

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7640

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN EL ANEXO VILCAR

Departamento: Ayacucho
Provincia: Paucar del Sara Sara
Distrito: Colta



**JULIO
2025**

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN EL ANEXO VILCAR

Distrito Colta, Provincia Paucar del Sara Sara, Departamento Ayacucho



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

Equipo técnico:

Yhon Soncco Calsina

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos (huaico) en el anexo Vilcar. Distrito Colta, provincia Paucar del Sara Sara, departamento Ayacucho. Lima: INGEMMET, Informe Técnico N° A7640, 28 p.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.2.1. Ubicación	6
1.2.2. Accesibilidad	7
1.2.3. Precipitación pluvial	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	13
3.1. Unidades litoestratigráficas	13
3.1.1. Pórfido andesítico (PN-3-pand)	13
3.1.2. Formación Lampa (NQ-la-so/ig)	14
3.1.3. Formación Pausa (Q-pa)	14
3.1.4. Depósito proluvial (Qh-pl)	14
3.1.5. Depósito fluvial (Qh-fl)	14
3.1.6. Depósito aluvial y aluvial 1 (Qh-al y Qh-al1)	14
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	14
4.1. Pendientes del terreno	14
4.2. Unidades Geomorfológicas	16
4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	16
4.2.2. Geoformas de carácter depositacional o agradacional	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	17
5.1.1. Flujo de detritos (huaico)	17
5.2. Factores condicionantes	20
5.3. Factores desencadenantes	20
CONCLUSIONES	22
RECOMENDACIONES	23
BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXO 1 MAPAS	25

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizado en el anexo Vilcar, en el distrito Colta, provincia Paucar del Sara Sara, departamento Ayacucho. 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 en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el área de estudio aflora un pórfido andesítico, intrusivo conformado por fenocristales de cuarzo y plagioclasa, que se encuentran entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas; también se presentan tobas (Formación Lampa) de composición riolítica, moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas; Además, se tienen secuencias intercaladas de areniscas tobáceas (Formación Pausa) poco consolidadas y depósitos cuaternarios, como proluviales, fluviales y aluviales, los cuales se encuentran no consolidados.

Las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio son montañas en roca intrusiva, montaña en roca volcano-sedimentaria, relieve montañoso en roca sedimentaria, vertiente o piedemonte coluvio-deluvial, terraza indiferenciada y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.

En el anexo Vilcar del distrito de Colta se identificó depósitos antiguos provenientes de flujos de detritos (huaicos). El factor detonante de este proceso, fueron lluvias excepcionales y/o prolongadas.

Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos son: **a)** presencia de tobas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas; secuencias intercaladas de tobas poco consolidadas; además, se tienen depósitos proluviales, fluviales y coluviales, no consolidados **b)** unidades geomorfológicas de montaña en roca volcánica; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, con laderas de pendientes que varían de moderado a fuertemente inclinado (10° - 25°), en la parte baja y media es muy fuerte (25° - 45°),

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el anexo Vilcar es considerado de **PELIGRO MEDIO**, frente a la ocurrencia de flujo de detritos (huaico).

Finalmente, se brindan recomendaciones para las autoridades, como: realizar un estudio de evaluación de riesgos (EVAR), a cargo de evaluadores de riesgos acreditado por CENEPRED.

INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT16)”, 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 al Oficio N° 0404-2024-MDC/ALC, emitido por la municipalidad distrital de Colta. Es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en este distrito, en la provincia Paucar del Sara Sara, departamento de Ayacucho.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó al ingeniero Yhon Soncco, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica y de los peligros geológicos que afectan al anexo Vilcar en el distrito de Colta. Los trabajos de campo se realizaron del 08 y 09 de noviembre del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: a) Gabinete I-Pre-campo, recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; b) Campo, se realizó la observación del sector, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y c) Gabinete II, se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Colta e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, 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) Evaluar y caracterizar el peligro geológico por flujo de detritos que se presentan en el anexo Vilcar del distrito de Colta; eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población, terrenos agrícolas y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones generales para la reducción o mitigación de los daños.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional se tienen:

- a) Martínez & Cervantes; (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pausa (31-p). Menciona que, en inmediaciones de la localidad de Colta, aflora el miembro superior de la

Formación Arcurquina, constituida por calizas gris claras de naturaleza arcillosa con niveles delgados de calizas clásticas a conglomerádicas bien estratificadas.

- b) Vílchez et al, 2019 - Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 245 p. Uno de los productos publicados en este boletín es el mapa de Susceptibilidad a Movimientos en Masa (SMM), donde el sector evaluado se encuentra en zona de susceptibilidad Alta y Muy Alta.

1.2.1. Ubicación

El anexo Vilcar, se ubica en el distrito de Colta, provincia Paucar del Sara Sara, departamento Ayacucho (figura 1), dentro de las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas de área evaluado en el distrito de Colta, Anexo Vilcar.

Anexo	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
Vilcar	679297	8326013	-15.135429°	-73.331387°

