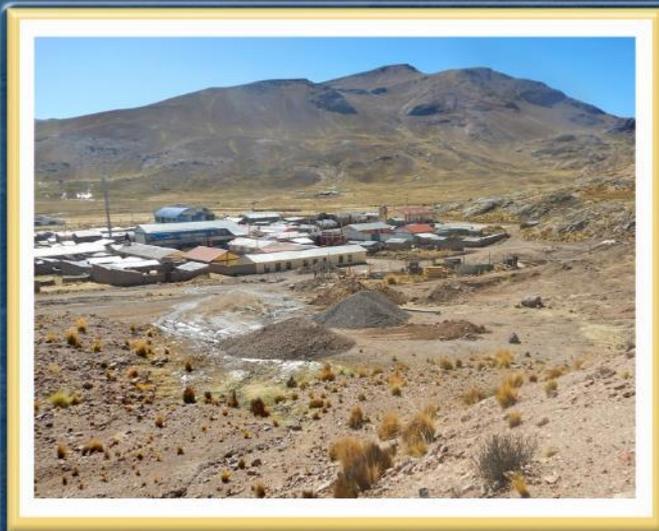


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7513

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA NAIRA KACA

Departamento: Puno
Provincia: Lampa
Distrito: Paratia



JUNIO
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA NAIRA KACA

(Distrito de Paratia, provincia Lampa, departamento Puno)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligros geológicos en la quebrada Naira Kaca. Distrito de Paratia, provincia Lampa, departamento Puno. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7513, 27 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Accesibilidad	7
1.3.3. Clima	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	9
3.1. Unidades litoestratigráficas	9
3.1.1. Centro volcánico Peruani (NM-pe/2)	9
3.1.2. Centro volcánico Yanahuara (NM-ya/7)	¡Error! Marcador no definido.
3.1.3. Depósito Glaciar (Q-gl)	10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
4.1. Pendientes del terreno	11
4.2. Unidades geomorfológicas	11
4.2.1. Unidad de montañas	11
4.2.2. Unidad de Valle	12
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	13
5.1. Inundación fluvial en la quebrada Naira Kaca	13
5.2. Factores Condicionantes	16
5.3. Factores Desencadenantes	17
6. CONCLUSIONES	19
7. RECOMENDACIONES	20
8. BIBLIOGRAFÍA	21
ANEXO 1: MAPAS	22
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES	27

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos, del tipo geohidrológico: inundación fluvial en la quebrada Naira Kaca y movimientos en masa: derrumbes en sus laderas, perteneciente al distrito de Paratia, provincia de Lampa, departamento de Puno. 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.

Las unidades litoestratigráficas que afloran, corresponden a rocas del Centro Volcánico Peruani, compuesta por flujos de cenizas, que se encuentran muy fracturadas y moderadamente meteorizadas; coberturados por depósitos glaciares sueltos e inconsolidados de bloques (10%), gravas (50%) en matriz areno limosa (40%), que son de fácil erosión y remoción.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen degradacional (montañas modeladas en rocas volcánica) y geoformas de carácter depositacional y agradacional, que configuran geoformas de valle glaciar, la cual fue originado por el retiro del mismo, quedando depósitos poco consolidados.

En la quebrada Naira Kaca, el 04 de abril del 2023, según datos de INDECI, se presenta un evento de inundación fluvial, cuyo desborde cubrió aproximadamente 1,34 ha de la superficie y alcanzó una altura de 20 cm en el centro poblado de Paratia; el cual trajo consigo daños y pérdidas en 11 manzanas del centro poblado, entre ellas la plaza principal, la Institución Educativa de nivel primario N°70426 y la Institución Educativa de nivel inicial N°306, hasta llegar al campo de fútbol del centro poblado, donde se canalizó nuevamente.

Los principales factores condicionantes de la inundación, se configura por la presencia de laderas con pendientes muy fuertes, que trasladan rápidamente las aguas de escorrentía hacia los sectores con pendiente suave, en donde se encuentra zonas favorables al estancamiento de las aguas.

Por otro lado, la presencia de substrato volcánico muy fracturado, facilitan la infiltración de aguas de escorrentía, la erosión en laderas y la activación de movimientos en masa.

De igual manera, las galerías de la unidad minera El Cofre, contribuyen con la acumulación de un mayor volumen de agua infiltrada en ladera, habiendo generado mayor espacio dentro del cerro, por lo que se presenta mayores esfuerzos en el talud y surgencia de aguas en zonas susceptibles.

Como factor desencadenante, las lluvias intensas y prolongadas originaron la inundación fluvial, se registró 70 mm de precipitación pluvial acumulada 10 días previos al 04 de abril, infiltrando y generando mayores sobrecargas en la ladera del cerro Amayane.

Por lo expuesto, la zona sur del centro poblado de Paratia y la quebrada Naira Kaca se exponen a **Peligro Alto** ante la ocurrencia de inundación fluvial y erosión de laderas, las que pueden ser reactivadas en temporada de lluvias intensas y/o excepcionales.

Finalmente, se recomienda a las autoridades locales, redimensionar las tuberías y el canal de agua en el poblado de Paratia, a fin de poder drenar mayores cantidades de agua en el sector evaluado; de igual manera se debe realizar mantenimiento y limpieza periódica de dichos canales de derivación de aguas en la quebrada Naira Kaca, implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) frente a inundaciones y forestar las laderas con plantas de la zona, con la finalidad de mejorar la retención de aguas de escorrentía y evitar la erosión, entre otros.

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 y geohidrológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud del Gobierno Regional de Puno, según Oficio N° 062-2023-GR-PUNO/ORGRDyS, en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos, identificando, el peligro geohidrológico, tipo inundación fluvial, que afectó 11 manzanas del centro poblado de Paratia, entre ellos, la plaza central, Institución Educativa de nivel primario N°70426 y la Institución Educativa de nivel inicial N°306.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a al Ingeniero David Prudencio, para realizar la evaluación de peligros geológicos, el trabajo de campo se realizó el 30 de mayo del 2023, la cual contó con la colaboración de los representantes de la oficina de defensa civil del Gobierno Regional.

