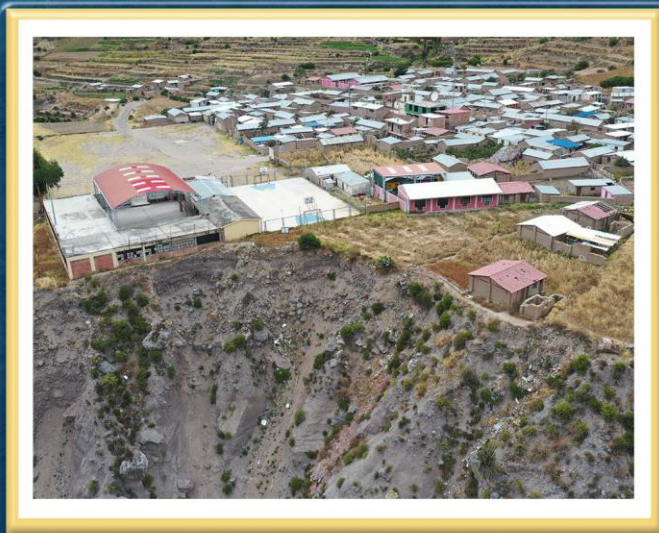


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7434**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO SANTIAGO DE PACHAS

Departamento Moquegua  
Provincia General Sánchez Cerro  
Distrito Chojata



OCTUBRE  
2023

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO SANTIAGO  
DE PACHAS**

Distrito Chojata, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua

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

*Equipo de investigación:*

*Yhon Soncco Calsina*

*Yeny Ccorimanya*

**Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos en el centro poblado Santiago de Pachas, Distrito Chojata, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua*. Lima, Ingemmet, Informe Técnico A7434, 29 p.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	5
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	5
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	6
1.3.1. <b>Ubicación</b> .....	6
1.3.2. <b>Accesibilidad</b> .....	7
1.3.3. <b>Precipitación pluvial</b> .....	7
1.3.4. <b>Población</b> .....	8
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	9
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	11
<b>3.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS</b> .....	12
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	12
<b>4.1 Pendiente del terreno</b> .....	12
<b>4.2 Unidades geomorfológicas</b> .....	13
4.2.1 Geformas de carácter tectónico degradacional o denudativos .....	13
4.2.2 Geformas de carácter depositacional o agradacional .....	14
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	14
<b>5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	15
5.1.1. <b>Derrumbes</b> .....	15
5.1.2. <b>Caída de rocas</b> .....	16
5.1.3. <b>Avalancha de detritos</b> .....	17
<b>5.2. Otros peligros geológicos - Procesos de erosión de ladera (cárcavas)</b> .....	19
<b>5.3. Factores condicionantes</b> .....	19
<b>5.4. Factores desencadenantes</b> .....	20
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	21
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	22
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	25

## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizado en el centro poblado Santiago de Pachas, del distrito de Chojata, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el área evaluada afloran rocas compuestas por andesitas basálticas, aglomerados violáceos a gris verdosos, conglomerados y areniscas (Formación Pichu), las cuales se encuentran moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Asimismo, se aprecian depósitos coluviales y aluviales, ambos no consolidados.

Las subunidades geomorfológicas están representadas por: a) montaña en roca volcánica, b) vertiente o piedemonte aluvio-torrencial y c) vertiente coluvio deluvial.

Los peligros geológicos identificados corresponden a movimientos en masa de tipo: derrumbes, caída de rocas y avalancha de detritos. Asimismo, se identificó procesos de erosión de ladera (cárcavas).

Los peligros geológicos están condicionados por:

- a) Presencia de rocas que se encuentran entre moderada y altamente meteorizadas, compuestas por andesitas basálticas, aglomerados violáceos a gris verdosos, conglomerados y areniscas. Los afloramientos de andesitas se encuentran medianamente fracturadas. Además de depósitos cuaternarios, coluviales y aluviales, los cuales se encuentra poco consolidados.
- b) Las pendientes de los terrenos varían de moderado ( $5^{\circ}$  -  $15^{\circ}$ ) a fuerte ( $15^{\circ}$  -  $25^{\circ}$ ), una zona media de las laderas donde se observa cambios del terreno a pendientes muy fuertes ( $25^{\circ}$  -  $45^{\circ}$ ), en sectores encañonados pendientes muy escapados ( $>45^{\circ}$ ), lo que permite que el material inestable de la ladera, con la presencia de agua (lluvia), se desplace fácilmente cuesta abajo

Según las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la zona urbana del centro poblado Santiago de Pachas es considerado de **Peligro Moderado a Alto y Zona Crítica**.

El centro educativo de Pachas ante lluvias intensas y/o prolongadas podría ser afectado por derrumbe, caída de rocas y avalancha de detritos. Ante movimientos sísmicos se pueden genera solamente los dos primeros eventos mencionados anteriormente

Finalmente, se brindan recomendaciones importantes, que las autoridades competentes pongan en práctica, como: a) Reubicar el centro educativo de Pachas y viviendas ubicadas próximo a la zona de derrumbe, a un lugar en el que no se observe perturbaciones geológicas e hidrometeorológicas, b) Implementar ordenanzas por parte de las autoridades, para prohibir la construcción de viviendas en zonas de alto peligro por movimientos en masa, c) Implementar señalizaciones para prohibir que las personas se acerquen a la zona del derrumbe; y d) Realizar evaluaciones de riesgos (EVAR). Cuyos estudios deben ser ejecutados por un evaluador de riesgos acreditado.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos y actividades de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico-DGAR, la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital Chojata, según Oficio N° 0538-2022-MDCH/AL; es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el centro poblado Santiago de Pachas

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Yhon Soncco Calsina y Yeny Ccorimanya Challa, para realizar la evaluación de peligros geológicos que afectan al centro poblado Santiago de Pachas. Los trabajos de campo se realizaron del 18 al 22 de mayo del 2023.

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 (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Chojata 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) Tipificar y caracterizar el peligro geológico que se presentan en el centro poblado Santiago de Pachas; eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población, vías de comunicación y en el peor de los casos hasta vidas humanas.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Emitir recomendaciones y alternativas de mitigación y reducción de desastres.

### **1.2. Antecedentes y trabajos anteriores**

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

- a) Memoria explicativa de la revisión Geológica del Cuadrángulo de Ichuña (33-u) (2001), menciona la litoestratigrafía presente en el centro poblado Santiago de Pachas, en el cual aflora secuencias de la Formación Pichu, Conformado por rocas entre moderada y altamente meteorizadas, compuestos por andesitas basálticas, aglomerados violáceos a gris verdosos, conglomerados y areniscas. Los afloramientos de andesitas se encuentran medianamente fracturadas.
- b) Luque, G., Pari, W., Dueñas, K. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Moquegua. Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 75, 252 p., 9 mapas. Se muestran depósitos de deslizamiento antiguo

en laderas del cerro Condorani con reactivaciones en el pie del evento, ubicado en la margen izquierda del río Coralaque, en el distrito Chojata.

- c) Luque, G. & Rosado, M. (2014) - Zonas críticas por peligros geológicos en la región Moquegua: primer reporte, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 62 p. el distrito de Chojata, está sujeta a caída de rocas, derrumbes, huaicos y erosión de laderas. Se aprecian antiguos derrumbes y caída de rocas encima del poblado Chojata, reactivándose por el corte de talud para la carretera a manera de caídas (fragmentos de roca con diámetros comprendidos entre 2 a 0,20 m). En caso de sismo o lluvias intensas puede afectar carretera Coralaque-Chojata.
- d) Mapa geológico del cuadrángulo de Ichuña (33-u), a escala 1:100000 Morocco & Pino (1998) mencionan que en el centro poblado Santiago de Pachas se presentan rocas volcánicas-sedimentarias.
- e) Mapa de susceptibilidad de movimientos en masa generado por el Ingemmet-2012 (<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>), demuestra un peligro medio a alto en el centro poblado Santiago de Pachas
- f) Núñez, S. & Gómez, D. (2012) – Reporte preliminar de zonas críticas por peligros geológicos en la cuenca Río Tambo: informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 54 p. También disponible en: [www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/723611/](http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/723611/). En este manuscrito identifican peligros geológicos por movimientos en masa en la cuenca del río Tambo. E identifican que en el sector Chojata está sujeta a caída de rocas.
- g) El mapa geológico integrado del Perú versión 2022, a escala 1:50 000. En la microcuenca de la quebrada Saca de Posco, se tienen afloramientos de rocas sedimentarias (Formación Moquegua), volcánicas (Formación Río Grande), intrusivos (Súper Unidad Sacota y Complejo Basal de la Costa)

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde a la zona urbana del centro poblado Santiago de Pachas, distrito Chojata, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua (figura 1); en las coordenadas siguientes:

**Tabla 1.** Coordenadas del centro poblado Santiago de Pachas

Punto	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	316250	8179152	-16.462225°	-70.721211°
2	317431	8179162	-16.462222°	-70.710152°
3	317439	8178162	-16.471262°	-70.710155°
4	316257	8178149	-16.471289°	-70.721225°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
Punto central	316687	8178634	-16.466938°	-70.717163°

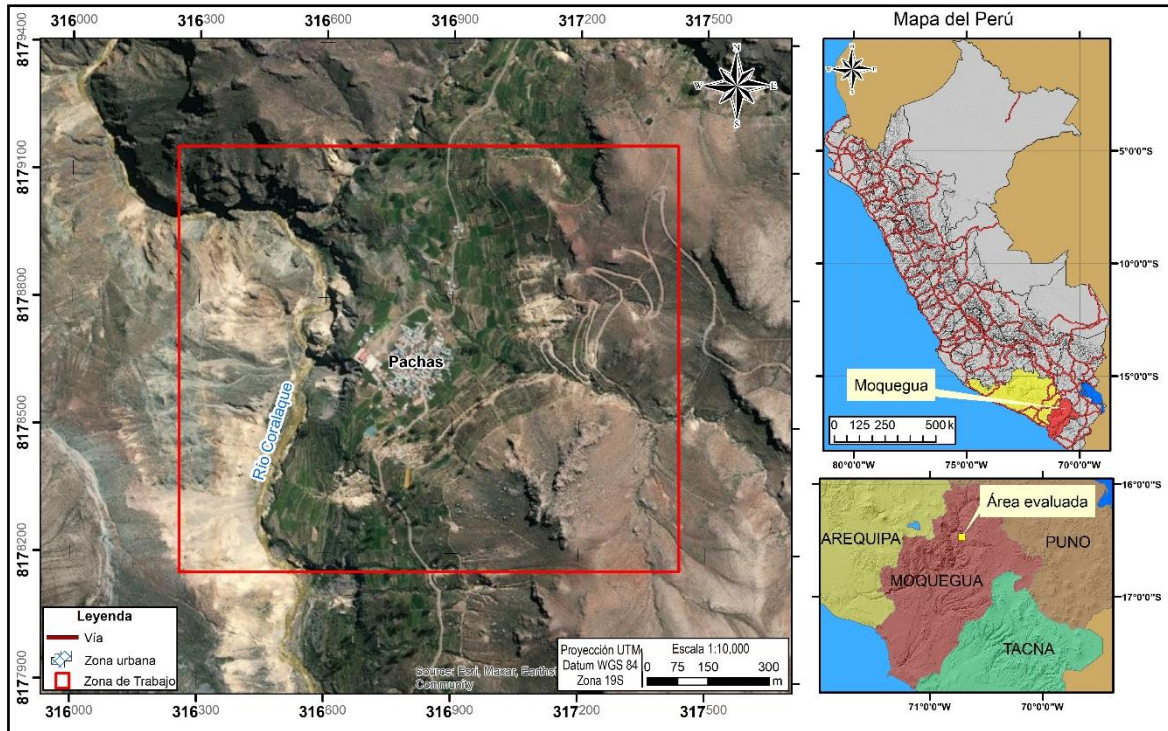


Figura 1. Ubicación del centro poblado Santiago de Pachas

### 1.3.2. Accesibilidad

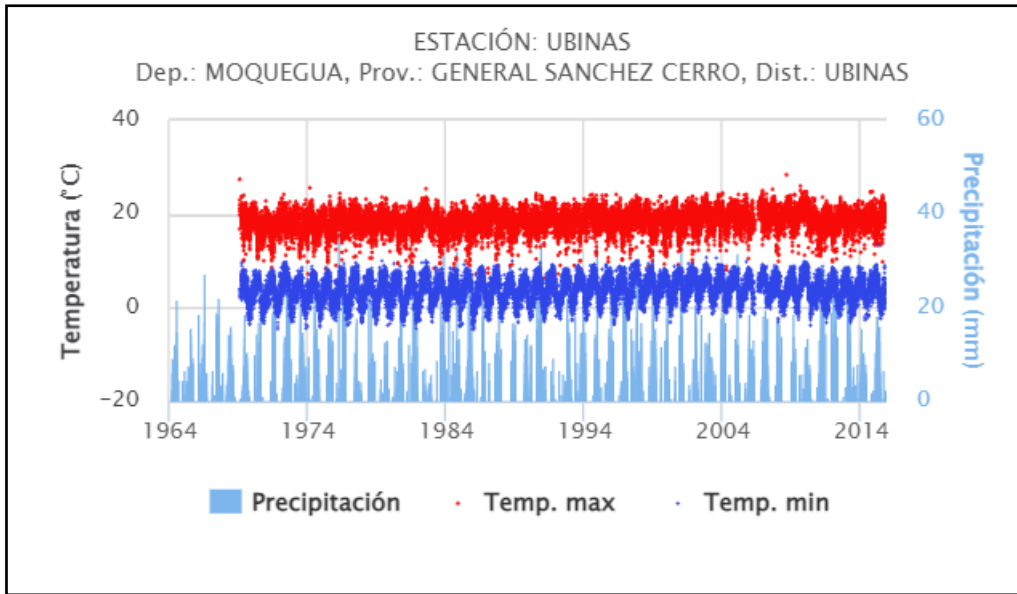
El acceso a las localidades evaluadas es por vía terrestre, partiendo desde la sede del Ingemmet OD-Arequipa, y se sigue la siguiente ruta:

Tabla 2. Ruta y acceso al centro poblado Santiago de Pachas en Chojata

<b>Ruta</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo estimado</b>
Arequipa – Chiguata	Asfaltada	23.3	47 min
Chiguata – Yalagua	Carrozable	124	3 h 10 min
Yalagua - Chojata	carrozable	21.7	1 h 15 min
Chojata – Pachas	carrozable	20	40 min

### 1.3.3. Precipitación pluvial

Según la información disponible de la estación meteorológica Ubinas, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), los valores de precipitación se muestran en el gráfico 1. Donde se tiene una data de una ventana de tiempo desde 1964 hasta el 2014, con datos de precipitación diaria. La mayor precipitación es de aproximadamente 35 mm, (figura 2).

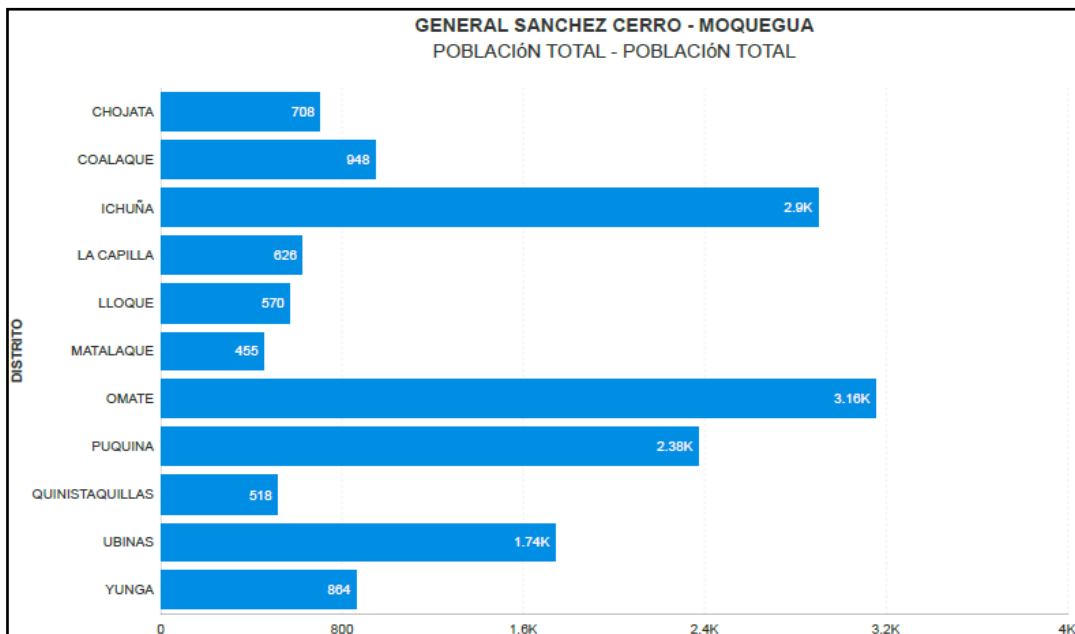


**Figura 2.** Precipitación diaria según la estación Ubinas (Senamhi).

Según testimonio de los pobladores, los primeros derrumbes se manifestaron en 1980. Con base a la información de Senamhi, en esos años se presentó precipitaciones de hasta 35 mm.