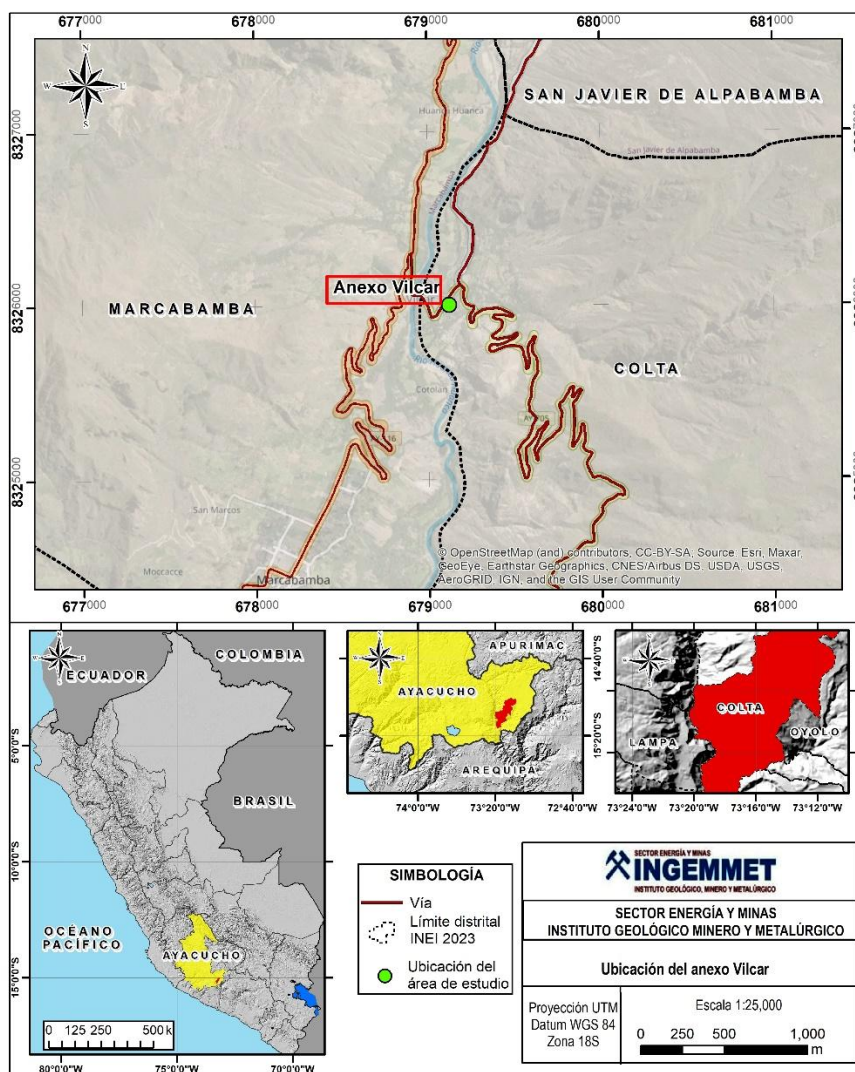


Figura 1. Ubicación de las áreas de evaluación en el distrito de Colta – Anexo Vilcar

1.2.2. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre partiendo desde Arequipa mediante la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Arequipa – Atico	Asfaltada	306	5 h 25 min
Atico – Caravelí	Asfaltada	77.2	1 h 16 min
Caravelí – Cruce Sondor	Carrozable	53	1 h 20 min
Cruce Sondor - Pauza	Asfaltada	89	2 h 7 min
Pauza - Marcabamba	Asfaltada	25	53 min
Marcabamba – Vilcar	Asfaltada	4	15 min

1.2.3. Precipitación pluvial

Según la información disponible de las estaciones meteorológicas Lampa y Pauza, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi; figuras 3, 4 y 5). Se cuenta con información de una ventana de tiempo desde 1964 hasta el 2013. La mayor precipitación registrada para este período es de aproximadamente 40 mm, según la estación Pauza.

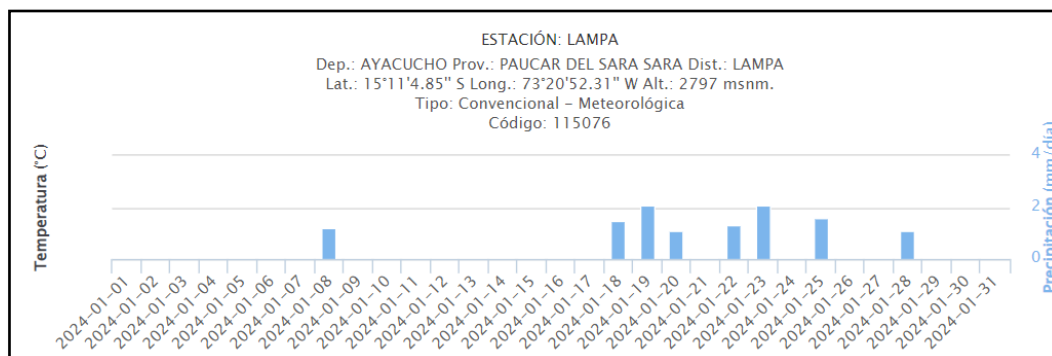


Figura 2. Precipitación diaria según la estación Lampa.

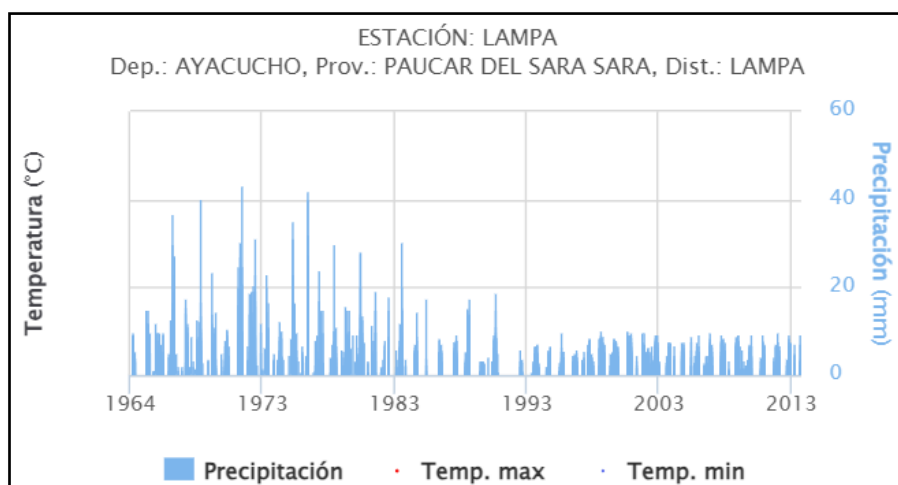


Figura 3. Precipitación diaria según la estación Lampa. Ventana de tiempo 1964 al 2013.

