SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico Nº A6882

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR DE CHUPALLA - QUEBRADA MAYO

Región Lima
Provincia Huarochiri
Distrito San Mateo
Comunidad Campesina de Tambo de Viso

ABRIL
2019

VERSIÓN N° 001 CARÁTULA DE INFORME TÉCNICO - INGEMMET / 04.01.19

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR DE CHUPALLA - QUEBRADA MAYO – COMUNIDAD CAMPESINA DE TAMBO DE VISO

DISTRITO SAN MATEO – PROVINCIA HUAROCHIRÍ – REGIÓN LIMA

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 3
1.1. Objetivos 3
2.1. Antecedentes y trabajos anteriores 4
2. ASPECTOS GENERALES 6
2.1. Ubicación y accesibilidad 6
2.2. Clima e hidrografía 7
3. GEOLOGÍA 8
4. GEOMORFOLOGÍA 10
4.1. Pendiente de los terrenos 10
4.2. Unidades geomorfológicas 10
4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional 10
4.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional 11
5. PELIGROS GEOLÓGICOS 13
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa 13
5.1.1. Flujos 13
5.1.2. Caídas 18
6. CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO 24
7. CONCLUSIONES 30
8. RECOMENDACIONES 32
9. REFERENCIAS 33
ANEXO: Mapa de peligros geológicos por movimientos en masa de la quebrada Mayo 34

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR DE CHUPALLA - QUEBRADA MAYO – COMUNIDAD CAMPESINA DE TAMBO DE VISO

DISTRITO SAN MATEO – PROVINCIA HUAROCHIRÍ – REGIÓN LIMA

1. INTRODUCCION

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), mediante Oficio N° 054-2019/CENEPRED/DIFAT-1.0, de fecha 28 de enero del presente, solicitó al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), un informe técnico para la determinación del nivel de peligrosidad en la quebrada Mayo – Tambo de Viso, en el distrito San Mateo, provincia Huarochirí, departamento Lima.

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 7), contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables. Para ello la DGAR designó al ingeniero Manuel Vílchez Mata y al practicante Franco Quispe Vidal para que realicen la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron entre los días 20 al 22 marzo del presente año. Se inició los trabajos con una visita a las oficinas de Defensa Civil del municipio de Matucana, donde se tuvo una reunión con el jefe de Defensa Civil señor José Luis Vicuña Anglas, a quien se le informó sobre los trabajos que se realizarían en el sector de Chupalla en la quebrada Mayo; así también, la reunión sirvió para obtener información de la zona a evaluar.

Con la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales y fotos aéreas de la zona, y los datos obtenidos en el presente trabajo de campo (coordenadas GPS, fotografías) y la cartografía realizada, se proporciona una evaluación técnica que incluye resultados y recomendaciones para la mitigación y prevención de daños ocasionados por procesos activos en el marco de la gestión del riesgo de desastres.

Este informe se pone en consideración del CENEPRED, la Municipalidad Distrital San Mateo y la Municipalidad Provincial Huarochirí-Matucana, región Lima.

1.1. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el sector de Chupalla y la quebrada Mayo (quebrada Viso), así como identificar otras ocurrencias de movimientos en masa en la cuenca media y alta de la quebrada; eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, obras de infraestructura y vías de comunicación localizados aguas abajo y en la desembocadura de la quebrada Mayo en el río Rímac.
- Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2 ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES

Existen trabajos previos que incluyen a la quebrada Mayo y el sector de Chupalla de la Comunidad Campesina de Tambo de Viso del distrito San Mateo, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan las publicaciones hechas por INGEMMET:

- Boletín Nº 036, serie A, carta geológica nacional: ***"Geología de los cuadrángulos de Matucana y Huarochirí"*** (1983), donde se describe la geología de la zona evaluada.

- En el ***"Estudio geodinámico de la cuenca del río Rímac"*** (INGEMMET, 1988), se describen los fenómenos geodinámicos presentes en la cuenca, se hace una zonificación de riesgos geodinámicos y se describe las condiciones de seguridad de las principales obras de ingeniería localizadas en la cuenca.

- Boletín Nº 29 Serie C, geodinámica e ingeniería geológica: ***"Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 4".*** (2006) (escala regional). Se determina en el mapa de susceptibilidad total que la quebrada Mayo se encuentra dentro de zonas de alta a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (cuenca media y baja), donde las condicionantes principales son las pendientes de más de 35° en las laderas; el tipo de rocas con discontinuidades a favor de la pendiente, muy fracturadas y alteradas; presencia de formaciones superficiales inconsolidadas a medianamente consolidados, saturadas a medianamente saturadas. Las laderas dentro de estas áreas se consideran naturalmente inestables sujetas a fallas incluso en ausencia de actividad antrópica.
  En el mismo informe, el mapa de amenaza a movimientos en masa muestra que la quebrada Mayo esta zonificada en rangos de media, alta y muy alta amenaza. Las zonas de mediana amenaza corresponde a zonas montañosas de topografía inclinada de más de 15°, conformadas por rocas meteorizadas y suelos coluviales localizados en las parte alta y media de la cuenca. Las zonas de alta amenaza corresponden a topografías montañosas, con laderas de más de 25° de inclinación, localizados en la cuenca media, con rocas muy fracturadas y alteradas. Las zonas de muy alta amenaza se encuentran en la parte media de la cuenca, con laderas de alta pendiente, cercanas a los cauces, compuestos por depósitos coluviales y rocas muy fracturadas y meteorizadas.

- En el ***"Estudio de Riesgo Geológico en la región Lima"*** (inédito), se cuenta con un inventario de peligros geológicos para toda la región (trabajos de campo realizados el año 2012), donde se han identificado seis ocurrencias de movimientos en masa dentro de los límites de la quebrada Mayo (tres derrumbes, dos flujos de detritos y un deslizamiento traslacional), ocurrencias que han sido ingresadas en la base de datos geocientífica del INGEMMET.
  En este mismo estudio se elaboró el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:300 000, en donde la quebrada Mayo y el sector de Chupalla, donde se produjo el derrumbe, se localiza en zonas de media y alta susceptibilidad a la generación de movimientos en masa (Figura 1):
  <u>Susceptibilidad media</u>: Presenta algunas condiciones del terreno favorables para producir movimientos en masa.
  <u>Susceptibilidad Alta</u>: Confluyen la mayoría de condiciones del terreno favorables a generar movimientos en masa, cuando se desestabilizan las laderas por causas naturales (por levantamiento o abatimiento de nivel freático, erosión en el pie de laderas, etc.) o por modificación de taludes por acción del hombre.

- Finalmente, en el ***"Informe de zonas críticas por peligros geológicos en la región Lima"*** (2014), se identificó la zona crítica N° 65, que corresponde al sector de Tambo de Viso, área sujeta a flujo de detritos y derrumbes. En este documento se describen los procesos que ocurren en la zona y se dan algunas recomendaciones generales para mitigar y reducir posibles daños que pudieran causar estos eventos.

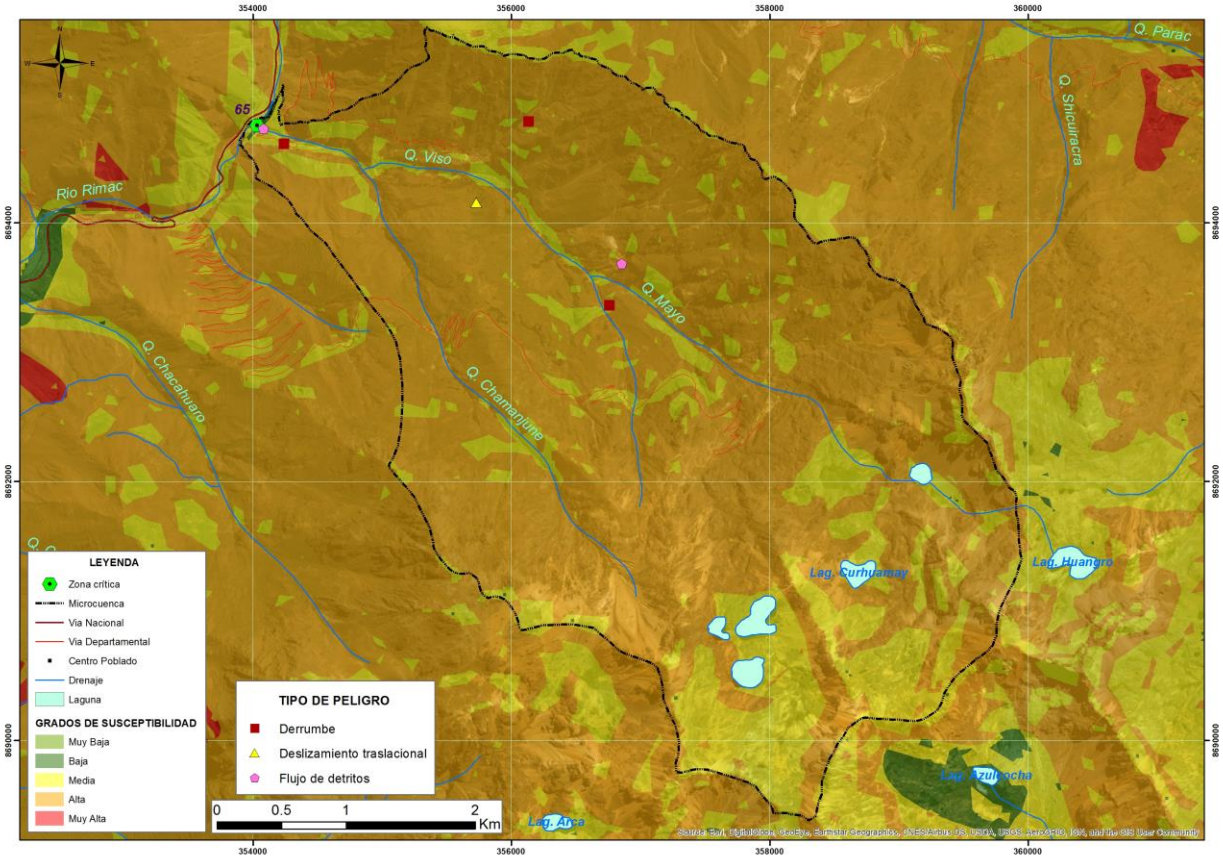


Figura 1: Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa de la quebrada Mayo, donde se encuentra el sector de Chupalla, en zonas de media a alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Luque *et al*., inédito).