### 1.3.4. Población

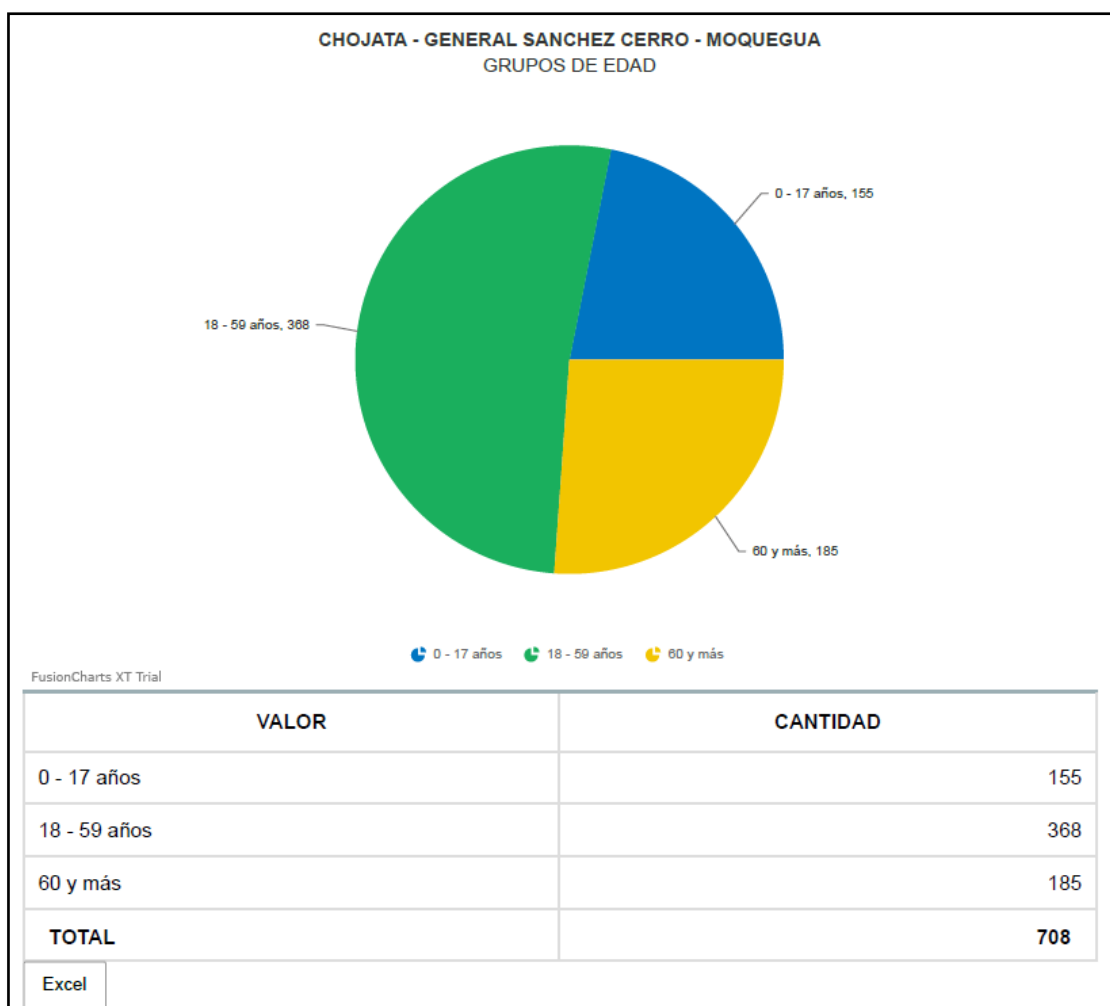
El distrito Chojata es uno de los distritos menos poblados de la provincia General Sánchez Cerro, de acuerdo con el XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda (CPV, 2017), (figura 3).



**Figura 3.** Población por distritos de la provincia General Sánchez Cerro, (<https://cenepred.gob.pe/web/>)



Según el Censo Nacional 2017. Las personas están distribuidas según el grupo etario siguiente: (0-17 años) 155 personas; (18-59 años) 368 personas y (60 años a más) 185 personas, (figura 4).



**Figura 4.** Población según grupo etario de Chojata "Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas." Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (<https://cenepred.gob.pe/web/>)

## 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 del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

**CORONA (crown):** 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.

**DESLIZAMIENTO (slide):** Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

**ESCARPE (scarp) 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.

**FRACTURA (crack):** 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 (weathering):** 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.

**CAIDAS:** La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire, y puede efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido, se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a  $5 \times 10^1$  mm/s.

En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como del material involucrado, las caídas se subdividen en tres tipos principales: aludes, caída de rocas y derrumbes.

**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.

**EROSIÓN DE LADERAS:** Se considera dentro de esta clasificación a este tipo de eventos, porque se les considera predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Duque et ál, 2016).

Los procesos de erosión de laderas también pueden tener como desencadenante la escorrentía formada por el uso excesivo de agua de regadío.

**LAHARES:** Se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aún si la pendiente es mayor. Los flujos se pueden clasificar de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado)

**CÁRCAVAS:** La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras.

**AVALANCHA DE ESCOMBROS:** Las avalanchas de escombros son deslizamientos súbitos de una parte de los edificios volcánicos. Se originan debido a factores de inestabilidad, tales como la elevada pendiente del volcán, presencia de fallas, movimientos sísmicos fuertes y/o explosiones volcánicas. Las avalanchas de escombros ocurren con poca frecuencia y pueden alcanzar decenas de kilómetros de distancia, se desplazan a gran velocidad, así por ejemplo en el caso del monte St. Helens, se estimaron velocidades del orden de 240 km/h Glicken, (1996). Los mecanismos del colapso, transporte y emplazamiento han sido mejor entendidos a partir de la erupción del volcán St. Helens en los EE. UU. (18 de mayo de 1980), donde se produjo el colapso sucesivo de tres bloques ubicados en el flanco norte.

**ERUPCIÓN VOLCÁNICA:** Las erupciones volcánicas son el producto del ascenso del magma a través de un conducto desde el interior de la tierra. El magma está conformado por roca fundida, gases volcánicos y fragmentos de roca. Estos materiales pueden ser arrojados con grados de violencia. Dependiendo de la composición química del magma, la cantidad de gases y en algunos casos por la interacción del magma con el agua.

Cuando el magma se aproxima a la superficie, pierde todo o parte de los gases contenidos en solución, formando burbujas en su interior; bajo estas condiciones, se pueden presentar dos escenarios principales:

- Si los gases del magma se liberan sin alterar la presión del medio, el magma puede salir a la superficie sin explotar. en este caso se produce una erupción efusiva.
- Si el magma acumula más presión de la que puede liberar, las burbujas en su interior crecen y el magma se fragmenta violentamente, produciendo una erupción explosiva.

**ÍNDICE DE EXPLOSIVIDAD VOLCÁNICA (IEV):** Representa la magnitud de una erupción volcánica y es una escala que va de 0 a 8 grados.

### **3. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

El análisis geológico se desarrolló con base a la Geología del cuadrángulo de Ichuña (33u-II). Lipa, V. (2000) Carta Geológica a escala 1:50 000 y el mapa geológico integrado del Perú versión 2022 del INGEMMET, el cual es el resultado de la integración de 1005 mapas geológicos escala 1:50 000.

La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aérea y observaciones de campo. (Anexo 1).

### 3.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

En el área evaluada, afloran rocas antiguas y depósitos recientes. Se ha tomado como referencia el mapa geológico integrado del Perú versión 2022 del INGEMMET.

Se tienen las siguientes unidades:

**Formación Pichu (P-pi/i4):** Conformado por rocas volcánicas-sedimentarias (andesitas basálticas aglomerados, conglomerados y areniscas) moderada y altamente meteorizadas. Los afloramientos de andesitas se encuentran medianamente fracturadas.

**Depósitos coluviales Qh-cl:** Conformado por material originado por la acción de la gravedad. Proyecto Multinacional Andino; Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Los depósitos coluviales se acumulan en vertientes o márgenes de los valles, como también en laderas superiores; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos.

En conjunto, por su naturaleza son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación de flujos de detritos (huaicos),

Afloran en la parte baja de Pachas, principalmente en las laderas de pendiente fuerte, son depósitos no consolidados.

**Depósito aluvial - Qh-al:** Acumulación de cantos, grava, arenas y limos de composición heterogénea, son poco consolidados. Se ubican en las partes bajas, en las desembocaduras de las quebradas y sectores de piedemonte. La zona urbana de Pachas este asentado sobre este tipo de depósito.

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1 Pendiente del terreno

Las pendientes de los terrenos varían de moderado (5°- 15°) a fuerte (15°- 25°), una zona media de las laderas donde se observa cambios del terreno a pendientes muy fuertes (25°- 45°), en sectores encañonados pendientes muy escapados (>45°). (figura 5).