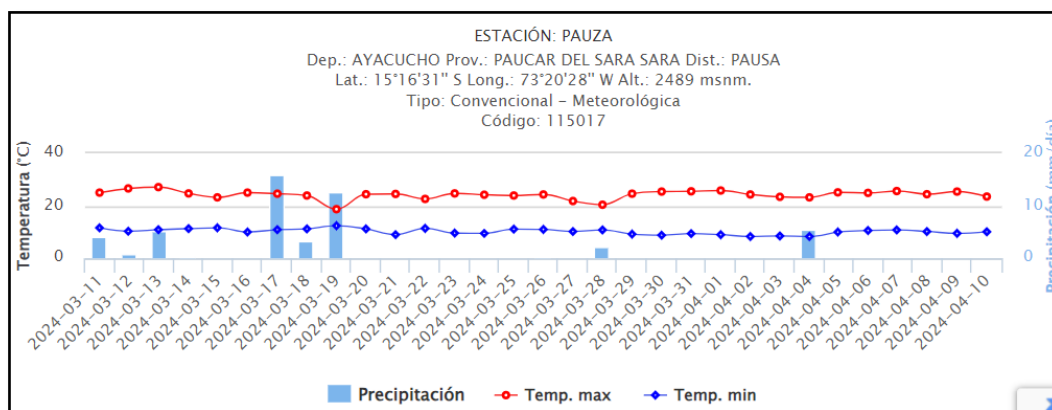


Figura 4. Precipitación diaria según la estación Pauza.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: "Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

Aluvién: Flujo extremadamente rápido que desciende por cauces definidos, formando ríos de roca y lodo, alcanzando grandes velocidades, con gran poder destructivo. Están relacionados a lluvias excepcionales, aludes en nevados, movimientos sísmicos, ruptura de lagunas o embalses artificiales y desembalse de un río producido por un movimiento en masa.

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por

presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Arenamiento: Fenómeno que se produce en zonas que presentan morfología plano-ondulada de pampas, colinas bajas y planicies costaneras aledañas al litoral, con una dinámica eólica importante, donde la dirección, la velocidad del viento y la geomorfología del entorno favorecen la migración y acumulación de arenas, que muchas veces pueden afectar viviendas, terrenos de cultivo y obstruir tramos de carretera. Los arenamientos conforman mantos de arena, dunas, dunas trepadoras que se encuentran detenidas, cordón de dunas, etc.

Avalancha de detritos: Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo (Hung et al., 2001).

Avalancha de roca: Movimiento tipo flujo, extremadamente rápido y masivo de roca fragmentada proveniente de un gran deslizamiento de roca, o de una caída de roca (Hung et al., 2001).

Buzamiento: Ángulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

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.

Caída de rocas: Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Crecida de detritos: Flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados (Hung et al., 2001).

Deluvial: Terreno constituido por enormes depósitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.

Derrumbe: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden

y Varnes, 1996). 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).

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y 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.

Deslizamiento traslacional: Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996).

Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Erosión fluvial: Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos al socavar los valles, profundizarlos, ensancharlos y alargarlos. Ocurre cuando periodos con abundantes o prolongadas precipitaciones pluviales, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los ríos principales o secundarios que drenan una cuenca.

Erosión marina: La zona costera es erosionada directamente por la acción marina, siendo las olas el agente más común de la denudación costera. También se tiene acción erosiva de las corrientes de marea y corrientes litorales. La fuerza del golpe de las olas sobre un acantilado da origen a la erosión directa y remoción de detritos desde los acantilados o costas montañosas o colinadas sumergidas, las cuales gradualmente se van regularizando, pero con una morfología que depende de la litología.

Escarpe o 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.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Flujo: Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

Flujo de detritos (huaico): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

Flujo de lodo: Tipo de flujo con predominancia de materiales de fracción fina (limos, arcillas y arena fina), con al menos un 50%, y el cual se presenta muy saturado.

Flujo de tierra: Movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico. Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto. El volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos.

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

Hundimiento: Desplazamiento vertical brusco de una masa de suelo o roca debido en muchas ocasiones a la falla estructural de la bóveda de una cavidad subterránea. Suelen estar asociados a procesos de disolución de rocas carbonatadas o a la minería subterránea (Hauser, 2000).

Inactivo abandonado: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la causa de la inestabilidad del movimiento ha dejado de actuar (WP/WLI, 1993).

Inactivo estabilizado: Movimiento en masa cuyo desplazamiento ha cesado debido a la ejecución de obras correctivas o de control (Cruden y Varnes, 1996).

Inactivo latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

Inactivo relicto: Movimiento en masa que claramente ocurrió bajo condiciones geomórficas o climáticas diferentes a las actuales, posiblemente hace miles de años (Cruden y Varnes, 1996).

Inundación fluvial: La inundación fluvial se define como el terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una creciente. Las causas principales de las inundaciones son las precipitaciones intensas, las terrazas bajas, la dinámica fluvial y, en algunos casos, la deforestación.

Inundación pluvial: Se originan por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Se genera tras un régimen de lluvias intensas persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Licuefacción: Pérdida de la resistencia al corte de un suelo debido a un incremento rápido de la presión de poros del agua. El caso más común se presenta cuando ocurre un sismo en suelos granulares finos saturados con baja densidad relativa. Sin.: licuación.

Lutita: Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

Movimiento complejo: Tipo de movimiento en masa que involucra una combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo del movimiento (Varnes, 1978). Los más comunes son: deslizamiento-flujo, derrumbe-flujo, deslizamiento-caída de rocas, deslizamiento-flujo, deslizamiento-reptación, entre otros.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Proluvial: Complejo sedimento deltaico friable de material fragmental, acumulado al pie de una pendiente como resultado de una ocasional avenida torrencial.

