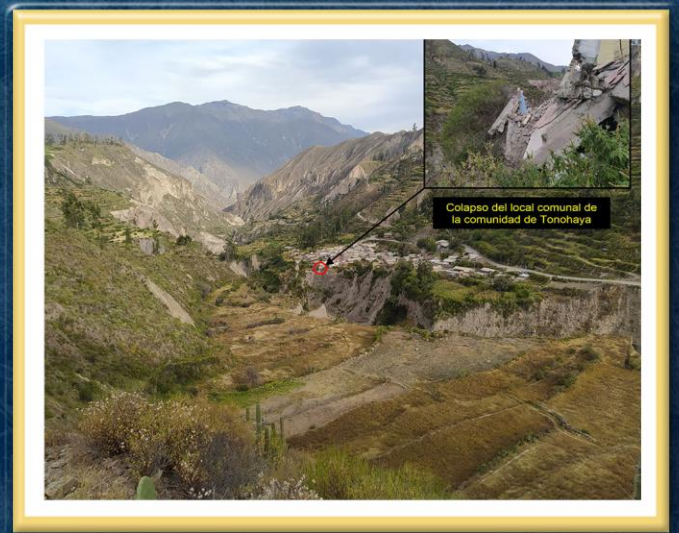


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7285**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TONOHAYA

Departamento Moquegua  
Provincia General Sánchez Cerro  
Distrito Ubinas



AGOSTO  
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE  
TONOHAYA**

*Distrito Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua.*

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

*Equipo de investigación:*

*David Valdivia Humerez  
Yhon Soncco Calsina  
Rafael Miranda Cruz*

**Referencia bibliográfica**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos en la comunidad campesina de Tonohaya, distrito Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua., Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7285, 37p.*

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
1.1 <b>Objetivos del estudio</b> .....	<b>5</b>
1.2 <b>Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	<b>5</b>
1.3 <b>Aspectos generales</b> .....	<b>6</b>
<b>2. GLOSARIO</b> .....	<b>7</b>
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	<b>8</b>
3.1 <b>Unidades litoestratigráficas</b> .....	<b>9</b>
3.1.1 <b>Depósitos de avalanchas de escombros (P-U2)</b> .....	<b>9</b>
3.1.2 <b>Flujo de bloques y ceniza (crecimiento de domos) (370<sup>a</sup> 270 ka) (P-U3)</b> .....	<b>9</b>
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	<b>12</b>
4.1 <b>Pendientes del terreno</b> .....	<b>12</b>
4.2 <b>Unidades geomorfológicas</b> .....	<b>13</b>
4.2.1 <b>Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional</b> ..	<b>13</b>
4.2.2 <b>Geoformas de carácter tectónico deposicional y agradacional</b> .....	<b>13</b>
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	<b>14</b>
5.1 <b>Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	<b>15</b>
5.1.1 <b>Deslizamiento antiguo en el sector de Tonohaya (DA)</b> .....	<b>15</b>
5.1.2 <b>Zona de derrumbes</b> .....	<b>21</b>
5.2 <b>Peligro volcánicos múltiples del volcán Ubinas y mapa de peligros</b> .....	<b>23</b>
5.3 <b>Factores condicionantes</b> .....	<b>23</b>
5.3 <b>Factores desencadenantes</b> .....	<b>24</b>
<b>6 CONCLUSIONES</b> .....	<b>27</b>
<b>7 RECOMENDACIONES</b> .....	<b>28</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>29</b>
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	<b>30</b>
<b>ANEXO 2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	<b>35</b>

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos, realizados en la comunidad campesina de Tonohaya, distrito de Ubinas, provincia de General Sánchez Cerro, departamento de 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 actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el área evaluada afloran depósitos volcánicos no consolidados de flujos de detritos (lahares), conformados por 60% a 70 % de material fino (ceniza) y 30% a 40% de bloques de pómez; y depósitos de avalanchas de rocas, conformada de bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos, la mayoría están hidrotermalizados, algunos bloques presentan fracturas. La avalancha de escombros se encuentra rellenando el valle del río Ubinas.

Las subunidades geomorfológicas, corresponden a relieves y modelados en afloramientos volcánicos, que conforman colinas en roca volcánica; vertiente o piedemonte aluvio- torrencial y terrazas de lahares antiguos generados por el volcán Ubinas. Siendo estas dos últimas, las que presentan mayor susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en Tonohaya.

Los peligros geológicos identificados corresponden a deslizamientos, flujo de detritos (lahares) y derrumbes; además de procesos de erosión de ladera en cárcavas y peligros volcánicos como caída de ceniza, flujos piroclásticos y avalancha de escombros.

El deslizamiento, denominado Tonohaya, corresponde a un evento antiguo, en proceso de reactivación, se observó nuevos desplazamientos del terreno en los sectores de Yanapampa, Osocon, Santa Cruz y Huinomuri; los movimientos son lentos y retrogresivos.

Los derrumbes, que ocurrieron en el centro poblado de Tonohaya, afectaron el local comunal y el sector de Kachi. De igual forma se presenta erosión fluvial por socavamiento de las terrazas formadas por depósitos de lahares antiguos.

Los factores condicionantes son: depósitos de avalancha de escombros no consolidada (producto del colapso del flanco sur del volcán Ubinas); erosión fluvial causada por el río Ubinas sobre las terrazas de lahares (donde está asentado el C.P. Tonohaya); y las pendientes de los terrenos, la cual varía de llanos a inclinados suavemente en las terrazas (1°-5°), en la parte media es muy fuerte (25°-45°), en la parte alta de las laderas se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados y en la quebrada del río Ubinas (> 45°).

Por lo tanto, la comunidad campesina de Tonohaya, se considera **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto**, sujeto a deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos (lahares) en temporadas de lluvias, que podrían afectar terrenos agrícolas; entre otros. Además, por efecto que podría generar una nueva reactivación del volcán Ubinas.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes pongan en práctica en las zonas de estudio, ya se proponen con la finalidad de minimizar las ocurrencias de daños que pueden ocasionar los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevos riesgos.

## **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 “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.

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos 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 gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Ubinas, según Oficio N°011-2022-A/MDU, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los peligros geológicos en el sector de Tonohaya, el día 26 de abril del 2022.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Ubinas, Municipalidad Provincial de General Sánchez Cerro, Gobierno Regional de Moquegua, oficina del INDECI y COER - Moquegua, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### **1.1 Objetivos del estudio**

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que se presentan en la comunidad campesina de Tonohaya, los cuales comprometen la seguridad física de las viviendas, infraestructuras y medios de vida (cultivos agrícolas).
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de los diferentes peligros identificados.
- c) Emitir recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los impactos que pueden causar los peligros geológicos identificados

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

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

- A. Rivera et al. (2011) – Geología y evaluación de peligros del volcán Ubinas. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 46, 83 p., 2 mapas. Menciona que el colapso del flanco sur del edificio volcánico “Ubinas I”, generó un depósito de avalancha de escombros, que fue canalizado en los valles de Ubinas y Para. La avalancha está constituida de bloques lávicos

subangulosos de tamaños métricos hasta decimétricos, la mayoría están hidrotermalizados, los bloques presentan fracturas de tipo “jigsaw”.

- B. Informe Técnico N° A6745. 19p -Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Lahares emplazados en el valle de Ubinas en febrero del 2016: geología, impacto, modelamiento y evaluación de peligros, Provincia General Sánchez Cerro, Región Moquegua: Ingemmet. Aquí se describen los lahares secundarios del volcán Ubinas, cuyos depósitos llegaron hasta la confluencia de los ríos Ubinas y Tambo, donde el depósito de los lahares generó un dique natural, que embalsó las aguas de los ríos Tambo, y luego de la ruptura de este, afectó los terrenos agrícolas del anexo de Huarina.
- C. Informe Técnico N° A6990. 31 p -Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Evaluación de peligros volcánicos de los poblados de Ubinas, Escacha, Sacohaya, San Miguel, Querapi y Anascapa, Provincia General Sánchez Cerro, Región Moquegua: Ingemmet. Aquí se describen que la comunidad campesina de Tonohaya puede ser afectado por la caída de ceniza y pómez, flujos piroclásticos, flujos de lahares (lodo), avalanchas de escombros, flujos de lava y gases volcánicos generados por una erupción del volcán Ubinas y además por flujos de lahares (Huaycos volcánicos) en temporada de lluvias.
- D. Ordenanza N° 005-2014/MDU - Publicado en el Diario El Peruano, el 01 de noviembre del 2014. En el que declaran al Centro Poblado de Tonohaya y su área rural como zonas de riesgo muy alto no mitigables ante el fenómeno volcánico y el deslizamiento de tierras.

### 1.3 Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

La comunidad campesina de Tonohaya, se localiza en el distrito de Ubinas, provincia de General Sánchez Cerro, departamento de Moquegua (Figura 1), dentro de las coordenadas siguientes:

**Cuadro 1.** Coordenadas del sector Tonohaya.

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	300000.00 m E	8186350.00 m S	16° 23' 45.198" S	70° 52' 21.923" W
2	301894.00 m E	8186350.00 m S	16° 23' 45.764" S	70° 51' 18.101" W
3	300000.00 m E	8184985.00 m S	16° 24' 29.597" S	70° 52' 22.348" W
4	301894.00 m E	8184985.00 m S	16° 24' 30.163" S	70° 51' 18.522" W
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
<i>Zona central</i>	300947.00 m E	8185667.50 m S	16° 24' 7.681" S	70° 51' 50.223" W

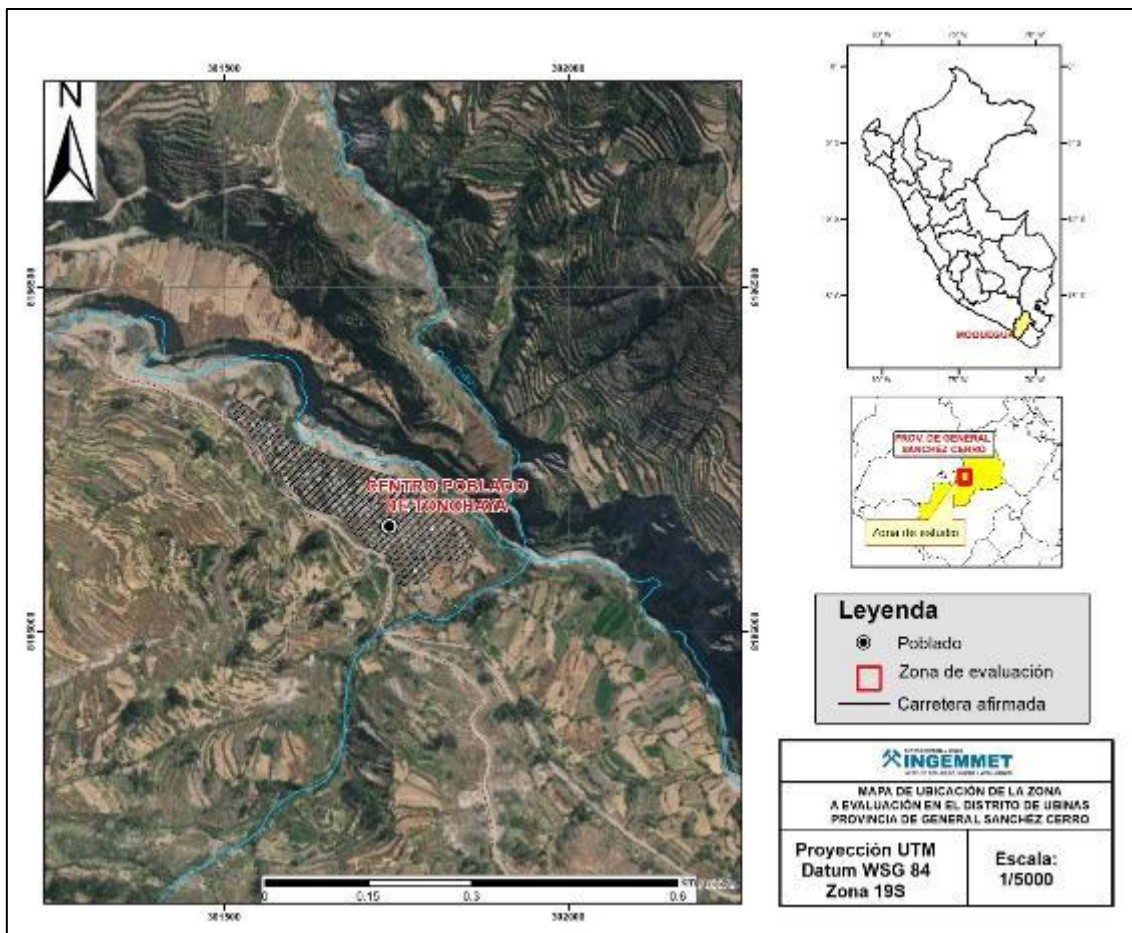


Figura 1. Mapa de ubicación de la comunidad campesina de Tonohaya.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la comunidad campesina de Tonohaya se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Arequipa, mediante la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Arequipa - Chiguata	Asfaltada	24.4	47 min
Chiguata – Ubinas	Asfaltada	82.4	2 h 5 min
Ubinas – Tonohaya	Asfaltada	4.7	5 min

2. GLOSARIO

**Deslizamiento.** - Llamado también fenómenos de ladera o movimientos de ladera; son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, se entiende como movimiento del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad, Corominas y García Yagüe, (1997).