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 en consideración de la Municipalidad Distrital de Paratia, Gobierno Regional de Puno 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

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos de inundación fluvial y otros ocurridos el 4 de abril del 2023 en la quebrada Naira Kaca(según INDECI)
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geohidrológicos y geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geohidrológicos y geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios y publicaciones del Ingemmet realizados a nivel local y regional se tienen:

- A) Según el boletín N° 74, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros Geológicos en la Región Puno” (Gomez *et al.*, 2020); el estudio realiza un análisis de

susceptibilidad a inundación fluvial; donde el centro poblado de Paratia presenta susceptibilidad muy alta.

- B) Además, el análisis de susceptibilidad a movimientos en masa como flujos de detritos, deslizamientos, caídas y erosión fluvial, la quebrada Naira Kaca y el centro poblado de Paratia se zonificaron como terrenos con susceptibilidad alta y muy alta. 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.
- C) En la “Geología de la cordillera occidental y altiplano al oeste del lago Titicaca – sur del Perú” (hojas 31t, 31u, 31v, 31x, 31y, 32s, 32t, 32u, 32v, 32x, 32y, 33v, 33x, 33y, 33z) (Palacios *et al.*, 1993) describe la geología a escala 1: 100 000; además del “Mapa geológico del cuadrángulo de Ocuwiri hoja 31u-II” a escala 1:50 000; donde describen los cambios más resaltantes sobre estratigrafía del Centro Volcánico Peruani que se observan en la quebrada Naira kaca.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La zona de estudio, geográficamente corresponde a una unidad hidrológica de quebrada, denominada quebrada Naira Kaca, situada al suroeste del centro poblado de Paratia (Capital de distrito); ya 103 km aproximadamente hacia el noreste de la ciudad de Puno (capital de departamento).

Políticamente se encuentra en el distrito de Paratia, provincia de Lampa, departamento de Puno (figura 1), en coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19 s) siguientes (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas de la zona evaluada

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	327784	8291266	-15.449930°	-70.605123°
2	328561	8291266	-15.449982°	-70.597883°
3	328561	8290093	-15.460583°	-70.597964°
4	327784	8290093	-15.460531°	-70.605204°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	328282	8290734	-15.454772°	-70.600519°

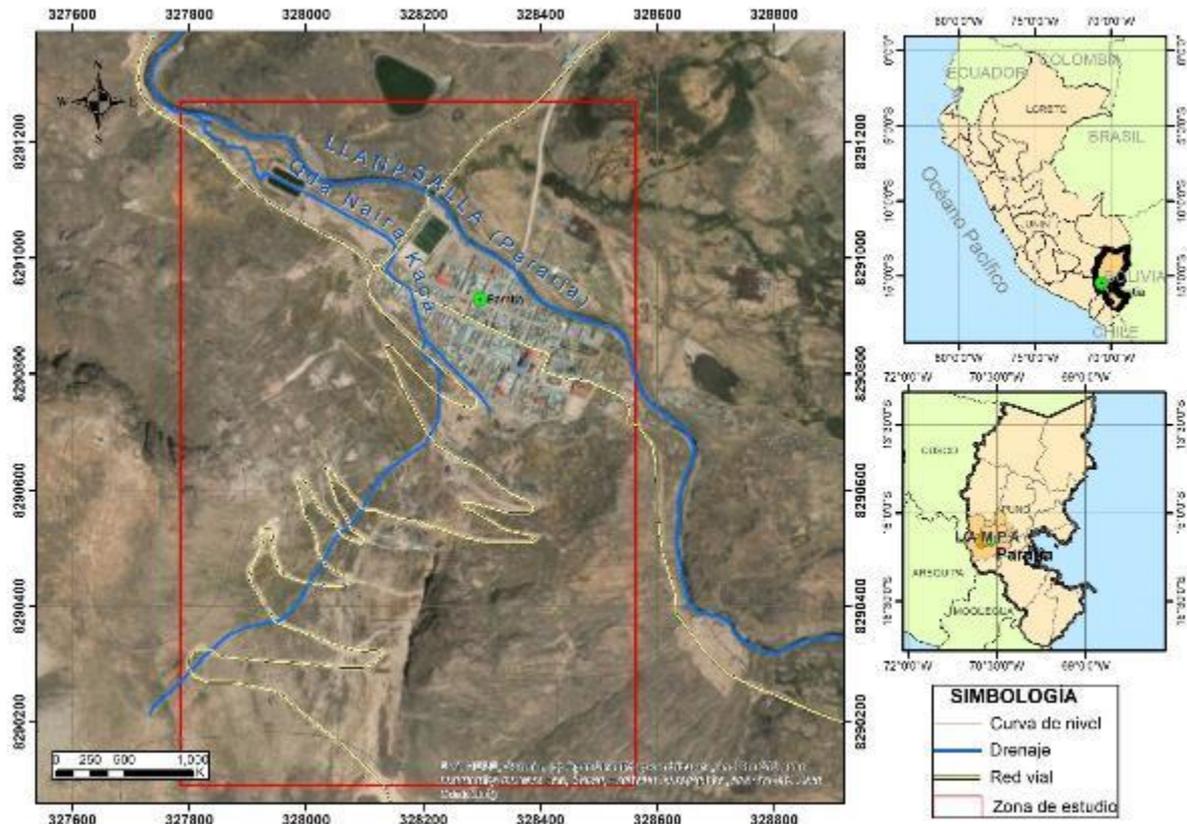


Figura 1. Ubicación del centro poblado de Paratia y la quebrada Naira Kaca.

Hidrográficamente las aguas de la quebrada Naira Kaca se vierten hacia la quebrada Llanasalla para luego llegar al río Paratia, río principal del sector.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso al centro poblado de Paratia, se hace por vía terrestre desde la ciudad del Cusco (Ingemmet-OD Cusco), mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y accesos hasta la Laguna Sillacunca

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Puno	Carretera asfaltada	387	6 h 50 minutos
Puno – Juliaca	Carretera asfaltada	35.1	50 minutos
Juliaca - Paratia	Carretera afirmada	68	1 h 50 minutos

1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2020), y detallando la información local, se puede observar que el centro poblado Paratia y alrededores, presenta un clima de tipo lluvioso, semifrío y con humedad abundante todas las estaciones de año.

Presenta una frecuencia de precipitación durante todo el año, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 700 mm a 900 mm, además, en presenta temperaturas máximas que oscilan entre 11°C a 15°C y mínimas entre -7°C y -3°C, con humedad atmosférica abundante todos los meses del año.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices Climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

2. DEFINICIONES

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, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico-Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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 ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

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

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.

