



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

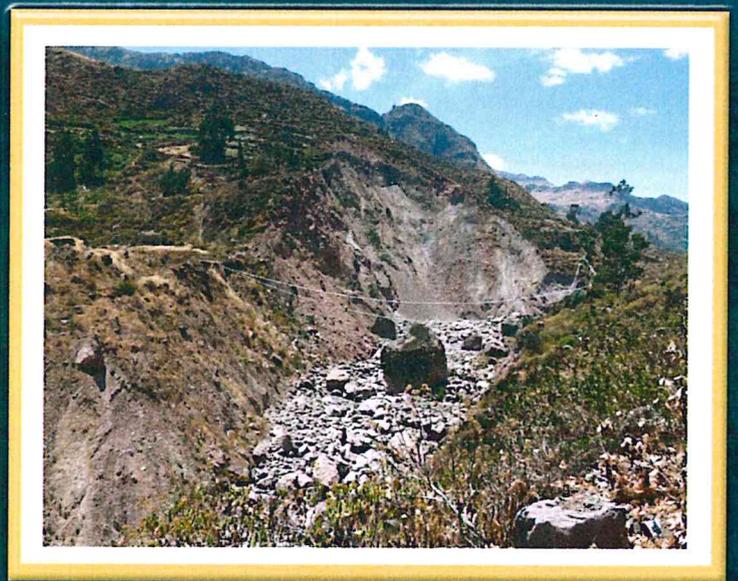
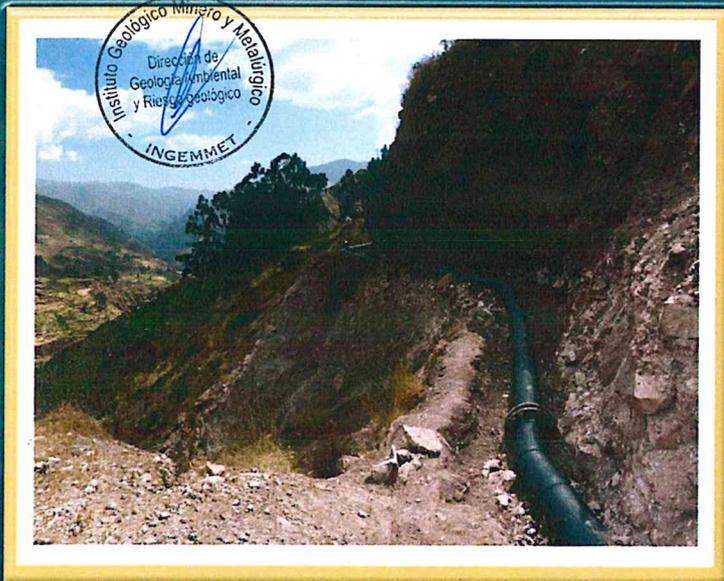
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6991

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO DE MUTANGA

Región Huancavelica
Provincia Huaytará
Distrito Quito Arma



DICIEMBRE
2019

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO DE MUTANGA

(Distrito de Quito Arma, Provincia de Huaytará, Departamento de Huancavelica)

CONTENIDO

	RESUMEN	2
1	INTRODUCCIÓN	3
	1.1 Objetivos del estudio	3
	1.2 Antecedentes y trabajos anteriores	3
2	ASPECTOS GENERALES	5
	2.1 Ubicación y accesibilidad	5
	2.2 Clima e hidrografía	7
3	GEOLOGÍA	7
	3.1 Unidades litoestratigráficas	8
4	GEOMORFOLOGÍA	12
	4.1 Pendiente del terreno	12
	4.2 Unidades geomorfológicas	12
	4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	12
	4.2.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional	13
5	PELIGROS GEOLÓGICOS – CONCEPTOS GENERALES	16
	5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa	16
	5.1.1 Derrumbes	16
	5.1.2 Deslizamientos	17
	5.1.3 Reptación	18
	5.2 Otros peligros geológicos	18
	5.2.1 Erosión fluvial	18
6	MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO DE MUTANGA	19
	6.1 Magadelizamiento antiguo de Mutanga	19
	6.2 Derrumbes en la escarpa y punta del megadeslizamiento de Mutanga	21
	6.3 Deslizamientos rotacionales en el cuerpo y punta del megadeslizamiento de Mutanga	24
	6.4 Agrietamientos en el anexo de Mutanga	31
	6.5 Reptación	37
7	CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO	39
8	CONCLUSIONES	40
9	RECOMENDACIONES	41
10	REFERENCIAS	42

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO DE MUTANGA

(Distrito de Quito Arma, Provincia de Huaytará, Departamento de Huancavelica)

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en el anexo de Mutanga; este sector pertenece a la jurisdicción de la municipalidad distrital de Quito Arma, provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas de origen sedimentario, volcánico-sedimentario y volcánico; en la base tiene rocas sedimentarias del Grupo Yura (Formaciones Cachíos y Labra); le sobreyacen en discordancia las secuencias del Grupo Sacsaquero (inferior y superior); encima se tienen derrames lávicos y tobas de la Formación Caudalosa; con una cobertura de materiales de edad Cuaternario (depósitos aluviales, deluviales, coluvio-deluviales y fluviales).

Se identificaron geoformas de carácter tectónico-degradacional y denudacional (montañas modeladas en rocas sedimentarias, montañas en volcánico-sedimentarias y montañas en rocas volcánicas) y geoformas de carácter depositacional y agradacional (Piedemontes, terrazas, cauce de río, lagunas y cuerpos de agua).

En la ladera sur del cerro Uchulhuay, se identificó en fotos aéreas e imágenes satelitales de diferentes años, un megadeslizamiento en cuyo cuerpo se encuentra asentado el anexo de Mutanga. En la escarpa, el cuerpo y la punta del megadeslizamiento se viene produciendo actualmente reactivaciones de tipo derrumbes y deslizamientos rotacionales desde el año 2005; estos eventos afectan el canal de riego de Mutanga. En este último periodo de lluvias (enero-marzo) del año 2019 se produjeron agrietamientos en el terreno de la localidad de Mutanga, que afectaron los pisos y paredes de viviendas de adobe, así como la iglesia y la escuela construida con material noble.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas presentes en la zona evaluada, donde se vienen produciendo reactivaciones por sectores en el cuerpo del megadeslizamiento, que involucran considerables volúmenes de material que podría mobilizarse; se le considera como una zona crítica, de peligro geológico muy alto a la ocurrencia de movimientos en masa, ante la actividad antropogénica que desestabiliza las laderas, las lluvias intensas periódicas y extraordinarias, así como por la ocurrencia de sismos.

Finalmente, en el presente informe se brindan recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades pongan en práctica para reducir la vulnerabilidad de personas y animales, y por tanto reducir el riesgo a los peligros geológicos. Estas recomendaciones se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias y los daños que pueden ocasionar los procesos identificados.

I. INTRODUCCIÓN

El Gobierno Regional de Huancavelica, mediante Oficio N° 368-2019/GOB.REG.HVCA/GR, de fecha 02 de mayo de 2019, solicitó al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), la elaboración de un estudio técnico-científico en el anexo de Mutanga, del distrito de Quito Arma, de la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica.

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 por movimientos en masa en zonas que tengan elementos vulnerables. Para ello la DGAR designó al ingeniero Manuel Vilchez M., para que realicen la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron el día 24 de setiembre del presente año. Se inició los trabajos realizando las coordinaciones respectivas con el Ing. César Tito, director regional de la Oficina de Defensa Nacional, Seguridad ciudadana, Gestión de Riesgo de Desastres y Desarrollo Sostenible del Gobierno Regional de Huancavelica; y durante la inspección campo se contó con la presencia de Sr. Eliot Andía Pariona, Secretario Técnico de Defensa Civil de la Municipalidad de Distrital de Quito Arma.

La evaluación técnica se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET y los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías), el cartografiado geológico y geodinámico, y finalmente la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Quito Arma, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el anexo de Mutanga; así también, determinar si estos eventos pueden comprometer la seguridad física de personas y animales domésticos que transitan por la zona.
- 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

Se tienen trabajos previos y publicaciones a escala regional hechas por INGEMMET que incluyen el anexo de Mutanga del distrito de Quito Armas, relacionados a temas de geología y peligros geológicos, de los cuales destacan los siguientes:

- En el Boletín N° 71, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: **“Peligro geológico en la región Huancavelica”** (inédito), se identifican los peligros geológicos y geohidrológicos que pueden causar desastres dentro del ámbito de estudio. Se identificó un total de 1740 ocurrencias de peligros (incluye eventos identificados en el ámbito del anexo de Mutanga) y se determinaron 45 zonas críticas. El estudio también realiza un análisis de susceptibilidad por movimientos en masa (escala 1: 100 000) en donde el anexo de Mutanga

presenta un rango de susceptibilidad Media, Alta y Muy Alta (figura 1). Entendiéndose susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno); los desencadenantes de estos eventos son la precipitación pluvial y la sismicidad.

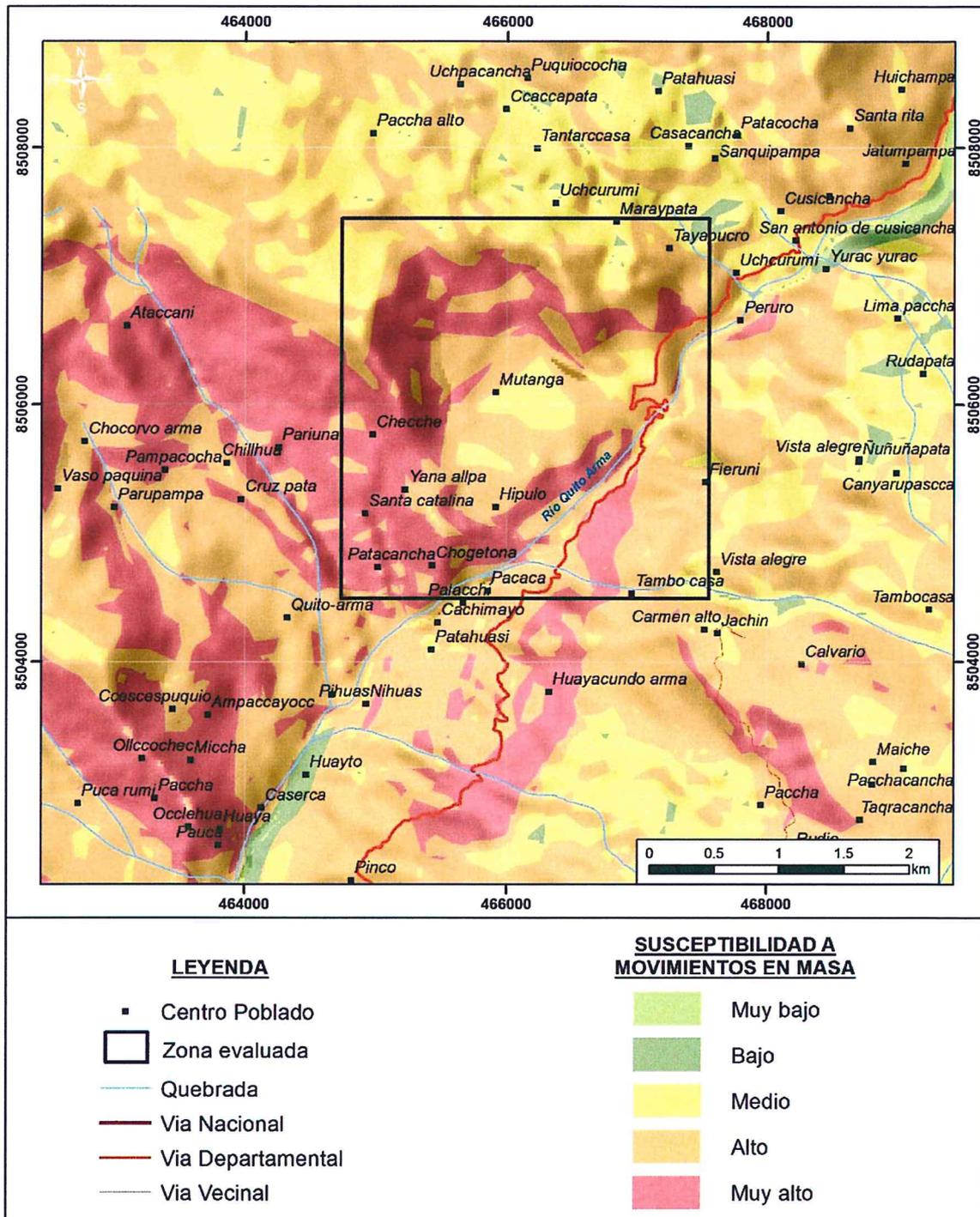


Figura 1: Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa (tomado del estudio de Peligro geológico en la región Huancavelica”, Vilchez, M. y Ochoa, M., inédito).

