

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7534**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE MUCHIC

Departamento: Huancavelica  
Provincia y distrito: Huaytará



SETIEMBRE  
2024

## EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE MUCHIC

*(Distrito Huaytará, provincia de Huaytará, departamento Huancavelica)*



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

*Equipo de investigación:*

*Richard Remy Huayta Pacco*  
*Marlon Ccopa Alegre*

### Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligros geológicos en el centro poblado de Muchic. Distrito de Huaytará, provincia Huaytará; departamento Huancavelica. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7534 p.

## INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1. Objetivos del estudio.....	5
1.2. Alcances.....	5
1.3. Antecedentes y trabajos anteriores.....	6
1.4. Aspectos generales .....	7
<b>2. DEFINICIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>10</b>
3.1. Unidades Litoestratigráficas.....	10
3.2. Depósitos Cuaternarios.....	11
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>13</b>
4.1 Pendientes del terreno .....	13
4.2 Unidades geomorfológicas .....	14
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>15</b>
5.1 Caída de rocas .....	15
5.2 Derrumbes.....	17
5.3. Otros peligros .....	18
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>23</b>

## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en el Anexo de Muchic, perteneciente a la jurisdicción distrital de Huaytará, en la provincia Huaytará, departamento Huancavelica. 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 identificaron unidades litoestratigráficas, como la Formación Copara y el Centro Volcánico Cusicancha. La Superunidad Incahuasi, conformada por granodioritas poco a moderadamente fracturadas y una meteorización que varía desde ligera hasta moderada.

Cobertura superficial con depósitos coluviales, de baja compacidad, conformados por materiales heterométricos, mientras que los depósitos fluviales están sueltos y compuestos principalmente por gravas y arenas.

Se observaron caída de rocas y derrumbes antiguos y recientes, que abarcan un área aproximada de 1.50 ha.

En el 2008, por activación de un derrumbe, una vivienda fue afectada y cobro la vida de una persona; las observaciones realizadas sugieren que aún sigue latente el peligro.

En ladera noroeste del centro poblado Muchic, se tienen depósitos superficiales inestables, que podrían generar nuevos eventos.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas e ingeniero geológicas que se presentan en el centro poblado de Muchic, se puede generar caída de rocas y derrumbes; por lo tanto, la zona se le considera de **PELIGRO ALTO** a la generación de este tipo de peligros geológicos.

Se proponen diversas recomendaciones, tanto no estructurales como estructurales, para abordar los riesgos geológicos en el Anexo de Muchic. En el ámbito no estructural, se destaca la necesidad de realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR) para identificar los elementos vulnerables en el poblado.

En cuanto a las recomendaciones estructurales, se enfatiza la mejora del sistema de drenaje pluvial, proponiendo su canalización y derivación hacia las quebradas cercanas. Asimismo, implementar sistemas de monitoreo y alerta temprana capaces de detectar cambios en el comportamiento del terreno, permitiendo prever con anticipación la ocurrencia de flujos de detritos. Estas medidas tienen como objetivo principal mitigar los peligros y proteger la seguridad de la población ante posibles eventos geológicos.

## **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 en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad de Huaytará, según Oficio N°31-2023-MPH, PLATPRODECI-P, en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos en el centro poblado de Muchic, en cuyas viviendas se presentan rajaduras y fallas estructurales.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al Mag. Richard Remy Huayta Pacco, realizar la evaluación de peligros geológicos.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete, se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad de Huaytará e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

### **1.1. Objetivos del estudio**

- a) Identificar, evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que pueden afectar las viviendas del centro poblado de Muchic.
- b) Determinar los factores condicionantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

### **1.2. Alcances**

El informe permitirá conocer las características geológicas del macizo rocoso y depósitos cuaternarios sobre el cual se encuentra el poblado de Muchic, así como sus implicancias en la generación de movimientos en masa que afecta las viviendas; para lo cual se desarrolla las siguientes evaluaciones:

#### **1.2.1. Investigaciones básicas**

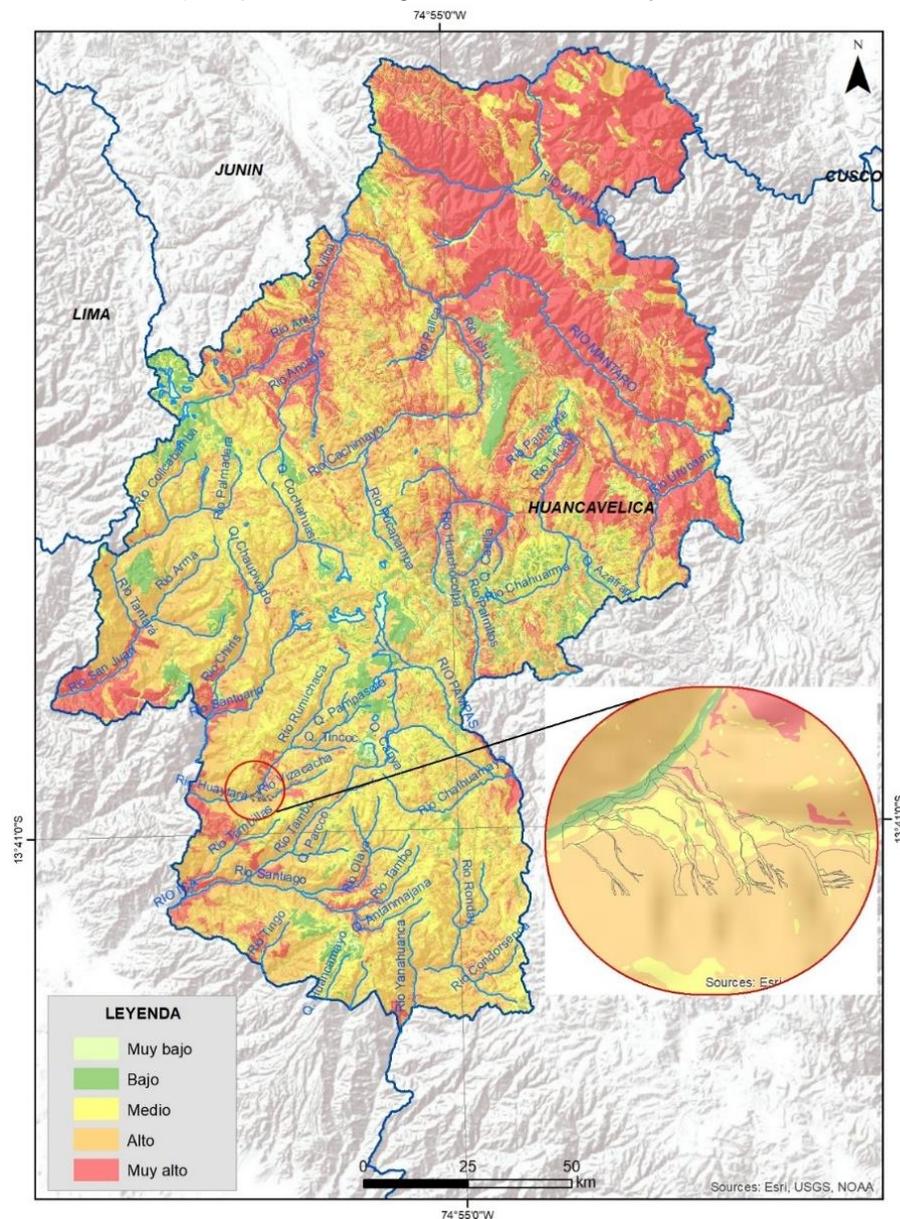
- Caracterización e identificación de los peligros geológicos que afectan las viviendas del centro poblado, así mismo caracterizar la masa rocosa y depósitos cuaternarios involucrados, en base a un mapeo detallado.