Derrumbe Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando. Se le conoce también como desprendimiento de rocas, suelos y/o derrumbes.

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

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 morfológico de ellos.

Inundación fluvial: Los hundimientos de terrenos secos, por saturación y acumulación de agua, como consecuencia de la aportación extrema o de una cantidad de agua superior a la que habitualmente se da en una zona determinada.

Inundación pluvial: Es cualquier acumulación de agua generada por lluvias o caudales en un determinado lugar o área geográfica, sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Se genera tras un régimen de lluvias intensas, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable.

Flujos: 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. Los flujos pueden ser canalizados (huaicos) y no canalizados (avalanchas).

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

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

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

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

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

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos

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.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se desarrolló en base al boletín “Geología de la cordillera occidental y altiplano al oeste del lago Titicaca – sur del Perú” (hojas 31t, 31u, 31v, 31x, 31y, 32s, 32t, 32u, 32v, 32x, 32y, 33v, 33x, 33y, 33z) (Palacios *et al.*, 1993) describe la geología a escala 1: 100 000 y el “Mapa geológico del cuadrángulo de Ocuvirí hoja 31u-II” a escala 1:50 000; donde describen la estratigrafía del Centro Volcánico Peruani que se observan en la quebrada Naira Kaca y los depósitos glaciares que se aprecian en el fono del valle. La cartografía geológica, se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran circundante a la zona de estudio, son de origen volcánico correspondientes al centro volcánico Peruani, el cual se encuentran en las zonas altas de la quebrada, conformado por depósitos de ignimbritas, conglomerados, areniscas tobáceas, limolitas y sedimentos arenosos, junto a esta unidad se encuentra un depósito glaciar, que ha sido modelado desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo1: Mapa1).

3.1.1. Centro volcánico Peruani (NM-pe/2)

Esta unidad aflora al sur del centro poblado Paratia, en la zona de estudio se ubican desde la cima del cerro Amayane hasta el cambio de pendiente en el valle junto al poblado. Litológicamente está compuesta por depósitos de flujos de cenizas ricos en líticos de color blanquecinos, en la zona de estudio se presenta moderadamente meteorizados y de medianamente a muy fracturada, por lo que en este sector se pueden generar derrumbes (Fotografía 1).



Fotografía 1. Vista tomada en la parte alta de la quebrada Naira Kaca, se aprecian ignimbritas compuestas por flujos de cenizas de color blanquecino, medianamente fracturados.

3.1.2. Centro volcánico Yanahuara (NM-ya/7)

Esta unidad aflora al noreste del centro poblado de Paratia y se encuentra fuera de la zona de estudio. Litológicamente está conformado por flujos de cenizas piroclásticas y cristales de color gris blanquecino intercalado con flujos piroclásticos de cenizas ricos en micas de color gris.

3.1.3. Depósito Glaciar (Q-gl)

Se encuentra en la base del valle y parte de las laderas, donde se asienta el centro poblado de Paratia, modelado por el retroceso glaciar del pleistoceno, están constituidos por bloques subredondeados a subangulosos de rocas que no sobrepasa los 30 cm de diámetro (10%) y gravas (50%) en matriz areno limosa (40%), pueden ser diferenciados por eventos (Fotografía 2) (Anexo 2 – descripción de formaciones superficiales).



Fotografía 2. Vista tomada en la quebrada Naira Kaca, parte baja del cerro Amayane, se aprecian depósitos glaciares con clastos subredondeados a subangulosos sin orden alguno.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de peligros por movimientos en masa, ya que actúa como un factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Se presenta el mapa de pendientes (Anexo 1 - Mapa 2) y el mapa de elevaciones (Anexo 1 - Mapa 3), los cuales fueron realizados en base al modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución; tomada del satélite Alos Palsar (USGS).

Localmente, se observa que las laderas del cerro Amayane, que rodean a la quebrada, presentan mayormente terrenos con pendientes muy fuertes (25°- 45°). También, para los terrenos sobre depósitos recientes (glaciares), se presentan pendientes suaves (1°- 5°) a moderada (5°- 15°) donde se encuentra el centro poblado de Paratia.

4.2. Unidades geomorfológicas

La determinación y caracterización de las unidades geomorfológicas (Anexo 1: Mapa 4), se complementaron y actualizaron en base al mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 elaborado por Gómez (2020).

Además, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez *et al*, 2020).

4.2.1. Unidad de montañas

Son geformas de carácter degradacional y erosional. Se consideran dentro de esta unidad a elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose la siguiente subunidad según el tipo de roca que la conforma y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas y colina en rocas volcánica (RMC-rv): Relieve modelado sobre el afloramiento rocoso del centro volcánico Peruani, conformadas por flujos de cenizas y cristales de color blanquecino con laderas muy fuertes, en promedio 26° y con cimas subredondeadas (figura 2).



Figura 2. Vista tomada del cerro Amayane y de la quebrada Naira Kaca, se aprecia el relieve montañoso modelado en rocas del Centro Volcánico Peruani.

4.2.2. Unidad de Valle

Subunidad de valle glaciar (VII-gl): Este paisaje es producido por la acumulación de materiales depositados por acción glaciar en las altas cumbres, se pueden encontrar desde los 4000 m s.n.m. acompañado de procesos de meteorización y afectado por la escorrentía y tiene forma de “U” (Vílchez *et al.*, 2020),

Se generó durante el Pleistoceno Holoceno, son acumulación de material heterométrico, se tienen diferentes tamaños de gravas con formas angulosas, bloques, arenas, dispuestas sin estratificación, con abundante matriz de limo y arcilla, Gomez & Pari (2020). Se aprecian mayormente en el fondo del valle donde se ubican la parte baja de la quebrada Naira Kaca, el centro poblado de Paratia y el río Llanasalla (figura 3).



Figura 3. Vista tomada al centro poblado de Paratia, ubicado sobre un Valle glaciar.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponde principalmente a inundación fluvial. Este proceso es el resultado de una combinación de precipitaciones extremas sumado a la escorrentía. Sin embargo, también ocurren con frecuencia como resultado de la actividad humana, como el crecimiento y desarrollo no planificado en llanuras de inundación o la ruptura de presas o diques, y hasta la de actividad minera, como lo ocurrido en esta zona.

