

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

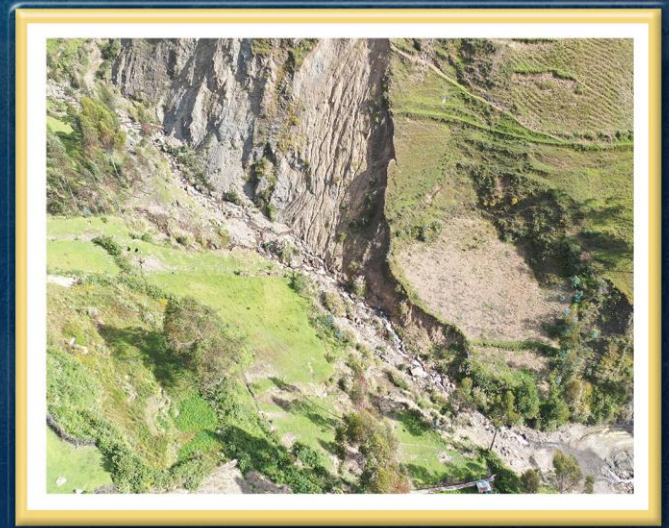
Informe Técnico N° A7316

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE MOSCA, RACRAY (PUEBLO NUEVO) Y SECTORES QUEBRADA HUACAYCHO, Y YANACOAHA

Departamento Huánuco

Provincia Ambo

Distrito San Francisco



NOVIEMBRE
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE
MOSCA, RACRAY [PUEBLO NUEVO] Y SECTORES QUEBRADA HUACAYCHO, Y
YANACOCCHA.**

(Distrito San Francisco, provincia Ambo, departamento Huánuco)

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

Equipo de investigación:

Ely Milder Ccorimanya Challco

Guisela Choquenaira Garate

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022) - *Evaluación de peligros geológicos en los centros poblados de Mosca, Racray [pueblo nuevo] y sectores quebrada Huacaycho, y Yanacocha. Distrito San Francisco, provincia Ambo, departamento Huánuco.* Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7316, 52 p.

CONTENIDO

RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.2.1. Ubicación	7
1.2.2. Población	9
1.2.3. Accesibilidad	9
1.2.4. Clima	9
2. DEFINICIONES	11
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	13
3.1. Unidades litoestratigráficas	13
3.1.1. Grupo Ambo – Formación Yanaj (Ci-ya)	13
3.1.2. Grupo Mitu (Pst-mi)	14
3.1.4. Depósito Coluvio-deluvial (Qh- cd)	15
3.1.5. Depósito proluvial (Qh-pl)	15
3.1.6. Depósito aluvial (Qh-al)	16
3.1.7. Depósito fluvial (Qh-fl)	16
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	17
4.1. Pendientes del terreno	17
4.2. Unidades geomorfológicas	17
4.2.1. Unidad de montañas	17
4.2.2. Unidad de piedemonte	19
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	22
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.	22
5.1.1. Flujo de detritos en la Quebrada Huacaycho al este del centro poblado Mosca (A).	22
5.1.2. Deslizamiento rotacional inactivo latente en el centro poblado de Mosca (B). 24	
5.1.3. Derrumbe en el centro poblado Racray (Pueblo Nuevo) (C)	28
5.2. Peligros Geohidrológicos	35
5.2.1. Erosión Fluvial en el Puente Yanacocha	35
5.2.2. Factores condicionantes	36
5.2.3. Factores desencadenantes	36
5.3. Otros Peligros Geológicos	36
5.3.1. Erosión de laderas en cárcava en el sector Yanacocha.	36

5.3.2.	Factores condicionantes	39
5.3.3.	Factores detonantes o desencadenantes	39
6.	CONCLUSIONES	40
7.	RECOMENDACIONES	41
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
	ANEXO 1: MAPAS	44

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en los centros poblados de Mosca, Racray (Pueblo Nuevo) y sectores quebrada Huacaycho y Yanacocha, perteneciente al distrito de San Francisco, provincia Ambo, departamento de Huánuco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Se tienen afloramientos de areniscas, limolitas y lutitas muy fracturada con espaciamentos entre facturas de 0.10 m a 0.18 m, con abertura cerrada, sin relleno, seco y ligeramente meteorizada, pertenecientes a secuencias del Grupo Ambo; y rocas intrusivas (granodioritas), fracturadas a fragmentadas y altamente meteorizadas. Particularmente el centro poblado de Mosca se encuentra asentado sobre depósitos coluviodeluviales (cuerpo de deslizamiento).

Las unidades geomorfológicas identificadas comprenden montañas modeladas sobre rocas sedimentarias, cuyas laderas poseen pendientes fuertes a muy fuertes (15° - 45°); además, se tiene una vertiente con depósitos de deslizamiento donde se asienta el poblado de Mosca, cuyas laderas presentan una inclinación moderada a muy fuertes (5° - 45°). También se tiene una terraza fluvial con terrenos de pendientes suaves (1° - 5°), donde se localiza el puente Yanacocha.

Al este del centro poblado de Mosca, se ubica la quebrada Huacaycho donde se identifican movimientos en masa, tipo flujo de detritos (huaicos); mientras que en el mismo centro poblado se cartografió un deslizamiento antiguo que está en proceso de reactivación a manera de erosión de laderas (cárcava).

Para el centro poblado de Racray (Pueblo Nuevo), se identificó un deslizamiento antiguo con múltiples escarpes, actualmente en proceso de reactivación a manera de derrumbe. La reactivación se debe al colapso de 06 buzones de desagüe.

En el sector de Yanacocha, se aprecian procesos de erosión de laderas tipo cárcavas, que disectan varios tramos de la trocha carrozable Yanacocha – Racray. Además, en la margen derecha del río Tusi, se presenta procesos de erosión fluvial que afectan, un tramo de 6 m, de la defensa riverañá del puente Yanacocha.

Las causas de los eventos por movimiento en masa son: a) substrato rocoso muy fracturado, altamente meteorizado, b) suelos poco consolidados de fácil erosión y remoción, c) laderas con pendientes fuertes a muy escarpados (15° - $>45^{\circ}$), d) suelos que permiten la filtración y retención del agua, lo que conlleva a un aumento de peso de la masa inestable. Como factor detonante tenemos las lluvias intensas y/o prolongadas registradas en la zona.

Por lo mencionado, la quebrada Huacaycho se considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de flujos de detritos. El centro poblado de Mosca de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y **Peligro Medio a Alto** a erosión en cárcava. El centro poblado Racray (Pueblo Nuevo) de **Peligro Alto** a la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos. Finalmente, el sector Yanacocha es considerado de **Peligro Alto** a la ocurrencia de erosión de laderas (cárcavas) y **Peligro Alto** a erosión fluvial. Todos susceptibles a ser reactivados con lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada con la finalidad de minimizar las ocurrencias de daños que pueden ocasionar los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la zona.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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. 11)”, 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.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de San Francisco, Oficio N° 137-2020-A-MDSF-A; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación de peligros geológicos, de movimientos en masa, tipo flujo de detritos, deslizamiento, derrumbe, erosión de laderas y erosión fluvial.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designaron a los especialistas. Guisela Choquenaira Garate y Ely Ccorimanya Chalco, realizar la evaluación de peligros geológicos en los Centros Poblados de Mosca y Racray (Pueblo Nuevo), llevada a cabo los días 30 de abril y 01 de mayo del año 2022, en coordinación con representantes de la Unidad de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de San Francisco y representantes del Centro Poblado Mosca y Racray.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de la información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías a nivel de terreno, levantamiento fotogramétrico con dron, con el fin de observar mejor el alcance del evento), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realiza la redacción del informe técnico.

Este documento técnico se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de San Francisco, Gobierno Regional de Huánuco y entidades encargadas de la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastre, a fin de que sea un instrumento para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar, tipificar y caracterizar el peligro geológico que ocurre en los centros poblados de Mosca, Racray, sector Yanacocha y quebrada Huacaycho.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros.
- c) Proponer alternativas de prevención, reducción y mitigación ante el peligro geológico identificado en trabajo de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional, que involucra la zona de evaluación, tenemos:

- A) En el boletín de **Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco** de la Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, elaborado por Zavala & Vélchez. (2006), se elabora el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala de análisis (1:300 000), donde se caracteriza al área de estudio con alta susceptibilidad. (figura 1).

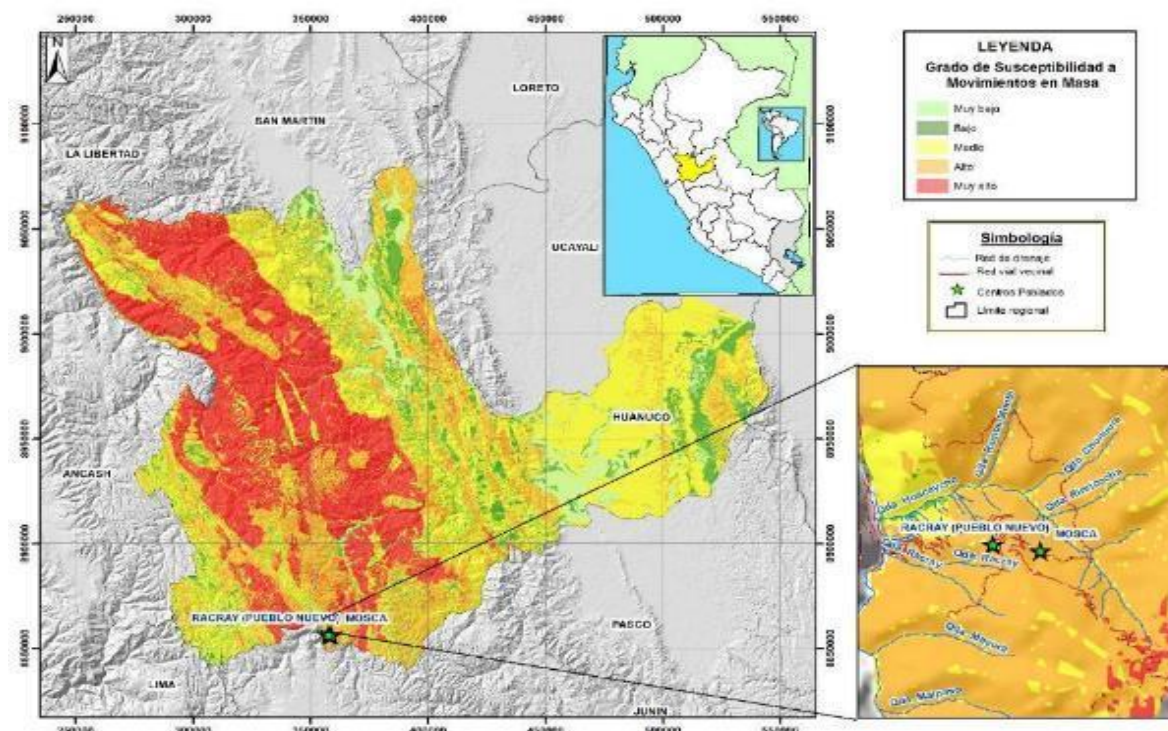


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa en los Centros Poblados Mosca, Racray (Pueblo Nuevo).

Fuente: Zavala & Vílchez, (2006)

- B) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Ambo, (21-K a escala 1:100 000. (Zapata et.al., 2003). Describe la geología de la zona de estudio y alrededores que corresponde a rocas sedimentarias del Grupo Ambo e intrusivo (granodiorita).
- C) Investigaciones Geológicas en el Perú por Arnold Heim. Boletín 8. (Heim, A. 1947). Realizó un estudio del deslizamiento en el pueblo de Mosca el año 1946, donde describe el evento e indica sus recomendaciones de seguridad urbana.

Aspectos generales

1.2.1. Ubicación

Los sectores: Quebrada Huacaycho, Mosca, Racray (Pueblo Nuevo) y Yanacocha, políticamente pertenece al distrito de San Francisco, provincia Ambo, departamento de Huánuco (figura 2). Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 S) mostradas en el cuadro 1:

Cuadro 1. Coordenadas del área de evaluación.

