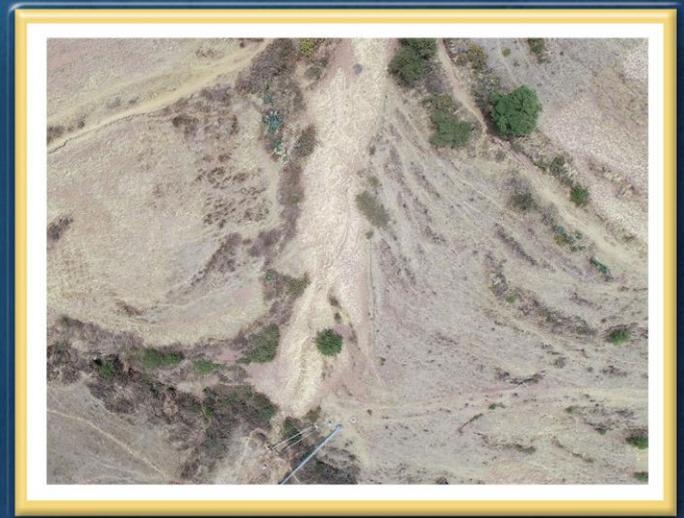


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7388

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR YANACHACALLA CHILLCA HUAYCCO, CENTRO POBLADO DE HERMANOS AYAR

Departamento Cusco
Provincia Paruro
Distrito Paccaritambo



MAYO
2023

**Evaluación de Peligros Geológicos por movimientos en masa en el sector
Yanachaccalla Chillca Huaycco, centro poblado de Hermanos Ayar**

Distrito Paccaritambo, provincia Paruro, departamento Cusco

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 (2023). *Evaluación de Peligros Geológicos por movimientos en masa en el sector Yanachaccalla Chillca Huaycco, centro poblado de Hermanos Ayar*. Distrito Paccaritambo, provincia Paruro, departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7388, 27 p.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.2. Aspectos generales.....	6
1.2.1. Ubicación.....	6
1.2.2. Población.....	8
1.2.3. Accesibilidad.....	8
1.2.4. Clima.....	8
1.3. Unidades litoestratigráficas	11
1.3.1. Formación Paccaritambo	11
1.3.2. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd).....	12
1.3.3. Depósitos proluviales (Q-pro)	13
2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
2.1. Pendientes del terreno.....	14
2.2. Unidades geomorfológicas.....	14
2.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	14
2.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	15
3. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	16
3.1. Caracterización del Peligros por Movimientos en Masa.....	16
3.2. Factores condicionantes y desencadenantes.....	20
3.2.1. Factores condicionantes.....	20
3.2.2. Factores desencadenantes.....	20
4. CONCLUSIONES.....	21
5. RECOMENDACIONES	22
6. BIBLIOGRAFÍA.....	23

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Yanachacalla Chillca Huaycco, centro poblado de Hermanos Ayar, distrito Paccaritambo, provincia Paruro, departamento Cusco, geográficamente situados al noreste de la quebrada Chillca Huaycco, centro poblado de Paccaritambo.

Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet cumple con la función de brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada y confiable en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno.

En el área de estudio afloran conglomerados que se encuentran ligeramente a altamente meteorizada (Formación Paccaritambo); además se tienen depósitos inconsolidado coluvio-deluviales y proluviales, acumulados en ambas márgenes y lecho, respectivamente, de la quebrada del sector Yanachacalla Chillca Huaycco.

Las unidades geomorfológicas del área de estudio, conforman montañas estructurales en roca sedimentaria y vertientes de deslizamiento dispuestas sobre pendientes que varían de fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° a 45°) y vertientes coluvio-deluviales y proluviales a lo largo de misma pendiente. Estas características asociadas a la geología, determinan el área como de **susceptibilidad alta** a la ocurrencia de movimientos en masa.

Los peligros geológicos identificados en el sector Yanachacalla Chillca Huaycco, corresponden movimientos en masa, tipo movimiento complejo, derrumbes y flujos de tierra, cuya reactivación más reciente, enero de 2021, destruyó 235 m² de terrenos de cultivos de cebada y dejó expuesto 1 m de tubería de agua potable que abastece a 68 familias de la comunidad Hermanos Ayar. La continuidad y reactivación del evento puede destruir definitivamente la tubería de agua potable en 15 m, camino de herradura o tramo de la tubería subterránea de irrigación en 12 m, que abastece 20 a 30 familias. Por lo tanto, se considera de **Peligro Medio a Alto**.

La quebrada Yanachacalla Chillca Huaycco fue afectada por un movimiento complejo tipo derrumbe – flujo con longitud de 105 m y ancho promedio de 8 m. Desde entonces el flanco derecho de la misma se activa con derrumbes y desprendimientos de roca.

Para este caso se recomienda cambiar la ubicación del entubado expuesto en la escarpa principal del derrumbe, identificar y drenar los ojos de agua que surgen en la parte alta de derrumbes, prohibir el uso del terreno de cultivo en el área afectada y prohibir el riego por gravedad en áreas aledañas al sector Yanachacalla Chillca Huaycco.

El presente informe se pone a disposición de las autoridades, a fin de que las conclusiones y recomendaciones sirvan como instrumento y contribuir en los planes de reducción del 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 Distrital de Paccaritambo, según oficio N° 12-2022-SG-MDP-P, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, de tipo deslizamientos, caída (derrumbes) y flujos de tierra en el sector Yanachaccalla Chillca Huaycco, cuya reactivación más reciente, suscitada fue en enero de 2021, destruyó terrenos de cebada en 200 m² y dejó expuesto la tubería de agua potable que abastece a 68 familias de la comunidad Hermanos Ayar en 1 m de.

El evento de continuar su geodinámica, puede destruir definitivamente la tubería de agua potable en 15 m, además del camino de herradura o tramo de la tubería subterránea de irrigación que abastece de 20 a 30 familias, en 12 m.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a la ingeniera Gael Araujo, realizar una evaluación técnica de peligros geológicos en el sector Yanachaccalla Chillca Huaycco.

La evaluación técnica se basó en etapas de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET, etapas de campo a través de la observación, toma de datos de campo (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada, y la etapa final de gabinete a través del procesamiento de información terrestre y aérea, fotointerpretación de imágenes satelitales, elaboración de mapas/figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital Paccaritambo e instituciones técnico normativas del SINAGERD (INDECI y 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) Identificar, tipificar, cartografiar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que ocurren en el sector Yanachaccalla Chillca Huaycco
- b) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan a la formulación de planes de prevención y/o mitigación del riesgo de desastre por movimientos en masa.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

- A) En el boletín N°74, serie C: Peligros Geológicos en la región Cusco (Vílchez et al., 2020) se ha elaborado un mapa de susceptibilidad regional a escala 1:250 000, en la cual se muestra la descripción de los niveles de susceptibilidad y pendientes de los peligros geológicos frente a movimientos en masa en el Cusco. Teniendo en el sector Yanachaccalla Chillca Huaycco niveles de susceptibilidad baja a la ocurrencia de movimientos en masa. Sin embargo, los trabajos de campo y el cartografiado a detalle del sector describen niveles de susceptibilidad entre moderado a alto.
- B) El boletín N°138, serie A, Carta Geológica Nacional: Geología del cuadrángulo de Cusco (28-s) (Carlotto et al. 2011) menciona la geología del sector; y el boletín N°74, serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica: Peligro geológico en la región Cusco (Vílchez et al. 2020), describe las unidades litológicas y depósitos no consolidados presentes en la zona evaluada.

1.2.Aspectos generales

1.2.1. Ubicación

El sector Yanachaccalla Chillca Huaycco, geográficamente se ubica en el flanco izquierdo de la quebrada Chillca Huaycco. Políticamente al noreste del centro poblado de Paccaritambo, distrito del mismo nombre, provincia Paruro y departamento Cusco, en las coordenadas UTM WGS84 y geográficas mostradas en la tabla 1 y figura 1.