5.1. Inundación fluvial en la quebrada Naira Kaca

La inundación por aguas provenientes de la quebrada Naira Kaca, según INDECI, se registra el 4 de abril del 2023, los cuales suceden asociados a las intensas precipitaciones ocurridas, días previos al suceso (70 mm de precipitación), sumado al drenaje por tuberías de las aguas de unidad minera El Cofre, por cierre de mina.

De igual modo, en dichas tuberías, también se colecta las aguas de la quebrada y de los puquiales que emanan al pie de la ladera noroeste del cerro Amayane;

Se observa que el día del suceso, las aguas excedentes salieron de la bocamina de la unidad minera en mención, con dirección al poblado, depositando materiales finos (lodo) en su camino y generando daños en las viviendas, la plaza central, Institución Educativa Primaria 70426 y el Institución Educativa Inicial 306 hasta canalizarse en el riachuelo Naira Kaca a la altura de la cancha de fútbol del poblado (Figura 4 y 5).

Este evento cubrió un área de 1,34 ha y alcanzó una altura de hasta 20 cm aproximadamente, este último fue verificados por las marcas dejadas en paredes de las viviendas.



Figura 4. Figura extraída del Informe Técnico N° 02-2023-GR PUNO-ORGRDS-OPNS, donde se observa la surgencia de agua en la bocamina de la unidad minera El Cofre.



Figura 5. Se muestra el área afectada por la inundación y el sector donde se canalizó, además de los cursos de agua que circundan al poblado de Paratia.

Desde otro punto de vista, se observa que la ladera noroeste del cerro Amayane que colinda con el poblado de Paratia, presenta una incisión con azimut de $N15^\circ$, correspondiente a una falla geológica, (inferida en el mapa geológico del cuadrángulo de Ocuvi - hoja 31-U-II); por lo que se puede condicionar mayor infiltración de aguas de escorrentía, a través de las fracturas de las rocas volcánicas circundantes (Figura 6).

Dicha infiltración, surge y emanan hacia la parte baja del cerro, a manera de puquiales (Figura 7, 8 y 9) y parte de ella llegan a las galerías de la mina El Cofre que se encuentra en proceso de cierre.



Figura 6. Cerro Amayane con presencia de ladera erosionada, tipo erosión laminar.

En la evaluación de campo, también se observa erosión lamiar en la ladera noroeste del cerro Amayane (Figura 6) y algunos cortes en la base del talud (Figura 7), el cual puede generar derrumbes y afectar al poblado.



Figura 7. Se aprecia cortes del talud en la base de la ladera y los afloramientos de agua.



Figura 8. En la figura se aprecia el flujo de agua de la quebrada Naira Kaca que se junta con los afloramientos de agua.



Figura 9. Las aguas de la quebrada Naira Kaca a la altura de la ciudad se canaliza, para desembocar en el río Llanasalla.

5.2. Factores Condicionantes

Factor litológico-estructural

- La estructura geológica de falla inferida, del mapa geológico 1:100 000, genera meteorización y fracturamiento en las unidades litológicas del Centro Volcánico Peruani, compuesto por depósitos de flujos de cenizas ricos en líticos de color blanquecino, lo que contribuye a la recarga del sub suelo por aguas de escorrentía, generando erosión y remoción en laderas.

Factor geomorfológico

- La quebrada Naira Kaca, se encuentra sobre la subunidad de montañas en roca volcánica, cuyas laderas presentan pendientes muy fuertes (15°- 25°), en promedio 26°, esto permite la erosión de la ladera. Además, el centro poblado de Paratia se encuentra sobre la subunidad de valle glaciar, donde las pendientes son suaves (1°- 5°) a moderada (5°- 15°), lo que favorece a la sobre saturación del suelo y al discurrimiento lento de las aguas.

Factor hidrológico - hidrogeológico

- La infiltración de las aguas de escorrentía en el cerro Amayane sobrecarga la ladera generando erosión y posibles derrumbes, además de puquiales en las partes bajas de la ladera contribuyendo con las inundaciones en el sector.

Factor antrópico

- Los socavones de la unidad minera El Cofre contribuye con la acumulación de un mayor volumen de agua infiltrada en la ladera, habiendo generado mayor espacio dentro del cerro, por lo que se presenta mayores esfuerzos en el talud y surgencia de aguas en zonas susceptibles.

5.3. Factores Desencadenantes

- Según Senamhi (2020), en la estación Pampahuata en la provincia de Lampa a 8.84 km de distancia de la quebrada Naira Kaca, se registraron lluvias que pudieron influir en la inundación de la quebrada mencionada, ya que 10 días previos al 04 de abril se registró 70 mm de precipitación pluvial acumulada, las cuales infiltraron y generaron mayores sobrecargas en la ladera del cerro Amayane, encontrando un desfogue por la bocamina (figura 10 y 11).



Figura 10. Precipitaciones pluviales registradas en la estación Pampahuata el mes de marzo, donde una semana antes del evento se presentaron lluvias extraordinarias.



Figura 11. Las Precipitaciones pluviales registradas en la estación Pampahuata el mes de abril, donde una semana antes del evento se registró 70 mm.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica y geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

1. El 04 de abril 2023, la quebrada Naira Kaca produjo una inundación fluvial que afectó 11 manzanas del centro poblado de Paratia, entre ellas se encuentran la plaza central, la Institución Educativa de nivel primario N°70426 y la Institución Educativa de nivel inicial N°306.
2. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la quebrada Naira Kaca es considerada como de **Peligro Alto** a la ocurrencia de inundación fluvial y erosión laminar que pueden ser desencadenados en temporada de precipitaciones intensas y/o excepcionales.
3. La inundación afectó un área aproximada de 1,34 ha del centro poblado de Paratia y alcanzó una altura de 20 cm.
4. Los factores condicionantes de los peligros geológicos de tipo inundación fluvial son:
 - a. Presencia de substrato rocoso del Centro Volcánico Peruani, compuesto por depósitos de flujos de cenizas, los que se presentan muy fracturados y moderadamente meteorizados, que facilita la infiltración de aguas de escorrentía.
 - b. La cabecera de la quebrada Naira Kaca presenta laderas con pendientes muy fuertes (25°- 45°), contribuyendo a la generación erosión de laderas, mientras que en la parte baja los terrenos presentan pendientes suaves (1°- 5°) a moderada (5°- 15°), los que favorecen la sobre saturación del suelo y el discurrimiento lento de las aguas.
 - c. De acuerdo al factor antrópico, los socavones de la unidad minera El Cofre, contribuye con un mayor volumen de agua infiltrada en la ladera, generando mayores surgencias de aguas al pie de la ladera.
5. Los factores condicionantes de los peligros geológicos de tipo erosión laminar son:
 - a. Los depósitos glaciares conformados por bloques y gravas en matriz arena limosa, favorecen a la erosión en las laderas y generar posibles derrumbes.
 - b. De acuerdo al factor hidrogeológico, las aguas de escorrentía infiltran y sobrecarga la ladera generando erosión y derrumbes. y al pie de las laderas aparecen en forma de puquiales.
6. El factor desencadenante para la ocurrencia de la inundación fluvial y erosión laminar en el centro poblado de Paratia y la quebrada Naira Kaca, fueron las lluvias extraordinarias registradas antes de ocurrido el evento, siendo el 26 de marzo el mayor registro, con o 25 mm en el día (SENAMHI, 2020).