Se elaboró un mapa de pendientes con base en el modelo de elevación digital (DEM), de 20 cm de resolución, elaborado a partir de fotogrametría con dron (Anexo 1).



**Figura 5.** Se muestra las pendientes del terreno en el centro poblado Santiago de Pachas

**Tabla 3.** Clasificación de pendientes del terreno.

Rangos de pendientes del terreno (°)	CLASIFICACIÓN
<1	Llano
1 – 5	Suavemente inclinado
5 – 15	Moderado
15 – 25	Fuerte
25 – 45	Muy fuerte a escarpado
>45	Muy escarpado

## 4.2 Unidades geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector evaluado, se ha empleado la publicación de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

- Geformas de carácter tectónico degradacional o denudativos
- Geformas de carácter depositacional o agradacional

La evolución del relieve se presenta en el mapa geomorfológico (Anexo 1).

### 4.2.1 Geformas de carácter tectónico degradacional o denudativos

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

#### 4.2.2.1 Unidad de Montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub-aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

Relieve montañoso en roca volcánico sedimentaria (RM-rvs): Corresponde a cadenas montañosas que poseen un relieve agreste, con pendientes mayores a 45°, se presenta formando las altas cumbres y con superficies semiplanas alargadas. Litológicamente está compuesto por rocas entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

Es en esta unidad que se presentan caída de rocas, desde las partes altas de la zona urbana del centro poblado Santiago de Pachas

#### 4.2.2 Geformas de carácter depositacional o agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultado de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geformas anteriores; se tienen las siguientes unidades y subunidades:

##### 4.2.2.1 Unidad de piedemonte

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales y acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el cambio repentino de los perfiles longitudinales. Corresponde a acumulaciones de materiales sueltos al pie de sistemas de montañas o colinas.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Están conformadas por planicies inclinadas a ligeramente inclinadas, suelen ser amplias y se ubican al pie de las estibaciones andinas y sistemas montañosos. Está formado por la acumulación de sedimentos transportados por corrientes de agua de carácter provocadas por lluvias anómalas, En el área de estudio está representado por depósitos aluviales, sobre la cual se asienta las viviendas del centro poblado Santiago de Pachas

Vertiente coluvio deluvial (V-cd): Formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial; se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales. Estos se encuentran acumulados al pie de las laderas.

El corte originado por la incisión del río Coralaque, ha dejado expuesto esta unidad, desde donde se generan avalanchas de detritos.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el centro poblado Santiago de Pachas, corresponden a movimientos en masa como derrumbes, caída de rocas y avalancha de detritos, como también procesos de erosión de ladera. Tipificados según la clasificación de la guía para la evaluación de amenazas del Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007.

Estos peligros son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como por la incisión sufrida en los cursos de la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas. Coadyuvado por la alternancia de rocas de diferente competencia, así como la presencia de fallas geológicas, anticlinales, sinclinales, inestabilizando las laderas rocosas y depósitos de eventos antiguos (Anexo 1).

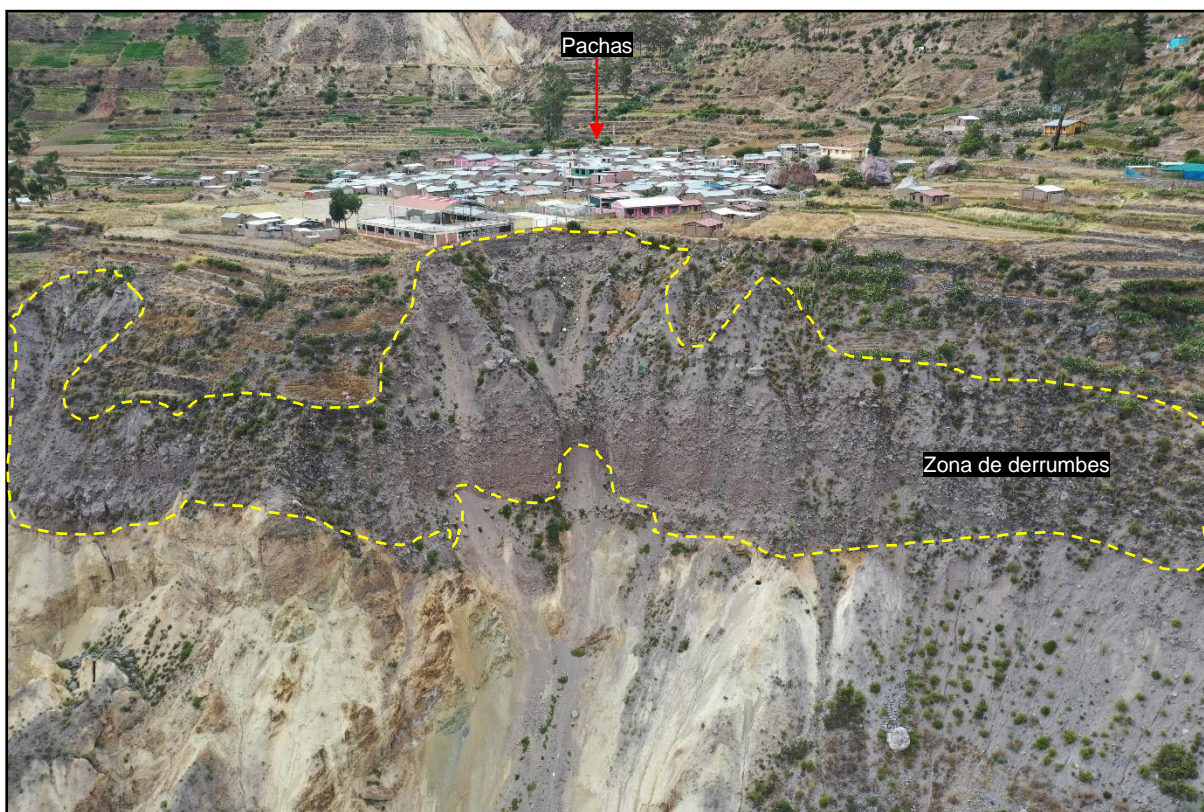
## 5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

### 5.1.1. Derrumbes

Este tipo de movimientos en masa ocurren en la parte baja de la zona urbana del centro poblado Santiago de Pachas. Sector por el cual cruza el río Coralaque, la incisión y erosión fluvial originado por este, ha desarrollado un contexto geomorfológico de laderas escarpadas con pendientes del terreno mayores a  $45^\circ$ , (figuras 6 y 7).



**Figura 6.** Zona de derrumbes en el centro poblado de Santiago de Pachas



**Figura 7.** Ladera con pendiente escarpada, donde se desarrolla procesos de derrumbes.

La infraestructura que viene siendo afectada por el derrumbe es el centro educativo de Pachas. Actualmente el colegio sigue funcionando, está expuesta a este tipo peligro (figura 8).



**Figura 8.** Centro de estudio de Pachas, viene siendo afectado por derrumbe.

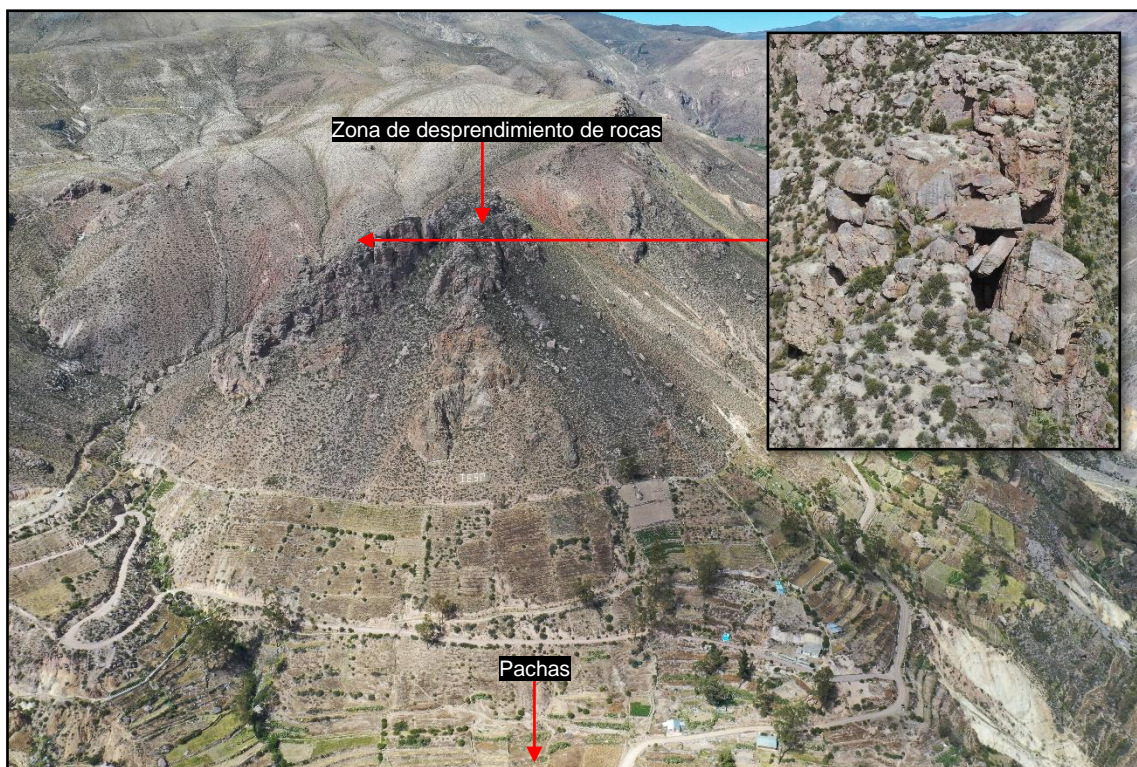
En el sector se aprecia una cicatriz de arranque con forma irregular, el cual presenta una longitud de aproximadamente 100 m. Los procesos de derrumbes se presentan desde depósitos aluviales, conformado por niveles de cantos y gravas de composición heterogénea, además de arenas y limos. El depósito es poco consolidado.

