deslizamientos (sector 1B) presenta protección de mallas contra caída de rocas al pie de talud.
 - c) El 30 de marzo del 2022 se activaron derrumbes que afectaron la carretera nacional y destruyeron un tramo del camino peatonal al Mirador.
 - d) El 04 de marzo de 2022 se activó un deslizamiento de rocas de escarpa de 100 m y salto 5 m, que afectó un tramo de la carretera de trocha Av. Libertadores, el muro de contención usado como plataforma de la trocha Los Libertadores y el almacén del C.P. Pochccota, se realizaron trabajos de limpieza de los detritos. Sin embargo, la presencia de derrumbes a ambos lados del deslizamiento puede contribuir a la ampliación del mismo, amenazando viviendas del C.P. Pochccota.

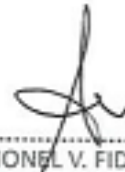
- e) En la cabecera de deslizamientos reactivados y derrumbes activos del sector 3, se han identificado zonas de agrietamientos con longitudes de 74 m a 115 m con saltos de hasta 0.5 m y pinos de más de 20 m de altura que están inclinados. Los pinos en la cabecera del talud inestable generan sobrepeso en el terreno, dando lugar a la activación, reactivación y origen de deslizamientos y derrumbes en el sector 3.

7. RECOMENDACIONES

- a) Realizar trabajos de estabilización de taludes en roca. Es imprescindible contar con un especialista que determine que tipo de infraestructura es la más conveniente. Tal es el caso de banquetas, muros de contención o mallas de anclaje. Es importante la presencia de mallas al pie del talud para controlar la caída de rocas.
- b) Prohibir el riego en las laderas del cerro Apu Huayhuaca, para evitar la infiltración de aguas de escorrentía.
- c) Realizar la tala de árboles de grandes dimensiones ubicados en la cabecera del corte de talud del sector 3. Al mismo tiempo reforestar las zonas que quedan expuestas, además de las zonas de saltos y agrietamientos a pocos metros de la escarpa. La forestación debe ser con vegetación autótona.
- d) Realizar la limpieza de detritos en la malla de protección ya existente (deslizamiento del sector 1B).
- e) Realizar un estudio de estabilidad de taludes, antes de efectuar cortes de talud, ampliación o asfaltado de vía, con el objetivo de identificar posibles áreas que pueden activar deslizamientos o derrumbes.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



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

8. BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2007. Plataforma Sistema de Información Geográfica para emprendedores (SIGE).

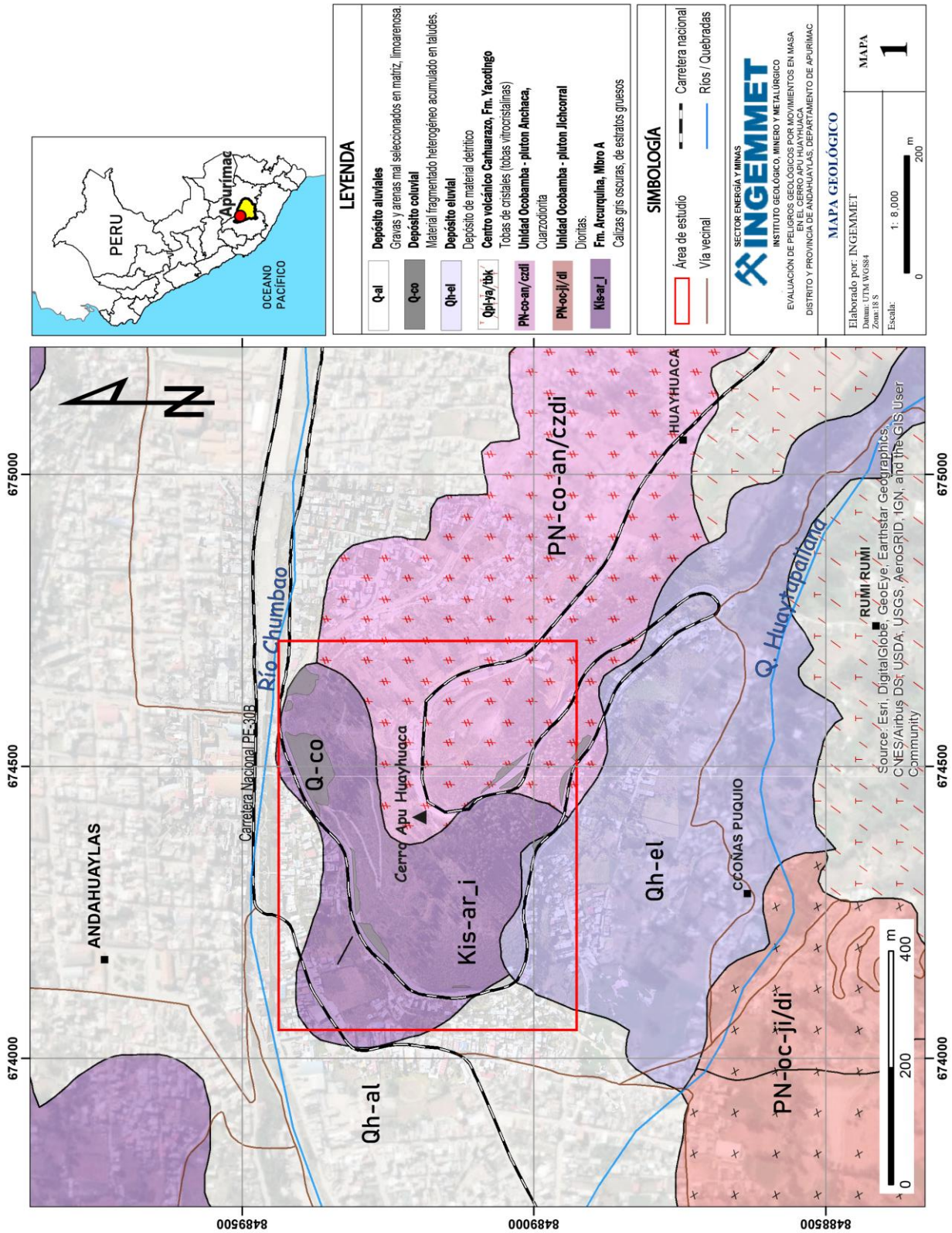
Lipa V., Zuloaga A., & Linares E. 2003. Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Andahuaylas (28-p). Escala 1:50 000. INGEMMET. 28 p.