**Caídas de rocas.** - 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 x 10<sup>1</sup> 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 (Vilchez, 2020).

**Erosión fluvial.** – Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos, pues socava los valles, los profundiza, los ensancha y los alarga (Dávila, 1999). Ocurre cuando periodos con abundantes o prolongadas lluvias, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los ríos principales o secundarios que drenan la cuenca. El aumento de volúmenes de agua y sólidos en los ríos, quebradas secas (provocada por flujos de detritos o huaicos), erosionan su lecho y márgenes, modificando lo que depositó o acumuló en el periodo precedente. Como proceso geohidrológico, normalmente acompaña a las inundaciones y muchas veces es la que antecede a esta. Este proceso desestabiliza los terrenos y condiciona la ocurrencia de los deslizamientos, derrumbes identificados en esta zona. Se consideran como los factores más importantes que condicionan la ocurrencia de erosión fluvial, a la cobertura vegetal, la geomorfología, la naturaleza de los materiales y el clima.

**Flujo de lahar (Huaico).** - Son mezclas de partículas volcánicas de tamaños diversos movilizadas por el agua y que fluyen rápidamente (20-60 km/h) por valles y quebradas originados en los volcanes (Tilling, 1993). Se generan en periodos de erupción o de tranquilidad volcánica (Tilling, 1993). El agua puede provenir de fuertes lluvias, fusión de hielo o nieve, ríos, o lagunas cratéricas. Los lahares viajan a lo largo de quebradas o ríos y eventualmente pueden salir de estos cauces en los abanicos de inundación, como ocurrió con los lahares que destruyeron la ciudad de Armero en Colombia, luego de la erupción del volcán Nevado del Ruiz en 1985 (Naranjo, et al., 1986; Thouret et al., 1990). El área afectada depende del volumen de agua y de materiales sueltos disponibles en el cauce de las quebradas o valles, así como de la pendiente y topografía del terreno. Normalmente destruyen todo a su paso (Tilling, 1993).

**Mapa de peligros volcánicos.** – Es un mapa en el cual se identifica las posibles zonas que pueden ser afectadas por un peligro volcánico (caída de ceniza, flujos piroclásticos, flujos de lava, avalanchas de escombros, proyectiles balísticos y lahares) durante o posterior a una erupción volcánica, a través de diferentes formas y escalas de representación.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se elabora teniendo como base la geología y evaluación de peligros del volcán Ubinas, del Boletín C 46, elaborados a escala 1:25,000 por Rivera et., at., 2011.

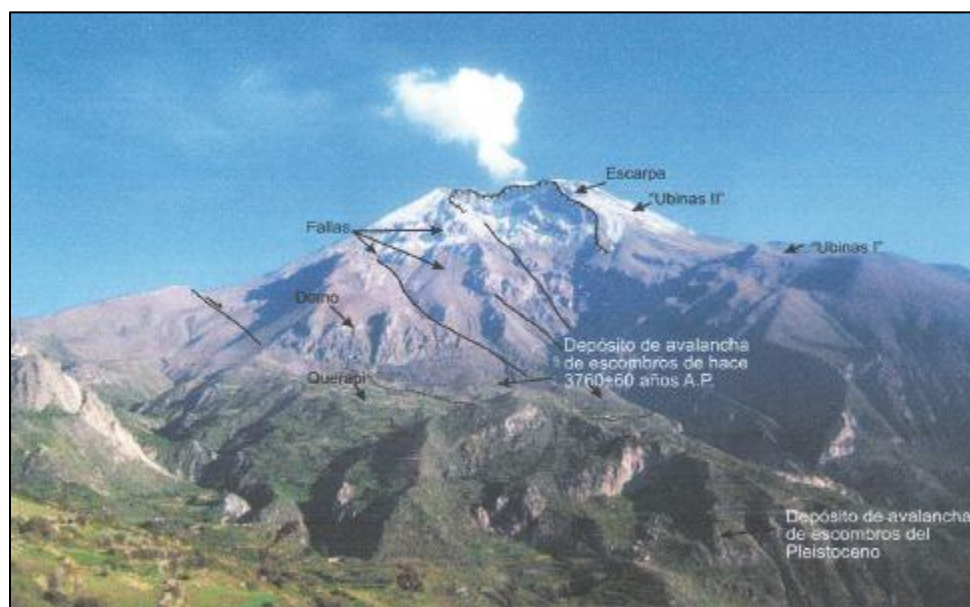


### 3.1 Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son de origen volcánico, teniendo a los depósitos de avalanchas de escombros, flujos de bloques y cenizas, flujos de pómez y ceniza; y lahares antiguos (Mapa 1) (Figura 3, 4 y 5)

#### 3.1.1 Depósitos de avalanchas de escombros (P-U2)

Después de la construcción del estrato-volcán antiguo del Ubinas ( $\geq 370$  ka) se produjo un colapso del flanco sur del edificio volcánico generando un depósito de avalancha de escombros cuyo volumen es de  $\sim 2,8$  km<sup>3</sup>, que fue canalizado en los valles de Ubinas y Para (Figura 2). Estos depósitos están constituidos de bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos hasta decimétricos, la mayoría están hidrotermalizados. La mayoría de bloques presentan fracturas de tipo «jigsaw» o «dientes de serrucho» (Rivera et., al.,2011).



**Figura 2.** Flanco Sur del volcán Ubinas. En la parte baja se distinguen depósitos de avalanchas de escombros del Pleistoceno, (Rivera et al., 2011).

#### 3.1.2 Flujo de bloques y ceniza (crecimiento de domos) (370<sup>a</sup> 270 ka) (P-U3)

Después del emplazamiento de la avalancha de escombros, la actividad del Ubinas se reinició bajo la forma del crecimiento y subsecuente destrucción de domos que generaron flujos de bloques y cenizas de composición andesítica y riolítica, cuyos depósitos se encuentran en ambas márgenes de los valles de Para y Ubinas, entre 8 y 12 km al sureste del volcán. Estos depósitos afloran hasta la confluencia de los ríos Ubinas y Anascapa. Después del emplazamiento de los flujos de bloques y cenizas, la actividad fue esencialmente efusiva (Rivera et., al.,2011).

#### 3.1.3 Flujos de pómez y cenizas: caldera de colapso (~270 a 250 ka) (P-U3-1)

Después del emplazamiento de los flujos de lava, la actividad continua con el emplazamiento de flujos de pómez y cenizas no soldadas que afloran en el valle de Ubinas entre 7 y 8 km al sureste del cráter, estos depósitos miden entre 40 y 60 m de espesor, son de composiciones dacíticas y andesíticas. El emplazamiento de estos flujos de cenizas y pómez dacíticos tienen un volumen de 1.8 km<sup>3</sup> y se ha producido

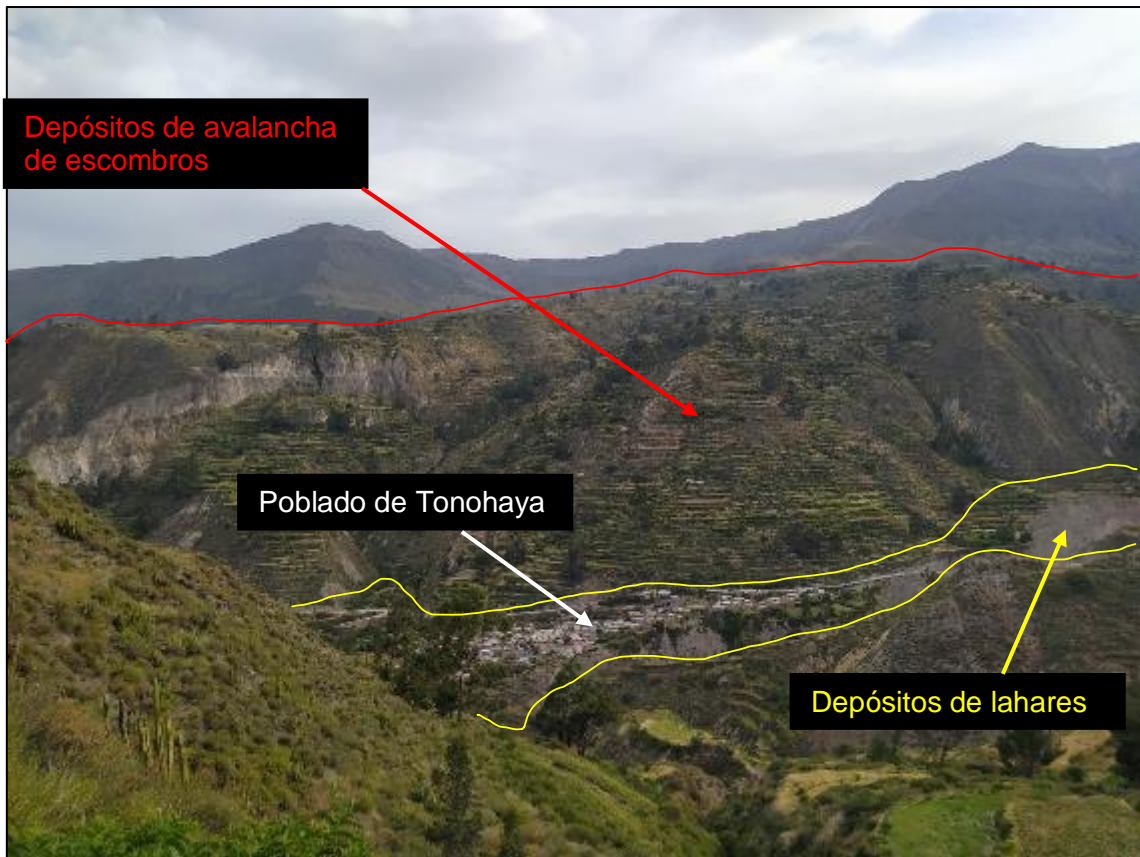
probablemente como consecuencia del colapso de la caldera antigua del volcán Ubinas. (Rivera et., al.,2011).