También se cuenta con informes elaborados por otras instituciones entre las cuales se debe mencionar:

- El ***"Informe Técnico N° 003-2019-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL-AT/JLTV",*** de fecha enero del 2019, elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), donde se expone los antecedentes de eventos ocurridos en la quebrada Mayo; se describe los elementos vulnerables, identifica, describe un derrumbe que represo la quebrada, finalmente da recomendaciones para evitar nuevos desastres en la zona.

- El ***"Informe N° 002-2019-OGRD-DC-MPH-M",*** elaborado por el Sr. José Vicuña Anglas (Jefe Oficina de Gestión del Riesgo de Desastres-Defensa Civil), expone el Estado situacional de la quebrada Mayo – Tambo de Viso distrito San Mateo de Huanchor, localizado a la altura del km 82 de la Carretera Central. En el informe se hace un breve análisis del problema, se sustenta la situación de peligro inminente y se dan recomendaciones dirigidas a prevenir nuevos eventos cuyos daños pueden ser mayores.

En la quebrada Mayo (denominada quebrada Viso en su tramo final), se han producido en reiteradas ocasiones flujos de detritos (huaicos) que causaron considerables daños; en la tabla 1.1 se presenta un resumen de los eventos ocurridos en esta quebrada.

Tabla 1.1: Ocurrencia de flujos de detritos (huaicos) en la quebrada Mayo.

Fecha	Tipo de evento	Descripción	Daños producidos
1998	Huaico	Las lluvias extraordinarias asociadas al fenómeno El Niño en el periodo 1997/98, produjeronn la ocurrencia de un huaico que acarreo abundante material inconsolidado.	Destruyó 300 m de la carretera central y 500 m de la vía férrea, dos puentes del ferrocarril. Destruyó viviendas del poblado de Tambo de Viso y terrenos de cultivo.
08/03/2003	Huaico	A horas 15:45 a consecuencia de las fuertes precipitaciones pluviales se produjo un huaico en la quebrada.	Fue destruido el puente Viso, incomunicando la población de San Miguel de Viso. También afectó 300 m de trocha carrozable.
25/02/2016	Huaico	A consecuencia de las fuertes lluvias se produjo un huaico en la quebrada Mayo que provocó el embalse y posterior desborde del río Rímac	Afecto un tramo 0,5 km de la carretera Central que une Matucana y San Mateo.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación y accesibilidad

El sector Chupalla, pertenece a la comunidad campesina de Tambo Viso, que políticamente se ubica en el distrito San Mateo, provincia Huarochiri, departamento Lima (Figura 2.1), en las coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) siguientes:

Sector Chupalla		
Norte	**Este**	**Altitud**
8694577	354400	2791 m s.n.m

El acceso a la zona de Chupalla, desde la ciudad de Lima, se realiza mediante la siguiente ruta:

Ruta	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Lima – Matucana – desvío a San Miguel de Viso	Terrestre	82 km	2.45 h

2.2 Clima e hidrografía

De acuerdo con los datos climáticos (clasificación climática por el método de Thornthwaite), en el ámbito de la quebrada Mayo se tiene hasta tres tipos climáticos; en la cuenca alta se tiene un clima lluvioso (en invierno seco), semifrígido y húmedo; en la cuenca media el clima es semiseco (seco en otoño, invierno y primavera), semifrígido y húmedo; por último en la cuenca baja que es donde se encuentra el sector de Chupalla, el clima también es semiseco (seco en otoño, invierno y primavera), templado y húmedo.

Las precipitaciones pluviales en la zona evaluada pueden superar los 200 mm de lluvia acumulada para el periodo lluvioso normal; esta condición cambia cuando se presenta el fenómeno El Niño donde las precipitaciones pluviales pueden superar los 400 mm, como ocurrió el año 1997/98.

La red hidrográfica en la zona evaluada, tiene como curso principal al río Rímac, que tiene como tributario por su margen izquierda a la quebrada Mayo que también es denominada como quebrada Viso en su tramo final. La quebrada Viso se forma por la unión de las quebradas Mayo y Chamanjune; su cauce tiene una longitud de 6,6 km, la micro cuenca tiene un área de 20,1 km^2 y nace en las lagunas Quimicocha y Curhuamay.

El curso de la quebrada Mayo a la altura del puente Viso tiene un ancho de 18,8 m; en el sector de Chupalla presentaba un ancho de cauce de entre 18 a 22 m (antes del represamiento ocasionado por el derrumbe); a unos 85 m de distancia de la desembocadura en el río Rímac el ancho del cauce de la quebrada es de 12,5 m; y finalmente en la desembocadura tiene un ancho de 22 m. La quebrada Mayo y su afluente la quebrada Chamanjune, presenta un tramo encañonado con paredes verticales, de menos de 10 m de ancho de cauce medidos a la altura del puente peatonal que lleva a la localidad de San Miguel de Viso (Foto 2.1).

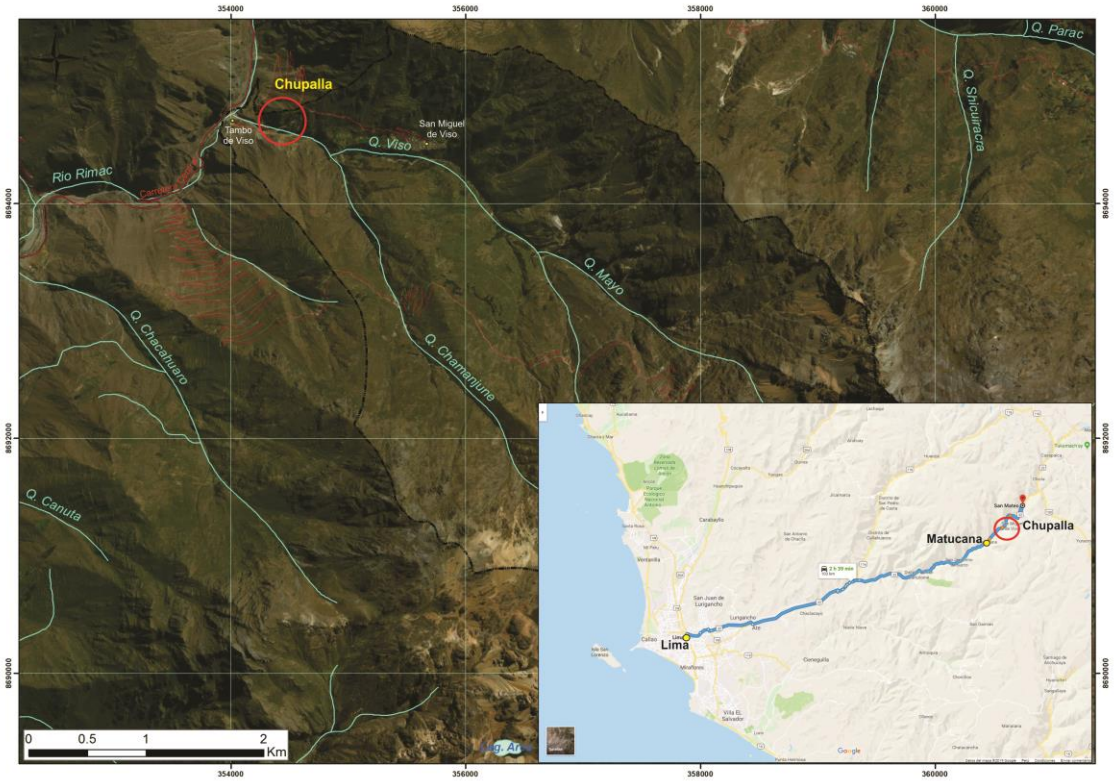


Figura 2.1. Mapa de ubicación de la zona evaluada.

Foto 2.1: Vista aguas arriba desde el puente peatonal que lleva a San Miguel de Viso donde se puede ver el cañón de paredes verticales formado por la quebrada Mayo.

3. GEOLOGÍA

En el contexto regional las unidades geológicas que afloran en la zona son de origen sedimentario, volcánico y volcánico-sedimentario; la base de la secuencia estratigráfica está conformada por una unidad sedimentaria indiferenciada del Cretáceo; le sigue el Grupo Rímac del Paleógeno; el volcánico Pacococha del Neógeno. Finalmente, una cobertura superficial cuaternaria conformada por depósitos glaciares, fluvioglaciares y aluviales, depositados a lo largo de los valles de ríos y quebradas (Salazar, 1983) (Figura 3.1). Localmente se han identificado además depósitos proluviales, coluviales, coluvio-deluviales y antrópicos.

A continuación, de manera resumida se presenta una descripción de las principales formaciones geológicas que afloran en el sector de Chupalla y la quebrada Mayo.

A) MESOZOICO

Formaciones Chúlec, Pariatambo y Jumasha (Kmi-i): Corresponde a una secuencia calcárea del Cretácico de grosor reducido con ligeras variaciones litológicas (no diferenciadas en la zona de estudio). Litológicamente está conformada por unos 200 m de calizas color gris marrón claro en capas delgadas, con intercalaciones de caliza margosa y lutitas gris pardas (Formación Chúlec); hacia arriba le sigue concordantemente unos 50 m de calizas y margas negras bituminosas en capas delgadas (Formación Pariatambo); por encima se tiene capas de calizas medianas a gruesas que se intercalan ocasionalmente con calizas margosas, lutitas y calizas dolomíticas (Formación Pariatambo). Se le asigna a estas formaciones una edad que va entre el Albiano medio al Cenomaniano.

B) CENOZOICO

Grupo Rímac (Tim-r): Conjunto de unidades de roca volcánica y sedimentaria constituidas por andesitas, flujos de brechas, andesitas tufáceas o tufos andesíticos, con ocasionales intercalaciones de areniscas tufáceas. Localmente se puede diferenciar hasta cuatro unidades, sin embargo, en la zona evaluada aflora una serie volcánico-sedimentaria constituida por lavas y brechas andesíticas de color gris azulado a verdoso, con bastante oxidación, por el contenido de pirita, tobas andesíticas y algunas intercalaciones de areniscas. A este grupo se le asigna una edad probable Eoceno-oligoceno (Paleógeno). Aflora en mayor porcentaje en el sector medio-inferios de la microcuenca de la quebrada Mayo.

Volcánico Pacococha (Ts-p): Conformado por derrames lávicos andesíticos y basálticos con algunas intercalaciones de flujos de brecha volcánica y andesita tobácea. A esta unidad se le ha asignado una edad entre Mioceno-plioceno (Neógeno), aflorando en la zona alta de la microcuenca de la quebrada Mayo.

Depósitos Glaciares (Q-g): Son acumulaciones de material morrénico antiguo a recientes localizados en las cabeceras de los valles glaciares o cubriendo el fondo o márgenes de los mismos hasta una altitud de 3 800 m s.n.m.