Sectores	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
Qda. Huacaycho	359586.48	8856143.88	-10.345142°	-76.282439°
Mosca	358541.55	8856375.16	-10.342999°	-76.291988°
Racray (Pueblo Nuevo)	357591.04	8856276.27	-10.343880°	-76.300690°
Yanacocha	355697.70	8856403.65	-10.342646°	-76.318005°

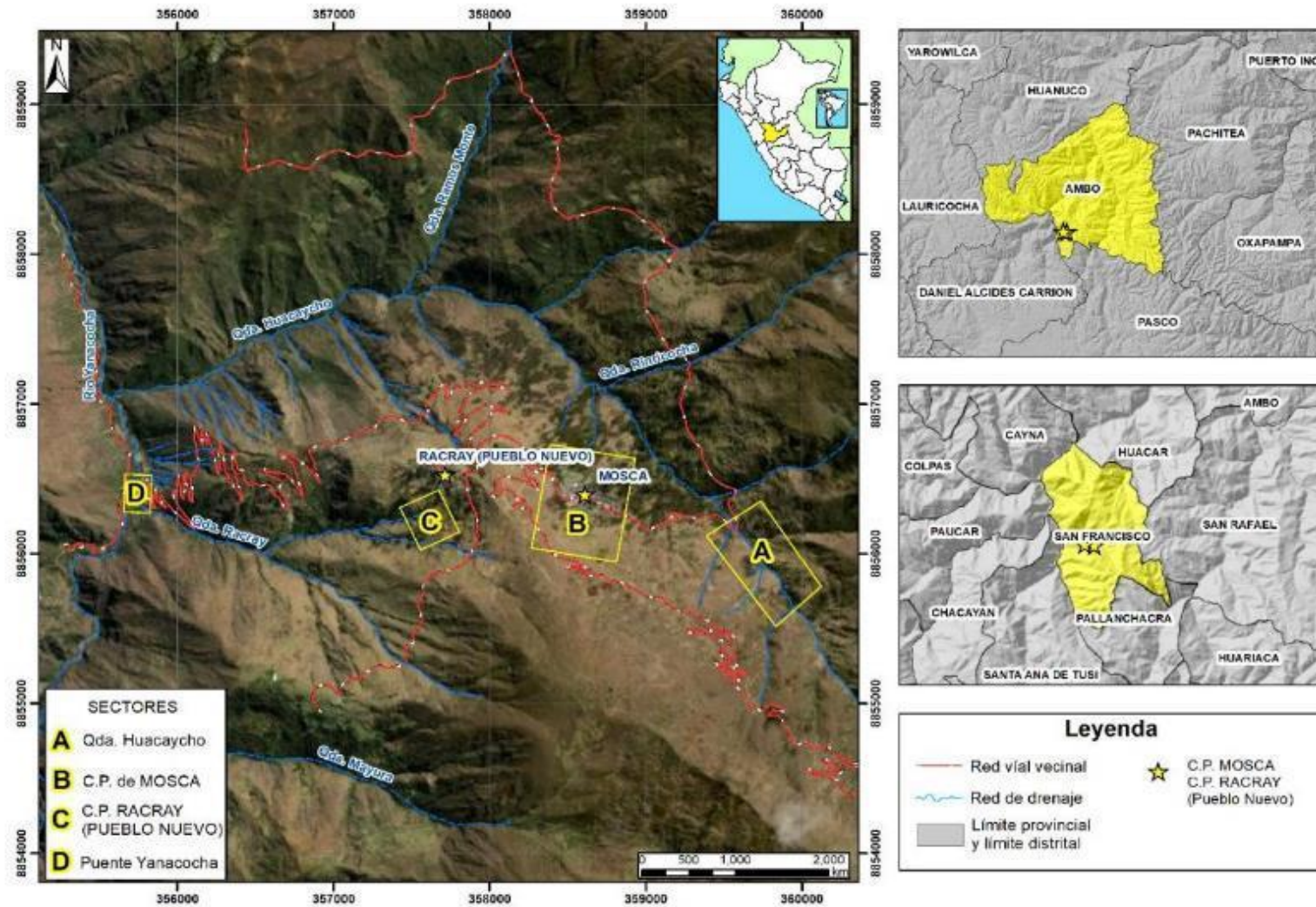


Figura 2. Ubicación del área de evaluación – Centros poblados Mosca, Racray, quebrada Huacaycho, sector Yanacocha.

1.2.2. Población

De acuerdo con el directorio nacional de Centros Poblados, Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la población censada del Centro Poblado Mosca es de 371 habitantes distribuidos en un total de 194 viviendas particulares, de las cuales 166 se encuentran ocupadas y 28 desocupadas y la población censada del Centro Poblado Racray (Pueblo Nuevo) es de 175 habitantes distribuidos en un total de 76 viviendas particulares, de las cuales 56 se encuentran ocupadas y 20 desocupadas.

1.2.3. Accesibilidad

El acceso al centro poblado Mosca y demás sectores, se realiza desde la ciudad de Lima por vía terrestre, mediante las siguientes rutas mencionadas en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rutas y accesos

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima – Ambo	Carretera asfaltada	350	9 horas
Ambo – Centro Poblado Mosca	Carretera trocha	34.9	1 hora y 30 minutos

1.2.4. Clima

Según el Mapa de Clasificación Climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020). el centro poblado de Mosca y alrededores se encuentra dentro de dos tipos de clima lluvioso con otoño e invierno seco, con ambiente frío y húmedo.

En cuanto a la cantidad de lluvia según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos ráster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el último periodo 2018-2022, fue de 39.2 mm (figura 3). Cabe recalcar que las lluvias son abundantes en los periodos (diciembre a marzo).

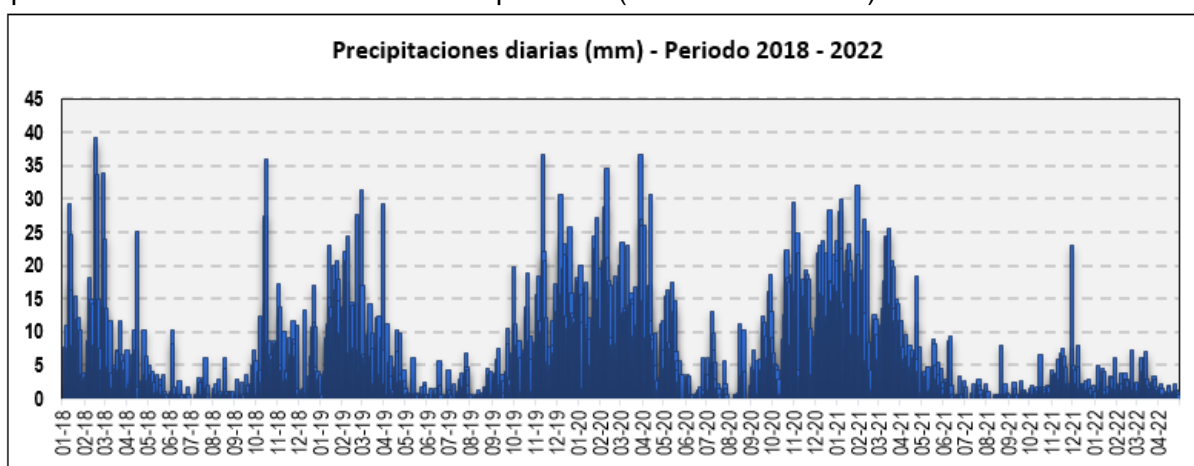


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2018-2022. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen a la ocurrencia de procesos de movimientos en masa.

Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843428>

La temperatura en la zona de estudio oscila entre un máximo de 21 °C en verano y un mínimo de -5 °C en invierno (figura 4), y humedad promedio de 74.15 % durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

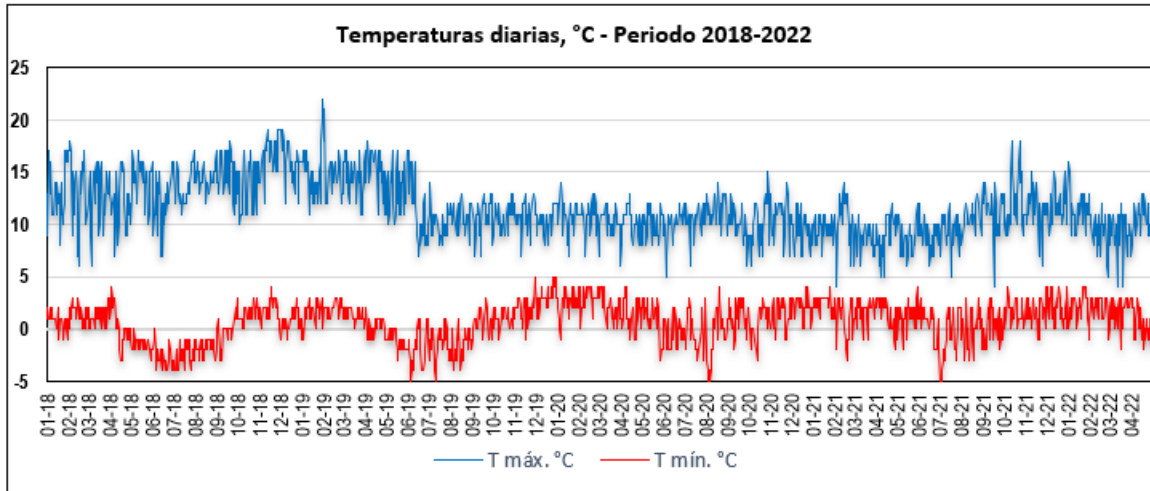


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo 2018-2022. La figura permite analizar a partir de datos históricos, la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad.

Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843428>

1.2.5. Zonificación Sísmica

En la figura 5 se muestra una zonificación propuesta, basada en la distribución espacial de la sismicidad observada, movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica.

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 3, en el cual se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

Según dicho mapa, el área de estudio se ubica en la Zona 3 (sismicidad Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

Cuadro 3. Zonificación Sísmica

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

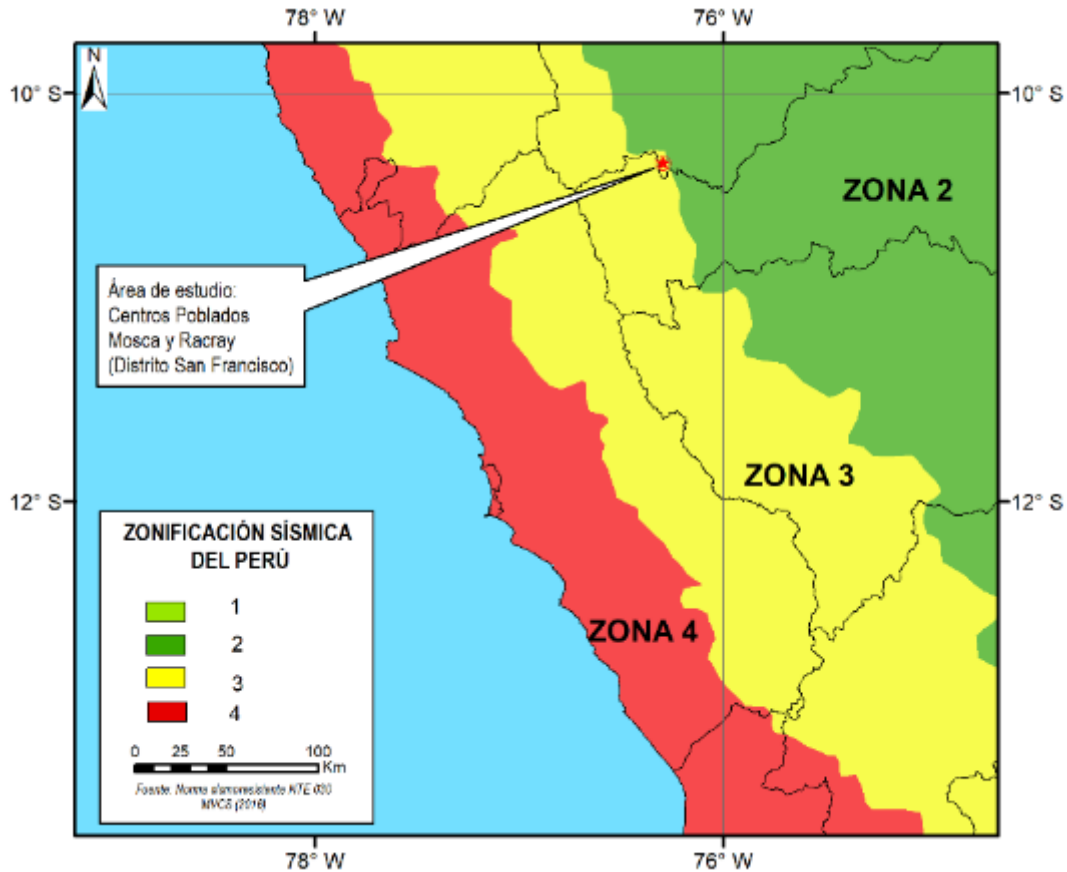


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú
 Fuente: Alva (1984)

2. DEFINICIONES

Considerando que el presente informe de evaluación técnica está dirigido a las autoridades, personal no especializado y tomadores de decisiones que no son necesariamente geólogos; es por ese motivo que se desarrolla algunas definiciones relevantes, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)

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

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

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

Cárcava: Tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas.

Coluvial: Forma de terreno no material originado por la acción de la gravedad.

Condicionante: contribuyente, se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

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

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. 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.

Deslizamientos: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Detonante: Disparador, desencadenante, gatillante. Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera y la sobrecarga de una ladera.

Erosión: Parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste en el arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glaciar, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo con las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.

Erosión de laderas: La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas, que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Gonzalo et al., 2002).

La erosión hídrica causada por el agua de lluvia abarca los siguientes procesos:

Saltación pluvial: el impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, el impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementa escorrentía.

Escurrimiento superficial difuso: comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

Escarpe, sin.: (escarpa): Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Flujo de detritos: avenida torrencial, flujo torrencial, flujo muy rápido o extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce empinado. Este tipo de evento se distingue también por que el agua del cauce se incorpora al cuerpo del flujo de detrito, incrementando su contenido de agua.

Formación geológica. Es una unidad litoestratigráfica formal que defino cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Inactivo: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponde a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

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

Sustrato rocoso: Basamento rocoso. Término empleado para referirse en forma general, a la parte de la corteza terrestre que se encuentra por debajo de los depósitos cuaternarios.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La caracterización de los aspectos geológicos (mapa 1) se realizó en base a la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Ambo (21-k), a escala 1/100 000, elaborado por Zapata, et al. 2003. Además, se realizó trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en los sectores de evaluación y alrededores (mapa 1), están conformadas por rocas sedimentarias del Grupo Ambo y Grupo Mitu, rocas intrusivas como granodiorita, así como depósitos recientes coluvio-deluviales, proluvial, aluvial, fluvial. La descripción se desarrolló en base a la información de Zapata., et.al. 2003.

3.1.1. Grupo Ambo – Formación Yanaj (Ci-ya)

Compuesto por secuencia de areniscas gris verdosas micáceas intercaladas con limolitas y lutitas que aflora en el área de estudio.

Estas rocas se encuentran muy fracturada con espaciamentos entre facturas de 0.10 m a 0.18 m, con abertura cerrada, sin relleno, seco (no presenta flujo de agua) (fotografía 1); y ligeramente meteorizada.



Fotografía 1. Afloramiento del Grupo Ambo, conformada por areniscas gris verdosas fracturadas, con coordenadas UTM (WGS 84): 359583.80 E; 8856138.78 N a 3411 m.s.n.m.

3.1.2. Grupo Mitu (Pst-mi)

Si bien es cierto esta unidad geológica no aflora en los sectores de evaluación, bibliográficamente según Zapata, et.al. 2003, indica que está compuesto por conglomerados polimícticos, conformados de fragmentos de rocas de formas subangulosos a subredondeados de cuarzo, calizas y cuarcitas, gradando a arenopelítica que corresponde a una intercalación de areniscas cuarzofeldespáticas en estratos gruesos a mediano intercalados con limoarcillitas marrón rojizas, esta secuencia de estrato y grano decreciente.