Tabla 1. Coordenadas UTM y geográficas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 19L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	181167	8478209	-13.74785°	-71.94806°
2	181143	8478290	-13.74711°	-71.94827°
3	181306	8478276	-13.74726°	-71.94676°
4	181287	8478334	-13.74673°	-71.94693°
COORDENADA REPRESENTATIVA				
C	181234	8478271	-13.74730°	-71.94743°

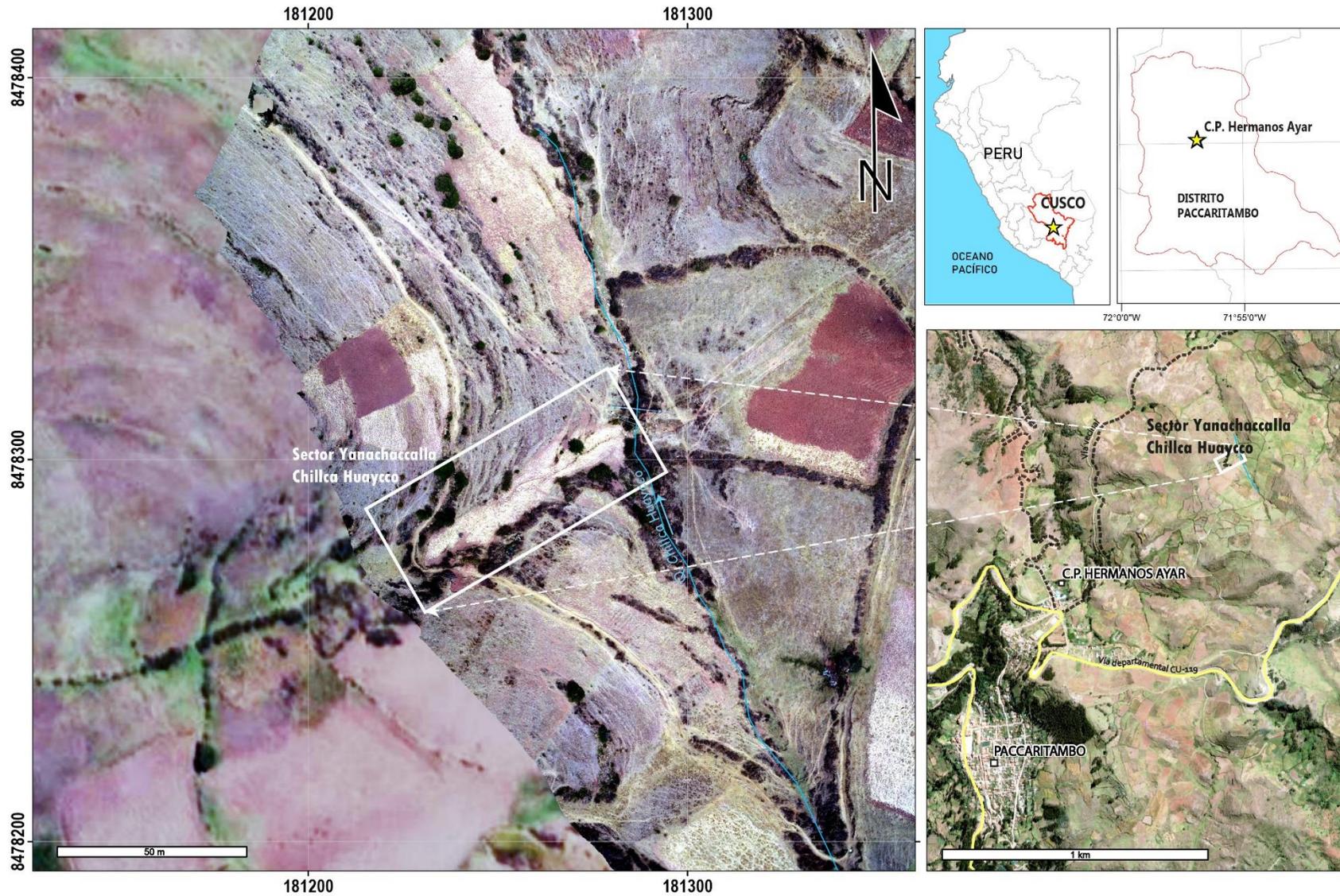


Figura 1. Ubicación del sector Yanachaccalla Chillca Huaycco

1.2.2. Población

La comunidad de Hermanos Ayar está conformada por 68 familias. El sector de estudio, Yanachacalla Chillca Huaycco, es parte de esta comunidad.

1.2.3. Accesibilidad

Partiendo de la ciudad del Cusco, pasa por el malecón de Huancaro mediante la carretera 'CU-117' (en ruta Cusco – Yaurisque), siguiendo por las carreteras CU-117 y CU-119 en dirección al C.P. Paccaritambo, 10 minutos antes de llegar al mismo se continua por un camino de trocha a lo largo de 900 m hasta llegar a la parte alta o punto 1 del sector Yanachacalla Chillca Huaycco (figura 2 y cuadro 1).

Cuadro 1. Rutas de acceso al área de inspección

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Yaurisque	Carretera CU -117	32.8	50 min
Yaurisque – ruta a Paccaritambo	Carretera CU-117 y CU-119	24	37 min
Paccaritambo – Comunidad Hermanos Ayar - Sector Yanachacalla Chillca Huaycco	Camino de trocha	0.9	5 min

1.2.4. Clima

- Temperaturas y precipitaciones

Según el Mapa climático Nacional del SENAMHI (2020), el C.P. Paccaritambo y sus alrededores posee un clima lluvioso frío con otoño e invierno secos (B (o,i) C') (figura 2).

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 9°C a 19°C y temperaturas mínimas de -3°C a 3°C. Además, los acumulados anuales de precipitación de pueden variar desde los 500 mm hasta los 1200 mm aproximadamente.

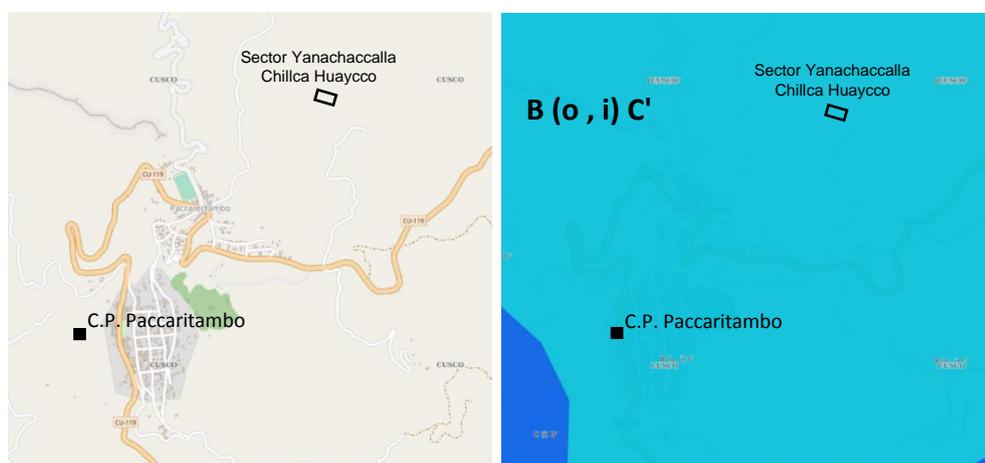


Figura 2. Ubicación del área de estudio

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 - Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.
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.
TIPOS DE ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO EN MASA	<p>REACTIVADO: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo</p> <p>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).</p> <p>INACTIVO LATENTE: Movimientos en masa aparentemente inactivo o sin movimiento, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).</p>