#### 3.1.4 Flujos de detritos - lahares (Qh-L).

Estos depósitos se encuentran distribuidos en las quebradas que descienden por los flancos del volcán Ubinas. Están constituidos de bloques de lava y gravas, incluidos dentro una matriz fina areno-limosa bastante cohesiva. Poseen espesores de 1 a 6 m, y se prolongan a distancias de 4 a 5 km del volcán, hacia donde disminuyen de espesor (Figura 3). Además, lahares se encuentran hasta una distancia de 10 km del cráter (actual cauce del río Ubinas), formando terrazas escalonadas. En general, los lahares debieron generarse durante lluvias fuertes o también debieron provenir de las interacciones entre los productos eruptivos calientes y una parte de la nieve y el agua que se encontraban en la cumbre y caldera del volcán, o después de erupciones (Rivera et., al.,2011).



**Figura 3.** Depósitos de lahares antiguos en el río Ubinas UTM E: 301335, N: 8186425.



**Figura 4.** Formaciones geológicas en los alrededores comunidad campesina de Tonohaya antiguos en el rio Ubinas UTM E: 301723, N: 8186196.

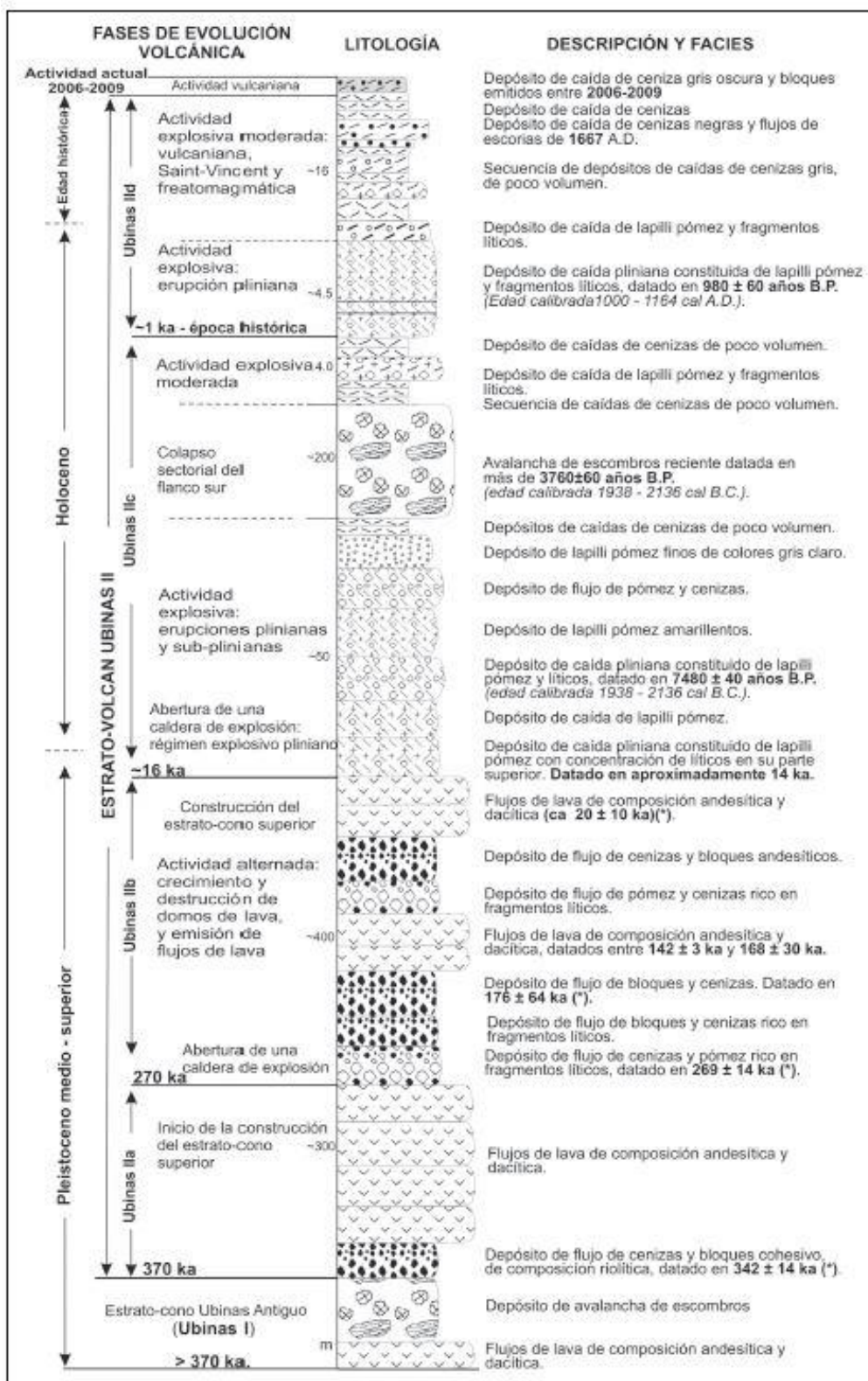


Figura 5. Columna estratigráfica del volcán Ubinas (Rivera et al., 2011).

#### 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

##### 4.1 Pendientes del terreno

Las pendientes de los terrenos en el sector de Tonohaya varían desde llanos a

inclinados suavemente ( $1^{\circ}$ - $5^{\circ}$ ) en el centro poblado de Tonohaya, en zona media del varía de fuertes a muy fuertes ( $25^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ), mientras en la parte alta es abrupto a escarpado y en la quebrada del río Ubinas ( $>45^{\circ}$ ). Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 3 m, calculadas de imágenes satelitales Pléiades, realizado por el laboratorio de teledetección del INGEMMET en el 2016. (Mapa 2).

## 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 utilizadas en los estudios del Ingemmet; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

- Degradacionales o denudativos
- Agradacionales o deposicionales

El área de estudio se encuentra por entre los 3000 y 3700 m.s.n.m. con vertientes de colinas, con pendientes suaves a fuertes, asociadas a la incisión del río Ubinas. Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at) y terrazas de lahares antiguos (Ti). En Tonohaya, las subunidades con mayor susceptibilidad a genera movimientos en masa son: Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial y terrazas de lahares antiguos (Mapa 3 y Figura 6).

### 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:

#### 4.2.1.1 Unidad de colinas

Esta unidad está conformada por relieves moderados, se caracteriza por su altitud entre los 100 y 300 m y por pendientes suaves a muy fuertes en sus laderas.

**Sub Unidad de Colina en roca volcánica (RCL-rv):** En el área de estudio se identificó la unidad morfológica de colina desarrollada en rocas volcánicas. Litológicamente corresponde a flujos de bloques y ceniza; y flujos de pómez y ceniza, producto del crecimiento y destrucción de domos; y al colapso de la caldera del volcán Ubinas, muestran en sus laderas pendientes que varían entre  $25^{\circ}$  a  $45^{\circ}$ . Dentro de esta unidad geomorfológica las elevaciones existentes son parte de la actividad volcánica del Cenozoico y han sido modeladas por procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía. Esta unidad se asocia a procesos de erosión de ladera en cárcavas (Figura 6).

### 4.2.2 Geformas de carácter tectónico deposicional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de

materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas 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 las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las unidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

**Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at):** Es una planicie inclinada extendida al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos. Está formado por la acumulación de corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional (Figura 6). En el área de evaluación se ubica en la parte alta, media y baja del área agrícola. Es una de las unidades con mayor susceptibilidad a generar peligros por movimientos en masa.

#### 4.2.2.2 Unidad de planicies

**Terrazas lahares antiguos (Ti):** Subunidad geomorfológica caracterizada por presentar relieve plano con escasos sectores ondulados, constituida por acumulación de material de lahares antiguos cohesivos producto de las fuertes lluvias o también debieron provenir de las interacciones entre los productos eruptivos calientes y una parte del glaciar antiguo que encontraban en la cumbre y caldera del volcán (Figura 6), sus pendientes corresponden de inclinada a moderada (5°-15°).



Figura 6. Unidades geomorfológicas en la comunidad campesina de Tonohaya.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la comunidad campesina de Tonohaya corresponden principalmente a movimientos en masa de tipo deslizamientos, caídas (derrumbes) y flujo (flujo de detritos); así como peligros volcánicos. Los primeros, son el resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y

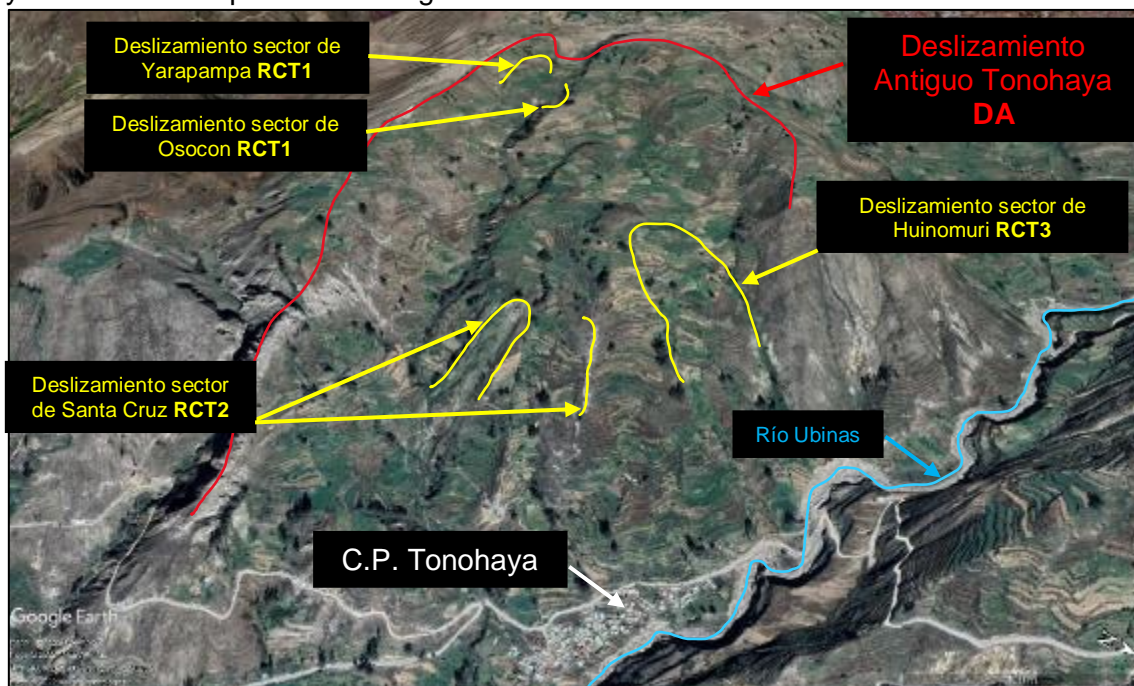
movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos. Estos movimientos en masa tienen como factores intrínsecos la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” las precipitaciones pluviales periódicas, extraordinarias que caen en la zona y la actividad sísmica. (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

## 5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa

La zona de estudio y alrededores son susceptibles a la ocurrencia de peligros geológicos de tipo deslizamientos, derrumbes, y flujos de detritos (lahares), condicionado por las características morfológicas, litológicas y pendiente. A continuación, se describen los peligros geológicos identificados.

### 5.1.1 Deslizamiento antiguo en el sector de Tonohaya (DA)

Se presenta como una depresión con forma irregular que corresponde a un deslizamiento antiguo (DA) denominado “Tonohaya” (Figura 7), donde la corona y el salto de escarpe, no se observan claramente debido a la vegetación, procesos de erosión y meteorización que afectó el lugar.



**Figura 7.** Deslizamiento antiguo Tonohaya (DA) y deslizamientos activos en la parte alta de la comunidad Campesina de Tonohaya en los sectores de Yarapampa-Osocon (RCT1) Santa cruz (RCT2), y Huinomuri (RCT3). (coordenadas UTM E: 301593, N: 8186237)

La masa deslizada o removida, va de oeste a este con dirección hasta el cauce del río Ubinas, en cuya parte baja se ha observado depósitos de lahares antiguos adosados a este deslizamiento antiguo. Presenta ondulaciones o desniveles entre la ladera media y la quebrada; además de desplazamientos del terreno.