3.1.3. Granodiorita (KP-ah/gd)

El intrusivo, se emplaza al noroeste del área de estudio, específicamente en el sector de Yanacocha, se encuentra medianamente fracturado a fragmentado con espaciamientos entre facturas de 0.04 m a 0.25 m y altamente meteorizado (fotografía 2).



Fotografía 2. Vista del afloramiento de granodiorita muy fracturado con espaciamientos de 4 cm a 25 cm, con coordenadas UTM (WGS 84): 356235 E; 8856697 N, con altura de 2931 m.s.n.m.

3.1.4. Depósito Coluvio-deluvial (Qh- cd)

Agrupación de depósitos de origen gravitacional, acumulados en la vertiente o márgenes del valle; constituyen escombros de laderas que cubren parcialmente los afloramientos del Grupo Ambo.

Estos depósitos se originan por eventos de deslizamientos, derrumbes, procesos de reptación. Este depósito está compuesto por fragmentos de roca comprendidos entre 1 cm a 40 cm, son de formas angulosas a subangulosas, conformados por areniscas, limolitas y lutitas, envueltas en una matriz limo – arcilloso poco consolidado, en algunos sectores se encuentra saturado por las surgencias de aguas subterráneas que afloran en las laderas del cerro Atopacha (fotografía 3).



Fotografía 3. Vista del depósito coluvio-deluvial, donde se observa fragmentos de rocas de 1 cm a 40 cm envueltas en una matriz limo-arcilloso, ubicado con coordenadas UTM: 359550 E, 8856176 N.

3.1.5. Depósito proluvial (Qh-pl)

Los depósitos proluviales se originan a partir de los depósitos de flujos, por la existencia de material detrítico suelto acumulado y cuando ocurren precipitaciones pluviales intensas se saturan, pierden su estabilidad y se movilizan torrente abajo por las quebradas. El material inconsolidado, está conformado por bloques con diámetro hasta 0.5 m, son de formas angulosas a subangulosas, envueltos en una matriz limo-arenoso (fotografía 4).



Fotografía 4. Depósito proluvial (Q-pl), emplazado en la quebrada Huacaycho, ubicado con coordenadas UTM (WGS 84): 359581 E; 8856143 N.

3.1.6. Depósito aluvial (Qh-al)

Los depósitos aluviales están compuestos por una mezcla de fragmentos heterométricos y heterogéneos (bolos, gravas, arenas, etc.), de regular a buena selección; son subangulosos a subredondeados transportados por la corriente de los ríos y quebradas a grandes distancias y son depositadas en los márgenes de los ríos formando terrazas. Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas, susceptibles a erosión fluvial.

3.1.7. Depósito fluvial (Qh-fl)

Constituyen los materiales ubicados en el cauce del río Yanacocha, terrazas fluviales y llanura de inundación. Están constituidos por cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa, mezcla de lentes arenosos; son depósitos inconsolidados hasta sueltos, fácilmente removibles, (figura 6).



Figura 6. Depósito fluvial (Q-fl), que corresponde al cauce del río Yanacocha, ubicado con coordenadas UTM (WGS 84): 355704 E; 8856402 N.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como uno de los factores condicionantes y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el mapa 02, se presenta el mapa de pendientes de la zona de estudio y alrededores elaborado en base a la información producto de imagen ALOS PALSAR, DEM con 12.5 de resolución.

Se consideraron 6 rangos de pendientes como son: terrenos llanos (0°-1°); inclinados con pendiente suave (1° a 5°); moderada (5° a 15°); fuerte (15° a 25°); muy fuerte a escarpado (25° a 45°); finalmente, muy escarpado (>45°).

La pendiente promedio de las laderas que circundan los centros poblados de Mosca y Racray (Pueblo Nuevo), varía de fuerte (15° - 25°) a muy escarpado (> 45°).

4.2. Unidades geomorfológicas

La caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve.

Asimismo, para la delimitación de las subunidades geomorfológicas, se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (substrato rocoso y depósitos superficiales).

En el mapa 3, se presentan las subunidades geomorfológicas modeladas y conformadas en el área de evaluación.

4.2.1. Unidad de montañas

Las montañas, presentan la mayor distribución en la zona de evaluación; son geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local (citado por Villota, 2005) donde se reconocen cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza. Se encuentran conformadas por alineamientos constituidos principalmente de rocas sedimentarias.

Dentro de esta unidad se tienen las siguientes subunidades.

Montaña en roca sedimentaria (M-rs)

Esta subunidad geomorfológica corresponde a relieve moldeado sobre roca sedimentaria conformado por areniscas de grano medio a grueso, limolitas y lutitas, los cuales se presentan muy fracturadas y ligeramente meteorizadas (figura 7).

Debido a la forma del terreno mixto (cóncavo y convexo) las pendientes de la ladera de las montañas varían principalmente de pendientes fuertes a muy fuertes (15° - 45°).

Específicamente la zona de evaluación atraviesa una morfología variable, debido a la presencia de eventos antiguos (deslizamientos, derrumbes).



Figura 7. Subunidades geomorfológicas conformadas por montaña en roca sedimentaria (M-rs)
Fuente: Imagen tomada con dron Mavic

Ladera disectada en roca sedimentaria (LAD-rs)

Esta subunidad geomorfológica corresponde a relieves modelados sobre roca sedimentaria, se caracteriza por presentar erosión en cárcavas las cuales disectan las laderas (figura 8).

Debido a la forma del terreno mixto (cóncavo y convexo) las pendientes de la ladera disectadas varían principalmente de pendientes fuertes (15° - 25°) a pendientes muy escarpadas ($> 45^{\circ}$).



Figura 8. Subunidad geomorfológica conformada por laderas disectadas en roca sedimentaria (LAD-rs), ubicado en la ladera de la quebrada Huacaycho.

Ladera disectada en roca intrusiva (LAD-ri)

Esta subunidad geomorfológica corresponde a relieves modelados sobre roca intrusiva, se caracteriza por presentar erosión en cárcavas las cuales disectan las laderas, tal como se puede observar en el sector Yanacocha (figura 9).

Debido a la forma del terreno mixto (cóncavo y convexo) las pendientes de la ladera disectadas varían principalmente de 15°- 25° (pendientes fuertes) a pendientes muy escarpadas (> 45°).



Figura 9. Subunidades geomorfológicas conformadas por ladera disectadas en roca intrusiva (LAD-ri), piedemonte proluvial (P-pral) y terraza aluvial (T-al).

4.2.2. Unidad de piedemonte

Corresponde a la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afecta las unidades de montaña, generalmente se encuentran en las laderas y piedemontes, aquí se tienen:

Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Corresponde a los paisajes originados por procesos gravitacionales, varían de pequeños a grandes dimensiones, detonados por la pendiente y lluvias excepcionales.

Agrupar depósitos de piedemonte de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulado en las vertientes o márgenes del valle; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo escombros de laderas que cubren parcialmente los afloramientos del grupo Ambo.

Esta subunidad en el área de evaluación corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa de tipo derrumbes, así como a las acumulaciones de material fino y detrítico movilizadas por escorrentía superficial, los que se acumulan lentamente en las laderas (figura 10).



Figura 10. Vista de las subunidades geomorfológicas conformadas por piedemonte coluvio-deluvial (V-cd), enmarcado en líneas punteadas de color rojo.

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a zonas de acumulaciones en laderas originadas por procesos de movimientos en masa de tipo deslizamientos antiguos y recientes. Generalmente su composición litológica es heterogénea; con materiales poco consolidados de corto a mediano recorrido. Cuya morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular en relación con la zona de arranque del deslizamiento (figura 11).

Estas geoformas se observaron como cuerpos de deslizamientos antiguos y reciente, sobre el cual se asienta el centro poblado de Mosca, donde las pendientes van desde moderado (5° - 15°) a muy fuerte (25° - 45°).

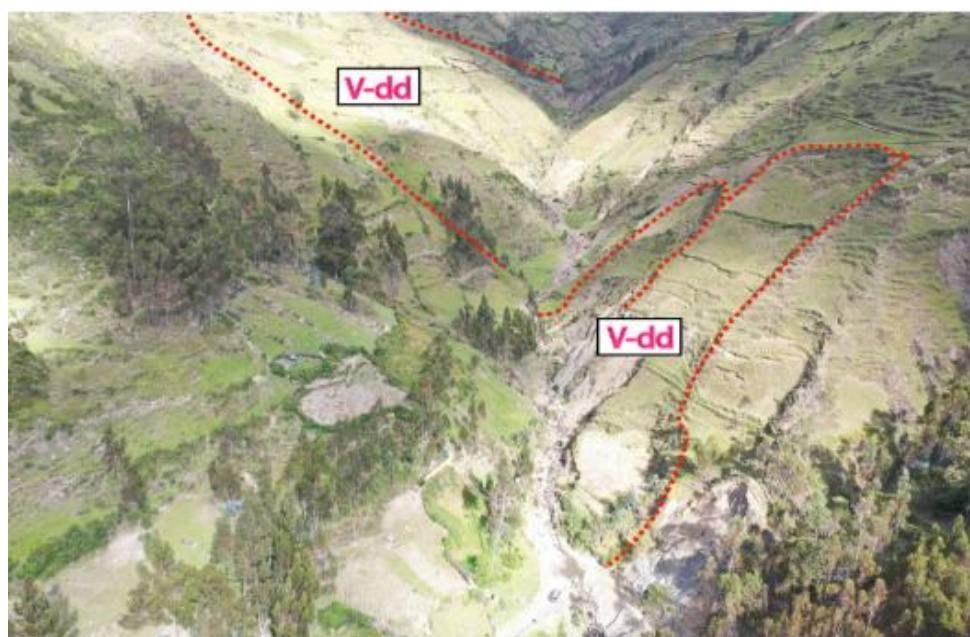


Figura 11. Vista de la subunidad geomorfológica, vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), corresponde al cuerpo de los deslizamientos antiguos y recientes.

Piedemonte proluvial o aluvio-torrencial (P-pral)

Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos, modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales.

En la zona de estudio, esta subunidad, se pudo identificar depósitos antiguos y recientes de flujos de detritos, ubicados en la quebrada Huacaycho. (figura 12).

4.2.3. Unidad de Planicie

Subunidad de Terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle, (pendiente menor a 5°). Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas y se construyeron algunas viviendas, en el sector de Yanacocha, (figura 12).

Subunidad de terraza fluvial (T-fl)

Conformado por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz areno limosa. Se puede apreciar en el curso del río Yanacocha (figura 12), formando parte de la llanura de inundación, presentan pendientes con inclinación suave (1°-5°).



Figura 12. Subunidades geomorfológicas conformadas por piedemonte proluvial (P-pral), Terraza aluvial (T-al) y terraza fluvial (T-fl).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en las zonas inspeccionadas y alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa, geohidrológicos y otros peligros geológicos (Anexo 1 – Mapas 4, 5, 6, 7 y 8).

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.

La caracterización de los eventos geodinámicos, se realizó sobre la base de la información recabada durante los trabajos de campo, donde se identificó el tipo de peligro, los factores condicionantes basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se toma puntos GPS, fotografías a nivel de terreno y el levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico, complementada con el análisis y la fointerpretación de las imágenes satelitales.

Cabe mencionar que según estudios de Zavala & Vílchez.,2006, la zona presenta alta susceptibilidad a movimientos en masa.

A continuación, se describen los principales eventos identificados y evaluados por zonas:

5.1.1. Flujo de detritos en la Quebrada Huacaycho (A).

La quebrada Huacaycho, se ubica al este del centro poblado de Mosca, cuyo cauce fluye con dirección de sureste a noroeste.

Según testimonios de pobladores anualmente a consecuencia de las lluvias intensas registradas entre los meses de diciembre a marzo, la quebrada Huacaycho se activa y genera flujo de detritos, los cuales afectan aproximadamente 30 m de la trocha carrozable que conecta los poblados Mosca y Muñaura, Pulpol y a su vez a 50 m aguas abajo destruyó un puente rustico peatonal (elaborado por troncos y tierra) alterno con longitud de 15 m y ancho de 2 m (figura 13).



Figura 13. Vista del puente peatonal aguas debajo de la trocha carrozable, Mosca – Muñaura.

En su trayecto el flujo de detritos llegó a transportar bloques con diámetro de 0.50 m. Además, las laderas circundantes a la quebrada presentan múltiples derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas en los flancos de los cerros que circundan la quebrada (figura 14) que se pueden activan ron lluvias.

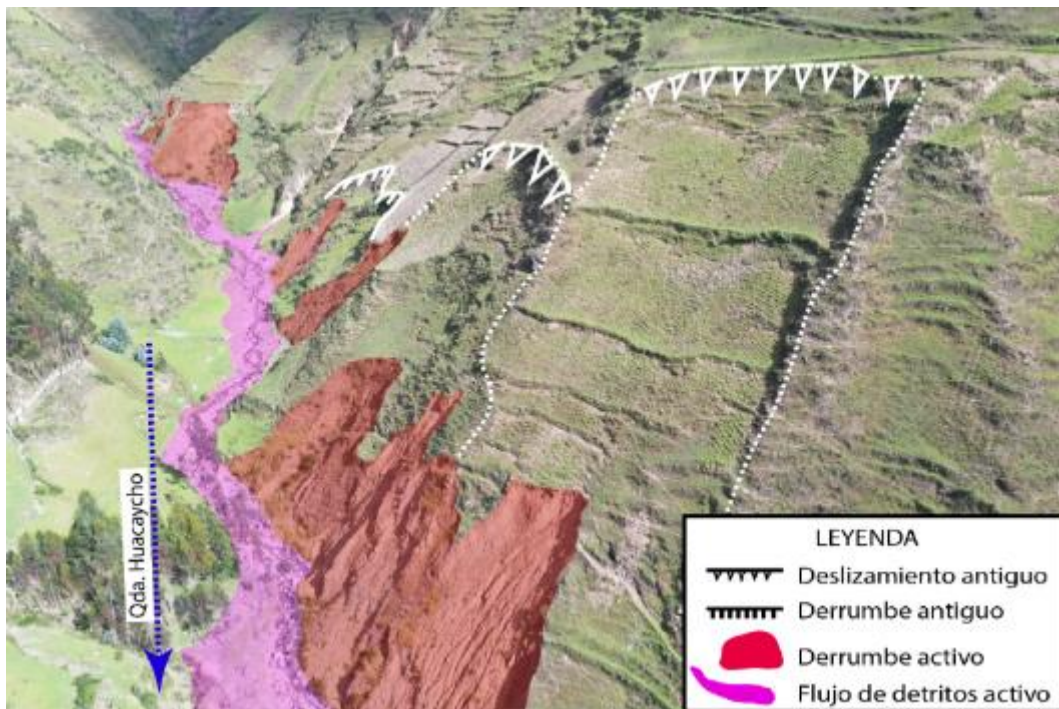


Figura 14. Vista de múltiples derrumbes (enmarcados en color rojo), deslizamientos (líneas entrecortadas de color blanco) y flujo de detritos en el cauce de la Quebrada Huacaycho.