Propagación lateral: Expansión de una masa de roca o suelo cohesivo, combinada con una subsidencia general de la masa fracturada de material. Sin.: extensión lateral, expansión lateral.

Reactivado: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

Reptación de suelos: Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

Runup: Desplazamiento hacia arriba del pie de un deslizamiento que ocurre cuando la masa de este pega contra una ladera opuesta a la zona de arranque.

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Suelo residual: Suelo derivado de la meteorización o descomposición de la roca in situ. No ha sido transportado de su localización original, también llamado suelo tropical.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, 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.

Suspendido: Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

Talud: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

Velocidad: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

Vuelco: Movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia delante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978).

Zona crítica: Zona o área con peligros potenciales de acuerdo con la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para el análisis geológico se tomó como referencia el mapa geológico del cuadrángulo de Pausa 31-p. Pecho, V. (1983); Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pausa (31-p) Martínez & Cervantes (2003). Se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo, para definir unidades cuaternarias.

3.1. Unidades litoestratigráficas

3.1.1. Pórfido andesítico (PN-3-pand).

Aflora al norte y este del Anexo Vilcar, (Mapa N° 1). Está conformado por un intrusivo que presenta rocas de color gris claro, de texturas porfíricas, con fenocristales de cuarzo y plagioclasa. La roca se encuentra entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

3.1.2. Formación Lampa (NQ-la-so/ig).

Aflora al sur del anexo Vilcar, son lavas de composición riolítica. Estas contienen cristales de plagioclasas, cuarzo y biotita, envueltos en una matriz compuesta por vidrio, arcillas y feldespatos con presencia de líticos de tamaño lapilli. Las rocas se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

3.1.3. Formación Pausa (Q-pa)

Se expone al sureste del anexo Vilcar, litológicamente está compuesto por secuencias intercaladas de niveles de tobas de 0,01 m a 1 m, con materiales volcánicos lapilli, niveles de pómez (delgados) y bombas, formando niveles de conglomerados gris claros que predominan en la formación. Depósito no consolidado.

3.1.4. Depósito proluvial (Qh-pl)

Depósito constituido por fragmentos heterométricos, de formas angulosas y subangulosas y de naturaleza intrusiva, dispuestos en forma caótica, inmersos en matriz areno limosa. Son depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvia, provienen de flujos de detritos (huaicos), conformados por fragmentos rocosos y lodo. Se presentan a manera de conos en la desembocadura de la quebrada Vilcar, se encuentran no consolidado.

3.1.5. Depósito fluvial (Qh-fl).

Son depósitos dejados por los cursos de agua, conformados por fragmentos de litología diversa, con bloques y gravas redondeados en matriz arenosa, producto del transporte desde las partes altas. Afloran en el cauce del río Marcabamba y se encuentran no consolidados.

3.1.6. Depósito aluvial y aluvial 1 (Qh-al y Qh-al1)

Son depósitos constituidos por gravas, arenas y limos, se encuentra dispuesto en terrazas. Se encuentran no consolidados.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

En el anexo Vilcar los terrenos presentan pendientes que, varían de moderado a fuertemente inclinado. Las terrazas presentan de 10° - 25°, las laderas van de fuertes a muy fuerte (25°-45°), y en la parte alta de los cerros y en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados (> 45°), (figuras 8). Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 20 cm, a partir fotogrametría con dron, (noviembre 2024). Anexo 1, mapa 4.