Cabe mencionar que, en la parte alta de este deslizamiento, se asienta el reservorio de Yacupata, con canales de derivación de agua de abastecimiento hacia el sector de la comunidad campesina de Tonohaya; el cual se encuentra sin revestimiento (Figura 8).



**Figura 8.** A. Canal sin revestimiento que transporta el agua hacia la comunidad campesina Tonohaya. B. Emanación de aguas vertidas por el canal sin revestimiento en la carretera Sacohaya-Tonohaya parte alta de Tonohaya (coordenadas UTM E: 300175, N: 8184952).

El substrato rocoso, sobre el que se forma este deslizamiento se da sobre una unidad litoestratigráfica de avalancha de escombros, constituida por bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos hasta decimétricos, la mayoría están muy alterados y muy fracturados.

En el cuerpo y masa deslizada se identificaron reactivaciones en tres sectores, mencionados a continuación:

#### **SECTORES DE YARAPAMPA- OSOCON (RCT-1).**

-En el **sector de Yaparapampa** se presenta una reactivación rotacional, cuya corona principal es de forma regular y mide 90 m; la altura del salto del escarpe principal está definida entre las cotas 3600 m. y 3590 m, es decir posee un desnivel de 10 m. La masa se desplazó en dirección noreste (Figura 12); en cuyos puntos UTM E: 300783, N: 8185153 y E: 300499, N: 8185236, se presentan agrietamientos de hasta 4 m de largo, con 30 a 60 cm de desnivel (Figura 9), no definidos claramente por la presencia de vegetación arbustiva.





**Figura 9.** Deslizamiento en el sector de Yarapampa (RCT1), agrietamientos de hasta 60cm de desnivel (coordenadas UTM E: 300499, N: 8185236)

Además, en la coordenada E: 300989, N: 8185072 se ha observado un canal de regadío sin revestimiento en la parte alta del sector (Figura 10).



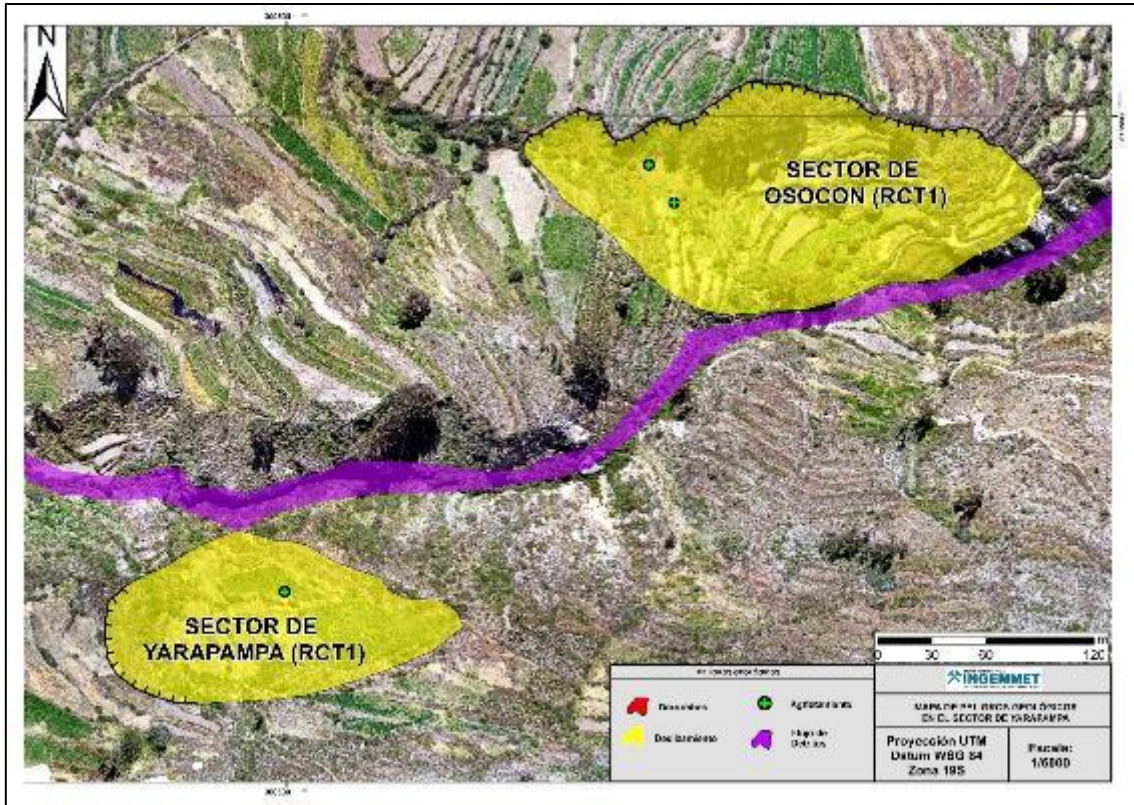
**Figura 10.** Canal sin revestimiento en el sector de Yarapampa, depósitos de caída de pómez volcán Ubinas de hace 14 – 16 mil años (Samaniego et.al.,2020) (UTM E: 300989, N: 8185072).

En este **sector de Osocon** el deslizamiento es del tipo rotacional, su corona es irregular

y mide 290 m; la altura del salto del escarpe tiene un desnivel de 12 m, la masa se desplazó hacia el sur. En los puntos UTM E: 300701, N: 8185473 y E: 300715, N: 8185452, se han observado agrietamientos con longitudes de hasta 35 m, con aperturas de 14 a 26 cm (Figura 11) y un desnivel entre 50 -64 cm cortando los andenes (Figura 12). Las grietas se desarrollan en depósitos de avalancha de rocas, los cuales se encuentra poco consolidado.



**Figura 11.** Agrietamientos en el sector de Osocon (**RCT1**) (coordenadas UTM E: 300701, N: 8185473)



**Figura 12.** Deslizamiento en el sector de Yarapampa y Osocon (RCT1). (coordenadas UTM E: 775456, N: 8258978)

**SECTOR DE SANTA CRUZ (RCT2).** – Se ha observado en la coordenada UTM E:301205, N: 8185717 un deslizamiento con corona irregular, con longitud de 20 m y un desnivel de 1.6 m. El evento está comprendido entre las cotas 3435m. y 3256 m., es decir posee un desnivel de 179 m. La masa se desplazó en dirección sureste, este evento se desarrolló sobre depósitos de avalanchas de escombros de tamaños heterométricos en una matriz limo-arcillosa, el suelo se encuentra saturado (Figura 13).



**Deslizamiento en el sector de Santa Cruz**

**Figura 13.** Deslizamiento en el sector de Santa Cruz (RCT2). (coordenadas UTM E:301205, N: 8185717)

Además, en el punto UTM E: 300849, N: 8185734 se presenta un reservorio de agua Ayamoco (Figura 14) con un caudal de entrada de 90l/min y 40 l/min de salida, siendo el caudal faltante absorbido por el suelo según declaraciones de la población.



**Figura 14.** Reservorio de agua Ayamoco. (coordenadas UTM E: 300849, N:8185734)

**SECTOR DE HUINOMURI (RCT3).** – En la coordenada UTM E: 301096, N: 8186132 se ha identificado un deslizamiento con una corona regular con longitud de 30 m, con un desnivel de 2.5 m, igualmente en este sector se ha observado saturación del terreno por filtraciones de los canales de regadío sin revestimiento (Figura 15).



**Figura 15.** Deslizamiento en el sector de Huinomuri (**RCT3**). (coordenadas UTM E: 301096, N: 8186132). Se delimita la corona de aproximadamente 30m e longitud (línea naranja).

### 5.1.2 Zona de derrumbes

Los derrumbes se presentan en ambas márgenes a lo largo del río Ubinas, sobre afloramientos de secuencias de depósitos de lahares (antiguos). Debido a que los terrenos de la comunidad campesina de Tonohaya, se sitúan en los alrededores de estos y sobre terrazas de depósitos de lahares, que poseen hasta 30 m de espesor, hacen que estén sujetos a erosión fluvial y socavamiento, afectando la estabilidad de la ladera y produciendo derrumbes en el cauce del río Ubinas (Mapa 5).

Las zonas más afectadas, son el sector de Kachi y el centro poblado de Tonohaya (figura 16 y 17; Mapa 5), en donde el pasado 15 de febrero del 2022, ocurrió un derrumbe que dañó la infraestructura del local comunitario del centro poblado.



Colapso del local comunal de la comunidad de Tonohaya

**Figura 16.** Derrumbe en el sector del centro poblado de Tonohaya. (coordenadas UTM E: 301723, N: 8186225).



Derrumbes a causa de la erosión fluvial del río Ubinas, en el sector de Kachi

**Figura 17.** Derrumbe en el sector de kachi. (coordenadas UTM E: 30302337, N: 8185712)

## 5.2 Peligro volcánicos múltiples del volcán Ubinas y mapa de peligros.

El mapa de peligros múltiples en el volcán Ubinas, publicado el año 2011 por Rivera et al., 2011, establece zonas de alto peligro volcánicos (rojo), se determina que estos sectores, pueden ser “severamente afectado por la ocurrencia de flujos de detritos (lahares), caída de ceniza, flujos piroclásticos, proyectiles balísticos, colapso del flanco sur y/o flujos de lava”, cualquier tipo de erupción puede afectar dicha área, inclusive las de baja magnitud, como las ocurridas desde el año de 1550 hasta 1969 (IEV 1-3). Mientras que la quebrada del río Ubinas, se encuentra en la zona de alto peligro y sería afectada principalmente por flujos de detritos (lahares).

Por localizarse las viviendas del centro poblado de Tonohaya principalmente en una zona de alto peligro volcánico (polígono de color rojo), es importante mencionar que el principal peligro a la que está expuesta este sector son por flujos de detritos (lahares) (Figura 18).

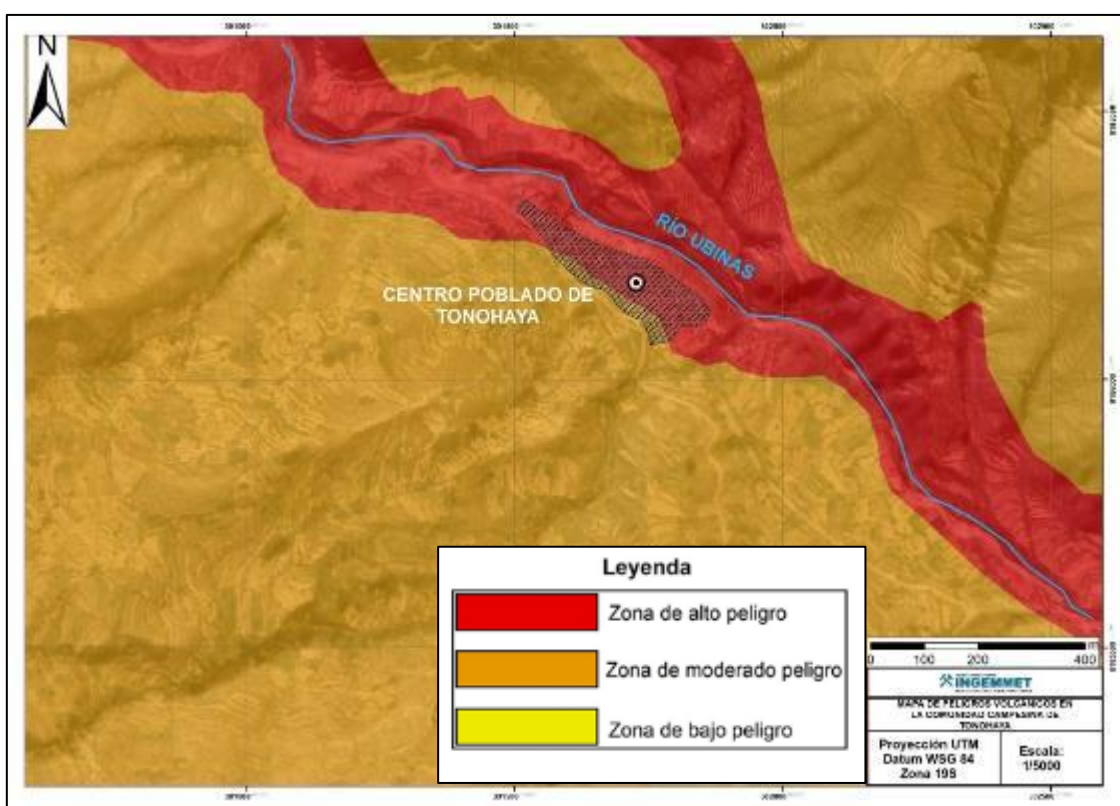


Figura 18. Mapa de peligros múltiples del volcán Ubinas (Rivera et al., 2011).