5.1.1.1. Características visuales del evento

El flujo de detritos hasta el punto de evaluación recorrió 1.5 km aproximadamente, que comprende desde la zona de arranque hasta el puente peatonal rustico. En su trayecto profundizó y erosionó el lecho de la quebrada.

Características y dimensiones:

- Estado de la actividad: Activo.
- Depósito: Escombrera.
- Material: Heterogéneo y heterométrico.
- Flujo de material: canalizado.
- Tamaño de clastos: Bloq/Bol (30%), Gr (35%), Ar/Lim (35%).
- La quebrada presenta eventos anualmente en temporada de lluvias

En los trabajos de campo realizados el día 30 de abril del 2022, se identifican en las laderas de la quebrada, múltiples derrumbes antiguos y activos (figura 15), deslizamientos antiguos y activos y erosión de laderas, que aportan gran cantidad de material detrítico al cauce de la quebrada, los cuales son transportados aguas abajo.

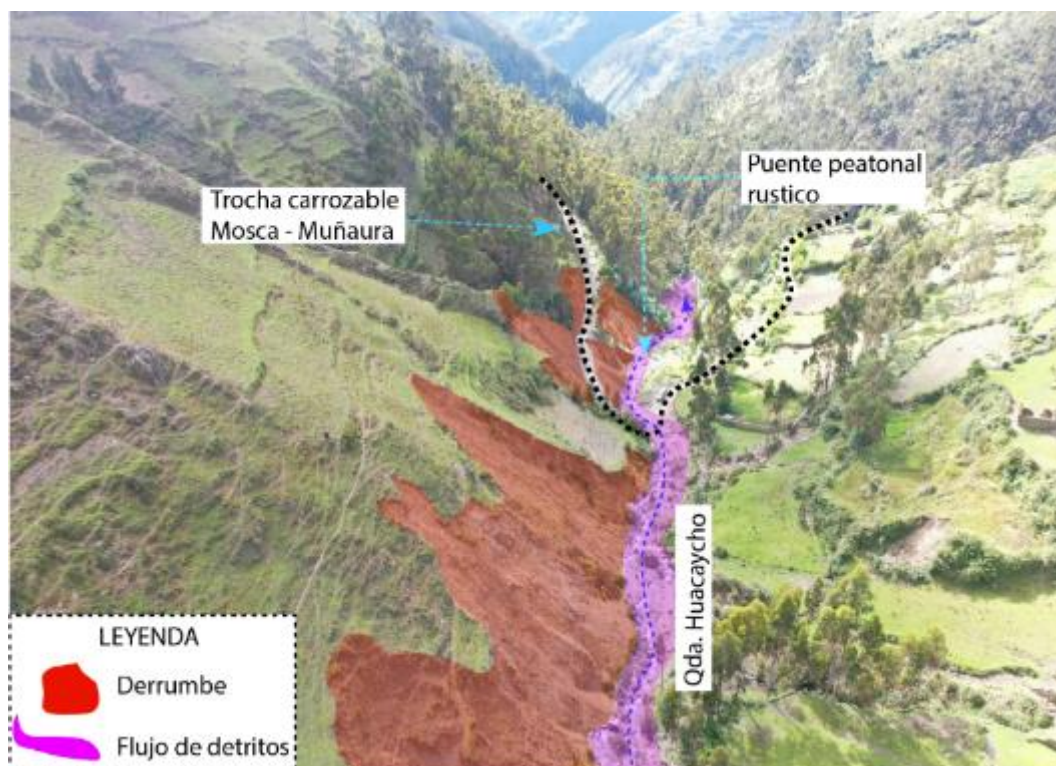


Figura 15. Vista aguas debajo de múltiples derrumbes (enmarcados en color rojo) y flujo de detritos en el cauce de la Quebrada Huacaycho.

5.1.1.2. Factores condicionantes

- Pendiente pronunciada de la ladera, de moderada a fuerte (5° a 25°).
- Configuración geomorfológica de las laderas que circundan la quebrada (Vertiente coluviodeluvial, laderas disectadas en rocas sedimentarias).
- La geodinámica activa que presenta las laderas (presencia de derrumbes, deslizamientos, erosión de laderas)

5.1.1.3. Factores desencadenantes

- PRECIPITACIONES: Lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de diciembre a marzo.

5.1.2. Deslizamiento rotacional del centro poblado de Mosca (B).

El centro poblado Mosca (nombre derivado de Muchca) capital distrital, se encuentra asentada sobre el cuerpo de un deslizamiento antiguo.

Arnold Heim, (1947), menciona que este deslizamiento se conoce desde los años 1930, pero fue en febrero de 1944 cuando se evidencia una grieta semicircular encima del pueblo con aperturas de 0.5 m a 1 m y un desnivel máximo de casi 2 m; además menciona la presencia de varias grietas secundarias y al borde superior una erosión en cárcava que se extiende al norte (en la parte baja del poblado) (figura 16).

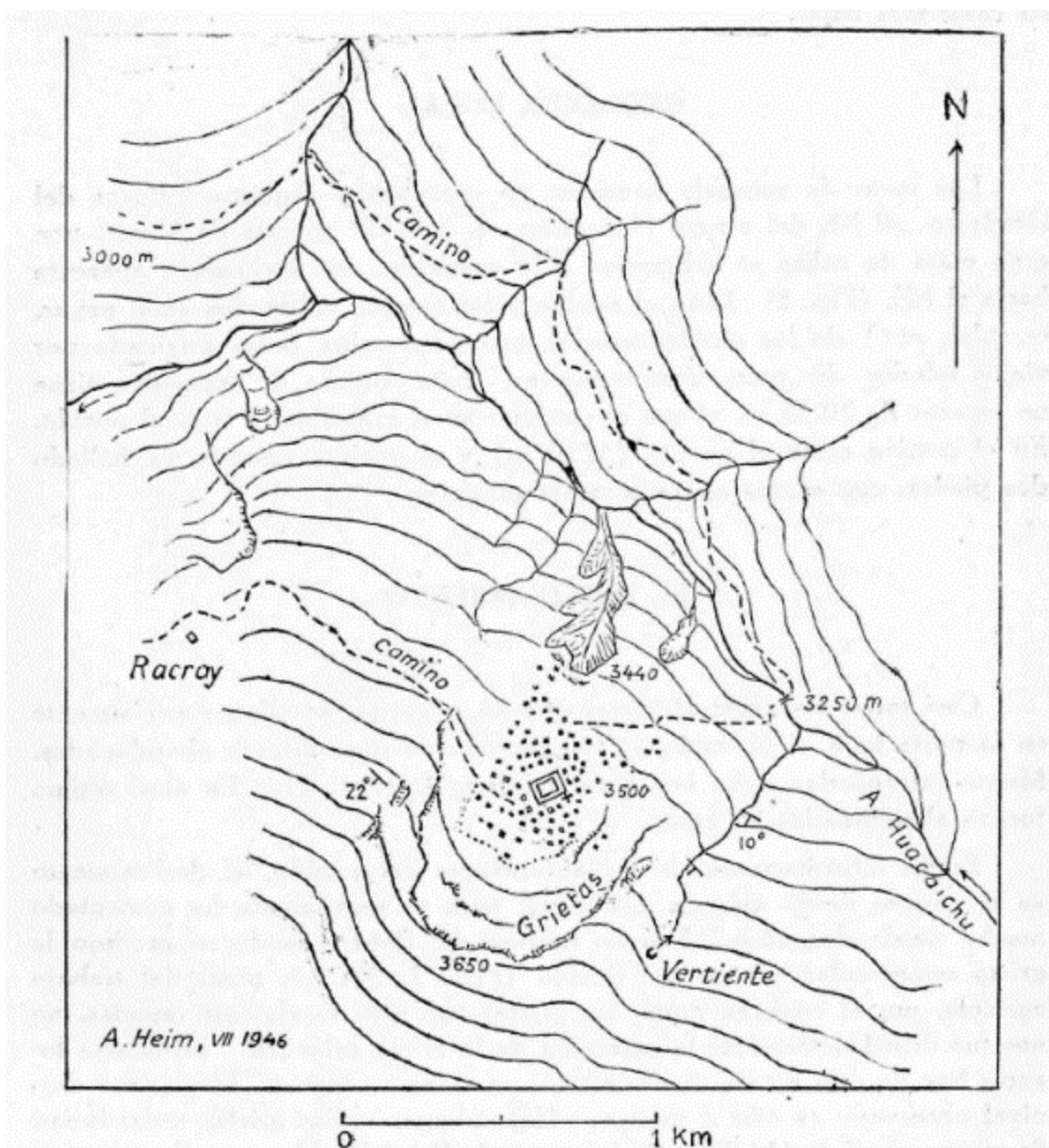


Figura 16. Croquis de la situación del Pueblo de Mosca, con intervalo de las curvas de nivel: 50 metros aprox.

Fuente: A. Heim, 1946.

Heim, menciona también que, casi todas las casas del poblado mostraban grietas (figura 17), y en la parte baja al norte se encontraban completamente destruidas y abandonadas, por lo que recomendó abandonar todas las casas antes de noviembre del año 1946 y construir un nuevo pueblo en el sector Racray.

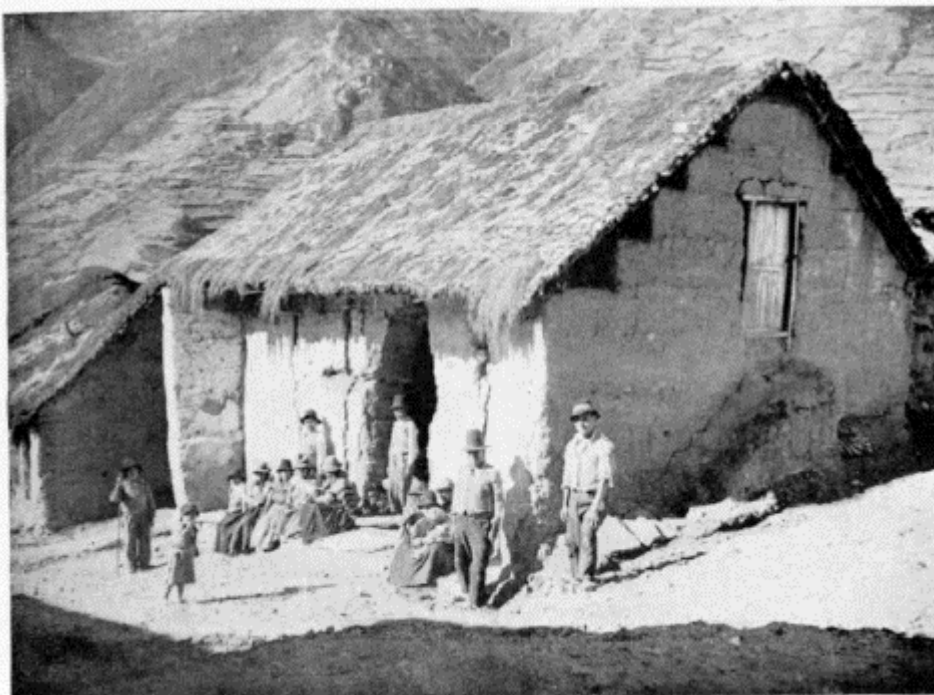


Figura 17. Vista de una casa típica de adobe, donde se observa rajaduras en sus muros.
Fuente: Fotos A. Heim, 15. VII, 1946.

A 78 años del evento (febrero de 1944), los saltos antiguos del terreno, encima del poblado, son visibles en las fotografías del dron obtenidas el pasado 01 de mayo del 2022 (figura 18); sin embargo, los pobladores mencionan que hace muchos años no observan incremento o aparición de nuevas grietas.

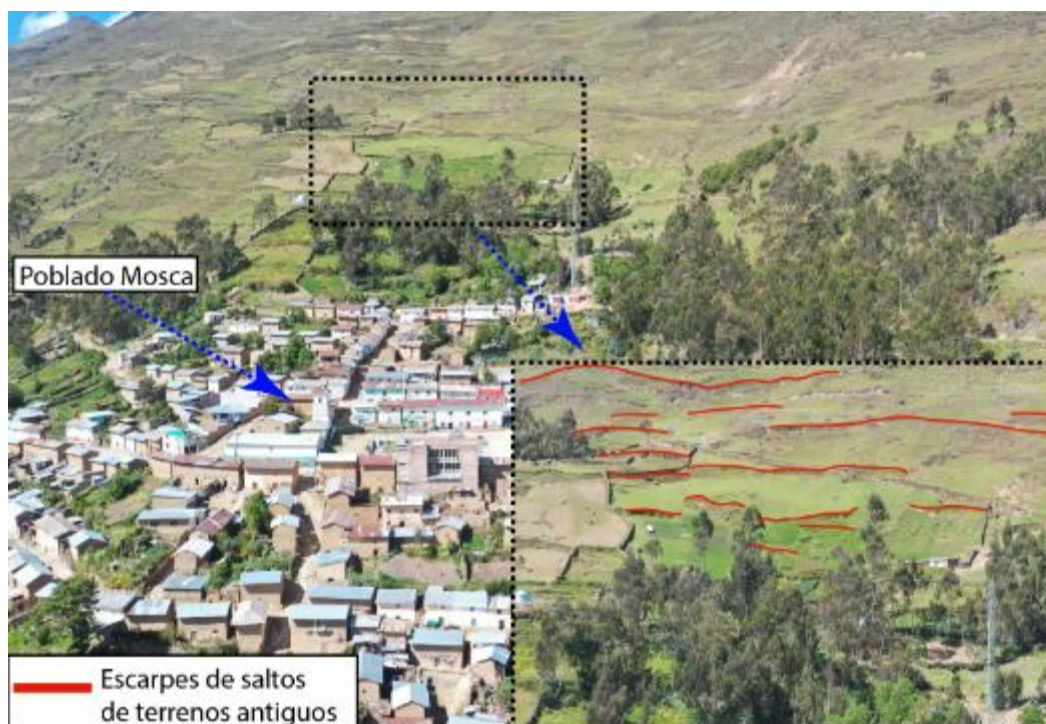


Figura 18. Vista del pueblo de Mosca, encima del pueblo se observa saltos antiguos del terreno.

