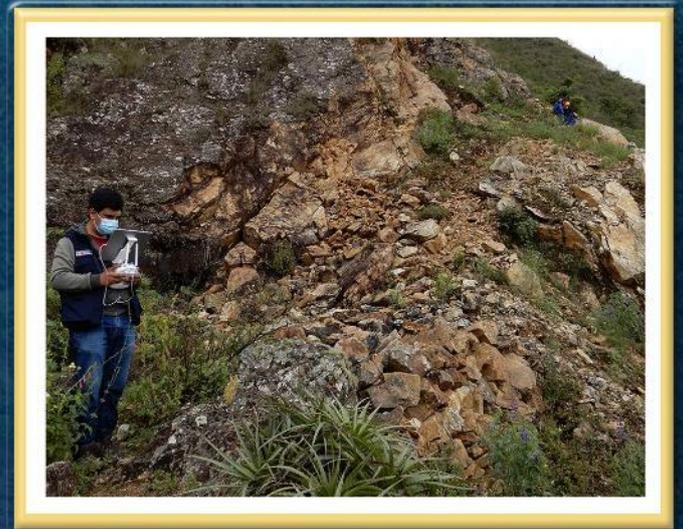


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7305**

# EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD DE PATAZ

Departamento La Libertad  
Provincia Pataz  
Distrito Pataz



OCTUBRE  
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA  
LOCALIDAD DE PATAZ**

*(Distrito Pataz, provincia Pataz, departamento La Libertad)*

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

*Equipo de investigación:*

*Lucio Medina Allcca*

*Mauricio Antonio Núñez Peredo*

**Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022) - *Evaluación de peligro geológico por movimientos en masa en la localidad de Pataz. Distrito Pataz, provincia Pataz, departamento La Libertad*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7305, 48 p

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. Objetivos del estudio .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3. Aspectos generales.....</b>	<b>8</b>
1.3.1. Ubicación.....	8
1.3.2. Población.....	10
1.3.3. Accesibilidad.....	10
1.3.4. Clima .....	10
<b>2. DEFINICIONES .....</b>	<b>10</b>
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Unidades litoestratigráficas.....</b>	<b>13</b>
3.1.1. Formación Macno (CAO-ma).....	13
3.1.2. Formación Tres Lagunas (DsCm-tl).....	15
3.1.3. Tonalita – granodiorita (C-tn/gd) .....	15
3.1.4. Depósito coluviodeluvial (Q-cd) .....	16
3.1.5. Depósito aluvial (Q-al) .....	16
3.1.6. Depósito antrópico (Q-an).....	16
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1. Pendientes del terreno.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas .....</b>	<b>20</b>
4.2.1. Unidad de Montañas.....	20
4.2.2. Unidad de vertiente.....	20
4.2.3. Unidad de terraza .....	22
4.2.4. Geoformas antropogénicas.....	22
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1. Peligros geológicos en masa en el Sector del Cerro San Francisco .....</b>	<b>23</b>
5.1.1. Deslizamiento .....	23
5.1.2. Flujo de detritos .....	25
5.1.3. Factores condicionantes del deslizamiento.....	27
5.1.4. Factores desencadenantes del deslizamiento .....	29
<b>5.2. Peligros geológicos en el sector Parque Biblioteca Gran Pajatén .....</b>	<b>30</b>
5.2.1. Derrumbes.....	30
5.2.2. Deslizamiento .....	31
5.2.3. Factores condicionantes .....	32
5.2.4. Factores desencadenantes.....	36

<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>6.1. Sector Cerro San Francisco .....</b>	<b>37</b>
<b>6.2. Sector Parque Biblioteca Gran Pajatén .....</b>	<b>38</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>7.1. Sector Cerro San Francisco .....</b>	<b>39</b>
<b>7.2. Sector Parque Biblioteca Gran Pajatén .....</b>	<b>39</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO 1: MAPAS .....</b>	<b>42</b>

## RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligro geológico por movimientos en masa en la localidad de Pataz, específicamente en el flanco noreste del cerro San Francisco (entrada a la localidad de Pataz y al centro poblado Campamento) y en el Parque Biblioteca Gran Pajatén, distrito Pataz, provincia Pataz, departamento La Libertad. Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet cumple con la función de brindar asistencia técnica en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

El macizo rocoso en el flanco noreste del cerro San Francisco y en el Parque Biblioteca Gran Pajatén, sectores evaluados, está conformado por la intercalación de metareniscas y metapelitas de la Formación Macno con rumbo general orientado de noroeste a sureste y buzamiento entre 10 a 55 grados al noreste; además, está compuesto por depósitos coluviodeluviales y depósitos antrópicos producto de la actividad minera.

La resistencia del macizo rocoso es media (50-100 Mpa) y se encuentra ligeramente meteorizada, alterada y muy fracturada; está conformado por bloques de rocas trabados de varias caras angulosos y definida por 3 familias principales de discontinuidades, con espaciamiento próximas a medianamente separadas entre sí (0.15-0.30 m) abiertas (1.0 – 5.0 mm) y sin relleno visible.

Geomorfológicamente las áreas evaluadas se sitúan en subunidades de vertiente coluviodeluvial modificada por la actividad antrópica y ladera de montaña modeladas en roca sedimentaria con pendiente del terreno varía de 25° a 45° y sectores dispersos con pendientes mayor a 45° relacionados a zonas de arranque de deslizamientos, derrumbes y corte de ladera para carretera y viviendas.

La evaluación de peligros geológicos se desarrolló específicamente en dos sectores, uno de ellos se ubica en la entrada al centro poblado Campamento y la localidad de Pataz al que se denominó “sector del cerro San Francisco”; el otro, se ubica en el “Parque Biblioteca Gran Pajatén.

Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el sector del “**cerro San Francisco**” corresponden a deslizamientos, derrumbes y flujos; de ellos, se presenta un deslizamiento y un flujo de detritos que podría afectar a la población de la localidad de Pataz.

El deslizamiento por sus características morfológicas se considera activo, abarca un área estimada de 1600 m<sup>2</sup>, escarpa principal del evento posee una longitud 30 m, desnivel entre la escarpa principal y el pie es de 60 m, salto vertical de 1.50 m, desplazamiento horizontal de 0.5 de, longitud horizontal en el eje principal de 58 m y el ancho en el pie del deslizamiento es 35.

El evento, de continuar su desplazamiento podría desestabilizar su talud inferior y aumentar volumen; además, podría convertirse en derrumbe y afectar vía de acceso al centro poblado Campamento, el centro de salud y viviendas de la localidad de Pataz.

En cuanto al flujo de detritos; este evento ocurrió el 9 y 12 de abril del 2009 y afectó viviendas en la localidad de Pataz. En la actualidad, el flujo continúa activo y podría volver a afectar a los pobladores de la localidad de Pataz.

Los peligros geológicos identificados en el “Parque Biblioteca Gran Pajatén”, corresponden a derrumbes y un deslizamiento. Los derrumbes se ubican en el talud superior e inferior de la explanada del Parque Biblioteca Gran Pajatén. El deslizamiento se ubica en el cambio de pendiente del talud inferior.

La longitud de arranque, en conjunto, de los derrumbes ubicados en el talud superior mide 260 m. y el desnivel varía entre 65 m. a 20 m. Dentro de ello, uno de los derrumbes afecta la cancha deportiva sintética y el patio de la biblioteca, su longitud de arranque mide 35 m. con ancho en el pie de 45 m y desnivel de 50 m. Otro derrumbe con longitud de arranque de 12 m y ancho en el pie de 14 m y desnivel de 22 m afecta la cancha sintética en el lado suroeste.

El deslizamiento activo que afecta la explanada del Parque Biblioteca Gran Pajatén y la cancha deportiva sintética es de tipo rotacional con estilo de escarpa única, recta, continua y elongada; abarca un área estimada de 615 m<sup>2</sup>; la longitud de escarpa principal de 92 m, el desnivel entre la escarpa principal y el pie varía entre 3 m. a 5 m, con desplazamiento vertical de 1.40 m y desplazamiento horizontal de 0.70 m.

En general, la inestabilidad de la ladera está condicionada a factores de sitio como: substrato rocoso muy fracturado, presencia de suelos antropizados no consolidados de fácil erosión y remoción, laderas con pendientes muy fuertes (25°-45°) a muy escarpados (> 45°); además, se le atribuye como factor detonante a las lluvias intensas y/o prolongadas registradas en la zona, los valores anuales alcanzan valores que van desde 700 mm hasta 2000 mm aproximadamente.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas anteriormente, El Sector Cerro San Francisco se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamiento y flujo que podría afectar a la población de Pataz y el Sector Parque Biblioteca Gran Pajatén se considera como **Zona de Peligro Muy Alto** susceptible a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes que podría afectar a los usuarios de la cancha deportiva y la biblioteca.

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 el deslizamiento.

## 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 Pataz, oficio N° 075-2022-MDP/A; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la localidad Pataz.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Lucio Medina Allcca y Mauricio Antonio Núñez Peredo, para realizar la evaluación in situ.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de la información existente en trabajos anteriores realizados por el Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres, levantamiento fotogramétrico con dron que permitan obtener Modelos Digitales del Elevación (DEM) y ortomosaicos para uso como base cartográfica de detalle), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se redactó el informe técnico.

Este documento técnico se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Pataz y entidades encargadas en 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 y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa a solicitud de la Municipalidad distrital de Pataz.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante los peligros geológicos evaluados durante los trabajos de campo.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel regional, que involucra la zona de evaluación, se tiene:

- A) El Boletín N° 50 de la Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgo Geológico en la Región La Libertad” (Medina et al., 2012). Contiene información básica sobre inventario de peligros geológicos, mapas temáticos como el de movimientos en masa que abarca región La Libertad donde la zona de evaluación es considerada entre alta y muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.
- B) Boletín N° 9, Geología del cuadrángulo de Pataz, hoja 16-h (Wilson & Reyes, 1964) donde se describen los aspectos geológicos y estructurales a escala 1/100 000.