- Evaluación de los factores detonantes que influyen sobre la estabilidad de la infraestructura de las viviendas (precipitaciones pluviales, sismos, actividad antrópica, entre otros).

### 1.3. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel regional, en el distrito de Huaytara, se tiene la siguiente información:

- Boletín N° 69, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológicos en la Región Huancavelica” (Vílchez et al., 2019). El estudio realiza un análisis de susceptibilidad a movimientos en masa, presentado en un mapa a escala 1: 250 000, donde el poblado de Muchic, se encuentran en zona de susceptibilidad Alta (figura 1). Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.



**Figura 1.** Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Huancavelica. Fuente Vílchez, 2019.

## 1.4. Aspectos generales

### 1.4.1. Ubicación

El área evaluada se encuentra a la margen izquierda del río Huaytara. Políticamente, pertenece al distrito y provincia Huaytará, departamento Huancavelica (figura 2); en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) (Tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas del área evaluada.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	547194	8580330	12°50'30.13"	74°33'54.27"
2	547453	8580410	12°50'27.51"	74°33'45.68"
3	547633	8580043	12°50'39.44"	74°33'39.69"
4	547336	8579962	12°50'42.10"	74°33'49.54"
<i>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</i>				
C	547439	8580223	12°50'33.59"	74°33'46.14"

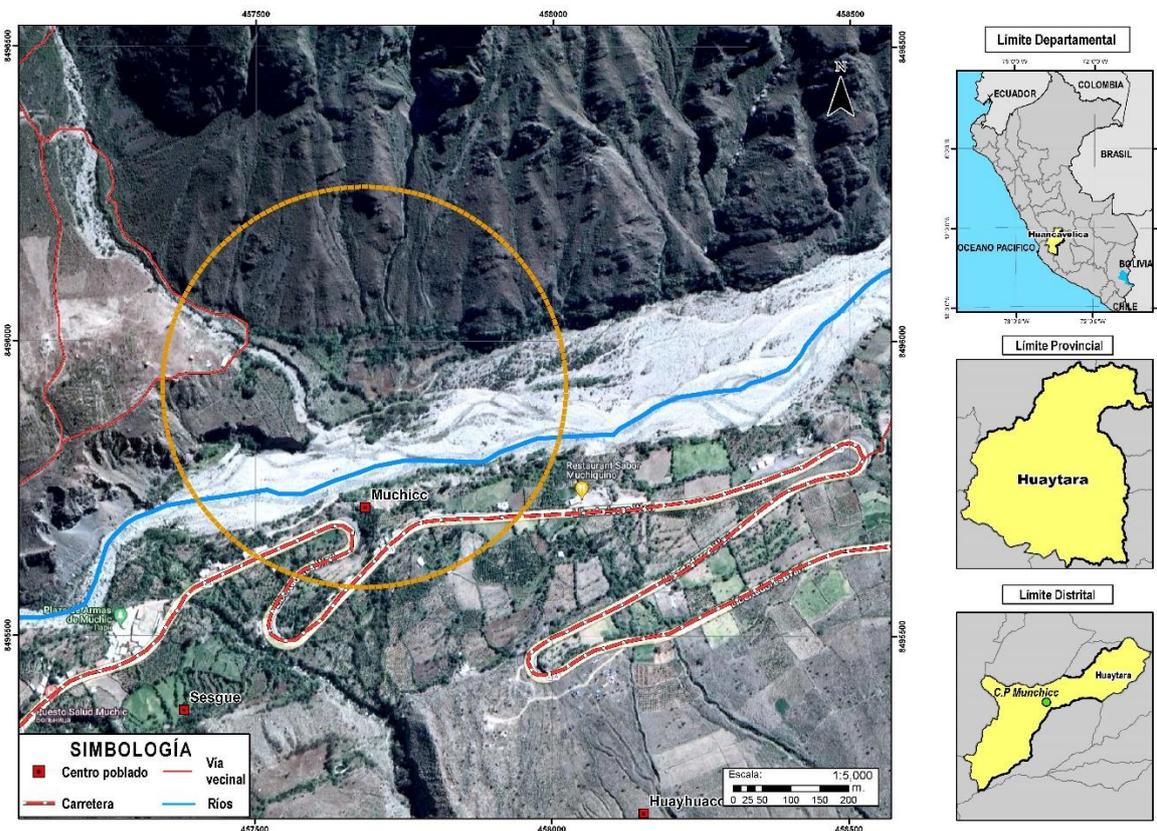


Figura 2. Mapa de ubicación del área evaluada.

### 1.4.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde la ciudad de Lima (Ingemmet-sede central), mediante la siguiente ruta (cuadro 1):

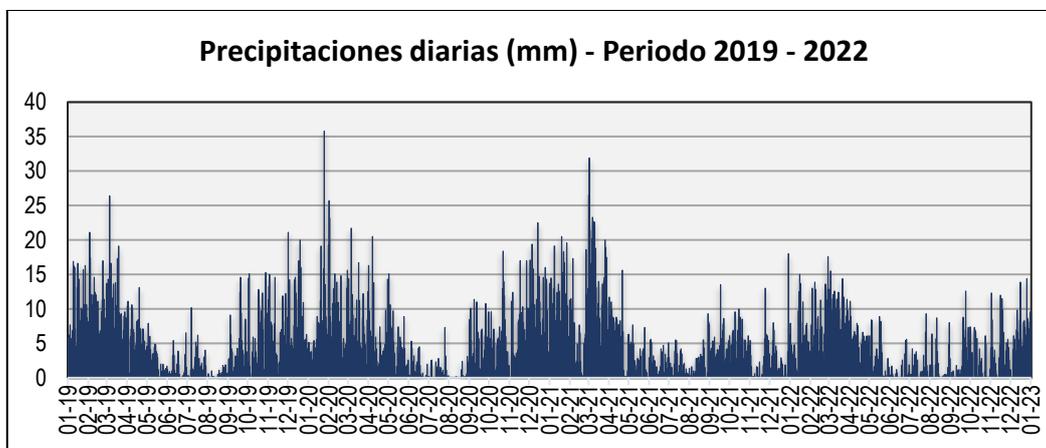
**Cuadro 1.** Rutas y accesos al área evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huaytará	Carretera asfaltada	427	8h 42 minutos