Respecto a la erosión de laderas de tipo cárcava ubicado ladera abajo del poblado, actualmente se encuentra forestado con plantaciones de eucalipto (figura 19), lo cual hizo que cese en cierta forma la erosión y no avance en forma progresiva hacia el poblado.



Figura 19. Vista de la erosión en cárcava (líneas de color blanco), ubicada ladera abajo del poblado, actualmente se encuentra forestada con árboles de eucalipto y en líneas color rojo se observa grietas antiguas.

Cabe mencionar que el centro poblado no cuenta con sistema de alcantarillado, o sistema de drenaje que pueda captar las aguas que discurren por las calles y puedan ser derivados hacia cauces naturales (quebradas) ubicados lejos de las zonas inestables; por lo que se forman flujos de lodo en las calles Cesar Vallejo y calle s/n; estas torrenteras discurren pendiente abajo con dirección norte y confluyen donde la cabecera de la erosión en cárcava (figura 20), condicionando el avance progresivo de la erosión de la cárcava con dirección al centro poblado.



Figura 20. Vista de pequeños flujos de lodo que discurren pendiente abajo con dirección Norte, depositándose en la cancha deportiva del poblado de Mosca.

5.1.2.1. Factores condicionantes

- Pendiente pronunciada de la ladera, de fuerte a muy fuerte (15° a 45°).
- Configuración geomorfológica del área (montaña en roca sedimentaria).
- Material inconsolidado de deslizamiento rotacional inactivo latente.

5.1.2.2. Factores desencadenantes

- PRECIPITACIONES: Lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de diciembre a marzo, con picos de hasta 39.2 mm.
- SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), son del orden de zonificación 3

5.1.3. Derrumbe en el centro poblado Racray (Pueblo Nuevo) (C)

El 30 de abril del año 2022, con trabajos de campo se identifica un derrumbe, con coordenadas UTM (WGS 84): 357633.80 E; 8856313.21 N el cual se presume fue provocado ante el colapso de los reguladores de seis buzones de desagüe, que formaron un bofedal saturando el terreno, y desencadenando el movimiento en masa a 45 m ladera abajo (figura 22) Sin embargo los pobladores, indican que el derrumbe inició en marzo del año 2020.

5.1.3.1. Características visuales del evento

- El derrumbe ocurre sobre depósito coluvio-deluvial, con fragmentos de roca subangulosos a angulosos que van de 5 cm a 10 cm envueltas en una matriz limo-arcilloso.
- Existe múltiples saltos del terreno en la ladera noroeste del cerro Atopacha (sobre la cual se asienta el centro poblado Racray), lo cual indica que existe movimiento en el terreno, además, se observó asentamientos en el terreno (figura 21 y fotografía 5).
- El derrumbe tiene un ancho promedio de 26 m (figura 23), en la margen derecha del derrumbe a unos 1.5 m se gesta grietas con abertura de 5 cm, longitud con 10 m y profundidad visible de 2 m.
- Los terrenos ubicados sobre la cabecera del derrumbe, corresponde a terrenos de cultivos de maíz, pastos, este último requiere un riego permanente, lo cual también estaría provocando la saturación del terreno.
- La pendiente promedio de la ladera es de 35° (muy fuerte).

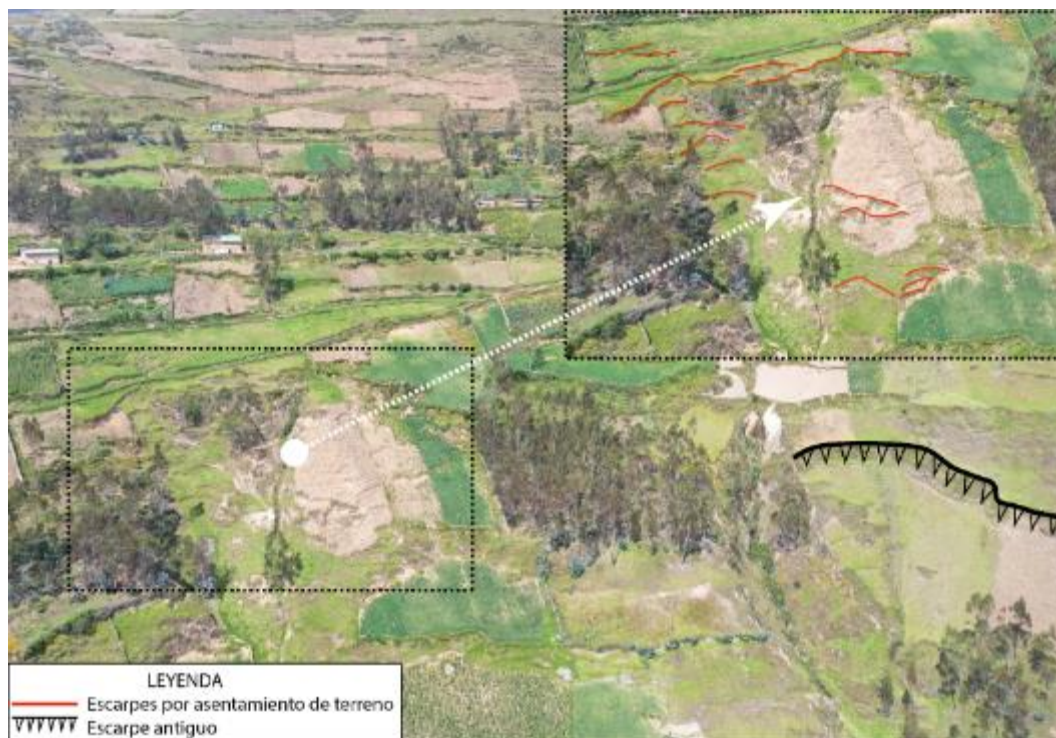


Figura 21. Vista de múltiples saltos del terreno en la ladera noroeste del cerro Atopacha (sobre la cual se asienta el centro poblado Racray), lo cual indica que existe movimiento en el terreno, además, se observó asentamientos en el terreno



Fotografía 5. Vista de asentamientos que presentan los terrenos, en la ladera, donde se asienta el poblado de Racray, ubicado con coordenadas UTM (WGS 84): 357824.03 E; 8856459.10 N.



Figura 22. Vista del bofedal que se formó por el colapso de los buzones de desagüe UTM (WGS 84): 357633.80 E; 8856313.21 N, sobresaturando el terreno y en consecuencia desencadenando un derrumbe.



Figura 23. Vista del derrumbe, con dirección al sur, tiene un ancho promedio de 26 m, ubicado con coordenadas UTM (WGS 84): 357583 E; 8856285 N.

5.1.3.2. Factores condicionantes

- Pendiente pronunciada de la ladera, de fuerte a muy fuerte (15° a 45°).
- Configuración geomorfológica del área (montaña en roca sedimentaria).

- Litología conformada por depósitos coluvio-deluviales de naturaleza poco consolidado, constituido por fragmentos de rocas de naturaleza litológica heterogénea, subangulosos a angulosos, envueltos en una matriz limo-arcilloso.

5.1.3.3. Factores detonantes o desencadenantes

- PRECIPITACIONES: Lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de diciembre a marzo, con picos de hasta 39.2 mm.
- SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), el departamento de Huánuco se encuentra en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

5.1.3.4. Factores antrópicos

- Colapso de 06 buzones de desagüe, por donde discurre el agua permanentemente; lo que genera la saturación de terreno.

5.1.3.5. Otras Ocurrencias

El centro Poblado Racray (Pueblo Nuevo), presenta además otras afectaciones en las infraestructuras de las viviendas, las cuales se detallan a continuación:

Grietas en las viviendas del centro poblado Racray

Se identificaron grietas en las paredes de las viviendas (construidas por adobes) con aberturas de 3 cm hasta 11 cm, con longitud de 2.5 m a 5 m; según lo reportado por los pobladores, estas se generaron por los sismos que ocurrieron el año 2020 en el mes de marzo, actualmente los pobladores siguen habitando en las viviendas (figuras 24, 25, 26 y fotografías 6 y 7).



Figura 24. Vista de vivienda cuya pared presenta grietas con 3 cm de abertura y una longitud de 5 m, producto de los sismos ocurridos en marzo del año 2022, ubicado con coordenadas UTM (WGS 84): 357632 E; 8856354 N.



Fotografías 6 y 7. Vista de viviendas de adobe, presentas grietas en sus paredes, producto de los sismos ocurridos en marzo del año 2022, ubicado en el centro poblado de Racray.



Figura 25. Vista de vivienda cuya pared presenta grietas con 5 cm a 11 cm de abertura y una longitud de 2.5 m, producto de los sismos ocurridos en marzo del año 2022, ubicado con coordenadas UTM (WGS 84): 357690.82 E; 8856419.55 N.

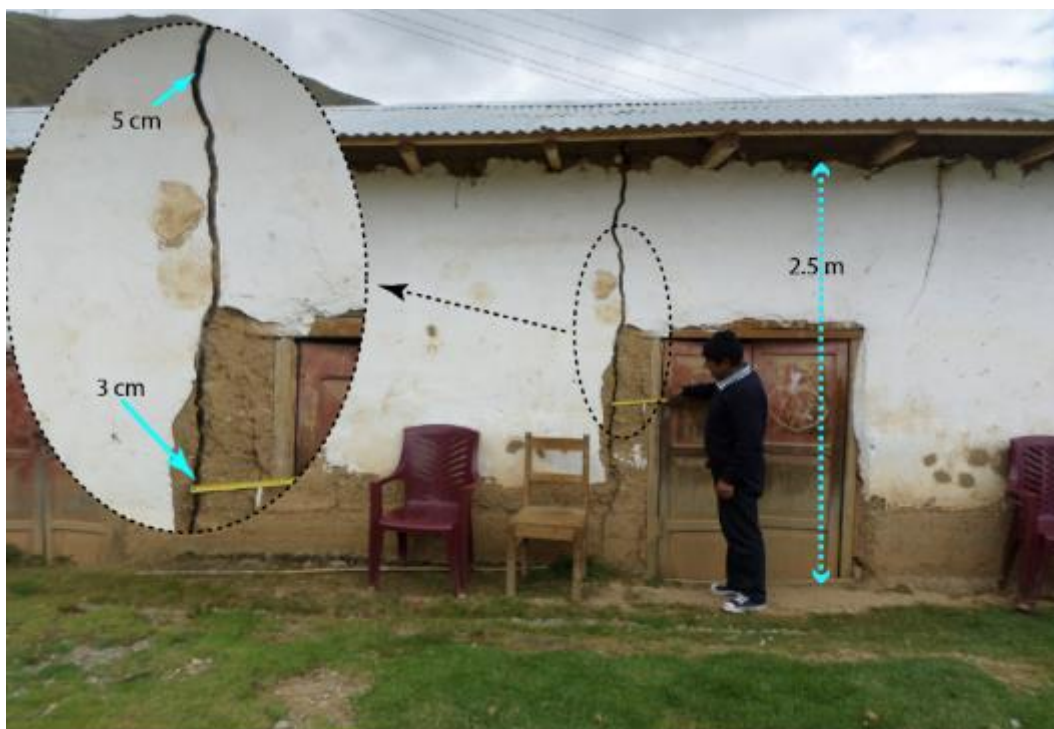


Figura 26. Vista del local comunal del poblado cuya pared presenta grietas con aberturas de 3 cm a 5 cm y una longitud de 2.5 m, producto de los sismos ocurridos en marzo del año 2022, ubicado con coordenadas UTM (WGS 84): 357815 E; 8856444 N.

Colapso de muro en la cancha deportiva de Racray

En marzo del año 2022 colapsó parte del cerco perimétrico de la cancha deportiva (figura 26) a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales ocurridos ese mes.

Cabe mencionar que el cerco perimétrico presenta asentamiento en el terreno.



Figura 27. Vista del muro colapsado producto de las lluvias intensas, ubicado en la cancha deportiva del poblado Racray (un total 7.20 metros) 0 con coordenadas UTM (WGS 84): 357755.74 E; 8856493.88 N.

5.2. Peligros geohidrológicos

Estos peligros geohidrológicos, tienen como condicionantes factores intrínsecos, como son la baja resistencia de los materiales que conforman la ribera y la baja pendiente del terreno. Se tiene como desencadenantes de estos eventos las lluvias periódicas y extraordinarias que caen en la zona.

5.2.1. Erosión fluvial en el puente Yanacocha.

La erosión fluvial se define como el trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre, y se realiza en forma de arranque del material, abrasión fluvial, corrosión fluvial. Además, la erosión fluvial socava el valle en forma de «V», y también profundiza, ensancha y alarga el cauce; la intensidad de cada uno de estos procesos depende del estadio de desarrollo (Dávila 2006).

