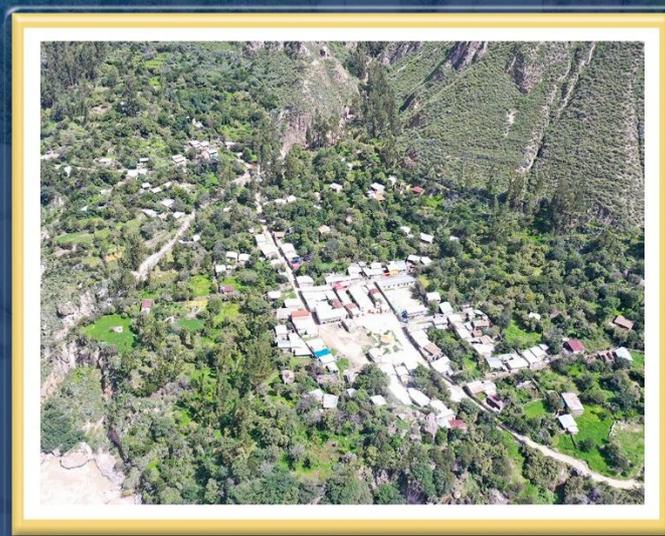


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7537**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS) EN LOS ANEXOS HUATACA, SEQUELLO Y HUANCA

Departamento: Ayacucho  
Provincia: Paucar del Sara Sara  
Distrito: Marcabamba



SETIEMBRE  
2024

## EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS) EN LOS ANEXOS HUATACA, SEQUELLO Y HUANCA

Distrito de Marcabamba, Provincia Paucar del Sara Sara, Departamento Ayacucho



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

*Equipo de investigación:*

*Yhon Soncco Calsina*

*Rigoberto Aguilar Contreras*

### Referencia bibliográfica

*Soncco Y., & Aguilar R. (2024). "Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos (huaicos) en los anexos Huataca, Sequello y Huanca. Distrito de Marcabamba, Provincia Paucar del Sara Sara, Departamento Ayacucho", Informe técnico A7537 INGEMMET, 39 p.*

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	5
<b>1.1. Objetivos del estudio</b>	5
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b>	5
1.2.1. Ubicación	6
1.2.2. Accesibilidad	9
1.2.3. Precipitación pluvial	9
<b>2. DEFINICIONES</b>	10
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b>	12
<b>3.1. Unidades litoestratigráficas</b>	12
3.1.1. Pórfido andesítico (PN-da/an)	12
3.1.2. Grupo Tacaza (P-ta)	12
3.1.3. Grupo Tacaza miembro 2 (P-ta2)	13
3.1.4. Formación Alpabamba (Nm-al-so/ig)	13
3.1.5. Formación Pausa (Q-pa)	13
3.1.6. Depósito proluvial (Qh-pl)	13
3.1.7. Depósito fluvial (Qh-fl)	13
3.1.8. Depósitos aluviales, 1 y2 (Qh-al)	14
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b>	14
4.1. Pendientes del terreno	14
4.2. Unidades Geomorfológicas	15
4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	15
4.2.2. Geoformas de carácter depositacional o agradacional	16
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b>	17
5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa	17
5.1.1 Flujo de detritos (huaico) en Huataca - 2024	17
5.1.2 Flujo de detritos (huaico) en Sequello - 2024	20
5.1.3 Flujo de detritos (huaico) en Huanca - 2024	24
5.2 Factores condicionantes	25
5.3 Factores desencadenantes	26
<b>CONCLUSIONES</b>	27
<b>RECOMENDACIONES</b>	28
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	29
<b>ANEXO 1 MAPAS</b>	30
<b>ANEXO 2. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS</b>	37

## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en los anexos Huataca, Sequello y Huanca, del distrito de Marcabamba, provincia Paucar del Sara Sara, departamento Ayacucho. 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 en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el área de estudio aflora un pórfido andesítico, conformado por un intrusivo con fenocristales de cuarzo y plagioclasa, se encuentran entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas; lavas andesíticas, que se encuentran altamente meteorizadas y medianamente fracturadas (Grupo Tacaza); intercalaciones de brechas con clastos polimicticos, se encuentran altamente meteorizadas y fuertemente fracturadas (Grupo Tacaza miembro 2); presencia de tobas de composición riolítica, moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas (Formación Alfabamba), secuencias intercaladas de arenas tobáceas poco consolidada (Formación Pausa) y depósitos cuaternarios, como proluviales, fluviales y coluviales, los cuales se encuentran poco consolidados.

Las unidades geomorfológicas corresponden a: montaña en roca intrusiva; montaña en roca volcánica; montaña en roca volcano-sedimentaria; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial; terraza indiferenciada; abanico aluvial; vertiente o piedemonte aluvio-torrencial. Las tres últimas son susceptibles a generar huaicos.

En los anexos evaluados el principal peligro geológico identificado es flujo de detritos (huaico). El 24 de enero del presente año (2024), a partir de lluvias intensas se generaron huaicos, que descendieron por el cauce de las quebradas Huataca, Santa Ana y Huanca Huanca, durante su paso el evento destruyó todo lo que encontró en su paso. El anexo Sequello fue el más afectado, donde el flujo alcanzó más de 4 m de altura, el cauce de la quebrada se ensanchó y se profundizó, 13.4 m y 3 m respectivamente.

El peligros geológicos esta condicionados por: **a)** presencia de lavas andesíticas altamente meteorizadas y medianamente fracturadas del Grupo Tacaza; tobas de composición riolítica, moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Alfabamba; secuencias intercaladas de arenas tobáceas poco consolidadas pertenecientes a la Formación Pausa, además de depósitos proluviales, fluviales y coluviales, los depósitos se encuentran poco consolidados; **b)** pendientes del terreno, en la parte baja es moderado a fuertemente inclinado (10° - 25°), y parte media es muy fuerte (25° - 45°); y **c)** presencia de unidades geomorfológicas de terraza indiferenciada; abanico aluvial y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.

Con base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que los anexos Huatca, Sequello y Huanca son consideradas de **PELIGRO ALTO**, frente a movimientos en masa, en los anexos pueden ser afectado por flujo de detritos (huaicos).

Finalmente, se brindan recomendaciones para las autoridades competentes, como: Implementar un sistema de alerta temprana (SAT), frente a la ocurrencia de nuevos flujos de detritos (huaico). Este debería de implementarse en las quebradas, Huataca, Santa Ana y Huanca Huanca.

## 1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo el Decreto Supremo N° 005-2024-PCM, que declara el estado de emergencia en varios distritos de algunas provincias de los departamentos de Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huánuco, Huancavelica, Ica, Moquegua y Pasco, por impacto de daños a consecuencia de intensas precipitaciones pluviales. Es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el distrito de Marcabamba, en la provincia Paucar del Sara Sara en el departamento de Ayacucho.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, designó a los ingenieros Yhon Soncco y Rigoberto Aguilar, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica y de los peligros geológicos que afectaron a los anexos Huataca, Sequello y Huanca en el distrito de Marcabamba. Los trabajos de campo se realizaron del 08 al 20 de abril del 2024.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: **a)** etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; **b)** 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 **c)** 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 Marcabamba 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

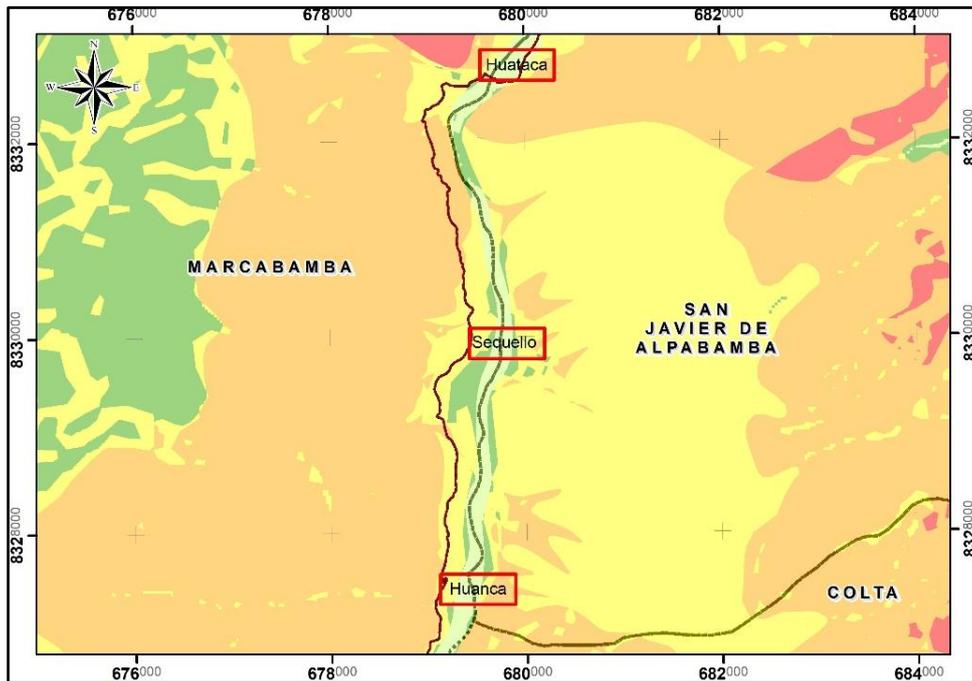
El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar el peligro geológico por flujo de detritos (huaico) en los anexos Huataca, Sequello y Huanca, en el distrito de Marcabamba; eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población, terrenos agrícolas y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones para la reducción o mitigación de los daños.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- a) Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019) - Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 70, 245 p. Menciona que, en inmediaciones de la localidad de Lampa, el cual se ubica próximo a la zona de estudio, en la margen derecha del río Huanca Huanca. Se encuentra conformada por secuencias de materiales volcánicos emitidos por las fases eruptivas explosivas de los volcanes Sara Sara y Solimana.
- b) Martínez. W & Cervantes J.; (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pausa (31-p). Menciona sobre una secuencia lávica, compuesta principalmente, de lavas de composición andesítica, porfíricas con cristales de plagioclasas, cuarzo, etc., en una matriz afanítica de color gris con tonalidades violáceas, pardas y marrones. Presenta su mejor exposición en el corte de la carretera Marcabamba – Huataca (base del cerro Ancauri), margen derecha del río Huanca Huanca. El cual infrayace disconforme a las formaciones Alpabamba, Sencca, y Barroso (Sara Sara).
- c) Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019) - Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 70, 245 p. Uno de los productos publicados en este boletín es el mapa de Susceptibilidad a Movimientos en Masa (SMM), donde los sectores evaluados se encuentran en **Susceptibilidad Alta a Muy Alta**.