Marocco R. 1975. Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas - Boletín A 27. Instituto de Geología y Minería. 52 p.

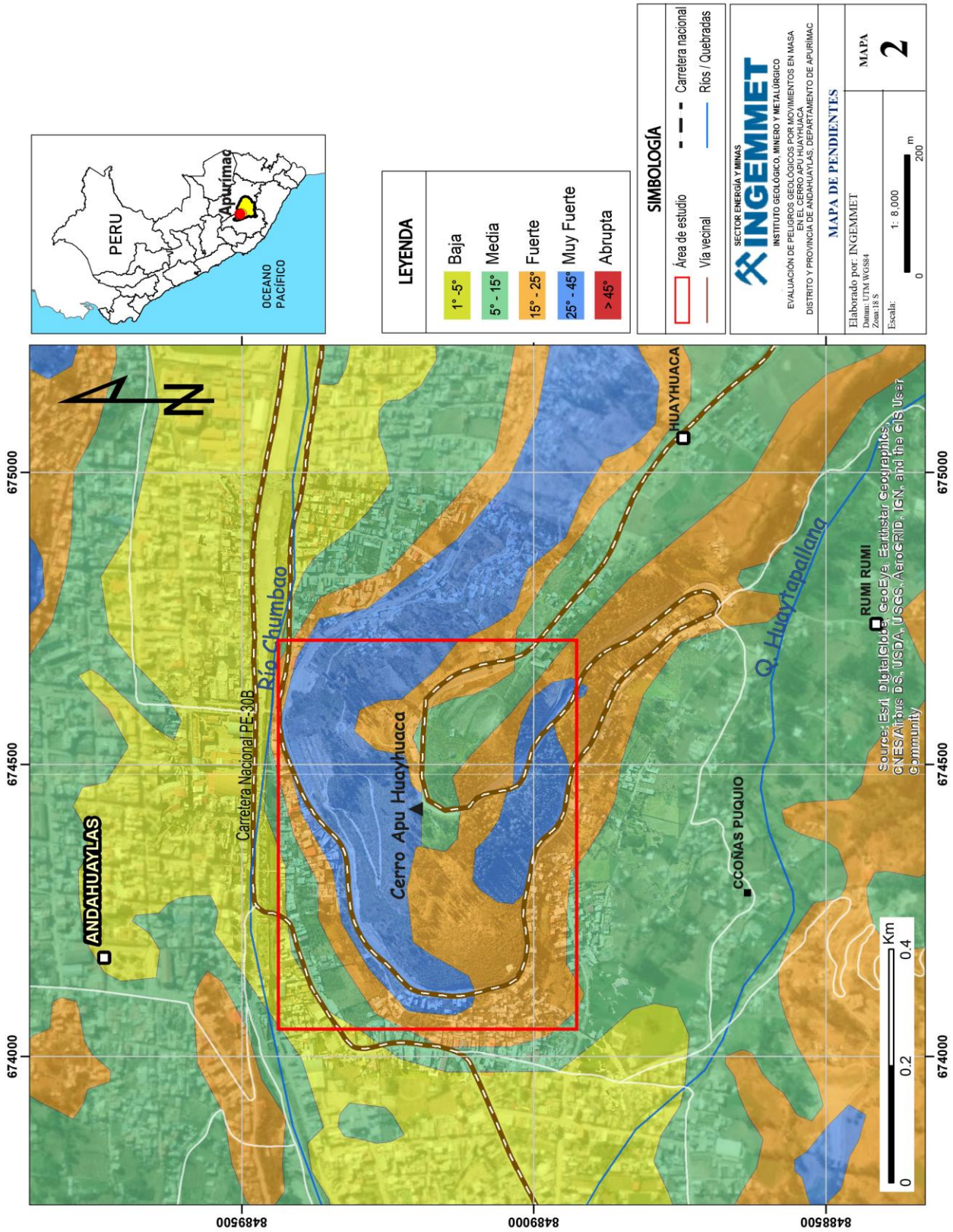
Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas. Servicio Nacional De Geología Y Minería. Publicación Geológica Multinacional No. 4.