### 5.1.2. Caída de rocas

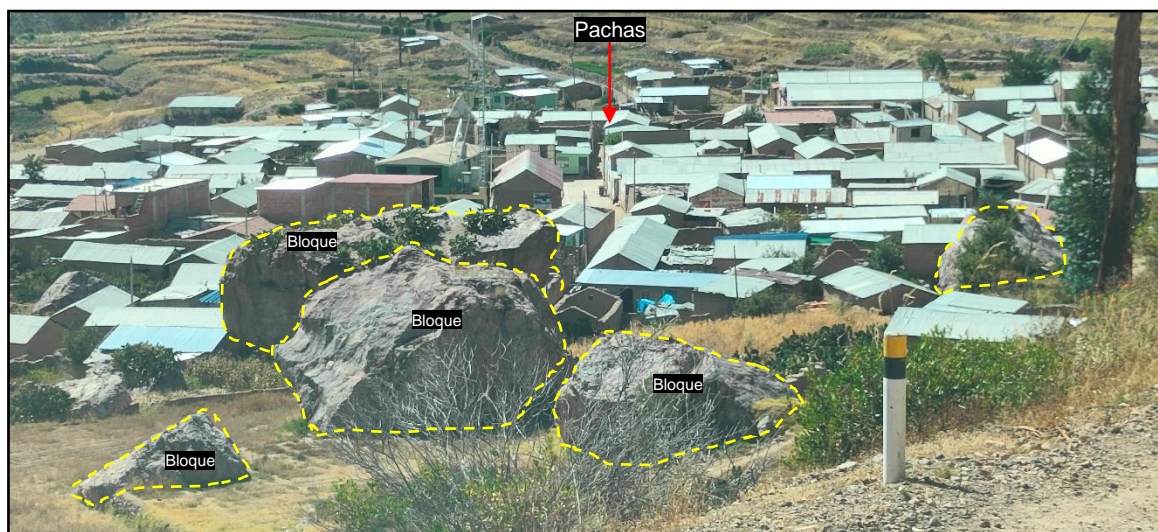
Los movimientos en masa relacionados a la caída de rocas, se desarrollan desde las partes altas, principalmente desde el cerro Pachas.

Se tienen afloramientos de rocas entre moderada y altamente meteorizadas, compuestos por andesitas basálticas, aglomerados, conglomerados y areniscas. Las rocas se encuentran medianamente fracturadas, (figura 9). Actualmente se aprecian bloques de hasta 10 metros en la zona urbana del centro poblado Santiago de Pachas (figura 10).





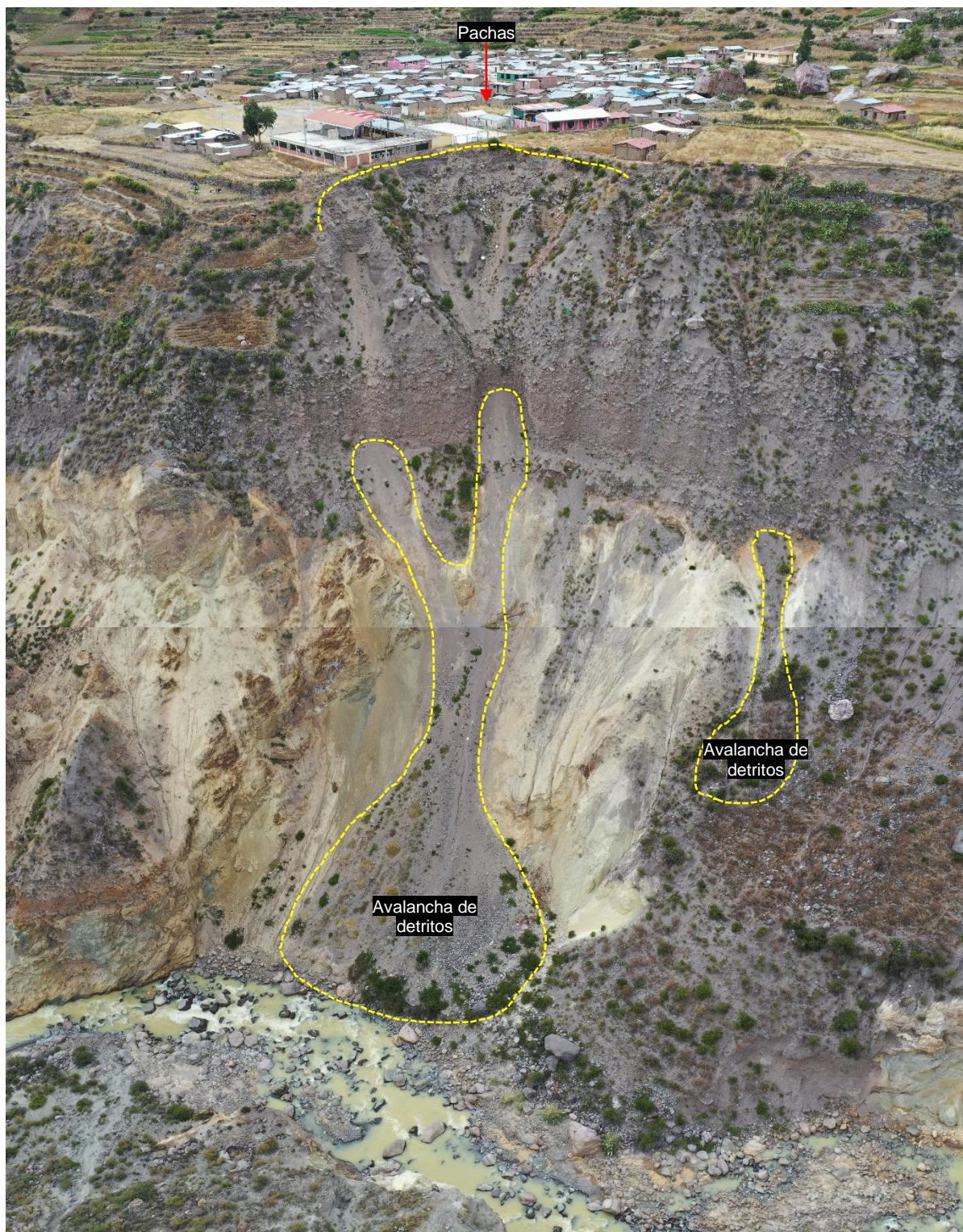
**Figura 9.** Vista panorámica del centro poblado Santiago de Pachas, se aprecia la fuente de donde provienen la caída de rocas.



**Figura 10.** Vista del centro poblado Santiago de Pachas, se aprecian los tamaños del depósito proveniente de caída de rocas.

### 5.1.3. Avalancha de detritos

Se desarrollan en la parte baja de la zona urbana de Pachas, sobre laderas escarpadas (formadas por la incisión del río Coralaque). Se ubican en la parte baja de los derrumbes, (figura 11).



**Figura 11.** Se aprecia las avalanchas de detritos en el centro poblado Santiago de Pachas.

Los depósitos de avalanchas de detritos se mantienen se mantienen conservados en las laderas del río Coralaque, presentan formas alargadas, en la parte baja exponen una geometría de abanico, conformado por cantos y gravas de composición heterogénea, además de arenas y limos. El depósito es poco consolidado. La zona de arranque de estos fragmentos no está bien definida, aparentemente arrancaron como derrumbe, comportándose posteriormente como avalancha.

## 5.2. Otros peligros geológicos - Procesos de erosión de ladera (cárcavas)

Es otro tipo de peligros geológico, que aporta material a los cauces de las quebradas, rellenando los cauces de material suelto, es de fácil movilización.