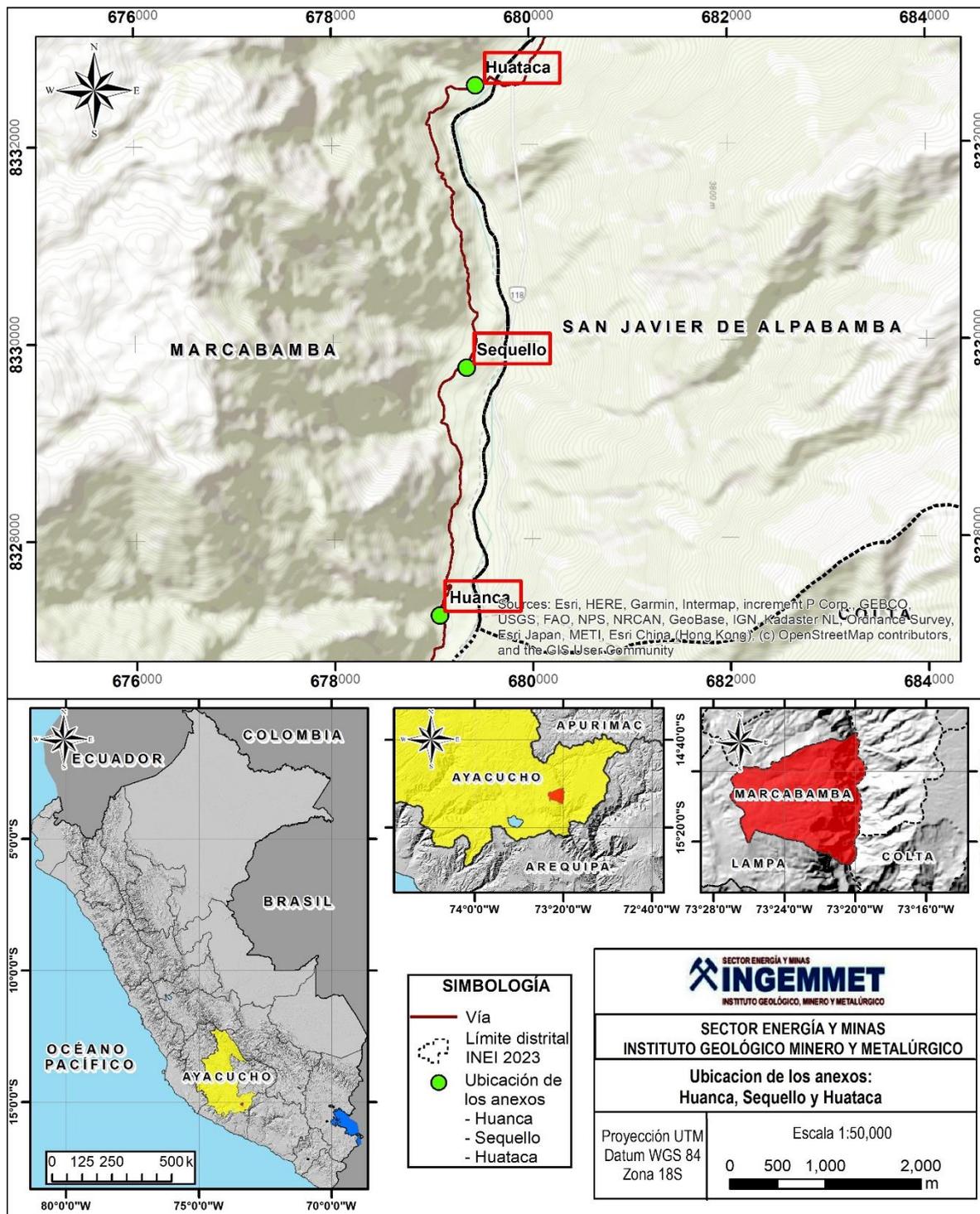
**Figura 1.** Susceptibilidad a movimientos en masa en la región Ayacucho. Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019).

### 1.2.1. Ubicación

El área evaluada está ubicada en el distrito de Marcabamba, provincia Paucar del Sara Sara, departamento Ayacucho (figuras 2, 3, 4 y 5), dentro de las coordenadas siguientes:

**Cuadro 1.** Coordenadas de área evaluado en el distrito de Marcabamba

Anexo	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
Huataca	679427	8332598	-15.075910°	-73.330643°
Sequello	679348	8329780	-15.101382°	-73.331179°
Huanca	679058	8327228	-15.124465°	-73.333696°



**Figura 2.** Ubicación de las áreas de evaluación en el distrito de Marcabamba.



**Figura 3.** Vista del anexo Huataca.



**Figura 4.** Vista del anexo Sequello.



**Figura 5.** Vista de las afectaciones en el anexo Huanca.

### 1.2.2. Accesibilidad

El acceso al área de estudio se realizó por vía terrestre partiendo desde Lima y se siguió la siguiente ruta:

**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
<b>Lima – Chala</b>	Asfaltada	614	9 h 25 min
<b>Chala – Pauza</b>	Asfaltada	193	4 h 32 min
<b>Pauza - Marcabamba</b>	Asfaltada	25	53 min

### 1.2.3. Precipitación pluvial

La información disponible de la estación meteorológica Lampa y Pauza, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), (figuras 6, 7 y 8), cuenta con información del periodo desde 1964 hasta el 2013. Donde la precipitación máxima es de 42 mm, y la precipitación promedio es de 21 mm, siendo la precipitación mínima de 00 mm. Asimismo, existe información del presente año, del 1 al 31 de enero, con datos de precipitación diaria, de donde se puede concluir que la mayor precipitación es de aproximadamente 16 mm, según la estación de Pauza.

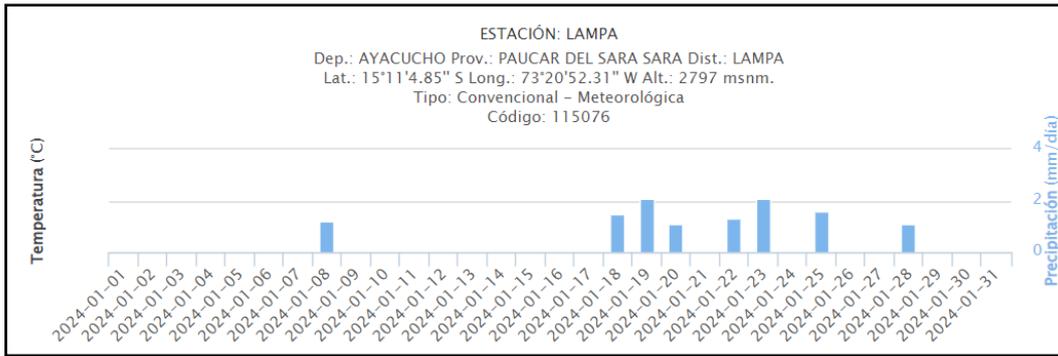


Figura 6. Precipitación diaria según la estación Lampa - 2024.

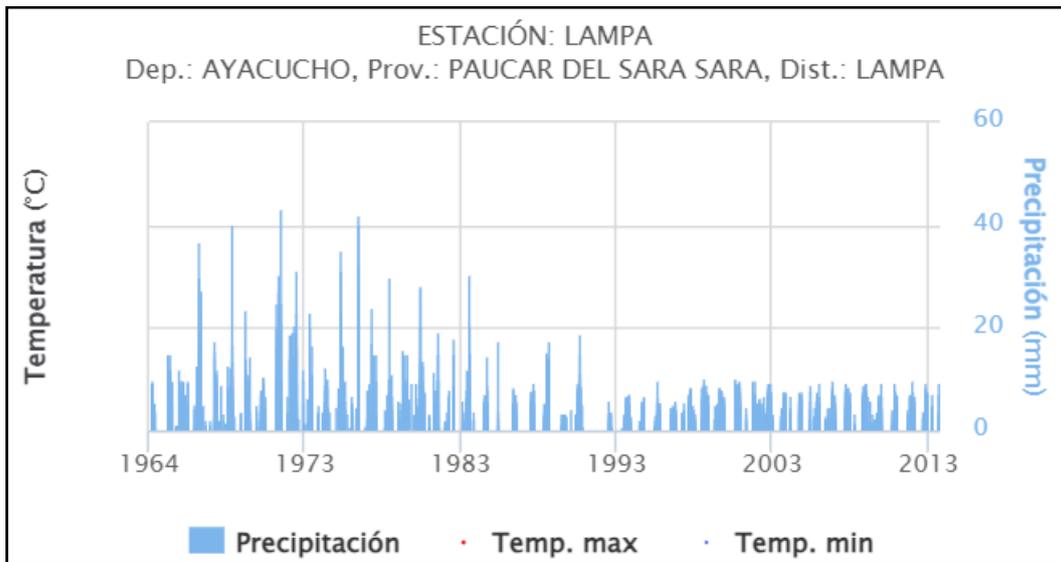


Figura 7. Precipitación diaria según la estación Lampa. Periodo de registro 1964 al 2013.