**1.4.1. Clima**

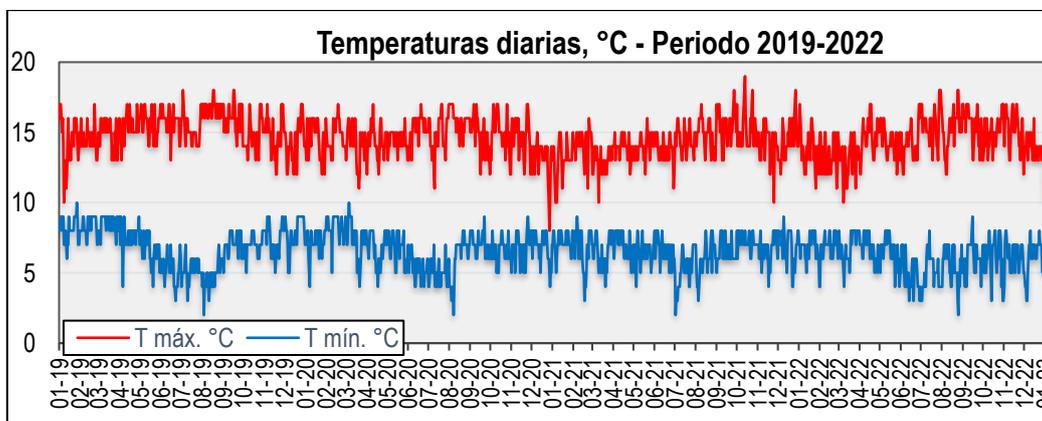
Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito de Huaytará presenta un clima semiseco, frío, con deficiencias de lluvias en invierno y humedad relativa calificada como húmeda.

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 raster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo 2019-2022 fue de 30.2 mm.



**Figura 3.** Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2019-2022. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/9082407>.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 19.0°C en verano y un mínimo de 2.0°C en invierno (figura 4). Así mismo, presenta una humedad promedio de 60% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).



**Figura 4.** Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo 2019-2022. La figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/9082407>.

## 2. DEFINICIONES

El presente glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

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

**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.

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

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

**DESLIZAMIENTO** Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

**ESCARPE** 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.

**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.

**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.

**MOVIMIENTO EN MASA** Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

**SUSCEPTIBILIDAD:** La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología se desarrolló en base a la información obtenida en campo, apoyada “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos 28-m (IV)”, (De la Cruz Bustamante, N. S., & Jaimes Salcedo, F., 2003) y la “Geología del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos y Paras. Hoja: 28-m” (Palacios Moncayo, O., 1994). publicados por INGEMMET, a escalas 1/50 000 y 1/100 000 respectivamente, donde se presentan rocas intrusivas, volcánicas, sedimentarias y depósitos cuaternarios. (Mapa 1)

Estos materiales se segmentan a través de la cartografía y en base a la inspección en la zona, interpretación de imágenes satelitales que junto a las fotografías aéreas se completa el mapa geológico, presentado en el mapa 1: Anexo 1.

#### 3.1. Unidades Litoestratigráficas

La principal unidad que aflora en la zona de estudio corresponde a los intrusivos de la “Superunidad Incahuasi” (Ks-i) y los Volcánicos Incahuasi; también se tiene depósitos coluviales, que han sido acumulados recientemente por acción de la gravedad.

##### 3.1.1. Formación Copara (Ki-co):

En el contexto regional, aflora como relleno sedimentario de las capas rojas en los alrededores del Anexo de Muchic. Además, esta unidad sobreyace en discordancia a los grupos Mitu y Pucará, y está cubierta en discordancia por las ignimbritas de la Formación Rumihuasi.

Está constituida esencialmente por areniscas, lutitas y conglomerados de color rojo ladrillo y a veces naranja, que adoptan buzamientos leves menores de 30°. Además, en la parte superior de esta formación se incluyen horizontes de cenizas volcánicas blancas.

De forma local, está conformada por limoarcillas verdes, rojas y amarillentas intercaladas con areniscas grises y algunos estratos de tobas, se presentan medianamente fracturadas a muy fracturadas y altamente meteorizadas. Hacia el tope se encuentra el miembro superior, compuesta por una toba dacítica, moderadamente meteorizada y moderadamente fracturada, denominada Toba Rumihuasi.

##### 3.1.2. Centro volcánico Cusicancha (N-cus/tbar,ap)

Parte del centro volcánico Cusicancha aflora sobreyaciendo a la Superunidad Incahuasi; si bien esta muy próxima al Anexo de Muchic, no se ubica dentro de la jurisdicción del Anexo. Sin embargo, al ser flujos piroclásticos de tobas de arena en matriz de ceniza volcánica y flujos de lava de andesita estos materiales tienden a erosionarse por aguas de escorrentías principalmente.

El grado de meteorización según la clasificación de la ISRM para esta litología corresponde ROCA METEORIZADA (III). De acuerdo a la resistencia, los índices de campo tipifican nuestro material como ROCA BLANDA (R<sub>2</sub>) a ROCA MODERADAMENTE DURA (R<sub>3</sub>), por lo cual podemos describir que al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas con un golpe fuerte del martillo, esto nos permite inferir que el rango de la resistencia a compresión simple del material comprende 5.0 MPa – 50 MPa.

### 3.1.3. Superunidad Incahuasi (Kp-3-gd; Kp-3-di)

Estos cuerpos varían entre tonalitas, granodioritas y dioritas (figura 5). En el Anexo Muchic se tienen afloramientos de granodioritas.

El grado de meteorización según la clasificación de la ISRM para esta litología corresponde ROCA LEVEMENTE METEORIZADA (II). De acuerdo a la resistencia, los índices de campo tipifican nuestro material como ROCA RESISTENTE (R<sub>4</sub>) a ROCA MUY RESISTENTE (R<sub>5</sub>), por lo cual podemos inferir el rango de la resistencia a compresión uniaxial del material comprende entre los 50 MPa a 150 MPa.



Figura 5. Muestra de granodiorita correspondiente a la Superunidad Incahuasi.

## 3.2. Depósitos Cuaternarios

### 3.2.1. Depósito coluvial (Qh-co)

Estos depósitos se encuentran formados por acumulaciones ubicadas al pie de las laderas de bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, en forma de conos o canchales (figura 6). 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.

Parte de los afloramientos se encuentran cubiertos por estos depósitos no consolidados de estructura masiva y textura arenosa, compuesto por bloques (15%), cantos (15%), grava - gravilla (25%) de formas subredondeadas a subangulosas, arenas de grano medio (35%), y limos (10%); de consistencia medio compacto, no plástico. Son suelos inconsolidados, presentan características geotécnicas malas y se consideran poco competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa, en particular caídas de rocas y derrumbes.

### 3.2.2. Depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd)

Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos. 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.



**Figura 6.** Exposición de múltiples depósitos coluviales circundada por unidades intrusivas (Kp-3-di) y volcánicas (P-ap).

### 3.2.3. Depósitos fluviales (Qh-fl):

Están conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz areno-limosa (figura 7). Se puede apreciar en las márgenes del curso principal del río Huaytará y quebradas afluentes, formando parte de la llanura de inundación, así como de terrazas fluviales. Su granulometría está compuesta por bloques (10%), gravas (35%), arenas y limos (55%).