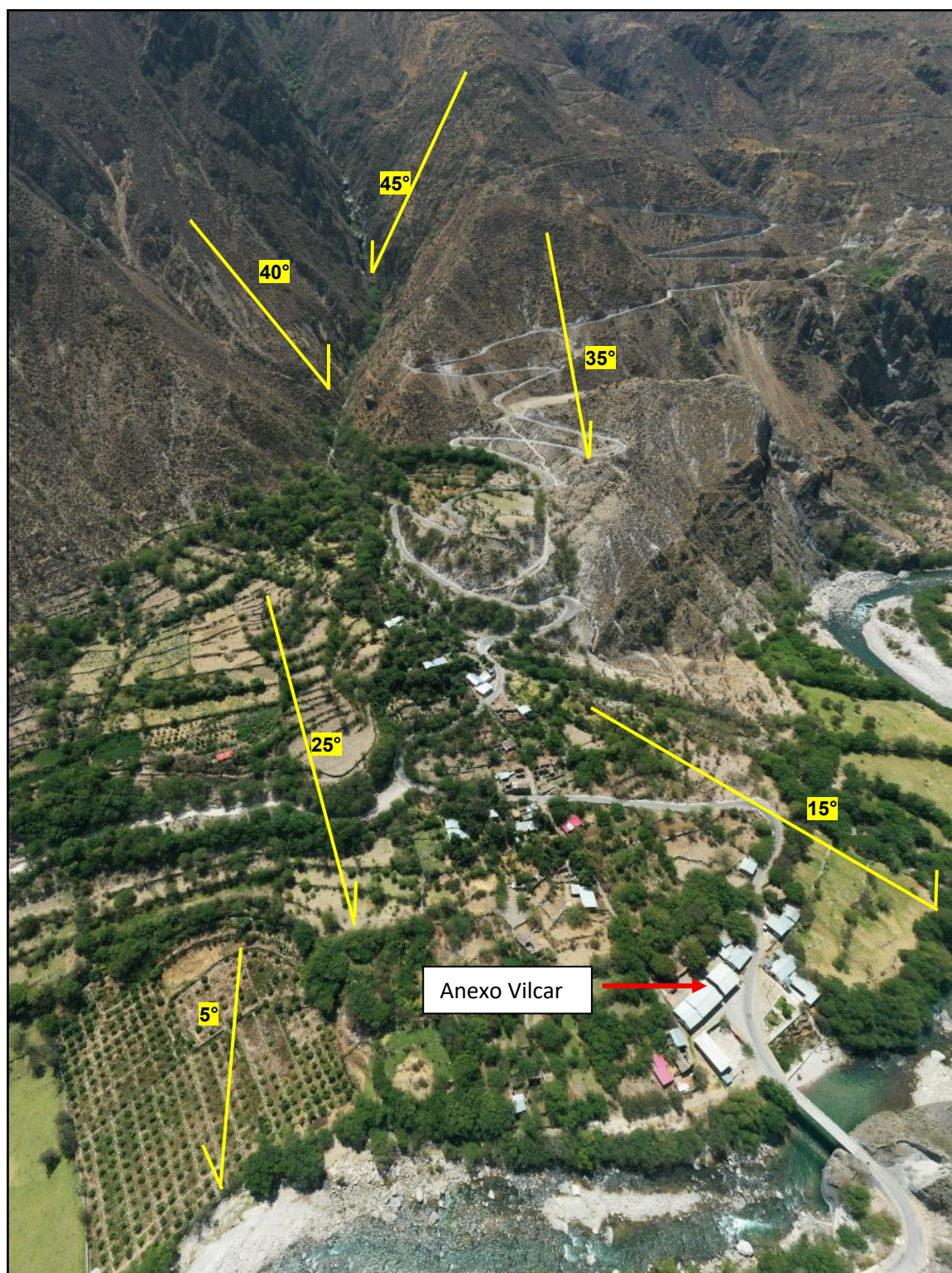


Figura 5. El texto de color amarillo muestra las distintas pendientes en el anexo Vilcar

Tabla 1. Clasificación de pendientes del terreno.

Rangos de pendientes del terreno (°)	CLASIFICACIÓN
<1	Llano
1 – 5	Suavemente inclinado

5 – 15	Moderado
15 – 25	Fuerte
25 – 45	Muy fuerte ha escapado
>45	Muy escarpado

4.2. Unidades Geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet (escala 1:200.000).

La evolución del relieve en el área evaluada se presenta en el (Anexo 1, mapa 2).

4.2.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y denudacional

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

Unidad de Montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub-aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

Montaña en roca intrusiva (RM-ri): Se encuentran conformando elevaciones alargadas con pendiente mayor a 45°, desarrolladas en rocas intrusiva, las cuales se encuentran moderadamente alteradas y medianamente fracturadas. Se exponen en la parte alta del anexo Vilcar. Esta unidad es susceptible a generar caída de rocas, derrumbes y avalancha de detritos.

Montaña en roca volcánica (RM-rv): Unidad geomorfológica con pendientes de 25° a 35°, conformada por afloramientos de derrames lávicos andesíticos. Estas montañas pueden alcanzar elevaciones de hasta 3700 m s.n.m. con cimas uniformes. Susceptibles a derrumbes y procesos de caída de rocas.

Montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs): Este relieve presenta crestas altas e irregulares, con terrenos de pendientes que superaran 30° y elevaciones que alcanzan los 3800 m s.n.m. Se identificó esta geoforma en la margen izquierda del valle de Marcabamaba. Es susceptible a generar deslizamientos.

4.2.2. Unidades de carácter depositacional o agradacional

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

Unidad de Piedemonte

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las unidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): 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 las laderas. El área agrícola del anexo Vilcar, está ubicada sobre esta subunidad geomorfológica. Es susceptible a genera deslizamientos.

Terraza indiferenciada (Ti): Superficies llanas, remanentes de anteriores niveles de sedimentación, ubicadas por encima del nivel máximo de las aguas de un río Marcabamba.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Se encuentra al pie de estribaciones andinas o sistemas montañosos; presentan terrenos con pendientes comprendidas entre 10° y 15°. Está formado por la acumulación producto de corrientes de agua. Se ubica en el cauce de la quebrada Vilcar.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

5.1. 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 cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

5.1.1 Flujo de detritos (huaico)

El anexo de Vilcar está ubicado en la margen izquierda del valle de Marcabamba – Lampa, al pie de montañas, donde desciende la quebrada del mismo nombre; la cual posee una longitud de cauce principal medido desde el punto de concentración más alejado, hasta su desembocadura en el río Marcabamba, de 7.6 km. La cuenca tiene una cota máxima de nacimiento de 4729 m s.n.m., una cota de confluencia con el río Marcabamba es de 2260 m s.n.m.; es decir posee un desnivel de 2469 m.

El 24 de enero del 2024, por las lluvias intensas que se generaron en la parte alta del anexo Vilcar, se originaron flujos de detritos (huaicos) y riadas

(activación de quebrada), que descendieron por el cauce de la quebrada del mismo nombre.

En la parte media de la cuenca se identificaron laderas con pendientes muy fuertes a escarpadas, en las cuales se aprecia caída de rocas, derrumbes y pequeñas avalanchas de detritos. Cuyos materiales se depositan en el fondo del cauce de la quebrada.



Figura 6. Procesos de movimientos en masa en la quebrada Vilcar.

En el punto con coordenada 679427, 8325975 UTM, se identificó procesos de erosión fluvial. Zona donde en la parte superior cruza la principal vía asfaltada que comunica Pausa con Cotahuasi. Si el proceso de erosión continua, el asfaltado de la pista podría caer. En la zona se debe cambiar el trazo de la vía.



Figura 7. Procesos de erosión fluvial en la quebrada Vilcar.

En el cauce de la quebrada Vilcar, también se han encontrado depósitos de flujos de detritos antiguos. estos se encuentran no consolidados, y están conformados por bloques 35 %, gravas 40%, dentro de una matriz areno limoso 25 %.