CAÍDA	<p>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.</p> <p>DERRUMBE: Un tipo de caída, 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.</p>
DESLIZAMIENTO	<p>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). (Cruden y Varnes, 1996).</p>
FLUJOS	<p>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).</p> <p>FLUJOS 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.</p>
ESCARPE	<p>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.</p>
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD	<p>Este mapa muestra las áreas propensas a movimientos en masa (deslizamientos, huaicos, caída de rocas, etc.) en el territorio nacional. A menor escala junto con el mapa de peligros determinan las zonas críticas ante peligros geológicos. Se cuenta también con mapas regionales y por cuencas.</p>
SISMOS	<p>Los sismos son movimientos que se producen al interior de la tierra y liberan energía de manera violenta, se originan por: i) el contacto de placas tectónicas, por ejemplo, de las Placas de Nazca y Sudamericana; y ii) la deformación de la corteza en el interior del continente que da origen a las fallas activas.</p>

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.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

El boletín N°138, serie A, Geología del cuadrángulo de Cusco (28-s), el mapa regional a escala 1:50 000 (Carlotto et al. 2011) y el boletín N°74, serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica: Peligro geológico en la región Cusco (Vílchez et al. 2020), describen las unidades geológicas y depósitos no consolidados que afloran en el sector Yanachaccalla Chillca Huaycco, así como sedimentarias de la Formación Paccaritambo, y depósitos inconsolidado de origen coluvio-deluvial y proluvial (Anexo – Mapa 1).

1.3.Unidades litoestratigráficas

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

1.3.1. Formación Paccaritambo

La Formación Paccaritambo es puesta en evidencia en la cartografía actualizada del cuadrángulo de Cusco. Esta unidad aflora cerca y sobre el sistema de fallas Huanquite-Accha, todo en el distrito de Paccaritambo y alrededores (Carlotto V. et al. 2011).

Está compuesta por conglomerados y areniscas de grano que varían de grueso a fino con fragmentos de líticos, cuarzo y feldespatos (Carlotto V. et al. 2011). El sector Yanachaccalla Chillca Huaycco muestra conglomerados con fragmentos de roca de origen intrusivos, volcánicas y calizas (fotografía 1) con diámetros comprendidos entre 3 cm a 30 cm.



Fotografía 1. Conglomerados de la Formación Paccaritambo, en las coordenadas geográficas Longitud: -71.947139; Latitud: -13.747102; Altura: 3683 m s.n.m.

1.3.2. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

Se encuentran conformados por bloques rocosos heterométricos de naturaleza intrusiva, volcánica y sedimentaria con longitudes que varían entre 5 cm a 7 cm, envueltos en matriz limo-arcillosa (figura 3), dispuestas a lo largo de pendientes muy fuertes (25° a 45°) a abruptas ($> 45^\circ$) (Anexo - Mapas 1 y 2). Sus bloques son subredondeados a redondeados. Mientras que su matriz no tiene cohesión. En el sector Yanachaccalla Chillca Huaycco estos depósitos fueron movilizados por deslizamientos antiguos, sus reactivaciones y derrumbes recientes (figura 3).

Los principales agentes formadores de los depósitos coluvio-deluviales son el intemperismo, la gravedad, movimientos sísmicos, precipitaciones intensas y reactivación / ocurrencia de movimientos en masa antiguos o recientes

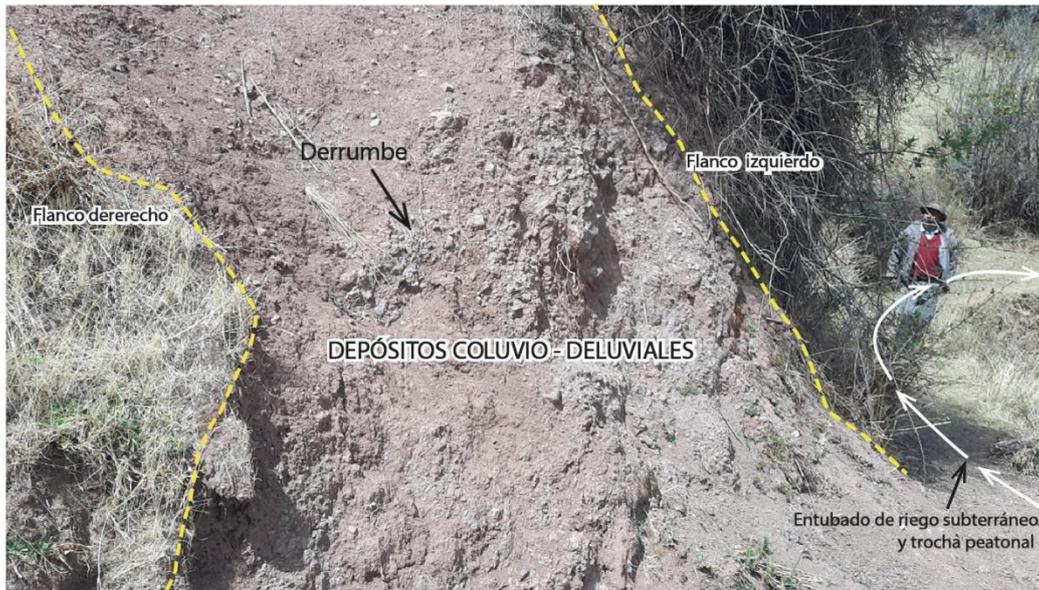


Figura 3. Vista de depósitos coluvio-deluviales producto de la reactivación de un derrumbe, en el tramo de la trocha carrozable del sector Yanachacalla Chillca Huaycco. Coordenadas geográficas: Longitud: -71.94735; Latitud: -13.747284; Altura: 3707 m s . n.m.

1.3.3. Depósitos proluviales (Q-pro)

Este depósito cobertura una depresión ubicada entre dos geoformas de montañas de conglomerados (quebrada) en el sector Yanachacalla Chillca Huaycco. Se observó la mezcla de fragmentos heterométricos y heterogéneos de origen intrusivo, volcánico y sedimentario en un 20%, envueltos en una matriz de tipo arenoso, limoso y arcilloso en un 80%.

Los depósitos proluviales fueron transportados como flujos de tierra a lo largo de la quebrada rellena Yanachacalla Chillca Huaycco hasta su desembocadura (quebrada Chillca Huaycco) (figura 4).



Figura 4. Depósitos proluviales en la geoforma de quebrada Yanachacalla Chillca Huaycco.

2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

2.1. Pendientes del terreno

Las pendientes del sector Yanachacalla Chillca Huaycco son determinadas por el modelo de elevación obtenido del sobrevuelo dron (1 metro de resolución), tomado el 02 de diciembre de 2023.

Las pendientes varían de fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°) (Anexo – Mapa 2).

La descripción de la clasificación de pendientes de la figura 4, se da en el cuadro 3:

Cuadro 3. Descripción de pendientes. Fuente: Modificado de Vílchez et al, 2020

PENDIENTES	DESCRIPCIÓN
Media	Conforman relieves inclinados, sus laderas presentan una susceptibilidad media a los movimientos en masa. Los caminos de herradura o llanuras tienen estas pendientes y se ubican cortando o adyacentes a la zona de estudio en un 5%.
Fuerte	Conforman relieves inclinados, se les considera altamente susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa. Más del 40% del sector Yanachacalla Chillca Huaycco está formada por relieves de fuerte pendiente (15° a 25°).
Muy fuerte	Caracterizado por presentar muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa. 30% del área de estudio está formada por relieves de muy fuerte pendiente (25° a 45°).
Abrupto/ Muy Escarpado	Son zonas abruptas. La ocurrencia de peligros dependerá de las condiciones intrínsecas de la roca (grado de fracturamiento y orientación, estratificación, etc.), la presencia de suelo y de los detonantes (lluvia, sismos).