**Figura 7.** Secuencia de los depósitos de finos en las terrazas del río Huaytará.

### 3.2.4. Depósitos Proluviales (Qh-pl):

Se originan a partir de la acumulación de material acarreado por flujos. Estos eventos inician por la existencia de material detrítico suelto acumulado en la parte alta de las quebradas, la presencia de bofedales y cuando ocurren precipitaciones pluviales intensas se saturan en terreno, pierden su estabilidad y se movilizan torrente abajo por las quebradas. El material que los constituye es heterométrico, mal clasificado, subanguloso a subredondeado, englobados en una matriz fina, permeables y medianamente consolidados (figura 8). Su granulometría está compuesta principalmente por bolos (15%), cantos (15%), gravas (25%), gránulos (25%) arenas (20%) y limos (5%).



**Figura 8.** Exposición de múltiples depósitos sobre los depósitos de flujos piroclásticos del centro volcánico Cusicancha (P-ap). Se tienen depósitos coluviales (Qh-co), proluviales (Qh-ph<sub>1</sub> y Qh-pl<sub>2</sub>).

## 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.

Se consideraron seis rangos de pendientes que van de 0°-1° considerados como muy baja; 1° a 5° baja; 5° a 15° pendiente media; 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte; finalmente, mayor a 45° terreno abrupto.

En el mapa de pendientes del relieve del centro poblado de Muchic (Mapa 2), donde se muestra que el poblado de Muchic se encuentra en pendientes media (5°-15°), con un cambio de pendiente fuerte (15°-25°) en la ladera suroeste, lo que condicionó la ocurrencia de movimientos en masa.

## 4.2 Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio se utilizó el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve. Asimismo, para la delimitación de las subunidades, se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (afloramiento y substrato rocoso, así como depósitos superficiales).

### 4.2.1 Unidad de colina y lomada

**Subunidad de Montañas en roca sedimentaria (RM-rs):** Relieves montañosos levantados 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.

**Subunidad de Montañas en rocas intrusivas (RM-ri):** Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas intrusivos las cuales son granodioritas a dioritas respectivamente, que corresponden a la super Unidad Incahuasi, estos depósitos son afectados por procesos fluvio – erosionales por lo cual son susceptibles a ocurrencia de derrumbes, caídas de rocas o flujos secos entre otros. Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas en los; 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 glaciár.

### 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 piedemonte, aquí se tienen:

**Subunidad de vertiente coluvio deluvial (V-cd):** En el contexto del Anexo de Muchic, se han identificado movimientos en masa y depósitos recientes. La textura es heterométrica y la estructura es masiva, lo que implica una disposición suelta y sin cohesión, aumentando el riesgo de inestabilidad en las laderas. Las pendientes fuertes (15°-25°) a muy fuertes (25°-45°) en las laderas del área de estudio facilitan la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes, especialmente durante periodos de alta pluviosidad. La geomorfología de Muchic muestra una red de drenaje subparalela a dendrítica, que, junto con la inclinación de las laderas, favorece la erosión y la movilización de los depósitos coluvio-deluviales.

**Subunidad de vertiente coluvial (V-co):** Se manifiesta en la acumulación de materiales en las laderas debido a la acción de la gravedad. Estos depósitos se encuentran en la base de pendientes moderadas a fuertes, donde los procesos geomorfológicos facilitan el movimiento y la deposición de sedimentos sueltos y no consolidados. La geomorfología del área incluye

pendientes inclinadas que contribuyen a la inestabilidad y al riesgo de deslizamientos, especialmente durante periodos de alta pluviosidad. Esta configuración geomorfológica de vertientes coluviales aumenta la susceptibilidad a movimientos en masa, representando un riesgo significativo para la zona.

### 3.2.5. Unidad de planicie

**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 Huaytará. 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.

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en el Anexo de Muchic, corresponden a caída de rocas, derrumbes – Activos; flujos de detritos, inundación fluvial y derrumbes antiguos.

Estos movimientos en masa en el Anexo Muchic esta acentuado sobre la carretera “Vía Los Libertadores”, colindante con la margen izquierda del río Huaytará. Se tiene la berma comprendida entre 5 a 10 m, el desnivel desde la carretera hacia el río es de alrededor entre 5 a 20 m. El río erosiona constantemente las bases lo cual genera inestabilidad.

Al asociar la pendiente del terreno, tipos de roca, tipos de suelo, drenaje superficial–subterráneo, esto permite la comprensión de la geodinámica del sector. El factor “**desencadenante**” son las precipitaciones pluviales, que saturan el terreno; otro factor es la erosión fluvial sobre la margen izquierda que genera inestabilidad en las laderas. Los peligros geológicos identificados se presentan en el Anexo 1 – Mapa 4.

La caracterización de los eventos geodinámicos, se realizó en base a la información obtenida en los trabajos de campo, diferenciando peligros geológicos a través del cartografiado geológico-geodinámico. Se basa en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotográfico con dron.

A continuación, se desarrollan las características de los siguientes peligros geológicos:

### 5.1 Caída de rocas

La berma de la “Vía de los Libertadores” tiene un ancho de 5 a 10 m, de lado Norte colinda con el río Huaytará y el Sur con laderas donde se han realizado cortes de talud; se encuentran granodioritas de la Super Unidad Incahuasi.

La roca desde el punto de vista geotécnico es de buena calidad y competente para una estructura civil, es muy resistente y dura, por lo cual el corte de talud muestra una pared irregular. Se aprecian familias de fracturas, más el corte de talud, lo que condiciona la caída de rocas.

El 2008, se generó una caída de rocas que ocasionó la destrucción de una vivienda y muerte de una persona.

### 5.1.1. Características visuales del evento

Presenta la siguientes características y dimensiones:

- Tipo de movimiento en masa: Caída de rocas.
- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Longitud de arranque: 100 m.
- Altura del desplazamiento: 30 m.
- Forma de los fragmentos de roca: Angulosos, por la disposición de las fracturas.
- Dimensiones de los fragmentos de roca: Los fragmentos varían entre 0.3 y 1.5 m de diámetro.
- Dimensiones predominantes: Los fragmentos más comunes tienen un tamaño de aproximadamente 0.8 m.
- Matriz: El depósito carece de una matriz significativa, y no están mezclados con materiales finos como arena o limo.
- Alcance de los bloques: Los bloques pueden llegar a desplazarse hasta 50 m desde la base del talud, dependiendo de la pendiente y la energía del evento de caída.

### 5.1.2. Factores condicionantes

- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de fuerte ( $15^\circ$  a  $25^\circ$ ) a muy escarpada ( $25^\circ$  a  $45^\circ$ ), que generan una alta susceptibilidad a ocurrencia de caída de rocas.
- Litología: Roca granodiorita, familia de facturas que genera bloques sueltos con dimensiones hasta de  $2 \text{ m}^3$ .

En la fotografía 1 se aprecia la pared del corte de talud se aprecia la roca muy a moderadamente fracturada.



**Fotografía 1.** Vivienda afectada por la caída de rocas, aledaña a la "Vía de los Libertadores".

### 5.1.3. Factores detonantes

- Precipitaciones pluviales: Las lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de diciembre a marzo, saturan los terrenos y los desestabilizan.
- Sismos: Los movimientos sísmicos desestabilizan el talud.