Cabe mencionar que, en febrero del 2016, tanto en el valle del río Volcanmayo-Ubinas y río Para fueron afectados por flujos de detritos (lahares) (Mariño et al., 2017), debido a la acumulación de ceniza alrededor del volcán Ubinas, producto de la erupción moderada (VEI 2), durante el periodo de 2014-2017, trayendo consigo flujos de detritos (lahares) originados por las intensas lluvias de la zona, la erosión y transporte de ceniza depositada durante la mencionada erupción.

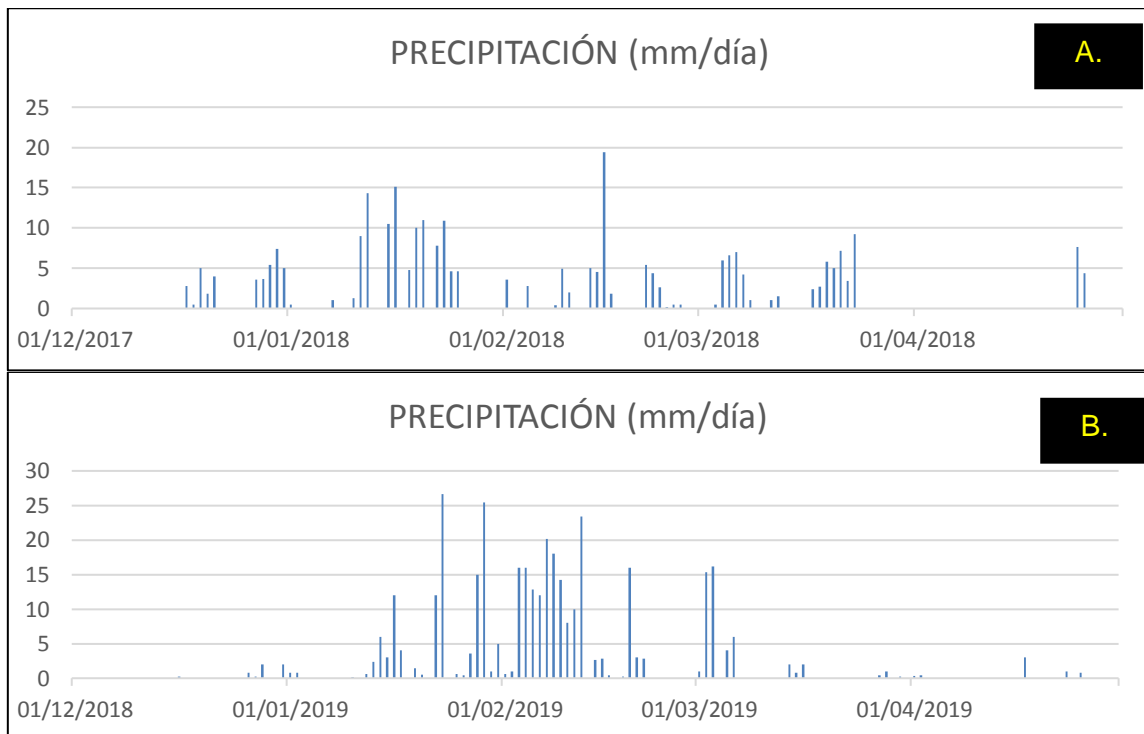
## 5.3 Factores condicionantes

- Presencia de depósitos de avalancha de escombros y lahares antiguos poco compactos, constituida de bloques lávicos de tamaños métricos, gravas y arenas; mayormente hidrotermalizados, fracturados, por lo que están susceptibles a removerse.

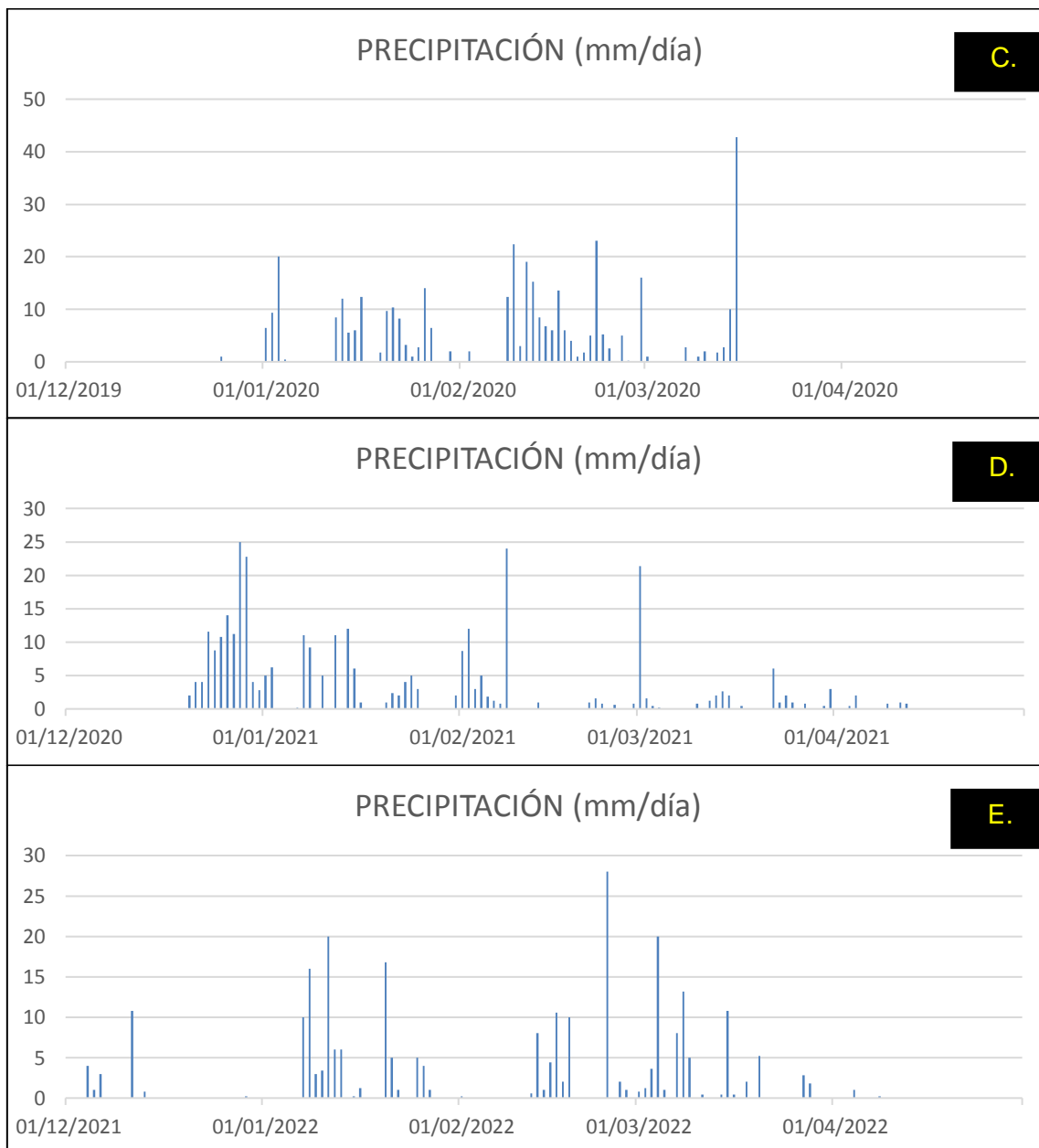
- Presencia de pendiente variable del terreno, que va desde llanos a inclinados suavemente en las terrazas aluviales ( $1^{\circ}$ - $5^{\circ}$ ), la parte media muy fuerte ( $25^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ), y abrupto a terrenos escarpados ( $> 45^{\circ}$ ) en la quebrada del río Ubinas.
- La proximidad al volcán Ubinas, a tan sólo 7.2 km; y la zonificación de peligros múltiples del INGEMMET, muestra que el área evaluada se ubica mayoritariamente en la zona de alto peligro (polígono de color rojo).
- La población en la comunidad campesina de Tonohaya, emplea el sistema de riego por inundación para sus cultivos, saturando los depósitos del deslizamiento antiguo.

### 5.3 Factores desencadenantes

- Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias generadas en el periodo de diciembre a abril de los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022; determinan como valor medio de precipitación máxima de 42.8 mm/día, para el 15 de marzo del 2020 (Figura 19). Estas lluvias saturan los terrenos, aumentando el peso del material, susceptible a deslizarse y generar flujos de detritos (lahares) que descienden por las quebradas del volcán Ubinas.

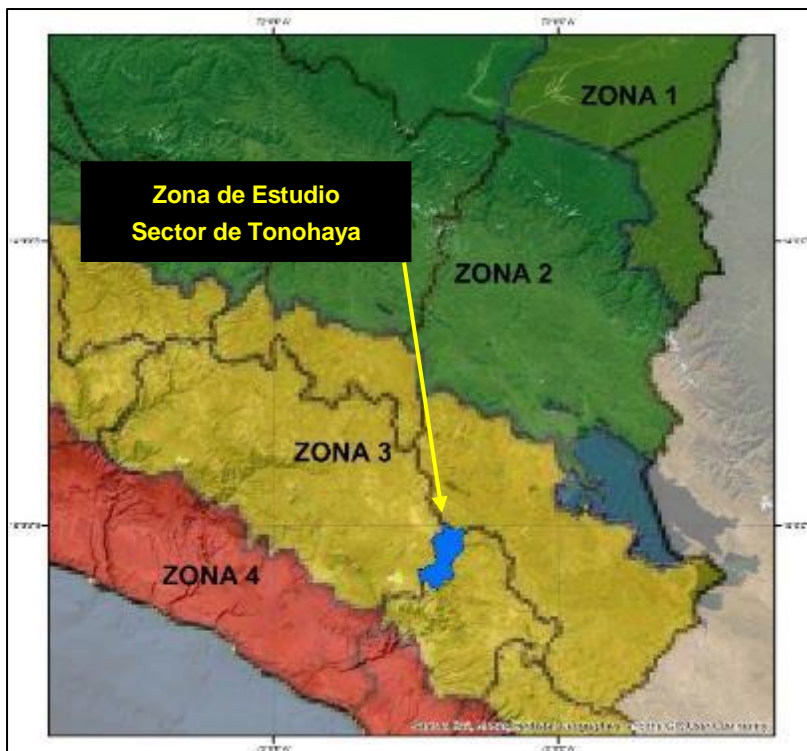






**Figura 19.** Registro de precipitaciones de estación **Ubinas**, en el distrito de Ubinas, durante los años 2018(A), 2019(B) y 2020(C), 2021(D) y 2022(E)(SENAMHI).

- Los movimientos sísmicos pueden generar desprendimientos de rocas desde las partes altas. Según Alva et al. (1984) el departamento de Moquegua se ubica en las zonas de sismicidad alta a muy alta (Figura 20); situando al distrito de Ubinas regionalmente, en una zona de sismicidad muy alta donde podrían generarse sismos de gran magnitud.