Depósitos Fluvioglaciares (Q-fg): Corresponde a materiales de origen glaciar que han sido acarreados por los ríos y posteriormente depositados formando terrazas, encontrándoles por encima de los 4 000 m s.n.m.

Depósitos aluviales (Q-al)*:* Conformados por gravas y arenas con cantos rodados en matriz areno-limosa. Se les encuentra en los cursos principales de los ríos, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales; son de edad cuaternario.

Depósitos proluviales (Q-pl)*:* Constituidos por fragmentos rocoso heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.), con una matriz limo arenoso-arcilloso depositado en el fondo de valles tributarios y conos deyectivos en la confluencia con el río principal. Material arrastrado y lavado por la lluvia.

Depósitos deluviales (Q-dl): Compuestos por capas de suelos fino y arcillas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, que se depositan y cubren las laderas de los cerros, formando taludes suaves a moderados; depósitos de ladera removidos por agua de lluvia.

Depósitos coluviales (Q-cl): Acumulaciones de bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, al pie de taludes escarpados, en forma de conos o canchales. Los bloques más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión. Conforman taludes de reposo poco estables.

Dentro de esta unidad se encuentran los depósitos de deslizamientos reconocidos en las vertientes de la quebrada Mayo y el río Rímac.

Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd): Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos.

Depósitos antrópicos (Q-ant): Corresponde a aquellos depósitos generados por el hombre. Pueden ser de dos tipos: 1) los que son generados sin un proceso de transformación industrial, entre ellos se tienen las ruinas, desechos, coprolitos; construcciones civiles (terraplenes, diques de presas, enrocados, espigones, etc.); 2) los depósitos resultantes de procesos de transformación industrial, entre estos se tienen depósitos de relaves, desechos industriales, escorias, canchas de minerales, escombreras, entre otros.

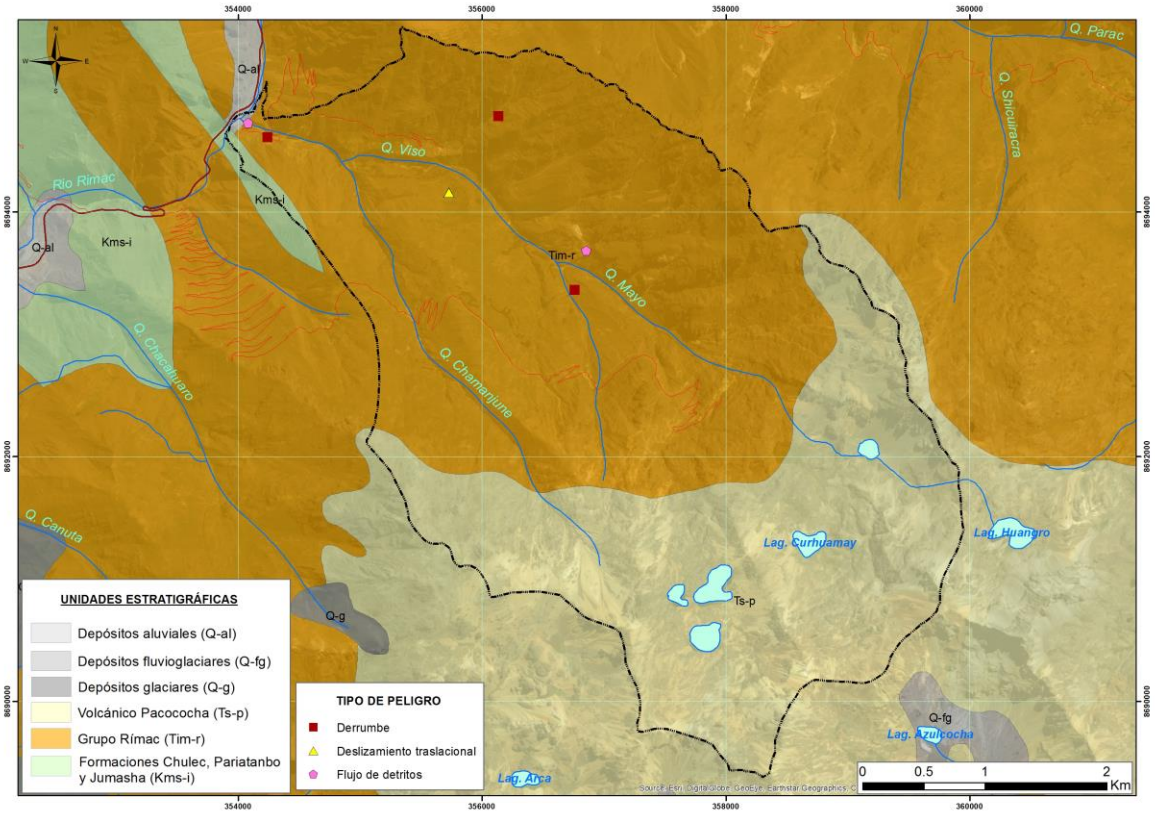


Figura 3.1: Mapa geológico de la quebrada Mayo.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1 Pendiente del terreno

La pendiente en las laderas que conforman las vertientes de la microcuenca de la quebrada Mayo van de muy fuertemente inclinadas (25°-45°) en la parte baja, media y alta en algunos sectores; a fuertemente inclinadas (15°-25°) y medianamente inclinadas (5°-15°) localizados principalmente en su parte alta y el cono deyectivo de la quebrada.

4.2 Unidades geomorfológicas

En la zona evaluada y sus alrededores se han identificado las siguientes geoformas (figura 6.1):

4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de montañas: Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

Montañas en roca volcánica ***(RM-rv)***: Corresponde a las cadenas montañosas en donde procesos denudativos (fluvio-erosionales, glaciar y glacio-fluvial) afectaron rocas volcánicas, se localiza en las partes altas de las montañas de la Cordillera Occidental. Están conformadas por litología volcánica de tipo derrames andesíticos y basálticos, intercalados con flujos de brechas y andesitas tobáceas correspondientes al volcánico Pacococha.

Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas, caída de rocas, derrumbes y avalancha de rocas.

Montañas en roca volcano-sedimentaria ***(RM-rvs)***: Laderas montañosas en donde procesos denudativos (fluvio-erosionales) afectaron rocas volcánico-sedimentarias. Tienen buena exposición en el sector medio y bajo de la microcuenca de la quebrada Mayo. Litológicamente corresponde a rocas del Grupo Rímac (andesitas, flujos de brechas, tobas andesíticas intercaladas con areniscas tobáceas, con mineralización de pirita que se oxida y les da a las rocas una coloración anaranjada).

Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas, de cumbres agudas que fueron afectadas por actividad geodinámica y glaciar. El patrón de drenaje es subparalelo, con valles profundos en forma de V, que incluso forma cañones de paredes subverticales; sus laderas presentan una pendiente muy fuerte (25° a 45°). Geodinámicamente están asociadas a grandes deslizamientos, flujos de detritos (huaicos), derrumbes y avalancha de rocas.

Montañas en rocas sedimentarias ***(RM-rs)***: En estas montañas el plegamiento en las rocas superficiales conserva parcialmente los rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias.

En la zona evaluada corresponde a montañas modeladas en afloramientos de rocas sedimentarias de las formaciones Chúlec, Pariatambo y Jumasha que no han podido ser diferenciadas y aparecen como un solo conjunto indiviso; las rocas son de tipo calizas, margas y lutitas.

Geodinámicamente se asocian a la ocurrencia de caída de rocas, derrumbes y flujos de detritos.

4.2.2 Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tiene:

Vertiente con depósito de deslizamiento ***(V-dd)***: Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Se relacionan con rocas de diferente naturaleza litológica, ya que es posible encontrarlas comprometiendo todo tipo de rocas. Geodinámicamente se asocia a reactivaciones en los materiales depositados por los movimientos en masa antiguos, así como por nuevos aportes de material provenientes de la actividad retrogresiva de eventos activos.

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial ***(V-cd)***: Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acarreados y acumulados por efecto de la gravedad) y deluvial (acumulación de material al pie de laderas, depositados por escorrentía de agua que lavan materiales sueltos de las laderas). Se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales, estos se acumulan al pie de laderas de montañas o acantilados de valles. Se pueden asociar geodinámicamente a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo movimientos complejos, reptación de suelos, avalancha de detritos y flujos de detritos.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial ***(P-at)***: Conforman también planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, ubicadas al pie de estribaciones andinas o los sistemas

montañosos, formadas por la acumulación de sedimentos que son acarreados por corrientes de agua de carácter excepcional, relacionadas a lluvias ocasionales, extraordinarias y muy excepcionales que se presentan en la región; pueden estar asociadas al fenómeno El Niño; la pendiente de estos depósitos es suave a moderada (1°-15°).

Esta unidad es susceptible a remoción por flujo de detritos y por erosión fluvial en las márgenes de las quebradas; sus materiales pueden ser arrancados y transportados por las corrientes de ríos principales en los cuales confluyen.

Vertiente coluvial de detritos ***(V-d)***: Acumulaciones formadas al pie de acantilados, escarpes y laderas muy pronunicaadas. Son resultantes de la meteorización física por gelifracción o termofracción de los materiales que los constituyen. Al deprenderse van formando aglomeraciones de bloques sueltos que adoptan una forma semicónica. Se les denomina conos cuando se presentan como un depósito único, y talus de detritos cuando se presentan como varios conos acomodados de forma sucesiva. Los materiales coluviales acomodados al pie de acantilados o 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. Estos depósitos se consideran inestables, ya que no existe cohesión entre sus fragmentos. 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).

Valle fluvial y terrazas indiferenciadas ***(Vll-fl-ti)***: Corresponde a los valles de ríos que discurren y cortan la Cordillera Occidental de los Andes, donde no ha sido posible diferenciar el fondo de valle, las terrazas y llanuras de inundación, debido a la escala de trabajo. Esta subunidad puede ser afectada por procesos de erosión fluvial e inundaciones cuando se producen lluvias extraordinarias que pueden estar asociadas al fenómeno El Niño.

Valle glaciar ***(Vll-gl)***: Es el paisaje actual heredado del labrado ocasionado por los glaciares en las altas cumbres de montañas, exponiéndosesobre los 4000 m s.n.m. El principal agente modelador son los glaciares, contando además con el concurso de la meteorización física y la escorrentía. El valle glaciar tiene una sección transversal con forma de “U”. Puede contener un glaciar activo o encontrarse en otra etapa de desarrollo con corrientes fluviales que remueven y transportan materiales depositados por el glaciar. Dentro de un valle glaciar se pueden distinguir las siguientes geoformas: circo glaciar, artesa, olla glaciar, conos de derrubios de gelifracción, morrenas y *drumlins*.