### 5.1.4. Factores antrópicos

- El riego por gravedad (inundación) de los terrenos de cultivo genera saturación de los suelos, y como consecuencia una mayor presión de poros, que conlleva a la

disminución de la presión efectiva del terreno y por consiguiente el colapso, ello se denomina suelo colapsable.

#### **5.1.5. Daños por peligros geológicos**

- Los eventos afectaron un área de 30000 m<sup>2</sup>, a lo largo de la franja marginal del río Huaytará.

### **5.2. Derrumbes**

Frente al Anexo de Muchic se presentan derrumbes inactivos latentes y activos que abarcan un área aproximada de 1.50 ha.

El derrumbe presenta una longitud de arranque de 100 m y la altura de 50 m, genera fragmentos de roca de forma angulosa, con diámetros que varían entre 0.5 y 2 m, siendo los fragmentos de mayor predominio de 1 m (fotografía 2). La matriz del depósito está compuesta por arena y limo, lo que proporciona una cohesión parcial al material suelto y rellena los espacios entre los fragmentos más grandes. Esta combinación de materiales y dimensiones refleja la naturaleza heterogénea y poco consolidada del depósito, aumentando su susceptibilidad a movimientos futuros.

#### **5.2.1. Litología del substrato y tipo de suelo**

La presencia de depósitos no consolidados (compuesto por bloques, cantos, grava - gravilla, arenas de grano medio, y limos) en el flanco norte del río Huaytará, de estructura masiva, textura arenosa; de consistencia medio compacto y no plástico; ha permitido el colapso o derrumbe de material ladera abajo siendo transportado por el río Huaytará.



**Fotografía 2.** Vista panorámica del derrumbe ubicado en la margen derecha del río Huaytará.

#### **5.2.2. Pendiente del terreno**

La ladera suroeste presenta pendientes que varían de media (5°-15°) a muy fuerte (25°- 45°). Lo que permite que el material inestable de la ladera pueda desplazarse cuesta abajo.

Esto contribuye en la ocurrencia de nuevos movimientos en masa, y por ende mayor afectación de la infraestructura.

### 5.2.3. Factores desencadenantes

Precipitaciones Pluviales: Índices altos de pluviosidad (estacional) o regímenes excepcionales. Saturan los suelos y/o rocas, aumentan las presiones del terreno al infiltrarse por discontinuidades, grietas y la sobrecarga debido a su propio peso. Absorción de agua por el contenido de arcilla en suelos adhesivos, produciendo saturación de estos.

## 5.3. Otros peligros

### 5.3.1 Erosión en cárcavas

Presenta la siguientes características y dimensiones:

- Longitud: Varían entre 10 y 50 m.
- Profundidad: Puede alcanzar entre 1 y 3 m.
- Ancho: El ancho varía de 0.5 a 2 m.
- Forma: En "V" estrecha, que se ensancha y profundiza con el avance de la erosión. Las paredes de las cárcavas son generalmente empinadas, lo que favorece la continua erosión y colapso de material en las paredes laterales.
- Materiales: Se encuentran no consolidados, compuestos principalmente por arena, limo y gravas. La textura de los materiales es heterogénea.
- Proceso de Formación: Es impulsada principalmente por el escurrimiento superficial durante eventos de lluvia intensa. La falta de vegetación adecuada en las laderas agrava el proceso de erosión, facilitando el arrastre de partículas sueltas.
- Impacto: La erosión en cárcavas contribuye con la inestabilidad de las laderas, se pueden generar deslizamientos y derrumbes por su avance retrogresivo.
- Pueden obstruir caminos y afectar terrenos agrícolas.

En resumen, las cárcavas en Muchic se caracterizan por ser profundas y estrechas, con materiales sueltos y heterogéneos de fácil erosión por el agua de escorrentía.

### 5.3.2 Erosión fluvial

Presenta la siguientes características y dimensiones:

- Localización: Se presenta en la margen derecha del río Huaytará, que colinda con la "Vía de los Libertadores" y el centro poblado de Muchic.
- Dimensiones: Afecta una franja con longitud de 1.5 km aproximadamente. La altura de los taludes erosionados varía entre 5 y 20 m.
- Procesos: La erosión fluvial es causada por el flujo constante del río Huaytará, especialmente durante el periodo lluvioso (diciembre a marzo), cuando el caudal del río incrementa significativamente. El impacto directo del agua contra las bases de los taludes genera socavación, desestabilizando las laderas y provocando colapsos y deslizamientos de material.
- Materiales afectados: Depósitos no consolidados de arenas, limos, gravas y bloques, que son fácilmente erosionados por la acción del agua.

### 5.3.2.1 Impacto de la Erosión Fluvial

- Desestabilización de laderas: La socavación de las bases de las laderas provoca inestabilidad en los taludes, generando derrumbes y deslizamientos en las zonas adyacentes al río.
- Pérdida de Terreno: La erosión fluvial conduce a la pérdida gradual de terreno, afectando áreas agrícolas, zonas habitadas, comprometiendo la seguridad y el sustento de los pobladores.
- Afectación de Infraestructuras: La “Vía de los Libertadores”, que se encuentra cerca del borde del río, es vulnerable a los procesos erosivos, lo que puede generar daños en la infraestructura vial y posibles interrupciones en el tránsito.
- Riesgos para la población: Las viviendas cercanas al río corren el riesgo de ser afectadas por los deslizamientos y colapsos provocados por la erosión fluvial, representando un peligro directo para la vida y propiedades de los habitantes.

## 6. CONCLUSIONES

1. En el Anexo de Muchic se identificaron peligros geológicos como caída de rocas, derrumbes activos, procesos de erosión en cárcava y erosión fluvial, asociados al periodo lluvioso (diciembre-marzo).
2. El substrato rocoso en la zona evaluada y alrededores está conformado por rocas intrusivas, de tipo dioritas y granodioritas de la Superunidad Incahuasi. Según la clasificación ISRM, las rocas son METEORIZADAS (V), geotécnicamente catalogadas como ROCA RESISTENTE (R4) a ROCA MUY RESISTENTE (R5), con índices de resistencia a compresión simple entre 50 MPa y 150 MPa.
3. Las rocas se encuentran moderadamente a muy fracturadas, con una familia de fracturas inclinadas a favor de la pendiente, lo que al corte de talud generó inestabilidad en la ladera.
4. En la margen derecha se presenta un depósito de deslizamiento, compuesto por bloques angulosos con diámetro de hasta 2 m.
5. El Anexo de Muchic se asienta sobre un depósito proluvial de pendiente suave, proveniente de flujos de detritos antiguos de la ladera en la margen izquierda. Circundante al poblado de Muchic, margen derecha vertientes con depósitos de deslizamiento coluvio-deluvial; circundadas con montañas de rocas intrusivas, de laderas con pendientes moderadas (5°-15) a fuerte (15°-25).
6. En la margen derecha del río Huaytará se presenta erosión fluvial, que ha desestabilizado la ladera, ocasionando derrumbes con longitudes de arranque de hasta 100 m.
7. El sector de Muchic (Margen Izquierda del río Huaytara) por las condiciones geodinámicas, geomorfológicas y litológicas, el sector se le considera de **Peligro Alto**, podría ser afectado por derrumbes, caída de rocas y/o flujos de detritos.