- C) Mapa geológico del cuadrángulo de Pataz, hoja 16-h-2; elaborado por Gómez et al, (Inédito), disponible en Geocatmin. Brinda información geológica digital estandarizada como parte de la Carta Geológica Nacional y que puede ser representada a escala 1/50 000.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

Los lugares evaluados se ubican en la localidad de Pataz, específicamente flanco noreste del cerro San Francisco (entrada a la localidad de Pataz) y en el Parque Biblioteca Gran Pajatén, distrito y provincia Pataz, departamento La Libertad (figura 1). Además, se encuentra dentro de las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) que se muestran en el cuadro 1:

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de evaluación

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	216000	9140000	-7.772401°	-77.574902°
2	216000	9136500	-7.804028°	-77.575095°
3	212500	9136500	-7.803834°	-77.606808°
4	212500	9140000	-7.772207°	-77.606613°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	213541.54	9138560.69	-7.785277°	-77.597261°

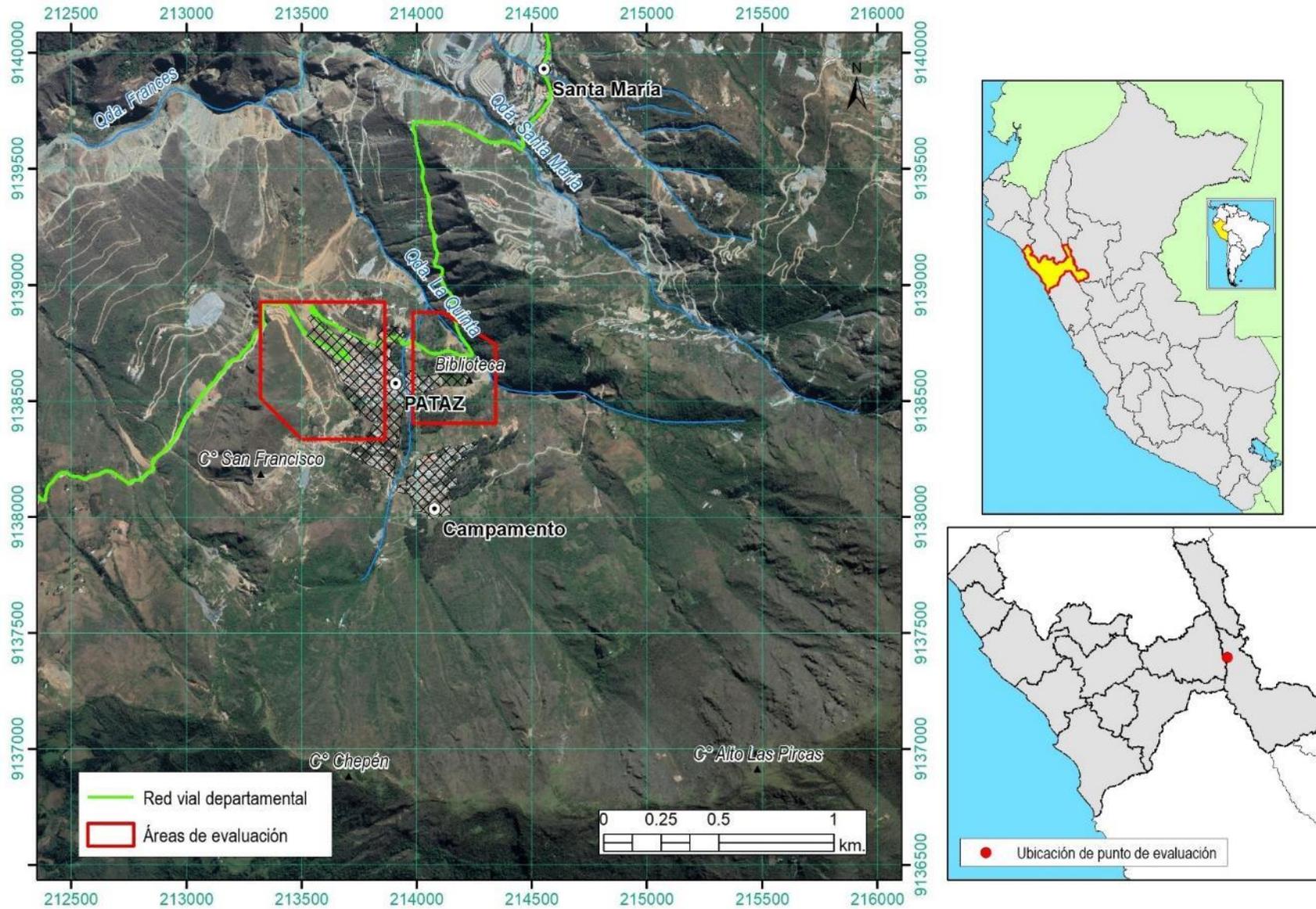


Figura 1. Ubicación de las áreas evaluadas.

### 1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017 del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, el distrito de Pataz (área de influencia directa e indirecta) está compuesto por 8 937 habitantes; de los cuales 3 092 corresponde a la población urbana y 5 845 rural; además, su densidad poblacional es de 19.12 hab/km<sup>2</sup>.

### 1.3.3. Accesibilidad

Para acceder al sector de área evaluada, desde la ciudad de Lima, se sigue las sigue rutas que se menciona en el cuadro 2:

**Cuadro 2.** Rutas y accesos

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Trujillo	Asfaltada	565	8 horas 46 min
Trujillo - Chagual	Asfaltada - Afirmada	306	9 horas 21 min
Chagual – Pataz	Afirmada	23	1 hora

### 1.3.4. Clima

Según el Mapa de Clasificación Climática Nacional del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi (Castro, et. 2021). La zona evaluada posee un clima semiseco, templado, con humedad abundante todas las estaciones del año (C(r)B'),

La temperatura máxima varía entre 21°C a 25°C y la mínima entre 7°C a 11°C; así mismo, la precipitación anual puede alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente.

## 2. DEFINICIONES

Considerando que el presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos; es por ese motivo, tomando en cuenta principalmente 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), se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

**Actividad.** La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WPMWI, 1993).

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

**Acuífero.** Es una formación natural o una estructura geológica, capaz de almacenar y transmitir agua con buena conductividad hidráulica, para suministrar una cantidad razonable de agua para un pozo o manantial. La conductividad hidráulica de un acuífero debe ser generalmente más que  $10^{-6}$  m/s.

**Acuitardo.** Es una formación geológica con permeabilidad insuficiente para hacerla una fuente de suministro de agua, sin embargo, permite el intercambio de agua subterránea en el acuífero adyacente debido a un flujo vertical. los acuitardos sirven como capas semiconfinantes.

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

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

**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.

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

**Erosión de laderas.** Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas ( $< 1$  m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

**Erosión fluvial.** Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos al socavar los valles, profundizarlos, ensancharlos y alargarlos. Ocurre cuando periodos con abundantes o prolongadas precipitaciones pluviales, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los ríos principales o secundarios que drenan una cuenca.

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

**Factor condicionante.** Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

**Factor detonante.** 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, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

**Flujo.** Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea deslizamiento o una caída. Estos pueden ser canalizados (flujos de detritos o huaicos) y no canalizados (avalanchas).

**Flujo de detritos (huaico).** Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

**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.

**Hundimiento.** Desplazamiento vertical brusco de una masa de suelo o roca debido en muchas ocasiones a la falla estructural de la bóveda de una cavidad subterránea. Suelen estar asociados a procesos de disolución de rocas carbonatadas o a la minería subterránea (Hauser, 2000).

**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 (WP/WLI, 1993).

**Inactivo latente.** Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

**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.** Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

**Peligros geológicos.** Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). El grupo de endógenos pertenecen a los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; y los exógenos agrupa a los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

**Permeabilidad.** La permeabilidad de una roca en particular está definida por su conductividad hidráulica (K), que es un parámetro específico, cuya importancia incide en relación del flujo de agua subterránea a través de un sistema acuífero, definiéndose como la capacidad de un medio poroso para transmitir agua (Driscoll, 1986).

**Porosidad.** Un medio poroso está formado por un agregado de granos entre los cuales existen espacios vacíos que pueden ser ocupados por un fluido; estos espacios vacíos se llaman poros.

**Reptación de suelos.** Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

**Susceptibilidad.** Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

**Talud.** Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

**Zona crítica.** Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La información para el análisis de los aspectos geológico de área de evaluación se basa en la información pública del Ingemmet elaborado por Wilson & Reyes (1964) y Gómez et al., (Inédito). Además, se consideró trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

#### 3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas en el área evaluada (mapa 1) están compuesto por formaciones Macno y Tres Lagunas; rocas intrusivas compuestas por tonalitas y granodiorita; depósitos coluviodeluviales, aluviales y antrópicos.

##### 3.1.1. Formación Macno (CAO-ma)

Fue descrito inicialmente por Wilson & Reyes (1964) como Complejo Metamórfico del Marañón atribuyéndole una edad precámbrica; posteriormente, Gómez et al., (Inédito) lo determinó como Formación Macno.

Según Gómez et al., (Inédito) la Formación Macno está compuesto por la intercalación de metareniscas y metapelitas. El rumbo general está orientado de noroeste a sureste con buzamiento entre 10 a 55 grados al noreste.

Localmente, la resistencia del macizo rocoso es media (50-100 Mpa), se encuentra alterada y muy fracturado; está conformado por bloques de rocas trabados de varias caras angulosas y definida por 3 familias principales de discontinuidades con espaciamiento próximas a medianamente separadas entre sí (0.15-0.30 m) abiertas (1.0 – 5.0 mm) y sin relleno visible. En superficie presenta ligera meteorización (ver figura 2 y fotografía 1).

	Estructura	CONDICIÓN DE SUPERFICIE				
		MUY BUENO	BUENO	EQUITATIVO	POBRE	MUY POBRE
		Drecese la calidad de Superficie				
	<b>INTACTO O MASIVO</b> - Macizo rocoso in situ o especímenes de roca intacta, con escasas discontinuidades ampliamente espaciadas.	90			N/A	N/A
	<b>FRACTURADO EN BLOQUE</b> - Masa de roca bien unido, consiste de un bloque cubico formado por 3 conjuntos de intersecciones discontinuas.	80	70			
	<b>FUERTEMENTE FRACTURADO EN BLOQUES</b> Macizo rocoso algo perturbado, conformado por trozos o bloques de roca trabados de varias caras angulosos y definidos por cuatro o más conjuntos de familias.		60	50		
	<b>FRACTURADO Y PERTURBADO</b> - Macizo rocoso plegado y/o fallado con bloques angulares formado por la intersección de numerosos sets de estructuras.			40		
	<b>DESINTEGRADO</b> - Macizo rocoso muy fracturado y quebrado conformado por un conjunto pobremente trabado de bloques y trozos de roca angulosos y también redondeados.			30	20	
	<b>LAMINADO/CIZALLADO</b> - Rocas débiles plegadas y cizalladas tectónicamente. Carencia de formación de bloques debido a la esquistocidad que prevalece sobre otras estructuras.	N/A	N/A			10



**Figura 2.** Valor GSI estimado para macizo conformado por intercalación de metareniscas y metapelitas con estructura fuertemente fracturada en bloques y espaciamentos próximas entre sí (0.15 – 0.30 m), abiertas (1.0 – 5.0 mm) y de resistencia media (50-100 Mpa).



**Fotografía 1.** Macizo conformado por intercalación de metareniscas de la Formación Macno.

### 3.1.2. Formación Tres Lagunas (DsCm-tl)

Se trata de una nueva unidad geológica evidenciada por Sánchez et al. (2006) y cartografiado por Gómez et al., (Inédito); en el antiguo mapa, la Formación Tres Lagunas fue cartografiada como la parte del Complejo del Marañón.

Litológicamente, según Gómez et al., (Inédito) está compuesta de una secuencia volcánica de lavas almohadilladas afaníticas gris verdoso (a veces metamorfizadas) intercaladas con niveles de rocas vulcanoclásticas.

En el área evaluada, aflora en el sureste y suroeste de la localidad de Pataz y no influye en la ocurrencia de movimientos en masa (mapa 1).

### 3.1.3. Tonalita – granodiorita (C-tn/gd)

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Pataz (16H-II) elaborado Gómez et al., (Inédito) las rocas intrusivas corresponden al Paleozoico y están conformadas por tonalitas y granodioritas. Aflora en el noreste de la localidad de Pataz, específicamente en la margen derecha de la quebrada La Quinta.