- En el boletín N° 49, serie A, Carta Geológica Nacional: “**Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chocorvos y Paras**” (1964), se describe la geología presente en la zona evaluada; las secuencias sedimentarias y volcánico sedimentarias se describen de forma general.
- En la “**Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos**” (2003), se revisa y actualiza la geología del respectivo cuadrángulo, donde se cartografía nuevas formaciones, entre ellas se tiene a la Formación Hualhuani, Formación Murco, Formación Auquivilca, y Formación Gramadal; los depósitos volcánicos fueron individualizados, determinando sus probables aparatos volcánicos.
- En el boletín N° 28, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “**Estudio de riesgos geológicos del Perú-franja N° 03** (2003), en el mapa de peligros geológicos múltiples el anexo de Mutanga se ubica dentro de una zona de peligro alto; conformado por terrenos de fuerte pendiente, donde se pueden presentar deslizamientos, movimientos complejos, huaicos, hundimientos y erosión fluvial.
- El “**Informe técnico N° 008-2019: Inspección preliminar de riesgos por deslizamiento rotacional en el anexo de Mutanga, distrito de Quito Arma, provincia de Huaytará – Huancavelica**”, elaborado por la Oficina de Defensa Nacional, Seguridad Ciudadana, Gestión de Riesgo de Desastres y Desarrollo Sostenible del Gobierno Regional de Huancavelica, tiene como objetivos la identificación del peligro, la vulnerabilidad y el nivel de riesgo al que está expuesto la población de Mutanga. En el documento se manifiesta la existencia de un deslizamiento iniciado en el año 2005, ubicado en la ladera noroeste de la montaña sobre la cual se asienta el poblado de Mutanga; además se pone de manifiesto que este evento se asoció a las lluvias intensas ocurridas en ese año; se describen algunos condicionantes y desencadenantes de los eventos identificados. El informe se hace a solicitud de la Institución Educativa de Mutanga, a consecuencia de la manifestación de deslizamientos causados por las lluvias intensas ocurridas en marzo del 2019.
- En el informe técnico A6834 “**Evaluación geológica-geodinámica de la quebrada Pajulla**”, distrito de Quito Arma, provincia Huaytará, región Huancavelica (2018), se hace la evaluación de peligros geológicos de la quebrada Pajulla; se describen la geología, la geomorfología y la geodinámica de la zona; además se dan las recomendaciones pertinentes para realizar una buena gestión del riesgo de desastres.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación y accesibilidad

La zona evaluada corresponde al anexo de Mutanga, ubicado en la ladera sureste del cerro Uchulhuay, que pertenece al distrito de Quito Armas, provincia de Huaytará, región de Huancavelica (figura 2); se encuentra localiza en coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) siguientes:

Anexo de Mutanga		
Norte	Este	Altitud
8505612	465818	3263 m s.n.m

El acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima, es por vía terrestre, para ello se debe seguir por la Carretera Panamericana Sur en la siguiente ruta: Lima-San Clemente-Humay-

Huancano-Huaytará-Quito Arma-Anexo Mutanga, por un tiempo estimado de 6 h 13 min, a través de 380 km aproximadamente (cuadro 1).

Cuadro 1: Rutas de acceso a la zona evaluada

Desde	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Lima a San Clemente (Pisco)	1S – asfaltada (Panamericana Sur)	244 km	3 h 22 min
San Clemente - Huaytará	28A – asfaltada (Carretera Los Libertadores)	111 km	1 h 51 min
Huaytará-Quito Arma	Carretera afirmada	16.14 km	40 min
Quito Arma – Anexo Mutanga	Trocha carrozable	9.2 km	20 min

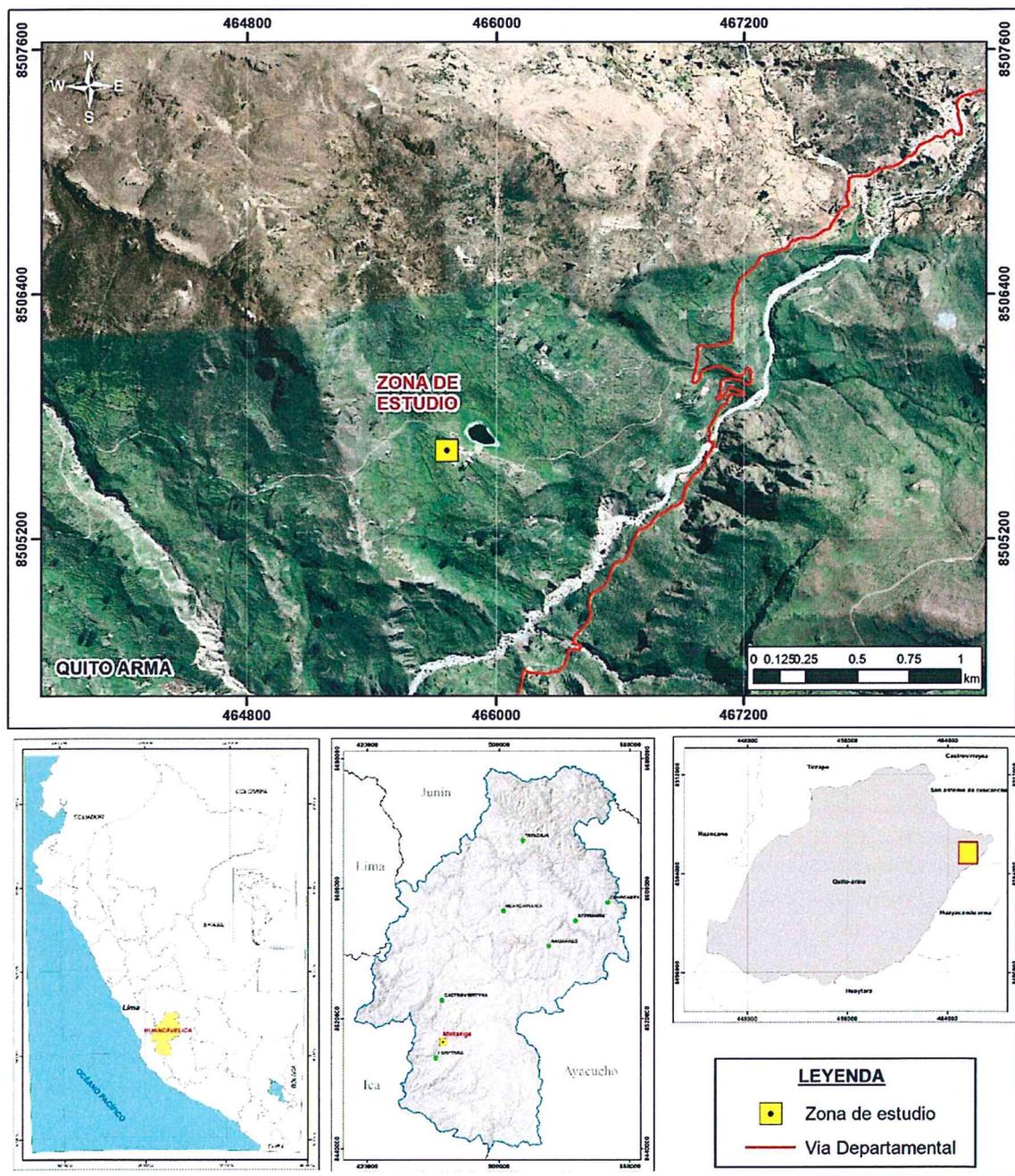


Figura 2: Mapa de ubicación de la zona inspeccionada.

2.2 Clima e hidrografía

De acuerdo con los datos climáticos (clasificación climática por el método de Thornthwaite), en el ámbito del anexo de Mutanga se tiene los siguientes tipos climáticos:

- En las vertientes del valle medio de río Quito Arma donde se encuentra asentado el poblado de Mutanga el clima es semiseco, semifrío; seco en otoño, invierno y primavera [C(o,i,p) B'3 H3].
- En las vertientes ubicadas debajo de la localidad de Mutanga el clima es semi seco, templado; seco en otoño, invierno y primavera [C(o,i,p) B'2 H3].
- En la cuenca alta del río Quito Arma el clima es lluvioso y semifrío; seco en invierno [B(i) D' H3].

Para determinar las condiciones hidrometeorológicas en la zona de estudio, se tomaron datos referenciales de la estación “Cusicancha”, registrada en la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), la cual se encuentra aproximadamente a unos 2.8 km al NO de la zona de estudio. Las cifras obtenidas indican que durante el periodo de lluvias 2019 se registró una precipitación acumulada de 383.1 mm (enero-marzo), siendo solo el acumulado del mes de enero de 113.1 mm, fecha en la que se manifiesta que iniciaron los movimientos del terreno en el poblado de Mutanga (cuadro 2).

Cuadro 2: Datos de precipitación pluvial tomados de la estación meteorológica Cusicancha.

Año 2019												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	113.1	170	100	14	8.1	0.5	0	0	10.6			

En el mapa de precipitación acumulada durante el periodo lluvioso normal elaborado por SENAMHI, se puede ver que en la zona evaluada llueve hasta 200 mm, por lo que al compararlos con los 383.1 mm de precipitación registrados el año 2019, este último valor resulta de una lluvia extraordinaria; esta condición puede cambiar cuando se presenta el fenómeno El Niño en la zona, como sucedió el año 1997-1998, donde se registraron valores de precipitación en la zona evaluada de hasta más de 400 mm.

La red hidrográfica en la zona de estudio tiene como curso principal al río Pisco, en el cual confluye por su margen izquierda a la altura de la localidad de Pampano el río Huaytará, que resulta de la confluencia de las aguas de los ríos Vizcacha y Quito Arma; en este último a 5 km de la confluencia, en su margen derecha se localiza el anexo de Mutanga.

3. GEOLOGÍA

En el contexto regional las unidades geológicas que afloran en la zona son de origen sedimentario, volcano-sedimentario y volcánico; la base de la secuencia estratigráfica está conformada por el secuencias sedimentarias del Grupo Yura, del Jurásico Superior; le siguen rocas volcano-sedimentarias del Grupo Sacsacero, del Eoceno; continúan derrames volcánicos de la Formación Caudalosa, del Neógeno; finalmente, se tiene una cobertura superficial cuaternaria conformada por depósitos deluviales, coluvio-deluviales, aluviales y fluviales.

A continuación, se presenta de manera resumida una descripción de las principales formaciones geológicas que afloran en el Anexo de Mutanga y alrededores.

3.1 Unidades litoestratigráficas

A) MESOZOICA

Grupo Yura: alrededores de la zona evaluada afloran solo dos de los cuatro miembros que conforman este grupo, siendo estas las siguientes formaciones:

Formación Cachíos (Jm-ca): Esta secuencia sedimentaria estructuralmente se orientan en dirección noroeste-sureste, se presentan fuertemente plegadas; puede alcanzar espesores de hasta 400 m en el sector de Huayacucndo Arma. La Formación eta constituida por arcillitas pizarrosas y cuarcita negra, grisácea de grano medio a fino en estratos inferior a un metro de grosor, con estratificación cruzada. En las inmediaciones de la localidad de Quito Arma la secuencia es de dominio pelítico, fisible, nuduloso, y cerca al contacto fallado con la Formación Labra se encuentran estratos delgados de 10 a 20 cm de grosor de cuarcita negra grisácea, que hacia arriba van aumentando las cuarcitas y disminuyen las pelitas (figura 5). Se le asigna a la formación una edad Kimeridgiano-Titoniano (Jurásico superior).

Formación Labra (Js-la): Litológicamente está constituida por una secuencia monótona de cuarciarenitas de color gris blanquesinas en estratos gruesos tabulares con estratificación oblicua, intercaladas con niveles delgados de arcillitas pizarrosas color negro (figura 3 y 5). En la zona de Quito Arma está en contacto fallado con la Formación Cachíos y se tiene un dominio creciente de cuarciarenitas sobre las pelitas; al ser afectadas por intemperismo en superficie presentan una coloración parda. Las rocas de esta secuencia se encuentran muy tectonizadas (plegadas y falladas), se estima un grosor de 500 m en la zona de Huayacucndo Arma. La edad asignada a esta formación es Titoniano-Neocomiano (Jurásico superior – Cretáceo inferior).

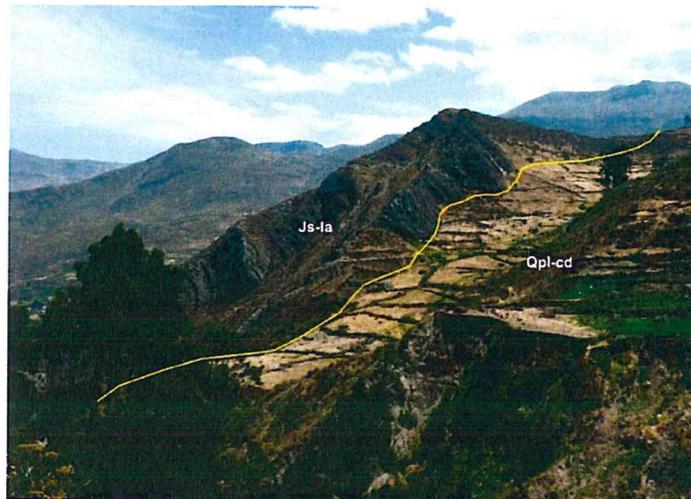


Figura 3: Vista con dirección hacia el noroeste donde se puede observar la secuencia de areniscas de la Formación Labra que buzan en forma lateral a la ladera de la montaña; en contacto con depósitos coluvio-deluviales formados por el material de un antiguo megadeslizamiento.

B) CENOZOICA

Grupo Sacsaquero: Se trata de una secuencia volcano-sedimentaria, donde se han diferenciado tres unidades denominadas Sacsaquero inferior, Sacsaquero medio y Sacsaquero superior; cubren discordantemente a unidades inferiores del Grupo Yura; se le asigna una edad Paleógeno. En la zona evaluada afloran las siguientes unidades.

Sacsaquero inferior: Se encuentra conformado por una secuencia volcanoclástica bien estratificada; inicia con un estrato grueso de brechas volcánicas con clastos subredondeados a subanguloso en una matriz de toba de cenizas bien compactas y un nivel de toba de cristal; hacia

arriba se presentan niveles de arenas cuarzo feldespática tobácea de color pardo a verde grisáceo, interestratificado con limos.