2.2. Unidades geomorfológicas

El mapa geomorfológico a escala 1:500 000 del boletín N° 74: Peligros Geológicos en la Región Cusco y la fotointerpretación de imágenes satelitales, permite cartografiar e identificar en el sector de Yanachacalla Chillca Huaycco, geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña estructural en roca sedimentaria) y geoformas de carácter deposicional (vertiente coluvio-deluvial y vertiente proluvial) (anexo - mapa 3)

2.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por geoformas montañosas con pendientes de fuertes a muy fuertes. La erosión y degradación de su afloramiento originan geoformas de carácter deposicional, por transporte arrastre y acumulación de sedimentos.

2.2.1.1. Montañas estructurales en roca Sedimentaria (REM-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. En el área de estudio esta unidad, tienen pendientes fuertes (15° a 25°) muy fuertes (25° a 45°) (Figura 5 y Anexo – Mapa 2). Las rocas sedimentarias expuestas son conglomerados cuyo grado de alteración varía de roca fresca a altamente meteorizado.

El sector Yanachacalla Chillca Huaycco y sus alrededores forman parte de afloramientos sedimentarios cerca de fallas regionales, por lo tanto, geomorfológicamente están clasificadas como montañas estructurales en rocas sedimentarias (Figura 5).



Figura 5. Vista de montañas estructurales en roca sedimentaria en el flanco derecho del sector Yanachacalla Chillca Huaycco.

2.2.2. Geformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por relieves formados por depósito o acumulación de sedimentos en piedemontes o vertientes.

2.2.2.1. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, que se depositan en valles y montañas sedimentarias.

Los depósitos coluviales en el sector Yanachacalla Chillca Huaycco, se componen de bloques rocosos heterométricos y de naturaleza litológica heterogénea envueltos en matriz arenosa, limosa y arcillosa, están acumulados a lo largo de quebrada rellenada Yanachacalla Chillca Huaycco cuya pendiente es de fuerte a muy fuerte (Anexo – Mapa 2 y figura 5).

Los principales agentes formadores son la meteorización la gravedad, movimientos sísmicos, deslizamientos, derrumbes, etc.

Los depósitos coluviales y deluviales se encuentran mezclados y no es posible separarlos como unidades individuales (Vilchez et al. 2020).

2.2.2.2. Piedemonte proluvial (P-pro)

En el sector Yanachacalla Chillca Huaycco, esta unidad conforma quebradas de pendientes fuertes (15° a 25°) a muy fuertes (25° a 45°), en donde se han acumulado flujos de tierra (Figura 6). Están constituidos por bloques sedimentarios envueltos en una matriz limo-arcillosa.



Figura 6.: Vista de geomorfos de carácter deposicional y agradacional.

3. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

3.1. Caracterización del Peligros por Movimientos en Masa

La fotointerpretación de imágenes, el sobrevuelo con dron y el cartografiado de peligros geológicos en el sector Yanachacalla Chillca Huaycco ha permitido identificar: un movimiento complejo antiguo, tipo derrumbe - flujo con longitud de 105 m y ancho promedio de 8 m (polígono marrón de la figura 7); el 2017 se originaron par de derrumbes con longitud entre 2.5 m a 3.5 m y ancho entre 3.5 m a 5 m, en el flanco derecho de la quebrada Yanachacalla Chillca Huaycco. En evento más reciente ocurrió en enero de 2021, con la activación de un derrumbe que presenta una altura de 5 m, con longitud de escarpe 6.5 m (figura 7 y 8), producto de la surgencia de un ojo de agua en la cabecera del mismo (Figura 8B), posteriormente la masa desprendida del derrumbe y el cauce del ojo de agua reactivaron otros derrumbes a lo largo de una

longitud de 15 m y altura de 6 m en el mismo flanco (Figura 8A), generando flujos de tierra y cárcavas con ancho de 25 cm y profundidad de 0.5 a 1 m sobre una pendiente fuerte a muy fuerte (figura 8A y 8E). El flujo se desplazó por la quebrada rellenada Yanachacalla Chillca Huaycco a lo largo de 65 m (Figura 7A y 8A), hasta desembocar en la quebrada Chillca Huaycco, sin represarla.

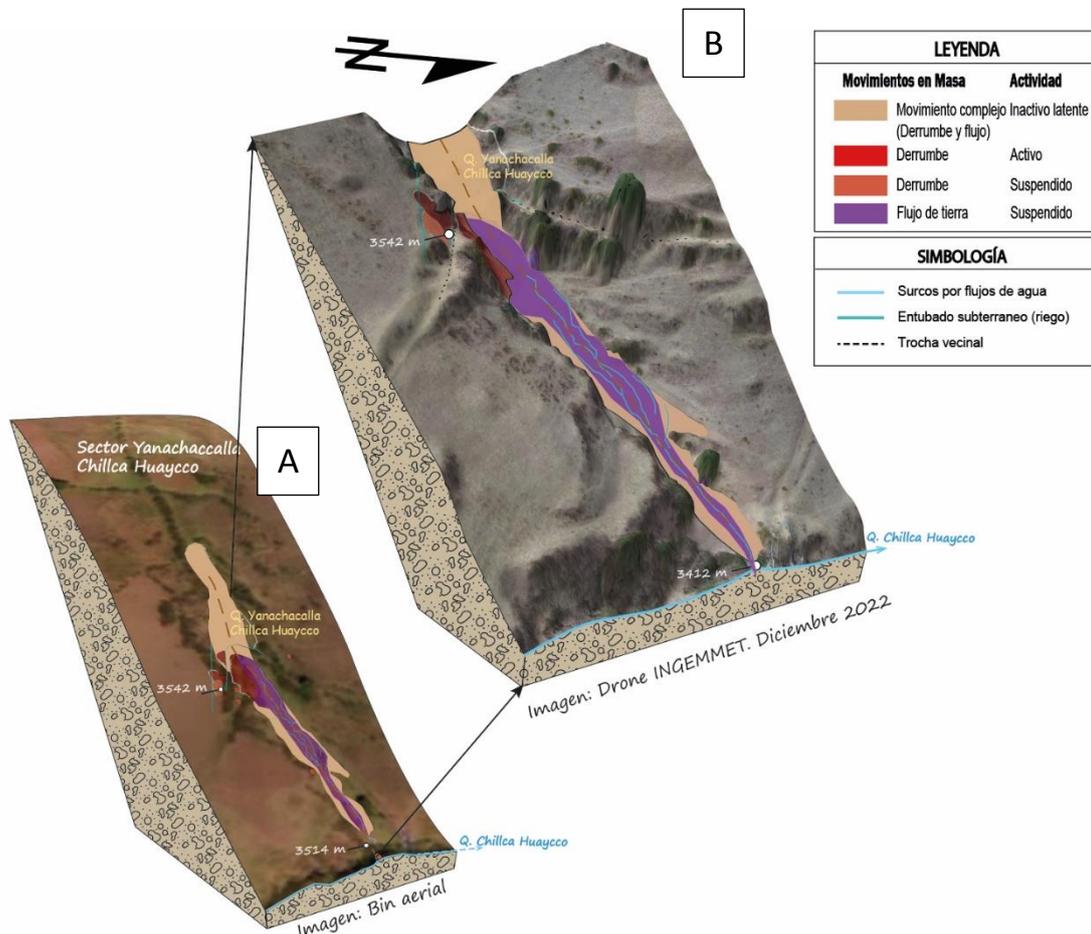


Figura 7. A. Vista del sector Yanachacalla Chillca Huaycco. B. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Yanachacalla Chillca Huaycco.

El derrumbe activo ubicado en el camino de trocha del sector Yanachacalla Chillca Huaycco (Figura 7 y 8), dejó expuesto 1 m de tubería de agua potable (Figura 8B, 8D y 8E) la cual abastece a 68 familias de la comunidad Hermanos Ayar. Y el flujo de tierra posterior a los derrumbes destruyó terrenos de cultivo de cebada en 35 m² (Figura 8D).