Los procesos de erosión de ladera (cárcavas) se observaron en la parte alta y media de las laderas del cerro Pachas (figura 12).



**Figura 12.** Procesos de erosión de ladera en (cárcava).

Las cárcavas tienen longitudes que varían entre 10 a 600 m, se presentan principalmente en laderas con poca vegetación y con pendientes moderados a fuertes. Las cárcavas identificadas tienen las siguientes características: a) posee una forma de drenaje de tipo dendrítico, b) las dimensiones de las cárcavas van desde 3 a 5 m de ancho y 1 a 2 metros de profundidad, c) poseen avance retrogresión lento, no controlado y d) en su desembocadura forman pequeños conos de deyección.

## 5.3. Factores condicionantes

- Rocas de unidades vulcano-sedimentarias, las cuales se encuentran moderadas y altamente meteorizadas, compuestas por andesitas basálticas, aglomerados violáceos a gris verdosos, además de conglomerados y areniscas.
- Las andesitas se encuentran medianamente fracturadas. Presenta un sistema de fracturamiento que permite la formación de bloques de formas de paralelepípedo, con longitudes de hasta 3 m. Este sistema de fracturamiento permite la infiltración de agua, lo que lo hace inestable.
- Además de depósitos cuaternarios, los depósitos coluviales y aluviales, se encuentran poco consolidados y son de fácil transporte.

- Las pendientes de los terrenos varían de moderado ( $5^\circ$  -  $15^\circ$ ) a fuerte ( $15^\circ$  -  $25^\circ$ ), una zona media de las laderas donde se observa cambios del terreno a pendientes muy fuertes ( $25^\circ$  -  $45^\circ$ ), en sectores encañonados pendientes muy escapados ( $>45^\circ$ ); permite que el material inestable de la ladera, con la presencia de agua (lluvia) o sismos, se desplace fácilmente cuesta abajo.

#### **5.4. Factores desencadenantes**

- Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias; las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al desplazamiento. Según testimonio de los pobladores, los primeros derrumbes se manifestaron en 1980. Con base a la información de Senamhi, en esos años se presentó precipitaciones de hasta 35 mm.
- Los movimientos sísmicos pueden generar desprendimientos de rocas desde las partes altas, derrumbes y avalanchas de detritos. Como también desestabilizar los depósitos de canchales provenientes del desmonte de mina. Según el diseño sismorresistente, del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N°011-2006-vivienda. La zona evaluada se ubica en la zona 3, con un factor Z de 0.35. "El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

## 6. CONCLUSIONES

1. En inmediaciones del centro poblado Santiago de Pachas, afloran andesitas basálticas, aglomerados, conglomerados y areniscas, las rocas se presentan entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Asimismo, se aprecian depósitos cuaternarios, coluviales y aluviales, ambos no consolidados.
2. Las unidades y subunidades geomorfológicas están representadas por: a) montaña en roca volano-sedimentaria, b) vertiente o piedemonte aluvio-torrencial y c) vertiente coluvio deluvial.
3. Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados son: derrumbes, caída de rocas y avalancha de detritos. Asimismo, se identificó procesos de erosión de ladera (cárcavas)
4. Los peligros geológicos están condicionados por:
  - a) Presencia de andesitas y aglomerados (Formación Pichu) que se encuentran entre moderada y altamente meteorizadas, lo que permite la infiltración de agua lo que conlleva la saturación del terreno.
  - b) Las rocas presentan un sistema de fracturamiento, que permite la generación de bloques de forma independiente y sueltos, que son de fácil remoción
  - c) Los conglomerados y areniscas (formación Pichu), las cuales se encuentran moderadas y altamente meteorizadas
  - d) Además, se tienen depósitos coluviales y aluviales, los cuales se encuentra poco consolidados, que son de fácil remoción.
  - c) Las pendientes de terreno varían de moderado (5°- 15°) a fuerte (15°- 25°); además, se tienen laderas con pendientes muy fuertes (25°- 45°); en otros sectores se presenta pendiente encañonados a muy escapados (>45°). Todo permite que el material inestable que se encuentra sobre la ladera, con la presencia de agua (lluvia) o sismos, se desplace fácilmente cuesta abajo.
  - d) El centro educativo y alrededores no presentan drenaje pluvial adecuado, ello ocasiona filtraciones de agua.
5. El centro educativo de Pachas puede ser afectado por derrumbe, que se pueden dar en temporadas de lluvia intensas y/o prolongadas. Así como caída de rocas y avalancha de detritos durante movimientos sísmicos.
6. Según las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la zona urbana del centro poblado Santiago de Pachas es considerado de **Peligro Moderado a Alto y Zona Crítica.**

## 7. RECOMENDACIONES

1. Reubicar las instalaciones de la institución educativo del centro poblado Santiago de Pachas y viviendas ubicadas próximo a la zona de derrumbe, a un lugar en el que no se observe perturbaciones geológicas e hidrometeorológicas.
2. Implementar ordenanzas por parte de las autoridades, para prohibir:
  - La construcción de viviendas en zonas de alto peligro por movimientos en masa.
  - La ocupación en las fajas marginales o el límite natural de un río o quebrada.
  - Por ningún motivo debe continuar la expansión urbana hacia los cauces de las quebradas y ríos, como también en laderas inestables.
3. Implementar señalizaciones para prohibir que las personas se acerquen a la zona del derrumbe.
4. Realizar evaluaciones de riesgos (EVAR). Cuyos estudios deben ser ejecutados por un evaluador de riesgos acreditado.



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



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

## BIBLIOGRAFÍA

- Lipa, V., Valdivia, W., Carrasco, S. (2001). Memoria Explicativa de la Revisión Geológica del cuadrángulo de Ichuña (33-u). Escala 1:50 000. Ingemmet, 12 p.
- Lipa, V., Valdivia, W., Carrasco, S. (2000). Mapa geológico del cuadrángulo de Ichuña (33-u2 y 33-u3). Escala 1:50 000. Ingemmet.
- Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The análisis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.
- Gomez, H. & Pari, W. (2020) - Peligro geológico en la Departamento Puno. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 77, 236 p., 9 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2575>
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Departamento Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33
- Rivera M., Mariño J., Thouret J-C. (2011) – Geología y evaluación de peligros del volcán ubinas. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 46, 83 p., 2 mapas.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.
- Ramos et al., 2019 Informe Técnico Anual “Vigilancia del volcán Ubinas, periodo 2019” (distrito de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro– región Moquegua).
- Luque, G., Pari, W., Dueñas, K. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Moquegua. Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 75, 252 p., 9 mapas.
- Informe Técnico N° A6823, Peligros geológicos en las localidades de Torata, Yunga, La Capilla, Huatalaque, Coroise y Lucco, Región Moquegua (2018)
- Luque, G. & Rosado, M. (2014) - Zonas críticas por peligros geológicos en la región Moquegua: primer reporte, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 62 p.

Mapa de susceptibilidad de movimientos en masa generado por el Ingemmet (<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>), demuestra un peligro medio a alto en el anexo Yalagua.

Núñez, S. & Gómez, D. (2012) – Reporte preliminar de zonas críticas por peligros geológicos en la cuenca Río Tambo: informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 54 p.

Ayala, F.J. (2003) – Una reflexión sobre los mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera, su naturaleza, funciones, problemática y límites. En: Ayala, F.J. & Corominas, J., eds. Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, Serie Medio Ambiente, n° 4, p. 7-20.



## **ANEXO 1: MAPAS**

- Mapa N°1. Muestra la geológico del área de trabajo. Tomado y modificado de Lipa, V. (2000) Carta Geológica a escala 1:50 000 y el mapa geológico integrado del Perú versión 2022 del INGEMMET, el cual es el resultado de la integración de 1005 mapas geológicos escala 1:50 000.
- Mapa N°2. Muestra las pendientes, elaborado a partir de un modelo digital de elevaciones (DEM) de 20 cm de resolución. Elaboración propia.
- Mapa N°3. Muestra la geomorfología del centro poblado Santiago de Pachas. Tomado del mapa geomorfológico a estala 1:200,000 del Ingemmet.
- Mapa N°4. Muestra el mapa de cartografía de peligros geológicos en el centro poblado Santiago de Pachas