El Batolito de Pataz es un cuerpo alargado con dirección NNW-SSE paralelo al lineamiento andino superficialmente cubren un área mayor a los 200 Km<sup>2</sup>. y se constituyen de: granodioritas, monzogranitos (adamelitas), diques aplíticos y pegmatíticos corresponden a la serie ácida, mientras que: tonalitas, dioritas (dioritas hornblendicas a hornblenditas), microdioritas, pertenecen a una serie intermedia con expresiones tardías de diques lamprofiros y de diabasa (Coba, 2017).

#### 3.1.4. Depósito coluviodeluvial (Q-cd)

El depósito coluviodeluvial es de origen gravitacional acumulado en la vertiente de la montaña por la escorrentía de aguas pluviales mezclados con material de ocurrencias de movimientos en masa, está formado por material grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla en menor proporción (fotografía 2).

Los fragmentos presentes en el depósito coluviodeluvial corresponden al macizo de la Formación Macno compuesto por la intercalación de metareniscas y metapelitas.



**Fotografía 2.** Depósitos coluviodeluviales con cobertura de pastos naturales y arbustos ubicado en la entrada al centro poblado Campamento.

#### 3.1.5. Depósito aluvial (Q-al)

Son depósitos acumulados en las márgenes de la quebrada Frances, corresponde a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales tienen selección de regular a buena, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial. Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial. En la zona tiene una escasa distribución.

#### 3.1.6. Depósito antrópico (Q-an)

Depósito antrópico o antropógeno, es un término que vincula directamente al ser humano. Para el área de estudio está asociado principalmente a las acumulaciones de desmonte producto de la actividad minera (Figura 3 y 4)



**Figura 3.** Macizo de la Formación Macno (CAO-ma) con cobertura de depósitos coluvideluviales (Q-cd); además, en la comparación de fotografías del 2009 y 2022 se observa el depósito antrópico (Q-an) acumulado por la actividad minera.

<b>TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL</b> <input type="checkbox"/> Eluvial <input checked="" type="checkbox"/> Deluvial <input checked="" type="checkbox"/> Coluvial <input type="checkbox"/> Aluvial <input type="checkbox"/> Fluvial <input type="checkbox"/> Proluvial <input type="checkbox"/> Glaciar <input type="checkbox"/> Lacustre <input type="checkbox"/> Marino <input type="checkbox"/> Eólico <input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> Artificial <input type="checkbox"/> Litoral <input type="checkbox"/> Fluvio glaciar		<b>GRANULOMETRÍA (%)</b> <input type="checkbox"/> 5 Bolos <input type="checkbox"/> 25 Cantos <input type="checkbox"/> 30 Gravas <input type="checkbox"/> 10 Gránulos <input type="checkbox"/> 5 Arenas <input type="checkbox"/> 15 Limos <input type="checkbox"/> 10 Arcillas																		
<b>LITOLOGÍA (%)</b> <input type="checkbox"/> Intrusivos <input type="checkbox"/> Volcánicos <input type="checkbox"/> Metamórficos <input checked="" type="checkbox"/> 100 Sedimentarios		<b>FORMA</b> <input type="checkbox"/> Esférica <input type="checkbox"/> Discoidal <input type="checkbox"/> Laminar <input type="checkbox"/> Cilíndrica																		
<b>ESTRUCTURA</b> <input checked="" type="checkbox"/> Masiva <input type="checkbox"/> Estructificada <input type="checkbox"/> Lenticular		<b>TEXTURA</b> <input type="checkbox"/> Harinoso <input type="checkbox"/> Arenoso <input checked="" type="checkbox"/> Aspero																		
<b>CONTENIDO DE</b> <input checked="" type="checkbox"/> Materia Orgánica <input type="checkbox"/> Carbonatos <input type="checkbox"/> Sulfatos		<b>REDONDES</b> <input type="checkbox"/> Redondeado <input type="checkbox"/> Subredondeado <input checked="" type="checkbox"/> Anguloso <input checked="" type="checkbox"/> Subanguloso																		
<b>COMPACIDAD DE SUELOS</b> <table border="0"> <tr> <td rowspan="3"><b>FINOS</b></td> <td><b>Limos y Arcillas</b></td> <td><b>Arenas</b></td> <td><b>Gravas</b></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Blanda</td> <td><input type="checkbox"/> Suelta</td> <td><input type="checkbox"/> Suelta</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Compacta</td> <td><input type="checkbox"/> Densa</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Med. Consolidada</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Dura</td> <td><input type="checkbox"/> Muy Densa</td> <td><input type="checkbox"/> Consolidada</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Muy Consolidada</td> <td></td> </tr> </table>		<b>FINOS</b>	<b>Limos y Arcillas</b>	<b>Arenas</b>	<b>Gravas</b>	<input type="checkbox"/> Blanda	<input type="checkbox"/> Suelta	<input type="checkbox"/> Suelta	<input checked="" type="checkbox"/> Compacta	<input type="checkbox"/> Densa	<input checked="" type="checkbox"/> Med. Consolidada	<input type="checkbox"/> Dura	<input type="checkbox"/> Muy Densa	<input type="checkbox"/> Consolidada			<input type="checkbox"/> Muy Consolidada		<b>PLASTICIDAD</b> <input type="checkbox"/> Alta plasticidad <input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico <input type="checkbox"/> Baja Plasticidad <input type="checkbox"/> No plástico	
<b>FINOS</b>	<b>Limos y Arcillas</b>		<b>Arenas</b>	<b>Gravas</b>																
	<input type="checkbox"/> Blanda		<input type="checkbox"/> Suelta	<input type="checkbox"/> Suelta																
	<input checked="" type="checkbox"/> Compacta	<input type="checkbox"/> Densa	<input checked="" type="checkbox"/> Med. Consolidada																	
<input type="checkbox"/> Dura	<input type="checkbox"/> Muy Densa	<input type="checkbox"/> Consolidada																		
		<input type="checkbox"/> Muy Consolidada																		
<b>CLASIFICACIÓN TENTATIVA SUCS:</b> <b>SUELOS GRUESOS</b> <input type="checkbox"/> GW <input checked="" type="checkbox"/> GP <input type="checkbox"/> GM <input type="checkbox"/> SM <input type="checkbox"/> GC <input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> SP <input type="checkbox"/> SC <b>SUELOS FINOS</b> <input type="checkbox"/> ML <input type="checkbox"/> CL <input type="checkbox"/> OL <input type="checkbox"/> MH <input type="checkbox"/> CH <input type="checkbox"/> OH <input type="checkbox"/> PT																				

Figura 4. Tabla de clasificación empírica de los depósitos coluviodeluvial ubicado en la ladera superior del pareda urbana de Pataz.

## 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 factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

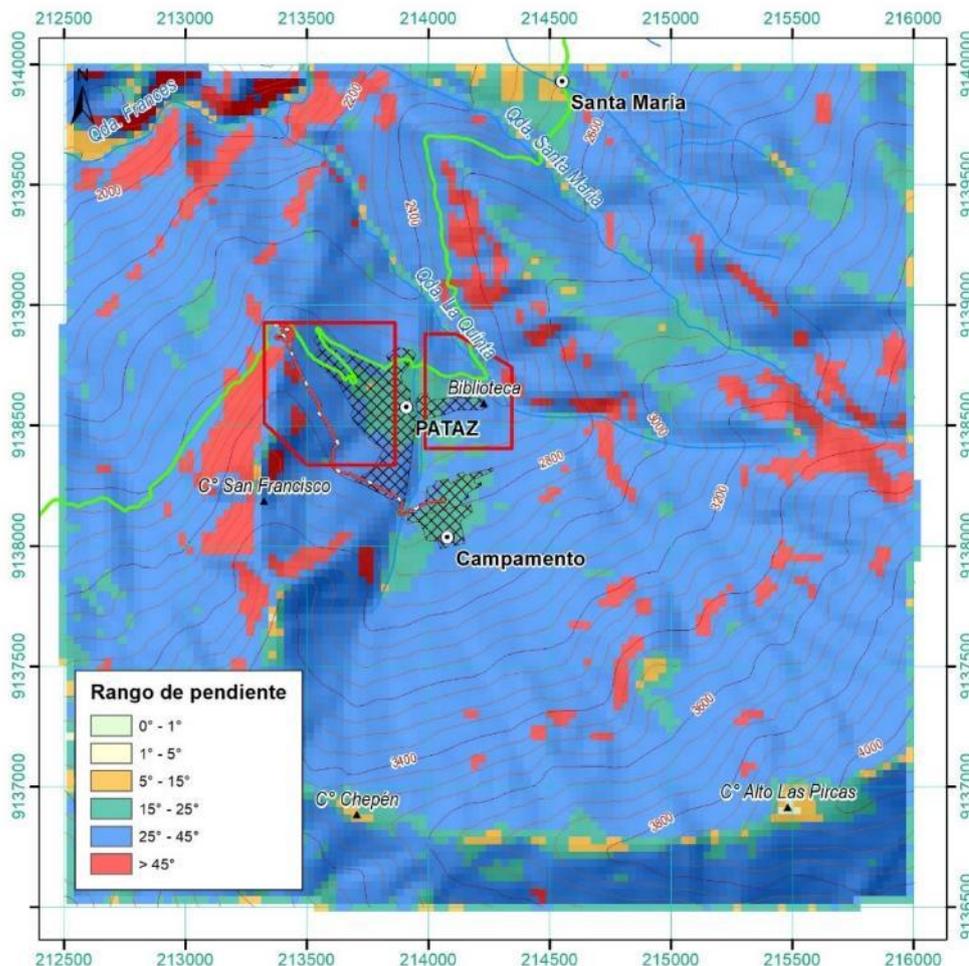
La pendiente se caracterizó en base a la información del modelo de elevación digital de 0.13 m de resolución generado a partir de imágenes captadas con Phantom 4 Pro (mapas 2 y 3) y productos de "ALOS World 3D-30m" con 30 m de resolución (figura 5).

Para la caracterización se consideró 6 rangos de pendientes como son: de 0°-1° considerados terrenos llanos; 1° a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5° a 15° pendiente moderada; 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado.

A nivel general, en la zona la pendiente del terreno varía principalmente de 5° a 15°, el mismo que se categoriza como moderada (figura 5).

A nivel local, en el flanco noreste del cerro San Francisco, lugar donde se ubica el deslizamiento activo; la pendiente varía entre 25° a 45° (fotografía 3), y mayores a 45° que están relacionadas a escarpas de arranque de movimientos en masa de tipo derrumbe y taludes de carreteras de acceso (mapa 2).

En el sector del Parque Biblioteca Gran Pajatén, la pendiente del terreno en los taludes superior e inferior varía principalmente entre 25° a 45° (fotografía 4); también, se observa pendientes mayores a 45° que están relacionados a las zonas de arranque de deslizamientos y derrumbes (mapa 3).



**Figura 5.** Modelo de la pendiente del terreno generada a partir de imágenes satelitales "ALOS World 3D-30m" con 30 m de resolución.

## 4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas

La formación de las unidades geomorfológicas en la zona de evaluación está relacionada con el levantamiento de los Andes, así como con los procesos hidrometeorológicos relacionadas a abundantes precipitaciones pluviales (erosión fluvial y pluvial) y movimientos en masa (deslizamientos, flujos, derrumbes y caída de rocas); en su formación también influye la actividad antrópica.