La parte alta de los derrumbes desencadenados el 2017 y enero de 2021 son terrenos de cultivo de papa, cebada y trigo (Figura 8A).

Es importante mencionar que cerca de la intersección entre las quebradas Yanachacalla Chillca Huaycco y Chillca Huaycco se han observado tuberías colgadas de agua potable que abastecen a más de 300 familias de Paccaritambo, cuya captación se realiza en el sector de Huaninpampa y otra derivada del manante Samburpuquio que abastece a 68 familias de hermanos Ayar (Figura 8E). Además, el material desplazado por el derrumbe cruzó el camino de trocha que al mismo tiempo es un tramo del entubado subterráneo

de riego que abastece 20 a 30 familias de Paccaritambo (Figura 8A Y 8C). Frente a un evento excepcional que pudiera represar la quebrada Chillca Huaycco, las tuberías colgadas de agua potable en la parte bajan podrían ser afectadas, la tubería de agua potable en un tramo de 15 m y el camino de herradura o tramo de la tubería subterránea de irrigación en 12 m en la parte media de la quebrada rellena Yanachacalla Chillca Huaycco podrían ser destruidas.

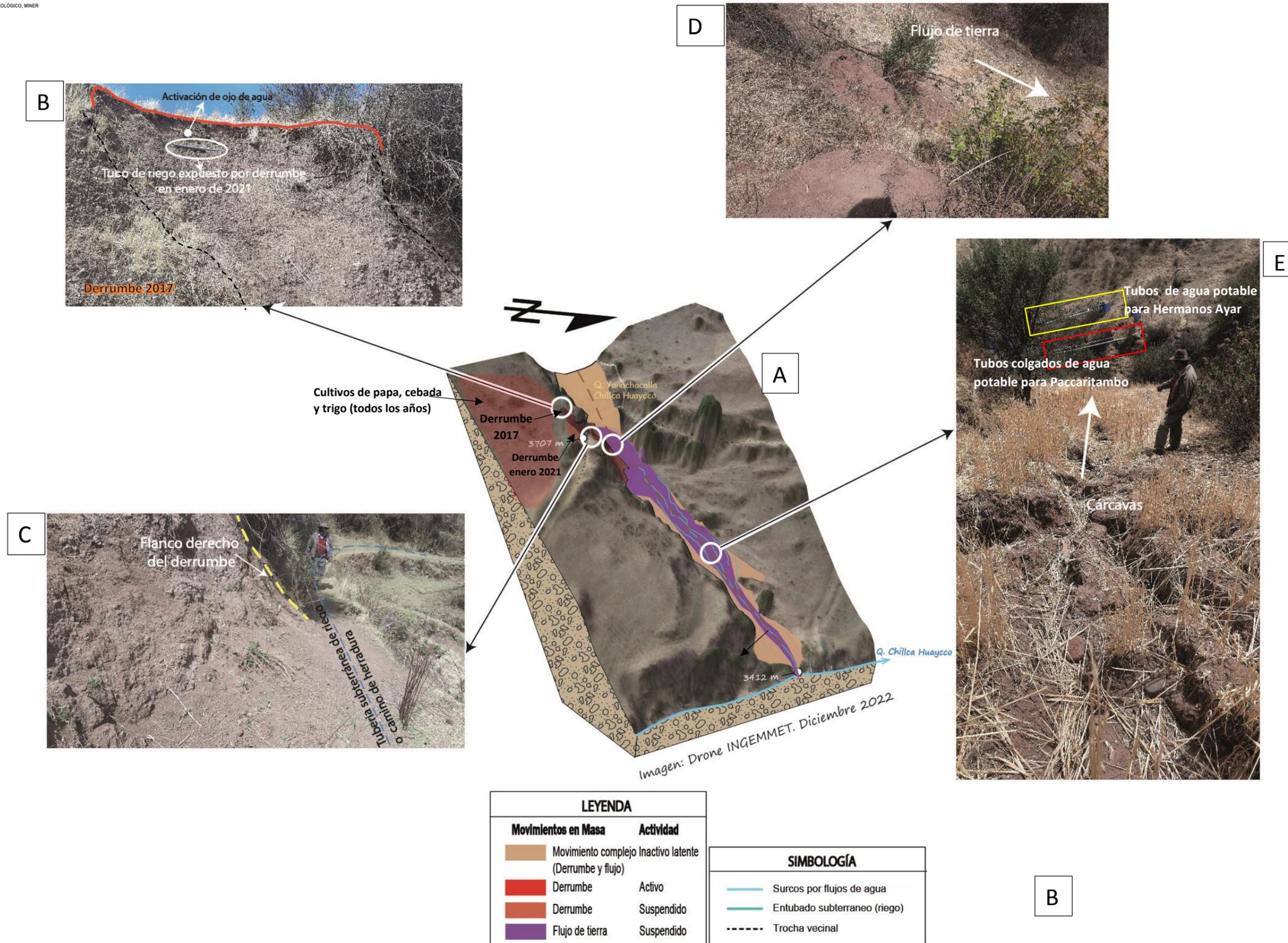


Figura 8. A. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Yanachacalla Chillca Huaycco. B: Escarpa del derrumbe de enero de 2021 y tubería expuesta por activación del ojo de agua. C. Vista del flanco derecho del derrumbe y al pie se encuentra el tramo del entubado subterráneo de riego. D. Flujo de tierra sobre la quebrada Yanachacalla Chillca Huaycco. E. Cárcavas generadas sobre el flujo de tierra sobre la quebrada rellenada Yanachacalla Chillca Huaycco.

3.2. Factores condicionantes y desencadenantes

3.2.1. Factores condicionantes

- **LITOLÓGICO:** Las unidades geológicas que conforman el área de estudio son rocas sedimentarias de la Formación Paccaritambo cuyo grado de meteorización varía de roca fresca a altamente meteorizado, en contacto con depósitos coluvio–deluviales y proluviales no consolidados, acumulados en quebradas y laderas empinadas.
- **GEOMORFOLOGÍA:** Montañas estructurales en rocas sedimentarias con laderas de pendientes comprendidas entre fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°).
Vertientes coluvio-deluviales, conformados por bloques volcánico sedimentarios envueltos en una matriz arenosa y limo arcillosa, son depósitos no consolidados, que permite la filtración de agua, con ello contribuye al aumento de peso de la masa inestable
- **PENDIENTE:** En sector Yanachacalla Chillca Huaycco tiene pendientes fuertes (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°) inclinación, que permite que la masa inestable sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

3.2.2. Factores desencadenantes

- **LLUVIAS INTENSAS:** En el área de estudio, se registran precipitaciones anuales entre 300 mm y 1200 mm,-lo que llega a saturar al terreno

APARICIÓN DE OJOS DE AGUA: La activación de un ojo de agua en temporada de lluvia (enero de 2021) dio lugar a la ocurrencia de derrumbes que desataron flujos de tierra a lo largo de la quebrada Yanachacalla Chillca Huaycco.

- **SISMOS:** A pesar de que el testimonio de pobladores indica que no sintieron ningún movimiento telúrico cuando desencadenó el evento.
Los sismos son uno de los factores que condicionan la ocurrencia de grandes movimientos en masa.