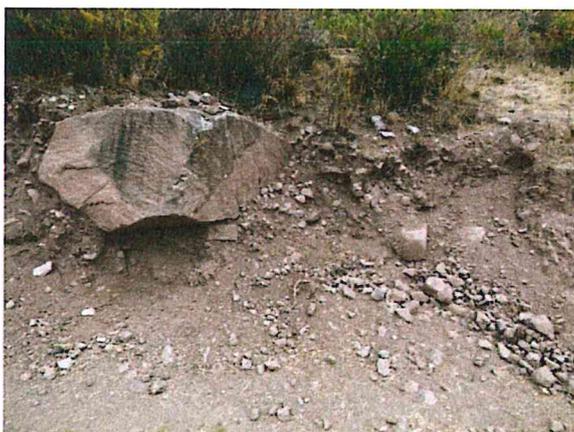
Sacsaquero superior (P-sa_s): Tiene una gran extensión, esta unidad se encuentra en contacto discordante con el Grupo Yura; están constituidos por estratos gruesos de toba ignimbrítica líticas color rosado, pómez y biotita interestratificada con niveles de lavas andesíticas y dacíticas; se estima un espesor de 200 m (figura 4 y 5).



Figura 4: Vista con dirección hacia el norte donde se puede observar en la parte superior los niveles volcánicos del Grupo Sacsaquero (P-sa_s); en la parte inferior de la imagen se observa el depósito coluvio-deluvial (Qpl-cd) con bloques grandes en la parte superior del depósito.

Formación Caudalosa (N-II/tbli+bio / N-II/av): Se encuentra compuesta por un conjunto de centros volcánicos con características litológicas propias, entre las cuales se encuentra el centro volcánico Lihua que aflora el sector suroeste de la zona evaluada, ubicando se en la parte alta de las cadenas montañosas localizados en la margen izquierda del río Quito Arma. Este volcánico esta conformado por lavas traquiandecíticas, andesitas porfiríticas y dacitas, también se presentan flujos con bloques y clastos. Se le asigna una edad Miocena.

Depósitos coluvio-deluviales (Qpl-cd): Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos. Los depósitos coluviales se encuentran formados por acumulaciones ubicadas al pie de taludes escarpados de bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, 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 este tipo de depósito se encuentran los materiales generados por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, etc. Los depósitos son de tipo arcillo limo-gravoso con bloques, de plasticidad media a alta. Este depósito tiene asignada una edad Cuaternario-Pleistocena (fotografía 1, figuras 3, 4 y 5).



Fotografía 1: Vista del depósito de coluvio-deluvial conformado por arcillas, limos, gravas y bloques de gran tamaño, que pueden alcanzar más de 3 m de logitud.

Depósitos deluviales (Qpl-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; son depósitos de ladera removidos por agua de lluvia; se le asigna una edad Cuaternario-Pleistocena (figura 5).

Depósitos aluviales (Qh-al): Conforman llanuras antiguas y/o niveles de terrazas adyacentes a los valles; se les encuentra formando terrazas de dimensiones reducidas en ambos márgenes del río Quito Arma. Están compuestos por una mezcla de fragmentos heterométricos y heterogéneos (bolos, gravas, arenas, etc.), redondeados a subredondeados, transportados por la corriente de los ríos y quebradas. Tienen regular a buena selección y se presentan estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial; son de edad Cuaternario-Holocena (figura 5).

Depósitos fluviales (Qh-fl): Los constituyen los materiales de los lechos de los ríos o quebradas, terrazas bajas y llanura de inundación. Son depósitos heterométricos constituidos por bolos, cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y arenolimosos. Son transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por el curso actual del río y ubicados en su llanura de inundación. Son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles, cuya permeabilidad es alta. En la zona de estudio se encuentra este tipo de depósito en el lecho del río Quito Arma (fotografía 2 y figura 5); son de edad Cuaternario-Holocena.



Fotografía 2: Vista con dirección hacia el sur donde se puede observar el material fluvial en el cauce del río Quito Arma conformado principalmente por gravas y arenas, con gran cantidad de bloques.

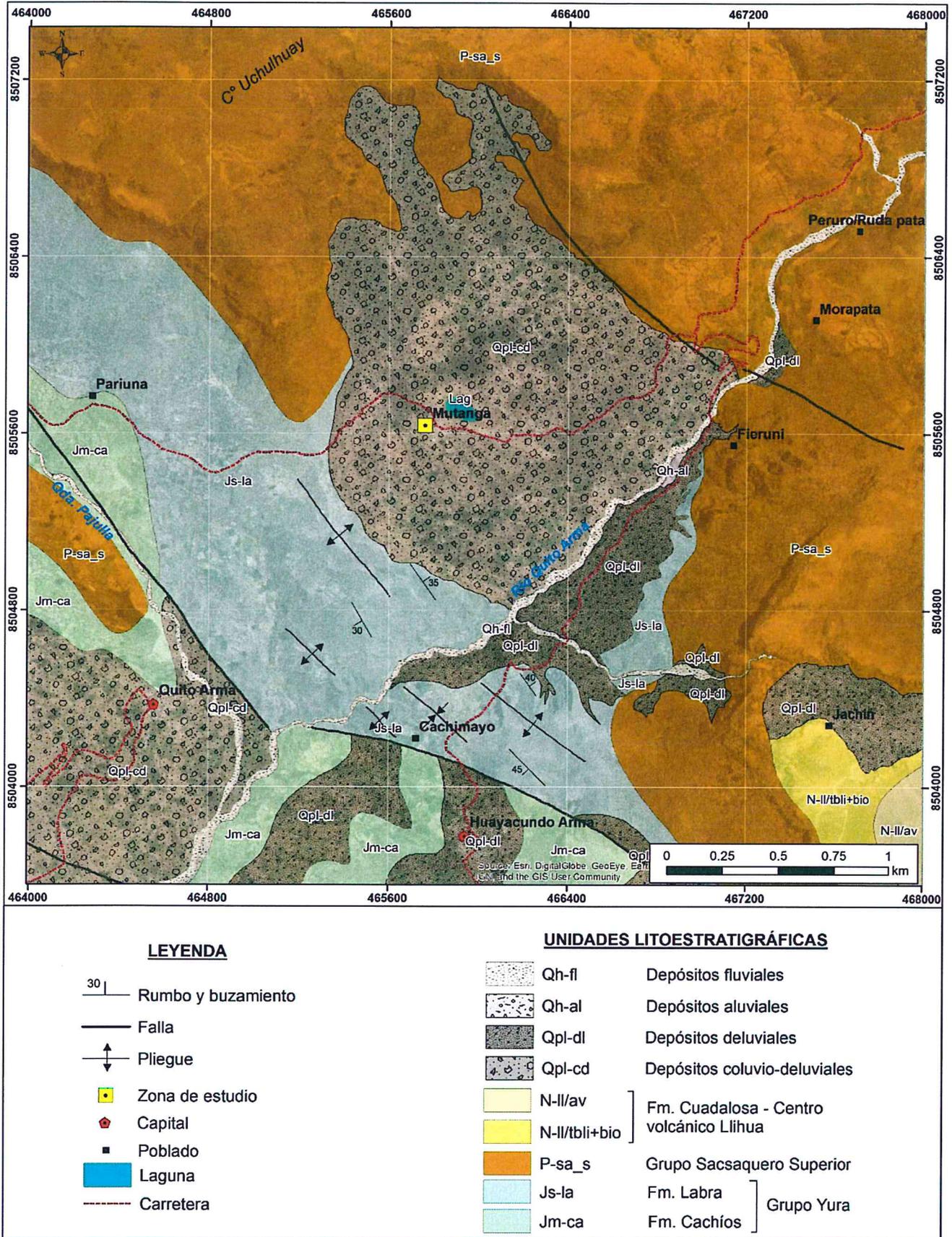


Figura 5: Mapa geológico de la zona evaluada.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1 Pendiente del terreno

La pendiente de las vertientes del río Quito Arma que corresponde a los distritos de Quito Arma y Huayacundo Arma, están dentro un rango que va desde fuerte (5° - 15°), muy fuerte (25° - 45°) a muy escarpado ($> 45^{\circ}$); en el caso específico del anexo de Mutanga, este se encuentra en una planicie-ondulada con pendientes de inclinación suave (1° - 5°) a moderada (5° - 15°) que vendría a ser el cuerpo de un megadeslizamiento antiguo. El cauce estrecho del río Quito Arma tiene pendiente de inclinación suave (1° - 5°) (figura 6).

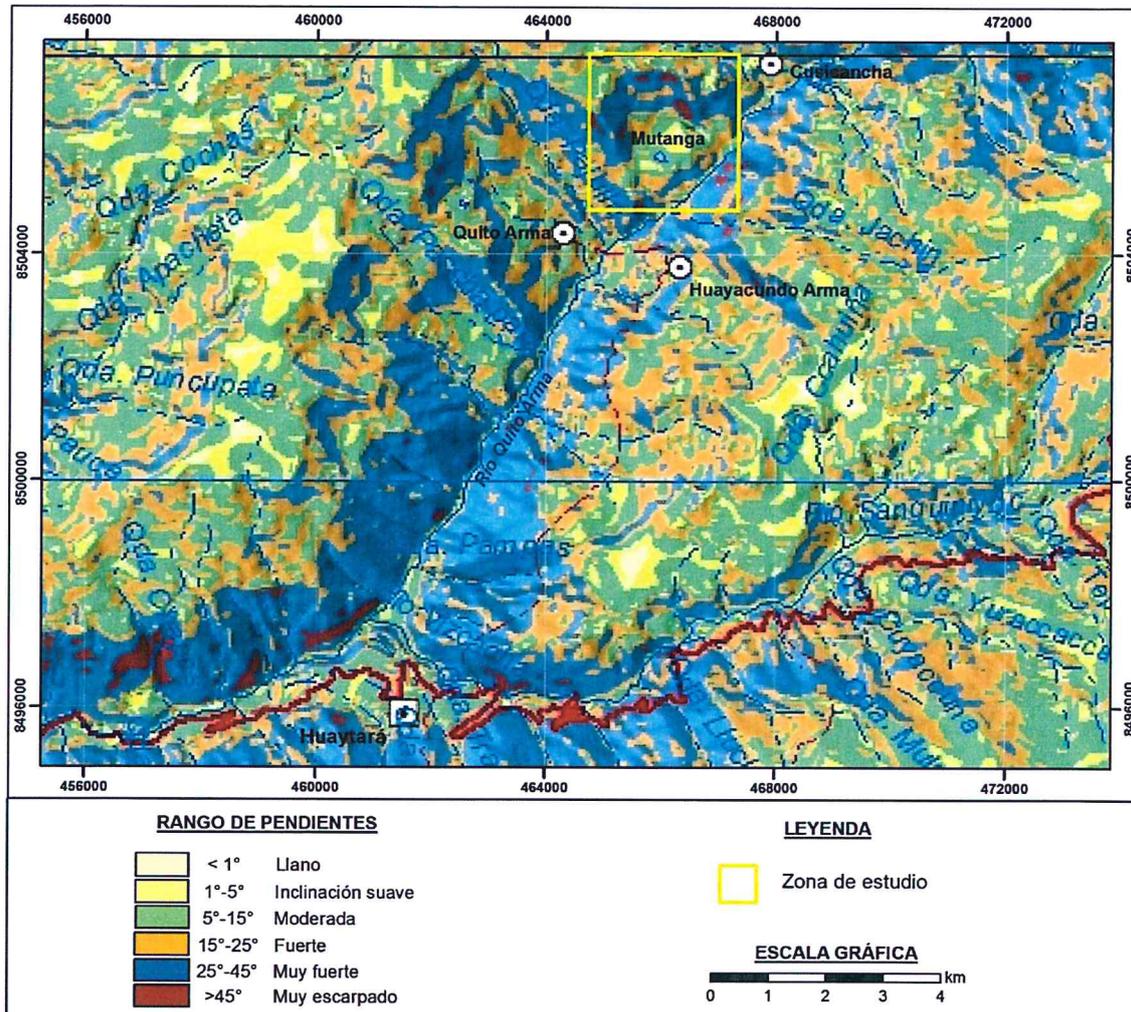


Figura 6: Mapa de pendientes de la zona evaluada y alrededores.

4.2 Unidades geomorfológicas

En la zona evaluada y sus alrededores se han identificado las siguientes geoformas:

4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

- A) **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.

Subunidad de Montañas en roca sedimentaria (RM-rs): Estas montañas han sido levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía, los glaciares y el agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad. En estas montañas el plegamiento de las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias, sin que lleguen a constituir cadenas montañosas (figuras 7 y 8).

En la zona evaluada corresponde a montañas modeladas en afloramientos de rocas sedimentarias del Grupo Yura (Formaciones Labra y Cachíos); las rocas son de tipo pizarras, lutitas negras, intercaladas cuarciarenitas. Geodinámicamente asociadas a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos, flujos de detritos y procesos de erosión de laderas.

Subunidad de Montañas en roca volcánico-sedimentaria (RM-rvs): Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de asociaciones de rocas volcánico-sedimentarias, de tipo tobas y lavas dacíticas y andesíticas intercaladas con areniscas, limos y brechas volcánicas del Grupo Sacsacero. Estas secuencias también presentan huellas de los efectos de procesos fluvio-erosionales, glaciares y glacio-fluviales; se observa una intensa erosión glaciar; presentan pendientes de fuerte a muy escarpada (figuras 7 y 8). Se asocia a la ocurrencia de derrumbes, caída de rocas, flujos y deslizamientos.