Depósito antrópico ***(Dan)***: Dentro de esta unidad se consideran las formas resultantes de la modificación o alteración del paisaje por actividades realizadas por el hombre; se encuentran en la zona evaluada depósitos de desmonte acumulados en taludes inferiores de carreteras que son resultado de su construcción; así también se tiene el depósito de desmontes de mina acumulados en las laderas de la quebrada.

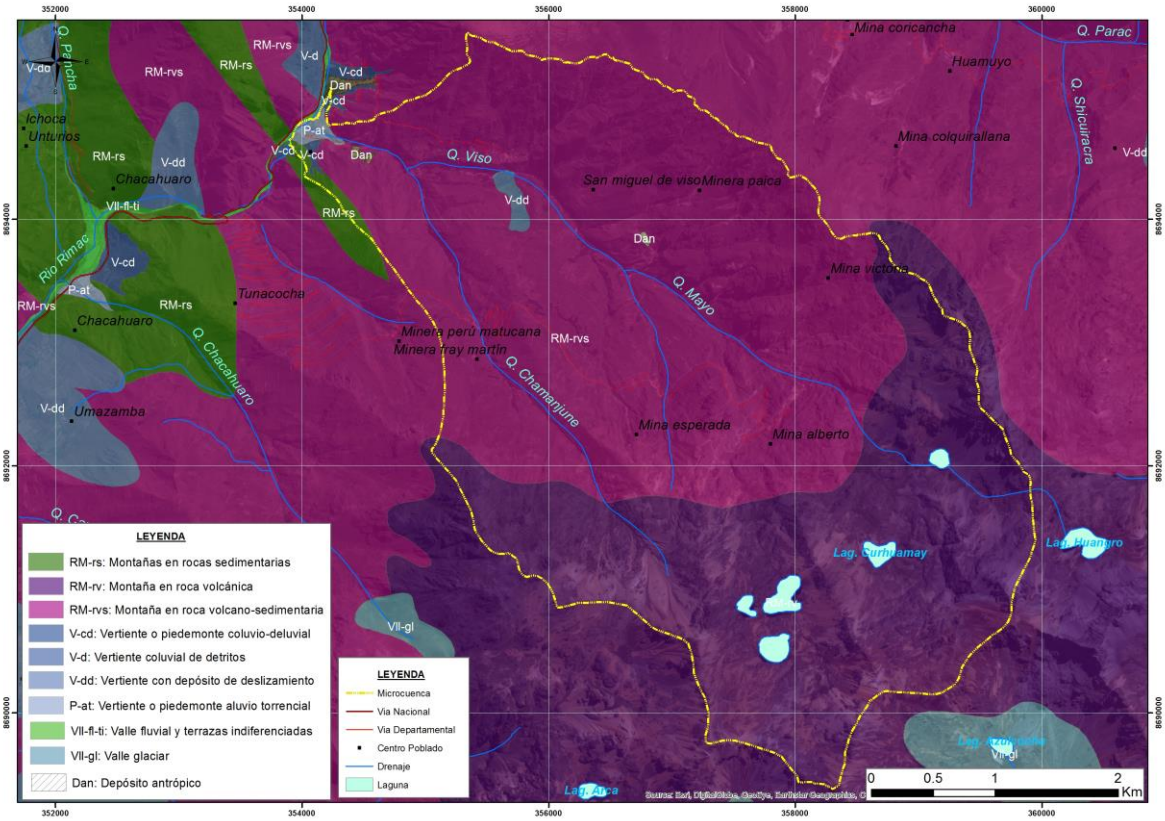


Figura 4.1: Mapa geomorfológico de la quebrada Mayo.

5. PELIGROS GEOLOGICOS

5.1 PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los peligros geológicos reconocidos en la zona inspeccionada, corresponden a movimientos en masa de tipo flujos (flujos de detritos o huaicos) y caídas (derrumbes) (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

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

5.1.1 Flujos

Es un 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 origina a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Según la proporción de las fracciones sólidas y liquidas que conforman el flujo, así como por el mecanismo de movimiento y la velocidad del movimiento se pueden diferenciar hasta siete tipos diferentes de eventos (flujo seco, flujo de detritos, inundación de detritos, flujo de lodo, flujo de

tierra, avalancha de rocas y avalancha de detritos) [Varnes (1978), Hungr et al. (2001) y Hungr (2005)].

Para el caso específico de la quebrada Mayo (quebrada Viso) se identificó la presencia de conos deyectivos que evidencian la actividad de la quebrada con la ocurrencia de flujos de detritos (huaicos) de forma recurrente.

a) *Flujo de detritos (huaicos)*:

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5 %), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (Figura 5.1). Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de "u", trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.
La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hungr, 2005).

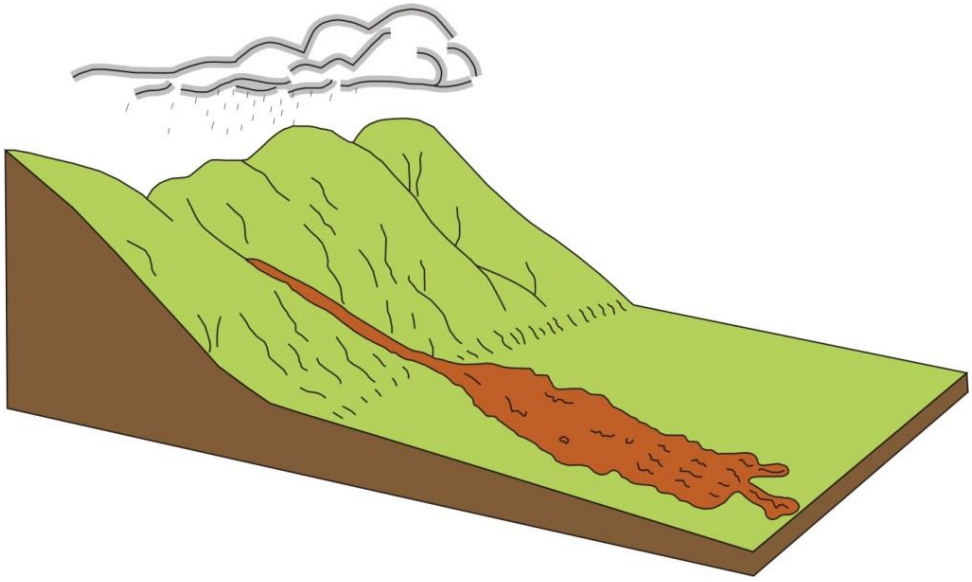


Figura 5.1: Esquema donde se muestra el depósito que forma un flujo de detritos.

Flujo de detritos (Huaico) de la quebrada Mayo (quebrada Viso)

La quebrada Mayo ha formado en su desembocadura en el río Rímac un cono proluvial en el cual se puede distinguir dos geoformas principales acumuladas (Figura 5.1). La primera corresponde a una acumulación de suscesivos flujos de detritos (huaicos) que han formado el cono deyectivo antiguo de la quebrada Mayo, esta tiene un ancho maximo en su extremo distal de hasta 530 m, que puede ser identificado a lo largo de valle del río Rímac como una especie de terraza alta. Este cono deyectivo antiguo presenta en sus borde acantilados subverticales de

hasta 30 m de altura, en donde se han producido derrumbes de material proluvial que estrecha el cuace actual de la quebrada Mayo (Figuras 5.2 y 5.3; Fotos 5.1 y 5.2). Los materiales que conforman el cono proluvial tienen un mayor procentaje de gravas y cantos, envueltos en una matriz limo-arcillosa, con pocos bloques.

Foto 5.1: Vista desde el flanco derecho con dirección al Oeste del cono proluvial antiguo de la quebrada Mayo, se ha marcado los límites del cono con líneas color lila.

Foto 5.2: Vista lateral con dirección hacia el Este de la quebrada Mayo donde es posible observar su cono proluvial y los acantilados formados a consecuencia de la profundización del cauce actual de la quebrada. Notese también los derrumbes (D) de material proluvial en el acantilado de la margen derecha de la quebrada Mayo.

La segunda geoforma identificada en la confluencia de la quebrada Mayo al río Rímac corresponde a un cono proluvial activo que tiene un ancho máximo en su extremo distal de hasta 140 m (incluyendo el cauce actual de la quebrada Mayo). Este cono proluvial ha sufrido variaciones que causaron grandes daños en la zona, siendo los eventos más importantes los ocurridos en los años 1998, 2003 y 2016. Se considera que el evento de mayor magnitud fue el producido con el fenómeno El Niño de 1997-1998; este evento destruyó las viviendas del poblado de Tambo de Viso, afecto seriamente la Carretera Central y las vías del ferrocarril central y sus puentes. El último evento ocurrido el año 2016 produjo el represamiento del río Rímac donde el volumen de material que acarreó, conllevó a que el río Rímac suba su nivel, se desvíe hacia su margen derecha, erosione y socave la plataforma de la Carretera Central interrumpiendo el transito vehicular y peatonal (Fotos 5.3 y 5.4).

Los materiales acarreados y depositados por el huaico del año 2016 estuvieron conformados principalmente por gravas y cantos, envueltos en una matriz limo-arcillosa, con bloques.

Foto 5.3: En la foto se puede observar los materiales acarreados por el huaico del año 2016 en la quebrada Mayo, asi como el socavamiento del deposito proluvial de los año 1998 y 2003 que abrió un nuevo curso para la quebrada Mayo (A) (Foto: L. Fidel, 2016).

Foto 5.4: Vista aguas abajo del cono proluvial actual de la quebrada Mayo donde se puede ver el muro de tierra para encauzar la quebrada y el botadero de desmonte conformado por los materiales acarreados desde el derrumbe del sector de Chupalla acomodados sobre el cono proluvial. Hacia el fondo de la vista se observa la confluencia de la quebrada Mayo en el río Rímac.