316500

316750

317000

8178750

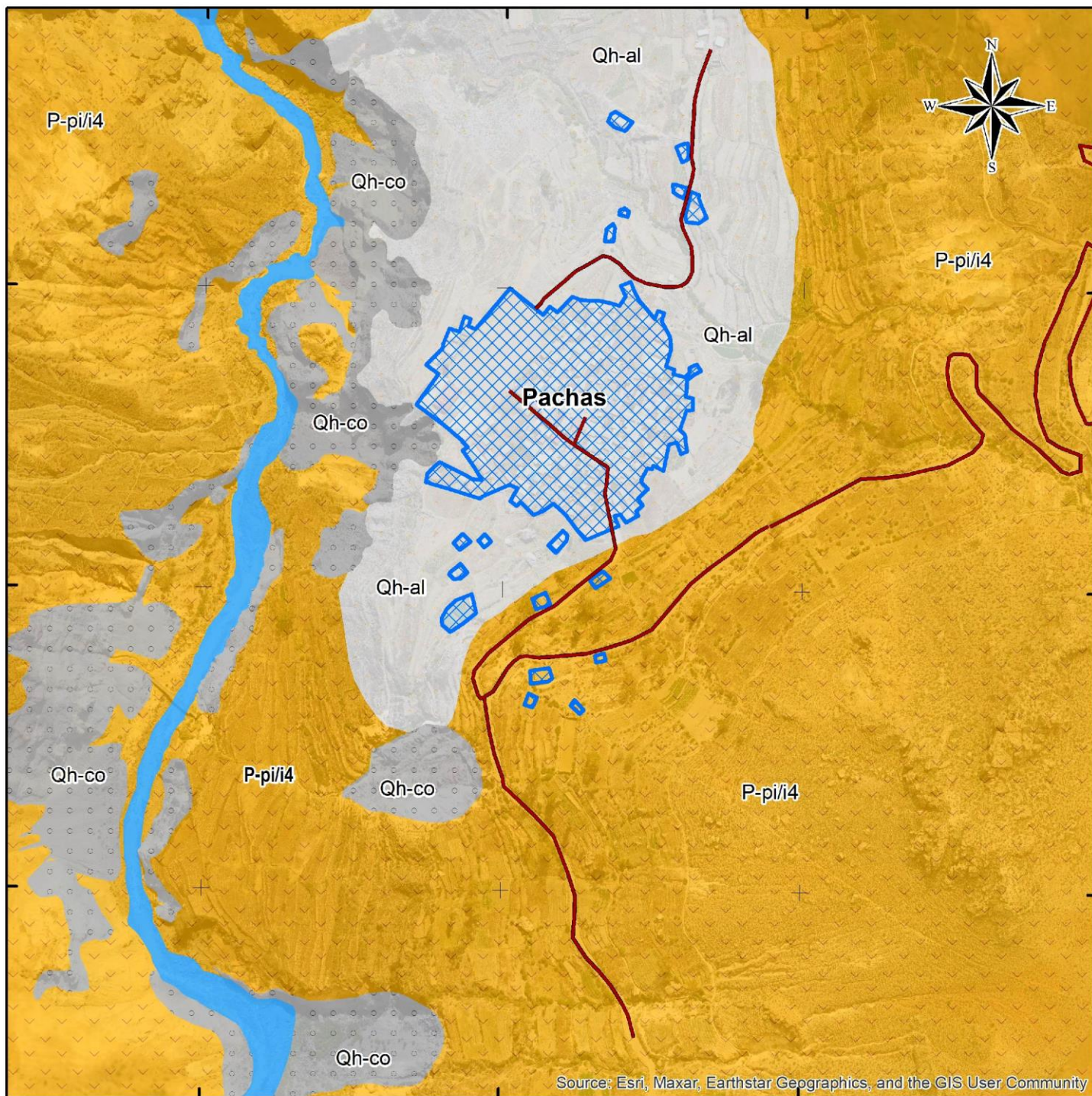
8178500

8178250

8178750

8178500

8178250



Simbología	
	Vía
	Cauce de río
	Zona urbana

Unidades litoestratigráficas	
	Qh-col Depósito coluvial
	Qh-al Depósito aluvial
	P-pi/i4 Formación Pichu

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>		
<b>GEOLOGÍA DEL CENTRO POBLADO SANTIAGO DE PACHAS</b>		
Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:5,000 0 25 50 100 m	Mapa N° 1

316500

316750

317000

8178750

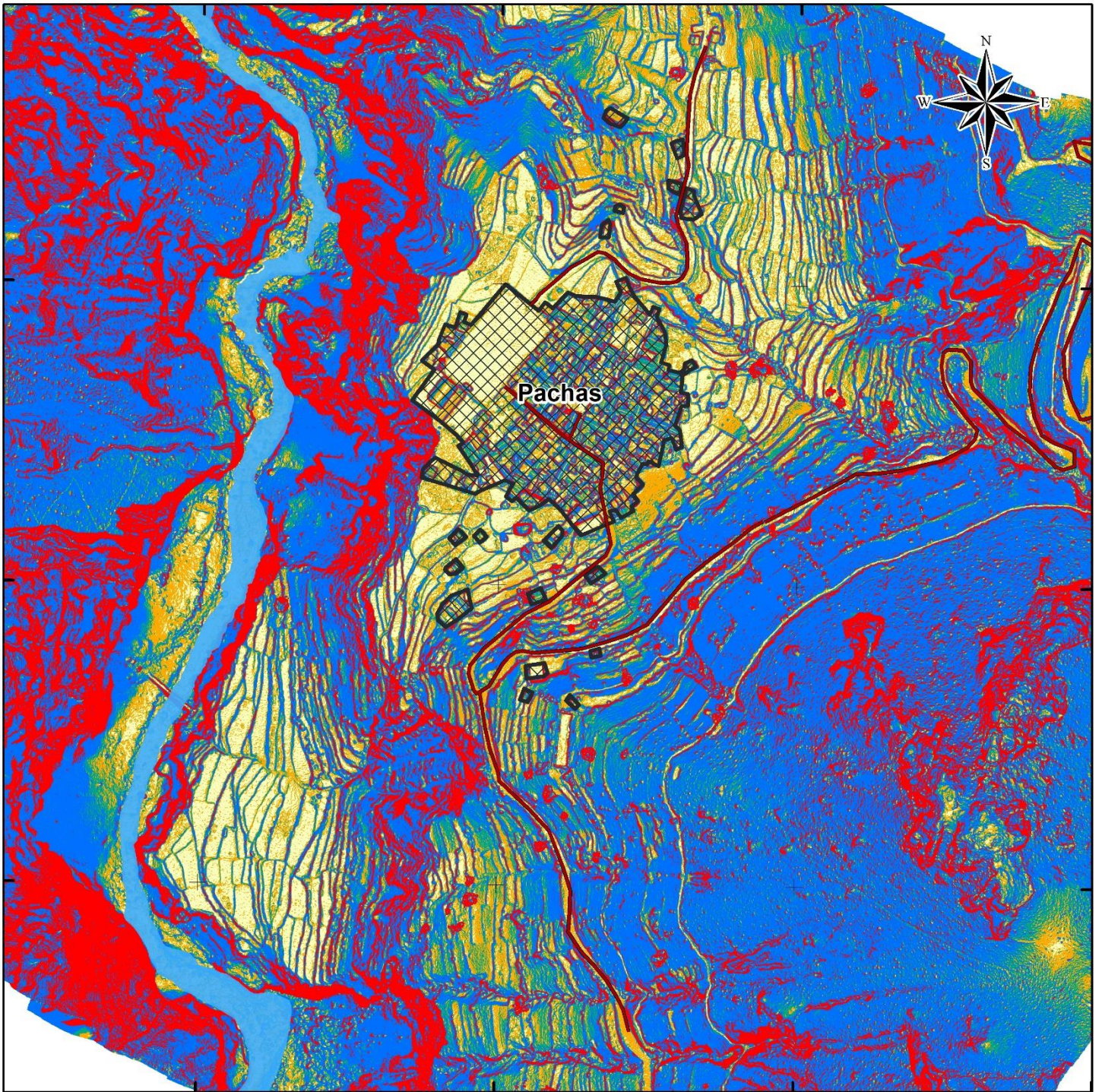
8178500

8178250

8178750

8178500

8178250



Simbología	
	Vía
	Cauce de río
	Zona urbana

Pendientes (Grados)	
	< 1 Llano
	1 - 5 Suavemente inclinado
	5 - 15 Moderado
	15 - 25 Fuerte
	25 - 45 Muy fuerte
	> 45 Muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS



INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

---

**PENDIENTES DEL CENTRO POBLADO SANTIAGO DE PACHAS**

Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:5,000 0 25 50 100  m	Mapa N° 2
--	--	-----------