La caracterización de las subunidades geomorfológicas, se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve individualizando cinco tipos generales y específicos del relieve en función de su altura relativa, diferenciándose la montaña, vertientes, terrazas y geoformas antrópicas.

Además, para la delimitación se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (substrato rocoso y depósitos superficiales) dando énfasis en la diferenciación de los depósitos recientes; sobre todo depósitos de movimientos en masa identificados en campo y con ayuda de las fotografías aéreas captadas por dron e imágenes satelitales de alta resolución.

En el área de evaluación se han diferenciado las siguientes unidades y subunidades geomorfológicas:

### 4.2.1. Unidad de Montañas

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.

En el área de evaluación de acuerdo a su morfología y origen se identificó la siguiente subunidad:

#### Subunidad de montañas en rocas intrusivas (M-ri):

Subunidad geomorfológica modelada sobre roca intrusiva compuesta de tonalitas y granodioritas, se ubica al sureste del área de evaluación (mapa 4).

La pendiente de sus laderas en las vertientes orientadas a la quebrada Frances (quebrada Hualanga) varía principalmente de 25° a 45°, caracterizada como muy fuerte a muy escarpada.

#### Montaña en roca sedimentaria (RM-rs):

Subunidad geomorfológica modelada en la unidad litoestratigráfica compuesta por rocas sedimentarias de la Formación Macno (fotografía 5 y mapa 4). La pendiente de sus laderas varía entre 25° a 45°, considerado como muy fuerte a escarpado; además, presenta escasos sector con pendiente muy escarpado (mayor a 45°) relacionado a cambio de pendiente brusco.

### 4.2.2. Unidad de vertiente

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales; se ubican suspendidas en ladera de montaña. En el área de estudio se identificó la siguiente subunidad:

### Vertiente coluviodeluvial (V-cd)

Esta subunidad corresponde a la combinación de geoformas formadas por la acumulación de depósitos de movimientos en masa (prehistóricos, antiguos y recientes) y acumulaciones de material movilizado por la escorrentía superficial que se acumulan lentamente.



**Fotografía 3.** Vista de perfil de la pendiente del terreno de la subunidad geomorfológica conformadas por montaña modelada en roca sedimentaria. Ubicado en el cerro San Francisco



**Fotografía 4.** Vista de la pendiente del terreno ubicado en el sector del Parque Biblioteca Gran Pajatén



**Fotografía 5.** Vista frontal de las subunidades geomorfológica conformado por montaña modelada en roca sedimentaria y vertiente coluviodeluvial. Fotografía captada el 2009.

#### 4.2.3. Unidad de terraza

Se identificó la siguiente subunidad:

##### Terraza aluvial (T-a)

Son porciones de terreno alargado a ligeramente inclinado con pendiente del terreno entre 1° a 5° y altura relativamente marcada. Se encuentra en las márgenes del cauce de la quebrada Frances; su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bloques, bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos). Está subunidad es susceptible a la erosión fluvial.

#### 4.2.4. Geoformas antropogénicas

Se identificó la siguiente subunidad:

##### Botadero de desmonte (BD)

Subunidad formada por la actividad del hombre en el desarrollo de la actividad minera artesanal, está conformada por la acumulación de material de desmonte (Fotografía 6). Por su disposición en ladera de montaña, son susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa, principalmente tipo flujos de detritos.



**Fotografía 6.** Acumulación de material de desmonte susceptible a la ocurrencia de flujos ubicado en la ladera superior de la localidad de Pataz.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

La evaluación de peligros se desarrolló específicamente en dos sectores, uno de ellos se ubica en la entrada al centro poblado Campamento y la localidad de Pataz al que se denominó “sector del cerro San Francisco”; el otro, se ubica en el “Parque Biblioteca Gran Pajatén” e incluye el estadio.

### 5.1. Peligros geológicos en masa en el Sector del Cerro San Francisco

Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el sector del cerro San Francisco corresponden a deslizamientos, derrumbes y flujos (mapa 5); de ellos, los más importantes que afectaría a la población de la localidad de Pataz corresponde a un deslizamiento y a un flujo de detritos que se describen a continuación.

#### 5.1.1. Deslizamiento

El deslizamiento tiene superficie de rotura traslacional con escarpa semicircular, estilo de escarpa es sucesiva escalonada y avance retrogresivo. Abarca un área estimada de 1600 m<sup>2</sup> o 0.16 ha, sin considerar los movimientos en masa cercanos; el evento se considera activo y posee las siguientes características: 30 m de longitud de escarpa principal, 60 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento, 1.50 m de salto vertical, 0.5 de desplazamiento horizontal, 58 m de longitud horizontal del eje principal y 35 m de ancho en el pie del deslizamiento (figuras 6 y 7).

El deslizamiento, en caso de continuar con el desplazamiento podría convertirse en derrumbe y afectar la vía de acceso al centro poblado Campamento, el centro de salud y viviendas de la localidad de Pataz. Además, podría desestabilizar su talud inferior y aumentar de área y volumen (figura 10).

Según la información (Informe N° 027-2022-DC/MDP) proporcionada por la municipalidad de Pataz, en febrero del 2022, desde el cuerpo de la masa del deslizamiento se generó la caída de una roca que mató un animal (burro) en la carretera de acceso al centro poblado Campamento.



**Figura 6.** Vista frontal del deslizamiento de 58 m de longitud horizontal del eje principal y 35 m de ancho en el pie, ubicado en el cerro San Francisco. Coordenadas UTM: 213504.58 / 9138474.26, zona 18.



**Figura 7.** Vista de las escarpas principal del deslizamiento ubicado en el cerro San Francisco. Coordenadas UTM: 213468.35 / 9138479.24, zona 18.

Características visuales del deslizamiento:

A continuación, se detalla las características más relevantes del evento principal ubicado en el “sector del cerro San Francisco”:

- Estado de actividad: activo
- Superficie de rotura inferida: traslacional
- Forma de la escarpa: semicircular
- Estilo de la escarpa: sucesivas escalonada
- Longitud de la escarpa principal: 30 m
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 60 m
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): menor a 1.50 m
- Desplazamiento horizontal (DH) estimado: 0.50
- Longitud horizontal del eje principal del evento: 58 m
- Ancho inicial evento: 30 m
- Ancho en el pie del evento: 35 m
- Área de deslizamiento: 0.16 ha
- Agrietamientos: escalonados y en diferentes orientaciones a lo largo de la masa deslizada.
- El avance del deslizamiento: retrogresivo

#### 5.1.2. Flujo de detritos

Según Medina (2009) el evento ocurrió el 9 y 12 de abril del 2009 con origen en depósitos antropogénicos (fotografía 7) y afectó viviendas en la localidad de Pataz (fotografía 8). El principal detonante fue las fuertes precipitaciones condicionado por el abundante material inconsolidado (depósitos antrópicos y coluviales), la escasa vegetación, la morfología abrupta de la zona, el reducido canal que dejaron los pobladores para el paso de las aguas de escorrentía (ocupación inadecuada del suelo por el hombre), entre otros.

En la actualidad, el evento continúa activo y podría volver a afectar a los pobladores de la localidad de Pataz (figura 8).



**Fotografía 7.** Se observa depósito antrópico y la zona de arranque del flujo de detritos del 2009. Coordenadas UTM: 213599.51 / 9138315.50, zona 18.



**Fotografía 8.** Se observa las viviendas afectadas por el flujo de detritos en el 2009. Coordenadas UTM: 213777.66 / 9138528.19, zona 18.



**Figura 8.** Trayecto tentativo del flujo de detritos que podría afectar la localidad de Pataz en caso de activación. Coordenadas UTM: 213777.66 / 9138528.19, zona 18.

### 5.1.3. Factores condicionantes del deslizamiento

#### Factor litológico-estructural

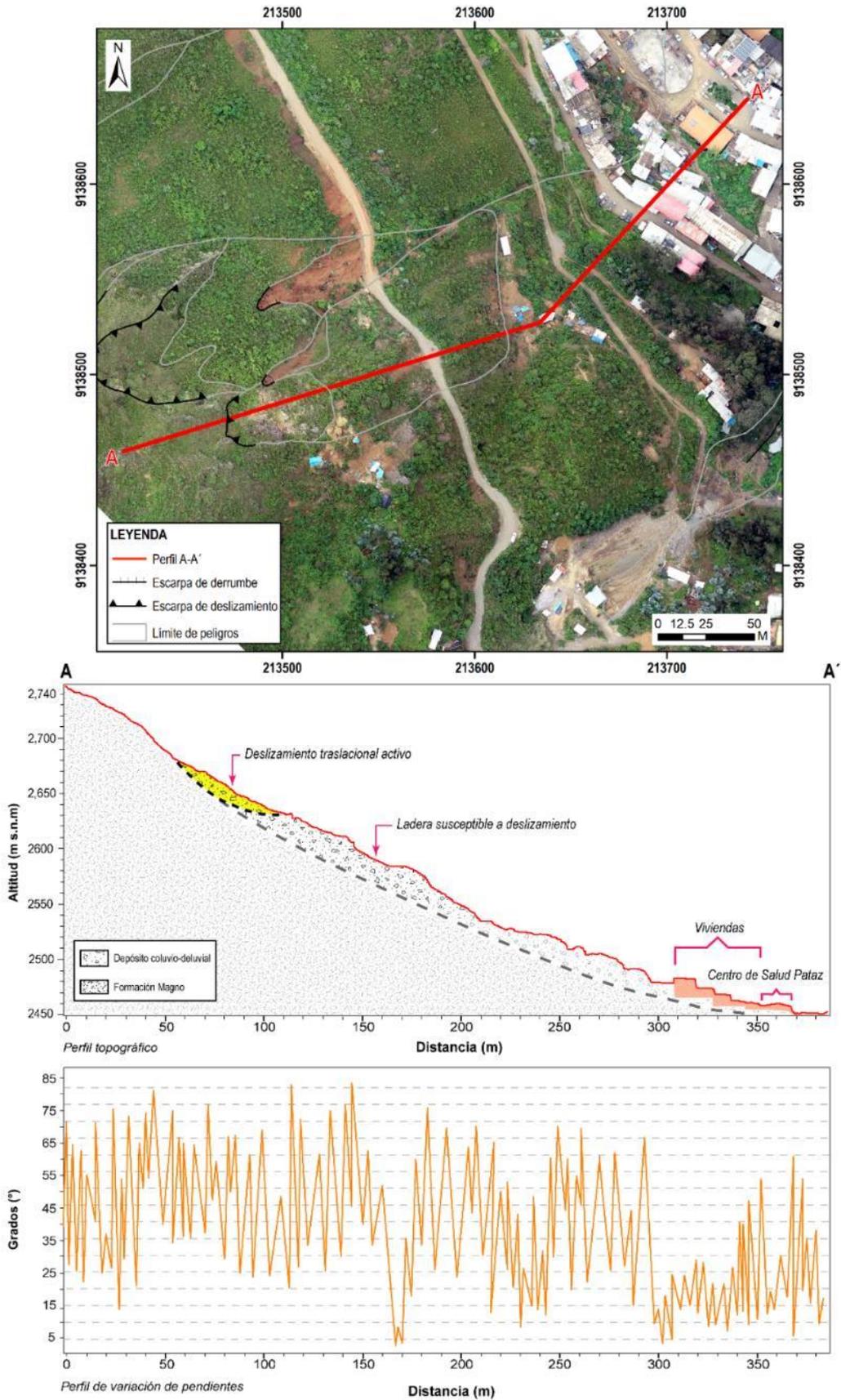
Substrato sedimentarias alterado compuesto por la intercalación de metareniscas y metapelitas, con superficie ligeramente meteorizado, muy fracturado; conformado por bloques de rocas trabados de varias caras angulosos y definida por 3 familias principales de discontinuidades.