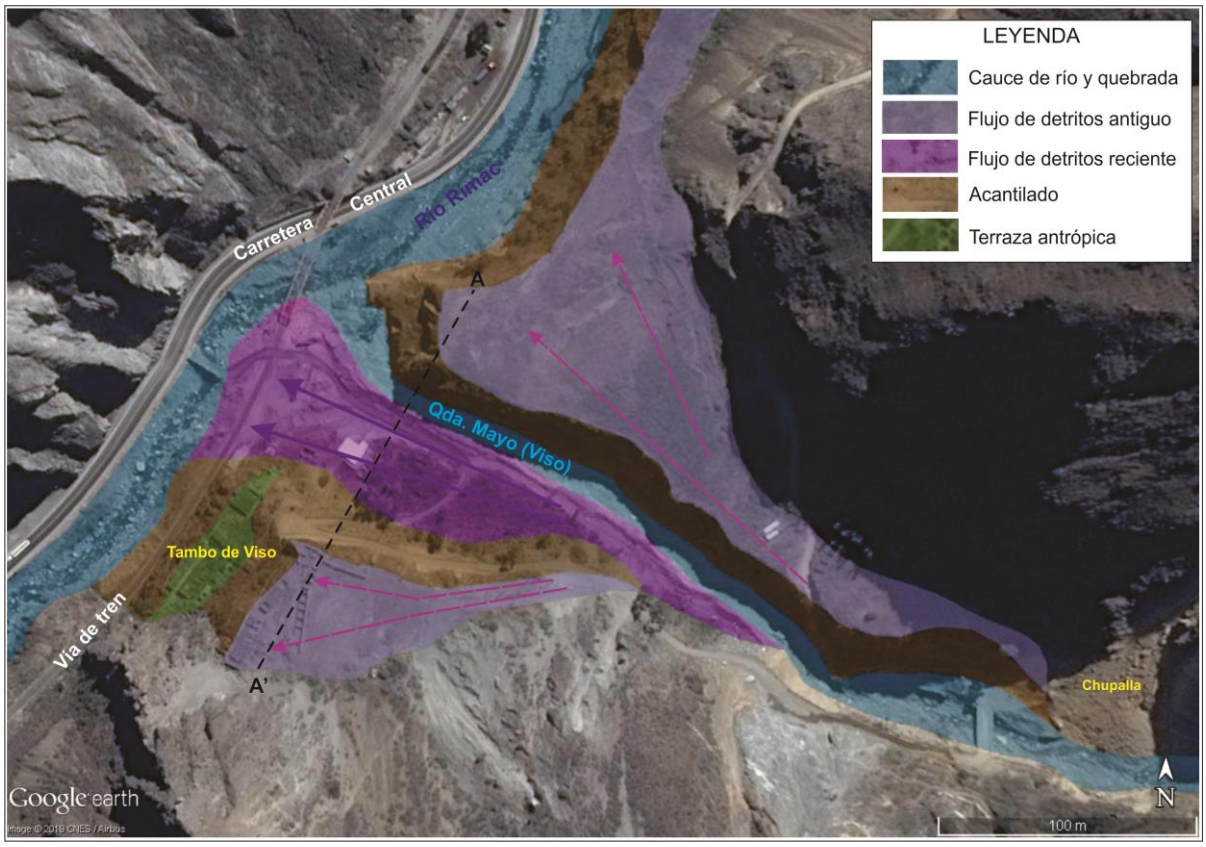


Figura 5.2: Geomorfología del cono proluvial de la quebrada Mayo (quebrada Viso), tambien se observa la posición del perfil transversal AA' medido en el cono deyectivo.

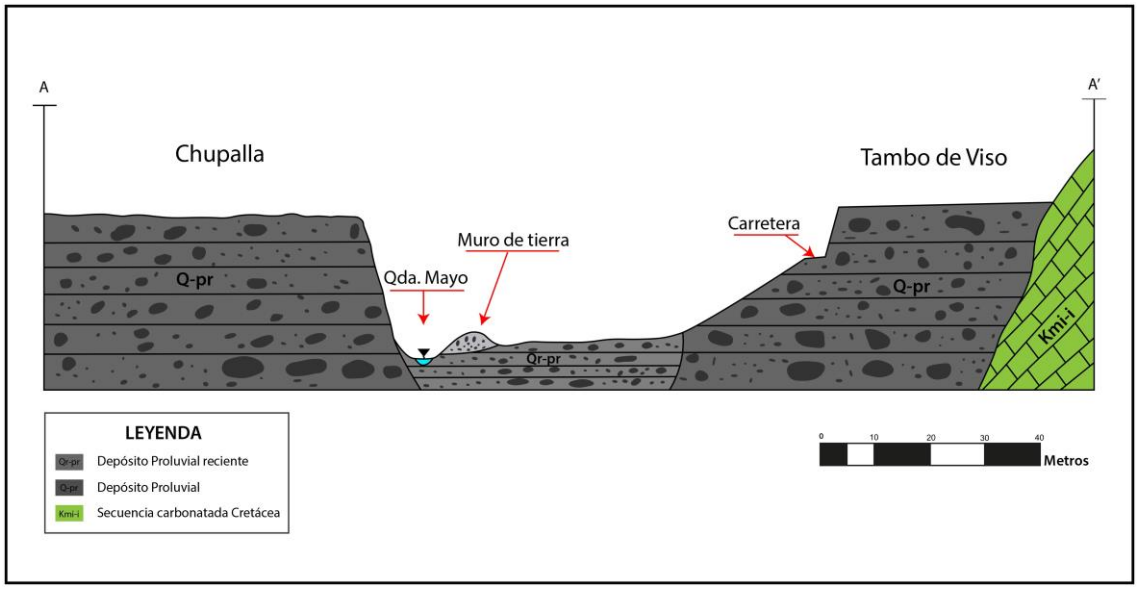


Figura 5.3: Perfil transversal en la zona distal del cono proluvial de la quebrada Mayo en donde se puede observar los tipos de materiale dejados por los sucesivos huaicos.

Causas

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (montañas modeladas en rocas sedimentarias, volcánicas y volcano-sedimentarias), disectadas por profundas quebradas.

- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 25° a 40°, incluso llegando a superar los 45°.
- Características litológicas del área (afloramiento de roca de diferente competencia, conformado por secuencias de derrames lávicos andesíticos, brechas y areniscas, muy fracturadas).
- Substrato presente de regular calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- Presencia de varias familias de discontinuidades en el substrato rocoso.
- Orientación desfavorable de las discontinuidades: Los planos de estratificación y fracturamiento de las rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias se inclinan en la misma dirección que la ladera, también en contra, favoreciendo el colapso de la ladera por fallas planares y cuñas.
- Suelos de tipo limo-arcilloso con gravas y bloques.
- Cobertura vegetal de tipo pastizales, cultivos y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan las rocas y los suelos, desestabilizándolos; forman escorrentía superficial que erosiona las laderas a manera de surcos y cárcavas.
- Dinámica fluvial, que produce socavamiento del pie de la ladera en la zona inestable.
- Colmatación de cauce fluvial.
- Ocurrencia de otro peligro geológico (derrumbes en el sector medio y alto de quebrada).

Daños

Entre los daños que se han producido a lo largo de los episodios de actividad geodinámica en la quebrada Mayo (huaicos) se tienen los siguientes:

- Destrucción de 500 m de la carretera central en dos oportunidades (años 1998, 2003 y 2016).
- Destrucción el poblado de Tambo de Viso (año 1998).
- Destrucción de 500 m de la vía del tren central (año 1998).
- Afectación de dos puentes del en la vía férrea (año 1998).
- Destrucción del puente Viso que da acceso al poblado de San Miguel de Viso (año 2003).
- Destrucción de 300 m de la trocha carrozable que da acceso a San Miguel de Viso (año 2003).

7.1.2 Caídas

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire, y puede efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido, se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como del material involucrado, las caídas se subdividen en tres tipos principales: aludes, caída de rocas y derrumbes.

En el sector de Chupalla de la comunidad campesina de Tambo de Viso, ubicado en la margen derecha de la quebrada Mayo, se identificó por medio de trabajos de campo, la interpretación de

imágenes satelitales y fotos aéreas, la ocurrencia de un derrumbe, que produjo el cierre de la quebrada.

a) *Derrumbe*:

Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (Figura 5.4). Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

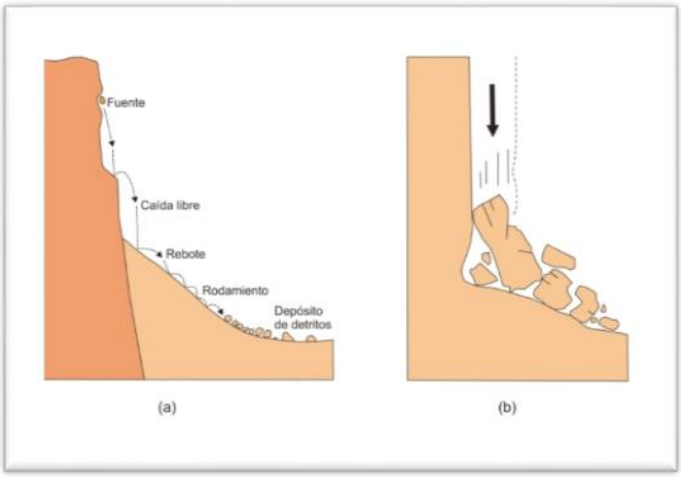


Figura 5.4: Esquema de un derrumbe.

Derrumbe de Chupalla:

Evento localizado en la margen derecha de quebrada Mayo a una distancia aproxima de 450 m de su desembocadura en el río Rímac; puede identificarse en las imágenes satélites de alta resolución (Google Earth) disponibles desde el año 2004, en donde el evento tenía un área aproximada de 5 980 m^2 (incluyendo la zona de arranque y el depósito), el volumen de material colapsado para ese año no alcanzó a cerrar el cauce de la quebrada Mayo.

Por lo observado en las imágenes satelitales se puede decir que el derrumbe de Chupalla se mantuvo en un estado de latencia (periodo considerado entre la imagen del año 2004 hasta el año 2018 cuando se reactivó), con posiblemente eventuales caídas de clastos y rocas que no involucraban grandes volúmenes de material.

El día 02 de junio del 2018 se produjo el colapso de la ladera que produjo la caída de un gran volumen de material conformado principalmente por clastos y bloques de rocas, con una fracción de material fino de naturaleza limo-arcillosa (Fotos 5.5, 5.6 y 5.7).

El derrumbe de Chupalla tiene las siguientes características y dimensiones (Figura 5.5):

- Ancho promedio de la zona de arranque: 90 m
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del derrumbe: 140 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 185°
- Área del deslizamiento: 15 862 m^2

- Presencia de hasta cuatro familias de fracturas (medidas en un sector cercano al derrumbe pero que pertenece al mismo afloramiento).
- Volumen aproximado de material colapsado: 70 000 m^3.
- Produjo el represamiento de la quebrada Mayo con el dique formado por el colapso de la ladera en una longitud de 125 m del cauce.

Foto 5.5: Vista frontal de derrumbe en el sector de Chupalla que produjo del represamiento de la quebrada Mayo.

Foto 5.6: Vista aguas arriba de la quebrada Mayo donde es posible ver el cierre del valle; actualmente se vienen realizando trabajos de limpieza y remoción del material colapsado.