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de las inundaciones en Paratia originadas por la quebrada Naira Kaca y de movimientos en masa en la zona. La implementación de estas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad al uso de la vía carrozable expuesta a los peligros antes mencionados. Muchas de las cuales tendrían que realizarse por profesionales especialistas en el tema.

1. Realizar un estudio hidrológico y de caudales en la quebrada Naira Kaca, a fin de conocer las ampliaciones de cauce y/o canal de la quebrada necesarios.
2. Realizar un estudio hidrogeológico con el fin de conocer el nivel freático, para así evacuar las aguas infiltradas en la ladera, de manera segura, sin generar daños a la población.
3. Implementar un sistema de drenaje para captar las aguas de los manantiales y conducirlos al canal principal de la quebrada, controlando así la erosión laminar.
4. Construir cunetas en la carretera que sube el cerro Amayane, ya que se aprecia la erosión en los tramos que corta la quebrada Naira Kaca, generado por el discurrir de las aguas de escorrentía.
5. Realizar limpieza y mantenimiento periódico del canal de la quebrada Naira Kaca,
6. Forestar con plantas de la zona el cerro Amayane, con el fin de mejorar la estabilidad de las laderas, evitando la erosión laminar y reducir la velocidad con la que discurre las aguas hacia el pie de la ladera.
7. Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) frente a nuevas inundaciones en el centro poblado. se debe tener en cuenta la instalación de sensores, sistemas de comunicación, alarmas, entre otros, con el objetivo de tener avisos oportunos ante la ocurrencia de nuevas inundaciones.
8. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre los peligros por inundaciones y derrumbes y riesgo a las que se encuentran expuestos los pobladores de Paratia.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11