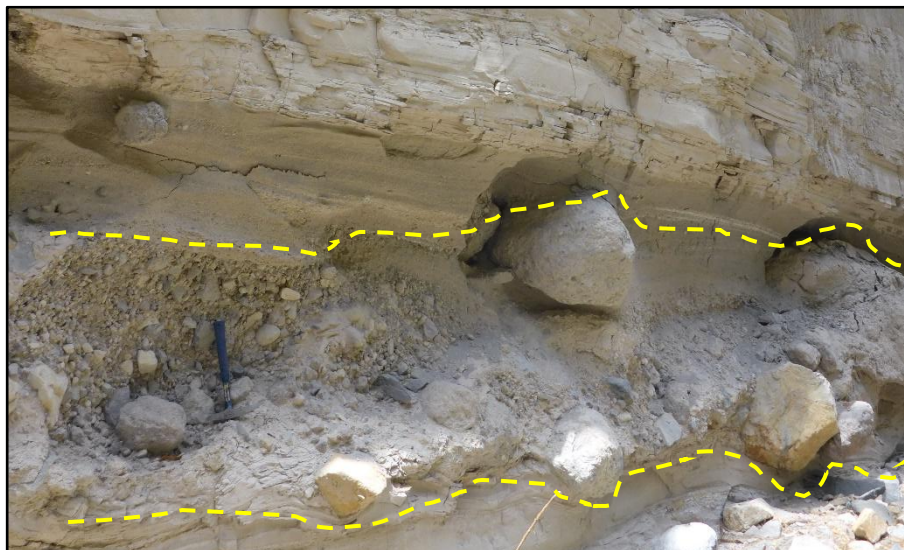


Figura 8. Depósitos de flujos de detritos (hualco) antiguos.



Figura 9. Depósitos de flujos de detritos (huaico) antiguo.

5.2. Factores condicionantes

- Tobas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Lampa; secuencias intercaladas de arenas tobáceas poco consolidadas pertenecientes a la Formación Pausa. Además de depósitos proluviales y coluviales, que se encuentran poco consolidados, fácilmente removibles por lluvias al saturarse.
- Laderas con pendientes moderadas a fuertemente inclinadas, en los terrenos de cultivo (10° - 25°), en la parte baja y media es muy fuerte (25° - 45°), en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados ($> 45^{\circ}$). Esto permite que el material suelto que se encuentra en la ladera se desplace cuesta abajo con facilidad.
- Presencia de vertientes o piedemontes coluvio-deluvial y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, que evidencian actividad en el pasado.

5.3. Factores desencadenantes

- Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el período de lluvia en la sierra de Perú se da entre los meses de diciembre a abril), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material inestable en la ladera, provocando que el cauce se colmate. Material disponible para la generación de flujos de detritos (huaicos). Según la estación Lampa del (Senamhi), en la zona, históricamente se presentaron precipitaciones de hasta 40 mm/día.

CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica y geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

1. En el área de estudio aflora un pórfido andesítico, con fenocristales de cuarzo y plagioclasa, moderado a altamente meteorizado y medianamente fracturado. Además, lavas de composición riolítica, moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas (Formación Lampa). Secuencias intercaladas de arenas tobáceas poco consolidada de la (Formación Pausa) y depósitos cuaternarios, como proluviales, fluviales y aluviales, los cuales se encuentran poco consolidados.
2. El relieve montañoso en el área de estudio está desarrollado en: rocas intrusivas, con laderas de pendiente de hasta 45°; en roca volcánica y volcánico-sedimentaria, con pendiente de 25° a 35° y hasta 30° respectivamente. Sobre el substrato rocoso; se encuentran vertientes con piedemonte coluvio-deluviales; piedemontes aluvio-torrencial, con pendientes de 10° a 15°; constituyendo material inestable dispuesto en las laderas fácilmente removible cuesta abajo. Y terraza indiferenciada con pendientes de 2° a 15°, donde se deposita el material.
3. Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos son: **a)** presencia de tobas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Lampa; secuencias intercaladas de tobas poco consolidadas pertenecientes a la Formación Pausa. Además de depósitos proluviales, fluviales y coluviales, que se encuentran poco consolidados **b)** pendientes que varían de moderado a fuertemente inclinado (10° - 25°), en la parte baja y media es muy fuerte (25°-45°), **c)** unidades geomorfológicas de montaña en roca volcánica; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.
4. En el anexo Vilcar se identificó depósitos antiguos de flujos de detritos (huaico). El factor detonante de este tipo de procesos son las lluvias excepcionales y/o prolongadas.
5. Con base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el anexo Vilcar, es considerado de **PELIGRO MEDIO**, frente a movimientos en masa de tipo flujo de detritos (huaico).

RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados al deslizamiento y los derrumbes. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

1. Elaborar un plan de contingencia y de evacuación, frente a la ocurrencia de flujos de detritos. En base a este plan, identificar las rutas de evacuación y sitios de refugio, así como organizar simulacros de evacuación.
2. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas educativas, con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar construcción de viviendas o infraestructura en cauce de quebrada (área susceptible a ocurrencia de huaicos).
3. Realizar un estudio de evaluación de riesgos (EVAR), a cargo de evaluadores de riesgos acreditado por CENEPRED.
4. Finalmente, las autoridades competentes deben implementar ordenanzas, para prohibir:
 - La construcción de viviendas en zonas de alto riesgo por flujo de detritos (huaico).
 - La ocupación de las fajas marginales o el límite natural de un río o quebrada.
 - La expansión urbana hacia los cauces de las quebradas y ríos.



Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS



Ing. BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

Martínez. W & Cervantes J.; (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pausa (31-p).

Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de pausa (31-p)
Martínez William y Cervantes John (2003).

Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019) - Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 70,245 p.

Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072

Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.