## **7. RECOMENDACIONES**

### **NO ESTRUCTURALES**

1. Realizar la evaluación de riesgos (EVAR), para determinar el nivel de riesgo de los elementos expuestos del poblado de Muchic.
2. A las autoridades, se recomienda difundir a la comunidad en general sobre la identificación de las zonas de alto peligro en sus jurisdicciones, para hacerlos partícipes en los planes de preparación, evacuación y acción ante la ocurrencia de estos eventos.
3. La expansión urbana no se debe dirigir hacia el borde de la quebrada. Las autoridades ediles, deben tomar un control sobre ello, emitiendo ordenanzas municipales prohibiendo su ocupación.

### **ESTRUCTURALES**

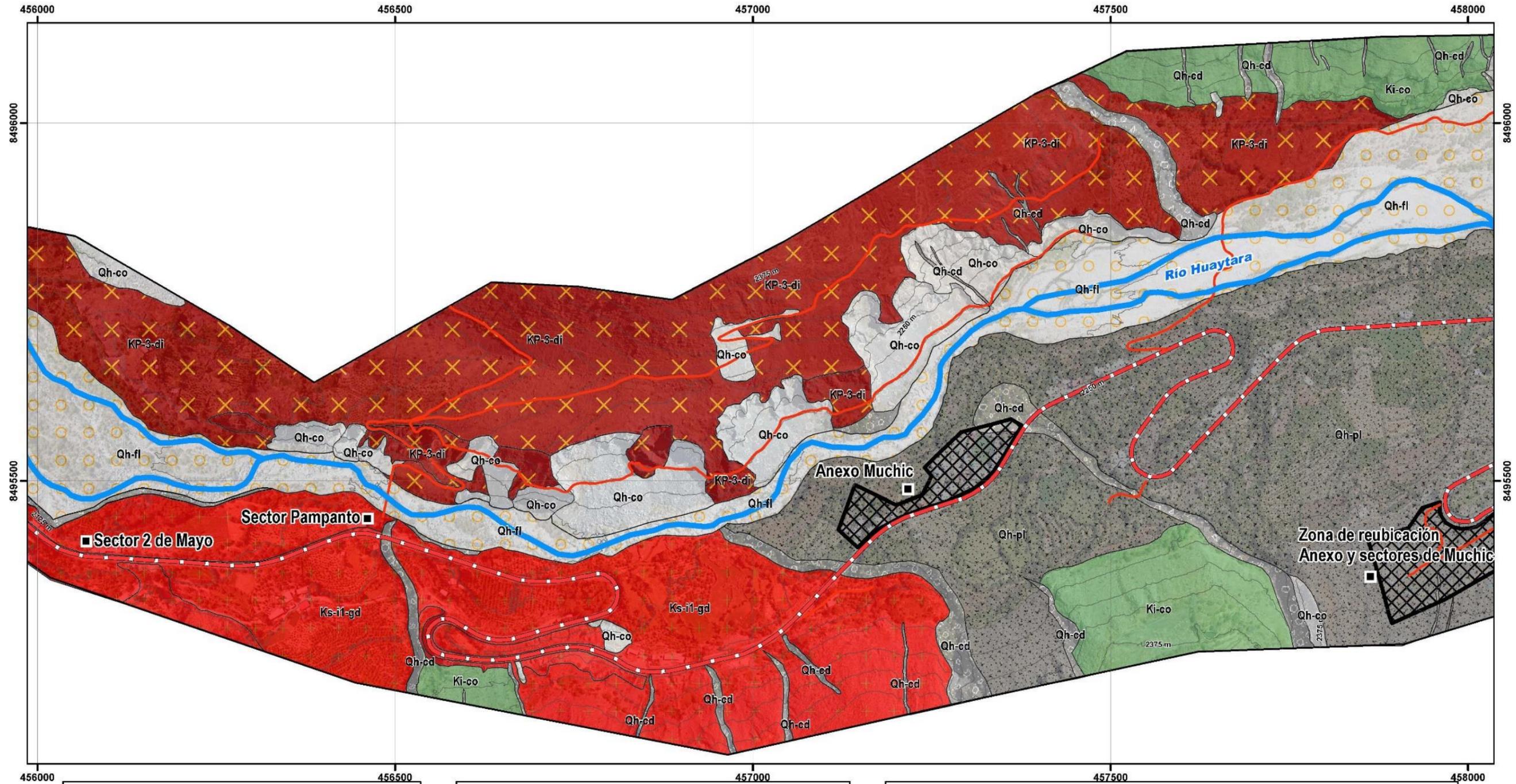
1. Mejorar el sistema de drenaje pluvial, canalizándolo y derivándolo hacia quebradas próximas.
2. Implementar sistemas de monitoreo y alerta temprana que puedan detectar cambios en el comportamiento del terreno y predecir la ocurrencia de flujos de detritos, permitiendo tomar medidas preventivas y evacuar áreas en riesgo.
3. En las quebradas que fluyen hacia el sector de Muchic, colocar muros disipadores de energía para atenuar sus efectos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cobbing, E.J.; Sánchez, A.; Martínez, W. & Zárate, H. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j. Ingemmet, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 76, 297 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/199>.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Köppen, W. (2010). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Clasificación de climas según temperatura, precipitación y ciclo estacional.). Petermanns Geogr. Mitt., 64, 193-203, 243-248.
- 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>
- Romero. D; Torres. V. (2003) Revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica (26-n). Escala 1:50 000 <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2118>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010a) – Guía climática turística (en línea). Lima: SENAMHI, 216 p. (consulta: 03 junio 2015). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p.
- Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.
- Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Huancavelica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 69, 225 p., 9 mapas