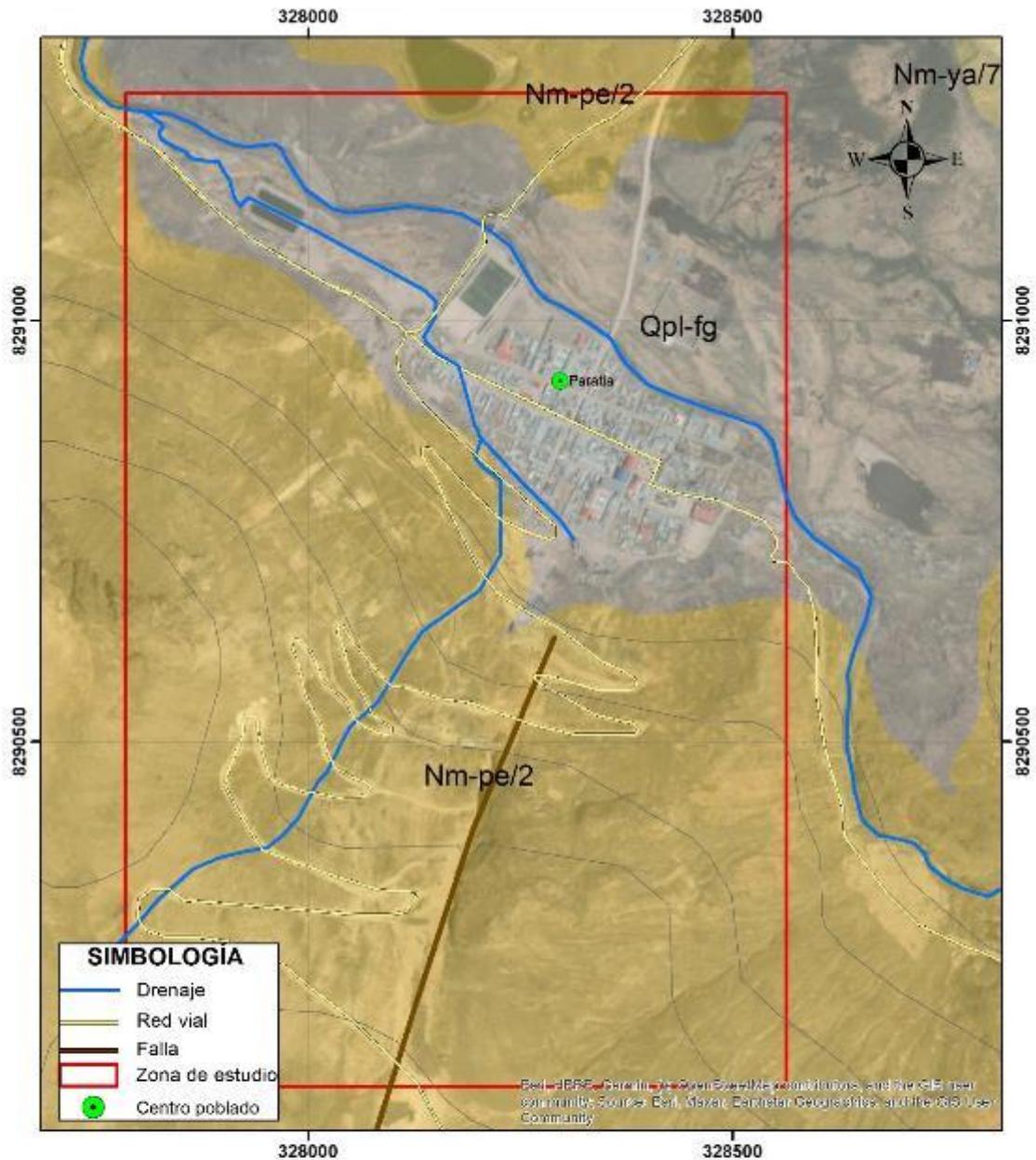


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Palacios, O., De La Cruz, J., De La Cruz, N., Klinck, B., Allison, R. y Hawkins, M. (1993) - Geología de la cordillera occidental y altiplano al oeste del lago Titicaca – sur del Perú” (hojas 31t, 31u, 31v, 31x, 31y, 32s, 32t, 32u, 32v, 32x, 32y, 33v, 33x, 33y, 33z. Escala 1:100 000 Ingemmet, Boletín N°42, Serie A: Carta geológica nacional, 269p.
- 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.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 3. Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 28, 373 p.
- MEJI (1995). Directriz básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones. Resol. 1 enero. BOE, 38.
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2021) – SENAMHI.. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Sanchez, A.; Zapata, A. (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Sicuani (29-t), Nuñoa (29-u), Macusani (29-v), Limbani (29-x), Sandía (29-y), San Ignacio (29-z), Yauri (30-t), Azángaro (30-v), Putina (30-x), La Rinconada (30-y), Condorama (31-t), Ocuwiri (31-u), Juliaca (31-v), Callalli (32-t), y Ácora (32-x). Escala 1:100 000. INGEMMET, 55 p.
- Gomez, H. & Pari, W. (2020) - Peligro geológico en la región Puno. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 77, 236 p., 9 mapas.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



GRATIFICACION		SERIE		UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	
GRATIFICACION	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	DESCRIPCION	DESCRIPCION	DESCRIPCION
CENOCENOICO	CUATERNARIO	Holoceno			
		Pleistoceno			
		Plioceno	Dep. Fluvioglacial	Q-fg	Depósitos de cantos, gravas y arenas de composición heterogénea.
MESOCENOICO	MIOCENO	C. Volcánico Yanahuara	NM-ya/7	Flujos de cenizas proclásticas y cristales color gris blanquecino con flujos proclásticos de cenizas, rico en cenizas de color gris.	
		C. Volcánico Peruani	NM-pe/2	Flujos de cenizas y cristales ricos en litas de color blanquecino.	
CRETACEO	CRETACEO				

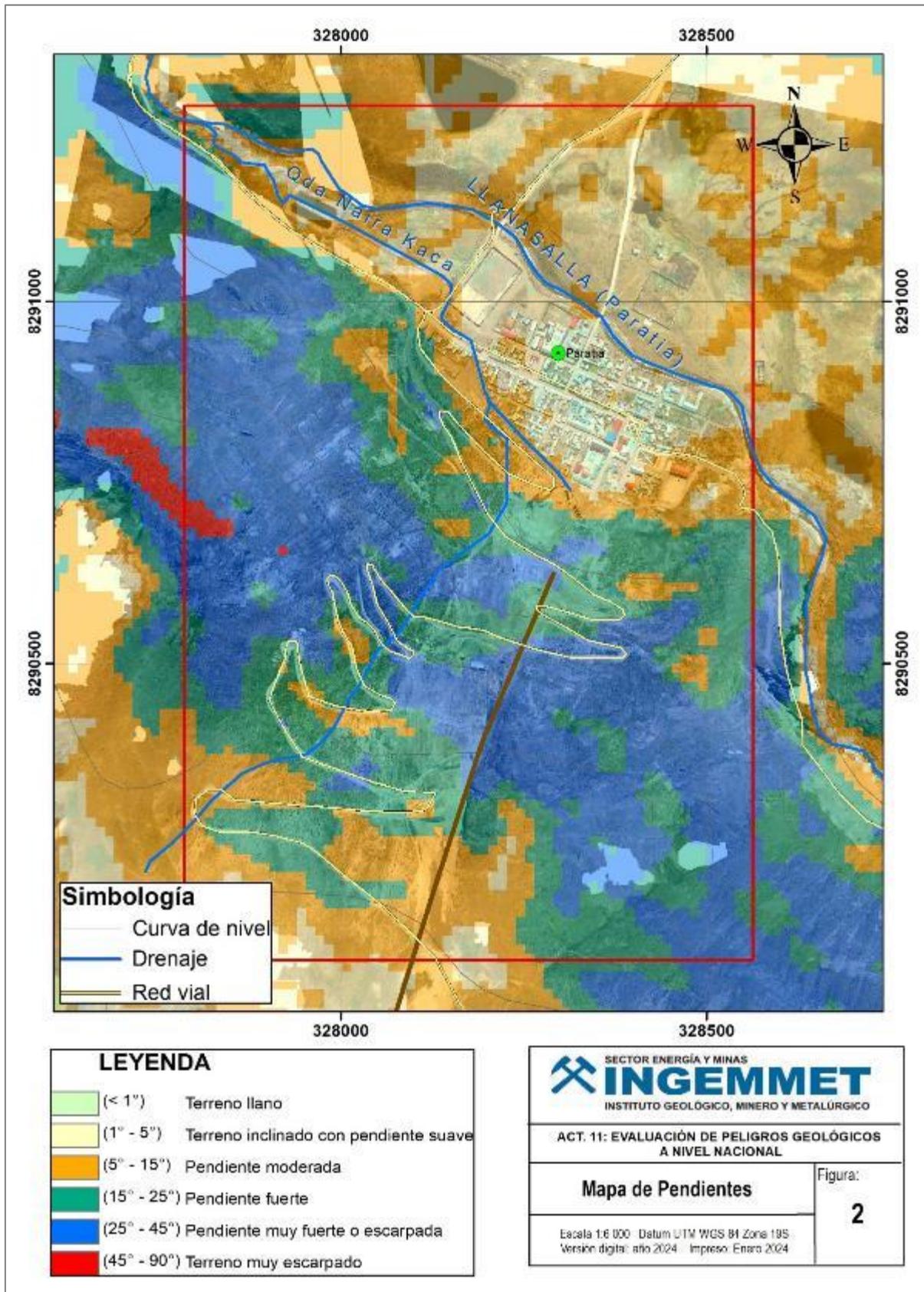
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