Subunidad de Montañas en rocas volcánicas (RM-rv): Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánicas de tipo andesitas, lavas traquiandesíticas, dacitas y flujos de bloques, que corresponden a volcánicos de las Formaciones Cuadalosa (Centro volcánico Lihua), que fueron depositados por la actividad volcánica explosiva y efusiva que se produjo en el Neógeno-Mioceno (figuras 7 y 8); estos depósitos fueron afectados por procesos fluvio-erosionales, glaciares y glacio-fluviales.

Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas en los valles y suavemente inclinados en las altiplanicies; la red de drenaje es subdendrítica a subparalela. Geodinámicamente, está asociada a la ocurrencia de flujos de detritos y deslizamientos que llegan a ser mega eventos, derrumbes y caída de rocas desde las cumbres y acantilados modelados por actividad fluvial y glaciar.

4.2.2 Geformas de carácter 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; se tienen las siguientes unidades y subunidades:

A) UNIDAD DE PIEDEMONTE

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

Subunidad de vertiente o piedemonte deluvial (V-de): Sub-unidad conformada por la asociación de conos y abanicos de origen deluvial que se depositan de forma sucesiva al pie de laderas o acantilados; en la zona evaluada estos depósitos han sido identificados principalmente en la margen izquierda de valle del río Quito Arma (figura 7 y 8). Se asocian a la ocurrencia de flujos de detritos, deslizamientos y procesos de erosión de laderas.

Subunidad de 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, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa. Esta unidad fue identificada en la localidad de Mutanga, la cual se encuentra asentada sobre este tipo de geoforma (figuras 7 y 8).

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.

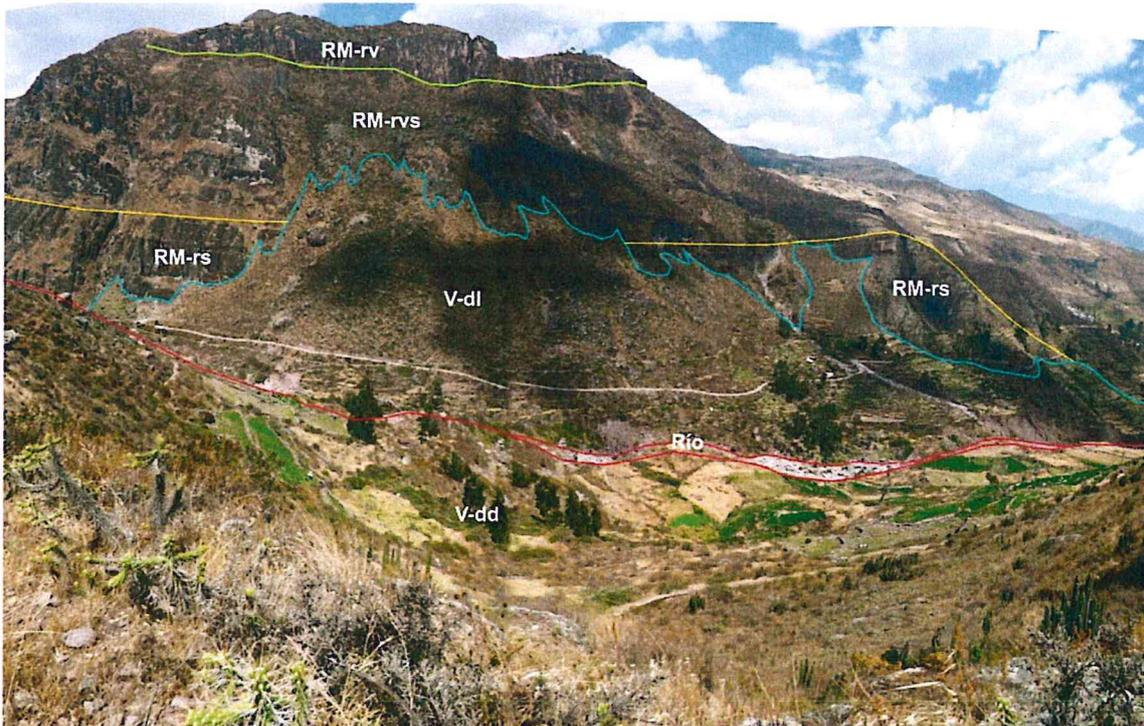


Figura 7: Vista con dirección hacia el sur de la margen izquierda del río Quito Arma donde se han señalado las subunidades de montaña en roca sedimentaria (RM-rs), volcánico-sedimentario (RM-rvs) y volcánica (RM-rv); el pedemonte deluvial (V-dl), la vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) y el cauce del río Quito Arma.

B) PLANICIES

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya sea que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras. Están determinadas por una acción prolongada de los procesos denudacionales y por la acumulación de material de actividad fluvial y volcánico piroclástico que cubre superficies preexistentes.

Terraza aluvial (T-al): Es el depósito de materiales no consolidados acumulados por acción de los cursos hídricos. Generalmente presenta pendientes suaves y se ubican de forma adyacente al lecho del cauce del río Quito Arma. Los materiales que lo conforman son de diferentes composiciones, tamaños y de geometrías subredondeadas a redondeadas.

Esta es una unidad importante por constituir una evidencia de los pasados eventos de avenidas e inundaciones en la zona; actualmente son usada como terrenos de cultivo.

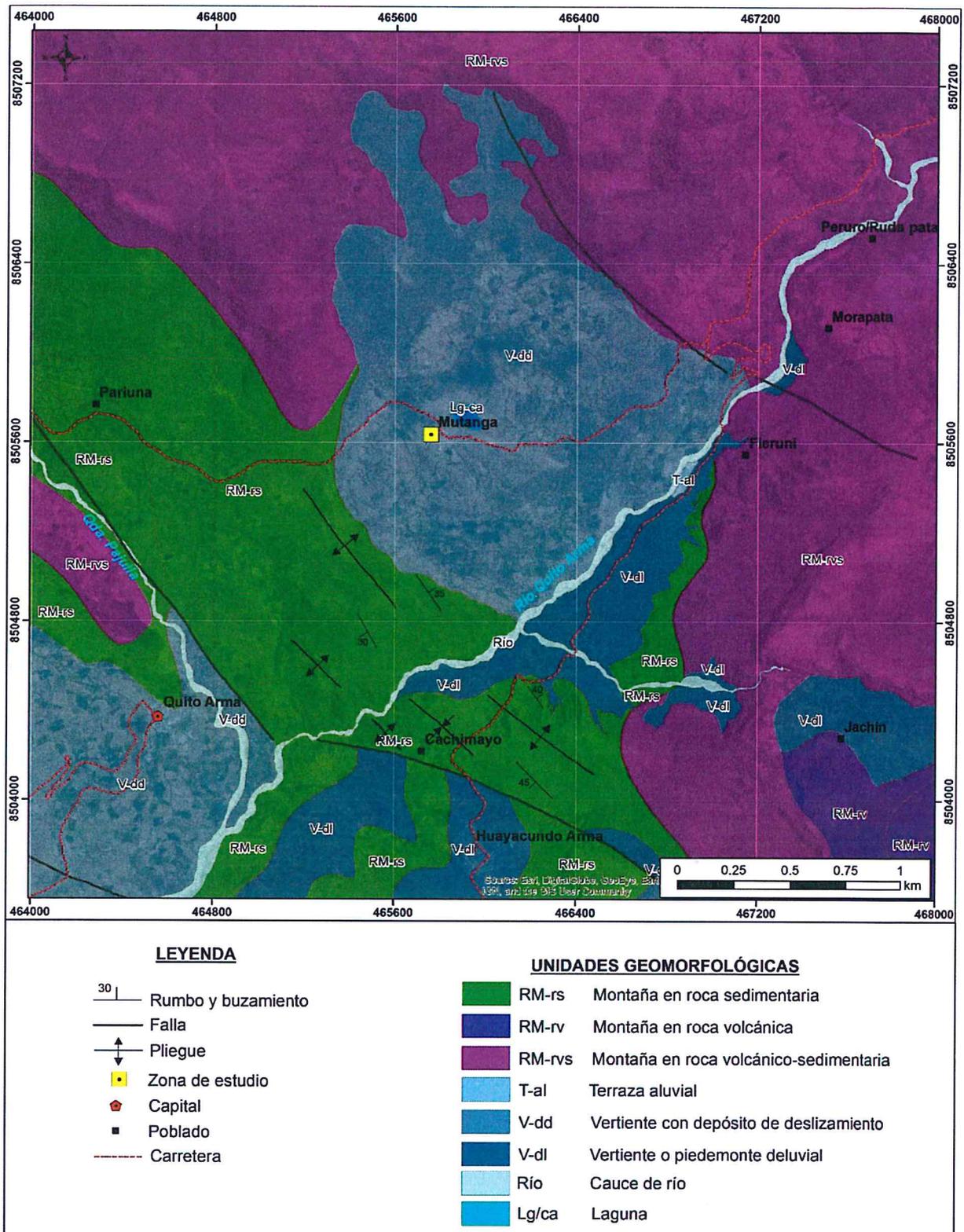


Figura 8: Mapa geomorfológico del anexo de Mutanga y alrededores.

C) GEOFORMAS PARTICULARES

Cauce de río (Río): Se refiere a los cursos de agua que por lo general presentan caudales valorables durante todo el año como el río Quito Arma (figuras 7 y 8).

Laguna y cuerpos de agua (lg/ca): Dentro de esta unidad se reúne a todos los cuerpos de agua de origen natural (lagunas) y artificial (represamientos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo. Las lagunas resultan de la acumulación de agua en depresiones del terreno producidos por diversos procesos geológicos (de origen tectónico, gravens, bloques fallados, cono volcánico, de barrera, etc.); tienen menor extensión que un lago, su forma es variada y depende de la estructura geológica precedente o erosionada, del tipo de roca, su fracturamiento, etc. Para el caso particular de la laguna de Mutanga tiene su origen en un megadeslizamiento en cuyo cuerpo se formó una pequeña cuenca que permite la acumulación de agua (fotografía 3).



Fotografía 3: Vista con dirección hacia el sur donde se puede observar la laguna de Mutanga.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS - CONCEPTOS GENERALES

Los peligros geológicos identificados en la zona evaluada corresponden a subtipos agrupados en movimientos en masa y los denominados otros peligros geológicos, los cuales serán descritos a continuación.

5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa

Los de peligros geológicos reconocidos en la zona inspeccionada corresponden al grupo de los movimientos en masa, denominados como derrumbe, deslizamiento y reptación de suelos (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.

5.1.1 Derrumbes

Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (figura 9). 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 rocas sedimentarias,

volcánica, volcánico-sedimentaria y depósitos poco consolidados, también se presentan en rocas ígneas fracturadas.

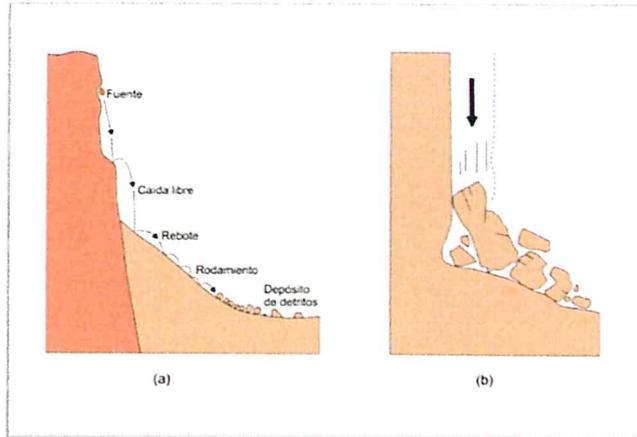


Figura 9: Esquema de un derrumbe.

5.1.2 Deslizamiento

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

En el anexo de Mutanga se identificó por medio de la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales disponibles en la plataforma Google Earth de diferentes años, la presencia de un gran deslizamiento rotacional que se está reactivando.

a) Deslizamiento rotacional

En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal (figura 10). La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es autodeslizante y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

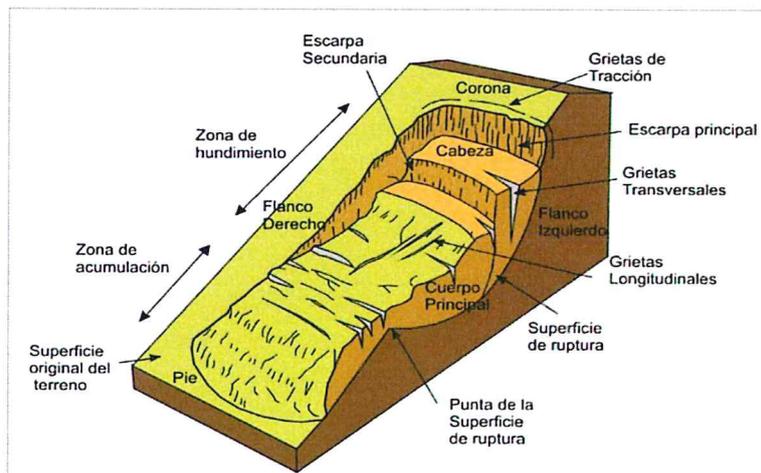


Figura 10: Esquema de un deslizamiento rotacional donde se muestran sus diferentes partes.

5.1.2 Reptación

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (figura 11).

Dentro de este movimiento se incluyen la solifluxión y la gelifluxión; este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.

La reptación de suelos y la solifluxión son importantes en la contribución a la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de alta pendiente. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos de detritos superficiales y de avalanchas de detritos.