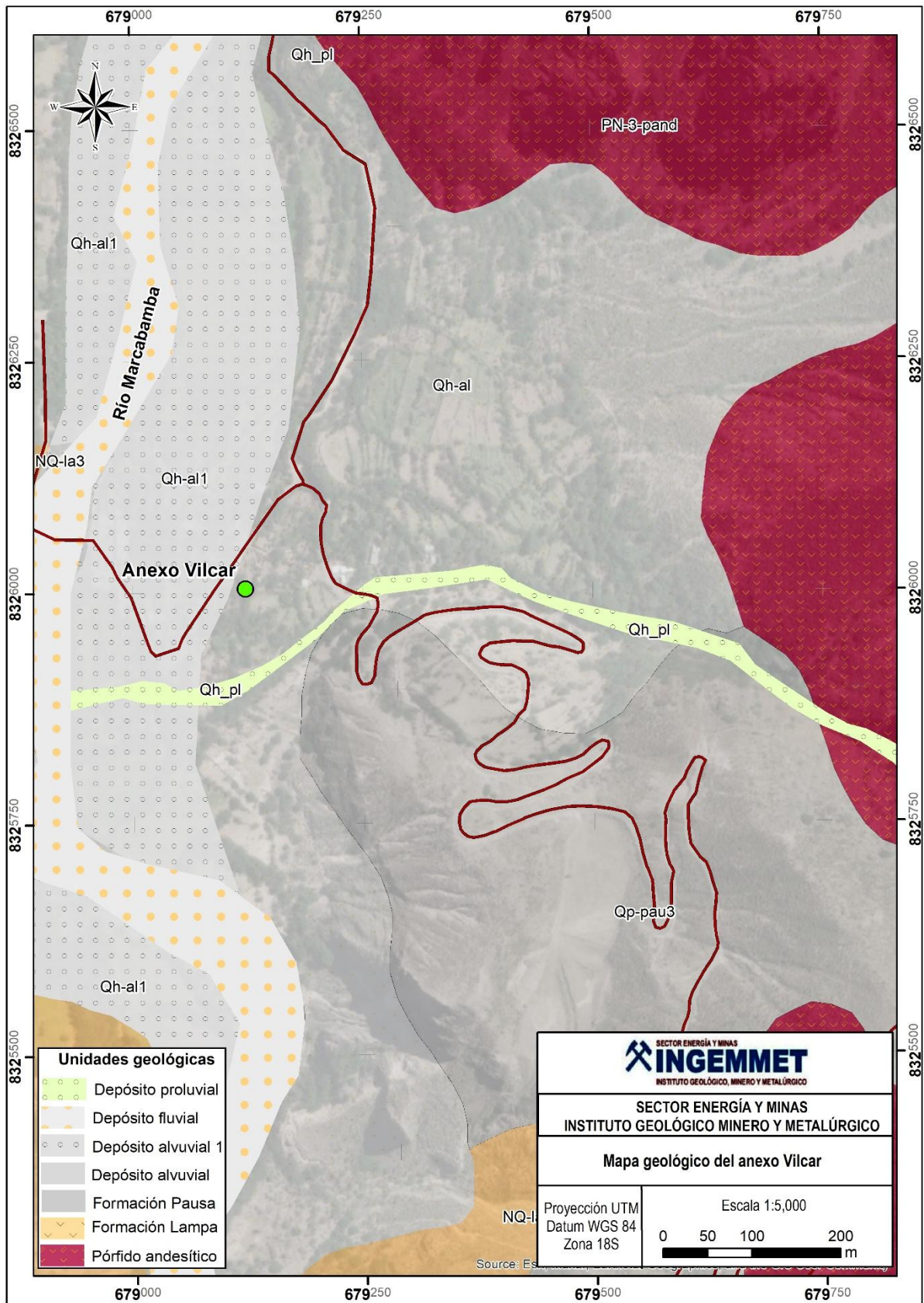
Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.

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

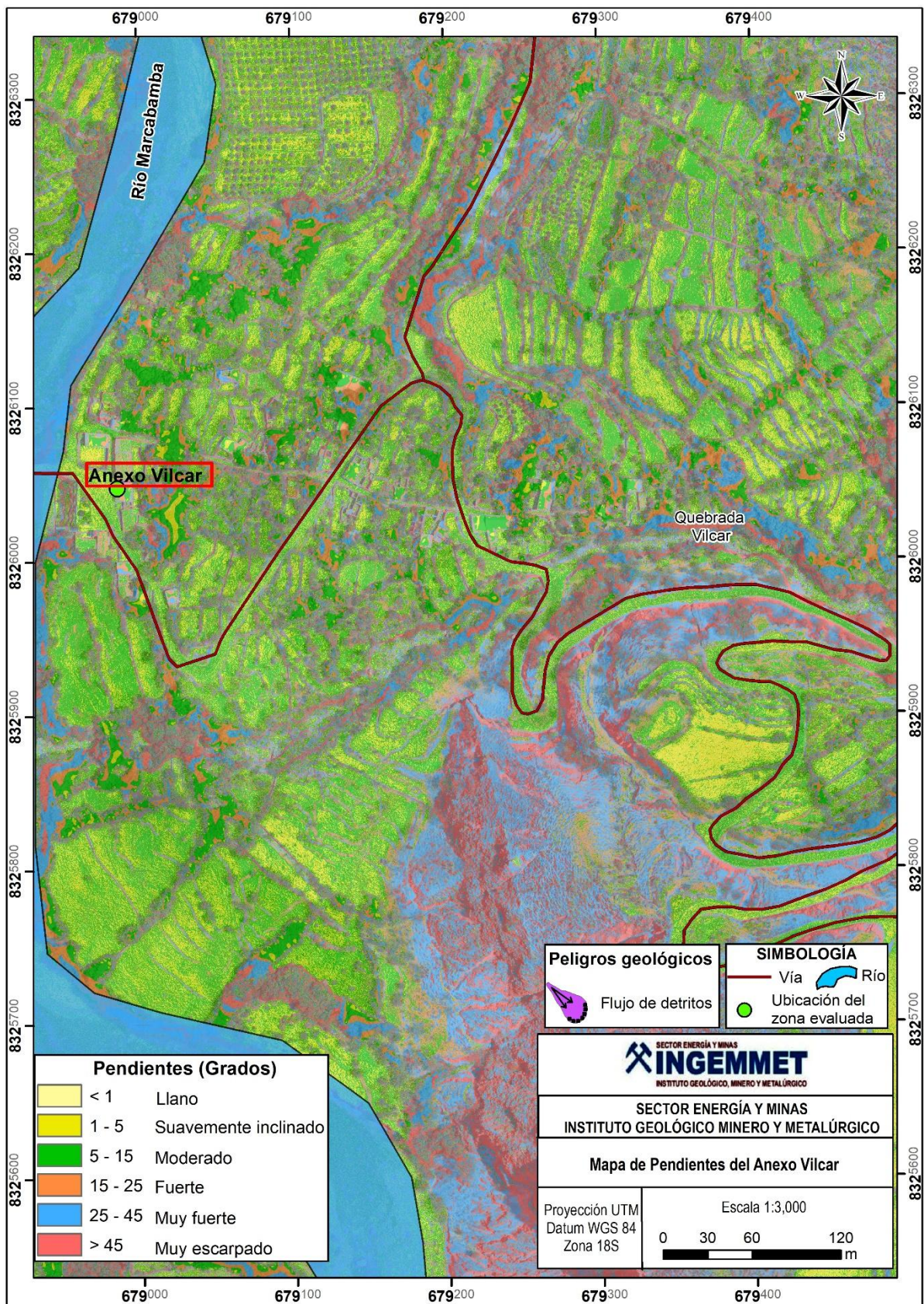
Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33