## **ANEXO 1**

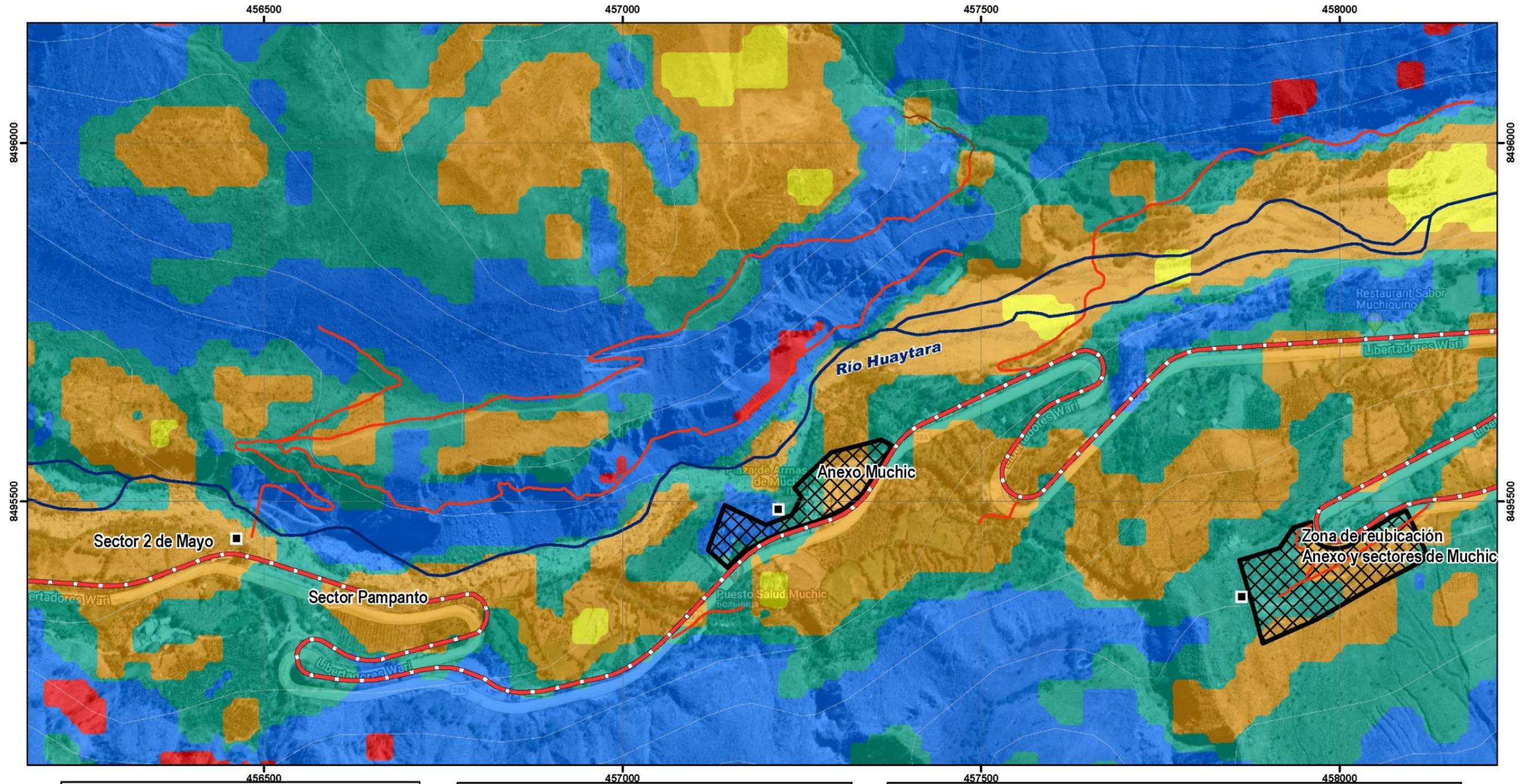
### **MAPAS DEL ANEXO DE MUCHIC**



LEYENDA	
	Deposito coluvial
	Deposito coluvio - deluvial
	Deposito Fluvial
	Proluvial
	Formación Copara - Grupo Casma
	Super unidad Incahuasi - Granodiorita
	Super unidad Incahuasi - Diorita

SIMBOLOGÍA	
	Sectores poblados de Muchic
	Via vecinal
	Via nacional
	Ríos
	Curvas de nivel

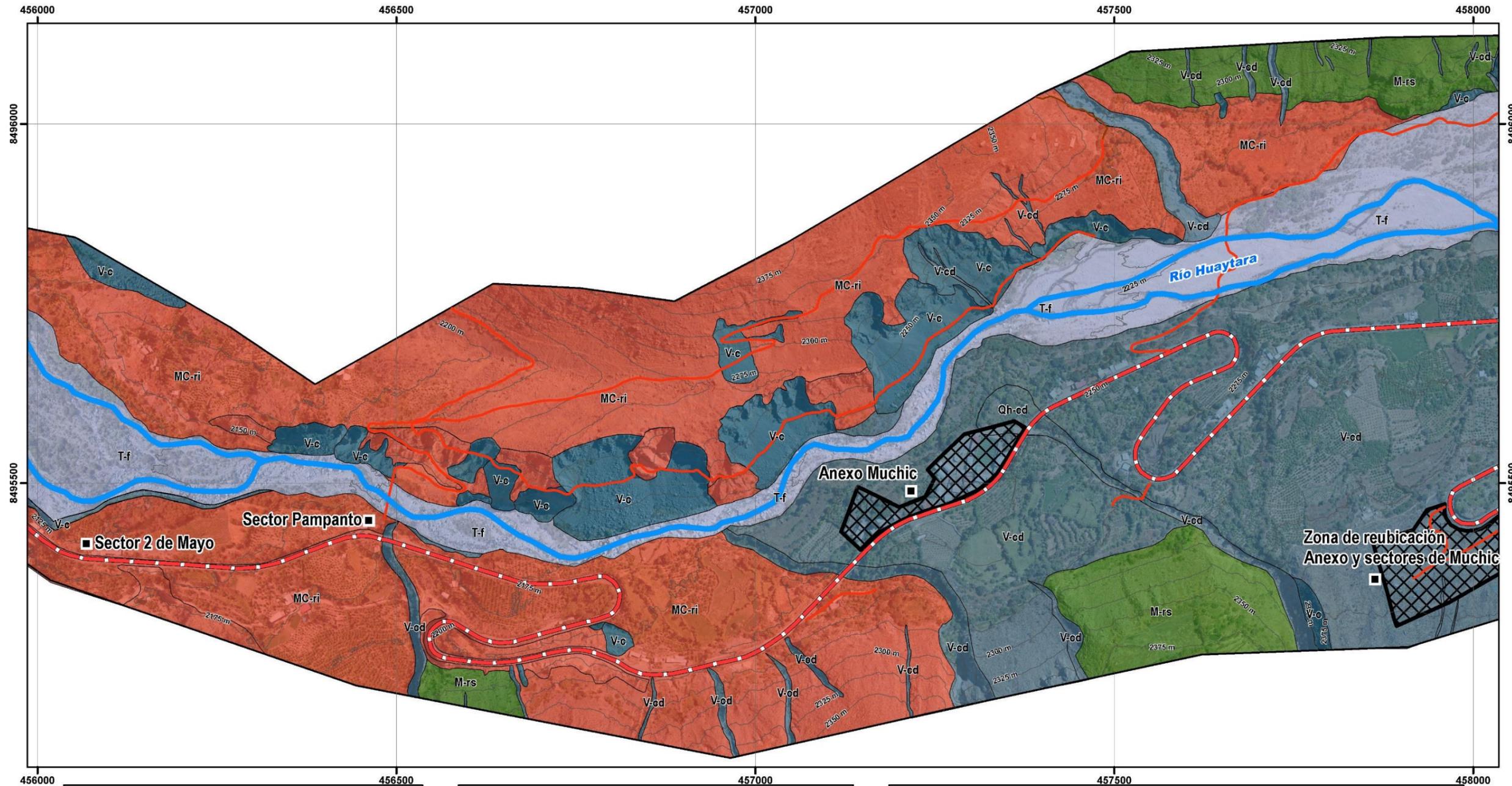
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO	
<b>MAPA GEOLÓGICO</b>	
DEPARTAMENTO HUANCVELICA - PROVINCIA HUAYTARA - DISTRITO HUAYTARA - ANEXO MUCHIC	
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Escala numérica: 1:5000
Datum: WGS 84	Fuente: De la Cruz, N. & Jaimes, F., (2003)
<b>MAPA 01</b>	