Foto 5.7: Vista aguas abajo en la quebrada Mayo donde se puede ver parte del material de derrumbe que desvió y represo la quebrada; actualmente el caudal de agua discurre pegado hacia la margen derecha produciendo erosión en la base de un depósito de desmonte de mina.

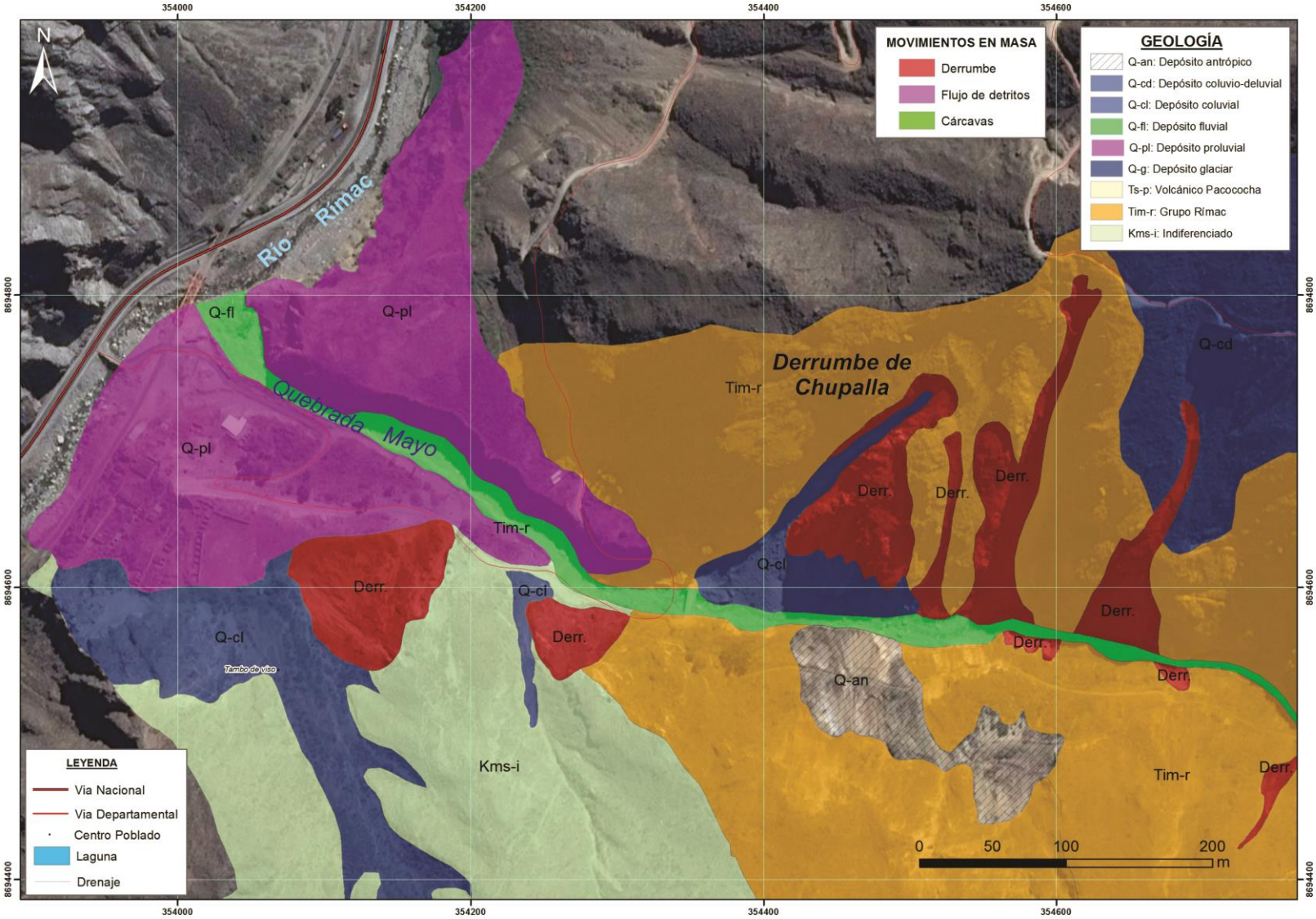


Figura 5.5: Peligros geológicos cartografidos en el sector de Chuapalla y la quebrada Mayo (Viso).

5.1.2. Causas

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (montañas modeladas en rocas sedimentarias, volcánicas y volcano-sedimentarias), disectadas por profundas quebradas.
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña que llega a superar los 45°.
- Características litológicas del área (afloramiento de roca de diferente competencia, conformada por secuencias de derrames lávicos andesíticos, brechas y areniscas, muy fracturadas y alteradas).
- Substrato rocoso de regular calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
- Orientación desfavorable de las discontinuidades: Los planos de estratificación y fracturamiento de las rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias se inclinan en la misma dirección que la ladera, también en contra, favoreciendo el colapso de la ladera por fallas planares y cuñas.
- Suelos de tipo limo-arcilloso con gravas y bloques.
- Cobertura vegetal de tipo pastizales, cultivos y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.
- Presencia de hasta cuatro familias de discontinuidades (Tabla 5.1).

Tabla 7.1: Familia de fracturas medidas en el substrato rocoso localizado por encima de la zona del derrumbe de Chupalla.

Junta	Dirección de Buzamiento	Buzamiento
J1	228	83
J2	296	88
J3	333	35
J4	175	40
Talud		
T	185	45

El análisis cinemático en la ladera colapsada, realizado con las familias de juntas o discontinuidades medidas en campo y con la orientación e inclinación de la ladera, nos muestra que los mecanismos posibles de falla que condicionaron el derrumbe de Chupalla son de tipo cuña y planar (figura 7.6).

Así se tienen los siguientes mecanismos de falla:

- Falla planar entre la junta J4 y la ladera (donde las condiciones geométricas para que ocurra la falla planar son: el plano sobre el cual ocurre el movimiento debe tener un rumbo aproximadamente paralelo (+/- 15°) al plano de la ladera; el plano de falla intersecta el plano del talud, es decir, el buzamiento de la Junta J4 debe ser menor que la pendiente de la ladera; el buzamiento del plano de falla debe ser mayor que el ángulo de fricción en ese plano; deben existir superficies laterales de relevamiento de esfuerzos que contribuyen con muy poca resistencia al deslizamiento y que representarán los límites del derrumbe).

- Falla por cuñas, están formadas entre las juntas J1 y J4; y J2 y J4; (donde el movimiento está controlado por la dirección de la recta de intersección de las juntas).

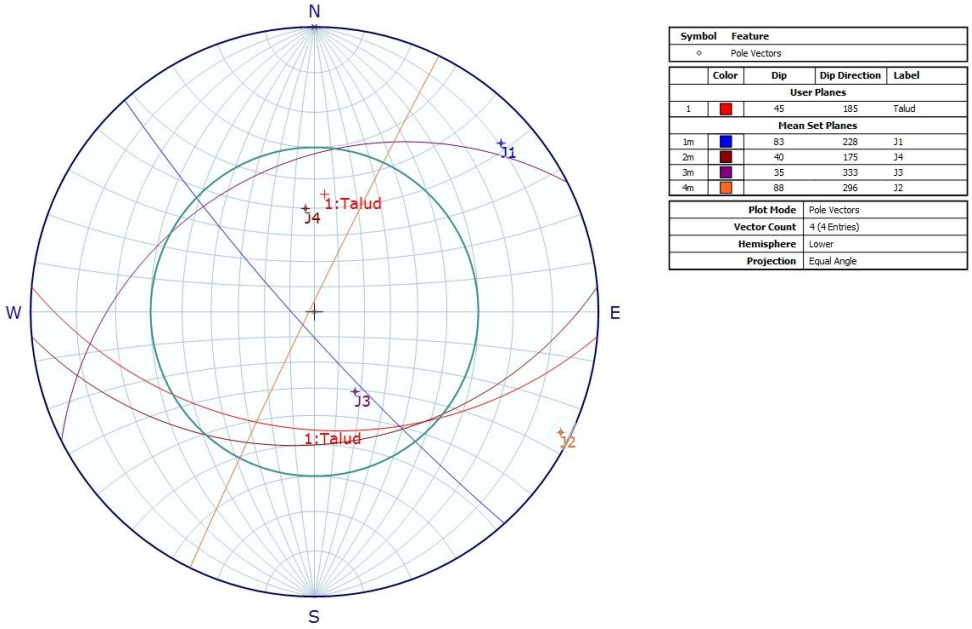


Figura 5.6: Estereograma donde se representa los posibles mecanismos de falla que condicionaron el derrumbe en el sector de Chupalla.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan las rocas y los suelos desestabilizándolos; forman escorrentía superficial que erosiona las laderas a manera de surcos y cárcavas.
- Dinámica fluvial, que produce socavamiento del pie de la ladera en la zona inestable.
- Colmatación de cauce fluvial.

Daños

- No se produjeron daños directos a personas u obras de infraestructura, pero si causó el represamiento de la quebrada Mayo en un tramo de 125 m de longitud, en donde la formación de un embalse y posterior rotura violenta del dique de represamiento pudo afectar nuevamente puentes vehiculares, puentes del tren y la carretera Central.

6. CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO

En la actualidad, las características del terreno (intrínsecas) que favorecieron la ocurrencia del derrumbe continúan; por lo que se debe tener presente que con las lluvias periódicas y/o extraordinarias y con un evento sísmico de gran magnitud se pueden producir nuevos derrumbes. La generación de nuevos eventos puede traer como consecuencia nuevos represamientos en la quebrada Mayo, esto dependerá del volumen de material que este comprometido en los derrumbes. Estas apreciaciones se sustentan en las siguientes condiciones encontradas en la zona evaluada:

- Se tiene una pendiente de la ladera con una inclinación de muy fuerte a muy escarpada (45° a >45°).

- La morfología de la zona conformada por montañas modeladas en rocas volcánicas y volcano-sedimentarias, con planos de seudoestratificación y fracturamiento a favor de la pendiente de la ladera.
- Características litológicas del substrato conformado por rocas de tipo flujos andesíticos y brechas, intercaladas con areniscas tobáceas, que se presentan fracturadas y meteorizadas.
- Zona de arranque del derrumbe activo, el cual puede seguir progresando de forma retrogresiva y ensanchándose.
- Presencia de suelos de naturaleza limo-arcilloso con gravas.
- Erosión de la base del material depositado por el derrumbe; así como también, de la base de la ladera en periodos de crecida de la quebrada Mayo.
- Presencia de hasta cuatro sistemas de fracturas que condicionan y controlan los mecanismos de falla del macizo rocoso que conforma la ladera de la margen derecha de quebrada Mayo, que pueden producir nuevos asentamientos o colapsos del material.