4. CONCLUSIONES

- a) Geológicamente, en el sector Yanachacalla Chillca Huaycco afloran conglomerados de la Formación Paccaritambo de poco a altamente meteorizado. También se tienen depósitos no consolidados de origen: coluvio-deluviales y proluviales, los primeros se encuentran acumulados en las laderas y los segundos en el cauce de la quebrada, ambos son de fácil remoción ante lluvias intensas y/o prolongadas.
- b) Desde el punto de vista geomorfológico se tienen montañas estructurales en roca sedimentaria, vertientes coluvio deluviales dispuestas sobre pendientes que varían de fuerte ($15^\circ - 25^\circ$) a muy fuerte (25° a 45°) y piedemonte proluvial que se encuentra sobre una pendiente promedio de 28° .
- c) La quebrada Yanachacalla Chillca Huaycco fue rellenada por un movimiento complejo tipo derrumbe – flujo con longitud de 105 m y ancho promedio de 8 m. Desde entonces en el flanco derecho de la misma se activa y reactiva derrumbes con longitudes entre 2.5 m a 5 m y anchos entre 3.5 m a 5m.
- d) En enero de 2021, la activación de un derrumbe con altura de 5 m y longitud de escarpe 6.5 m, dio lugar a la reactivación de otros derrumbes en el flanco derecho de la quebrada Yanachacalla Chillca Huaycco. Estos movimientos generaron posteriormente un flujo de tierra que se desplazó 65 m a lo largo de la quebrada rellenada Yanachacalla Chillca Huaycco, hasta desembocar en la quebrada Chillca Huaycco, sin represarla. Este evento dejó expuesto 1 m de tubería de agua potable, la cual abastece a 68 familias de la comunidad Hermanos Ayar. Y el flujo de tierra posterior a los derrumbes destruyó terrenos de cultivo de cebada en 35 m^2 . Por lo tanto, el peligro frente a la ocurrencia de movimientos en masa en el sector Yanachacalla Chillca Huaycco es **medio a alto**.
- e) Los factores desencadenantes de la activación y reactivación de derrumbes y flujos son lluvias intensas y prolongadas.
- f) El terreno saturado, sufre un incremento de peso, lo que origina la pérdida de cohesión, con ello llega a inestabilizar el suelo, originando derrumbes.

5. RECOMENDACIONES

- A) Cambiar la ubicación del entubado expuesto en la escarpa principal del derrumbe.
- B) Identificar y drenar los ojos de agua que surgen en la parte alta de derrumbes, fuera del cuerpo del deslizamiento.
- C) Prohibir el uso del terreno de cultivo en el área afectada.
- D) Prohibir el riego por gravedad en áreas aledañas al sector Yanachacalla Chillca Huaycco.
- E) De no realizar estas medidas de mitigación no estructurales a corto plazo, la continuidad y la reactivación de nuevos eventos va destruir definitivamente la tubería de agua potable y la tubería subterránea de irrigación que es usada también como camino de herradura en el sector Yanachacalla Chillca Huaycco.



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



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

6. BIBLIOGRAFÍA

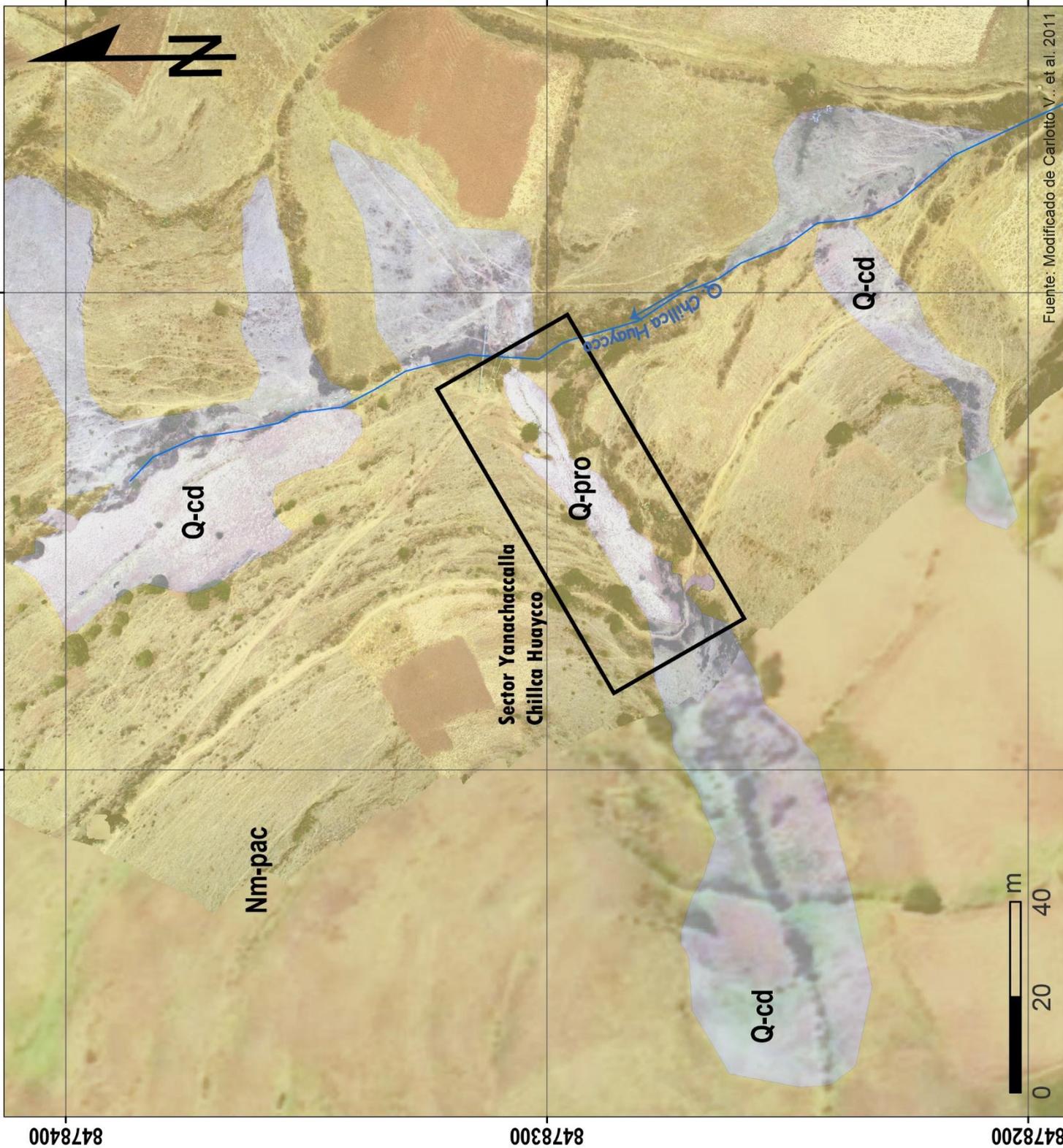
Carlotto V., Cárdenas J., Carlie, G. (2011). Geología del cuadrángulo de Cusco, hoja 28-s, escala 1: 50,000. INGEMMET. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín A 138, 262p.

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.

Vílchez M., Sosa N., Pari W., Peña F. (2020). Peligro Geológico en la región de Cusco. INGEMMET. Boletín N° 74. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. 342p.

ANEXO



LEYENDA

Q - cd	Depósito coluvial Material fragmentado heterogéneo acumulado en taludes
Q - pro	Depósito proluvial Material fragmentado con matriz arenó-arcillosa (huayco)
Nm - pac	Formación Paccaritambo Conglomerados y areniscas fluviales rojas

SIMBOLOGÍA

	Área de estudio
	Dirección de flujo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA
 EN EL SECTOR YANACHACALLA CHILLCA HUAYCCO. C.P. HERMANOS AYAR
 DISTRITO PACCARITAMBO, PROVINCIA PARURO Y DEPARTAMENTO DE CUSCO
 GEOLOGÍA DEL SECTOR YANACHACALLA
 CHILLCA HUAYCCO

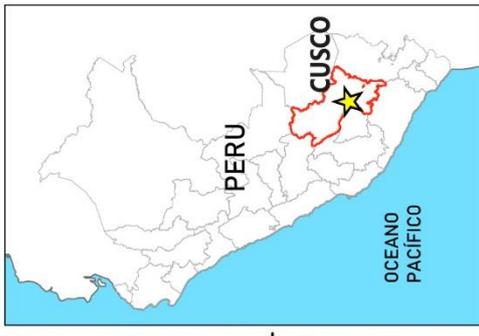
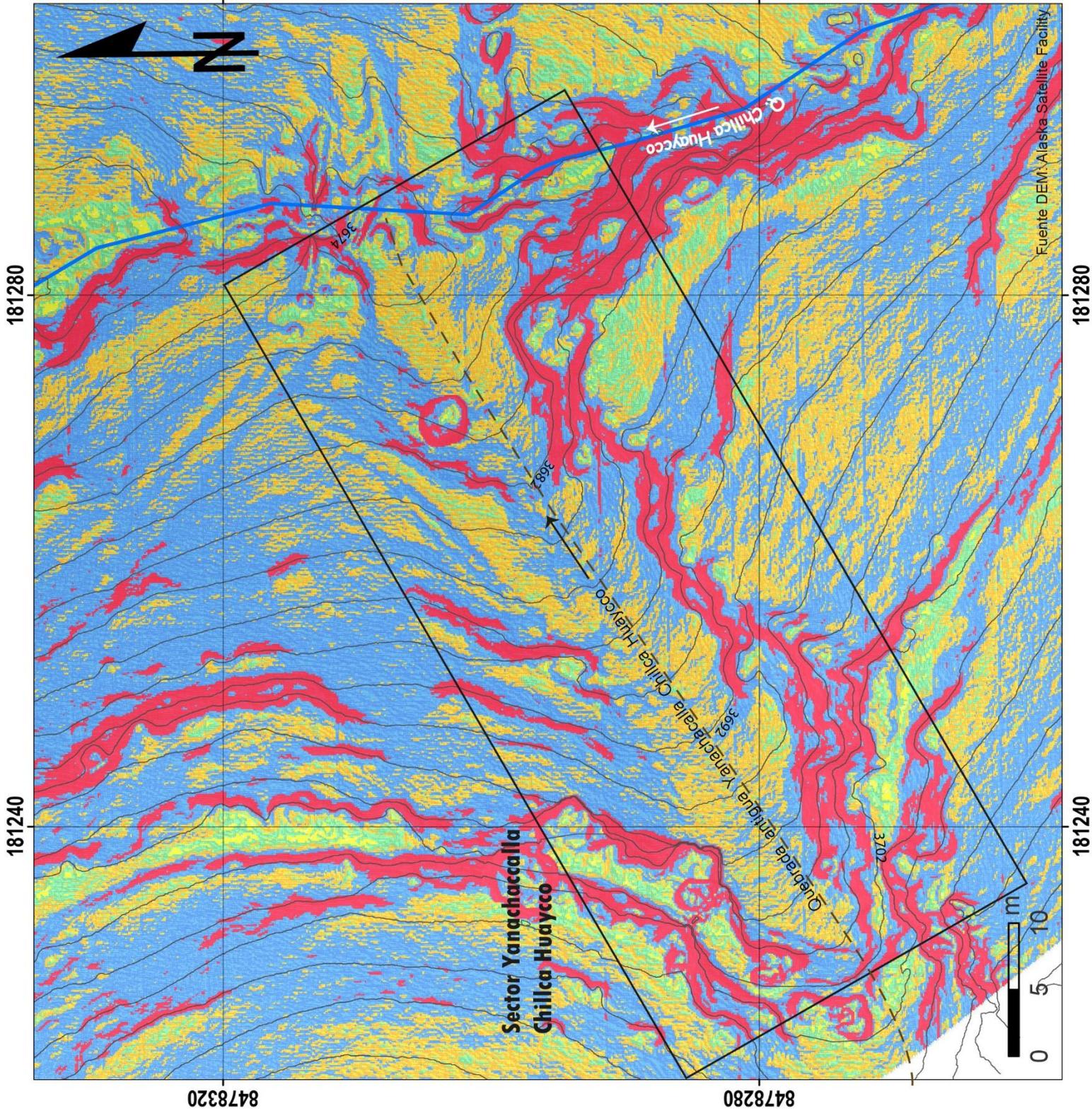
Elaborado por: INGEMMET
 Datum: UTM WGS84
 Zona: 19 S

Escala: 1: 1 150

MAPA **1**

0 20 40 m

Fuente: Modificado de Carlotto V., et al. 2011



LEYENDA	
	5° - 15° Media
	15° - 25° Fuerte
	25° - 45° Muy Fuerte
	> 45° Abrupta

SIMBOLOGÍA	
	Área de estudio
→	Dirección de flujo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR YANACHACALLA CHILLCA HUAYCCO, C.P. HERMINIANGAS (CAR DISTRITO PACCATAMBO, PROVINCIA PARURO Y DEPARTAMENTO DE CUSCO)

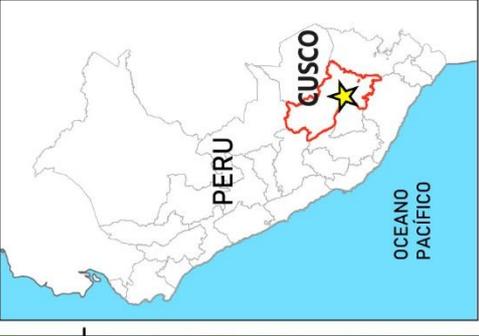
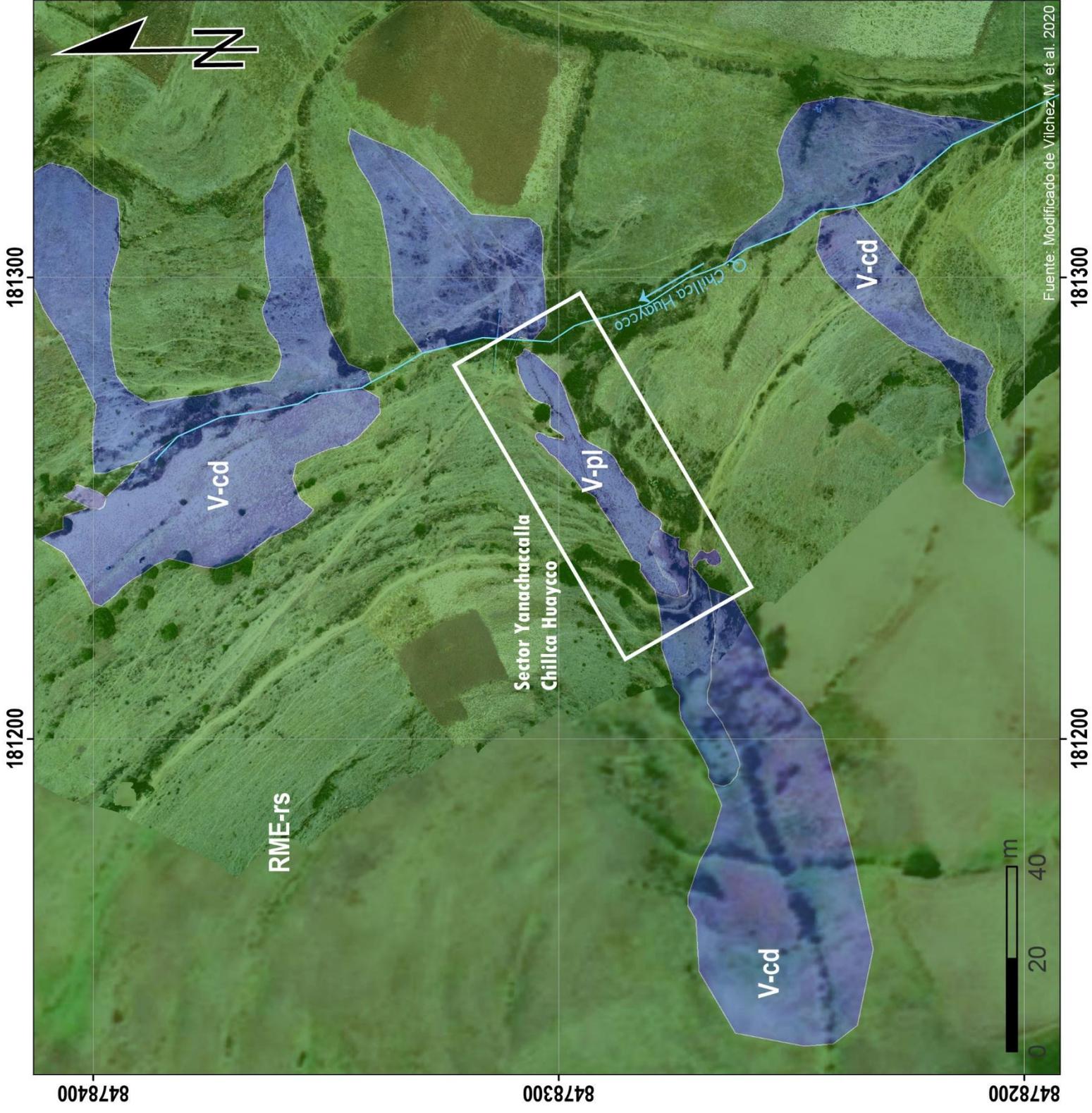
PENDIENTES DEL TERRENO EN EL SECTOR YANACHACALLA CHILLCA HUAYCCO

Elaborado por: INGGEMMET
 Datum: UTM WGS84
 Zona: 19 S
 Escala: 1: 1 150

MAPA **2**

0 5 10 40 m

Fuente DEM: Alaska Satellite Facility



LEYENDA	
RME-rs	Montaña estructural en roca sedimentaria
V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
V-pl	Vertiente proluvial

SIMBOLOGÍA	
	Área de estudio
→	Dirección de flujo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR YANACHACACALLA CHILLCA HUAYCCO, S.P. HERMANOS AYAR DISTRITO PACCARITAMBO, PROVINCIA PARURO Y DEPARTAMENTO DE CUSCO

GEOMORFOLOGÍA DEL SECTOR YANACHACACALLA CHILLCA HUAYCCO

Elaborado por: INGEMMET	MAPA	3
Datum: UTM WGS84 Zona: 19 S		

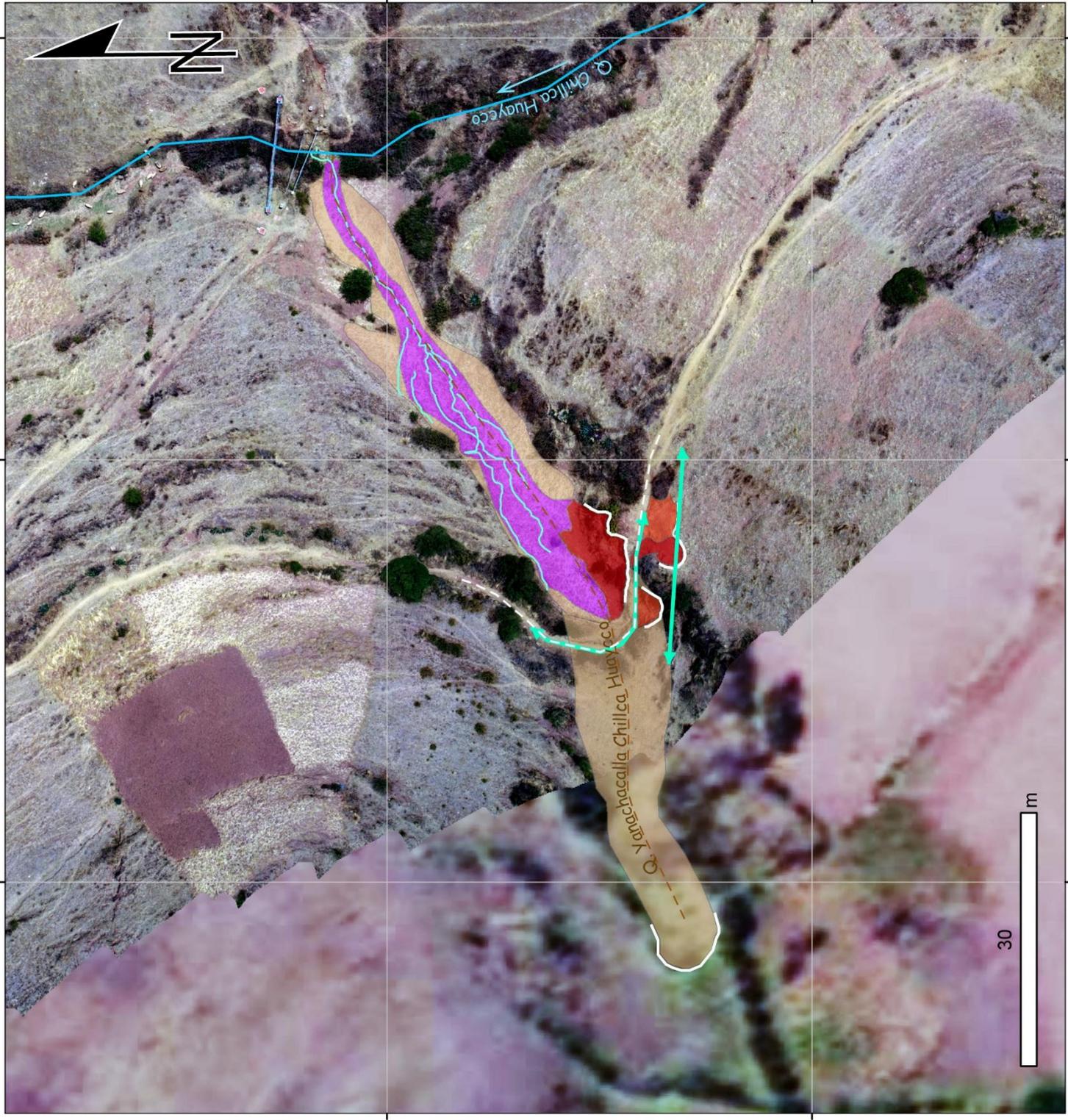
Escala: 1: 1 150

0 40 m

181300

181250

181200



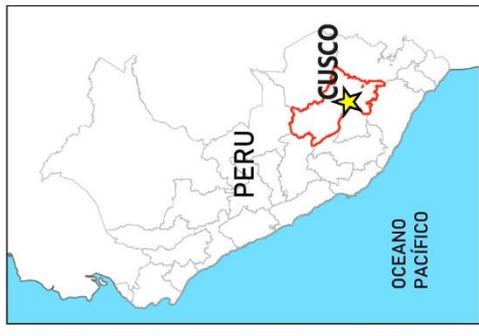
8478300

8478250

181300

181250

181200



LEYENDA	
Movimientos en Masa	Actividad
	Movimiento complejo inactivo latente (Derrumbe y flujo)
	Derrumbe Activo
	Derrumbe Suspendido
	Flujo de tierra Suspendido

SIMBOLOGÍA	
	Cárcavas
	Eritubado subterráneo de riego
	Trocha vecinal
	Quebrada antigua
	Dirección de flujo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR YANACHACALLA CHILLCA HUAYCCO. C.P. HERMANOS AYAR DISTRITO PACCAARTAMBO, PROVINCIA PARURO Y DEPARTAMENTO DE CUSCO

CARTOGRAFIADO DE MOVIMIENTOS EN MASA

Elaborado por: INGEMMET	MAPA
Fecha: 07/04/2014	4
Zona: 19 S	
Escala: 1:650	m
0	30