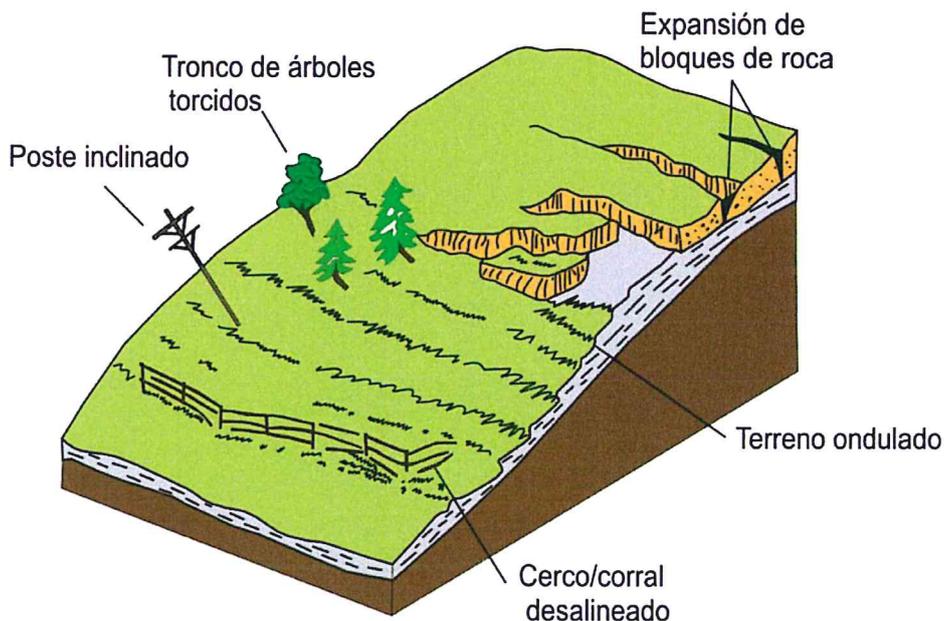


Figura 11: Esquema de una ladera afectada por reptación de suelos.

5.2 OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS

Dentro de esta clasificación se agrupan a los procesos que no han sido considerados como movimientos en masa, pero que en su origen y mecanismo de movimiento involucra material geológico, estos son los hundimientos, erosión de laderas, erosión fluvial y arenamientos. En la zona evaluada se identificó el proceso de erosión de fluvial.

5.2.1 Erosión fluvial

Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos, socavando los valles, profundizándolos, ensanchándolos y alargándolos (Dávila, J., 1999).

Se consideran como los factores más importantes que condicionan la ocurrencia de erosión fluvial son: la cobertura vegetal, la geomorfología y el clima.

En la zona de evaluación se pudo identificar este tipo de peligro en el valle del río Quito Arma, donde se viene produciendo el socavamiento de ambas márgenes, que afecta el pie de la ladera de forma más intensa en la margen derecha, donde se encuentra asentada la localidad de Mutanga.

Este proceso desestabiliza los terrenos y condiciona la ocurrencia de los deslizamientos identificados en esta zona.

6. MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO DE MUTANGA

6.1 Megadeslizamiento antiguo de Mutanga

En la ladera sur del cerro Uchulhuay en coordenadas UTM WGS-84: 8506869 N, 465589 O y 3630 m s.n.m. se ubica un megadeslizamiento, en cuyo cuerpo se encuentra asentado el anexo de Mutanga; este deslizamiento tiene ubicado su escarpe principal en las rocas volcánico-sedimentarias del Grupo Sacsacero. El deslizamiento causó el colapso de la ladera y el material movilizado configuró un terreno ondulado (colinas pequeñas) a plana en algunos sectores; es en una de las concavidades formadas en la superficie del cuerpo del megadeslizamiento donde se acumula el agua que forma la laguna de Mutanga (figuras 12, 13, 24 y 34). El megadeslizamiento tiene las siguientes dimensiones y características:

- Ancho de escarpa: 1400 m
- Forma de la escarpa: Irregular a semicircular
- Salto principal: 320 m (aproximadamente)
- Saltos secundarios: No presenta
- Velocidad del movimiento: Rápido (estimado)
- Dirección (azimut) del movimiento: N 145°
- Presencia de una escarpa secundaria en el extremo izquierdo de la escarpa del deslizamiento.
- Grietas longitudinales: No se observa
- Longitud horizontal de la corona a la punta: 2450 m
- Longitud inclinada de la corona a la punta: 2580 m
- Diferencia de altura de la corona a la punta del deslizamiento: 750 m
- Edad estimada del evento: Activo
- Actividad del movimiento
 - Estado: Reactivado
 - Estilo: Único
 - Distribución: Avanzando
- Área: 3 348 979 m²



Figura 12: Vista con dirección hacia el este donde se ha demarcado con línea de color amarillo la escarpa y el cuerpo del deslizamiento de Mutanga, es posible ver parte de la laguna.



Figura 13: Vista con dirección hacia el este donde se ha demarcado con línea color amarillo la escarpa principal del deslizamiento de Mutanga, el cuerpo del deslizamiento sobre la laguna y también se encuentra asentado el poblado de Mutanga.

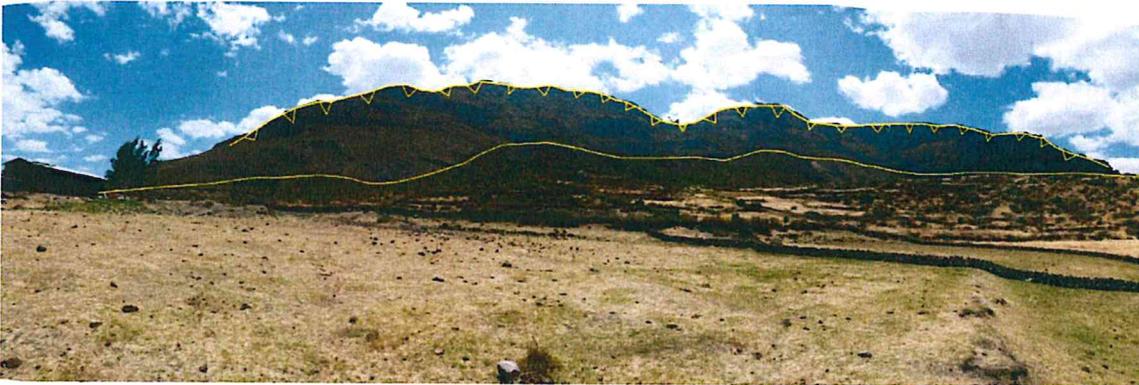


Figura 14: Vista con dirección al norte donde se señala con línea color amarillo la escarpa y el cuerpo del deslizamiento; es posible ver la forma plana y ondulada de la superficie del depósito de material removido.

Causas:

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (montañas modeladas en rocas volcánico-sedimentarias), disectadas por el valle del río Quito Arma.
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña que llega a superar los 35°.
- Características litológicas del área (afloramiento de tobas, con niveles de andesita y dacita), de una calidad geotécnica regular.
- Substrato rocoso con un grado de meteorización ligero a moderado.
- Suelos de tipo arcillo limo-gravoso con bloques.
- Presencia de varias familias de discontinuidades en las rocas.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan.
- Presencia de aguas subterráneas (manantiales de agua).
- Actividad sísmica.

Daños:

- Por ser un evento antiguo no se tiene registro de los daños causados al momento de su ocurrencia; el material movilizado cerro el valle del río Quito Arma, pero no llegó a formar una laguna aguas arriba de la zona de represamiento.

6.2 Derrumbes en la escarpa y punta del megadeslizamiento de Mutanga

Las zonas donde se ha identificado derrumbes dentro del mega deslizamiento de Mutanga fueron denominadas como Dr-1 y Dr-2 (figura 34).

La zona de “derrumbes Dr-1” corresponde a eventos que son resultado de reactivaciones antiguas ocurridas en la escarpa del megadeslizamiento de Mutanga (coordenadas UTM WGS-84: 8506835 N, 465170 O y 3800 m s.n.m.), que tuvieron como principal condicionante la alta pendiente de la ladera dejada por la escarpa del deslizamiento y la presencia de fracturas en las rocas volcánico-sedimentarias; en la actualidad es posible observar la acumulación de gran cantidad de material arcillo limo-gravoso con bloques de hasta 30 m de longitud, acumulados encima del cuerpo del deslizamiento (figura 15 y 34).

También fue posible observar dos zonas de derrumbe activos, el primero de tiene un área reducida y compromete el depósito de derrumbes antiguos, este evento puede ser identificado en imágenes satelitales del año 2009 (coordenadas UTM WGS-84: 8506597 N, 465817 O y 3450 m s.n.m.). El derrumbe compromete principalmente un bloque de roca de forma prismática de 33 m de longitud, que fue movilizada ladera abajo con parte del suelo coluvio-deluvial una distancia de 110 m (figura 16).



Figura 15: Vista con dirección hacia el norte donde se señala en color rojo el depósito de derrumbes antiguos, depositados encima del cuerpo del deslizamiento de Mutanga. También es posible ver en el lado derecho de la imagen (en color amarillo) el derrumbe activo ocurrido en el material coluvio-deluvial que movilizó un bloque de forma prismática.



Figura 16: Imagen satelital en la que se puede ver el ultimo evento de tipo derrumbe ocurrido dentro de material correspondiente a antiguos derrumbes; el bloque de forma prismática se movilizó ladera abajo en una longitud de 110 m.

El segundo sector afectado por derrumbes activos se ubica en el flanco derecho del megadeslizamiento y está dispuesto en forma perpendicular a la escarpa principal; los derrumbes se producen desde un acantilado subvertical de roca volcánico-sedimentaria; los materiales movilizados se acumulan al pie del talud y forman conos de talus.

Los derrumbes identificados tienen las siguientes características y dimensiones:

- Ancho promedio de la zona de arranque: Varias zonas de arranque en total 1800 m
- Forma de la superficie de rotura: Irregular
- Diferencia de altura aproximada de la zona de arranque a la base del derrumbe: 506 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 145°
- Área del derrumbe: 893 469 m²

Causas:

Dentro de las causas que condicionan la ocurrencia de los derrumbes se tienen:

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (montañas modeladas en rocas volcánico-sedimentarias).
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña que llega a ser subvertical, como consecuencia de la pared rocosa que forma la escarpa principal del megadeslizamiento antiguo.
- Características litológicas del área (tobas y lavas andesíticas, intercaladas con cuarciareniscas), de una calidad geotécnica regular.
- Suelos de tipo arcillo limo-gravoso y bloques.
- Cobertura vegetal escasa a nula.
- Presencia de varias familias de discontinuidades, entre ellas la estratificación de las rocas.
- Presencia de material de remoción antiguo.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan las rocas y los suelos desestabilizándolos.
- Actividad sísmica.

Daños:

- No se han registrado daños a consecuencia de los derrumbes, pero si representan un peligro potencial para personas y animales que transitan por la zona.

La zona de “derrumbes Dr-2” corresponde a reactivaciones ocurridas en la punta del megadeslizamiento antiguo, localizados a lo largo de la margen derecha del río Quito Arma, teniéndose como ubicación la referencial las coordenadas UTM WGS-84: 8505406 N, 466544 O y 3165 m s.n.m (fotografía 4 y figura 34).

Los derrumbes en el sector Dr-2 tienen las siguientes características y dimensiones:

- Ancho promedio de la zona de arranque: 1370 m
- Forma de la superficie de rotura: Irregular
- Diferencia de altura máxima de la zona de arranque a la base del derrumbe: 70 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 140°
- Área del derrumbe: 70 416 m²

Causas:

Dentro de las causas que condicionan la ocurrencia de los derrumbes de esta zona se tienen:

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (valle fluvial y vertiente con depósito de deslizamiento).
- Pendiente promedio del acantilado (> 40°).
- Suelos de tipo arcillo limo-gravoso y bloques.
- Cobertura vegetal escasa de tipo, matorrales, pastizales y cultivos.
- Presencia de material de remoción antiguo, susceptible a la ocurrencia de nuevos movimientos en masa (cuerpo del megadeslizamiento de Mutanga).

Del entorno geográfico:

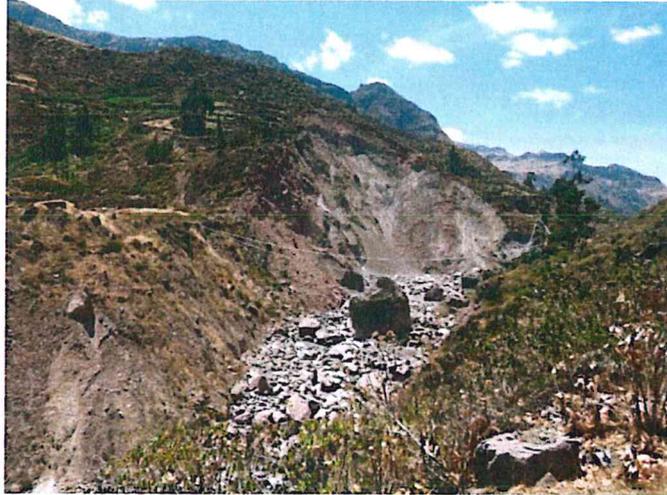
- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan las rocas y los suelos desestabilizándolos.
- Actividad sísmica.
- Presencia de agua subterránea (manantiales).
- Dinámica fluvial (socavamiento de la base del acantilado).

Factores antrópicos:

- Presencia de canales de riego que presentan fugas de agua.

Daños:

Produce la pérdida de terrenos de cultivo y afecta 35 m de canal de riego; así también, el material caído puede desviar el cauce del río Quito Arma y generar problemas de erosión de riveras en la margen izquierda del río.



Fotografía 4: Vista con dirección al norte donde se puede ver los derrumbes activos localizados en lo que vendría a ser la punta del megadeslizamiento de Mutanga; la ladera se desestabilizó por la erosión fluvial sufrida en la base de la margen derecha.