LEYENDA	
	0°- 1° TERRENO LLANO
	1°-5° TERRENO INCLINADO CON PENDIENTE SUAVE
	5°-15° PENDIENTE MODERADA
	15°-25° PENDIENTE FUERTE
	25°-45° PENDIENTE MUY FUERTE A ESCARPADA
	> 45° TERRENO MUY ESCARPADO

SIMBOLOGÍA	
	Sectores poblados de Muchic
	Via vecinal
	Via nacional
	Ríos
	Curvas de nivel

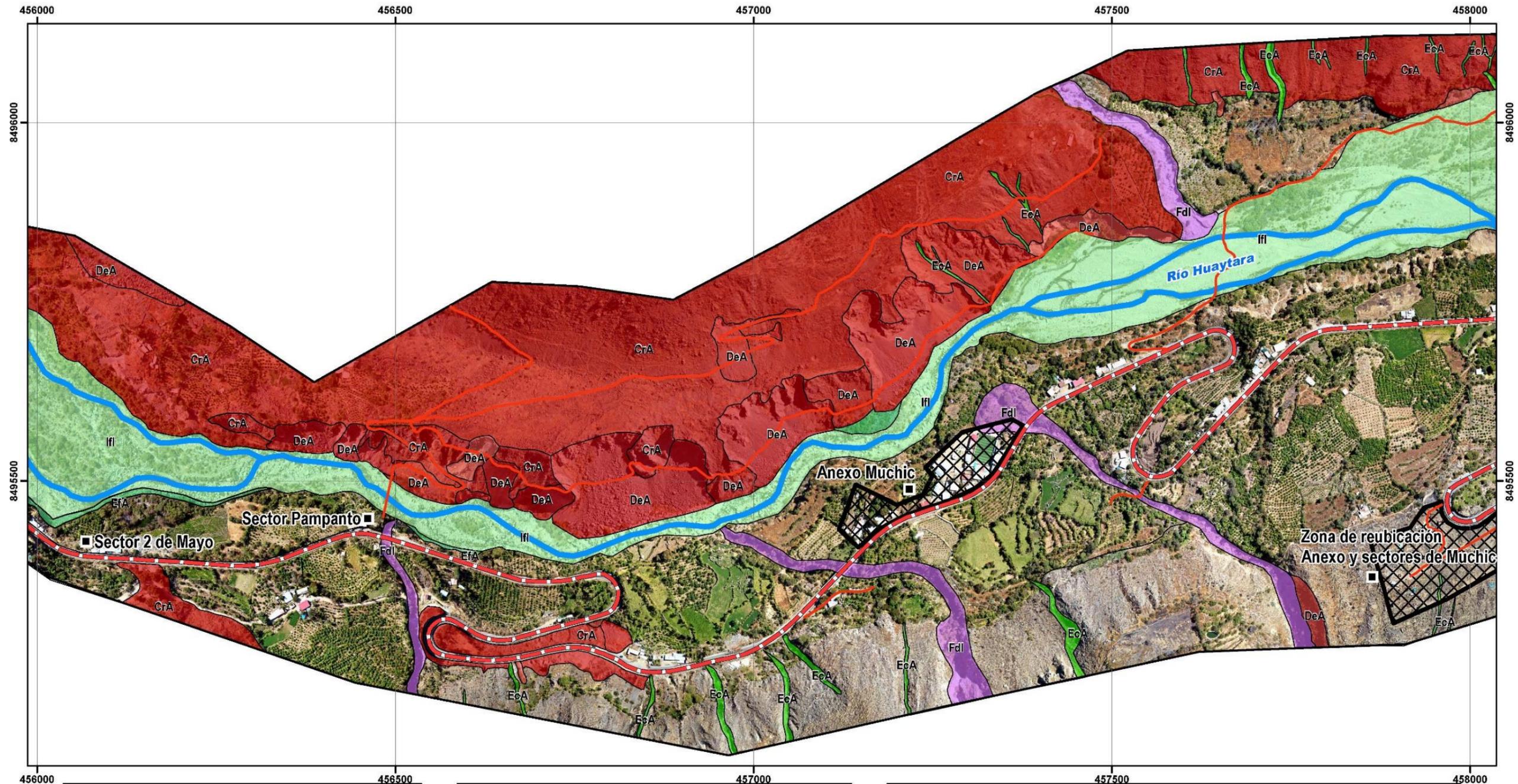
<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p>	
<b>PENDIENTE DE LOS TERRENOS</b>	
DEPARTAMENTO HUANCAMELICA - PROVINCIA HUAYTARA - DISTRITO HUAYTARA - ANEXO MUCHIC	
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Escala numérica: 1:5000
Datum: WGS 84	
<b>MAPA 02</b>	



LEYENDA	
	Vertiente coluvial
	Vertiente coluvio - deluvial
	Terraza fluvial
	Montaña en roca sedimentaria
	Montaña y colina en roca intrusiva

SIMBOLOGÍA	
	Sectores poblados de Muchic
	Vía vecinal
	Vía nacional
	Ríos
	Curvas de nivel

SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO	
<b>MAPA GEOMORFOLÓGICO</b>	
DEPARTAMENTO HUANCAMELICA - PROVINCIA HUAYTARA - DISTRITO HUAYTARA - ANEXO MUCHIC	
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Escala numérica: 1:5000
Datum: WGS 84	
<b>MAPA 03</b>	



LEYENDA	
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; padding: 2px;">EcA</span>	Erosión en cárcava
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; padding: 2px;">EFA</span>	Erosión fluvial
<span style="background-color: #8A2BE2; border: 1px solid black; padding: 2px;">Fdl</span>	Flujo de detritos
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; padding: 2px;">Ifl</span>	Inundación fluvial
<span style="background-color: #DC143C; border: 1px solid black; padding: 2px;">CrA</span>	Caida de rocas
<span style="background-color: #DC143C; border: 1px solid black; padding: 2px;">DeA</span>	Derrumbe
Activo	Inactivo latente
<span style="background-color: #DC143C; border: 1px solid black; padding: 2px;">Del</span>	

SIMBOLOGÍA	
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">□</span>	Sectores poblados de Muchic
<span style="border-bottom: 1px solid red; width: 20px; display: inline-block;"></span>	Vía vecinal
<span style="border-bottom: 1px dashed red; width: 20px; display: inline-block;"></span>	Vía nacional
<span style="border-bottom: 2px solid blue; width: 20px; display: inline-block;"></span>	Ríos
<span style="border-bottom: 1px solid gray; width: 20px; display: inline-block;"></span>	Curvas de nivel
TRAMA	
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span>	Flujo de detritos
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">X</span>	Erosión
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">/</span>	En cárcava
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">\</span>	Fluvial
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">/</span>	Derrumbe
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">\</span>	Activo
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">/</span>	Inactivo latente
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">\</span>	

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

### MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

DEPARTAMENTO HUANCAMELICA - PROVINCIA HUAYTARA - DISTRITO HUAYTARA - ANEXO MUCHIC

Proyección: UTM Zona 18 Sur      Escala numérica: 1:5000

Datum: WGS 84

MAPA  
04