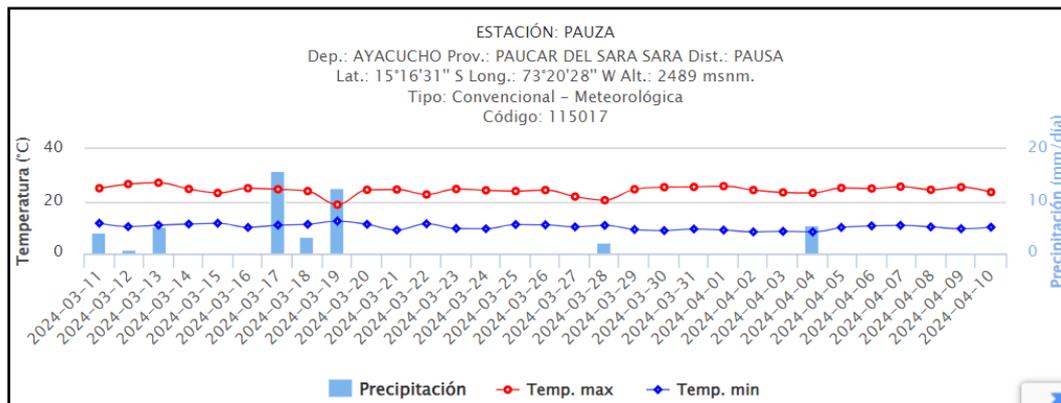


Figura 8. Precipitación diaria según la estación Pauza - 2024.

## 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:

**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.

**CAÍDAS:** 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.

**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.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para el análisis geológico se tomó como referencia el mapa geológico del cuadrángulo de Pausa 31-p, de Pecho (1983); Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pausa (31-p), de Martínez & Cervantes (2003).

Se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo.

#### 3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas se muestran en el Mapa Nro. 1. Sigue una descripción de sus características más importantes.

##### 3.1.1. Pórfido andesítico (PN-da/an).

Afloran en la parte baja del área de estudio (Mapa Nro. 1), conformado por un intrusivo que presenta rocas de color gris claro, de texturas porfíricas, con fenocristales de cuarzo y plagioclasa. Como accesorios presenta piroxenos, biotitas, cloritas, anfíboles, opacos y epidota englobados en una matriz cuarzosa. Los pórfidos andesíticos gris verdosos con cristales de plagioclasa, cuarzo, feldespatos potásicos y piroxenos con presencia de pirita diseminada. Las rocas se encuentran entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

##### 3.1.2. Grupo Tacaza (P-ta).

Secuencia compuesta principalmente de lavas de composición andesítica, porfíricas con cristales de plagioclasas, cuarzo, entre otro, en una matriz afanítica, de color gris con tonalidades violáceas, pardas y marrones. Los afloramientos más extensos se ubican en ambas márgenes del valle de Marcabamba (Mapa Nro. 1). Las rocas se encuentran altamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

### **3.1.3. Grupo Tacaza miembro 2 (P-ta2).**

Secuencia constituida principalmente de una intercalación de brechas de lava, clastos subredondeados polimícticos (lavas andesíticas, porfiríticas y calizas), en una matriz de composición andesítica, con niveles lávicos andesíticos gris violáceos porfiríticos (cristales de plagioclasa, cuarzo, etc.) y algunos niveles de cenizas (1,5 m de grosor) bien estratificados y coherentes con presencia de canales de corte y relleno. Afloramientos muy típicos de esta unidad se pueden observar en el corte de la carretera de Colta–Pomacochas y se prolongan por la margen izquierda del río Huanca Huanca – Marcabamba (Mapa Nro. 1). Las rocas se encuentran altamente meteorizadas y fuertemente fracturadas.

### **3.1.4. Formación Alfabamba (Nm-al-so/ig).**

En el área de estudio aflora el miembro denominado Sombrero Orcco, el cual es la secuencia inferior, está constituida por tobas vitrolitocristalinas pardo rosadas, de composición riolítica bien soldadas. Estas contienen cristales de plagioclasas, cuarzo y biotita, envueltos en una matriz (>50 %) compuesta por vidrio, arcillas y feldspatos con presencia de líticos de tamaño lapilli. Aflora en la parte alta de los sectores Huataca, Sequello y Huanca, en la margen derecha del valle de Marcabamba. Las rocas se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

### **3.1.5. Formación Pausa (Q-pa)**

Litológicamente compuesto por secuencias intercaladas de niveles delgados de arenas tobáceas de grano fino, medio y grueso en estratos que varían de 0,01 m a 1 m, con materiales volcánicos lapillíticos, niveles de pómez (delgados) y bombas, formando niveles de conglomerados gris claros que predominan en la formación. Se ha reconocido esta formación en la zona del pueblo de Marán, hacia el norte donde están asentados los poblados de Pausa, Mirmaca, San Sebastián de Sacraga, Lampa, Marcabamba, en el río Mirmaca el poblado de Santa Rosa, en el río Oyolo el cerro Pachatiplo ubicado al oeste de San José de Ushua. Esta unidad aflora al norte de la zona de estudio. Se encuentra poco consolidado.

### **3.1.6. Depósito proluvial (Qh-pl)**

Depósito constituido por fragmentos heterométricos, de formas angulosas y subangulosas y de naturaleza intrusiva, dispuestos en forma caótica, inmersos en matriz areno limosa. Son depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvia, flujos de detritos (huaicos) y flujos de lodo, que depositaron fragmentos rocosos y lodo, a manera de conos de deyección en su desembocadura. Estos depósitos se han identificado en los sectores Huataca, Sequello y Huanca (Quebradas Huataca, Santa Ana y Huanca Huanca, respectivamente). Se encuentran poco consolidados.

### **3.1.7. Depósito fluvial (Qh-fl).**

Son depósitos dejados por los cursos de agua, conformados por fragmentos de litología diversa, con bloques redondeados producto del transporte desde las partes altas. Están aflorando en el cauce del río Marcabamba y se encuentran no consolidados.

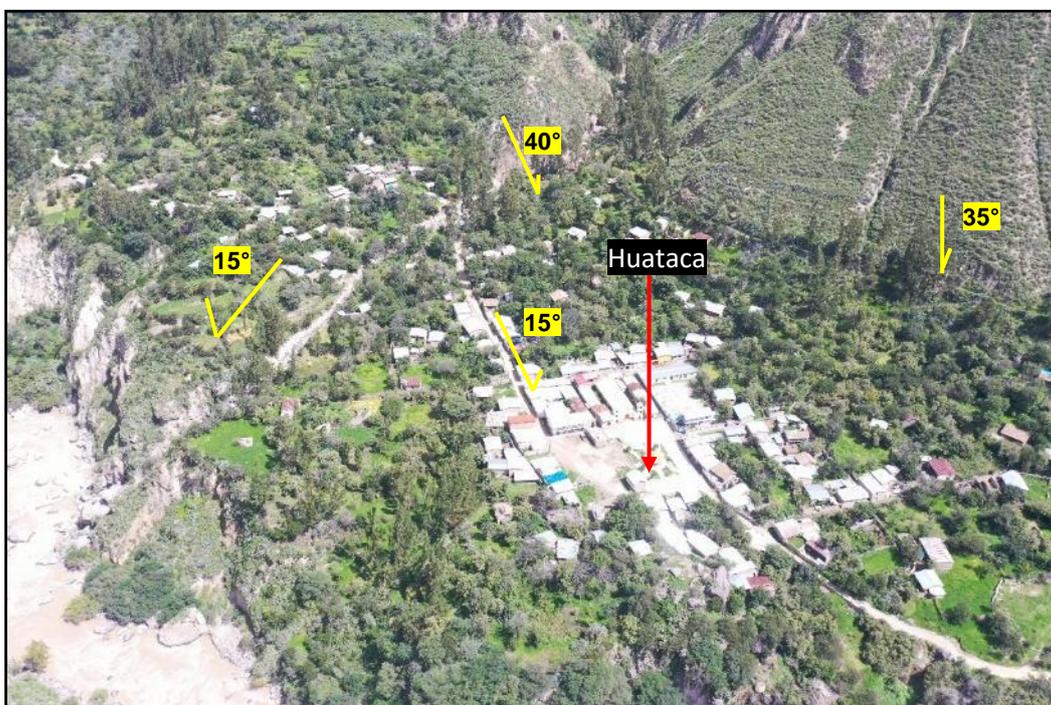
### 3.1.8. Depósitos aluviales, 1 y 2 (Qh-al)

Son depósitos constituidos principalmente, por gravas, arenas y limos en terrazas y conos aluviales activos. Están estrechamente relacionados con el cauce de los ríos y quebradas activas.

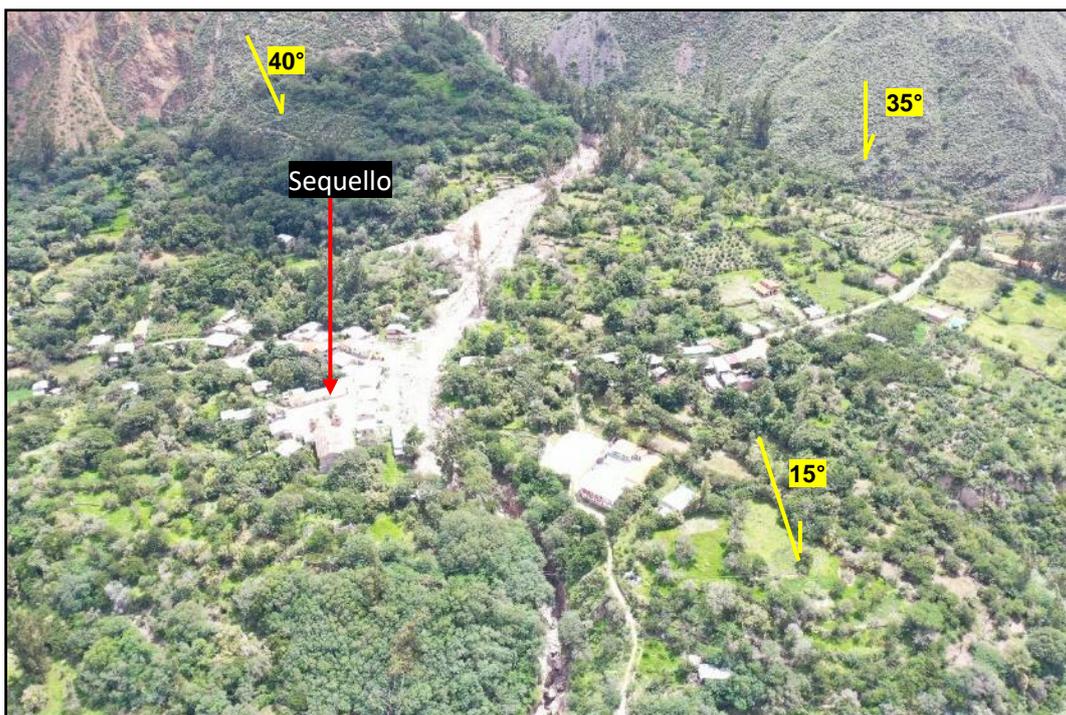
## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1. Pendientes del terreno

Las pendientes de los terrenos en el área evaluada, varía desde moderado a fuertemente inclinado, en terrazas ( $10^{\circ}$  -  $25^{\circ}$ ), en laderas presentan pendientes fuertes a muy fuerte ( $25^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ), y en la parte alta de los cerros y en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados ( $> 45^{\circ}$ ), (figuras 9 y 10). Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 20 cm, a partir de fotogrametría con dron (Anexo 1, mapa 2).