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

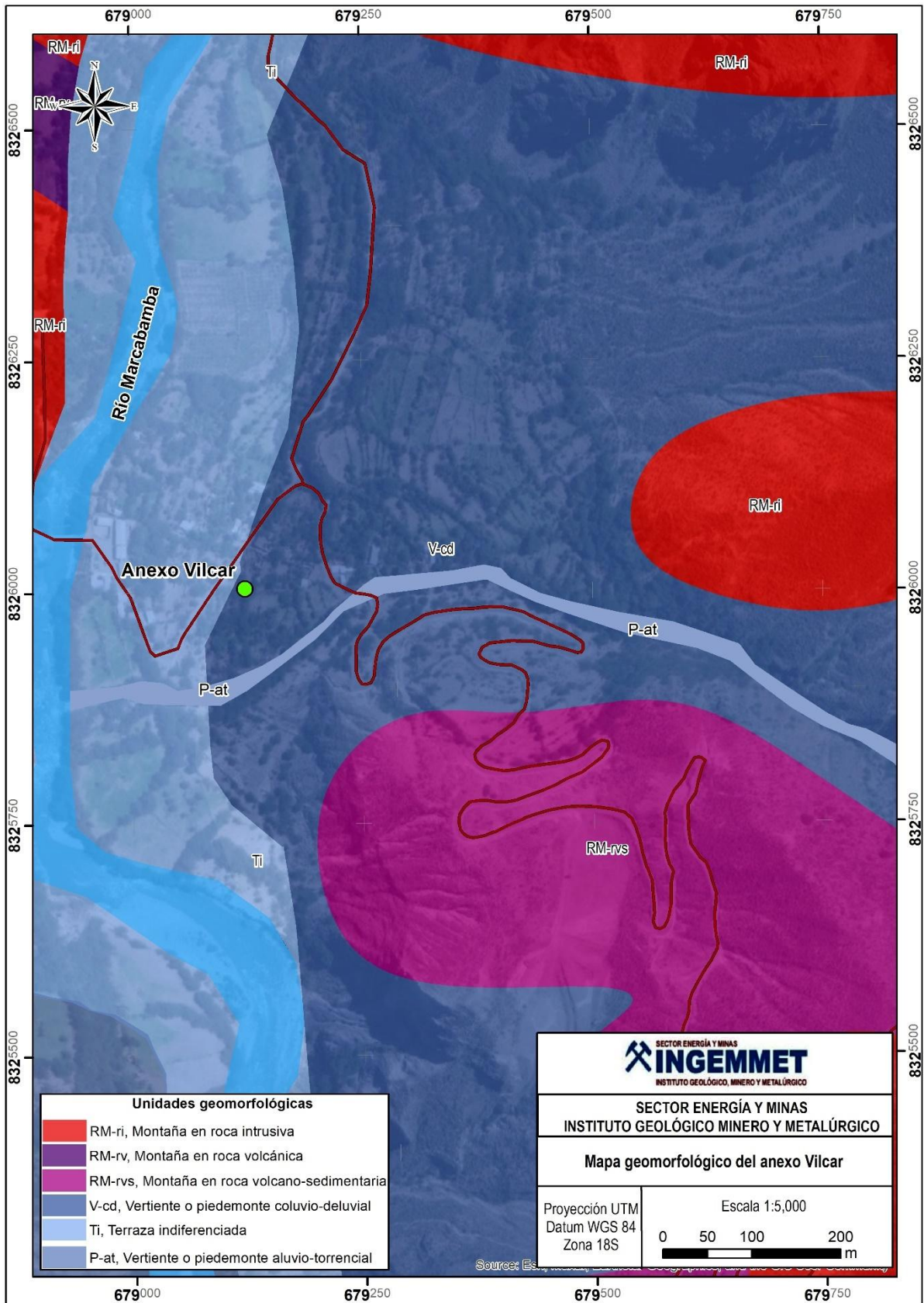
ANEXO 1 MAPAS



Mapa N°1. Mapa geológico del anexo Vilcar. Tomado y modificado del mapa geológico del cuadrángulo Pausa 31-p. Pecho Gutiérrez, Víctor (1983)



Mapa N°2. Mapa de pendientes del anexo Vilcar, elaborado a partir de un modelo digital de elevaciones (DEM) de 50 cm de resolución. Elaboración propia.



Mapa N°3. Mapa geomorfológico del anexo Vilcar. Tomado del mapa geomorfológico a escala 1:200,000 del Ingemmet.