#### Factor geomorfológico

Ladera de montaña modelada en roca sedimentaria con procesos geodinámicos superficiales visibles (deslizamientos inactivos latentes y derrumbes activos) que rodea el deslizamiento activo y pendiente del terreo que varía principalmente entre 25° y 45°, caracterizada como muy fuerte a escarpada (figura 9).

#### Factor antropogénico

Presencia de actividad mineras artesanal en el talud inferior del deslizamiento y corte realizado para construcción de carretera (figura 10).



**Figura 9.** Perfil transversal de la proyección del deslizamiento activo y la pendiente del terreno ubicado en el cerro San Francisco que podría afectar viviendas y un centro de salud en la localidad de Pataz. Coordenadas UTM: 213468.35 / 9138479.24, zona 18.



Figura 10. Las flechas señalan la actividad minera (socavones actuales y antiguos) en el talud inferior del deslizamiento. Coordenadas UTM: 213468.35 / 9138479.24, zona 18.

#### 5.1.4. Factores desencadenantes del deslizamiento

De acuerdo a las características del movimiento, se pudo inferir que éste fue causado por las filtraciones de agua en el período lluvioso que sobresaturación el macizo.

La ocurrencia de un fuerte sismo podría acelerar el desplazamiento del deslizamiento y convertirse en derrumbe.

## 5.2. Peligros geológicos en el sector Parque Biblioteca Gran Pajatén

Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el área de evaluación denominado “Parque Biblioteca Gran Pajatén” se ubican en la margen izquierda de la quebrada La Quinta, corresponden a derrumbes y un deslizamiento que se describe a continuación.

### 5.2.1. Derrumbes

Los derrumbes se ubican en el talud superior (fotografía 9) e inferior del sector Parque Biblioteca Gran Pajatén.

Los derrumbes del talud superior contienen zonas de arranque irregular y discontinuos en una longitud de 260 m y desnivel entre 65 m a 20 m. Del conjunto de derrumbes, uno de ellos afecta la cancha deportiva sintética y el patio de la biblioteca, cuya longitud de arranque mide 35 m, y su ancho en el pie 45 m y desnivel 50 m (fotografía 10). Otro derrumbe con longitud de arranque es de 12 m, y su ancho en el pie 14 m y desnivel 22 m afecta la cancha sintética en el lado suroeste.

Los derrumbes del talud inferior son principalmente de naturaleza inactivo latente con sectores dispersos de derrumbes en proceso de activación.



**Fotografía 9.** Zona de derrumbes múltiples en el talud de corte superior en el Parque Biblioteca Gran Pajatén. Coordenadas UTM: 214146.02 / 9138547.32, zona 18.



**Fotografía 10.** Derrumbe en el talud superior del patio de la Biblioteca y cancha deportiva sintética. Coordenadas UTM: 214210.58 / 9138551.29, zona 18.

#### 5.2.2. Deslizamiento

El deslizamiento corresponde a tipo rotacional con estilo de escarpa única, recta, continua, elongada y se encuentra en estado activo (fotografía 11), abarca 615 m<sup>2</sup> de área; además, posee 92 m de longitud de la escarpa principal, entre 3 m a 5 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento, 1.40 m de desplazamiento vertical (fotografía 12) y 0.70 m de desplazamiento horizontal. El deslizamiento se desarrolló sobre depósitos antrópicos

A continuación, se detalla las características visuales relevantes del evento (figura 5):

- Estado de actividad: activo.
- Estilo de la escarpa: única.
- Forma de la escarpa: recta, continua y elongado.
- Longitud de la escarpa principal: 92 m
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 3.00 m a 5.00 m.
- Superficie de rotura inferida: rotacional.
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): 1.40 m.
- Desplazamiento horizontal (DH) estimado: 0.70 m.
- Área de deslizamiento: 615 m<sup>2</sup>.
- Agrietamientos: longitudinales.
- Avance del deslizamiento: retrogresivo



**Fotografía 11.** Escarpa principal del deslizamiento ubicado en el Parque Biblioteca Gran Pajatén. Coordenadas UTM: 214210.58 / 9138551.29, zona 18.



**Fotografía 12.** Escarpa principal del deslizamiento donde se observa el desplazamiento vertical. Coordenadas UTM: 214210.58 / 9138551.29, zona 18.

### 5.2.3. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

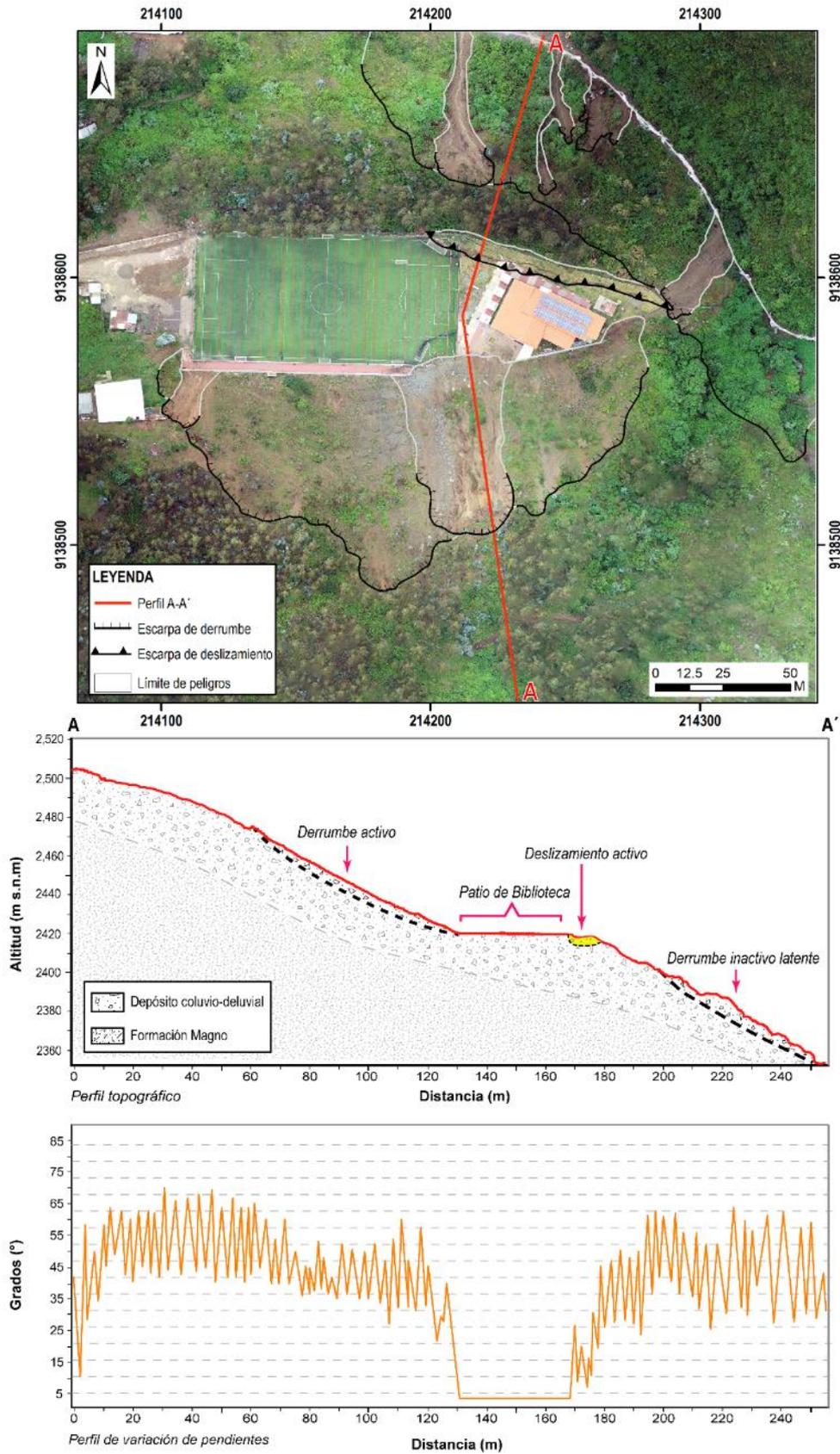
Depósito coluviodeluvial antropizado acumulado en la vertiente de la montaña por la escorrentía de aguas pluviales mezclados con material de ocurrencias de movimientos en masa conformado por material grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla en menor proporción.

#### Factor geomorfológico

Pendiente del terreno escalonado generado por la actividad antrópica en ladera de montaña con pendiente del terreo que varía principalmente entre 40° y 55°, catalogada entre muy fuerte a muy escarpada (figura 11).

#### Factor antropogénico

Corte realizado en la ladera de la montaña para la construcción del estadio y la biblioteca (figura 12). Falta de sistema de drenaje para captar las aguas pluviales y forestación adecuada.



**Figura 11.** Perfil del terreno en el sector Parque Biblioteca Gran Pajatén. Coordenadas UTM: 214151.63 / 9138566.91, zona 18.



**Figura 12.** Comparación de imágenes satelitales del 2011 y 2018 en el sector Parque Biblioteca Gran Pajatén donde se observa los cambios realizados por la actividad antrópica. Coordenadas UTM: 214151.63 / 9138566.91, zona 18.

#### 5.2.4. Factores desencadenantes

De acuerdo a las características del movimiento, se pudo inferir que éste fue causado por las filtraciones de agua acumuladas en el período lluvioso, que ayudaron a humedecer el material detrítico en la ladera, provocando sobresaturación y pérdida de cohesión.

## 6. CONCLUSIONES

### 6.1. Sector Cerro San Francisco

- a) El macizo rocoso en el cerro San Francisco está conformado por la intercalación de metareniscas y metapelitas de la Formación Macno con rumbo general orientado de noroeste a sureste buzamiento entre 10 a 55 grados al noreste; además, está compuesto por depósitos coluviodeluviales y depósitos antrópicos producto de la actividad minera.
- b) En el sector donde ocurre el deslizamiento, se encuentra sobre una ladera que presenta un substrato de macizo rocoso de resistencia media (50-100 Mpa) y se encuentra ligeramente meteorizada, alterada y muy fracturada; está conformado por bloques de rocas trabados de varias caras angulosos y definida por 3 familias principales de discontinuidades con espaciamiento próximas a medianamente separadas entre sí (0.15-0.30 m) abiertas (1.0 – 5.0 mm) y sin relleno visible.
- c) Geomorfológicamente el sector corresponde a ladera de montaña modela en roca sedimentaria; la pendiente del terreno varía de 25° a 45° caracterizada entre muy fuerte a escarpada y sectores dispersos con pendientes mayor a 45° considerado muy escarpado relacionados a zonas de arranque de deslizamientos, derrumbes y corte de ladera para carretera y viviendas.
- d) Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el sector del cerro San Francisco corresponden a deslizamientos, derrumbes y flujos; de ellos, un deslizamiento activo y la ocurrencia de un flujo podría afectar a la población de la localidad de Pataz.
- e) El deslizamiento activo, abarca un área estimada de 1600 m<sup>2</sup> o 0.16 ha, el evento posee una escarpa principal con longitud de 30 m, el desnivel entre la escarpa principal y el pie de 60 m, salto vertical de 1.50 m, desplazamiento horizontal de 0.5, longitud horizontal en el eje principal de 58 y ancho en el pie del deslizamiento de 35 m.
- f) El deslizamiento activo, en caso de continuar con el desplazamiento podría desestabilizar su talud inferior y aumentar volumen; además, podría convertirse en derrumbe y afectar la vía de acceso al centro poblado Campamento, el centro de salud y viviendas de la localidad de Pataz.
- g) En cuanto al flujo de detritos; el evento ocurrió el 9 y 12 de abril del 2009 y afectó viviendas en la localidad de Pataz. En la actualidad, el evento continúa activo y podría volver a afectar a los pobladores de la localidad de Pataz.
- h) Los factores que condiciona la ocurrencia de movimientos en masa corresponden a macizo rocoso muy fracturado, presencia de depósitos coluviodeluviales, depósitos antrópicos, pendiente del terreno que varía de 25° a 45° y la actividad minera.
- i) Los factores desencadenantes inferidos que interviene en la ocurrencia de movimientos en masa corresponden a filtraciones de agua que se acumulan durante el período lluvioso.