En el puente Yanacocha, aguas abajo se presenta defensa riberena (gaviones en la margen izquierda y muro de contención de concreto en la derecha) con coordenadas referenciales UTM 8856402 N, 355704 E (figura 28). En la margen derecha del río, se generó una socavación que profundizó el cauce en 0.5 m, como consecuencia originó la pérdida de la estabilidad, colapsando 6 m de la estructura del muro de contención (figura 29). Dichos sucesos relacionados a la velocidad de las aguas, cambios de curso y carga excesiva del río, las intensas precipitaciones pluviales, morfología del cauce, la dinámica fluvial y la deforestación.



Figura 28: Vista de defensas riberenas tipo gaviones en el margen izquierdo y muro de contención de concreto en la margen derecha, con coordenadas UTM (WGS 84): 355695.10 E; 8856407.13 N.



Figura 29. Erosión fluvial, en la base del muro de contención de concreto, socavado 0.5 m, por consecuencia de la pérdida de la estabilidad, colapso de la estructura en 6 m, con coordenadas UTM (WGS 84): 355702.26 E; 8856425.61 N.

5.2.2. Factores condicionantes

- Pendiente del cauce con pendiente suave a moderado (1° a 15°).
- Configuración geomorfológica del área (terracea aluvial), en esta unidad se asienta algunas viviendas y cultivos.
- Depósitos conformados por arenas, gravas y bloques (areniscas) las que fueron rodados aguas abajo.

5.2.3. Factores desencadenantes

PRECIPITACIONES: Lluvias intensas y/o excepcionales de hasta 39.2 mm entre los meses de diciembre a marzo, el cual incrementa el caudal y la dinámica del río.

5.3. Otros Peligros Geológicos

5.3.1. Erosión de laderas en cárcava en el sector Yanacocha.

El flanco noroeste del cerro Atopacha se encuentra disectada por erosión en cárcavas, afectando en varios tramos de la trocha carrozable que conecta el sector Yanacocha y Racray. (figura 30).

Con coordenadas referenciales UTM: 8856690 N; 356231 E, a una altura de 2934 m s.n.m, se identificó cárcavas que afectan un tramo de 20 m de la trocha carrozable, la principal tiene una profundidad aproximada de 3 m, de manera retrogresiva de sus márgenes, ha llegado a anchos de hasta 13 m en la zona más amplia (figura 31). La longitud desde la cabecera de la

cárcava hasta la desembocadura cerca al río Yanacocha es de 800 m. El drenaje de la cárcava presenta un perfil tipo “V”.

A consecuencia de la erosión en el tramo de carretera, los pobladores colocaron troncos de eucalipto, para el pase vehicular por el tramo de la trocha carrozable (fotografía 8).



Figura 30: Vista del flanco noroeste del cerro Atopacha se encuentra disectada por erosión en cárcavas, afectando en varios tramos la trocha carrozable que conecta el sector Yanacocha y Racray



Figura 31: Vista de la erosión en cárcava, con coordenadas UTM (WGS 84): 356231 E; 8856690 N, donde por la erosión retrogresiva en sus márgenes, presenta un ancho de 13 m y profundidad de 3 m



Fotografía 8: Vista de la erosión en cárcava que afecta un tramo de 20 m de la trocha carrozable que conecta los poblado Yanacocha y Racray, para habilitar el pase vehicular los pobladores colocan troncos de eucalypto (Coordenadas UTM (WGS 84): 356231 E; 8856690 N).

5.3.2. Factores condicionantes

Las causas principales están relacionados a los siguientes factores:

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por rocas intrusivas de tipo granodioritas muy fracturadas y altamente meteorizadas, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.

Factor geomorfológico

- Unidad geomorfológica de laderas disectadas en roca intrusiva, con laderas de pendientes muy fuertes a escarpados (25° a >45°).

5.3.3. Factores detonantes o desencadenantes

- PRECIPITACIONES: precipitaciones pluviales intensas estacionales y/o excepcionales, que alcanzan un máximo de 39.2 mm, los cuales activan los procesos de erosión en laderas.

6. CONCLUSIONES

1. El substrato rocoso presente en la quebrada Huacaycho y centros poblados de Mosca y Racray corresponde a rocas sedimentarias del Grupo Ambo (areniscas, limolitas y lutitas), muy fracturada con espaciamientos entre facturas de 0.10 m a 0.18 m, con abertura cerrada, sin relleno, seco y ligeramente meteorizada, cubierto por depósitos coluviodeluviales correspondientes a deslizamientos antiguos.
2. En el sector Yanacocha se tienen rocas intrusivas fracturadas a fragmentadas y altamente meteorizadas, que está cubierto por depósitos poco consolidados (coluviodeluvial), que condicionan la naturaleza susceptible a erosión, remoción y saturación de estos, ante precipitaciones pluviales. En este sector colapso el muro de contención de concreto por erosión fluvial (puente Yanacocha), en un tramo de 6m.
3. La quebrada Huacaycho, centro poblado de Mosca, Racray y sector Yanacocha presenta una geodinámica activa identificándose múltiples derrumbes, deslizamientos, erosión de laderas en cárcavas que aportan gran cantidad de material detrítico al cauce de la quebrada, formando flujo de detritos. Todos estos eventos afectan tramos de trocha carrozable Yanacocha-Racray.
4. Tenemos las siguientes geoformas: a) montañas modeladas sobre rocas sedimentarias con laderas de pendientes fuertes a muy fuertes (15° - 45°); vertientes con depósito de deslizamiento, que presentan terrenos con inclinación moderada a muy fuertes (25°-45°), llegan hasta una terraza fluvial en el puente Yanacocha con pendientes de inclinación suave (1°-5°).
5. El factor detonante para la ocurrencia y activación de movimientos en masa son las lluvias intensas registradas en la zona.
6. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas la quebrada Huacaycho se considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de flujos de detritos. El centro poblado de Mosca de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y **Peligro Medio a Alto** a erosión en cárcava. El centro poblado Racray (Pueblo Nuevo) de **Peligro Alto** a la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos. Finalmente, el sector Yanacocha es considerado de **Peligro Alto** a la ocurrencia de erosión de laderas (cárcavas) y **Peligro Alto** a erosión fluvial. Todos susceptibles a ser reactivados con lluvias intensas y/o prolongadas

7. RECOMENDACIONES

QUEBRADA HUACAYCHO

1. Evaluar la posibilidad de construir un puente, pontón o utilizar tuberías ARCO, previo estudio geotécnico que determine el tipo de estructura; para evitar el corte de la trocha carrozable en épocas de máximas avenidas. Estas medidas deben estar acompañadas por la limpieza periódica de la estructura a construir.
2. Reforestar las laderas circundantes a la quebrada, con plantas nativas del lugar, (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.

CENTRO POBLADO DE MOSCA

1. Monitorear las grietas antiguas, en la parte alta y baja del poblado. Ante un eventual incremento de estas en el terreno, evacuar a los pobladores, mediante la implementación de plan de contingencia y/o evacuación por parte de las autoridades y población involucrada.
 2. Continuar con la forestación de la cárcava ubicado ladera abajo del poblado y prohibir la tala de árboles.
 3. En los terrenos de cultivos, ubicados en la parte alta y baja del poblado de Mosca, evitar el riego indiscriminado, además, en la parte alta, buscar otras alternativas de cultivo para reemplazar a cultivos que requieran mucha cantidad de agua. Evitando de esta manera la infiltración de agua y la sobresaturación de los suelos.
 4. Favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
 5. Realizar la captación y derivación de las aguas por medio de canales revestidos hacia cauces naturales (quebradas) ubicadas lejos de las zonas inestables. Estos deben ser realizados por personal especializado.
3. Realizar un EVAR, para determinar los niveles de riesgo en el área de estudio.

CENTRO POBLADO DE RACRAY (PUEBLO NUEVO)

1. Implementar un sistema de drenaje en la parte alta del poblado. Este debe ser realizado por especialistas con los diseños apropiados,
2. Revisar y cambiar los buzones de desagüe y monitorear el buen estado, ya que pueden condicionar la desestabilización de laderas.
3. Monitorear la ladera sobre el cual se asienta el poblado, ante alguna presencia de grieta en el suelo, evacuar de sus viviendas.
4. Evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos de modo que limiten la infiltración y la retención de agua en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
5. Favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.

6. La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial, pues una remoción realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
7. Realizar un EVAR, para determinar los niveles de riesgo en el área de estudio.

SECTOR DE YANACOCHA

1. La carretera Yanacocha – Racray está afectada por múltiples procesos de erosiones en cárcavas, por lo que es necesario el cambio del trazo de carretera. Este nuevo trazo deberá contar con un estudio previo ingeniero geológico y geotécnico.
2. Reforestar la ladera con árboles o arbustos naturales propios de la zona.
3. Para la zona de erosión fluvial ocasionada por el río Yanacocha, margen derecha, (coordenadas 355700.67 E, 8856428.41 N), se debe construir un enrocado o defensa ribereña diseñada según su morfología del cauce y dinámica del río. Para ello se requiriere estudios específicos de ingeniería realizado por especialistas.
4. Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de riesgo.



Ing. Guisela Choquenaira Garate



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

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del Servicio aWhere, Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843428>

Directorio Nacional de Centros Poblados, Censos Nacionales 2017: **XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas:**

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm

Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009) - *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra: Naciones Unidas, UNISDR, 38 p. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Heim, A. (1947). Investigaciones Geológicas en el Perú por Arnold Heim. Boletín 8, 39 p.

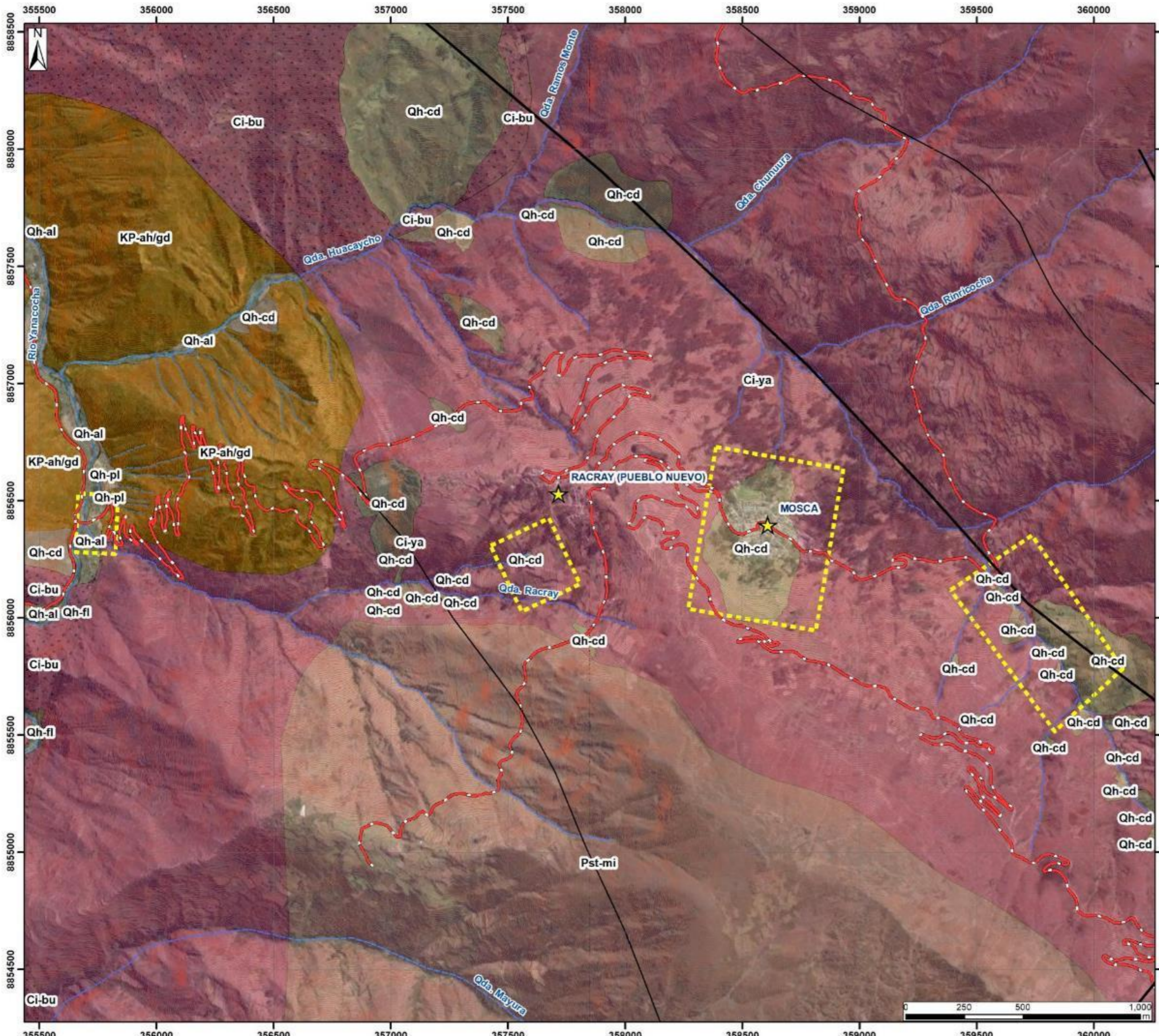
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>

Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

Zapata, A., et al., (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Ambo (21-K), a Escala 1:100 000, 31 p.