**Figura 20.** Zonificación Sísmica del Perú. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).


- **Por otro lado**, la comunidad campesina de Tonohaya se encuentra ubicada aproximadamente a 7.2 km de distancia del cráter del volcán Ubinas. Según el mapa de peligros múltiples del volcán Ubinas el área evaluada se ubica mayoritariamente en la zona de alto peligro (polígono de color rojo, Figura 18) (Fuente: [http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page\\_id=416](http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page_id=416)).

## 6 CONCLUSIONES

1. Los peligros geológicos identificados en el área evaluada comprenden a movimientos en masa, tipo deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos (lahares) y peligros volcánicos producto de la actividad recurrente del volcán Ubinas, estas erupciones traen consigo la generación de flujos de lahares, caídas de cenizas, entre otros; que afectan y son latentes en la comunidad campesina de Tonohaya.
2. Los de movimientos en masa, están condicionados por la presencia de depósitos no consolidados de avalancha de escombros y lahares antiguos, de tamaño heterométrico que van desde bloques lávicos a gravas y arenas; la mayoría están moderadamente alterados y muy fracturados, sujetos a removerse fácilmente. Por otro lado, la pendiente de los terrenos varía desde llanos a inclinados suavemente en las terrazas de lahares (1°-5°), muy fuerte (25°-45°) en la parte media, hasta escarpados (> 45°) en las partes altas y la quebrada del río Ubinas.
3. Se identificó un deslizamiento antiguo, denominado Tonohaya (DA), en el cual se han identificado cuatro (4) reactivaciones en los sectores de Yarapampa (**RCT1**), Osocon (**RCT1**), Santa cruz (**RCT2**) y Huinomuri (**RCT3**), poseen un movimiento lento y retrogresivo.
4. Las zonas de derrumbes que vienen afectando el sector de Kachi y el centro poblado de Tonohaya, se asocian a la erosión y/o socavación fluvial del río Ubinas, a lo largo de los márgenes de terrazas conformadas por depósitos de lahares antiguos. Estos eventos han dañado el local comunitario del centro poblado de Tonohaya.
5. De acuerdo con la zonificación de peligros volcánicos del volcán Ubinas, para una erupción de magnitud baja a moderada (IEV 1 a 3); el centro poblado de Tonohaya, puede ser afectado por la caída de ceniza y pómez, flujos piroclásticos, flujos de lahares (lodo), avalanchas de escombros y gases volcánicos generados por una erupción del volcán Ubinas y además por flujos de lahares (huaicos) en temporada de lluvias, por los cual se considera de **Peligro Alto**.
6. Por todo lo expuesto, se determina que, el área evaluada, es considerada **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto** a peligros por **movimientos en masa y volcánicos**.

## 7 RECOMENDACIONES

1. Reubicar progresivamente las viviendas del sector del centro poblado de Tonohaya a un sector que en el futuro no se vea afectado por peligros geológicos e hidrometeorológicas. Esta zona es considerada una zona crítica y de **peligro Muy Alto a peligros por movimientos en masa y volcánicos**, además según **Ordenanza N° 005-2014/MDU** (Normas legales N° 13041. 2014. Diario Oficial El Peruano) es declarado como un sector de riesgo muy alto no mitigable.
2. Realizar una evaluación de riegos EVAR en la zona asignada para la reubicación C.P: Tonohaya.
3. Con el fin de disminuir el avance de los deslizamientos en los sectores de Yarapampa, Osocon, Santa Cruz y Huinomori de la comunidad campesina de Tonohaya, se debe controlar y evitar las infiltraciones de agua en el suelo, surgiendo la necesidad de impermeabilizar los canales y reservorios de agua; además de la construcción de canales de drenaje en la carretera Tonohaya-Sacohaya
4. Se debe incentivar la migración a nuevas técnicas de irrigación de los terrenos de cultivo, con asesoramiento de las entidades correspondientes; evitando prácticas de riego por inundación.
5. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas, con el objetivo de concientizar en temas de gestión de riesgos, con ello se puede evitar construcción de viviendas o infraestructura en áreas de peligro alto y muy alto a movimientos en masa.

  
Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto. Actividad 7  
DGARG-INGEMMET

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

## BIBLIOGRAFÍA

Corominas, J. & García Yagüe 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, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Normas legales N° 13041. Ordenanza N° 005-2014/MDU. Publicado en el Diario Oficial El Peruano. 01 de noviembre del 2014.

<https://busquedas.elperuano.pe/download/url/declaran-al-centro-poblado-de-tonohaya-y-su-area-rural-como-ordenanza-n-005-2014mdu-1157538-2>

Mariño, J., Valdivia, D., Soncco, Y., Miranda, R., Machacca, R. (2017). Lahares emplazados en el valle de Ubinas en febrero del 2016: Geología, impacto, modelamiento y evaluación de peligros, región Moquegua. Informe Técnico; N° A6745 INGEMMET. 29p.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

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.

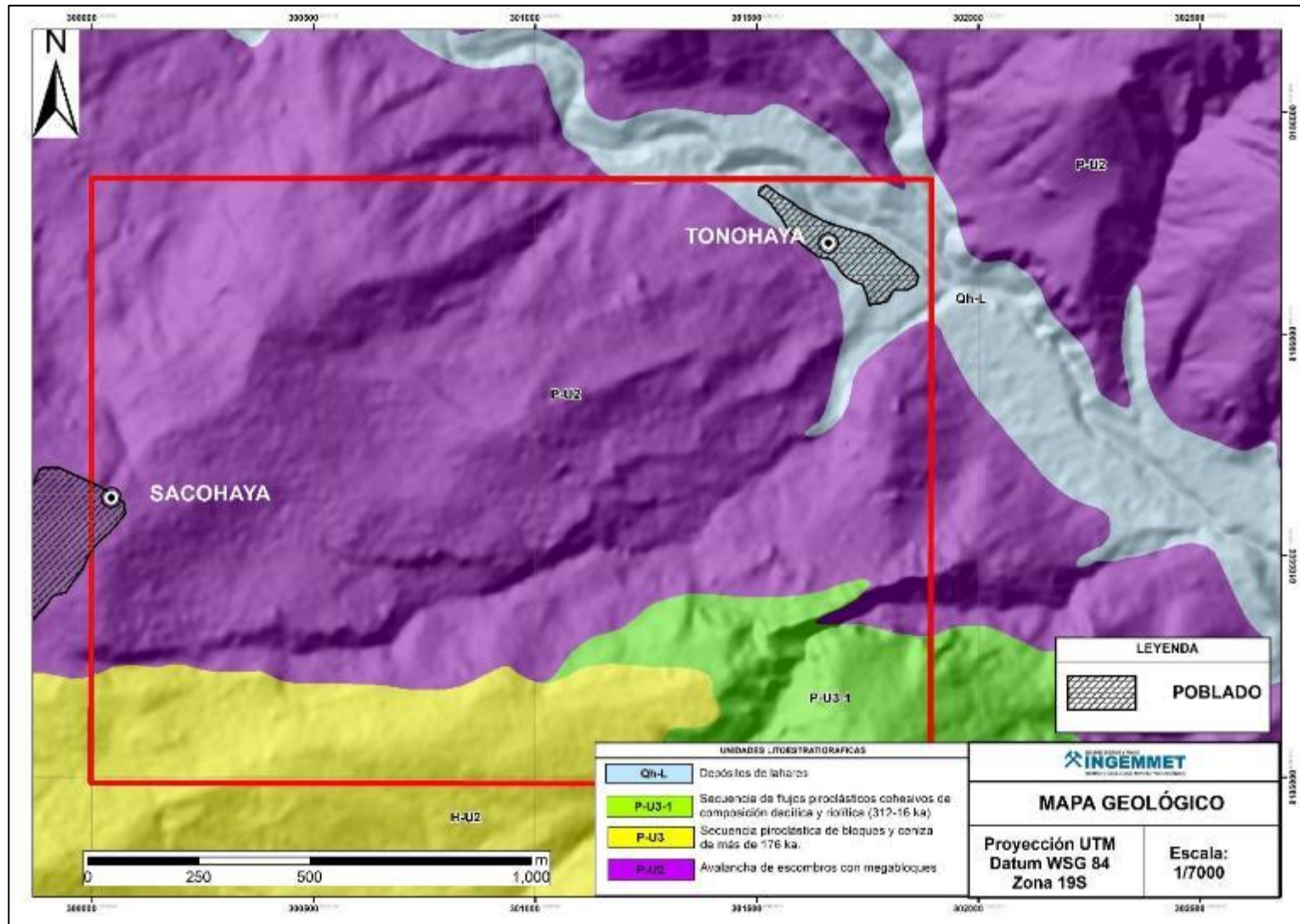
Samaniego, P., Rivera, M., Manrique, N., Schiavi, F., Nauret, F., Liorzou, C., Ancellin, M. 2020. Linking magmatic processes and magma chemistry during the post-glacial to recent explosive eruptions of Ubinas volcano (southern Peru). Journal of Volcanology and Geothermal Research. Volume 407. 25p.  
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2020.107095>

Tilling, R.I., ed. (1993) - Apuntes para un curso breve sobre los peligros volcánicos, Santa Fé, Nuevo México, 2-3 julio 1989. [s.l.]: Organización Mundial de Observatorios Vulcanológicos, 125 p.

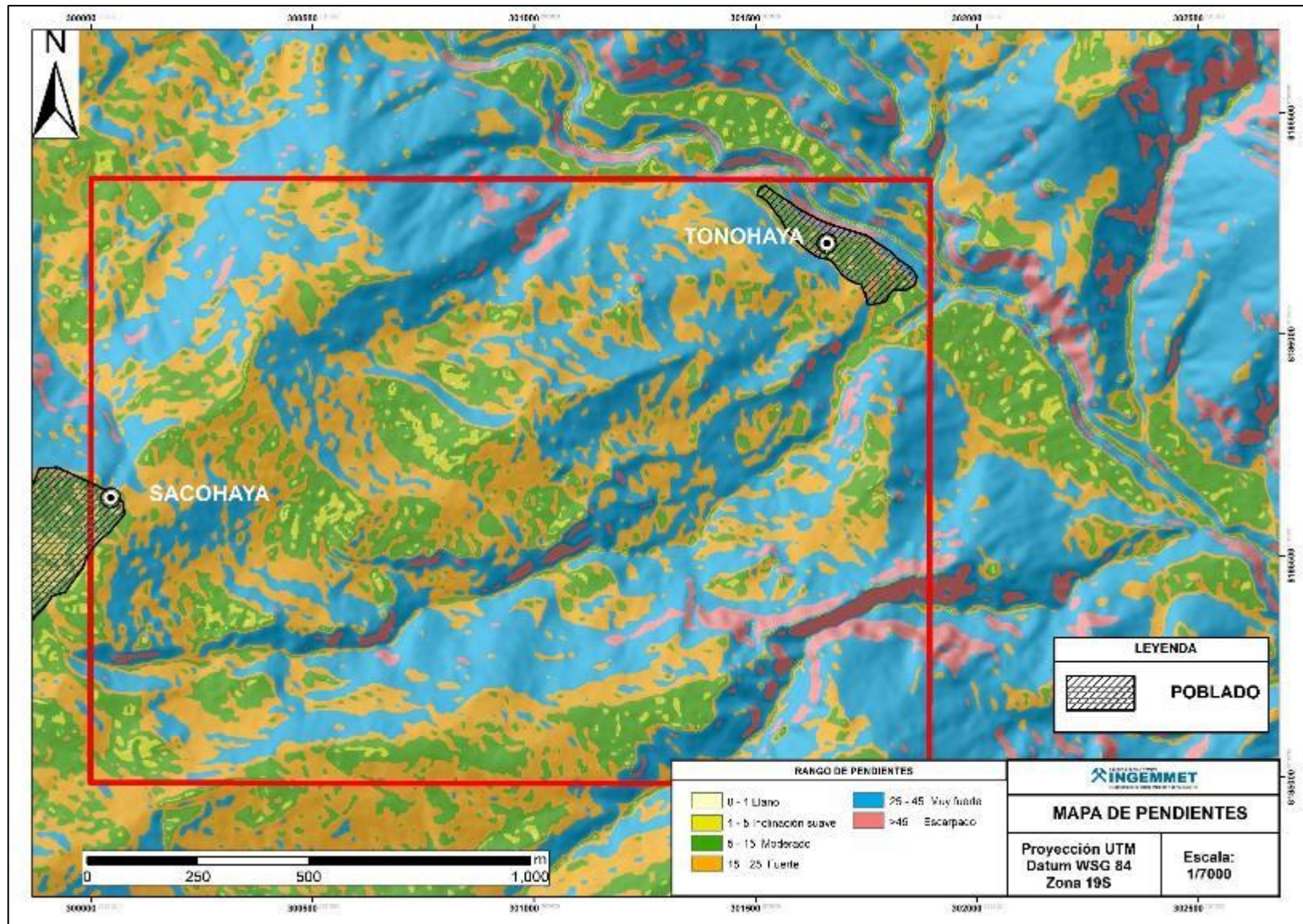
Valdivia, D., Aguilar, R., Manrique, N. (2019). Evaluación de peligros volcánicos de los poblados de Ubinas, Escacha, Sacohaya, San Miguel, Querapi y Anascapa, Provincia General Sánchez Cerro, Región Moquegua. Informe Técnico N° A6990 INGEMMET 31p.