- j) El área evaluada en el flanco noreste del Sector Cerro San Francisco se considera como **Zona Crítica y de Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamiento y flujo que podría afectar a la población de Pataz.

## **6.2. Sector Parque Biblioteca Gran Pajatén**

- a) Está ubicado en depósitos coluviodeluviales adosado al macizo rocoso conformado por la intercalación de metareniscas y metapelitas de la Formación Macno. Geomorfológicamente corresponde a relieve de vertiente coluviodeluvial con pendiente en los taludes superior e inferior que varía entre 25° a 25°; también, se observa pendientes mayores a 45° que están relacionados a zonas de arranque de derrumbes y del deslizamiento activo.
- b) Los peligros geológicos corresponden a derrumbes y a un deslizamiento. Los derrumbes se ubican el talud superior e inferior de la explanada del Parque Biblioteca Gran Pajatén. El deslizamiento se ubica en el cambio de pendiente del talud inferior.
- c) La longitud de arranque de los derrumbes ubicados en el talud superior mide 260 m y el desnivel varía entre 65 m a 20 m. Uno de los derrumbes que afecta la cancha deportiva sintética y el patio de la biblioteca tiene longitud de arranque de 35 m, ancho en el pie 45 m y desnivel 50 m. Otro derrumbe con longitud de arranque de 12 m y ancho en el pie de 14 m y desnivel de 22 m afecta la cancha sintética en el lado suroeste.
- d) El deslizamiento es de tipo rotacional con estilo de escarpa única, recta, continua, elongada y se encuentra en estado activo, abarca un área estimada de 615 m<sup>2</sup>; posee 92 m de longitud de la escarpa principal, 3 m a 5 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie, 1.40 m de desplazamiento vertical y 0.70 m de desplazamiento horizontal.
- e) Los factores que condiciona la ocurrencia de movimientos en masa corresponden a depósito coluviodeluvial antropizado acumulado en la vertiente de la montaña; pendiente del terreno escalonado; corte realizado en la ladera de la montaña para la construcción del estadio y la biblioteca; falta de sistema de drenaje para captar las aguas pluviales y forestación adecuada.
- f) Los factores desencadenantes inferidos que interviene en la ocurrencia de movimientos en masa corresponden a filtraciones de agua que se acumulan durante el período lluvioso.
- g) El área evaluada en el Sector Parque Biblioteca Gran Pajatén se considera como Zona de Peligro Muy Alto susceptible a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes que podría afectar a los usuarios de la cancha deportiva y la biblioteca.

## **7. RECOMENDACIONES**

### **7.1. Sector Cerro San Francisco**

- a) Realizar modelamiento del deslizamiento activo para determinar su área de influencia directa, dirección de desplazamiento de la masa y su velocidad.
- b) A fin de alertar a la población se debe realizar monitoreo visual permanente del deslizamiento y área aledañas.
- c) Prohibir el tránsito por la zona durante la ocurrencia de lluvias prolongadas.
- d) Reubicar el centro de salud ante la posibilidad de ser afectada por la masa de deslizamiento.
- e) Prohibir la actividad minera en el flanco noreste del cerro San Francisco (desde la localidad de Pataz hasta la cima de la montaña).
- f) Prohibir la construcción horizontal y vertical de nuevas viviendas en la localidad de Pataz (detener la expansión urbana).
- g) Aperturar canal para pase libre de flujo de detritos con dirección a la quebrada la Quinta, en el área que fue afectada el 2009.
- h) Elaborar plan de contingencia ante derrumbe y flujo de detritos.
- i) Con asesoramiento especializado, se debe reforestar la ladera superior de la localidad de Pataz con arbustos de la zona que tenga raíces expansivas.

### **7.2. Sector Parque Biblioteca Gran Pajatén**

- a) Realizar estudios de geotecnia detallada en los terrenos de fundación para determinar la factibilidad de reconstruir los muros de contención ubicados en el talud inferior y superior del Sector Parque Biblioteca Gran Pajatén.
- b) Para la reconstrucción de los muros, adicional a los estudios especializados de geotecnia, se debe realizar el análisis de costo-beneficio.
- c) Junto al proceso de reconstrucción de muros de contención, se debe construir un sistema de drenaje para captar las aguas pluviales y drenarlas al cauce de quebrada ubicado al este del sector.
- d) Reforestar la ladera con arbustos de la zona que tenga raíces expansivas; además, se debe prohibir la plantación de eucaliptos y pinos; las existentes deben ser reemplazadas progresivamente por arbustos anteriormente mencionadas. La actividad se debe realizar con asesoramiento especializado forestal.
- e) Limitar el acceso a la cancha deportiva ubicado en el sector Parque Biblioteca Gran Pajatén solo para uso de entrenamientos.
- f) Las instalaciones de la biblioteca por encontrarse en terreno rellenado susceptible a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes deben ser clausurado definitivamente.