316500

316750

317000

8178750

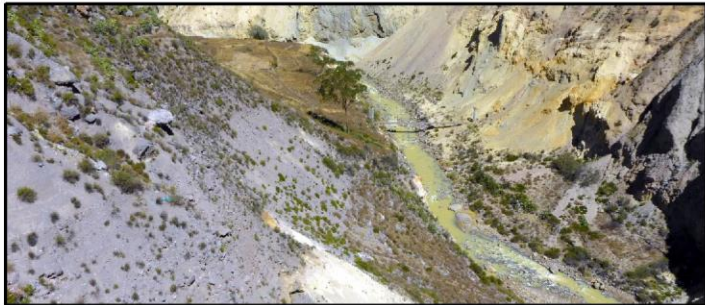
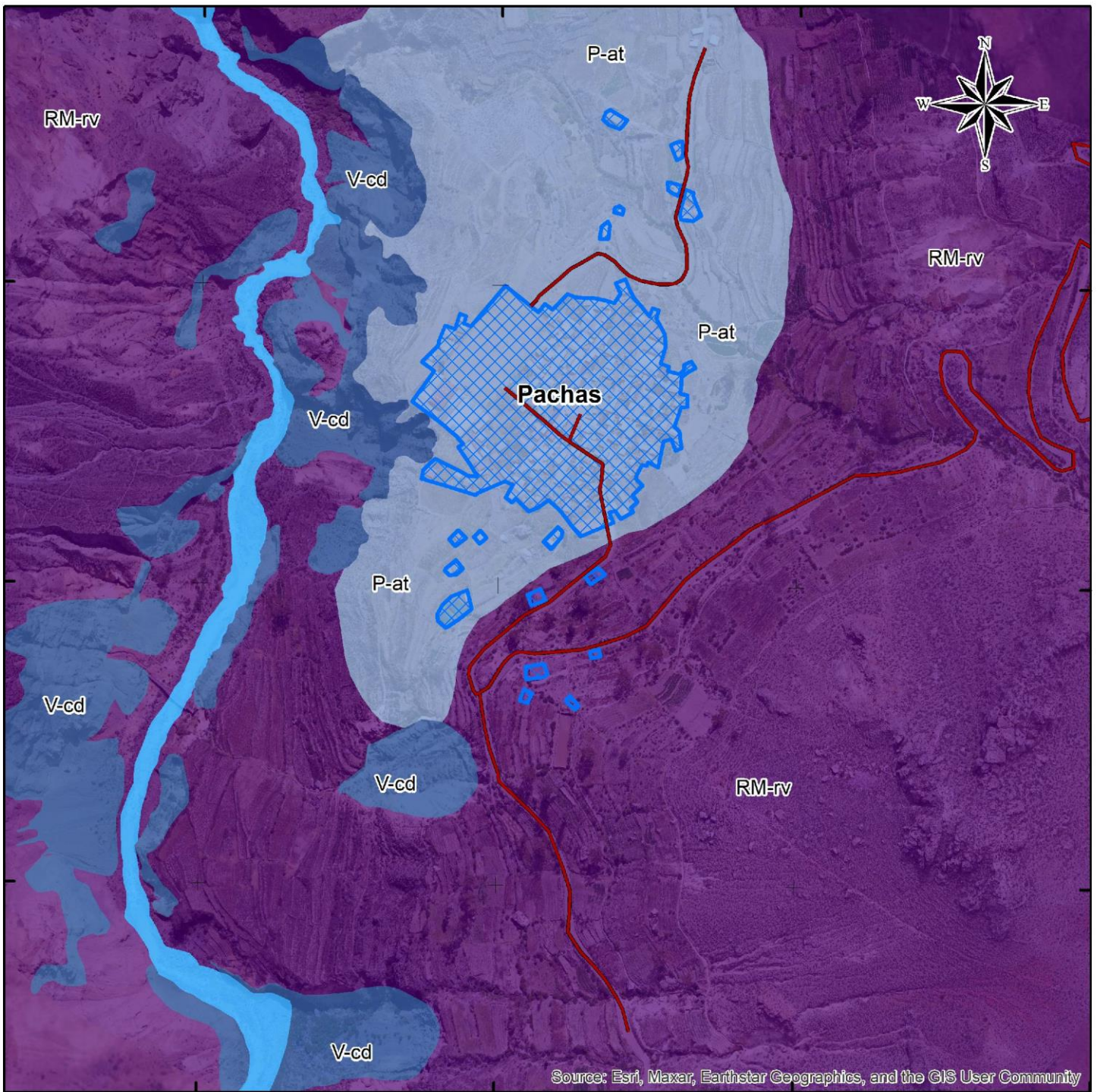
8178500

8178250

8178750

8178500

8178250



Simbología	
	Vía
	Cauce de río
	Zona urbana

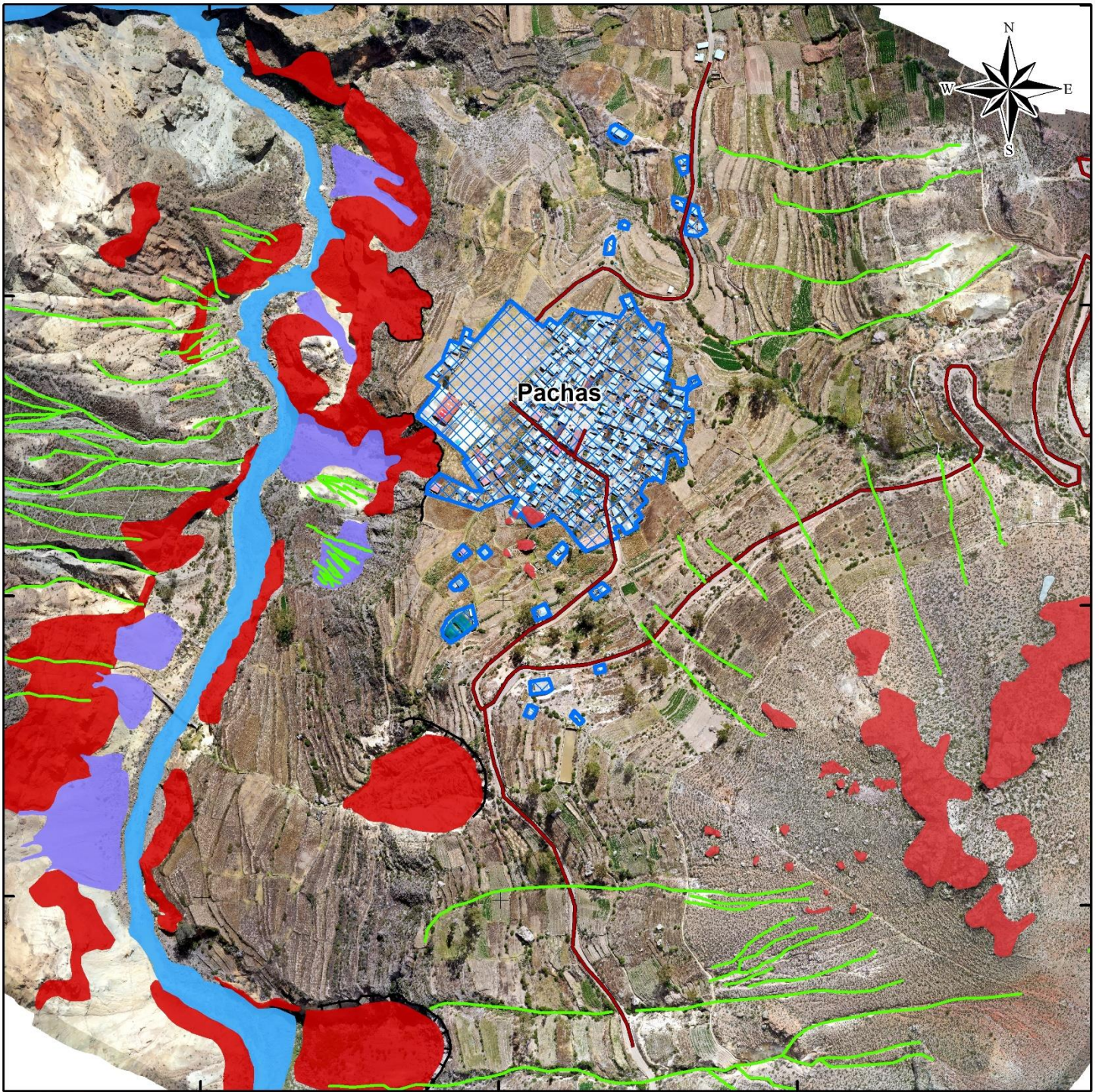
Unidades geomorfológicas	
	P-at Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
	V-cd Vertiente coluvio deluvial
	RM-rv Montaña en roca volcánica

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**GEOMORFOLOGÍA DEI CENTRO POBLADO SANTIAGO DE PACHAS**

Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:5,000 0 25 50 100 m	Mapa N° 3
--	------------------------------------	-----------



Simbología	
	Vía
	Zona urbana
	Área de Trabajo

Peligros geológicos	
	Derrumbes
	Caída de rocas
	Avalancha de detritos
	Erosión de laderas en cárcavas



SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

---

**CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO SANTIAGO DE PACHAS**

Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:5,000 0 25 50 100  m	Mapa N° 4
--	--	-----------