6.3 Deslizamientos rotacionales en el cuerpo y punta del megadeslizamiento de Mutanga

El cuerpo del megadeslizamiento de Mutanga presenta reactivaciones de tipo deslizamientos rotacionales en varios sectores (denominados como D1, D2, D3 y D4) y agrietamientos abiertos que producen el asentamiento del terreno, estos últimos no llegan todavía a configurar actualmente algún tipo de movimiento en masa (figura 34).

Los sectores afectados por deslizamientos activos son los siguientes:

6.3.1 Deslizamiento rotacional D1:

Ubicado en el extremo noreste de la laguna Mutanga, en coordenadas UTM WGS-84: 8505755 N, 465970 O y 3259 m s.n.m, se presenta como una escarpa de forma alargada de 90 m de longitud, un salto principal de 0.30 m, una abertura entre la escarpa y el cuerpo de 0.10 m; el evento compromete material arcillo limo-gravoso que conforma el cuerpo del megadeslizamiento de Mutanga, que se asienta con dirección a la laguna y afecta terrenos de cultivo. El área estimada que comprende este deslizamiento es de unos 305 m²; y su ocurrencia puede estar relacionada al descenso del nivel de agua de la laguna Mutanga (fotografía 5, figuras 17 y 34).



Fotografía 5: Vista con dirección hacia el este donde se puede observar el deslizamiento D1 (línea color rojo).

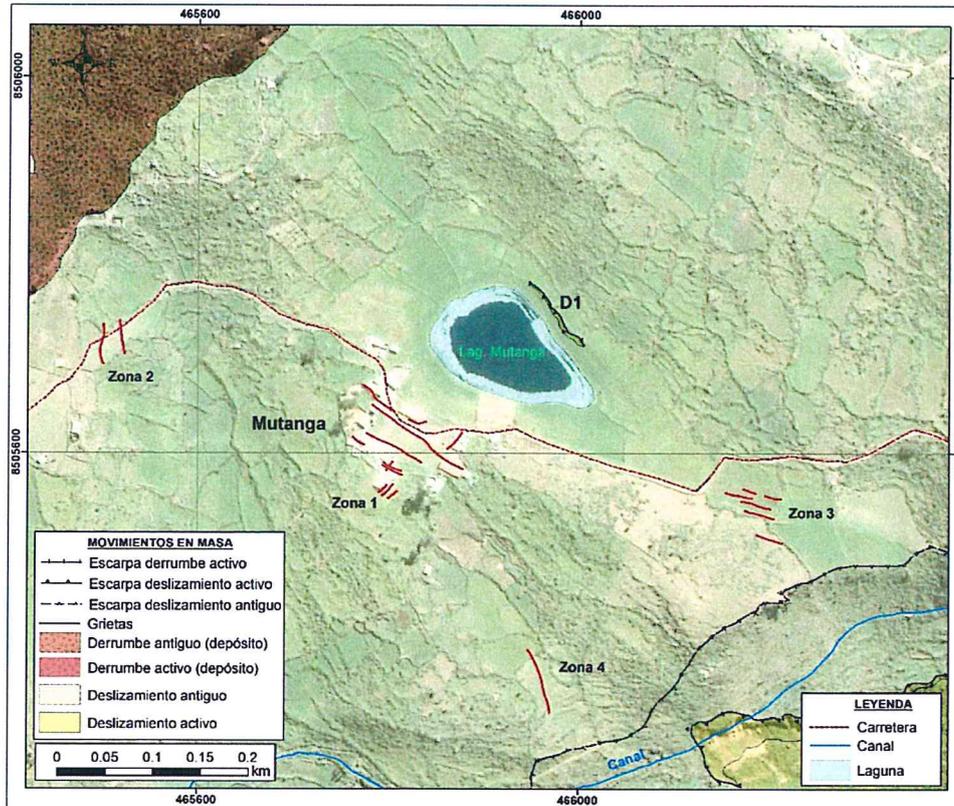


Figura 17: Mapa de peligros en los alrededores del anexo de Mutanga, se puede ver el deslizamiento D1, localizado en el extremo noreste de la laguna. También se señala en la figura la ubicación de las zonas que presentan agrietamientos en el terreno.

6.3.2 Deslizamiento rotacional D2

Deslizamiento rotacional ubicado en la punta del megadeslizamiento de Mutanga, en coordenadas UTM WGS-84: 8505274 N, 466198 O y 3166 m s.n.m, se considera como de mayor actividad en la zona; este evento tiene las siguientes características y dimensiones:

- Ancho de escarpa: 300 m
- Longitud de la escarpa: 595 m (figuras 18, 19 y 34)
- Forma de la escarpa: Irregular
- Salto principal: 10 m (fotografía 6 y 7)
- Saltos secundarios: Si, con saltos de más de 1 m
- Velocidad del movimiento: Lento (estimado)
- Dirección (azimut) del movimiento: N 160°
- Presencia de agrietamientos longitudinales en el cuerpo del deslizamiento.
- Diferencia de altura de la corona a la punta del deslizamiento: 152 m
- Longitud horizontal de la corona a la punta: 417 m
- Longitud inclinada de la corona a la punta: 440 m
- Edad estimada del evento: Activo
- Actividad del movimiento
 - Estado: Activo
 - Distribución: Avanzando y retrogresivo
- Se siguen produciendo asentamientos en el cuerpo del deslizamiento que hacen inestable la zona.
- Área: 72 102 m²

Causas:

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (vertiente con depósito de deslizamiento y valle fluvial)
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña ($> 35^\circ$).
- Características litológicas del área (depósito de remoción antiguo susceptible a que en el cuerpo del evento se generen nuevos movimientos en masa) (fotografía 8 y 9).
- Suelos de tipo arcillo limo-gravoso 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 los terrenos y los desestabilizan.
- Presencia de aguas subterráneas (manantiales de agua, formación de bofedales y lagunas de dimensión reducida) (fotografía 10).
- Actividad sísmica.

Factores antrópicos:

- Aprovechamiento de recursos hídricos (canal de agua cementado que presenta fugas en las juntas de concreto, el agua filtrada baja por la zona deslizada) (figura 20).
- Mal sistema de riego.

Daños:

- Produce la pérdida de terrenos de cultivo.
- Afecto 70 m de canal de agua sementado, el cual ha tenido que rehabilitarse por medio de una tubería flexible.
- Puede represar el cauce del río Quito Arma.



Figura 18: Vista con dirección al norte donde se señala con línea color amarillo los límites del deslizamiento activo D2 y sus saltos secundarios en el cuerpo; se señala con flechas rojas la acción erosiva de la base del talud por el caudal del río Quito Arma.

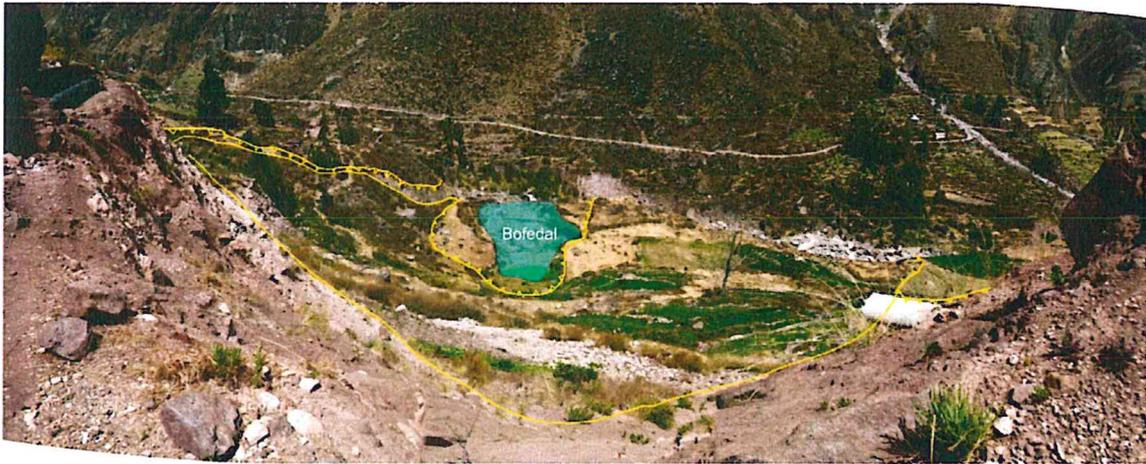
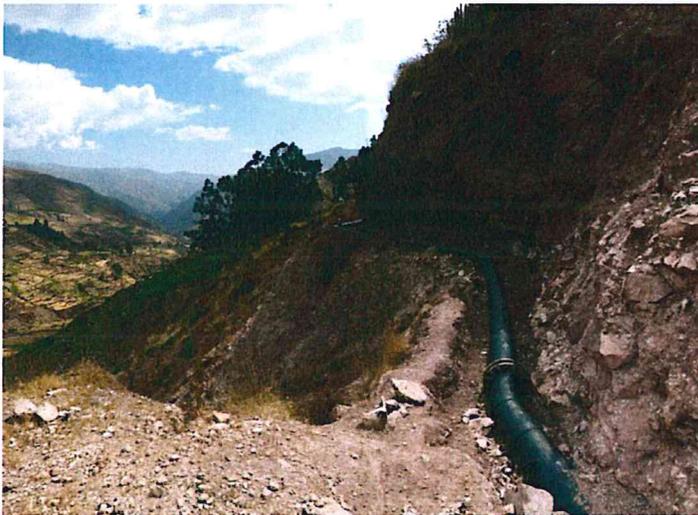
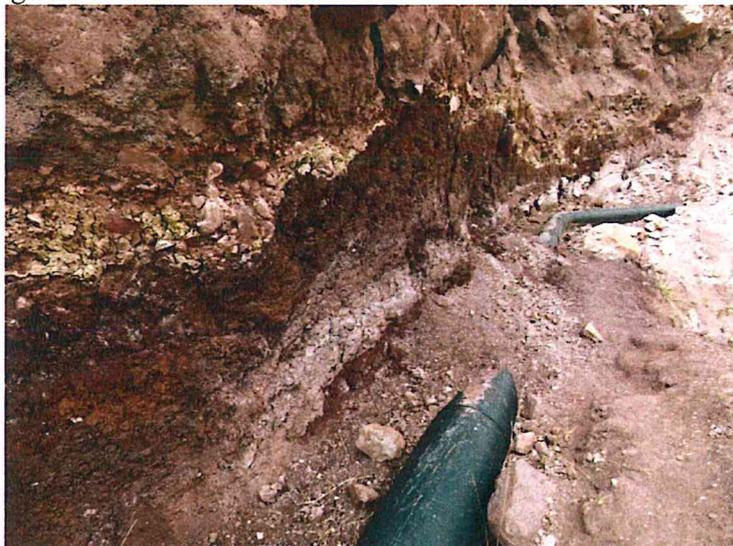


Figura 19: Vista con dirección al sur tomada desde el escarpe principal del deslizamiento D2, se marcó con línea de color amarillo los límites del evento; también se señala el bofedal y laguna formada por la acumulación de agua subterránea en la punta del deslizamiento.



Fotografías 6 y 7: Vista lateral del escarpe principal del deslizamiento D2, por esta se encuentra el trazo de canal de agua que ya fue afectado y actualmente cruza la zona por medio de una tubería flexible; es posible observar presencia de material colgado en el talud superior de corte del canal separado por una grieta abierta.



Fotografía 8: Vista del material arcillo limo-gravosos con bloques de coloración rojiza que conforma el cuerpo del megadeslizamiento de Mutanga.



Fotografía 9: Otra vista del material movilizado por el megadeslizamiento de Mutanga conformado principalmente por rocas de tipo ignimbrita que aparece fragmentado.



Fotografía 10: Vista con dirección al sur en la que se puede ver el bofedal y laguna que se forma en el cuerpo del deslizamiento D2.



Figura 20: Vista hacia el suroeste del canal de agua revestido de concreto (A), que presenta fugas de agua por las juntas, el agua filtrada discurre hacia la zona deslizada y satura los terrenos (B).

6.3.3 Deslizamiento rotacional D3

Deslizamiento activo ubicado en la punta del megadeslizamiento de Mutanga, en coordenadas UTM WGS-84: 8505178 N, 466095 O y 3143 m s.n.m, presenta una escarpa de forma semicircular alargada de 124 m de longitud; el material deslizado se depositó en la ladera y no alcanza a llegar al valle del río Quito Arma; el evento compromete material arcillo limo-gravoso con bloques que conforma el cuerpo del megadeslizamiento.

Este evento tiene como principales condicionantes la pendiente alta ($> 35^\circ$) de la punta del deslizamiento dejado por la incisión producida por el curso del río Quito Arma, el tipo de material involucrado y la presencia de agua subterránea; el desencadenante del deslizamiento es la precipitación pluvial caída en la zona. El área estimada que comprende el deslizamiento D3 es de unos 20 548 m²; y afecta terrenos de cultivo (figura 21 y 34).

6.3.4 Deslizamiento rotacional D4

Deslizamiento activo también ubicado en la punta del megadeslizamiento de Mutanga, en coordenadas UTM WGS-84: 8505080 N, 465877 O y 3129 m s.n.m; presenta una escarpa de forma irregular, dispuesta de forma longitudinal a la dirección del megaevento principal.

El deslizamiento presenta una escarpa de 350 m de longitud, compromete material arcillo gravoso con bloques de gran dimensión que conforman el cuerpo del megadeslizamiento de Mutanga, el material deslizado no llega al cauce del río Quito Arma y se encuentra colgado en la ladera (figura 21).