-----  
LUCIO MEDINA ALLCCA  
Ingeniero Geólogo  
CIP N° 101456

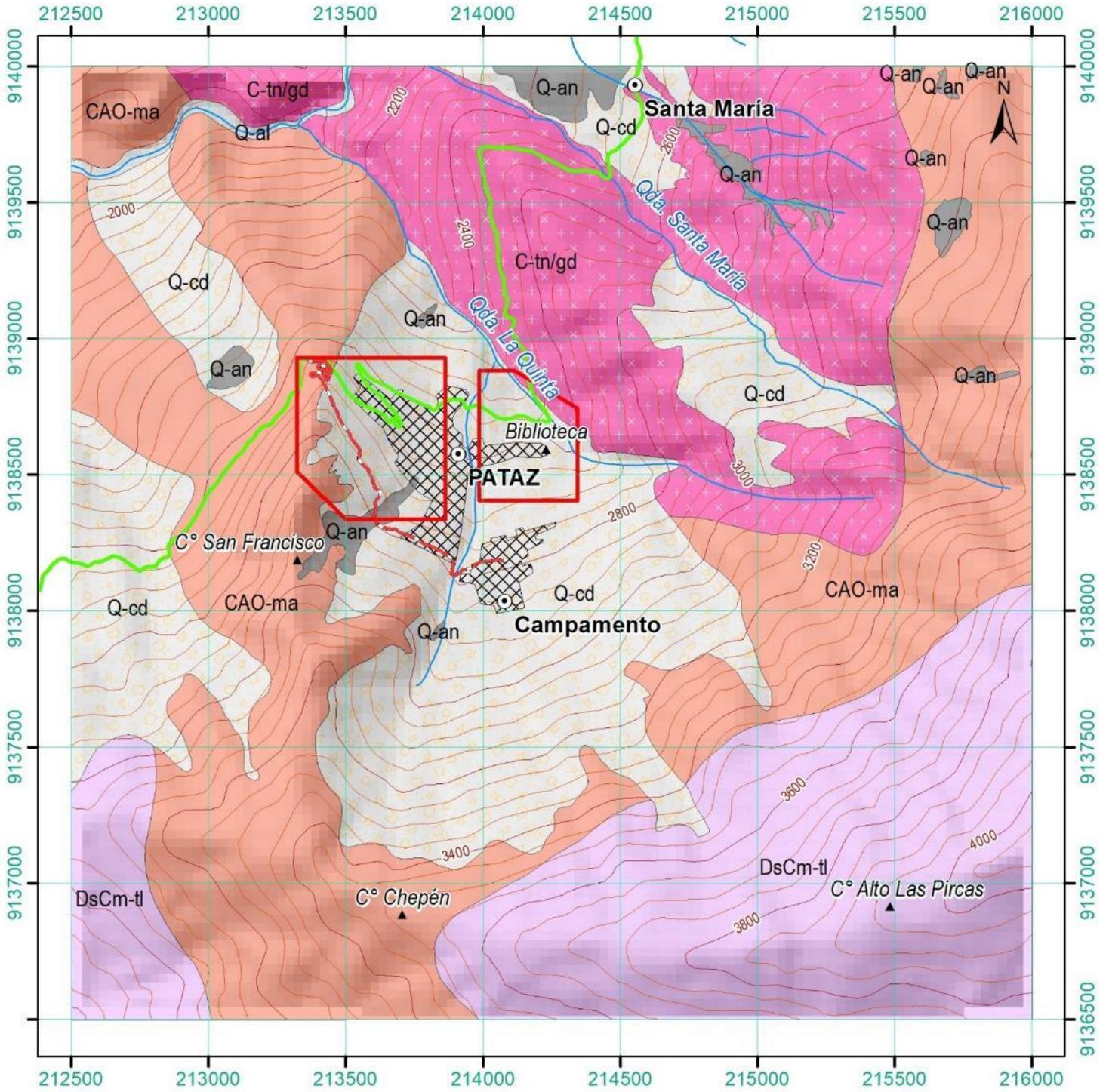


-----  
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## 8. BIBLIOGRAFÍA

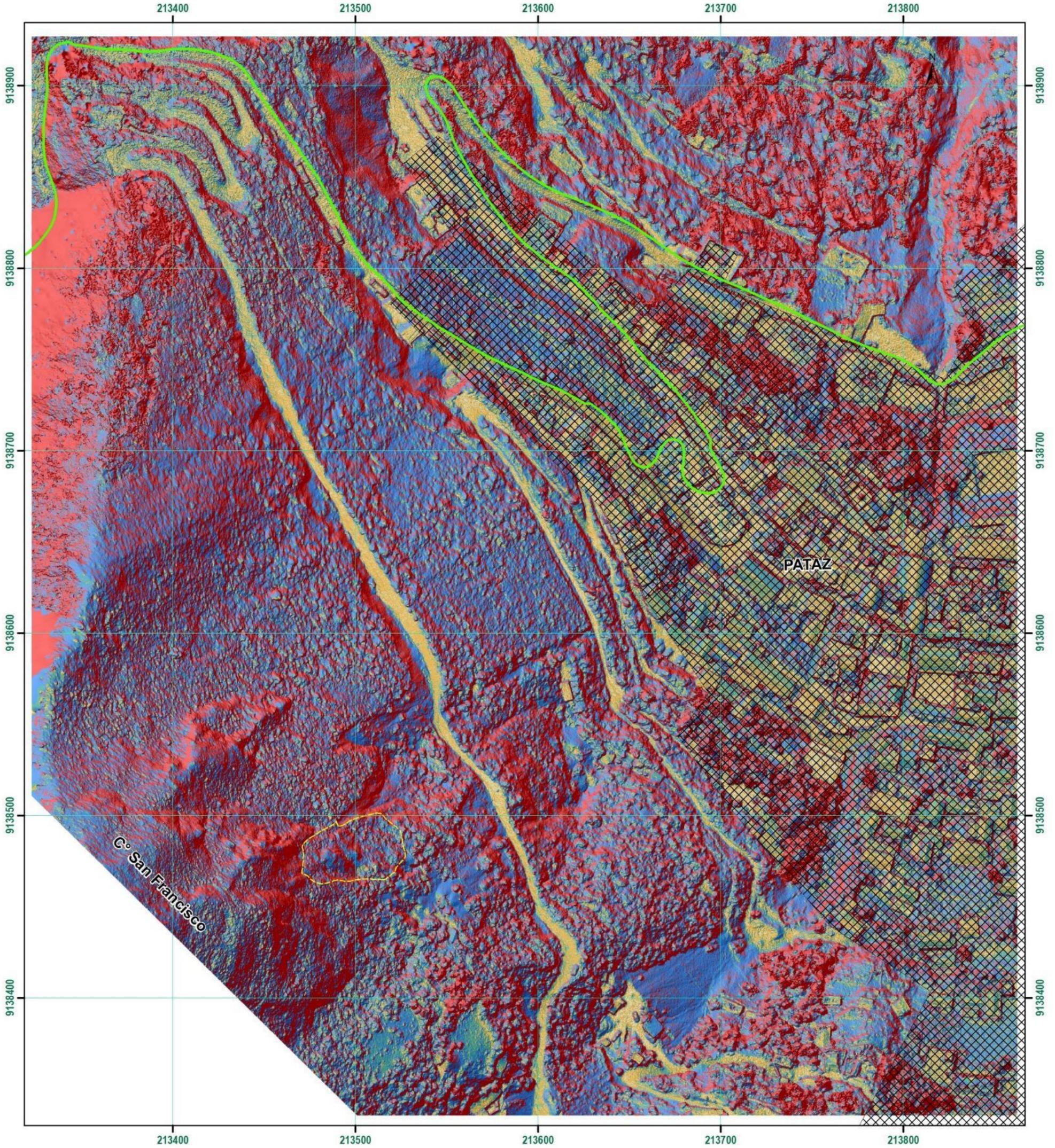
- Castro, A., Dávila, C., Laura, W., Cubas, F., Ávalos, G., López, C., ... & Marín, D. (2021) Climas del Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional. Lima. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Senamhi.
- Coba Terán, R. E. (2017). Tesis: Modelo geométrico y características estructurales del sistema de vetas de alto ángulo al norte del Batolito de Pataz Mina Poderosa, La Libertad-Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de ingeniería. Escuela académico profesional de ingeniería geológica.
- 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](https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)
- Gómez, W., Carhuamaca, A. & Macharé, J. (Inédito) Mapa geológico del cuadrángulo de Pataz, hoja 16-h-2. Disponible en Geocatmin
- Medina, L. (2022) - Inspección técnica de peligros geológicos por movimientos en masa provincias de Sánchez Carrión y Pataz, región La Libertad: sectores Chamanacucho, Tayapampa, Retamas, Pataz, Collona y Sartimbamba. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 48 p.
- Medina, L.; Luque, G.; Pari, W. (2012) - Riesgo geológico en la región La Libertad. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 50, 238 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/290>
- 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>.
- Sánchez, A. (2006) - Las rocas graníticas y la mineralización aurífera asociada, en la Cordillera Oriental del norte del Perú, 6°30' – 7°30'. Tesis Maestría, Red Desir: Master Internacional Aprovechamiento de los Recursos Minerales, Lima, 143 p.
- Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.
- Wilson, J. & Reyes, L. (1964) - Geología del cuadrángulo de Pataz (Hoja 16-h). Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín, 9, 91 p., 1 mapa. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/169>

## **ANEXO 1: MAPAS**



Leyenda	
	Q-an. Depósito antrópico
	Q-al. Depósito aluvial
	Q-cd. Depósito coluviodeluvial
	C-trn/gd. Tonalita - granodiorita
	DsCm-tl. Formación Tres Lagunas
	CAO-ma. Formación Macno

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional		
<b>GEOLOGICO</b> <b>LOCALIDAD DE PATAZ</b>		
VERSIÓN DIGITAL Año 2022	Escala: 1/20,000  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	<b>MAPA:</b> <b>01</b>



**Leyenda**

Rango de pendiente	Color	Superficie topográfica
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 escarpado
> 45°		Terreno muy escarpado

**Simbología**

	Red vial departamental
	Deslizamiento activo
	Área poblada

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO  
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

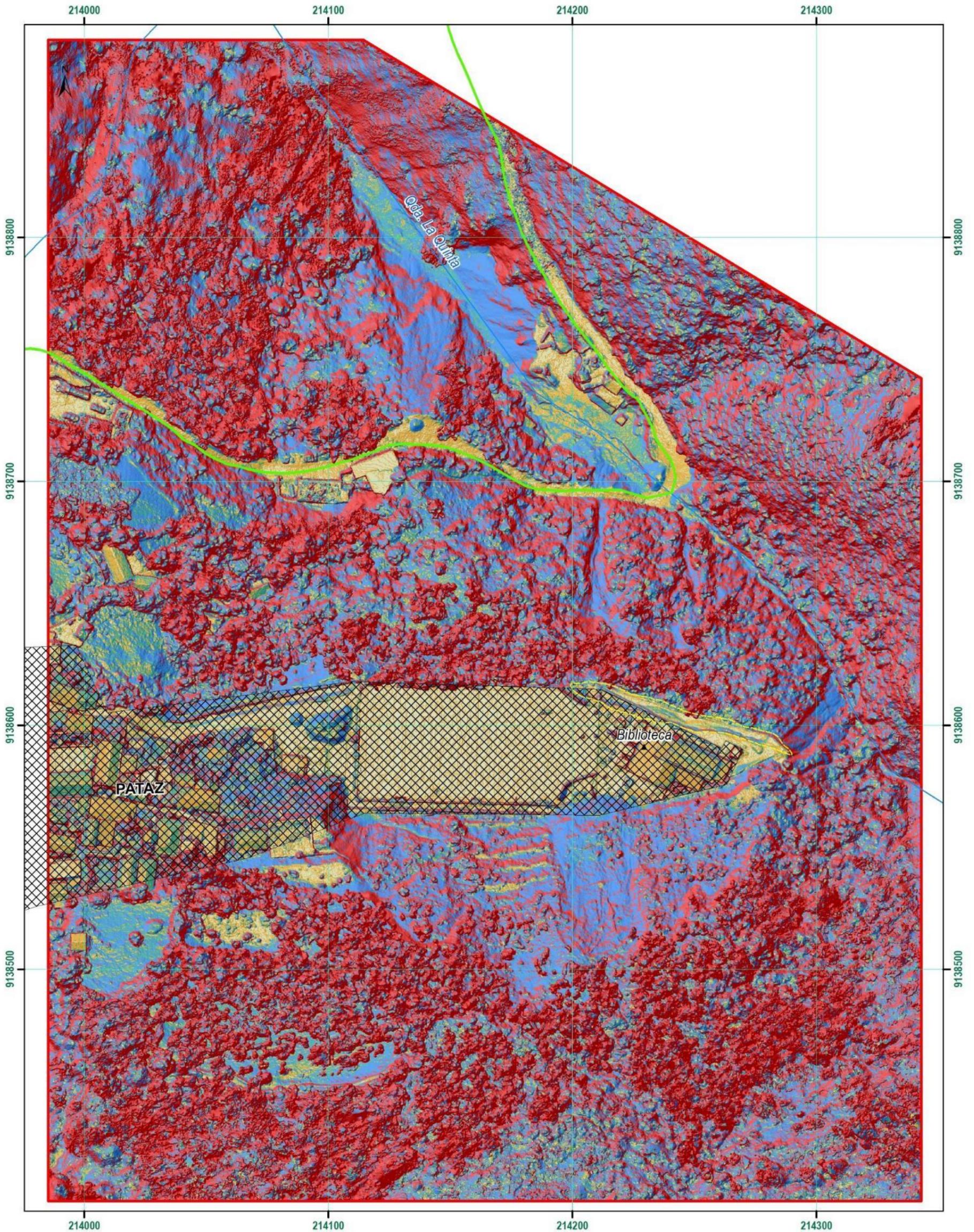
**PENDIENTE DE LOS TERRENOS  
 CERRO SAN FRANCISCO - PATAZ**

VERSIÓN DIGITAL  
 Año 2022

Escala: 1/2,000

Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur

**MAPA:  
 02**



**Leyenda**

Rango de pendiente	Color	Superficie topográfica
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 escarpado
> 45°		Terreno muy escarpado