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

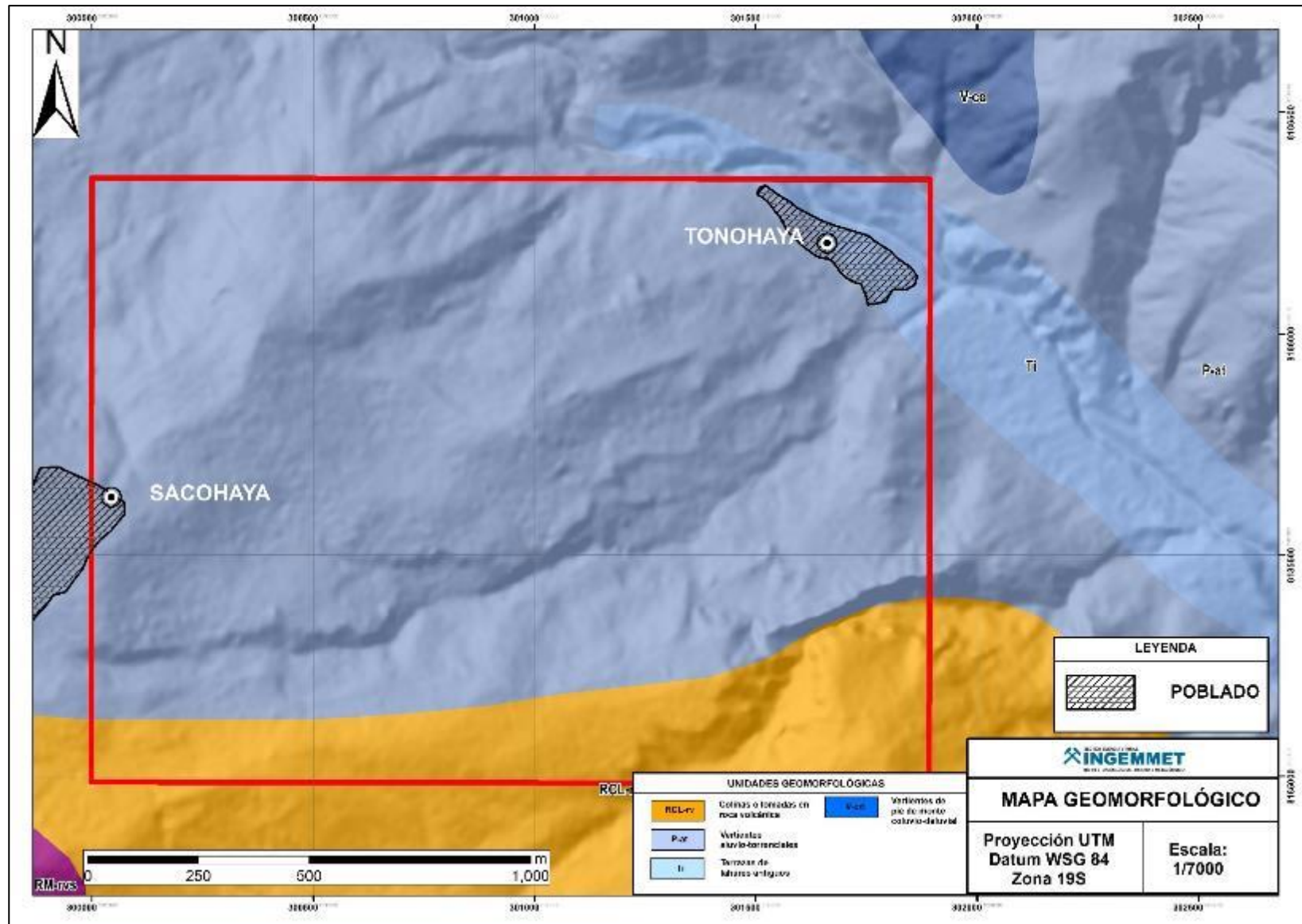
ANEXO 1: MAPAS



Mapa 1. Mapa geológico de la zona de Evaluación, en el distrito de Ubinas, provincia de General Sánchez Cerro, departamento Moquegua.

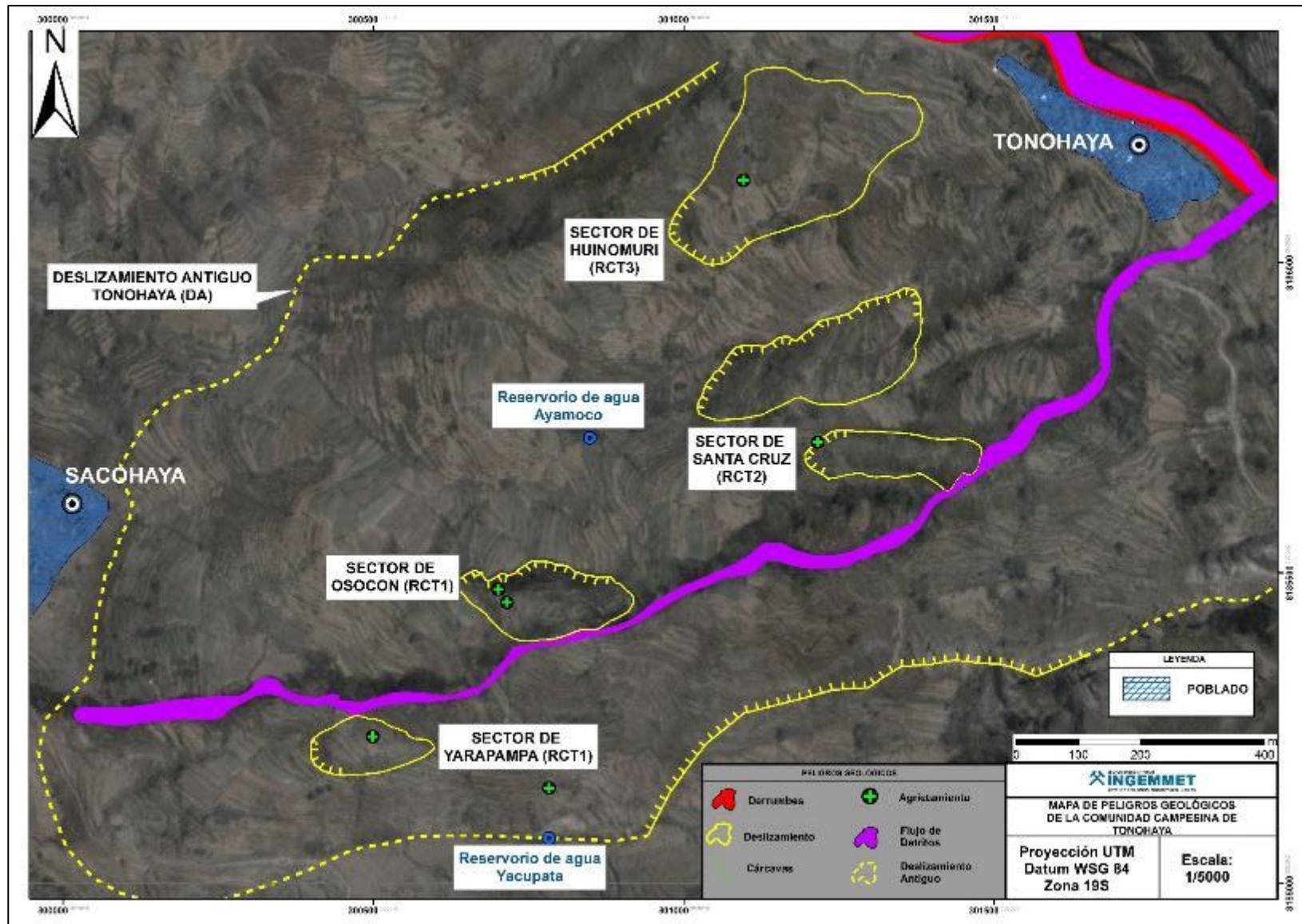


**Mapa 2.** Mapas pendientes de la zona de Evaluación, en el distrito de Ubina, provincia de General Sánchez cerro, departamento Moquegua.