Zavala, B., & Vilchez, M., (2006). Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; N° 34. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/278>

ANEXO 1: MAPAS



Simbología

- Área de evaluación
- curvas nivel
- Red de drenaje
- Vía vecinal
- Centros Poblados
- Eje sinclinal
- Falla sinistral

LEYENDA

Unidades Geológicas

- Qh-fl Depósito fluvial
- Qh-pl Depósito proluvial
- Qh-al Depósito aluvial
- Qh-cd Depósito coluviodeluvial
- Ci-bu Formación Buena vista
- Ci-ya Formación Yanaj
- KP-ah/gd Granodioritas
- Pst-mi Grupo Mitu

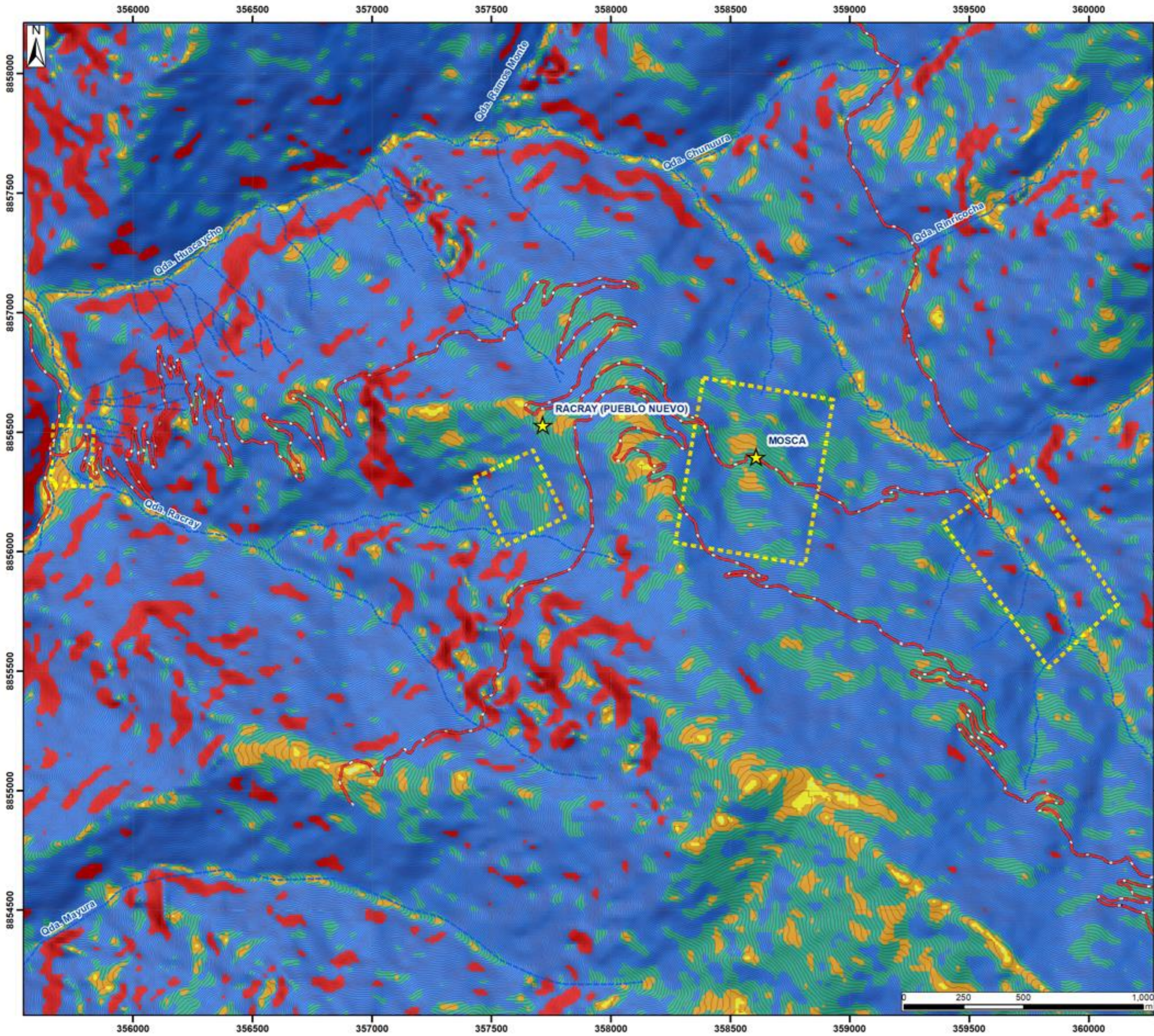
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Huanuco
Provincia Ambo
Distrito San Francisco
Centros Poblados Mosca y Racray (Pueblo Nuevo)

MAPA GEOLÓGICO

Escala: 1/15,500	Elaborado por: Ccorimanya Ely	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Junio 2022	



Simbología

- Área de evaluación
- curvas nivel
- Red de drenaje
- Vía vecinal
- Centros Poblados

RANGO DE PENDIENTES

	0°-1°	Llano
	1° - 5°	Inclinación suave
	5°-15°	Moderado
	15-25°	Fuerte
	25°-45°	Muy fuerte
	> 45°	Muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Huanuco
 Provincia Ambo
 Distrito San Francisco
 Centros Poblados Mosca y Racray (Pueblo Nuevo)

MAPA DE PENDIENTES

Escala: 1/15000	Elaborado por: Ccorimanya Ely	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Junio 2022	



Simbología

- Área de evaluación
- curvas nivel
- Red de drenaje
- Vía vecinal
- Centros Poblados

LEYENDA

Sub unidades Geomorfológicas

- LAD-ri Ladera disectada en roca intrusiva
- LAD-rs Ladera disectada en roca sedimentaria
- M-rs Montaña en roca sedimentaria
- P-pral Piedemonte proluvial o aluviotorrencial
- V-cd Vertiente coluviodeluvial
- V-dd Vertiente con depósito de deslizamiento
- T-a Terraza aluvial
- T-f Terraza fluvial

INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Huanuco
Provincia Ambo
Distrito San Francisco
Centro Poblado Mosca y Racray (Pueblo Nuevo)

MAPA GEOMORFOLOGICO

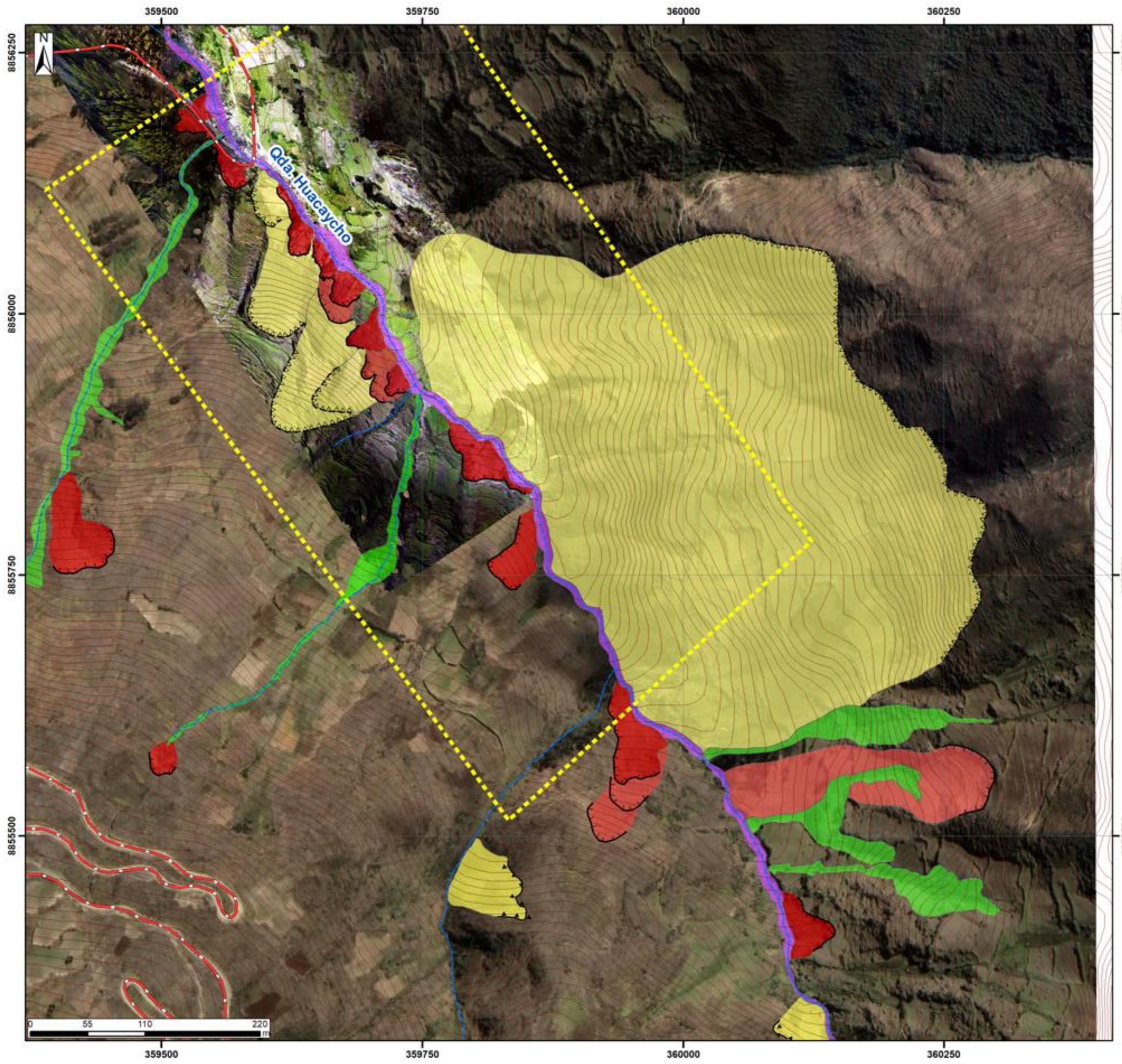
Escala: 1/15000 Elaborado por: Coorimanya Ely

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84

Versión digital 2022 Impreso: Julio 2022

MAPA 03





Simbología

	Escarpe de derrumbe		curvas nivel
	Escarpe de deslizamiento antiguo		Red de drenaje
	Escarpe de deslizamiento activo		Vía vecinal
	Área de evaluación		

Leyenda

Tipos de Peligros Geológicos

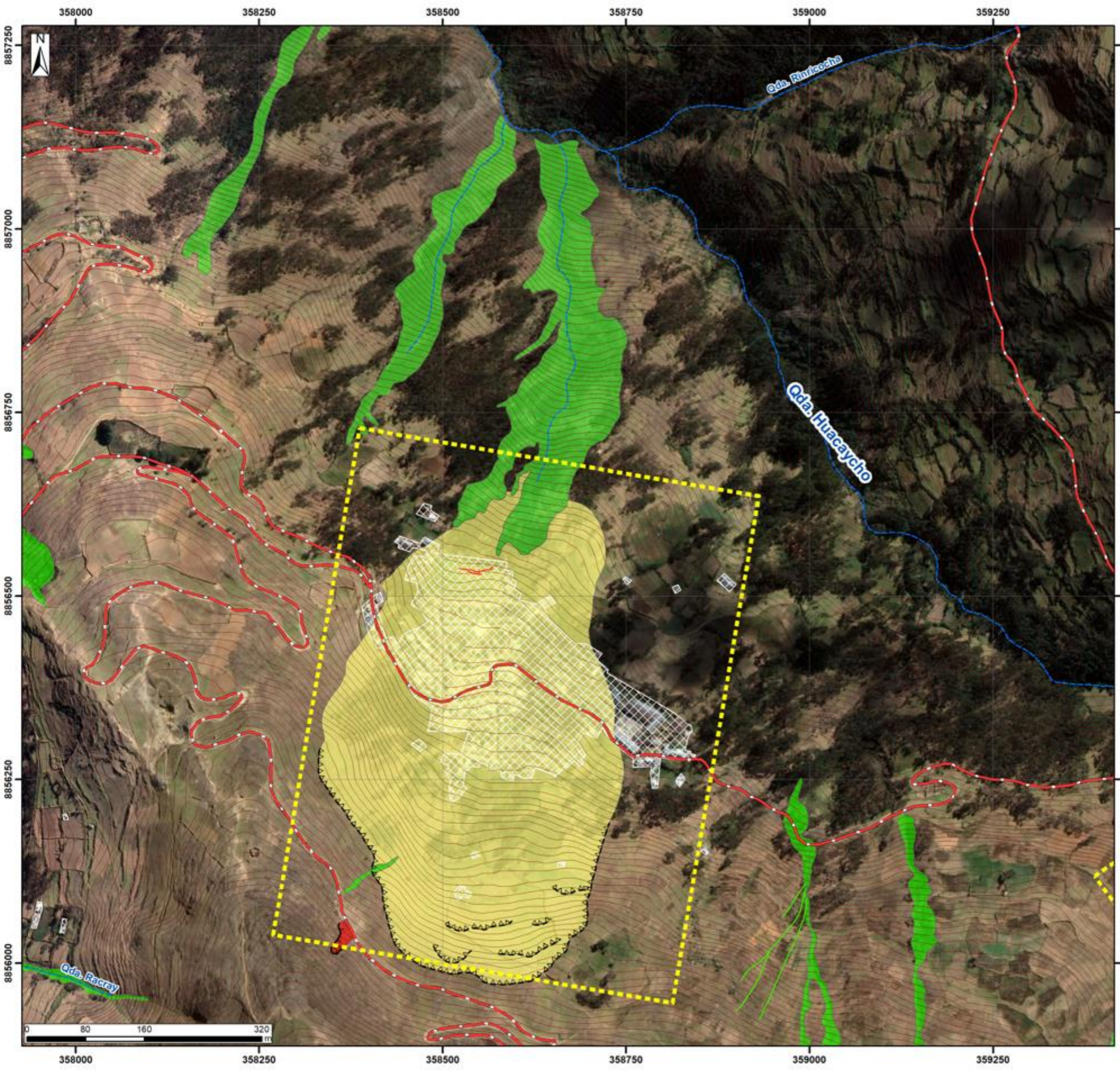
	Derrumbe Inactivado abandonado
	Derrumbe activo
	Derrumbe inactivo latente
	Deslizamiento activo
	Deslizamiento rotacional inactivo latente
	Erosión de laderas en cárcavas activo
	Erosión de laderas en cárcavas inactivo latente
	Flujo de destritos activo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Huanuco
 Provincia Ambo
 Distrito San Francisco

PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA HUACAYCHO

Escala: 1/3,500	Elaborado por: Ccorimanya Ely	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Julio 2022	



Simbología

	Escarpe de derrumbe		curvas nivel
	Escarpe de deslizamiento antiguo		Red de drenaje
	Área de evaluación		Vía vecinal
	Área rural C.P. de Mosca		Grietas antiguas