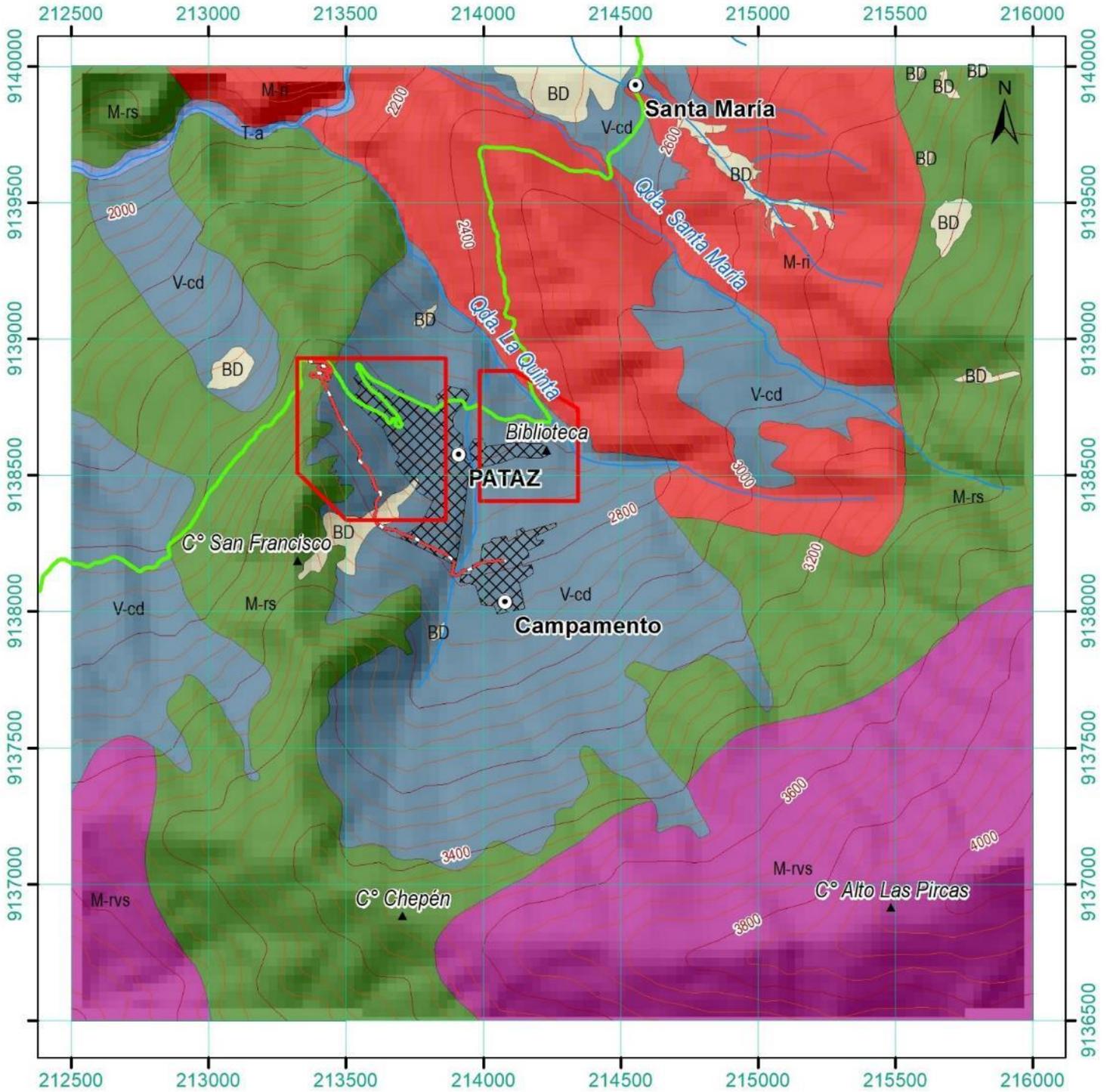
**Simbología**

	Red vial departamental
	Deslizamiento activo
	Área poblada

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO  
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

**PENDIENTE DE LOS TERRENOS  
 PARQUE BIBLIOTECA GRAN PAJATÉN - PATAZ**

VERSIÓN DIGITAL Año 2022	Escala: 1/1,500  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	<b>MAPA: 03</b>
-----------------------------	---	---------------------



**Leyenda**

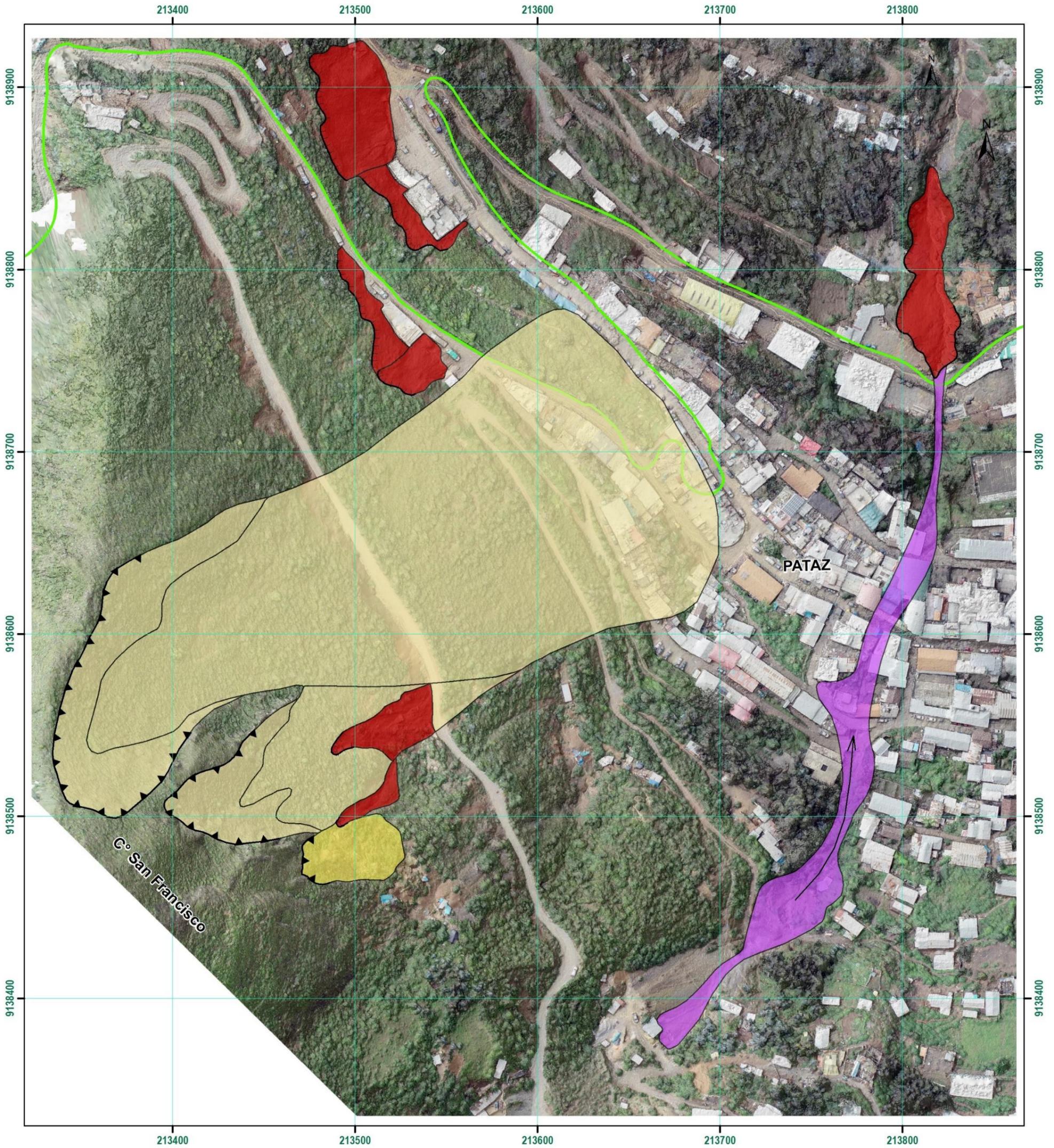
- M-ri. Montaña en roca intrusiva
- M-rs. Montaña en roca sedimentaria
- M-rvs. Montaña en roca volcanosedimentaria
- V-cd. Vertiente coluviodeluvial
- T-a. Terraza aluvial
- BD. Botadero de desmonte

**GEOMORFOLÓGICO  
 LOCALIDAD DE PATAZ**

VERSIÓN DIGITAL  
 Año 2022

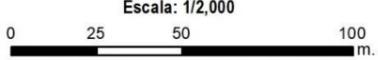
Escala: 1/20,000  
 0 200 400 800 m.  
 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur

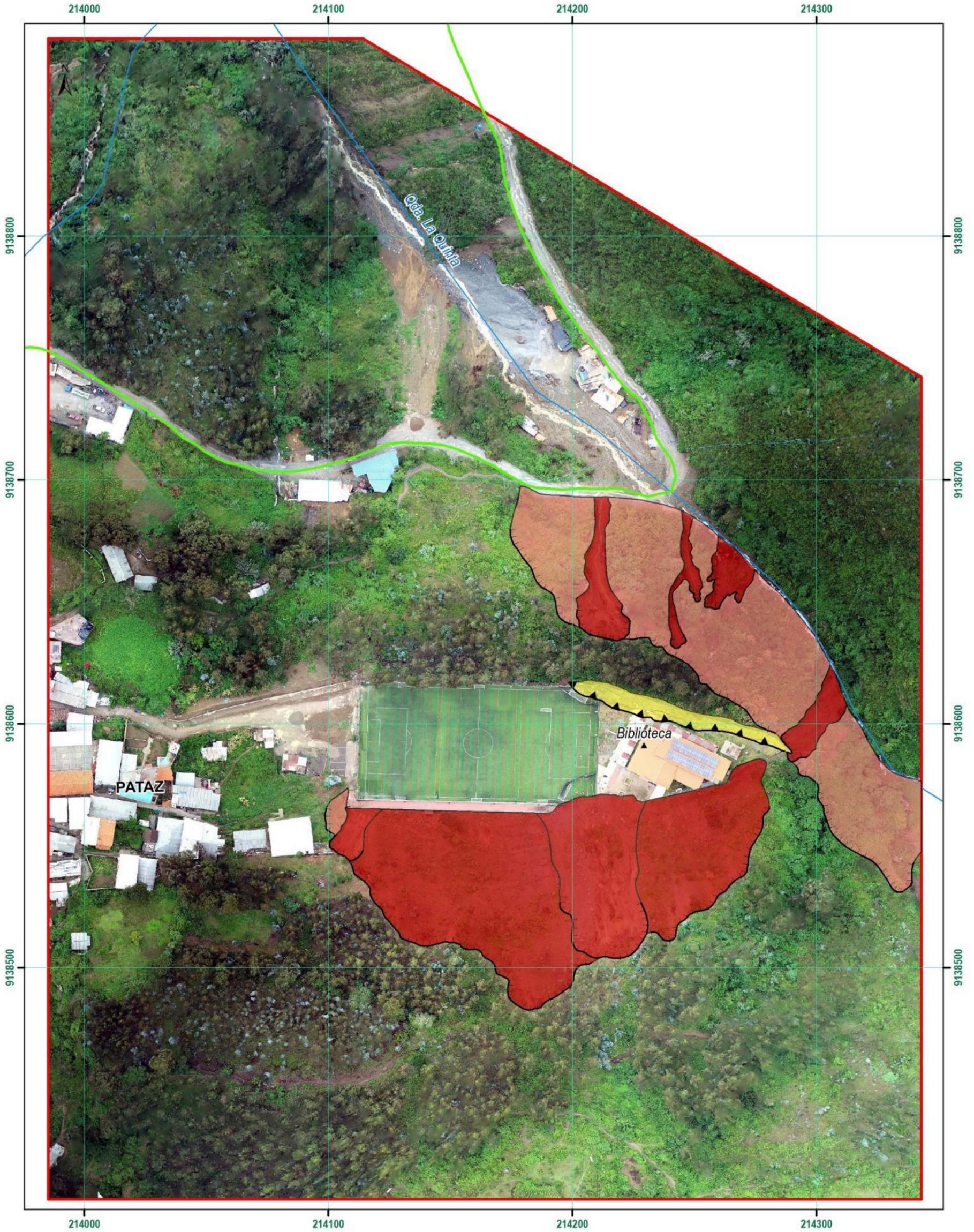
**MAPA:  
 04**



**Leyenda**

	Derrumbe activo
	Deslizamiento traslacional activo
	Deslizamiento traslacional inactivo-latente
	Flujo de detritos activo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional		
<b>PELIGRO POR MOVIMIENTOS EN MASA                  CERRO SAN FRANCISCO - PATAZ</b>		
VERSIÓN DIGITAL Año 2022	Escala: 1/2,000  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	<b>MAPA:                  05</b>



**Leyenda**

	Derrumbe activo
	Derrumbe inactivo-latente
	Deslizamiento rotacional activo

**Simbología**

	Flujo
	Deslizamiento
	Derrumbe

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional		
<b>PENDIENTE DE LOS TERRENOS</b> <b>PARQUE BIBLIOTECA GRAN PAJATÉN - PATAZ</b>		
VERSIÓN DIGITAL Año 2022	Escala: 1/1,500  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	<b>MAPA:</b> <b>06</b>