SENAMHI, 2020. Climas del Perú. Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.

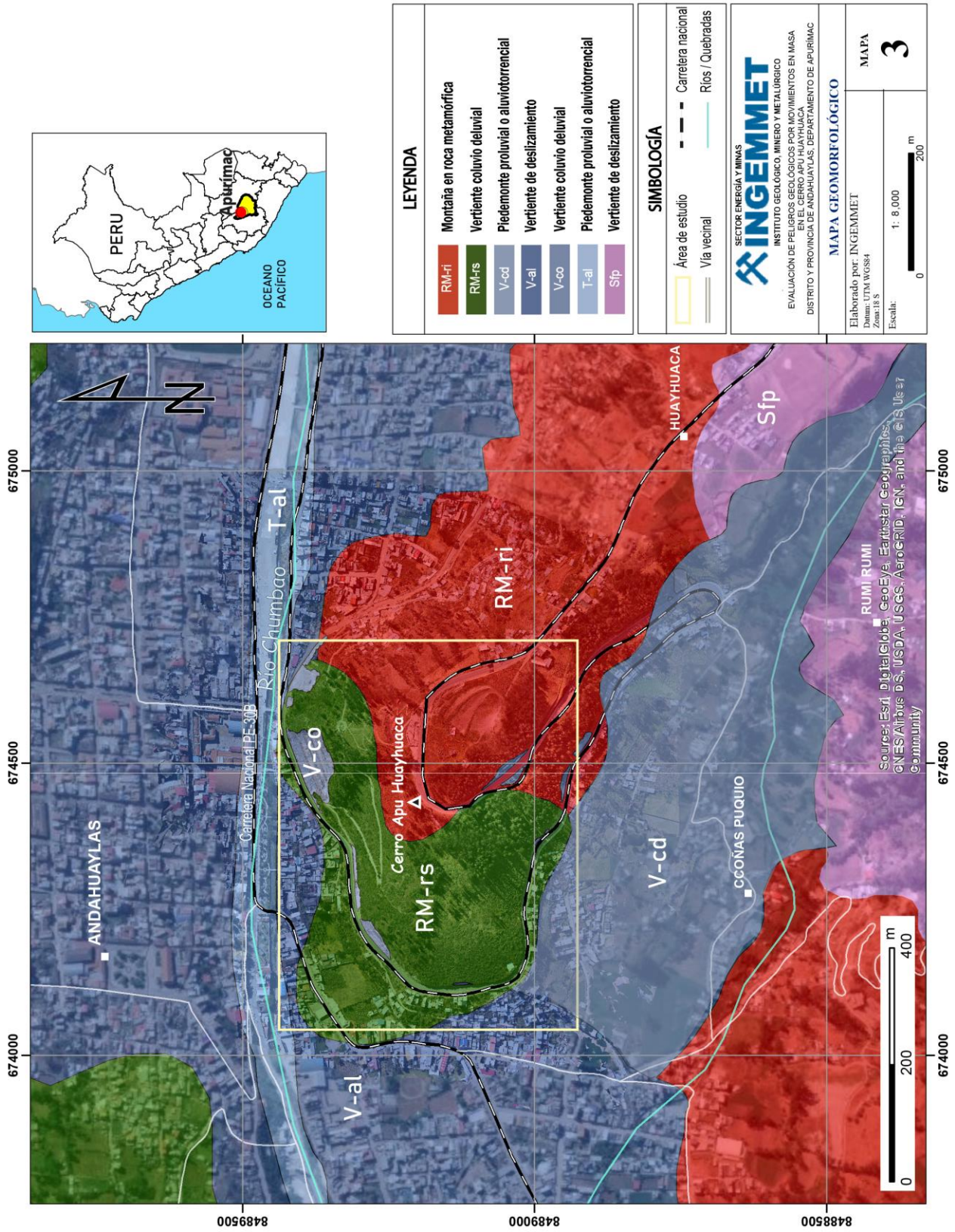
ANEXOS



Mapa 1. Mapa geológico. Fuente: Lipa V et al.2003. INGENMET 1 : 50,000



Mapa 2. Mapa de pendientes. Fuente DEM: Alaska satellite facility



Mapa 3. Mapa geomorfológico en el área de estudio. Fuente: INGENMET



Mapa 4. Peligros geológicos en el cerro Apu Huayhuaca