Leyenda

Tipos de Peligros Geológicos

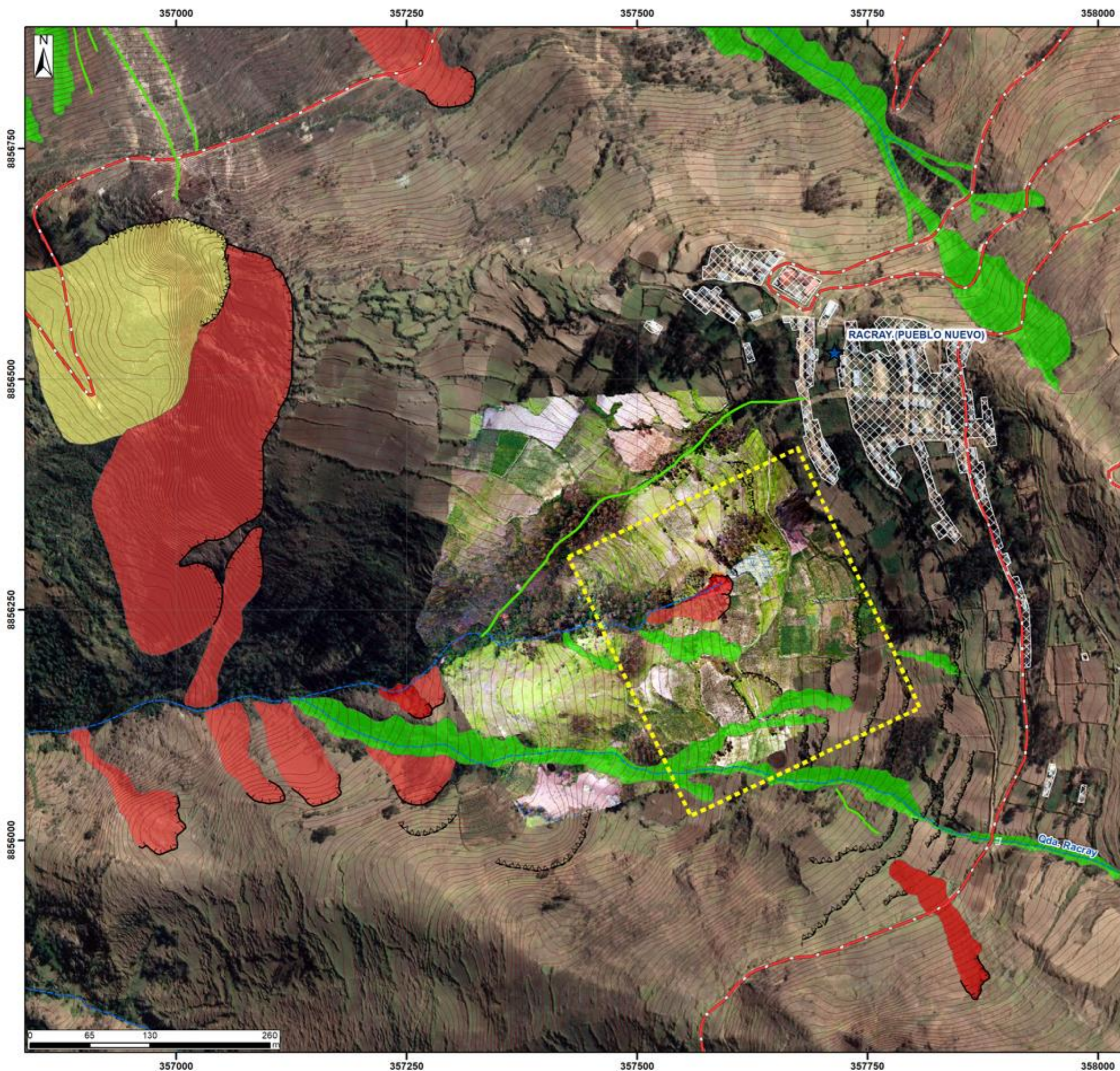
	Derrumbe activo
	Deslizamiento rotacional inactivo latente
	Erosión de laderas en cárcavas activo
	Erosión de laderas en cárcavas inactivo latente

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Huanuco
 Provincia Ambo
 Distrito San Francisco

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE MOSCA

Escala: 1/5,000	Elaborado por: Ccorimanya Ely	MAPA 05
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Julio 2022	



Simbología

	Escarpe de derrumbe		curvas nivel
	Escarpe de deslizamiento antiguo		Red de drenaje
	Área de evaluación		Vía vecinal
	Área rural C.P. de Mosca		Grietas
	C.P. Racray		

Leyenda

Tipos de Peligros Geológicos

	Derrumbe activo
	Derrumbe inactivo latente
	Deslizamiento rotacional inactivo latente
	Erosión de laderas en cárcavas activo
	Erosión de laderas en cárcavas inactivo latente
	Bofedal

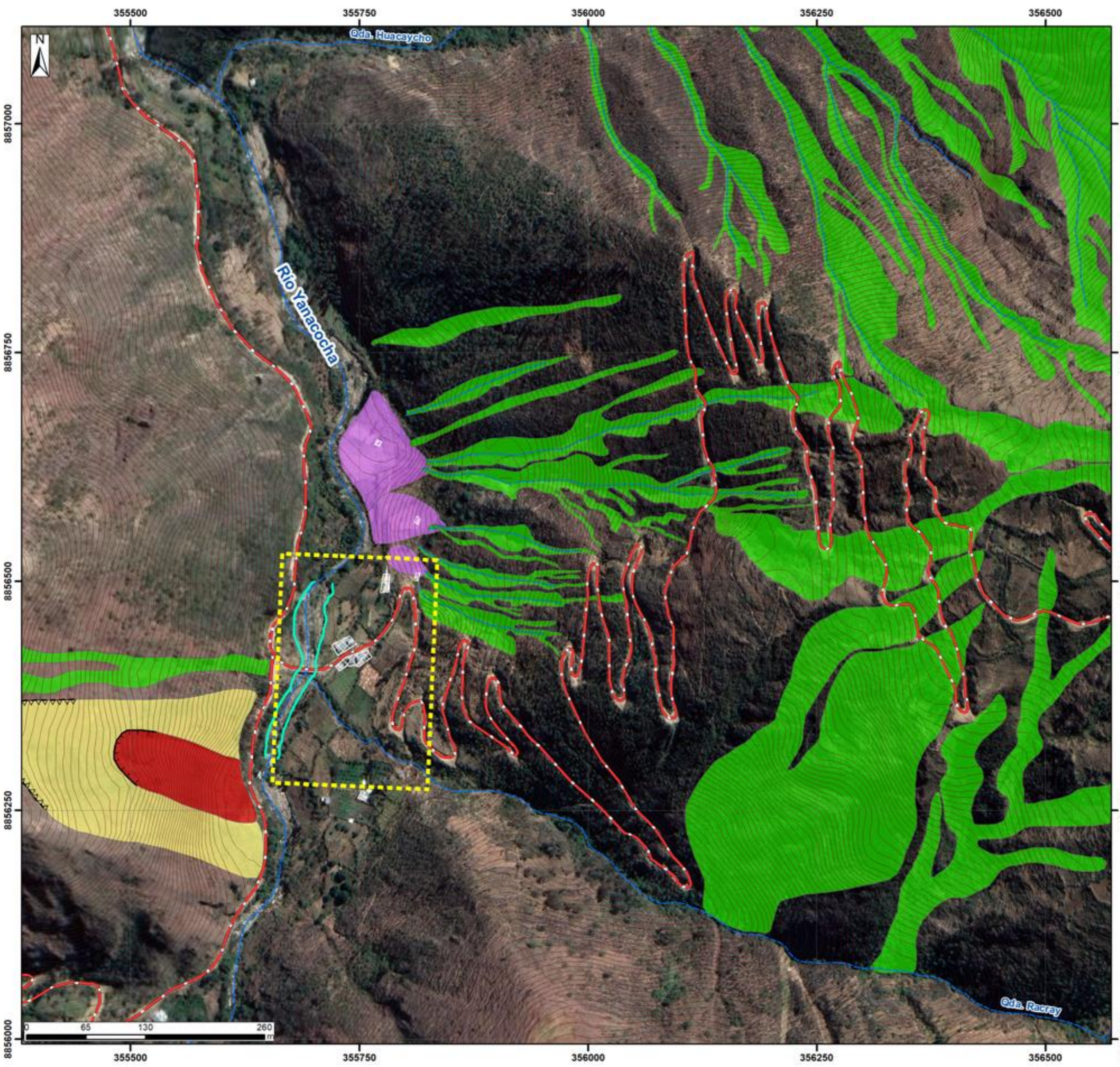
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Huanuco
 Provincia Ambo
 Distrito San Francisco

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO RACRAY (PUEBLO NUEVO)

Escala: 1/4,000	Elaborado por: Ccorimanya Ely	MAPA 06
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Julio 2022	



Simbología

	Escarpe de derrumbe		curvas nivel
	Escarpe de deslizamiento antiguo		Red de drenaje
	Área de evaluación		Vía vecinal
	Área rural C.P. de Mosca		
	Erosión fluvial		

Leyenda

Tipos de Peligros Geológicos

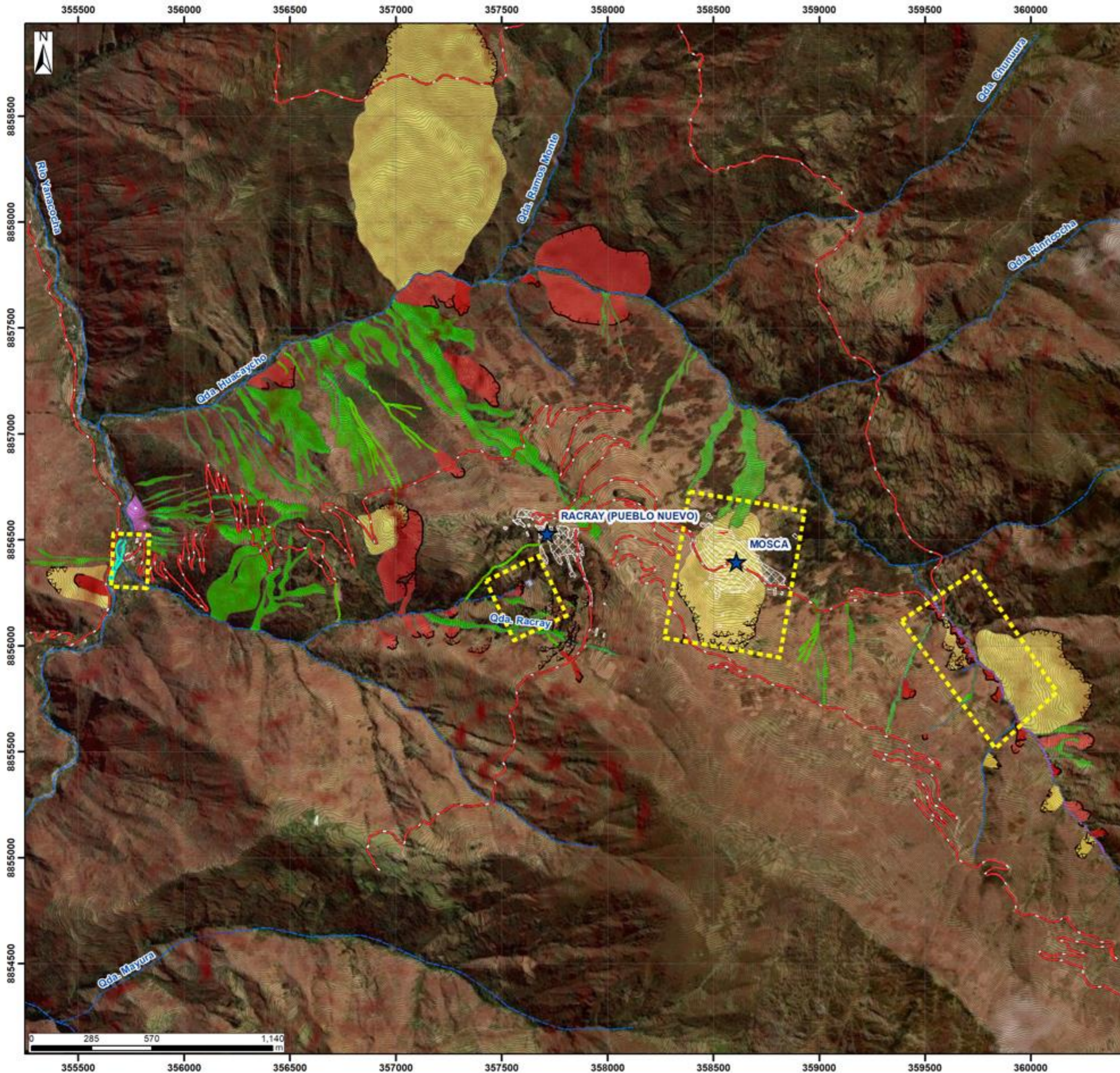
	Erosión de laderas en cárcavas activo
	Erosión de laderas en cárcavas inactivo latente
	Derrumbe activo
	Deslizamiento rotacional inactivo latente
	Flujo de detritos inactivo latente

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Huanuco
 Provincia Ambo
 Distrito San Francisco

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR YANACOCHA

Escala: 1/4,000	Elaborado por: Ccorimanya Ely	MAPA 07
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Julio 2022	



Simbología

	Escarpe de derrumbe		curvas nivel
	Escarpe de deslizamiento antiguo		Red de drenaje
	Escarpe de deslizamiento activo		Vía vecinal
	Erosión fluvial		
	Área de evaluación		
	Área rural C.P. de Mosca		

LEYENDA

	Bofedal
	Derrumbe Inactivado abandonado
	Derrumbe activo
	Derrumbe inactivo latente
	Deslizamiento activo
	Deslizamiento rotacional inactivo latente
	Erosión de laderas en cárcavas activo
	Erosión de laderas en cárcavas inactivo latente
	Flujo de detritos activo
	Flujo de detritos inactivo latente

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Huanuco
 Provincia Ambo
 Distrito San Francisco

**PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS
 CC.PP. MOSCA Y RACRAY**

Escala: 1/17,500 Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2022	Elaborado por: Ccorimanya Ely Datum: WGS 84 Impreso: Julio 2022	MAPA 08
---	---	--------------------