El deslizamiento tiene como principales condicionantes la pendiente alta ($< 35^\circ$), el material involucrado, la presencia de agua subterránea y la actividad agrícola; se considera como desencadenante del evento las precipitaciones pluviales.

El deslizamiento D4 ocupa un área de 32 489 m² y afecta terrenos de cultivo.



Figura 21: Vista con dirección al oeste en donde se ha delimitado con polígonos de color amarillo los deslizamientos D3 y D4.

6.3.5 Deslizamiento D5

Este evento fue identificado a través de la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales y correspondería a un deslizamiento rotacional reactivado en el límite entre la escarpa y el cuerpo del megadeslizamiento de Mutanga (figura 22 y 34).

La escarpa del deslizamiento D5 tiene una longitud estimada de 450 m y se encuentra ubicada al noroeste del anexo de Mutanga, en coordenadas UTM WGS-84: 8506513 N, 465353 O y 3520 m s.n.m; la distribución de su actividad es confinada, ya que solo se puede evidenciar la escarpa y no se observa una superficie de falla en el pie de la masa de terreno que se estaría desplazando. El evento tiene como principales condicionantes la pendiente alta ($< 45^\circ$), el material de remoción antiguo susceptible a que en él se generen nuevos movimientos en masa, la presencia de agua subterránea; el desencadenante sería las precipitaciones extraordinarias que caen en la zona durante los meses de diciembre a marzo, así también por actividad sísmica.

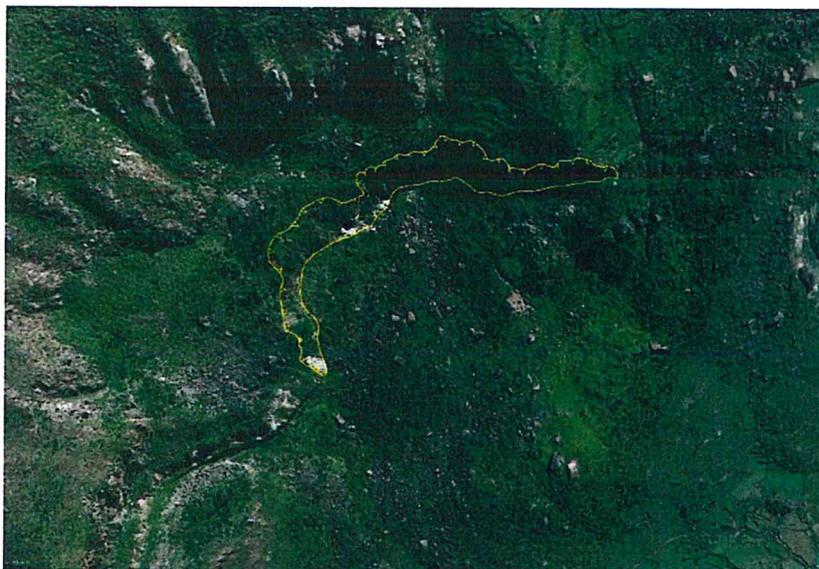


Figura 22: Imagen satelital en donde se señala con línea de color amarillo la escarpa del deslizamiento D5.

6.4 Agrietamientos en el anexo de Mutanga

En el mapa de peligros por movimientos en masa (figura 17 y 34), se muestra el cartografiado de grietas abiertas encontradas en terrenos del poblado de Mutanga y alrededores; estas grietas aparecieron después del periodo lluvioso 2019 (enero-marzo); hasta el momento que se realizó la inspección de campo, estos agrietamientos no constituyen un movimiento en masa propiamente dicho, sino que correspondería a una reactivación por sectores que se viene produciendo en el cuerpo del megadeslizamiento de Mutanga.

Se tienen las siguientes zonas donde se identificaron agrietamientos en el terreno:

a) Zona 1 (Z1)

Esta zona corresponde a la localidad de Mutanga, en cuya plaza principal se identificó dos agrietamientos paralelos, con una dirección aproximada de N 305°, con aberturas de 1-3 cm, que se prolongan por unos 140 m de longitud (figura 23, 24 y 25). Estas grietas han afectado las paredes y pisos de las viviendas de adobe, ubicadas en los alrededores de la plaza, así como de la escuela inicial e institución educativa N° 22130, construida de material noble.

En esta zona se identificó un segundo grupo de grietas en el terreno, menos persistente que tiene una dirección N 58°, afecta el piso y la estructura de la iglesia, construida de material noble (figura 25).



Figura 23: Vista con dirección al noroeste en la que se puede ver una de las grietas de dirección N 305°, se puede observar la abertura del terreno; así también se puede ver el detalle del agrietamiento de las paredes de la fachada de viviendas (A) y la parte posterior de la misma vivienda (A) y de otra contigua (B).

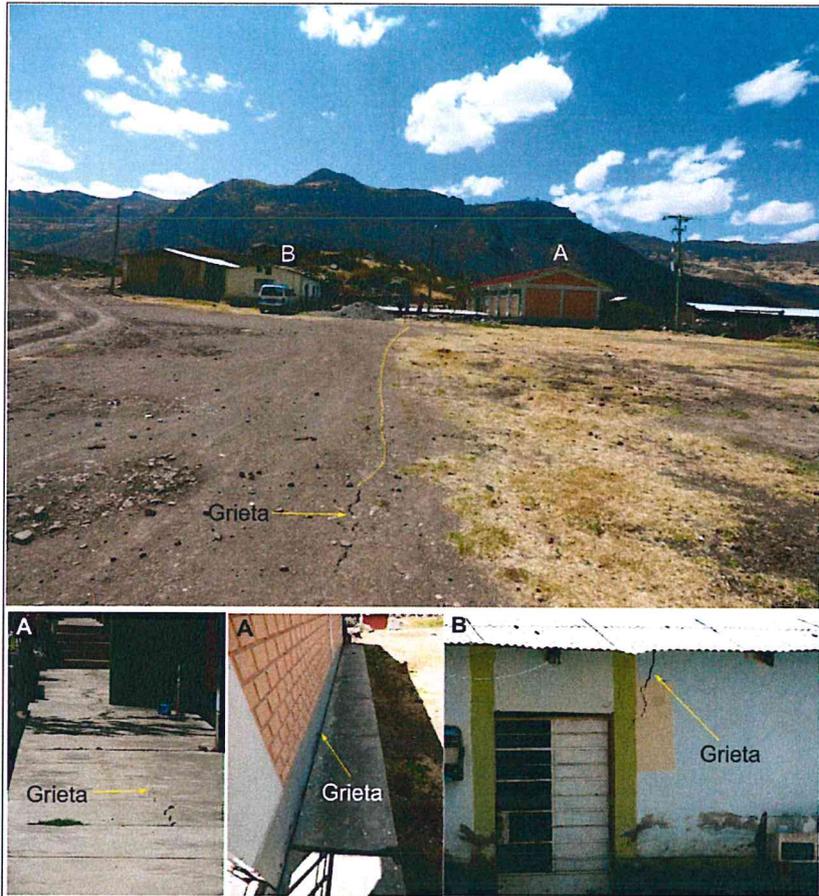


Figura 24: Vista con dirección al sureste donde es posible ver las grietas y sus efectos en pisos y paredes de la institución educativa N° 22130.



Figura 25: Vista con dirección al noroeste donde se muestra la grieta paralela a la descrita en las figuras 23 y 24 que afecta viviendas de adobe.

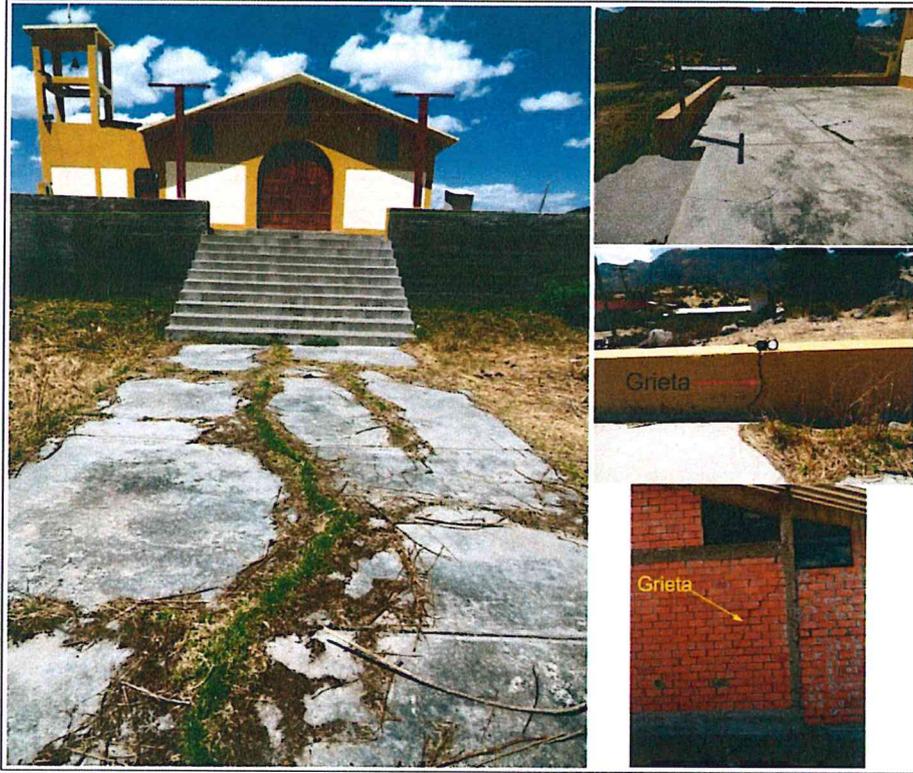


Figura 26: Agrietamientos en vereda de concreto que da acceso a la iglesia de Mutanga, así como es los pisos y paredes.

b) Zona 2 (Z2)

Ubicado al noroeste de la zona poblada de Mutanga, en coordenadas UTM WGS-84: 8505706 N, 465495 O y 3284 m s.n.m; los agrietamientos presentan dos direcciones preferenciales N 170° y N° 190°, tienen aberturas del orden de los 2 cm a más, cruzan la carretera de acceso a la localidad de Mutanga y produce un ligero asentamiento de la vía (figura 27 y 28).



Figura 27: Vista con dirección al norte, se puede observar la grieta abierta en el terreno que tiene orientación N 170°.



Figura 28: Vista con dirección hacia el norte, se observa la grieta de orientación N 190° (línea punteada de color amarillo) que intersecta la trocha de acceso a la localidad de Mutanga.

c) Zona 3 (Z3)

Esta zona se encuentra ubicada al sureste de la laguna de Mutanga, en coordenadas UTM WGS-84: 8505536 N, 466184 O y 2827 m s.n.m; se trata de un agrupamiento de grietas abiertas en el terreno, que siguen una dirección preferencial N 114°; aparecen dispersas y su continuidad se interrumpe, tienen aberturas del orden de los 2 cm y su continuidad no ha podido ser evidenciada en terrenos de cultivo contiguos, por encontrarse cubiertos por plantaciones de trigo (figura 29).

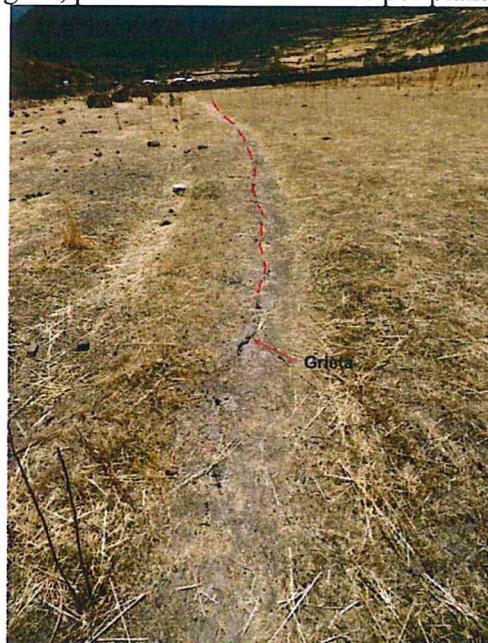


Figura 29: Vista con dirección hacia el noroeste, se observa la grieta de orientación N 114°, hacia el fondo viviendas de la localidad de Mutanga.

d) **Zona 4 (Z4)**

Sector ubicado al sureste de la localidad de Mutanga, en coordenadas en coordenadas UTM WGS-84: 8505377 N, 465953 O y 3236 m s.n.m, se presenta una grieta de orientación N 160°, con abertura de 2 cm, que se extiende por una longitud aproximada de 60 m (figura 30).



Figura 30: Vista con dirección al sureste donde se señala con flecha de color rojo la grieta en el terreno de cultivo.

Causas:

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (colinas y planicie ondulada)
- Características litológicas del área (depósito de remoción antiguo susceptible a que en el cuerpo del evento se generen nuevos movimientos en masa).
- Suelos de tipo arcillo limo-gravoso con bloques.
- Cobertura vegetal de tipo pastizales, cultivos y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos.
- Presencia de aguas subterráneas (manantiales de agua).
- Actividad sísmica.

Factores antrópicos:

- Ocupación inadecuada del suelo; la localidad de Mutanga se asienta sobre el cuerpo de un deslizamiento antiguo de gran magnitud.
- Aprovechamiento de recursos hídricos (canal y pozas de agua sin revestimiento) (figura 31 y 32).
- Mal sistema de riego.



Figura 31: Se puede observar en la imagen los canales de agua sin revestimiento, desde donde infiltra agua hacia el subsuelo.



Figura 32: Vista con dirección al sur donde se observa poza de agua sin revestimiento alguno.