**Figura 9.** El texto de color amarillo muestra las distintas pendientes en Huataca



**Figura 10.** El texto de color amarillo muestra las distintas pendientes en Sequello

**Cuadro 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 ha escapado
>45	Muy escarpado

## 4.2. Unidades Geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizados en el Ingemmet; que 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 en el área evaluada se presenta en el Anexo 1, mapa 3.

### 4.2.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

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 y subunidades:

### **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).

Montaña en roca intrusiva (RM-ri): Se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente mayores a 45°, compuesto por rocas intrusiva, las cuales se encuentran moderadamente alteradas y medianamente fracturadas. Se identificó esta geoforma en la parte baja de la comunidad campesina Pomacocha, en inmediaciones del río Alfahuayco. Esta unidad es susceptible a generar caída de rocas, derrumbes y avalancha de detritos.

Montaña en roca volcánica (RM-rv): es una unidad geomorfológica con pendientes de 25° a 35°, que se conforma por afloramientos de derrames lávicos andesíticos. Estas montañas pueden alcanzar elevaciones de hasta 3700 m s.n.m. con cimas uniformes. Son susceptibles a derrumbes y procesos de caída de rocas.

Montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs): Este relieve presenta crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 30° y elevaciones que alcanzan los 3800 m s.n.m. Se identificó esta geoforma en la margen izquierda del valle de Marcabamaba. Esta subunidad es susceptible a generar deslizamientos.

### **4.2.2. Geoformas de carácter deposicional o agradacional**

Son geoformas de terreno resultado de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores; se tienen las siguientes unidades y subunidades.

### **Unidad de Piedemonte**

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las sub unidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Formada 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 área agrícola de Pomacocha, está ubicada sobre esta subunidad geomorfológica. Es susceptible a genera deslizamientos.

Terraza indiferenciada (Ti): Superficies llanas, remanentes de anteriores niveles de sedimentación, ubicadas por encima del nivel máximo de las aguas de un río Marcabamba.

Abanico aluvial (Ab): Son conoides o abanicos de baja pendiente hacia el valle ( $2^{\circ}$ -  $15^{\circ}$ ), formadas por acumulaciones de material acarreado por flujos, en la desembocadura de quebradas y ríos tributarios; muchos de estos depósitos están asociados a cursos individuales de quebradas secas, que se activan excepcionalmente con la presencia de lluvias excepcionales y prolongadas, que es cuando acarrear y depositan material, Gómez & Pari (2020). Esta unidad se aprecia en los sectores Huataca, Sequello y Huanca.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Unidad extendida al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos; con pendientes que varían entre  $10^{\circ}$  y  $15^{\circ}$ . Está formado por la acumulación producto de corrientes de agua. Se ubica en las partes bajas de las quebradas en los sectores Huataca, Sequello y Huanca.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos son resultados del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los valles de la Cordillera de los Andes por los ríos, 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 hacia el curso de los ríos.

### 5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa

#### 5.1.1 Flujo de detritos (huaico) en Huataca - 2024.

El anexo de Huataca está ubicado en la margen derecha del valle de Marcabamba – Lampa, al pie de montañas, donde desciende la quebrada del mismo nombre. El cual posee una longitud de cauce principal medido desde el punto de concentración más alejado, hasta su desembocadura en el río Marcabamba, de 9.6 km. La cuenca tiene una cota máxima de nacimiento de 4772 m s.n.m., una cota de confluencia con el río Marcabamba es de 2439 m s.n.m.; es decir posee un desnivel de 2333 m (figura 11).

El 24 de enero del 2024, a partir de lluvias intensas que se generaron en la parte alta, se originaron flujos de detritos (huaicos) y riadas (activación de quebrada), que descendieron por el cauce de la quebrada Huataca. Durante su paso el huaico destruyó el puente Huataca y alrededor de 40 m de la vía que comunidad los poblados del valle. Además, según testimonio y el registro fotográfico brindado por la municipalidad distrital de Marcabamba, la riada ingreso hacia la zona urbana del anexo de Huataca, afectando las viviendas aledañas y calle principal de ingreso a la plaza de Huataca (figuras 12, 13, 14 y 15).

Durante el descenso del flujo, aparentemente el volumen de este supero las capacidades del puente peatonal existente en la zona. Esto origino el ingreso de la fracción fina de los huaicos hacia la zona urbana de Huataca, siguiendo la carretera que ingresa al poblado.



**Figura 11.** Flujo de detritos en el anexo Huataca



**Figura 12.** Afectación del puente Huataca, ocasionado por el flujo de detritos del 24 de enero del presente año. Fotografía: Municipalidad distrital de Marcabamba.



**Figura 13.** Afectación de la zona urbana del anexo Huataca, del 24 de enero del presente.  
Fotografía: Municipalidad distrital de Marcabamba.



**Figura 14.** Viviendas afectadas en la zona urbana del anexo Huataca, el 24 de enero del presente.  
Fotografía: Municipalidad distrital de Marcabamba.



**Figura 15.** Plaza del anexo Huataca, afectado por el flujo de detritos del 24 de enero del presente año. Fotografía: Municipalidad distrital de Marcabamba.

### 5.1.2 Flujo de detritos (huaico) en Sequello - 2024.

El anexo Sequello está ubicado en la margen derecha del valle de Marcabamba – Lampa, al pie de montañas, donde desciende la quebrada Santa Ana, El cual posee una longitud de cauce principal de 7.4 km, medido desde el punto de concentración más alejado, hasta su desembocadura en el río Marcabamba. La cuenca tiene una cota máxima de nacimiento de 4362 m s.n.m., una cota de confluencia con el río Marcabamba de 2315 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 2047 m.

El 24 de enero 2024, a partir de lluvias intensas en la parte alta, se generaron flujos de detritos (huaicos) que descendieron por el cauce de la quebrada Santa Ana. Durante su paso destruyó viviendas, muros, baden, entre otros. El flujo ingreso a las calles de la zona urbana del anexo Sequello (figura 16).

El flujo alcanzó alturas de más de 4 m, el cual se evidencia en las huellas dejadas por el evento en las paredes de las viviendas (figura 17). Además, el flujo presentó mayor porcentaje de sólidos, ello se evidencia en los depósitos encontrados en la zona.

El flujo está compuesto por bloques (15 %), gravas (70 %), englobados en una matriz areno limosa (15 %). Se han observado bloques de hasta 3 m de diámetro.

En el cauce de la quebrada se ha observado un canal profundo generado por el paso del flujo, este presenta un ancho de 13.4 m y una profundidad de 3 m. El corte ha dejado aflorar depósitos de flujos de detritos (huaicos) antiguos, ello indica que, en la zona, descendieron flujos en épocas pasadas, (figuras 18, 19, 20, 21 y 22).

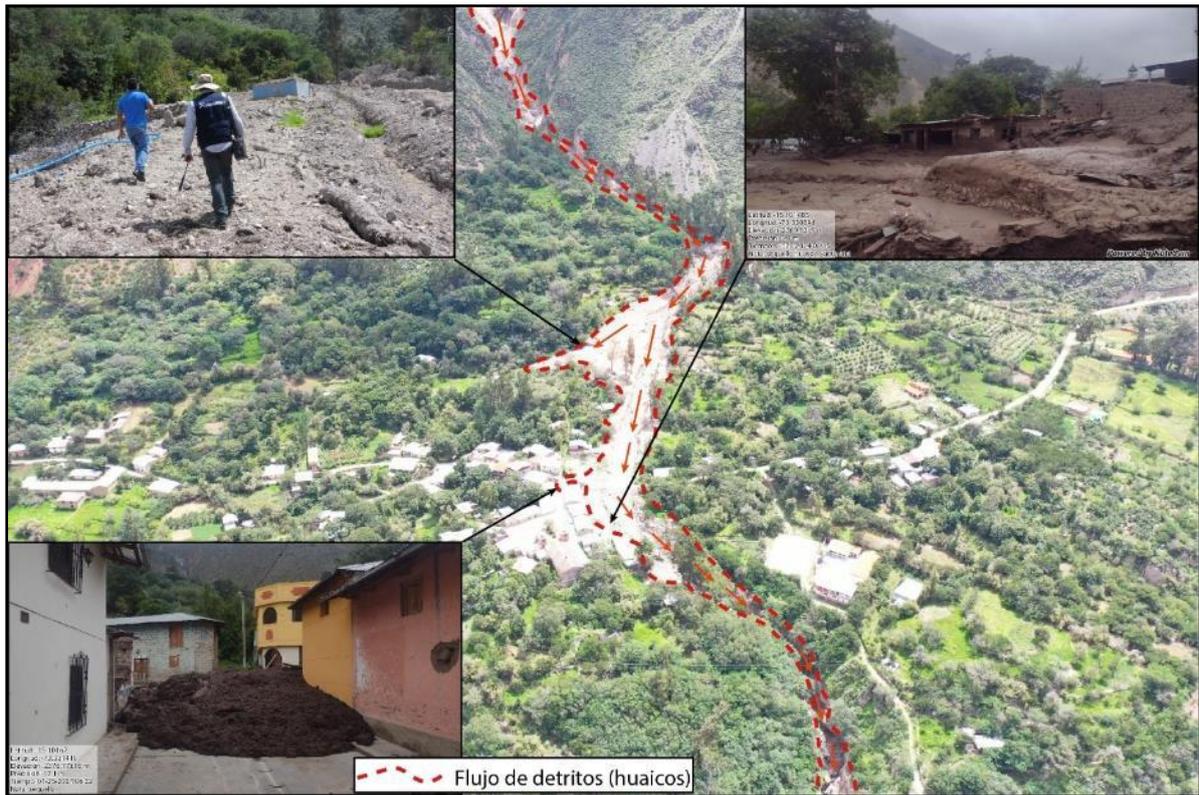


Figura 16. Flujo de detritos (huaico) en el anexo Sequello



Figura 17. Huella dejada por el flujo de detritos (huaico), posee más de 4 m.