Además de las condiciones presentes en la zona afectada por el derrumbe de Chupalla, es conveniente indicar las condiciones geodinámicas identificadas en la microcuenca de la quebrada Mayo y sus tributarios.

a) En primer lugar, muy cerca del derrumbe de Chupalla, también en la margen derecha de la quebrada Mayo, se ha identificado tres derrumbes de menor magnitud que han producido el colapso de la ladera. Estos eventos involucraron volúmenes reducidos de material. Los derrumbes se encuentran en un estado de actividad latente, ya que es posible identificar en la ladera sectores inestables, donde el macizo rocoso se presenta fracturado con bloques de roca colgados (Foto 6.1).

Foto 6.1: Vista de la margen derecha de la quebrada Mayo, donde se puede observa,r muy cerca del derrumbe de Chupalla, otros derrumbes de menor dimensión que contienen bloques colgados inestables que podrían caer a la quebrada y represarla.

b) Presencia de numerosos derrumbes activos de diferentes magnitudes localizados en la zona media y alta de la microcuenca de la quebrada Mayo y su tributario la quebrada Chamanjune; estos eventos han aportado volúmenes considerables de material suelto en las quebradas (Fotos 6.2 y 6.3), incluso fueron el origen de los flujos de detritos (huaicos) de los años 1998, 2003 y 2016; los materiales movilizados con estos eventos llegaron a represar la quebrada Chumanjune, con bloques de gran dimensión los cuales pueden ser observados actualmente acumulados al pie del derrumbe (Foto 6.4), incluso los bloques de mayor dimensión rodaron hasta la zona encañonada de la quebrada y se atascaron por presentar un diámetro mayor que el ancho del cauce (Foto 6.5 y 6.6).

Foto 6.2: Derrumbe en la cuenca media de la quebrada Mayo frente al poblado de San Miguel de Viso.

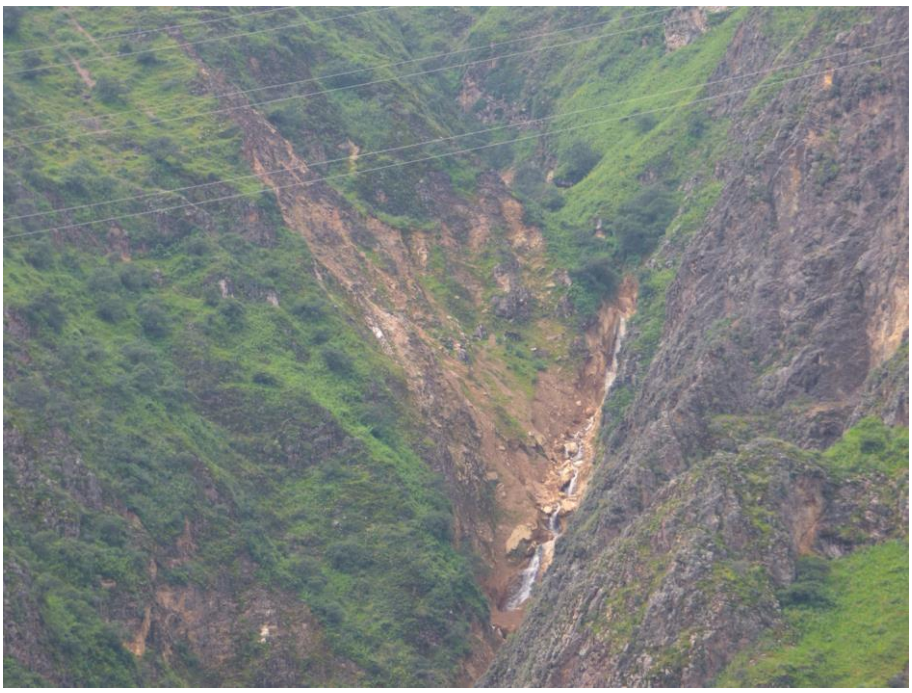


Foto 6.3: Derrumbe en la margen derecha de la quebrada Chumanjune donde el material colapsado se encuentra obstruyendo el cauce.

Foto 8.4: Vista de otro derrumbe en la quebrada Chumanjuneque produjo la caída de grandes bloques de roca que obstruyen el cauce.

Foto 6.5: Vista del tramo encañonado del cauce de la quebrada Mayo donde se puede observar un bloque de roca de gran dimensión que obstruye el paso normal del flujo de agua.

c) Se evidencia también procesos de erosión fluvial lateral en el cauce de la quebrada Mayo, principalmente en el tramo que atraviesa su zona baja hasta su desembocadura en el río Rímac; esta erosión desestabiliza las laderas y ha socavado el estribo del puente vehicular que da acceso al poblado de San Miguel de Viso, incluso destruyó el puente antiguo; así también, ha dañado los dos gaviones colocados en ambas márgenes como defensa rivereña en ese sector (Fotos 6.6 y 6.7).

d) La erosión fluvial en la margen derecha que afecta el cono deyectivo antiguo de la quebrada Mayo ha generado derrumbes de magnitudes reducidas que obstruyen y desvía el curso de la quebrada, incluso pueden llegar a producir represamientos (Foto 68).

e) Como consecuencia del material acumulado por el derrumbe de Chupalla en el cauce de la quebrada Mayo, el caudal de agua se ha desplazado incidiendo directamente en su margen izquierda viene erosionando la base de un depósito de desmonte de mina el mismo que se puede desestabilizar y producir un derrumbe con probabilidad de generar un represamiento (Foto 6.9).

Foto 6.6: Vista en donde se puede observar el socavamiento en la base del estribo derecho del puente Viso.

Foto 6.7: Vista aguas abajo desde el puente Viso en donde es posible observar el estado deteriorado en el que se encuentran los dos gaviones de encauzamiento de la quebrada ubicados en ambas márgenes. Hacia el fondo es posible observar también el antiguo puente vehicular caído que obstruye el cauce.

Foto 6.8: Derrumbe en la margen derecha de la quebrada Mayo que compromete material proluvial del cono deyectivo.

Foto 6.9: Vista en dirección hacia el oeste en la que se puede observar el curso de la quebrada Mayo pegado a su margen izquierda y erosiona la base del depósito de un desmonte de mina acumulado en la ladera.

f) En la zona alta de la microcuenca de la quebrada Mayo (en sus dos tributarios) se han identificado procesos de erosión de laderas en surcos y cárcavas que también aportan material suelto a la quebrada o pueden originar flujos de lodo y detritos.

g) Finalmente se deben mencionar que el material movilizado por el derrumbe de Chupalla que represó la quebrada Mayo viene siendo removido y acumulado formando botadero de desmonte acumulado sobre el cono deyectivo de la quebrada Mayo, en donde se ubicaba el antiguo poblado de Tambo de Viso (Foto 5.4).

7. CONCLUSIONES

1. Dentro de los límites de la microcuenca de quebrada Mayo (quebrada Viso) se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa del tipo derrumbes y flujos de detritos (huaicos); siendo los primeros el origen de los huaicos que afectaron la carretera Central, puentes vehiculares y destruyeron el poblado de Tambo de Viso en el pasado reciente.

2. La zona evaluada tiene una susceptibilidad media a alta a los movimientos en masa y está condicionada por la naturaleza litológica de la zona, el fracturamiento de rocas, la pendiente de las laderas y la configuración geomorfológica de la quebrada.

3. En el "Estudio de Riesgo Geológico en la región Lima" (inédito), se identificó e inventarió seis ocurrencias de movimientos en masa dentro de los límites de la microcuenca de la quebrada Mayo (tres derrumbes, dos flujos de detritos y un deslizamiento traslacional).

4. En el informe de zonas críticas por peligros geológicos en la región Lima (2014), se identificó la zona crítica N° 65 que corresponde al sector de Tambo de Viso (quebrada Mayo), sujeta a flujo de detritos (huaicos) y derrumbes.

5. En la desembocadura de la quebrada Mayo hacia el río Rímac se identificó un cono deyectivo de naturaleza proluvial, resultado del material acumulado por huaicos sucesivos que bajaron por la quebrada; este cono a su vez está conformado por un depósito antiguo que tiene más de 30 m de altura y un depósito reciente donde se encuentra el curso actual de la quebrada y que fue acumulado en parte por los huaicos ocurridos los años 1998, 2003 y 2016, considerados como los de mayor magnitud que discurrieron en esta cuenca.

6. En el sector de Chupalla de la comunidad campesina Tambo de Viso, se produjo un derrumbe el día 2 de junio del 2018; este evento se desarrolló sobre un macizo rocoso fracturado conformado por rocas volcánicas de tipo andesitas y brechas, con niveles de arenisca tobácea. El evento es reconocido en imágenes satelitales de alta resolución disponibles desde el año 2004, fecha en las cuales se puede observar que tenía una dimensión menor.

7. Se considera que el derrumbe se encuentra en un estado de actividad latente, ya que es posible observar el substrato rocoso fracturado, alterado y un alta pendiente en la ladera, con algunos bloques de roca colgados que pueden caer.

8. El derrumbe de Chupalla que produjo el represamiento de la quebrada Mayo con el material que movilizó presenta las siguientes condicionantes:

   - Configuración geomorfológica del área (montañas modeladas en rocas sedimentarias, volcánicas y volcano-sedimentarias), disectadas por profundas quebradas.
   - Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 25° a 40°, incluso llegando a superar los 45°.
   - Características litológicas del área (afloramiento de roca de diferente competencia, conformado por secuencias de derrames lávicos andesíticos, brechas y areniscas, muy fracturadas).
   - Substrato presente de regular calidad con un grado de meteorización moderado a alto.
   - Presencia de varias familias de discontinuidades.

- Orientación desfavorable de las discontinuidades: Los planos de estratificación y fracturamiento de las rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias se inclinan en la misma dirección que la ladera, también en contra, favoreciendo el colapso de la ladera por fallas planares y cuñas.
- Suelos de tipo limo-arcilloso con gravas y bloques.
- Cobertura vegetal de tipo pastizales, cultivos y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.

9. En el derrumbe del sector de Chupalla, los mecanismos posibles que condicionaron el colapso de la ladera son por fallas de tipo planar y cuñas, formadas entre las cuatro familias de juntas y la ladera.

10. El derrumbe ocurrido en el sector de Chupalla no causó daños directos a alguna obra de infraestructura o persona, pero si causó el represamiento de la quebrada Mayo, donde la posibilidad de que se forme un embalse en la temporada de lluvia y posterior rotura de dique, generara un huaico que afectaría las obras de infraestructura ubicadas aguas abajo de la zona de derrumbe, entre ellas se tiene la carretera Central, dos puentes de la vía férrea y la vía del ferrocarril, trocha carrozable de acceso a San Miguel de Viso y dos de sus puentes.