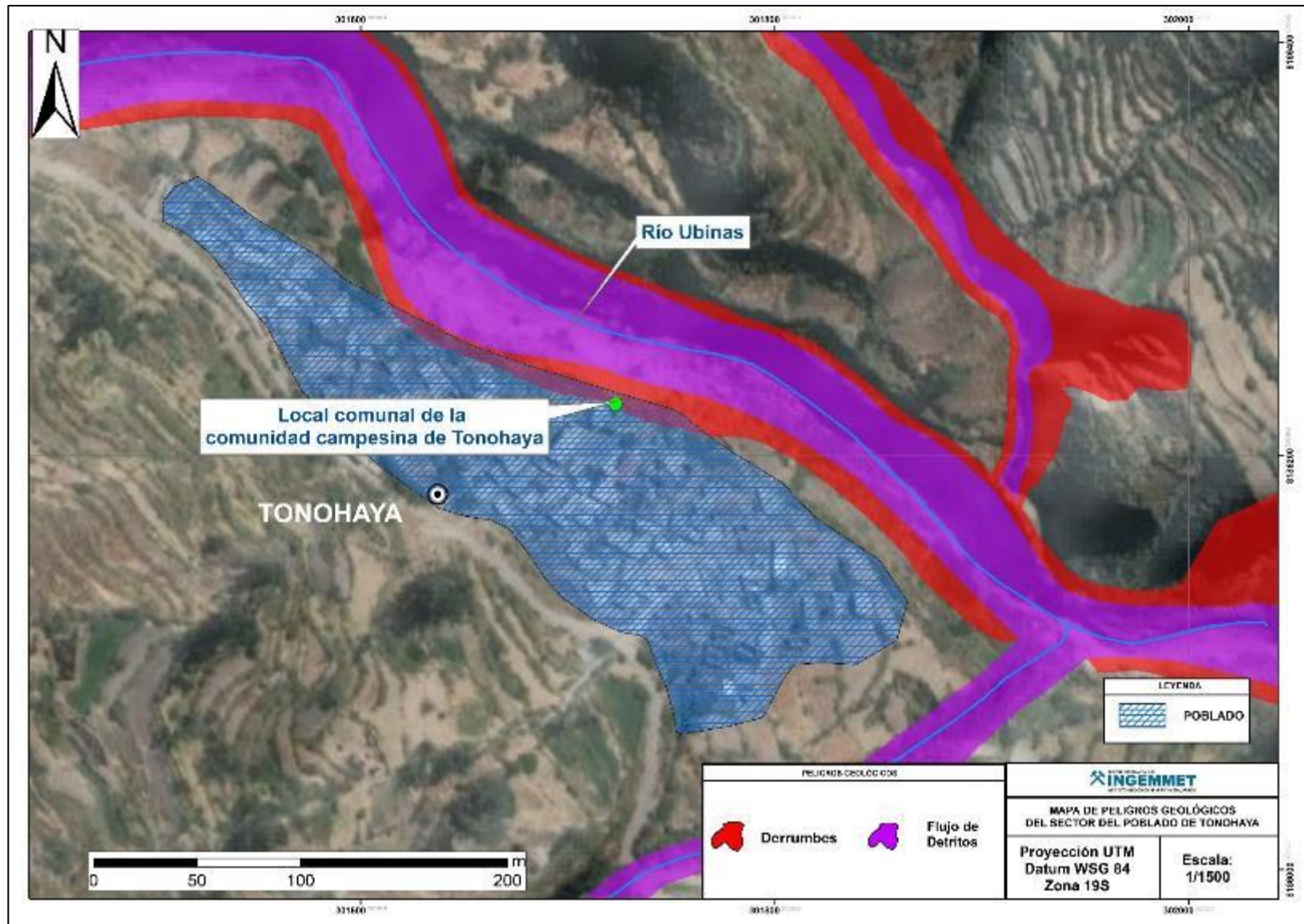


**Mapa 3.** Mapa geomorfológico de la zona de Evaluación, en el distrito de Ubinas, provincia de General Sánchez Cerro, departamento Moquegua.





**Mapa 4.** Mapa de peligros geológicos de la zona de Evaluación, tomando como base la imagen pancromática de 2m de resolución del 02/02/2022 del satélite CBERS4, en el distrito de Ubinas, provincia de General Sánchez Cerro, departamento Moquegua.



**Mapa 5.** Mapa de peligros geológicos del sector del centro poblado de Tonohaya, en el distrito de Ubinas, provincia de General Sánchez Cerro, departamento Moquegua.

## ANEXO 2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

### Mitigación de peligros por deslizamientos

Para disminuir los daños por deslizamiento, es necesario aplicar las siguientes medidas:

- a) Para las aguas que se vierten en la parte alta del deslizamiento es recomendable la construcción de canales de coronación (Figura 21) con el objetivo de recoger las aguas que bajan por las pendientes naturales y conducir las hacia la quebrada o descarga más próxima del sistema general de drenaje. También se recomienda que los canales de coronación sean totalmente impermeabilizados para evitar infiltraciones que puedan afectar el talud y que la impermeabilización se complemente con un correcto mantenimiento en el que, al menos cada dos años, se reparen las fisuras y las grietas que se presenten.

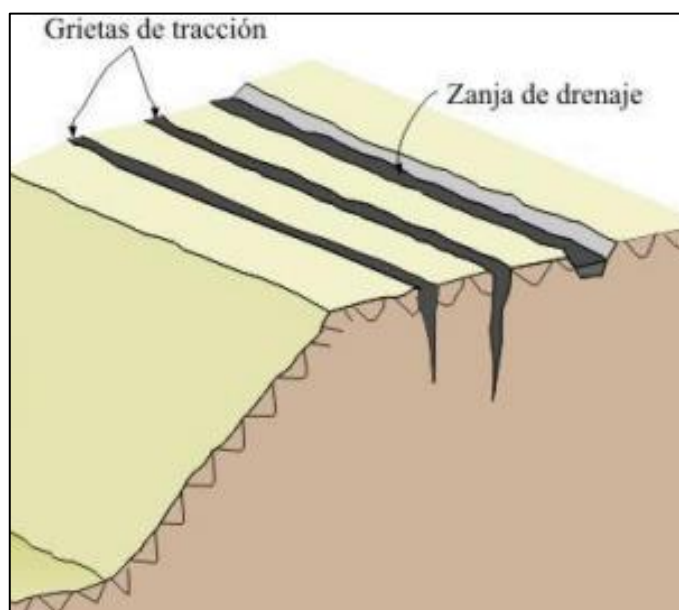
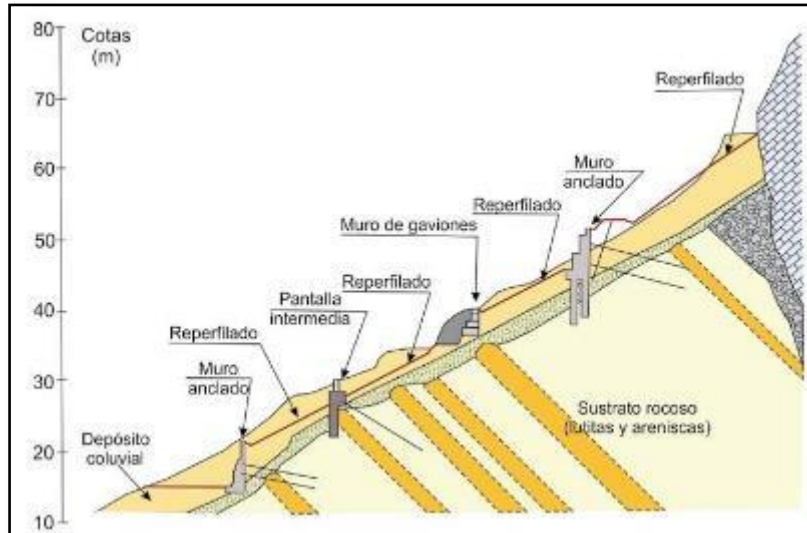


Figura 21. Canales de coronación

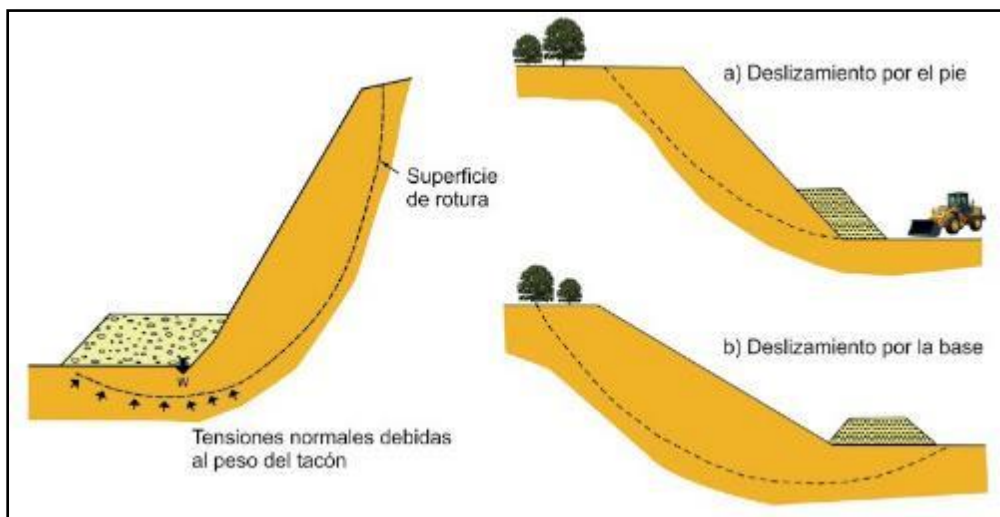
- b) En el caso de los deslizamientos no muy rápidos y poco profundos, son recomendables las obras de drenaje superficial sobre la masa deslizada que debe realizarse una vez que estas se han estabilizado (zanjas de sistema de drenaje perimetrales, **en espina de pez**) y la modificación de la geometría al actuar sobre dos de los factores principales que condicionan las inestabilidades. Otras medidas, como la instalación de anclajes y bulones, son recomendables en caso de inestabilidades en macizos rocosos para evitar los deslizamientos y desprendimientos de bloques; no son efectivas en deslizamientos en suelos (a no ser que se instalen sobre muros o vigas que reparan las fuerzas de forma uniforme); en este último caso son más efectivos los elementos resistentes como pilotes, muros o pantallas.

En la figura 22 se presenta un esquema de la estabilización de un extenso deslizamiento superficial en suelos residuales limo-arcillosos. Las medidas de corrección o estabilización de laderas están encaminadas a prevenir los procesos y mitigar los daños. Cabe mencionar que los deslizamientos o flujos de dimensiones importantes, incluso con velocidades muy bajas, son muy difíciles o imposibles de detener.



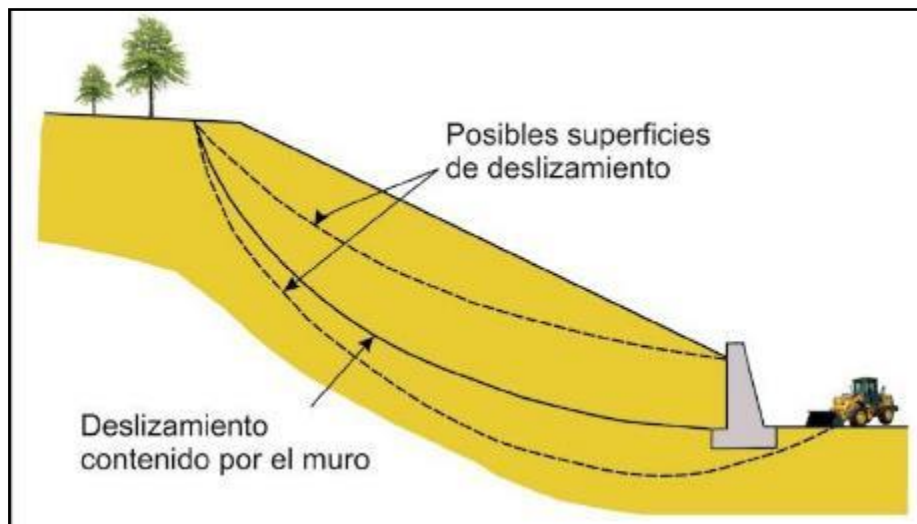
**Figura 22.** Esquema de las medidas de contención de un deslizamiento en suelo coluvial arcillo-limoso con sustrato formado por lutitas y areniscas. Rodríguez, Ortiz, 1997.

- c) Otra medida es la construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (figura 23). El peso de la escollera en el pie del talud se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. Este aumento depende del ángulo de rozamiento interno en la parte inferior de la superficie del deslizamiento. Si es elevado, el deslizamiento puede producirse por el pie y es más ventajoso construir la escollera encima del pie del talud para estabilizar grandes masas deslizantes mediante pesos relativamente pequeños de escollera. Si el ángulo de rozamiento interno es bajo, el deslizamiento suele ocurrir por la base y es también posible colocar el relleno frente al pie del talud. En cualquier caso, el peso propio de la escollera supone un aumento del momento estabilizador frente a la rotura. Por último, cuando la línea de rotura se ve forzada a atravesar la propia escollera, esta se comporta, además, como un elemento resistente propiamente dicho. Algo que debe tomarse en cuenta constantemente es que la base del relleno debe ser siempre drenante.



**Figura 23.** Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno, en el pie de un talud (izquierda), colocación de escollera según el ángulo de rozamiento interno del terreno (derecha). Ayala, 2003.

- d) En ocasiones se emplean muros; para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención en el pie, como se muestra en la figura 24, Sin embargo, esta medida puede tener varios inconvenientes a la hora de la construcción ya que al excavar en el pie del talud puede favorecer la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Además, el muro puede no ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo, como se aprecia en la figura.



**Figura 24.** Control de un deslizamiento mediante un muro. Ayala, 2003.