**Figura 18.** Cauce de la quebrada Santa Ana, el cual fue profundizado y ensanchado.



**Figura 19.** Depósito de flujo de detritos (huaico) en las calles del anexo Sequello. Fotografía: Municipalidad distrital de Marcabamba.



**Figura 20.** Depósito de flujo de detritos (huaico) en la calle principal del anexo Sequello. Fotografía: Municipalidad distrital de Marcabamba.



**Figura 21.** Depósito de flujo de detritos (huaico) en la quebrada Santa Ana, aguas arriba de la vía que comunica Sequello con Huataca. Fotografía: Municipalidad distrital de Marcabamba.



**Figura 22.** Depósito de flujo de detritos (huaico) en la quebrada Santa Ana, aguas abajo de la vía que comunica Sequello con Huataca. Fotografía: Municipalidad distrital de Marcabamba.

### 5.1.3 Flujo de detritos (huaico) en Huanca - 2024.

El anexo de Huanca está ubicado en la margen derecha del valle de Marcabamba – Lampa, al pie de una serie de montañas, donde descende una quebrada Huanca Huanca, el cual posee una longitud de cauce principal de 7.5 km, medido desde el punto de concentración más alejado, hasta su desembocadura en el río Marcabamba. La cuenca tiene una cota de nacimiento de 4360 m s.n.m., una cota de confluencia con el río Marcabamba de 2277 m s.n.m. es decir posee un desnivel de 2083 m.

El 24 de enero del presente año, a partir de lluvias intensas en la parte alta, se generaron flujos de detritos (huaicos) que descendieron por el cauce de la quebrada Huanca Huanca. Durante su paso el flujo de detritos destruyó puentes, terrenos de cultivo, 30 m de vía, entre otros.



**Figura 23.** Cauce de la quebrada Huanca Huanca.



**Figura 24.** Puente y vías afectados por el flujo que descendió por la quebrada Huanca Huanca.

## 5.2 Factores condicionantes

Los tres anexos poseen los mismos factores condicionantes, y se describen a continuación.

- Presencia de tobas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Alpbamba; secuencias intercaladas de arenas tobáceas poco consolidadas pertenecientes a la Formación Pausa. Además de

depósitos proluviales, fluviales y coluviales, que se encuentran poco consolidados.

- Las laderas presentan pendientes que varían de moderado a fuertemente inclinado, en los terrenos de cultivo ( $10^\circ - 25^\circ$ ), en la parte baja y media es muy fuerte ( $25^\circ - 45^\circ$ ), en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados ( $> 45^\circ$ ). Esto permite que el material suelto que se encuentra en la ladera se desplace cuesta abajo con facilidad
- Presencia de unidades geomorfológicas de montaña en roca volcánica; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial; abanico aluvial y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.

### **5.3 Factores desencadenantes**

- Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el período de lluvia en la sierra de Perú se da entre los meses de diciembre a abril), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al deslizamiento y los flujos de detritos (Huaicos). Según la estación Lampa del (Senamhi), en la zona, históricamente se presentaron precipitaciones de hasta 40 mm.

## 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. En el área de estudio aflora un pórfido andesítico, conformado por un intrusivo con fenocristales de cuarzo y plagioclasa, se encuentran entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Lavas andesíticas, que se encuentran altamente meteorizadas y medianamente fracturadas (Grupo Tacaza). Intercalaciones de brechas con clastos polimicticos, se encuentran altamente meteorizadas y fuertemente fracturadas (Grupo Tacaza miembro 2). Presencia de tobas de composición riolítica, moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas (Formación Alfabamba). Secuencias intercaladas de arenas tobáceas poco consolidada (Formación Pausa) y Depósitos cuaternarios, como proluviales, fluviales y coluviales, los cuales se encuentran poco consolidados.
2. En el área de estudio afloran las siguientes unidades geomorfológicas: montaña en roca intrusiva, con pendiente de 45°; montaña en roca volcánica, con pendiente de 25° a 35°; montaña en roca volcano-sedimentaria, con pendiente de hasta 30°; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial; terraza indiferenciada; abanico aluvial, con pendientes de 2° a 15°; y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, con pendientes de 10° a 15°.
3. Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos son: **a)** presencia de tobas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Alfabamba; secuencias intercaladas de tobas poco consolidadas pertenecientes a la Formación Pausa. Además de depósitos proluviales, fluviales y coluviales, que se encuentran poco consolidados **b)** pendientes que varían de moderado a fuertemente inclinado (10° - 25°), en la parte baja y media es muy fuerte (25°-45°), en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados (> 45°), **c)** unidades geomorfológicas de montaña en roca volcánica; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial; abanico aluvial y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.
4. En el área de estudio se identificó flujos de detritos (huaico), en los anexos Huataca, Sequello y Huanca, siendo el más reciente el ocurrió el 24 de enero 2024, que al descender por cauce de las quebradas afectó las zonas urbanas de los anexos mencionados. El factor detonante fue la lluvia excepcional que cayó en las microcuencas de las quebradas Huataca, Santa Ana y Huanca Huanca.
5. Con base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que los anexos Huataca, Sequello y Huanca del distrito de Marcabamba, son considerados de **PELIGRO ALTO**, frente a movimientos en masa de tipo flujo de detritos (huaico).

## RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto del riesgo asociados a flujos de detritos. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a los pobladores y a la infraestructura expuesta al peligro antes mencionado.

1. Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), frente a la ocurrencia de flujos de detritos (huaico). Este debería de implementarse en las quebradas Huataca, Santa Ana y Huanca Huanca.
2. Colocar disipadores de energía en el cauce de las quebradas Huataca, Sequello y Huanca Huanca, empleando diques transversales (enrocado), mallas dinámicas y canalización del cauce con muros escalonados. Estos trabajos tienen que ser realizados con estudios y profesionales especializados en el tema. Para realizar estos trabajos es necesario calcular volúmenes y caudales máximos/extremos que se puedan generar. Además, mantener el ancho de quebrada, por ningún motivo este debe ser reducido.
3. Construir puentes en las vías carrozables que cruzan por las tres quebradas (Huataca, Santa Ana y Huanca Huanca), con dimensiones adecuadas para que resistan nuevos flujos de detritos. Esta vía comunica a los poblados ubicados en el valle, asimismo, es conexión departamental entre Ayacucho y Arequipa.
4. Elaborar un plan de contingencia y de evacuación para cada uno de los centros poblados, frente a la ocurrencia de flujos de detritos. En base a estos planes, identificar las rutas de evacuación y sitios de refugio, así como organizar simulacros de evacuación.
5. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas educativas, con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar construcción de viviendas o infraestructura en área susceptibles a la ocurrencia de huaicos.
6. Realizar un estudio de evaluación de riesgos (EVAR), a cargo de evaluadores de riesgos acreditado por CENEPRED.
7. Finalmente, las autoridades competentes deben implementar ordenanzas, para prohibir:
  - La construcción de viviendas en zonas de alto riesgo por flujo de detritos (huaico).
  - La ocupación de las fajas marginales o el límite natural de un río o quebrada.
  - La expansión urbana hacia los cauces de las quebradas y ríos.



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



Ing. BALBERTO ZAVALA CARRIÓN  
Director (e)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## BIBLIOGRAFÍA

Martínez, W & Cervantes J.; (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pausa (31-p).

Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019) - Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 70,245 p.

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). Landslide 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 analysis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.