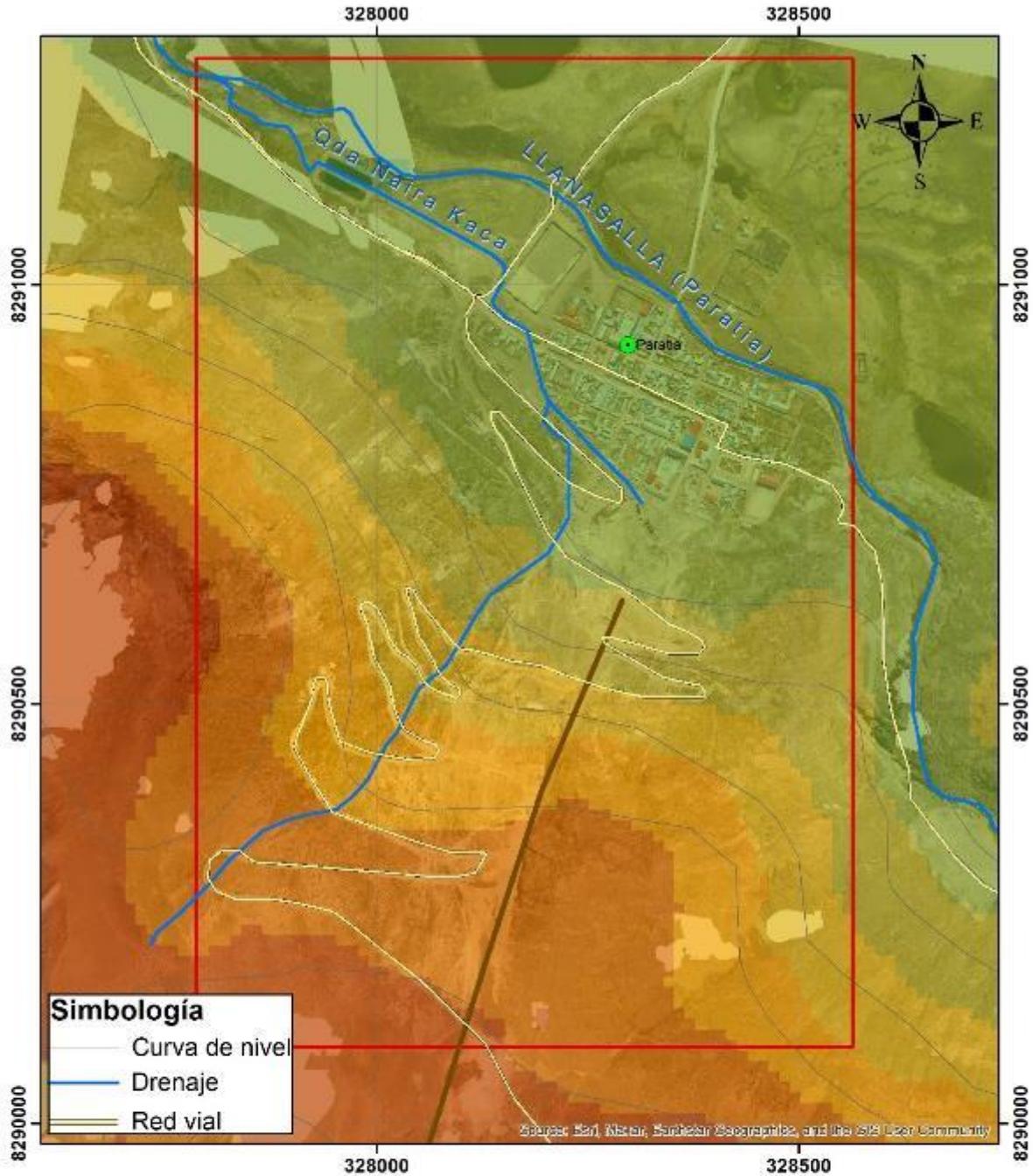
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

Mapa Geológico

Figura: **1**

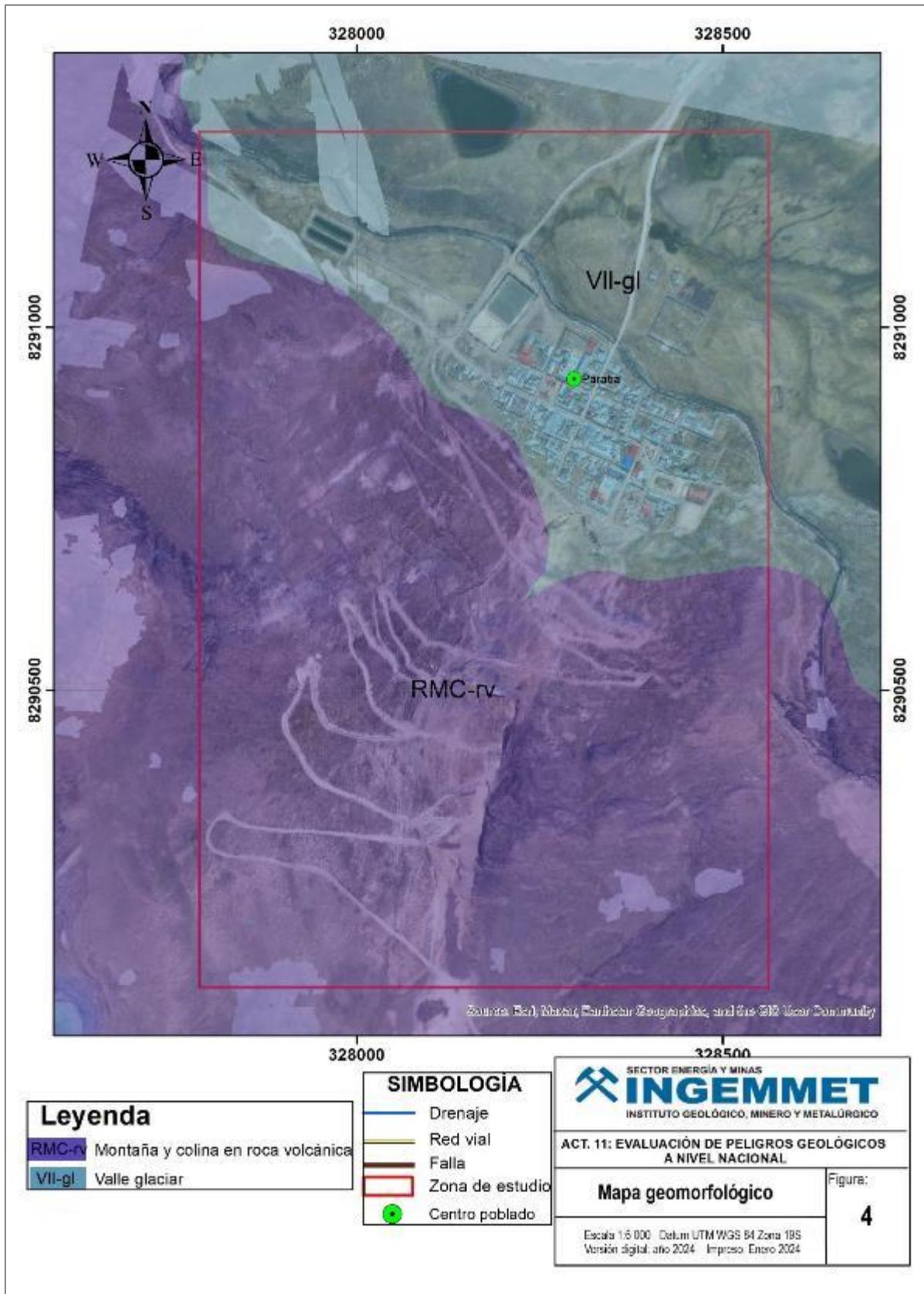
Escala 1:6 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S
 Versión digital año 2024 Impreso: Enero 2024