11. Se considera como detonantes de los eventos identificados en la quebrada Mayo a las precipitaciones pluviales ocasionales y extraordinarias que saturan y desestabilizan los terrenos, así como también la actividad sísmica puede generar derrumbes o caída de rocas.

12. Se identificó otros derrumbes de magnitudes menores, ubicados muy cerca del derrumbe de Chupalla los cuales también aportaron material suelto al cauce; estos eventos actualmente se presentan activos, con bloques de roca inestables y colgados en la ladera de fuerte pendiente. Así también, se identificaron otros derrumbes de dimensiones variadas ubicados en los tributarios de la cuenca alta de la quebrada, cuyos materiales represaron y obstruyen actualmente el flujo normal del agua; se considera que estos derrumbes fueron el origen de los huaicos que han discurrido por la quebrada Mayo.

13. En el tramo final del cauce de la quebrada Mayo se presentan problemas de erosión fluvial lateral que afecta el substrato rocoso, los depósitos cuaternarios y antrópicos, provocando derrumbes cuyos materiales caídos obstruyen el cauce; también el flujo de agua de la quebrada produce el socavamiento del puente Viso y los gaviones de encauzamiento.

14. Dado que las condiciones de inestabilidad continúan en el sector de Chupalla, así como en la microcuenca de la quebrada Mayo, como son las condiciones geológicas del afloramiento de rocas muy fracturadas y alteradas, con discontinuidades que se inclinan a favor de la ladera; una pendiente muy fuerte a abrupta; se consideran esta como una **zona crítica, de alta susceptibilidad a la ocurrencia de derrumbes y flujos de detritos (huaicos), y una zona de muy alto peligro** ante lluvias intensas periódicas y extraordinarias, así también por la ocurrencia de sismos.

8. RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que deben tomarse en cuenta a corto y mediano plazo son las siguientes:

- Continuar con los trabajos de limpieza del cauce en la quebrada Mayo obstruido en el sector de Chupalla por los materiales acumulados por el derrumbe.

- Realizar trabajos de limpieza, descolmatación y encauzamiento de la quebrada Mayo en una longitud aproximada de 680 m, medidos desde la confluencia de la quebrada en el río Rímac hacia aguas arriba.

- Los trabajos de encauzamiento pueden realizarse por medio del arrimado del material fluvial, colocación de enrocados o gaviones, estos últimos deben realizarse con alambres protegidos contra la oxidación.

- Liberar el cauce de la quebrada Mayo de obstrucciones y estrechamientos como los observados a la altura del puente Viso; esto implica remover la losa del antiguo puente vehicular que obstruye el libre discurrir de la escorrentía superficial

- Remover los bloques de roca colgados considerados como inestables en este estudio (Foto 6.1), localizados en los derrumbes que se encuentran cerca del derrumbe de Chupalla.

- Realizar la construcción de presas de sedimentación escalonadas para controlar la fuerza de arrastre de las corrientes en el curso de la quebrada que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, reduciendo el transporte de sedimentos gruesos. La ubicación, dimensión y diseño de estas presas deben basarse en estudios hidráulicos que tengan en cuenta las máximas crecidas registradas, que permitan el libre paso de los huaicos, que eviten obstrucciones y represamientos con posteriores desembalses más violentos.

- Como consecuencia de la configuración morfológica de la microcuenca de la quebrada Mayo, los trabajos de prevención realizados en su tramo final y cono de deyección no resultarían suficientes, por lo que es necesario realizar un tratamiento integral en la cuenca.

- Realizar para la quebrada estudios de simulación de flujos de detritos e inundaciones para determinar zonas susceptibles a ser afectadas por estos procesos cuando se presentes eventos hidrometeorológicos extremos.

- Realizar trabajos de reforzamiento y mejoras en la cimentación del estribo derecho del puente Viso, así como la colocación de defensas ribereñas en ambos estribos, con la finalidad de controlar la erosión y evitar la pérdida del puente.

- Al haber sido afectadas vías y obras infraestructura importante en reiteradas ocasiones, como son la Carretera Central, la vía del tren central y varios puentes de la carretera y línea férrea, por los flujos de detritos (huaicos) que bajaron por la quebrada Mayo, es necesario la implementación de un sistema de alerta temprana (SAT) ante huaicos, que permita avisar de forma anticipada la ocurrencia de nuevos eventos con la finalidad de salvaguardar la

seguridad física de personas y vehículos que transitan por estas importantes vías de comunicación.

- Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos que pueden afectar su seguridad física.

9. REFERENCIAS

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

Hungr, O. (2005) – Classification and terminology. En: Jakob, M. & Hungr, O., eds. *Debris-flow hazards and related phenomena*. Berlin: Springer-Praxis, p. 9-23.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geotecnia (1988) - Estudio geodinámico de la cuenca del río Rímac (Dpto. Lima). *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 8b, 364 p.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2006) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 29, 383 p.

Fidel, L. & Olcese, D. (1998). *Inspección de riesgos geológicos en prevención a los efectos del fenómeno El Niño en la cuenca del río Rímac*. INGEMMET: Dirección de Geotecnia. 29 p.

Luque, G & Rosado, M. (2014) - *Zonas Críticas por Peligros Geológicos en la región Lima*, Informe Técnico – INGEMMET.

Luque, G & Rosado, M. (Inédito) - *Riesgo geológico en la Región Lima*. Inédito INGEMMET. Proyecto de Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniaría Geológica.

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

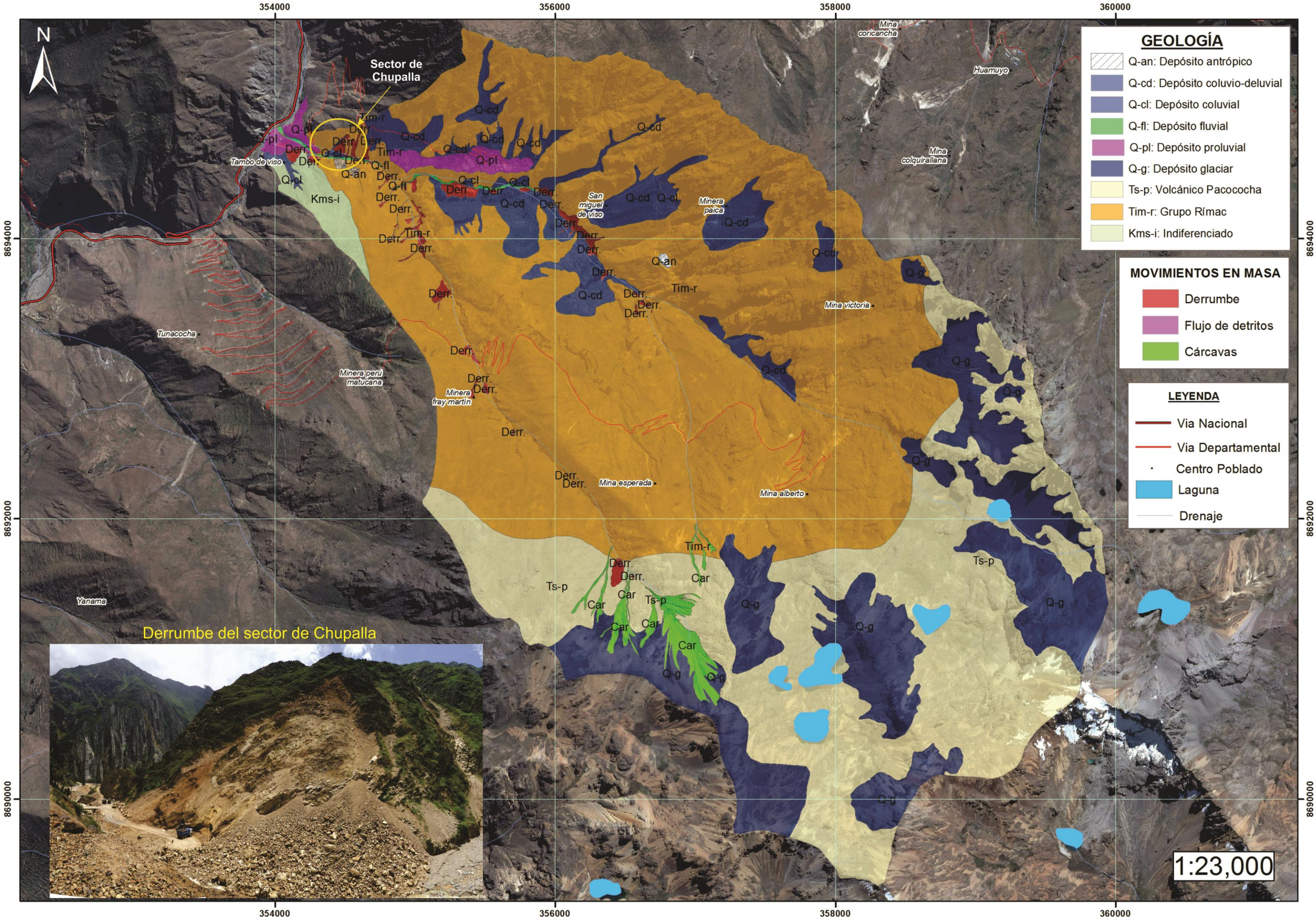
Salazar, H. (1983) - *Geología de los cuadrángulos de Matucana y Huarochirí*. Boletín N° 36 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 24k y 25k). INGEMMET. Lima.

Varnes, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L. & Krizek, R.J., eds., *Landslides: analysis and control*. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, p. 11-33, Special Report 176.

Villacorta, S.; Fidel, L. & Zavala, B. (2012) - Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 69(3): 393-399.

ANEXO:

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA DE LA QUEBRADA MAYO


354000
356000
358000
360000
8694000
8692000
8690000
N
Sector de Chupalla
Tambo de viso
Kms-i
Tunacocha
Minera perú matucana
Minera fray martin
Mina esperada
Mina alberto
Yanama
San miguel de viso
Minera paica
Mina victoria
Mina colquirallana
Huamuyo
Mina coricancha
Derrumbe del sector de Chupalla
GEOLOGÍA
Q-an: Depósito antrópico
Q-cd: Depósito coluvio-deluvial
Q-cl: Depósito coluvial
Q-fl: Depósito fluvial
Q-pl: Depósito proluvial
Q-g: Depósito glaciar
Ts-p: Volcánico Pacococha
Tim-r: Grupo Rímac
Kms-i: Indiferenciado
MOVIMIENTOS EN MASA
Derrumbe
Flujo de detritos
Cárcavas
LEYENDA
Via Nacional
Via Departamental
Centro Poblado
Laguna
Drenaje
1:23,000