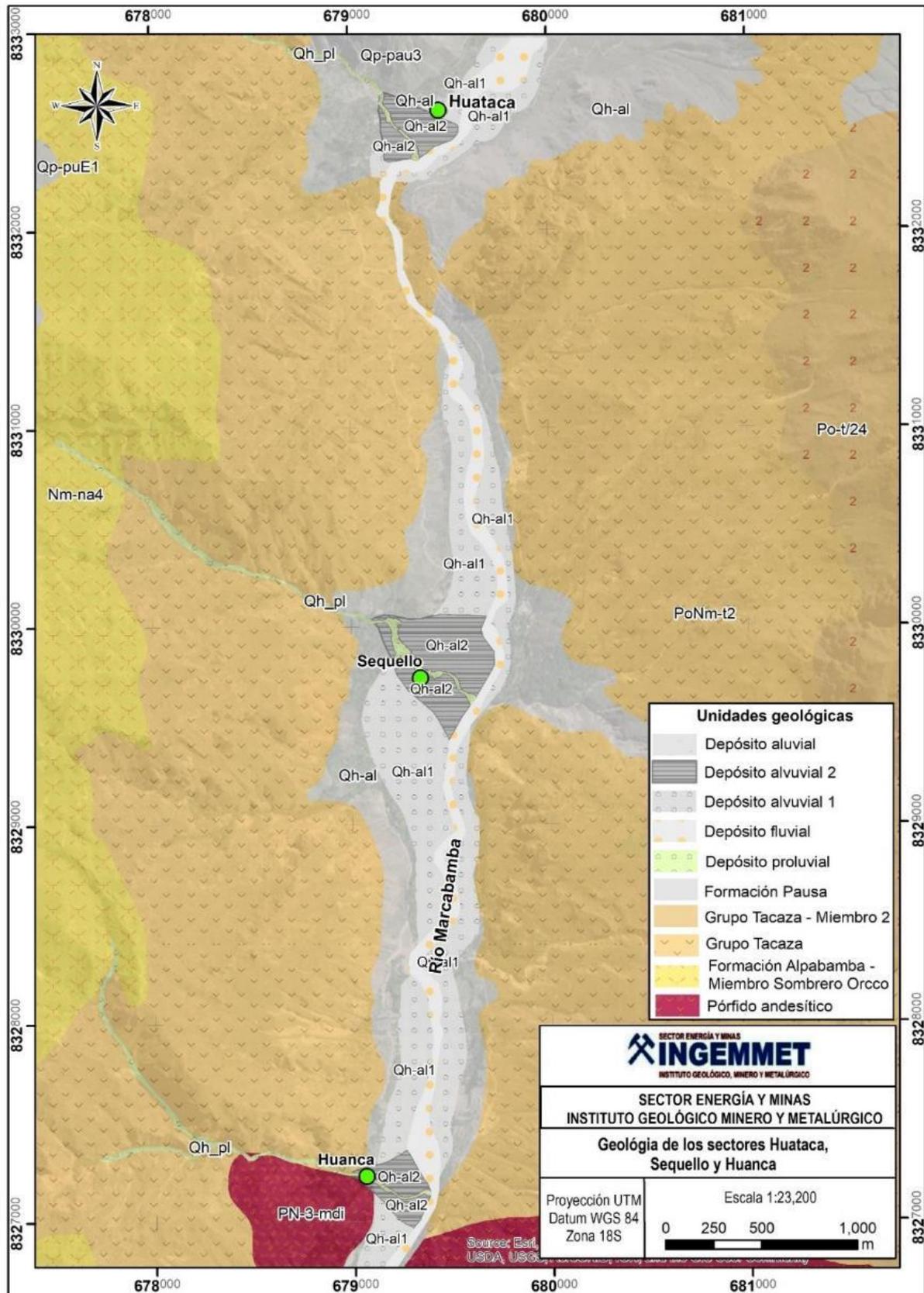
González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.

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.

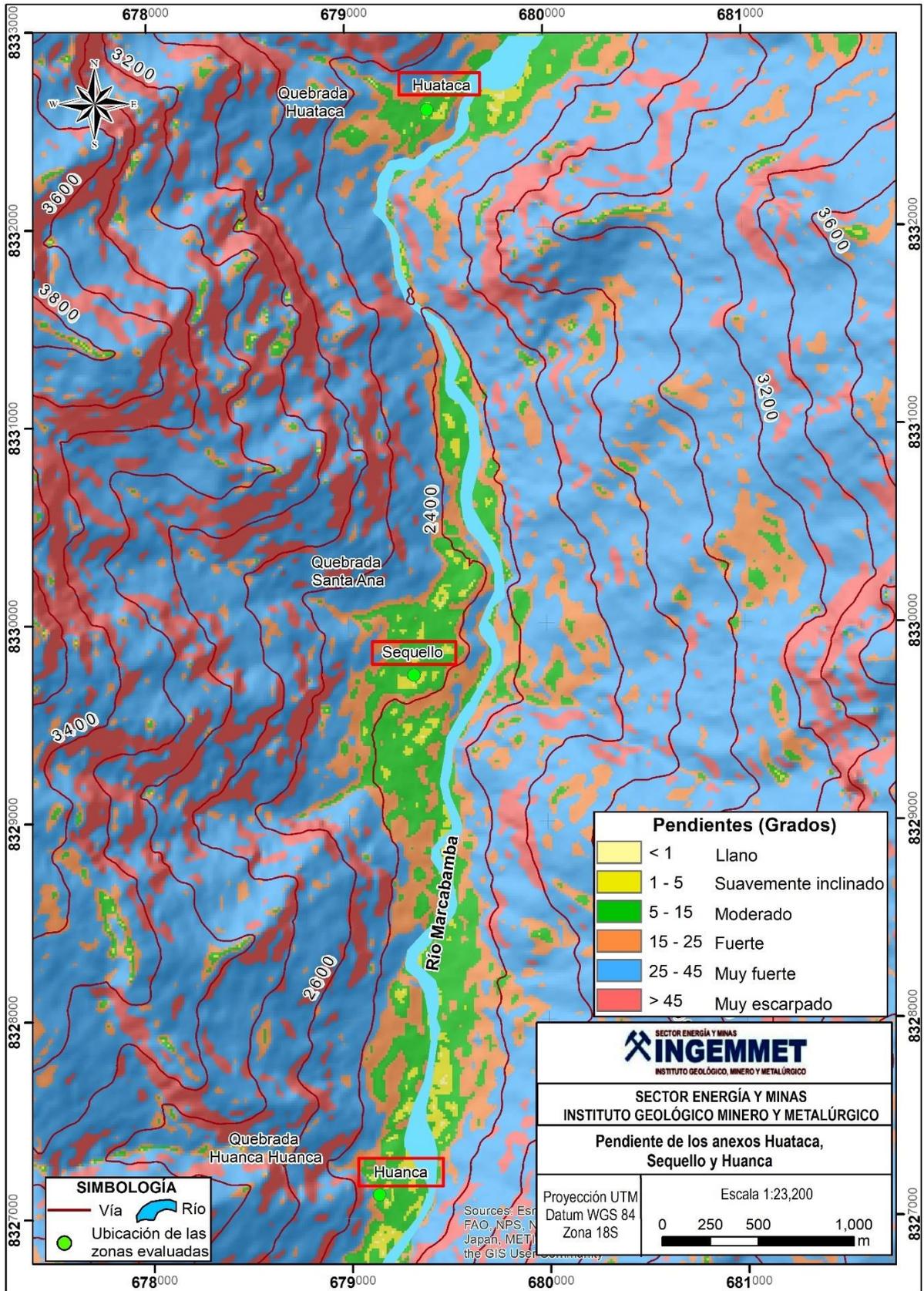
Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

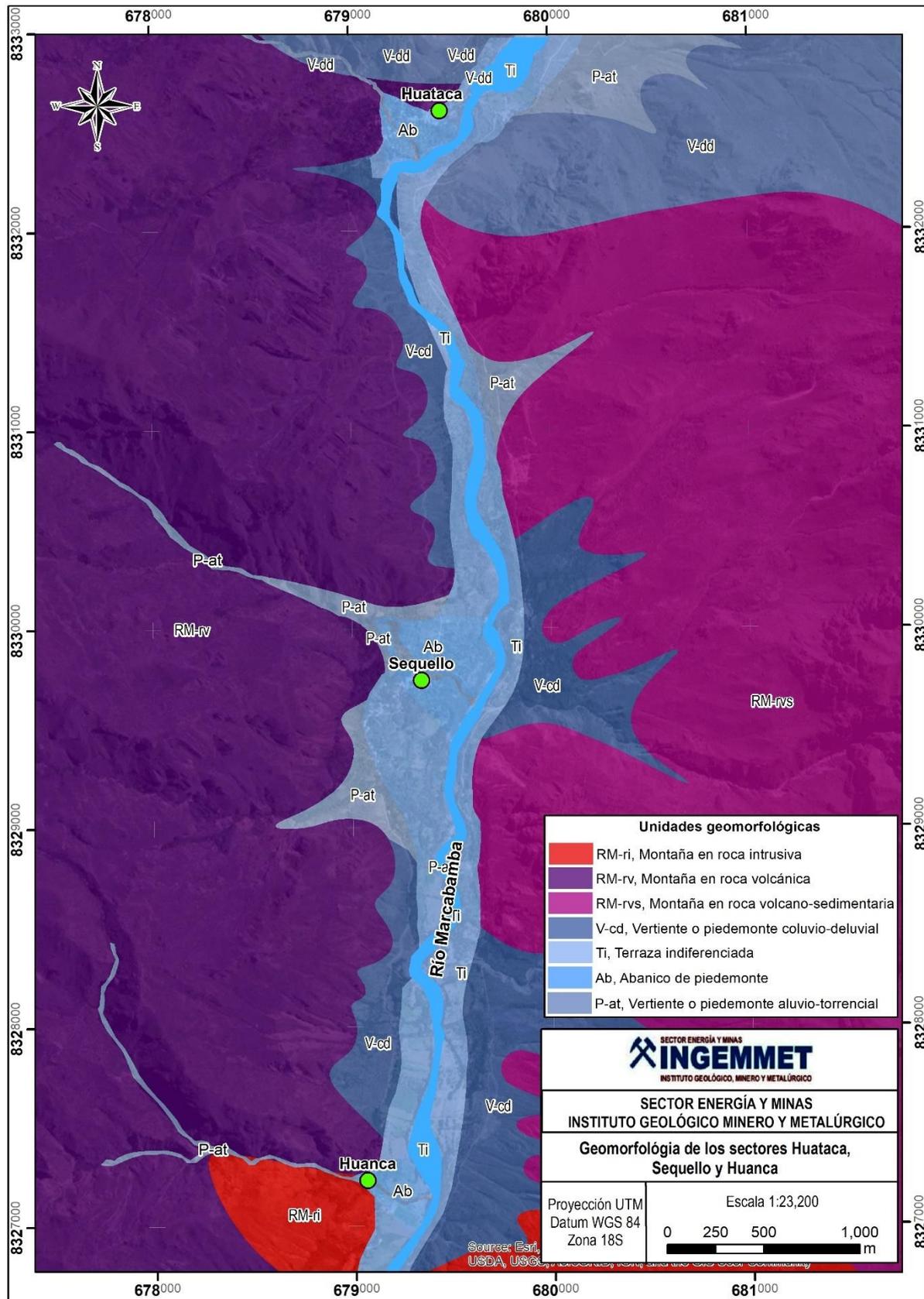
**ANEXO 1 MAPAS**



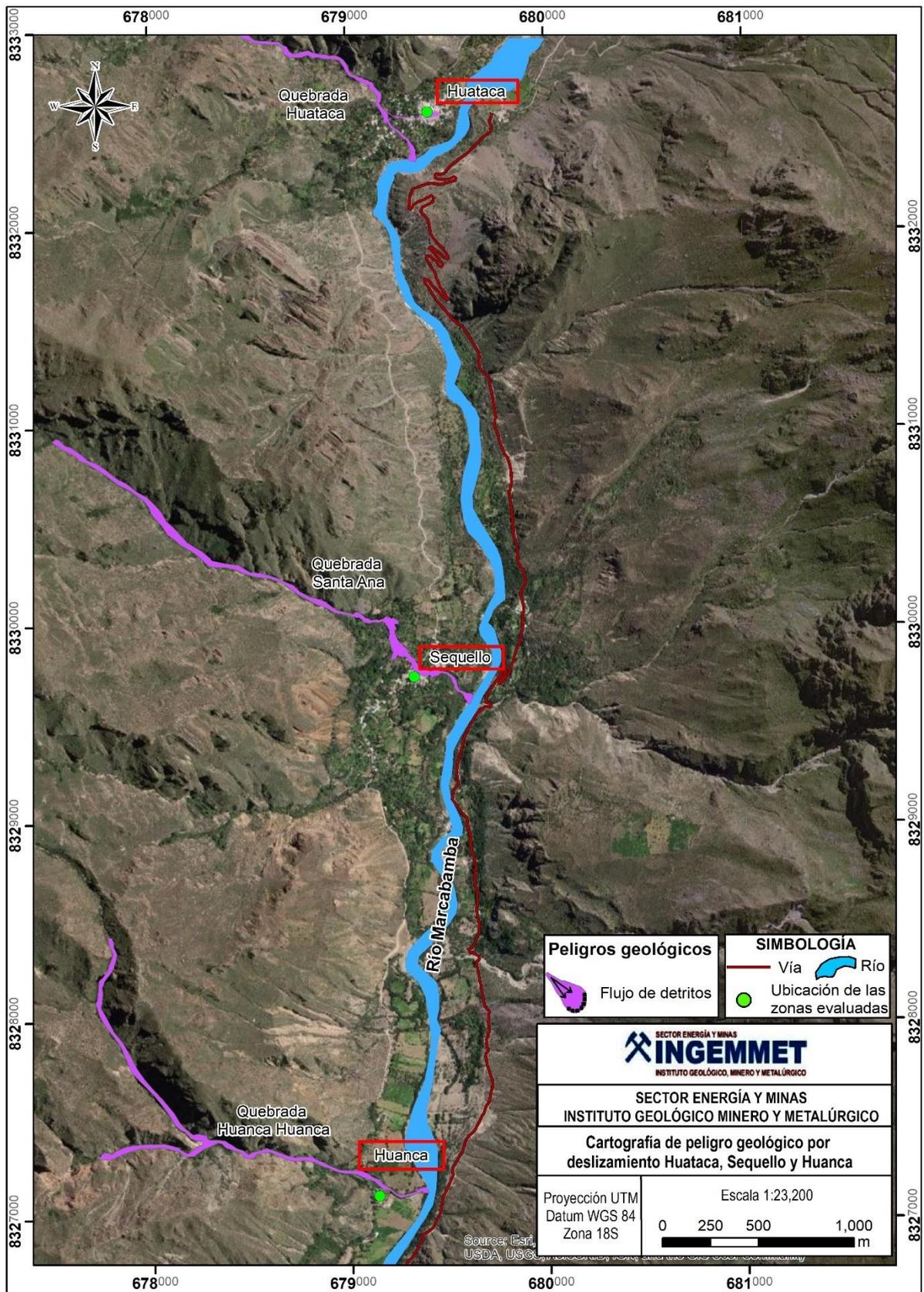
Mapa N°1. Mapa geológico del área de trabajo. Tomado y modificado del mapa geológico del cuadrángulo de Pausa 31-p, de Pecho (1983).



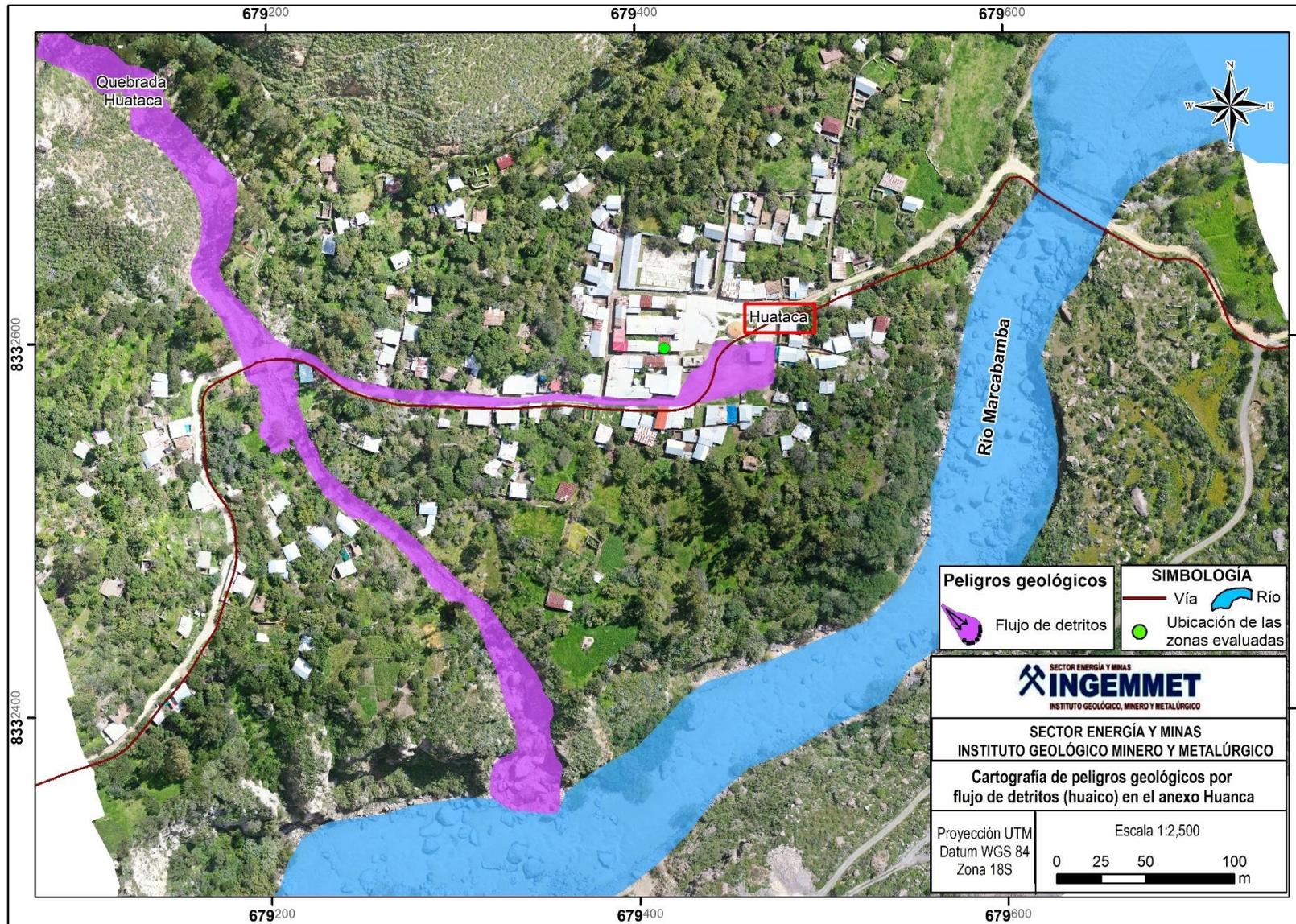
Mapa N°2. Mapa de pendientes del terreno, elaborado a partir de un modelo digital de elevaciones (DEM) de 12.5 m de resolución.



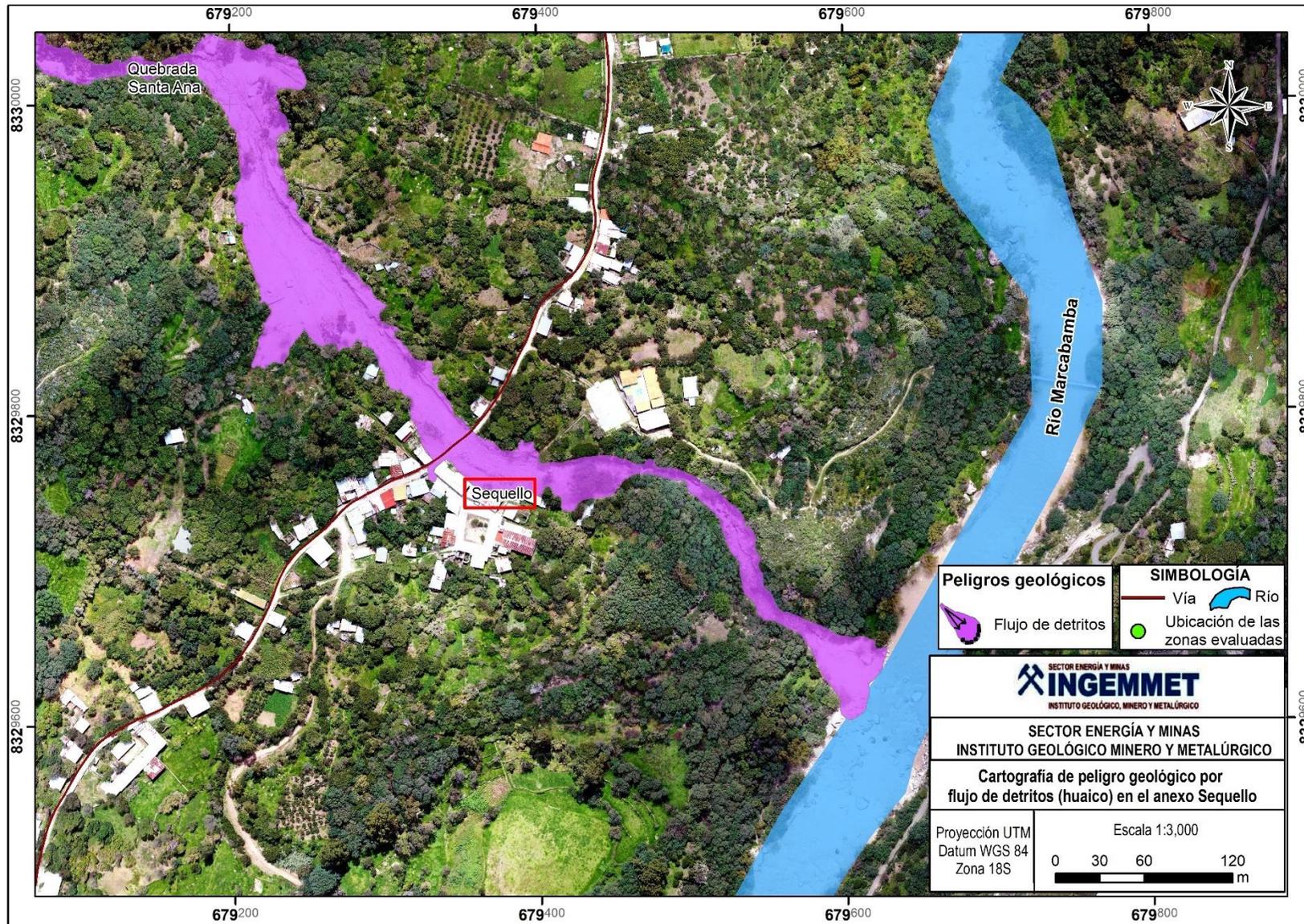
Mapa N°3. Mapa geomorfológico de los anexos Huataca, Sequello y Huanca, y alrededores. Tomado y modificado del mapa geomorfológico a escala 1:200,000 del Ingemmet.



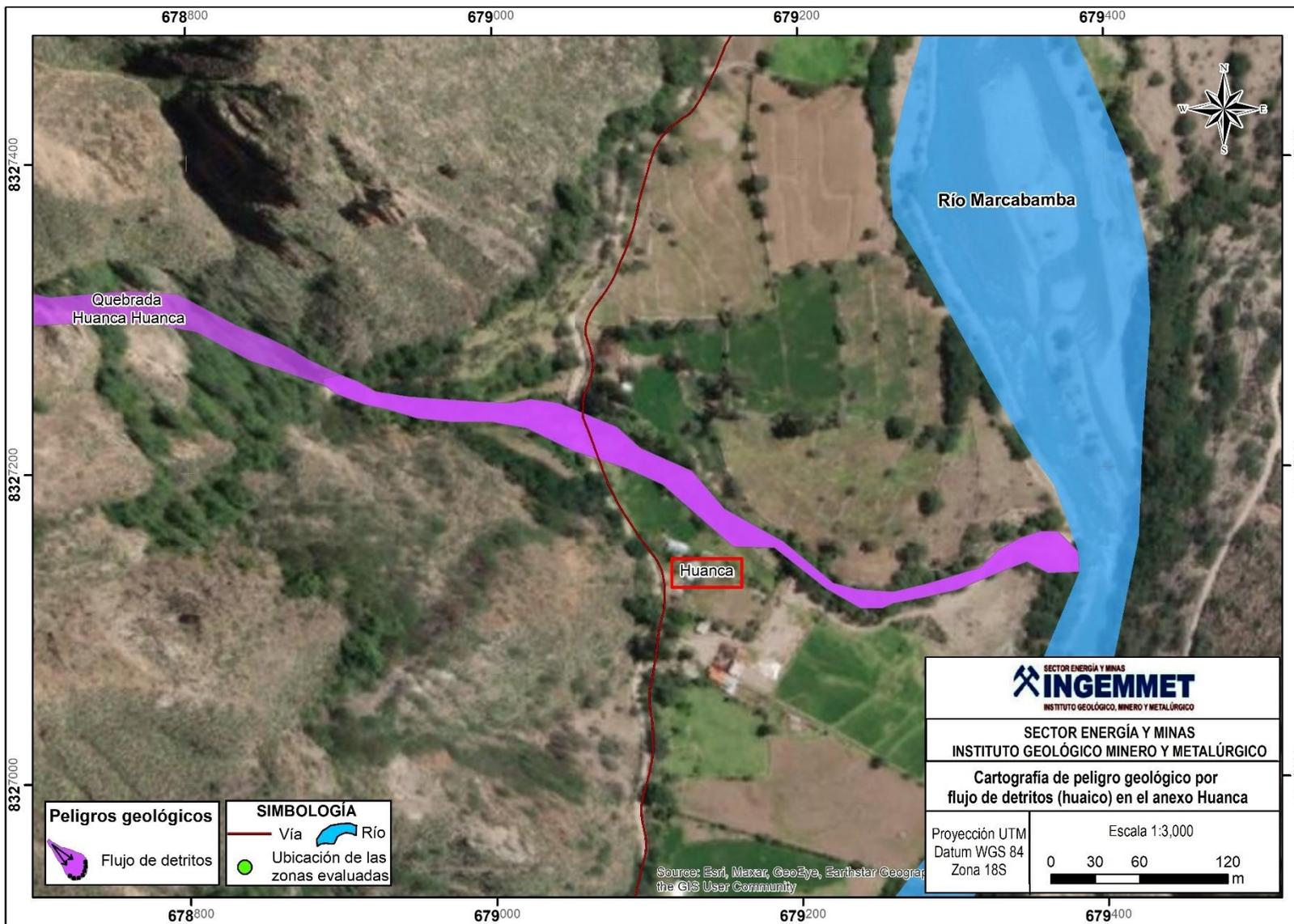
Mapa N°4. Cartografía de peligros geológicos por flujo de detritos (huaico) de los anexos Huataca, Sequello y Huanca. Elaboración propia.



Mapa N°5. Cartografía de peligros geológicos por flujo de detritos (huaico) en el anexo Huataca.



Mapa N°6. Cartografía de peligros geológicos por flujo de detritos (huaico) en el anexo Sequello.



Mapa N°7. Cartografía de peligros geológicos por flujo de detritos (huaico) en el anexo Huanca

## ANEXO 2. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

Se dan algunas propuestas de solución de forma general para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de flujo de detritos (huaico)

Acá se desarrollan las medidas para quebradas de régimen temporal donde se producen huaicos periódicos a excepcionales que pueden alcanzar grandes extensiones y pueden transportar grandes volúmenes de sedimentos gruesos y finos. Con el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar, en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación.

Encauzar el cauce principal de los lechos de los ríos o quebradas y aluviales secos, retirando los bloques rocosos en el lecho y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales siempre y cuando dichos materiales sean de buenas características geotécnicas. Hay que considerar siempre que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional, como en el caso del Fenómeno El Niño; es decir, el encauzamiento debe considerar un diseño que pueda resistir máximas avenidas sin que se produzcan desbordes.

Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos (figura 25)

Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos, tales como presas tipo SABO, aplicadas en Japón (este término se usa para describir un grupo de diferentes estructuras que utilizan para controlar un huaico), ya sea presas de control, de rendijas, con pantalla de infiltración de fondo, tipo rejillas y barras flexibles, fosas de decantación; etc. (debido a la permeabilidad de la red, los flujos se drenan como resultado de la retención del material sólido) (figura 26).



**Figura 25.** Presas transversales a cursos de quebradas y crecimiento de bosques Ribereños, (Vilches, 2021)



**Figura 26.** Presas tipo SABO de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos, a) de control; b) tipo rejilla; c) barras flexibles, (Vilches, 2021)

## Sistemas de alarmas

Consisten en la instalación de diversos sistemas o instrumentos, en superficie o en profundidad, con la finalidad de detectar movimiento o medir determinados parámetros relacionados con los movimientos. Los más frecuentes son:

Instalación de inclinómetros y piezómetros en deslizamientos o en laderas cuya inestabilidad supone riesgos importantes (por ejemplo, en las laderas de embalses o de zonas urbanizadas). Se requiere establecer los valores tolerables (de desplazamiento) a partir de los cuales se considera que los movimientos son peligrosos o que pueden acelerarse. Es muy importante tomar los datos con precisión, de preferencia de forma automática, y la interpretación de las medidas obtenidas, así como las decisiones, que deben basarse en juicios expertos. La frecuencia de medida está en función de las características del proceso y de la fase o estado de inestabilidad. Debe prestarse atención también al correcto funcionamiento y mantenimiento de los sistemas.

Sobre la base de las medidas, pueden establecerse correlaciones con las precipitaciones, lo que ayuda a definir los niveles o umbrales de alarma.

- Instalación de redes de cables en laderas rocosas con peligro de desprendimientos, mediante señales eléctricas o de otro tipo (al golpear los bloques desprendidos), que generalmente se instalan en laderas rocosas con vías de ferrocarril y carreteras a su pie. El sistema puede estar conectado con señales que avisen del peligro inminente.
- Instalación de sistema de vigilancia y alerta en las quebradas por flujo de detritos o huaicos, con el propósito de recopilar información sobre flujos en el campo tanto como sea posible para la estación de monitoreo de flujos de detritos eficaz, se tiene como ejemplo el instalado en Taiwan, mediante un seguimiento de sensores como pluviómetro, cámara, medidor de nivel de agua por ultrasonidos, sensor de humedad de suelo, cable sensor y geófonos. Los datos son captados por los sensores de observación, actualizados y transferidos a través de sistemas de transmisión por satélite en tiempo real hacia una página web y móviles desde una cabina instrumental que es la fuente de alimentación de procesamiento de datos (figuras 27 y 28).

Esta información se utiliza no solo para ayudarnos a comprender el mecanismo físico de los flujos sino también para mejorar la exactitud del sistema actual de alerta sobre la base de umbrales de precipitación.



Figura 27. Sensores utilizados para el monitoreo de flujos de detritos (fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan, por Vílchez, 2010).



Figura 28. Estación de monitoreo de flujo de detritos (fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan, por Vílchez, 2010).