Daños:

- Produce agrietamientos en paredes y pisos de viviendas, iglesia y colegios, esto puede producir la pérdida total de las construcciones; así también puede comprometer la seguridad física de las personas que las habitan.

6.5 Reptación (R)

El sector donde se identificó procesos de reptación de suelos se ubica al sur de la localidad de Mutanga, en coordenadas UTM WGS-84: 8505029 N, 465780 O y 3129 m s.n.m; corresponde a una inflexión alargada labrada dentro del cuerpo del megadeslizamiento de Mutanga, que tiene un área de 53 300 m². El terreno se presenta removido, con irregularidades en la superficie, no se puede definir una superficie de falla. Las principales condicionantes de su ocurrencia son la pendiente del terreno, el tipo de suelo y la presencia de humedad en el suelo; el evento afecta terrenos de cultivo (figura 33). El evento afecta terrenos de cultivo.



Figura 33: En la vista se señala en color amarillo la zona donde se presenta procesos de reptación de suelos.

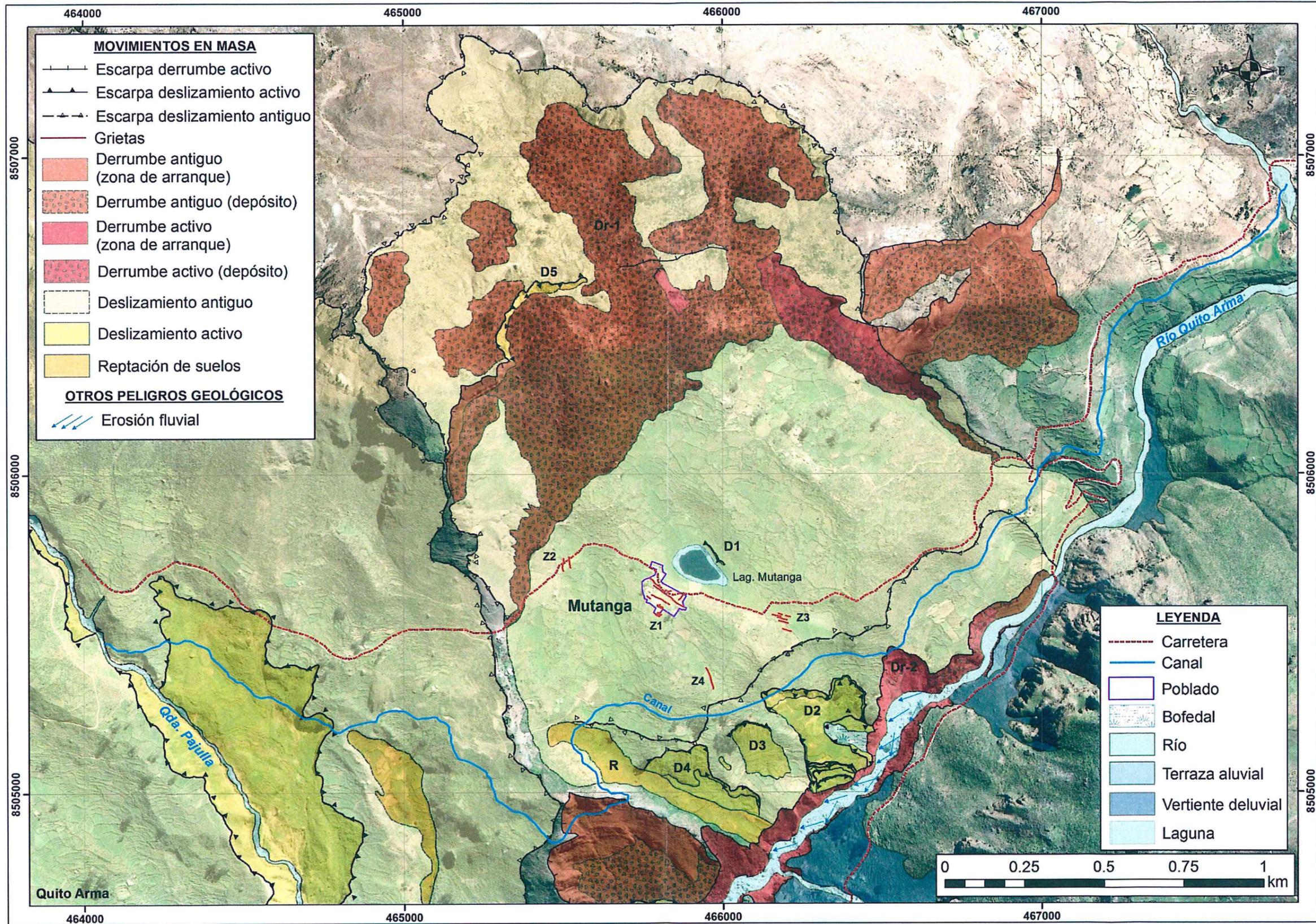


Figura 34: Mapa de peligros por movimientos en masa del anexo de Mutanga.

7. CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO

En la actualidad, las características intrínsecas del terreno que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, reptación y agrietamientos) persisten; por lo que se debe tener presente que con las lluvias periódicas y/o extraordinarias, la actividad de los eventos identificados puede continuar e incluso incrementarse, conllevando esto a que se produzcan nuevos asentamientos de terreno.

La continuidad de la actividad y la generación de nuevos eventos puede tener como consecuencia la afectación de viviendas, instituciones educativas, la iglesia de la localidad y la infraestructura de riego; incluso si se movilizan grandes volúmenes de material desde los deslizamientos ubicados en la punta del megadeslizamiento de Mutanga, puede represarse el río Quito Arma. El tamaño del dique que se forme con el material colapsado, su estabilidad, duración, así como la formación de un represamiento dependerá del volumen de material que este comprometido en los deslizamientos.

Estas apreciaciones se sustentan en las siguientes condiciones encontradas en la zona evaluada:

- La forma escalonada del terreno, con pendientes de inclinación de variable que va desde suave (5°), en la superficie del cuerpo del megadeslizamiento; a muy escarpado (> 35°), en la escarpa y punta del evento.
- La morfología de la zona conformada una vertiente con depósito de deslizamiento.
- Características litológicas del substrato conformado por rocas de tipo tobas, areniscas y arcillitas, que se presentan muy fracturadas y moderadamente meteorizadas.
- Material de remoción antiguo que forma parte del cuerpo del megadeslizamiento de Mutanga
- Suelos de naturaleza arcillo limo-gravoso con bloques.
- Presencia de manantiales de agua que afloran dentro del cuerpo del megadeslizamiento, formando bofedales y lagunas pequeñas, que saturan el suelo y las rocas.
- Presencia de depósitos coluvio-deluviales.
- Continuidad de labores agrícolas en el cuerpo del megadeslizamiento, donde las aguas usadas en el riego de cultivos, que no se vierten con un sistema tecnificado, pueden contribuir a desestabilizar los materiales sueltos de la ladera.
- Presencia de infraestructura hidráulica para riego (canales y reservorios) sin revestimiento, o canales cementados que presentan fugas de agua.
- Continuidad de procesos de erosión fluvial en la base de la margen izquierda del río Quito Arma, que desestabiliza el terreno al quitarle soporte.
- Las reactivaciones identificadas en el megadeslizamiento de Mutanga, manifestando en la caída de material suelto hacia el valle del río Quito Arma y los agrietamientos en el terreno, puede afectar terrenos de cultivo, canal de agua, viviendas, escuelas, iglesia y las personas que las ocupen.

8. CONCLUSIONES

- a) La localidad de Mutanga y alrededores está geológicamente compuesta por rocas volcánico-sedimentarias (tobas, lavas andecíticas y dacíticas, intercaladas con areniscas y limolitas), rocas sedimentarias (arcillitas y cuarcitas) y depósitos cuaternarios, siendo el más extenso los depósitos coluvio-deluviales. Es un sector considerado de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa y procesos de erosión fluvial.
- b) En la ladera sureste del cerro Uchulhuay, se asienta el anexo de Mutanga, que pertenece al distrito de Quito Armas, provincia Huaytará, región de Huancavelica. Esta localidad se encuentra ubicado en el cuerpo de un megadelizamiento rotacional, que ocupa un área aproximada de 3 348 979 m²; y es en la escarpa, cuerpo y punta del evento que se vienen produciendo actualmente reactivaciones de tipo derrumbes, deslizamientos rotacionales, reptación y agrietamiento del suelo; estos últimos no se definen un movimiento en masa propiamente dicho, pero su evolución puede generar alguno de ellos.
- c) Los problemas de movimientos en masa en la zona se iniciaron el año 2005 y es en este último periodo de lluvias enero-marzo (año 2019), que se presentaron los agrietamientos en los terrenos de la localidad de Mutanga.
- d) Los deslizamientos, derrumbes y reptación identificados en la localidad de Mutanga se encuentran activos y entre las condicionantes de su ocurrencia se tiene geomorfología y pendiente del terreno, las características litológicas, el tipo de suelo, la presencia de agua subterránea, los procesos de erosión en la base de la punta del megadeslizamiento. Se considera como el desencadenante estos eventos las precipitaciones pluviales y la sismicidad.
- e) Los movimientos en masa activos produjeron la pérdida de terrenos de cultivo y de 70 m de canal de riego, así también los agrietamientos identificados pueden comprometer la estructura de viviendas de adobe, colegios y la iglesia. Estos eventos también pueden producir el represamiento del cauce del río Quito Arma.
- f) Dado que las condiciones de inestabilidad continúan en parte del cuerpo del mega deslizamiento (donde se asienta la localidad de Mutanga), se considera como una **zona crítica, de peligro geológico muy alto a la ocurrencia de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, reptación y movimientos complejo)**, ante la actividad antrópogénica que desestabiliza las laderas (canales de riego sin revestir o con fugas), por lluvias intensas periódicas y extraordinarias, así como por la ocurrencia de sismos.


ING. MANUEL SALOMÓN VILCHEZ MATA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

9. RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que deben tomarse en cuenta a corto y mediano plazo, se tienen:

- a) Continuar con la identificación de grietas en el terreno, proceder con el sellado de las mismas con arcilla, de esta forma se evitará la infiltración rápida de agua al terreno, que puede desestabilizar la zona.
- b) Diseñar e implementar un sistema de drenaje en la localidad de Mutanga, para evitar que las zonas cóncavas del terreno sean anegadas o encharcadas; las aguas deben ser llevadas fuera de la zona de deslizamiento por medio de canales revestidos o tuberías. Drenar toda el agua almacenada en el bofedal y la laguna pequeña formada en el cuerpo del deslizamiento D1.
- c) Realizar un seguimiento y monitoreo de los deslizamientos identificados en la punta del megadeslizamiento, así como de los agrietamientos de la localidad de Mutanga, para poder medir la deformación y desplazamientos en el terreno. La finalidad del monitoreo es determinar la tasa de movimiento del evento, con fines preventivos.
- d) Reducir y de ser posible no realizar prácticas agrícolas dentro de los terrenos afectados por el deslizamiento, ya que el riego de cultivos contribuye a seguir desestabilizando la ladera. Los cultivos deben realizarse con riego tecnificado, con la finalidad de proveer a las plantas del agua necesaria para su crecimiento, evitando de esta forma excesos de agua que puedan infiltrarse al terreno y viajar hacia la zona inestable ubicada ladera abajo.
- e) Realizar el mantenimiento y reparación de canales de concreto donde se presenten fugas de agua, principalmente entre las juntas. Realizar la impermeabilización de canales y reservorios de agua que crucen o hayan sido construidos en el cuerpo del megadeslizamiento, para evitar fugas de agua hacia el subsuelo; se debe considerar la reubicación de reservorios.
- f) Construir un muro de encauzamiento de gaviones en la margen derecha del río Quito Arma, al pie del megadeslizamiento, por una longitud aproximada de 1750 m; esta medida puede ser complementada con la protección de la margen izquierda también con muro de gaviones y de esta forma evitar la erosión de esa margen.
- g) Realizar un estudio geofísico e hidrológico para determinar la ubicación y profundidad del nivel freático, con esta información se podrá diseñar mejor las obras de drenaje.
- h) De continuar los agrietamientos en el suelo y la afectación en las viviendas se incrementa se recomienda realizar la reubicación de las viviendas de la localidad de Mutanga; esto se debe definir con la realización de un informe de evaluación de riesgos (EVAR).
- i) 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.


Ing. CÉSAR ALMACALTANA BUDIÉL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET


Ing. MANUEL SALOMÓN VILCHEZ MATA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

10. REFERENCIAS

- Araujo, G. & Choquenaira, G. (2018) – Evaluación geológica – geodinámica en la quebrada Pajulla, región Huancavelica, provincia Huaytará, distrito Quito Arma. Informe Técnico N° A6834. INGEMMET. Lima.
- Cerrón, F. & Ticona, P. (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pampas, escala 1:50 000. INGEMMET. Lima.
- De La Cruz, N. & Jaimes, F. (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos. Memoria descriptiva. INGEMMET. Lima.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú-franja N° 03. Boletín N° 23 Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. INGEMMET. Lima.
- Oficina de Defensa Nacional, Seguridad Ciudadana, Gestión de Riesgo de Desastres y Desarrollo Sostenible del Gobierno Regional de Huancavelica (2019) – Inspección preliminar del riesgo por deslizamiento rotacional en el anexo de Mutanga, distrito de Quito Arma, provincia de Huaytará – Huancavelica. Informe Técnico N° 008-2019. Gobierno Regional de Huancavelica.
- 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.
- Palacios, O. (1994) – Geología del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos y Paras. Boletín N° 49 Serie C: Carta Geológica Nacional. 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.
- Villota, H. (2005) – Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. 2. Ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.