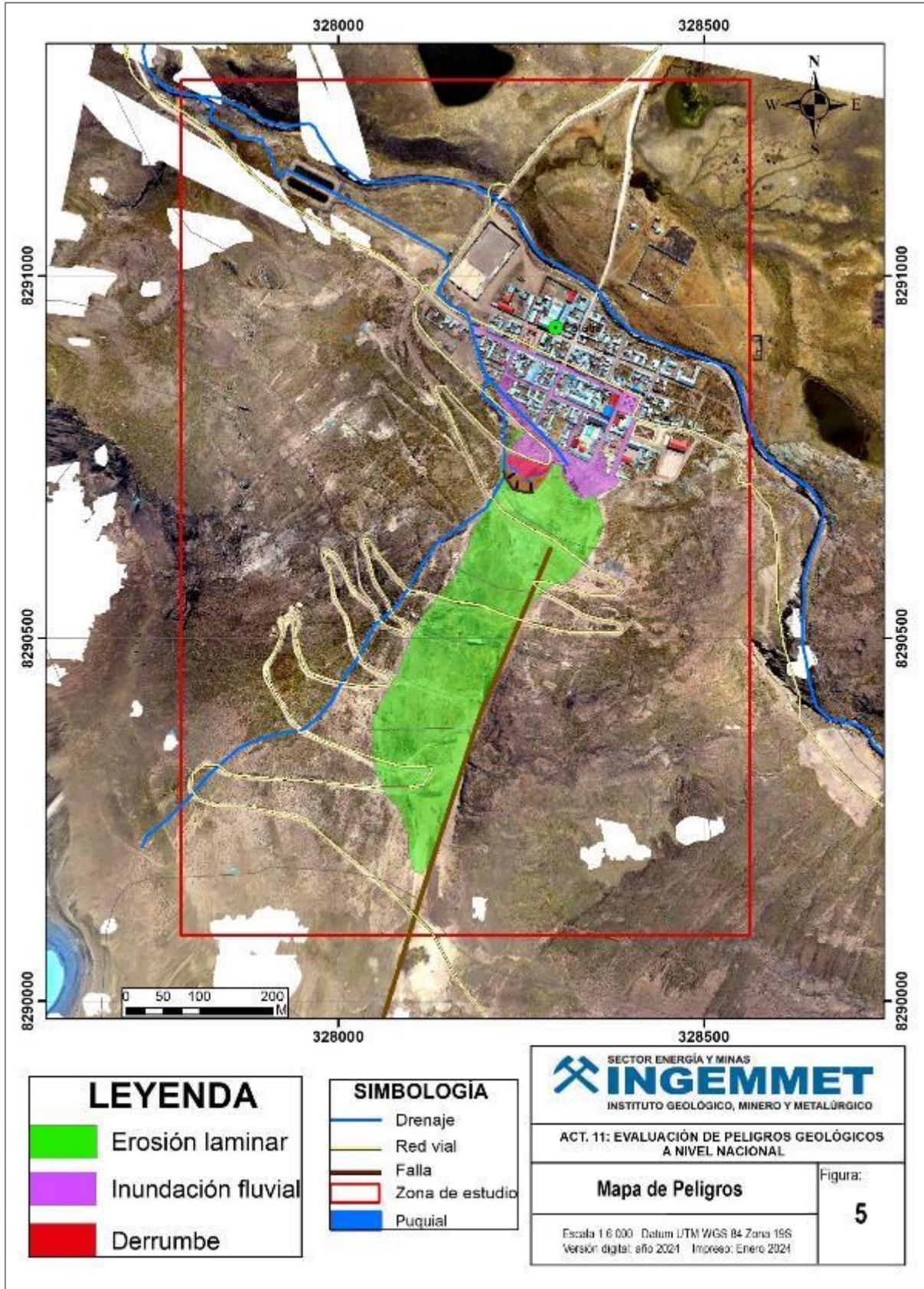




LEYENDA	
	4,350.000001 - 4,400
	4,400.000001 - 4,450
	4,450.000001 - 4,500
	4,500.000001 - 4,550
	4,550.000001 - 4,600
	4,600.000001 - 4,650
	4,650.000001 - 4,700
	4,700.000001 - 4,750

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa de Elevaciones	Figura: 3
Escala 1:6 000 - Datum UTM WGS 84 Zona 19S Versión digital: año 2024 - Impreso: Enero 2024	





ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES									
		TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre			
			<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino			
			<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico			
			<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico			
			<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial			
			<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral			
			<input checked="" type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar			
GRANULOMETRÍA			FORMA	REDONDES	PLASTICIDAD				
	%								
			<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	
	10	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico	
	30	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	Baja Plasticidad	
	20	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input type="checkbox"/>	No plástico	
	20	Arenas							
	20	Limos							
		Arcillas							
		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA	
		<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
		<input type="checkbox"/>	Estractificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	100	Volcánicos
		<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Matamórficos
								<input type="checkbox"/>	Sedimentarios
		COMPACIDAD							
		SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS					
		Limos y Arcillas		Arenas		Gravas			
		<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta		
		<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada		
		<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada		
						<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada		
		CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS					
		<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH
		<input checked="" type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH
		<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT
		<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH		