

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7225

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE SACOHAYA

Departamento Moquegua
Provincia General Sánchez Cerro
Distrito Ubinas



FEBRERO
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE SACOHAYA

Distrito de Ubinas, Provincia General Sánchez Cerro, Departamento Moquegua

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

Equipo de investigación:

Yhon Hidelver Soncco Calsina

Hammer Ojeda Chulla

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos en la comunidad campesina de Sacohaya. Distrito de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A7225, 30p

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos del estudio	1
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	1
1.2.1. Ubicación	2
1.2.2. Accesibilidad	3
2. DEFINICIONES	3
2.1. Flujo de detritos y/o lahares	3
2.2. Caídas o desprendimientos de rocas	4
2.3. Erosión de laderas (Cárcavas)	5
2.4. Deslizamiento	5
2.5. Avalancha de escombros	6
2.6. Erupción volcánica	6
2.7. índice de explosividad volcánica (IEV)	6
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
3.1 Unidades litoestratigráficas	7
3.1.1 Depósito volcanoclástica estratificada con depósitos sedimentarios (P-Ta2)	7
3.1.2 Avalancha de escombros (P-U2)	7
3.1.3 Depósitos de flujos de detritos (lahares) (Qh-L)	8
3.1.4 Depósitos coluviales (Qh-cl)	9
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
4.1 Pendientes del terreno	11
4.2 Unidades Geomorfológicas	11
4.2.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	12
4.2.2 Geformas de carácter depositacional o agradacional	12
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	13
5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa	13
5.1.1 Deslizamiento	13
5.1.2 Flujo de detritos (lahares)	17
5.1.3 Zona de derrumbes	19
5.1.4 Caída de rocas	19
5.1.5 Erosión de laderas en cárcavas	20
5.2 Mapa de peligros volcánicos múltiples del volcán Ubinas	20
5.3 Factores condicionantes	21
5.4 Factores desencadenantes	21
6. CONCLUSIONES	22

7. RECOMENDACIONES	23
BIBLIOGRAFÍA.....	24
ANEXO 1 MAPAS	25

RESUMEN

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

En el área evaluada afloran depósitos no consolidados de secuencias volcanoclásticas, estratificadas con niveles sedimentarios; y depósitos de avalanchas de rocas, conformada de bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos, la mayoría están hidrotermalizados, algunos bloques presentan fracturas de tipo “jigsaw-rompecabeza”; además, se observan depósitos coluviales, conformados por clastos que van desde bloques a limos. Asimismo, se presentan depósitos poco consolidados de flujos de detritos (lahares), conformados por 60 a 70 % de material fino y 30 a 40% de bloques. Estas se encuentran en el río Cruz Para.

Las subunidades geomorfológicas corresponden a: montaña modelada en roca volcano-sedimentaria; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial. La última presenta la mayor susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en Sacohaya.

Los peligros geológicos identificados corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujo de detritos (lahares), caída de rocas y derrumbes. También, se observó procesos de erosión de ladera en cárcavas.

Se identificó un deslizamiento rotacional activo, el cual posee un movimiento lento y retrogresivo, cuya corona principal es de forma regular y mide 880 m; el salto del escarpe principal varía entre 1 a 1.5 m. El evento está comprendido entre las cotas 3440 y 3300 m, es decir posee un desnivel de 140 m.

Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos son: la presencia de depósitos no consolidados de avalancha de escombros, producto del colapso del flanco sur del volcán Ubinas y las pendientes de los terrenos en el área evaluada, el cual varía desde llanos a inclinados suavemente en las terrazas aluviales (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 ($> 45^{\circ}$).

El área evaluada en la comunidad campesina Sacohaya se considera como **zona crítica** y de **Peligro Alto**. En el área podrían ocurrir deslizamientos y flujo de detritos (lahares) en temporadas de lluvias, estos podrían afectar tierras agrícolas; además, en el sector se pueden generar derrumbes.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes pongan en práctica como: cambiar las técnicas de riego con asesoramiento especializado.

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.

Atendiendo la solicitud de comunidad campesina de Sacohaya según el Oficio N°05-2019/C,C SACOHAYA; es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la comunidad campesina de Sacohaya.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los ingenieros Yhon Soncco Calsina y Hammer Ojeda Chulla para realizar la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica y de los peligros geológicos que afectan a los terrenos agrícolas en la comunidad campesina de Sacohaya en el distrito de Ubinas. Los trabajos de campo se realizaron los días 8 y 9 de julio del 2021.

La evaluación técnica se basó 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 Matalaque y las entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos que se presentan en la comunidad campesina de Sacohaya; 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 generales 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:

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. Donde mencionan que se produjo un colapso del flanco sur del edificio volcánico “Ubinas I” generando 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”.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos que afectaron al centro poblado de

Huarina, distrito de Matalaque, Provincia general Sánchez Cerro, Departamento Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A6785. 45p. En el estudio concluyen que el sector de Huarina es una zona crítica por lahares, de presentarse lluvias intensas, podría generar flujos de detritos o lahares. Estos son generados desde las laderas del volcán Ubinas.

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, Informe Técnico N° A6745. 19p. 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.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Evaluación de peligros geológicos en los sectores de Huarina y Candahua, distrito de Matalaque, Provincia general Sánchez Cerro, Región Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A6975. 45p. En el estudio realizaron estudios de lahares, simulación de lahares en las quebradas que descienden desde las partes altas de Huarina y Candahua. Ambos sectores fueron considerados como zonas críticas de peligro inminente ante la ocurrencia de lluvias intensas.

1.2.1. Ubicación

El área evaluada está ubicada en el distrito de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, Departamento Moquegua (figuras 1 y 2), dentro de las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del sector evaluado en la comunidad campesina de Sacohaya.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	300568.47	8187390.77	16° 23.192'S	70° 52.041'O
2	300591.46	8185620.34	16° 24.152'S	70° 52.037'O
3	298536.26	8185599.30	16° 24.153'S	70° 53.191'O
4	298514.78	8187356.59	16° 23.200'S	70° 53.195'O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Sacohaya	299554.31	8186495.31	16° 23.672'S	70° 52.615'O

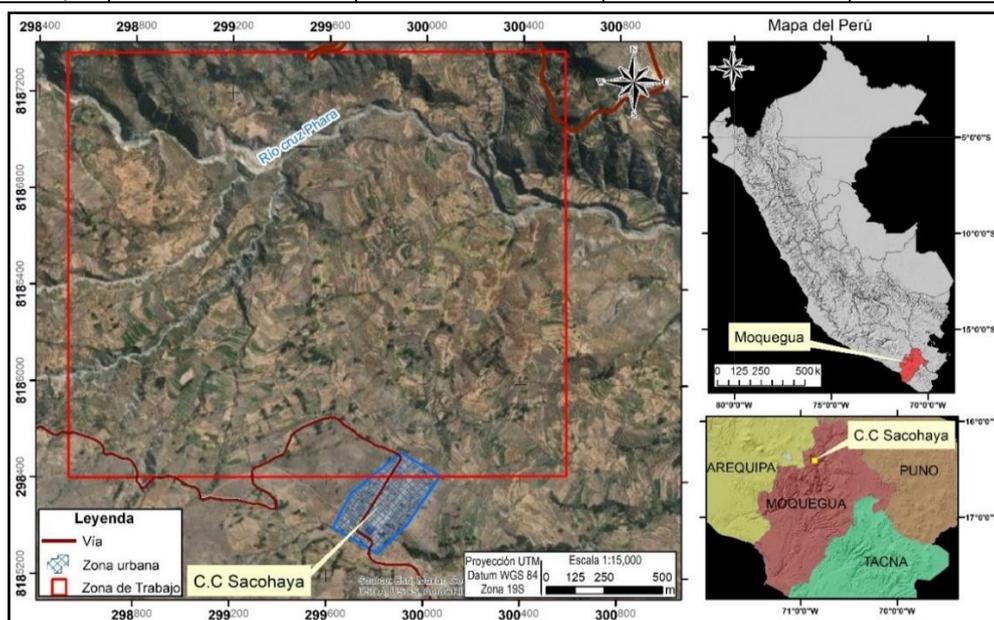


Figura 1. Ubicación del área de evaluación



Figura 2. Terreno agrícola de la comunidad campesina de Sacohaya.

1.2.2. Accesibilidad

El acceso a la comunidad campesina de Sacohaya, se realizó en vehículo del Ingemmet. Desde Arequipa, 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>
Arequipa – Chihuata	Asfaltada	23.3	47 min
Chihuata – Sacohaya	Carrosable	88.6	2 h 14 min

2. DEFINICIONES

2.1. Flujo de detritos y/o lahares

Se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aún si la pendiente es mayor. Los flujos se pueden clasificar de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado) (figura 3).

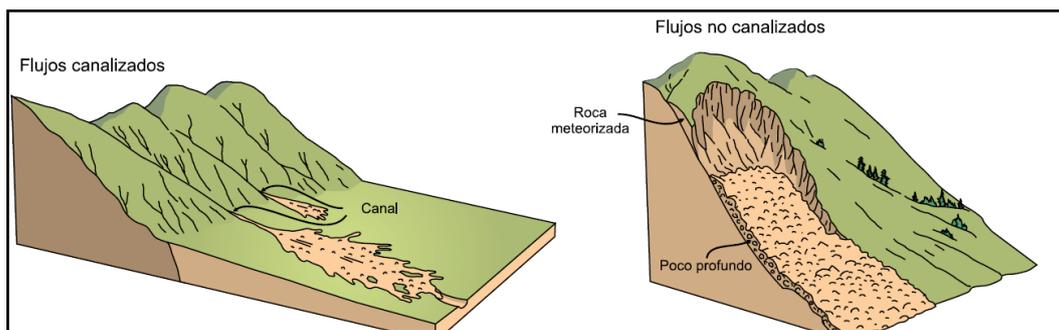


Figura 3. Esquema de flujos canalizado y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996)

2.2. Caídas o desprendimientos de rocas

La caída de rocas 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 desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo 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 y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

En Evans y Hungr (1993) se pueden consultar ejemplos de caída de roca fragmentada, (figuras 4 y 5). Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo, también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

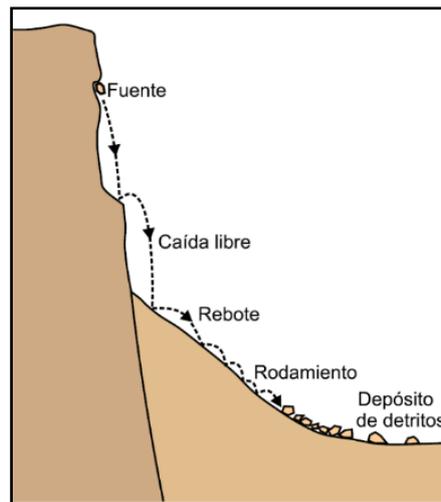


Figura 4. Esquema de la caída de rocas

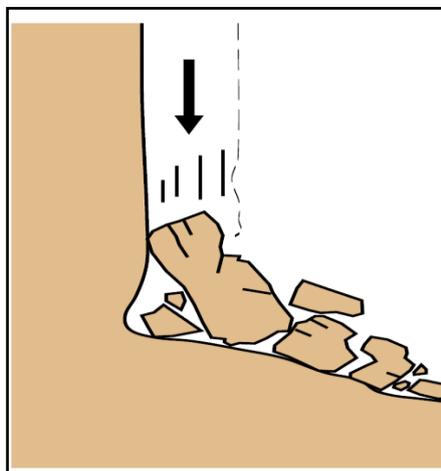


Figura 5. Esquema de Corominas y Yague (1997) denominan a este movimiento “colapso”.

2.3. Erosión de laderas (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, (figura 6).

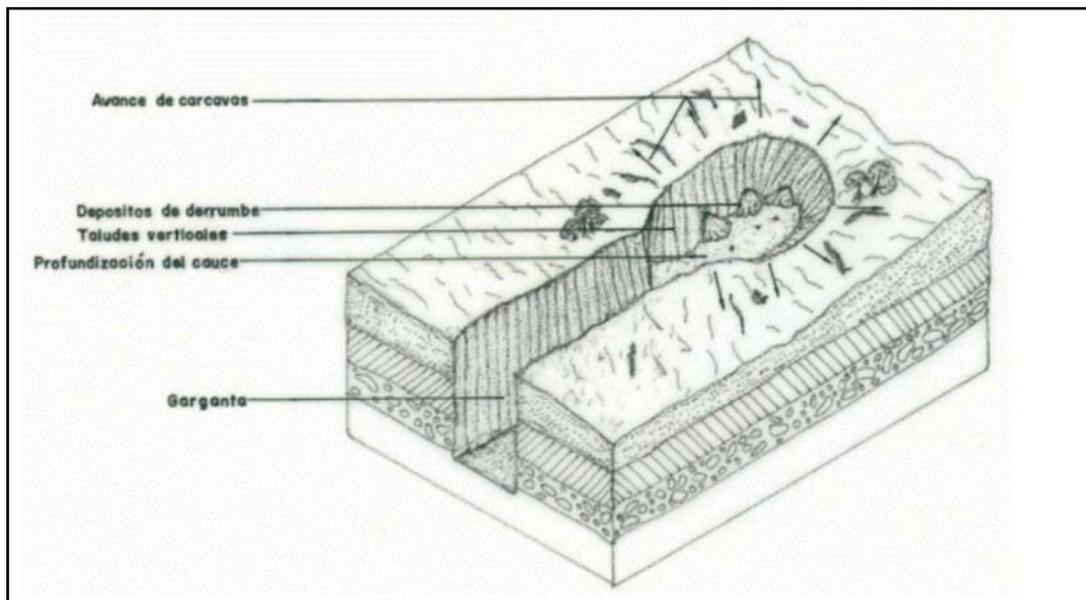


Figura 6. Proceso de formación de cárcavas

2.4. 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).

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un movimiento de ladera tipo rotacional, como evidencia en la zona (figura 7), ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990).

Deslizamiento rotacional, es cuando la superficie de rotura es una superficie cóncava. Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados, Antoine (1992), se suelen diferenciar por una inclinación contrapendiente de la cabecera.

Se puede mencionar algunos factores que desencadenan los deslizamientos: rocas muy fracturadas y alteradas o suelos poco coherentes, saturación de suelos o roca alterada por

intensas lluvias, deforestación de tierras, erosión fluvial, erosión de laderas (cárcavas), modificación de taludes de corte, actividad sísmica y volcánica.

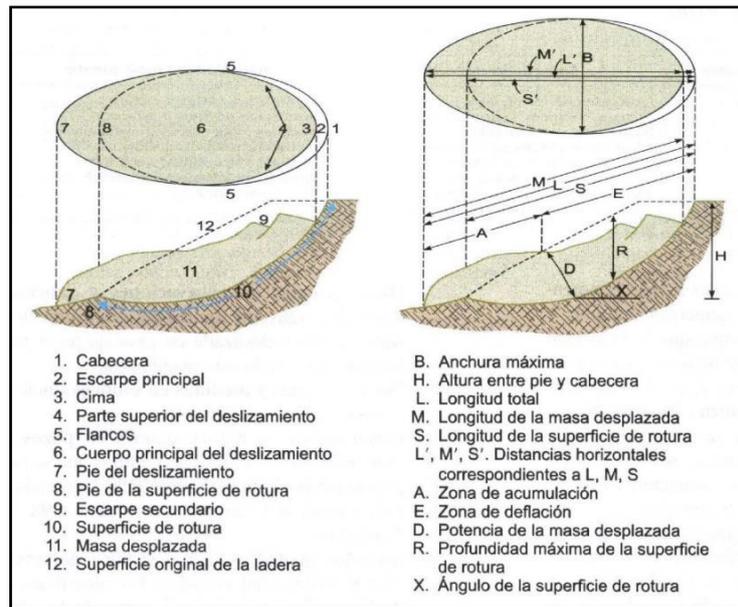


Figura 7. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento, tomado de González de Vallejo (2002).

2.5. Avalancha de escombros

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

2.6. Erupción volcánica

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

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

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

2.7. Índice de explosividad volcánica (IEV)

Representa la magnitud de una erupción y es una escala que va de 0 a 8 grados.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para el análisis geológico del área de evaluación se toma como referencia el mapa geológico del volcán Ubinas, elaborado a escala 1:25000 por (Rivera et al., 2011).

3.1 Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas más antiguas que afloran en el área de estudio corresponde a depósitos de avalancha de escombros (P-U2), y depósitos recientes de flujos de detritos – lahares (Qh-L). (mapa 1).

3.1.1 Depósito volcanoclástica estratificada con depósitos sedimentarios (P-Ta2)

La secuencia posee más de 60 m de espesor, aflora en la cabecera del valle de Ubinas (sector Sacohaya) y en la margen izquierda del valle del río Para. Está constituida por niveles de limonitas estratificadas intercaladas con niveles de flujos de barro. Eventualmente, presenta fallas normales con rumbo N 30° E en el área de Sacohaya. Las rocas sobreyacen a lavas de la Formación Matalaque. (Rivera et al., 2011). Es un depósito no consolidado.

3.1.2 Avalancha de escombros (P-U2)

Después de la construcción del estratovolcán del volcán Ubinas, se produjo un colapso del flanco sur del edificio volcánico, (figuras 8 y 11) generando un depósito de avalancha de escombros cuyo volumen es de ~2,8 km³, 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” o “dientes de serrucho”. El espesor de estas avalanchas es variable, sobrepasan los 220 m a 4 km al SE del cráter, y disminuyen hacia la parte baja del valle de Ubinas (30 m a 10 km al SE del cráter) (Rivera et al., 2011).

Por sus características litológicas, el depósito de avalancha de escombros es fácil de saturarse de agua en temporadas de lluvia y susceptible a la ocurrencia de deslizamientos.

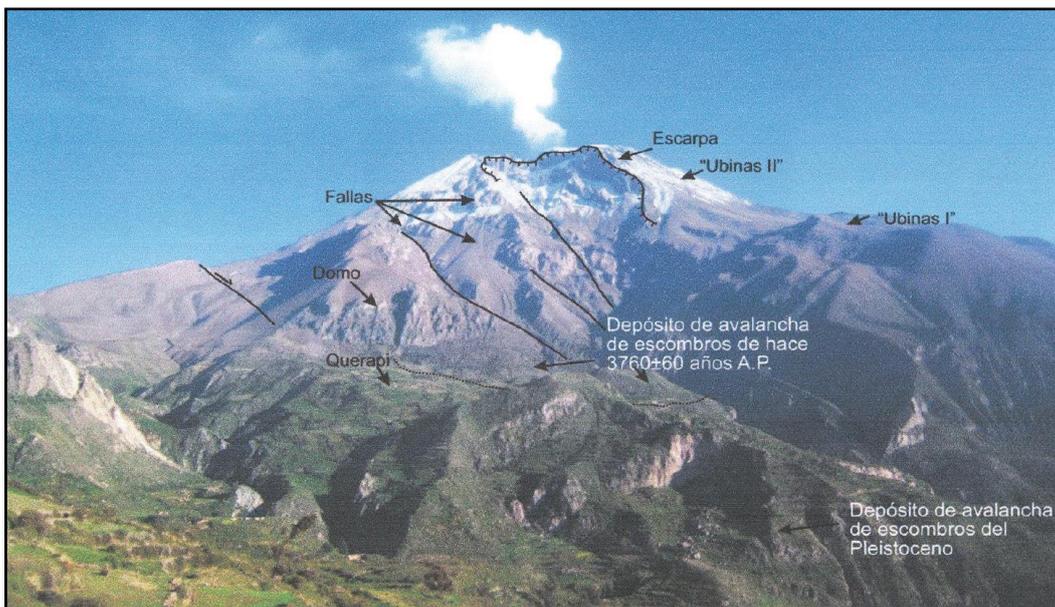


Figura 8. Flanco Sur del volcán Ubinas. En la parte baja se distinguen depósitos de avalanchas de escombros del Pleistoceno, (Rivera et al., 2011).

3.1.3 Depósitos de 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 grava, dentro una matriz 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. Además, depósitos de lahares se encuentran hasta una distancia de 10 km del cráter (actual cauce del río Ubinas), formando terrazas escalonadas que hacen un espesor total de hasta 4 m. 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).

Por la parte baja del área agrícola de la comunidad campesina de Sacohaya desciende el río Cruz Para, cuyo cauce es afectado todos los años por flujo de detritos (lahares) que descienden desde las laderas del volcán Ubinas (figura 9).

Los depósitos de lahares antiguas forman terrazas aluviales, sobre la cual se desarrolla el área agrícola de Sacohaya.



Figura 9. Río Cruz Para, en esta zona se observa erosión fluvial, los flujos de detritos (lahares) recientes tienen poca depositación de material. (coordenadas UTM WGS84: 300185E, 8186907N)

Un ejemplo de estos lahares es los ocurridos en los ríos Ubinas-Volcanmayo y Para en febrero del 2016. Informe técnico N° A6745. Ingemmet, (figura 10).



Figura 10. Lahares emplazados entre los ríos Para y Ubinas-Volcanmayo ocurridos los días 11, 12 y 22 de febrero del 2016. Vista del sector desde San Miguel. Fuente: Informe técnico N° A6745 del Ingemmet.

3.1.4 Depósitos coluviales (Qh-cl)

A lo largo de la margen derecha del río Cruz Para (entre los 3700 a 4500 m s.n.m.) se distinguen depósitos coluviales. Estos depósitos se encuentran cubriendo la avalancha de rocas. Se caracterizan por presentar clastos que van desde bloques a limos heterogéneos y sueltos producto de la erosión y meteorización de las rocas circundantes. Además, dentro de ellos se encuentran lapilli y cenizas removidas pertenecientes a caídas de tefras del volcán Ubinas. Los depósitos son no consolidados.

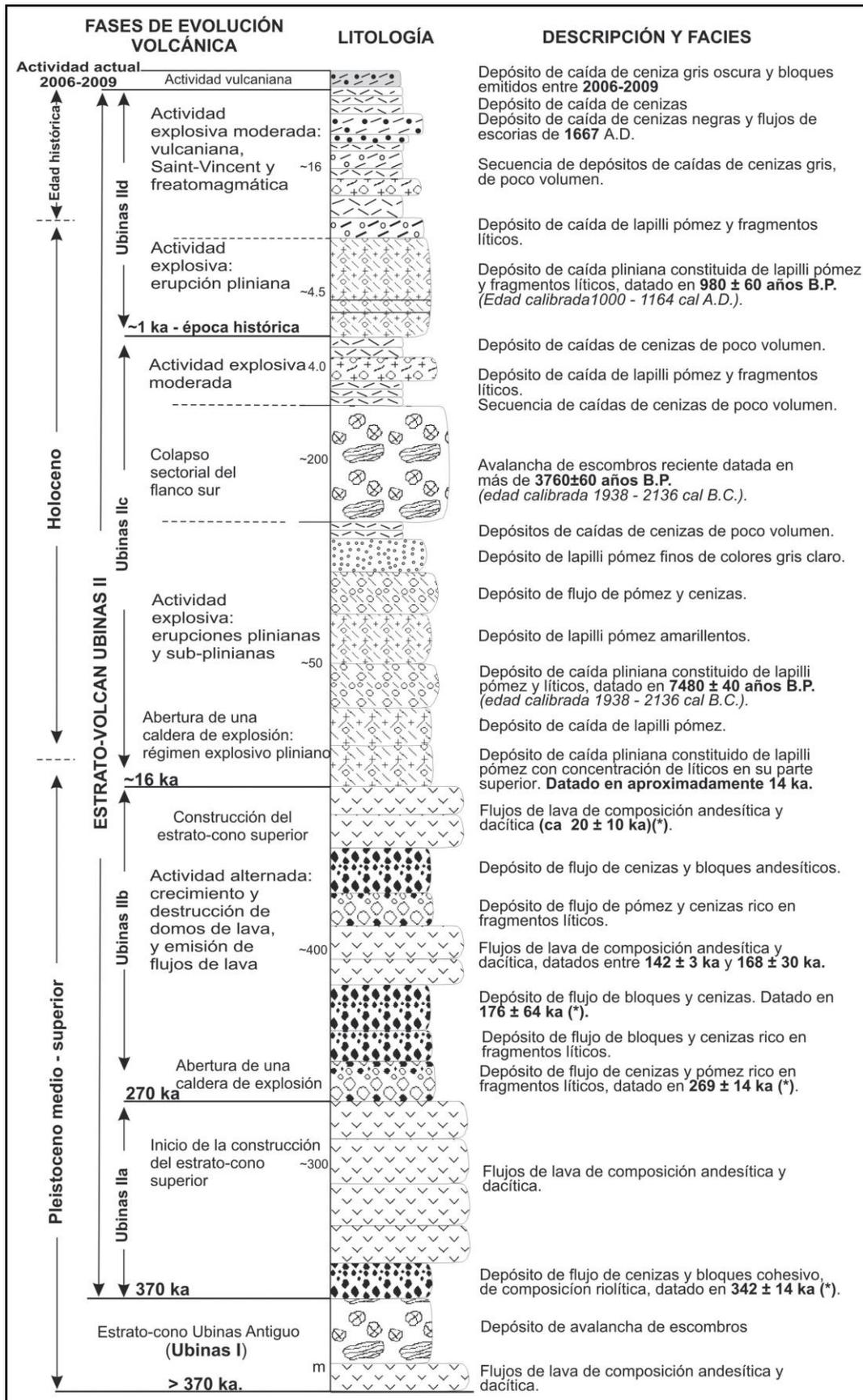


Figura 11. Columna estratigráfica del volcán Ubina: principales procesos e implicaciones para la evolución geológica y volcánica. (Rivera et al., 2011).

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1 Pendientes del terreno

Las pendientes de los terrenos en la comunidad campesina de Sacohaya, varía desde llanos a inclinados suavemente en las terreas aluviales (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 ($> 45^{\circ}$), (figuras 12). Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 12.5 m tomado del portal EARTH-DATA - Alaska Satellite Facility Distributed (ASF DAAC) de la NASA (mapa 2).

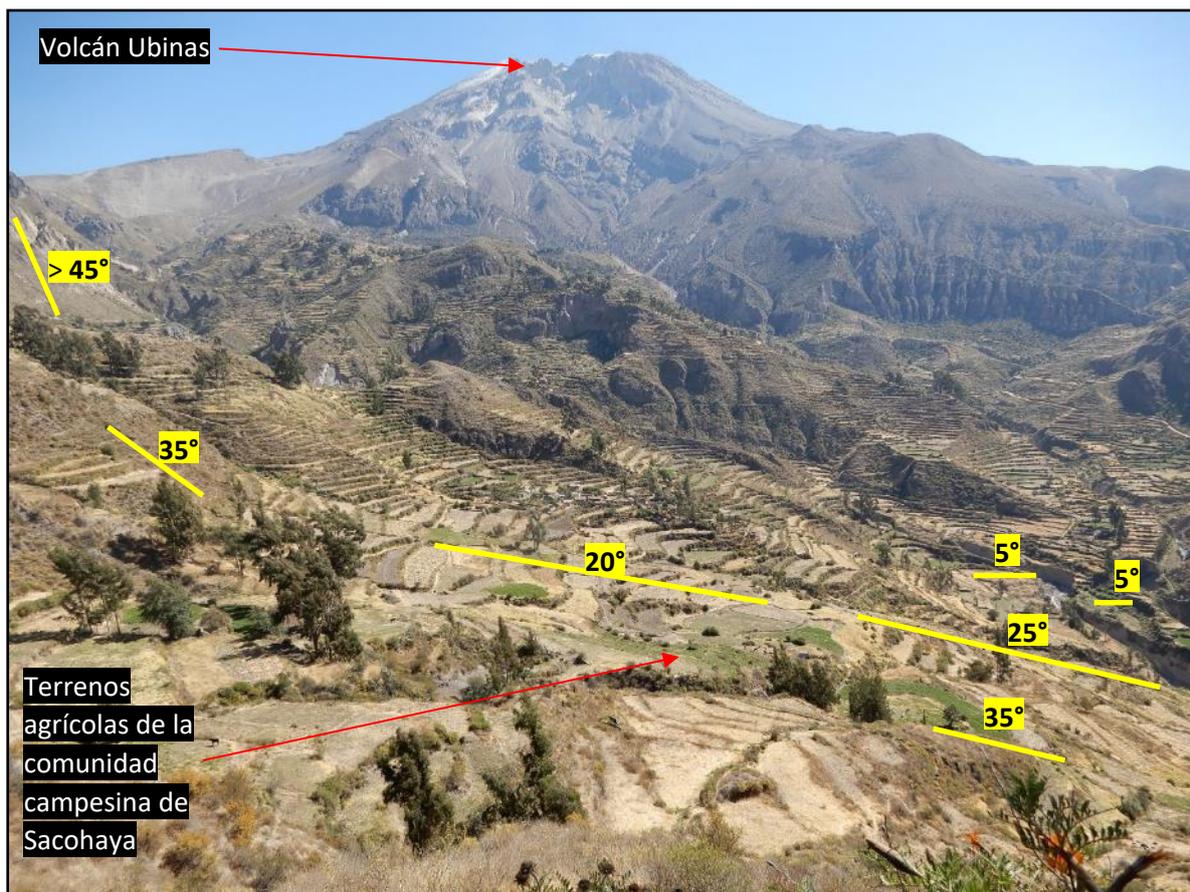


Figura 12. El texto con color amarillo muestra las distintas pendientes de área agrícola de la comunidad campesina de Sacohaya, (coordenadas UTM WGS84: 300174E, 8185820N)

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:

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

La evolución del relieve en la comunidad campesina de Sacohaya, se presenta en el mapa geomorfológico (mapa 3).

En el área de estudio se han formado 3 geoformas o subunidades, como son: relieve de montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs), Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd) y Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at).

4.2.1 Geoformas 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:

4.2.1.1 Unidad de montaña

Esta unidad está conformada por relieves agrestes, se caracteriza por su elevada altitud y por las altas pendientes de sus laderas.

Subunidad de montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs): Dentro de esta subunidad se consideran a los relieves de montañas modeladas en afloramientos de rocas volcánicosedimentarias. Presentan crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 25°. También, se tienen montañas con laderas empinadas y cimas redondeadas. Esta subunidad se ubica al este del área urbana de la comunidad campesina de Sacohaya.

4.2.2 Geoformas de carácter depositacional o 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 continentales 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 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 la comunidad campesina de Sacohaya, está ubicada dentro de esta subunidad geomorfológica.

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. En el área de evaluación se ubica en las partes bajas del área agrícola, en inmediaciones del río Cruz Para. Es una de las unidades con mayor susceptibilidad a generar peligros por movimientos en masa.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos corresponden a movimientos en masa de tipo, deslizamiento, flujo de detritos (lahares), caída de rocas y derrumbe. Estos 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. Estos movimientos en masa tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial y la cobertura vegetal. Como factores “detonantes” se tiene a las lluvias periódicas y extraordinarias que caen en el área; así como, la actividad sísmica. También se identificaron procesos de erosión de ladera de tipo cárcavas y erosión fluvial.

5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

En la comunidad campesina de Sacohaya, se identificaron diferentes tipos de movimientos en masa (mapa 4) que se describen a continuación.

5.1.1 Deslizamiento

En la comunidad campesina de Sacohaya se identificó un deslizamiento rotacional activo, el cual posee un movimiento lento y retrogresivo. Durante los trabajos de campo se observó una depresión con forma irregular que corresponde al deslizamiento Sacohaya, (figura 13)

La corona y el salto de escarpe, no se observan nítidamente debido a la vegetación, procesos de erosión y meteorización que afectó el lugar (figura 14)

La masa deslizada o removida, llega hasta el cauce del río Cruz Para y presenta ondulaciones o desniveles entre la ladera media y la quebrada; también, se evidencia desplazamiento del terreno.

La dirección de desplazamiento del deslizamiento va de oeste a este con dirección al río Cruz Para. Además, en el pie del deslizamiento se ha observado intensa erosión fluvial, debido a la sinuosidad del río en este sector. Se observan también derrumbes en la parte baja del deslizamiento Sacohaya.

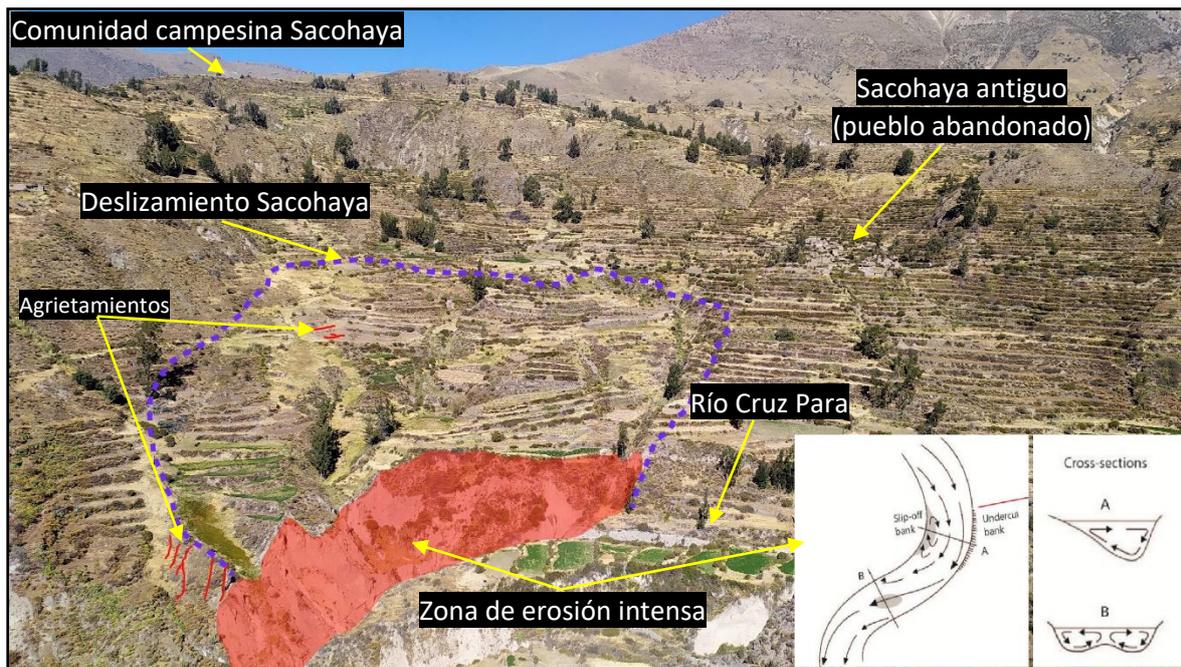


Figura 13. Deslizamiento Sacohaya, (coordenadas UTM WGS84: 300230E, 8186606N)

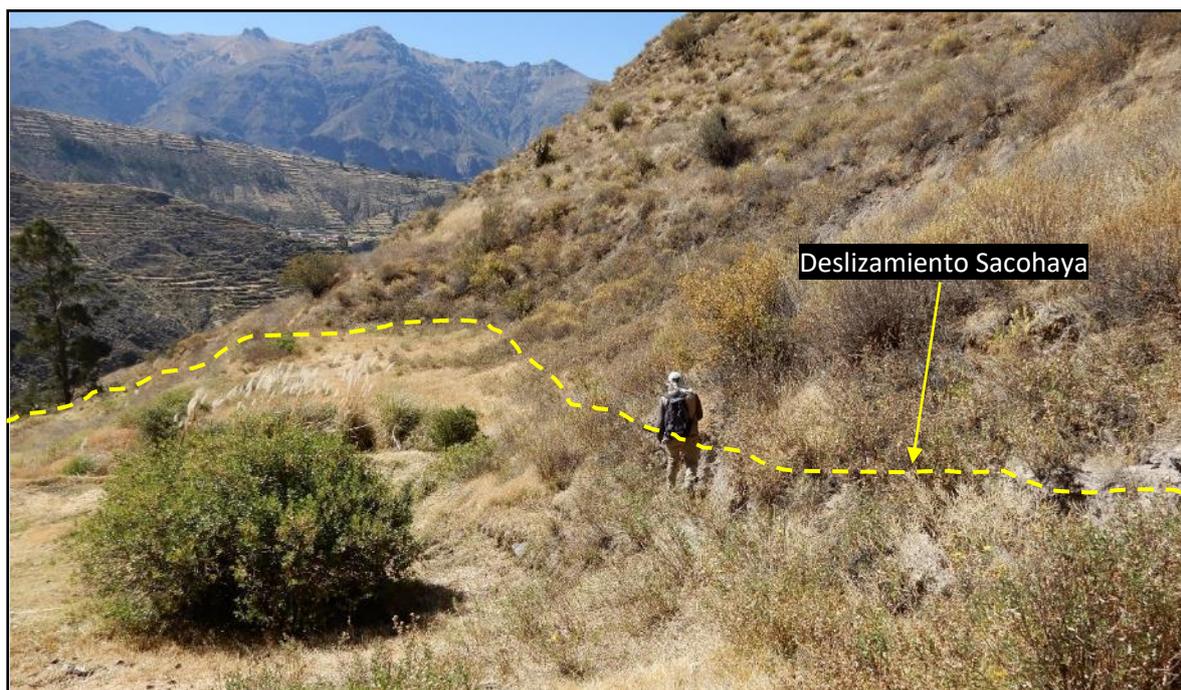


Figura 14. Escarpe del deslizamiento Sacohaya, (coordenadas UTM WGS84: 300315E, 8186406N)

A continuación, se describe las características principales del deslizamiento Sacohaya.

El evento corresponde a un deslizamiento rotacional, su corona principal es de forma regular y mide 880 m; la altura del salto del escarpe principal varía entre 1 a 1.5 m, (Figura 15). El evento está comprendido entre las cotas 3440 m s.n.m. y 3300 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 140 m. La masa se desplazó en dirección Este.

El deslizamiento Sacohaya, se generó en una unidad litoestratigráfica denominada avalancha de escombros, el cual está constituida de bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos hasta decimétricos, la mayoría están hidrotermalizados, (figura 16).



Figura 15. Escarpe del deslizamiento Sacohaya, al fondo se visualiza el volcán Ubina, (coordenadas UTM WGS84: 300061E, 8186410N)

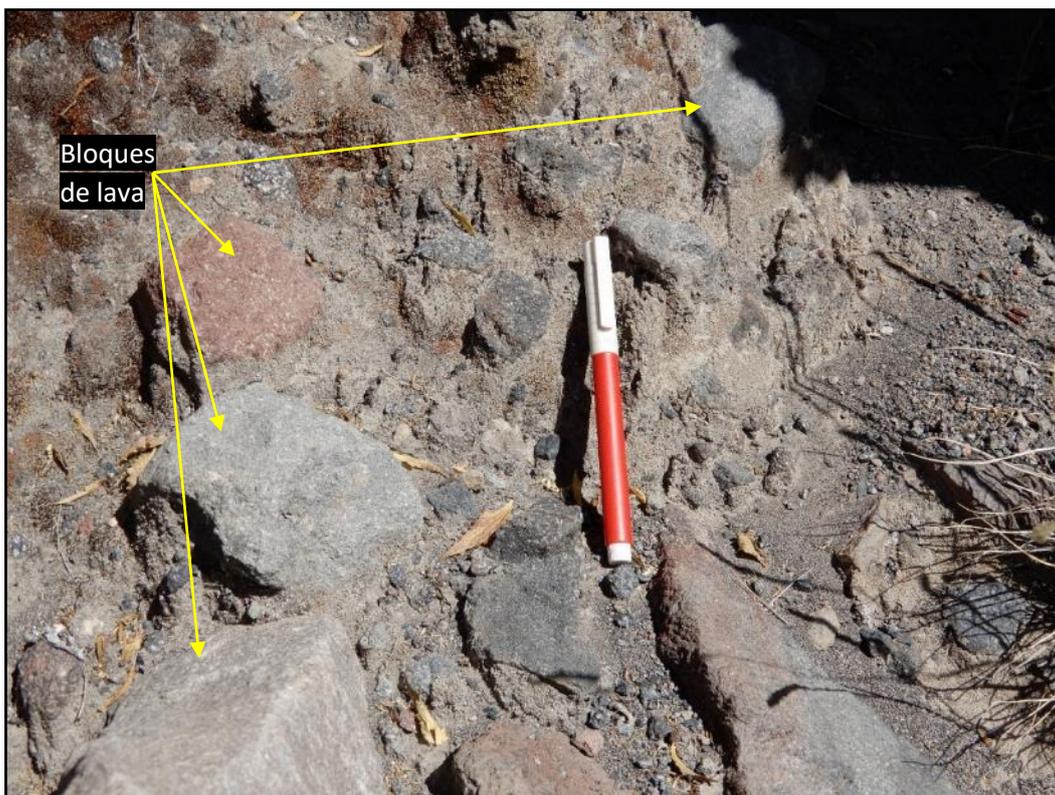


Figura 16. Depósito de avalancha de rocas del volcán Ubina, (coordenadas UTM WGS84: 300010E, 8186178N)

En los puntos UTM E: 300285, N: 8186449 y E: 300053, N: 8186646, ubicados en el cuerpo del deslizamiento Sacohaya, se han evidenciado agrietamiento de hasta 11 metros de largo, con hasta 50 cm de apertura. Las grietas se desarrollan en depósitos de avalancha de rocas, los cuales se encuentra poco consolidados (figura 17).



Figura 17. Agrietamientos en el cuerpo del deslizamiento (coordenadas UTM E: 300053, N: 8186578)

En el área agrícola de Sacohaya se han encontrado que la mayoría de los canales de regadío, no cuentan con revestimiento adecuado, (figuras 18a, 18b, 18c y 18d).

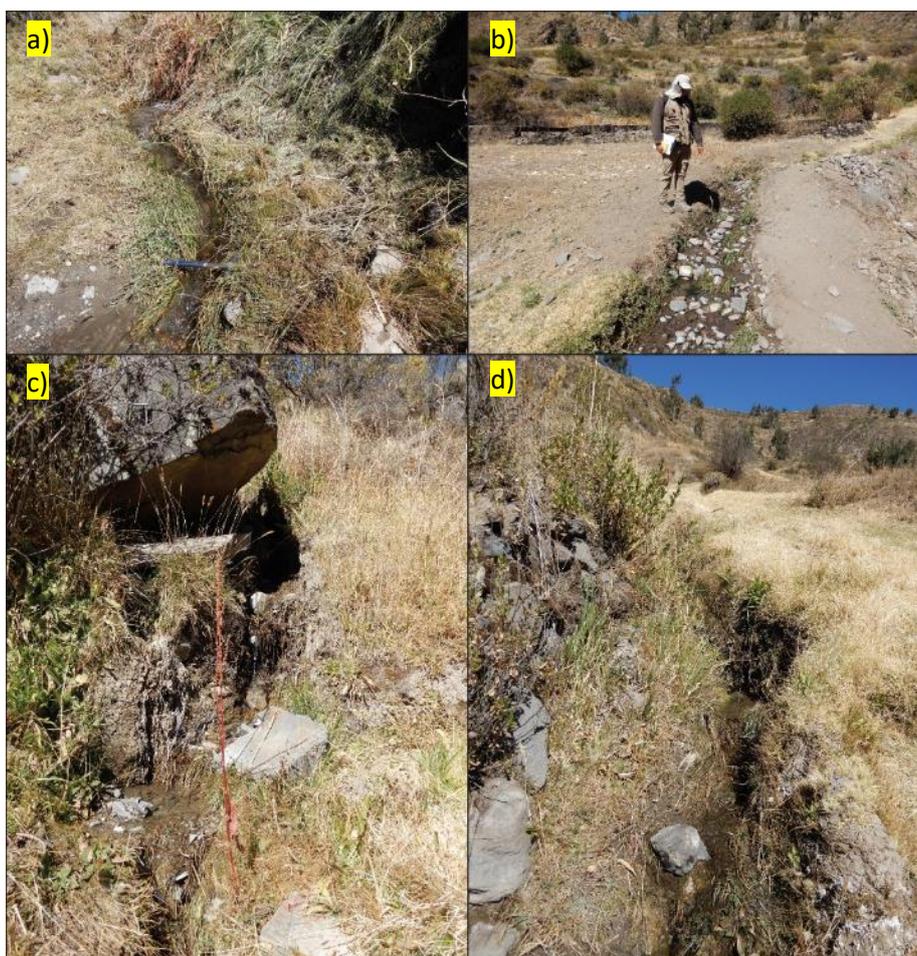


Figura 18. Canales de agua en el área agrícola de la comunidad campesina de Sacohaya. a) se ubica en las coordenadas UTM WGS84: 299317E, 8186248N; b) en 300074E, 8186251N; c) en 300193E, 8335193N y d) en 299995E, 8186563N.

5.1.2 Flujo de detritos (lahares).

El río Cruz Para nace en el blanco Sur del volcán Ubinas, sobre los 4860 m s.n.m. durante su recorrido cruza la parte baja del área agrícola de la comunidad campesina de Sacohaya. Por el descienden flujos de detritos (lahares), que son una mezcla de fragmentos de rocas volcánicas, de diversos tamaños movilizados por el agua que fluyen rápidamente, a velocidades que varían de 40 a 100 km/h. Se generan en períodos de erupción o de tranquilidad volcánica. El agua puede provenir de fuertes lluvias, fusión de hielo o nieve.

Estos flujos de detritos (lahares) eventualmente pueden salir del cauce del río, estos flujos normalmente destruyen todo lo que encuentran a su paso y pueden alcanzar grandes distancias (>200 km) (Tilling, 1993).

Considerando el diagrama de Bateman et al., (2006), el sector agrícola de Sacohaya se ubica en la zona de transición entre la de generación y la de transporte(figuras 19 y 20).

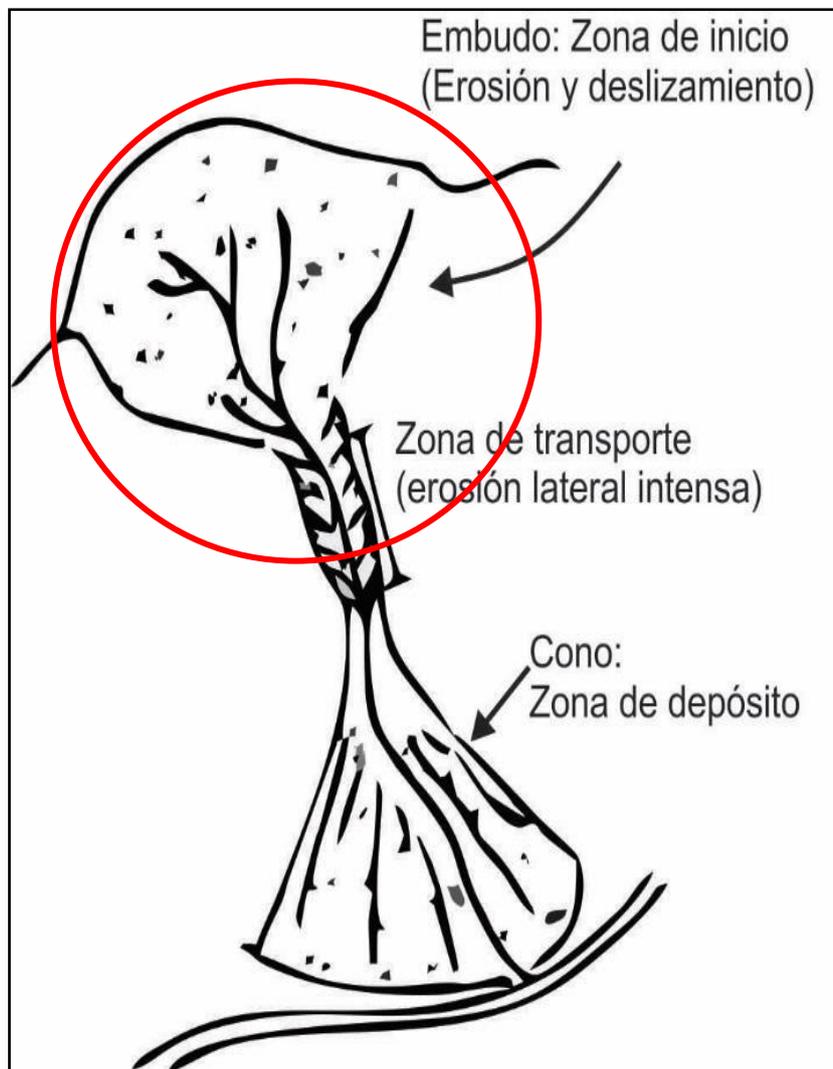


Figura 19. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman et al., 2006)

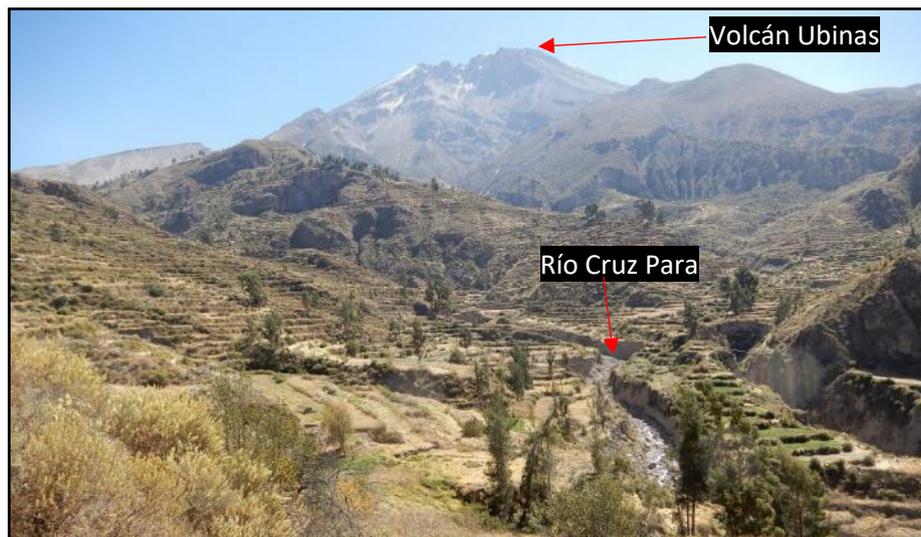


Figura 20. Río Cruz Para en la comunidad campesina de Sacohaya, (coordenadas UTM WGS84: 300296E, 8186772N)

Durante los trabajos de campo, en el río Cruz Para se han encontrado depósitos de lahares adosados en las laderas del cauce (figura 20). Los depósitos son ligeramente compactados, están conformados por 60 a 70 % de material fino y 30 a 40% de bloques. Los bloques que predominan tienen un diámetro comprendido entre 20 y 50 cm y representan más del >50% de bloques. Los bloques más grandes tienen diámetro de 1 a 2 m y representan menos del 20%. Los bloques poseen litología heterogénea, conformado por lavas andesíticas, bloques de domo, pómez, fragmentos hidrotermalizados y también se encontraron fragmentos de rocas. Todo lo mencionado se encuentra dentro de una matriz areno-limosa (figura 21).

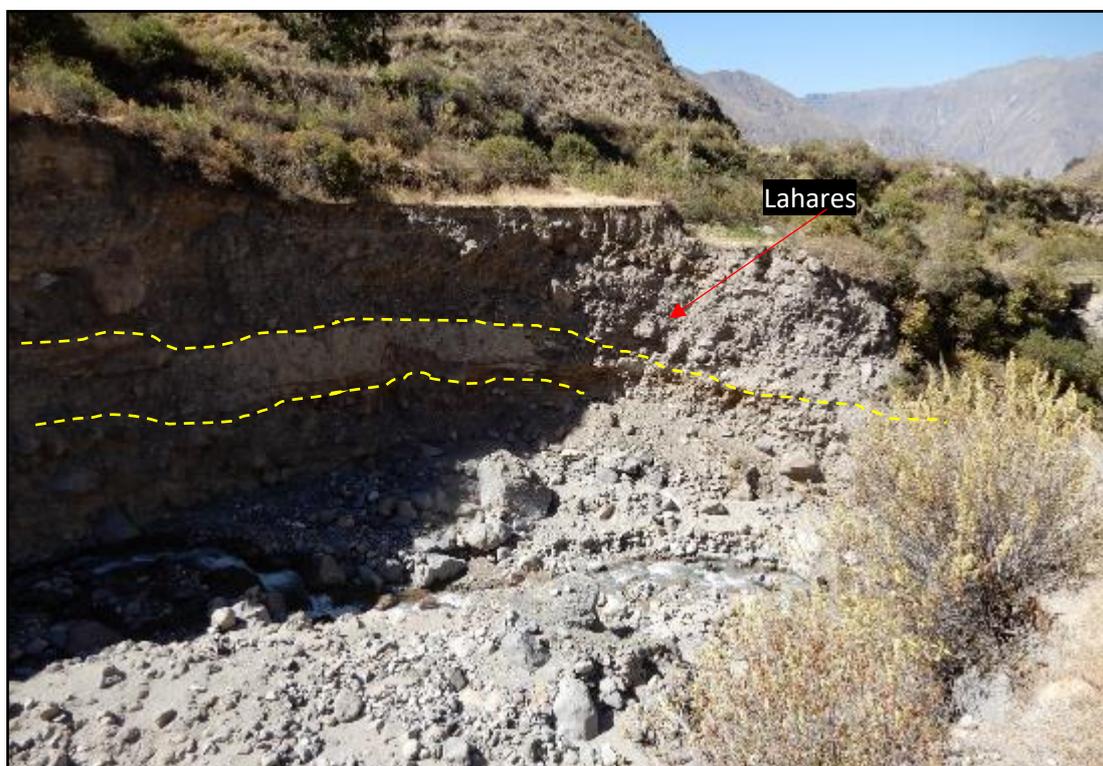


Figura 21. Depósitos de lahares adosados en el río Cruz Para (coordenadas UTM WGS84: 300212E, 8186904N)

5.1.3 Zona de derrumbes

Los derrumbes se presentan a lo largo del río Cruz Para donde en ambas márgenes afloran secuencias de depósitos adosados de lahares.

Los terrenos agrícolas de la comunidad campesina de Sacohaya, se ubican sobre terrazas de depósitos de lahares que poseen hasta 5 metros de espesor. La erosión fluvial afecta la estabilidad de la ladera y genera derrumbes en el cauce del río Cruz Para. (figura 22).

Las aguas provenientes del sistema de riego por gravedad se infiltran en los terrenos, saturando los materiales, lo cual ayuda la generación de derrumbes en el cauce del río.



Figura 22. Zona de derrumbes en el río Cruz Para, (coordenadas UTM WGS84: 300212E, 8186904N)

5.1.4 Caída de rocas

La caída de rocas se viene presentado en las coordenadas UTM WGS84: 299345E, 8187474N, ubicada en la margen izquierda del río Cruz Para, en acantilados conformados por lavas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Si los bloques colgados pierden el soporte que actualmente los sostienen, estos podrían caer (figura 23).

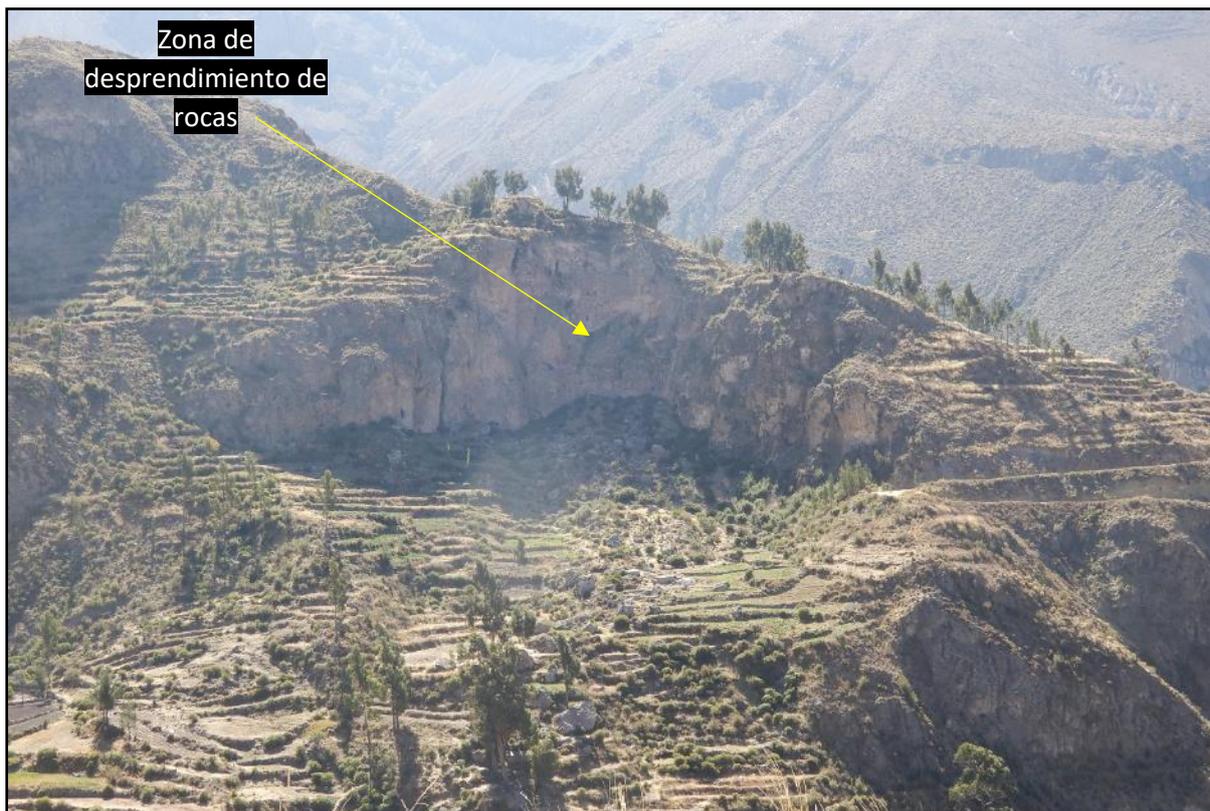


Figura 23. Se aprecian las zonas de desprendimiento de rocas, se ubican en las coordenadas, (coordenadas UTM WGS84: 299345E, 8187474N)

5.1.5 Erosión de laderas en cárcavas

Los procesos de erosión de ladera de tipo cárcavas ocurren en la confluencia de los ríos Ubinas y Tambo, se presentan en las laderas compuestas por depósitos coluviales de antiguas ocurrencias de movimientos en masa. Las cárcavas poseen hasta 5 metros de ancho y entre 3 a 4 metros de profundidad.

5.2 Mapa de peligros volcánicos múltiples del volcán Ubinas

El mapa de peligros existente elaborado para el volcán Ubinas fue publicado el año 2011 (Rivera et al., 2011). En dicho mapa se estableció que la zona de alto peligro (rojo) pueden ser “severamente afectado por la ocurrencia de flujos de detritos (lahares), 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). Las zonas mediales de alto peligro serían afectadas principalmente por flujos de detritos (lahares).

En febrero del 2016 tanto en el valle del río Volcanmayo-Ubinas y río Para, fue afectado por flujos de detritos (lahares), originados por la erosión y transporte de ceniza emplazada durante la erupción del volcán Ubinas del 2014-2015. Cabe mencionar que esta erupción fue de magnitud baja a moderada, con VEI 2, similar a la mayoría de las erupciones registradas en época histórica.

En el mapa de peligros múltiples del volcán Ubinas (Rivera et al., 2011), el área evaluada se encuentra en la zona de alto peligro (polígono de color rojo) y la zona de moderado peligros (polígono de color naranja), (mapa 5).

5.3 Factores condicionantes

- Depósitos de avalancha de escombros producto del colapso del flanco sur del edificio volcánico del Ubinas. La cual está constituida de bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos hasta decimétricos, la mayoría están hidrotermalizados, los bloques presentan fracturas de tipo “jigsaw” o “dientes de serrucho”. El depósito es no consolidado.
- Proximidad al volcán Ubinas, el área evaluada se ubica a 6 k del edificio volcánico. Según el mapa de peligros múltiples del volcán Ubinas el área evaluada se ubica mayoritariamente en la zona de moderado peligro (polígono de color naranja)
- La pendiente del área evaluada varía desde llanos a inclinados suavemente en las terreas aluviales (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 (> 45°).

5.4 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 (lahares) también son generados por lluvias intensas.
- Los movimientos sísmicos pueden generar desprendimientos de rocas desde las partes altas, deslizamientos y derrumbes. Según el diseño sismorresistente, del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N°011-2006-vivienda. La zona evaluada se ubica en la zona 3, con un factor Z de 0.35. “El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad

6. CONCLUSIONES

1. En el área evaluada afloran depósitos no consolidados de volcanoclásticos estratificados con nivel sedimentarios; avalanchas de rocas, conformada de bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos, la mayoría están hidrotermalizados y depósitos coluviales conformados por clastos que van desde bloques a limos heterogéneos. Además, se presentan depósitos ligeramente consolidados de flujos de detritos (lahares), conformados por 60 a 70 % de material fino y 30 a 40% de bloques.
2. Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el área evaluada comprenden: Deslizamientos, flujo de detritos (lahares), derrumbes y caída de rocas. Así mismo, se han observado procesos de erosión de ladera en cárcavas.
3. Se identificó un deslizamiento rotacional activo, el cual posee un movimiento lento y retrogresivo. Cuya corona principal es de forma regular y mide 880 m; la altura del salto del escarpe principal varía entre 1 a 1.5 m. El evento está comprendido entre las cotas 3440 y 3300 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 140 m.
4. Los peligros geológicos identificados están condicionados por la presencia de depósitos no consolidados de avalancha de escombros producto del colapso del flanco sur del volcan Ubinas. La cual está constituida de bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos hasta decimétricos, la mayoría están hidrotermalizados. La pendiente de los terrenos en el área de estudio varía desde llanos a inclinados suavemente en las terreas aluviales (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 ($> 45^{\circ}$).
5. Se concluye que el área evaluada es considerada zona crítica y de **Peligro Alto**, El área puede ser afectadas por deslizamientos, flujo de detritos (lahares), que pueden ocurrir en la temporada de lluvias. Además, en el sector se pueden generar, caída de rocas y derrumbes.

7. RECOMENDACIONES

1. Para disminuir el avance del deslizamiento Sacohaya, evitar las infiltraciones de agua en el suelo, a través de cambio de técnicas de riego con asesoramiento de las entidades correspondientes.
2. Trasladar las aguas que surgen en el área evaluada hasta zonas alejadas del cuerpo del deslizamiento Sacohaya, para evitar la saturación de los terrenos.
3. Con el objetivo de conducir adecuadamente las aguas pluviales, impermeabilizar el mayor porcentaje de superficie incluyendo canales (tubería de PVC o manguera flexibles) para evitar infiltraciones de agua al subsuelo.
4. Todos los reservorios y canales de agua en el sector deberían ser impermeabilizados para evitar la infiltración en los terrenos.
5. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar construcción de viviendas o infraestructura área susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.
6. La población debe ser incentivada a la migración a nuevos tipos de cultivos y técnicas de irrigación, evitando las prácticas de riego por inundación.



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



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

BIBLIOGRAFÍA

Caldas, J. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 46, 62 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2056>

Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072

Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The análisis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.

Gomez, H. & Pari, W. (2020) - Peligro geológico en la Departamento Puno. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 77, 236 p., 9 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2575>

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

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

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

Rivera M., Mariño J., Thouret J-C. (2011) – Geología y evaluación de peligros del volcán ubinas. INGEMMET, Boletín, Serie C : Geodinámica e Ingeniería Geológica, 46, 83 p., 2 mapas.

Salas, G., et al (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Chulca (30-q), Cayarani (30-r), Cotahuasi (31-q) y Orcopampa (31-r), escala 1:100 000. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2054>

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

Zavala, B. (2017). Geodiversidad y Patrimonio Geológico en la subcuenca Cotahuasi. Ingemmet, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ANEXO 1 MAPAS

Se presenta los siguientes mapas:

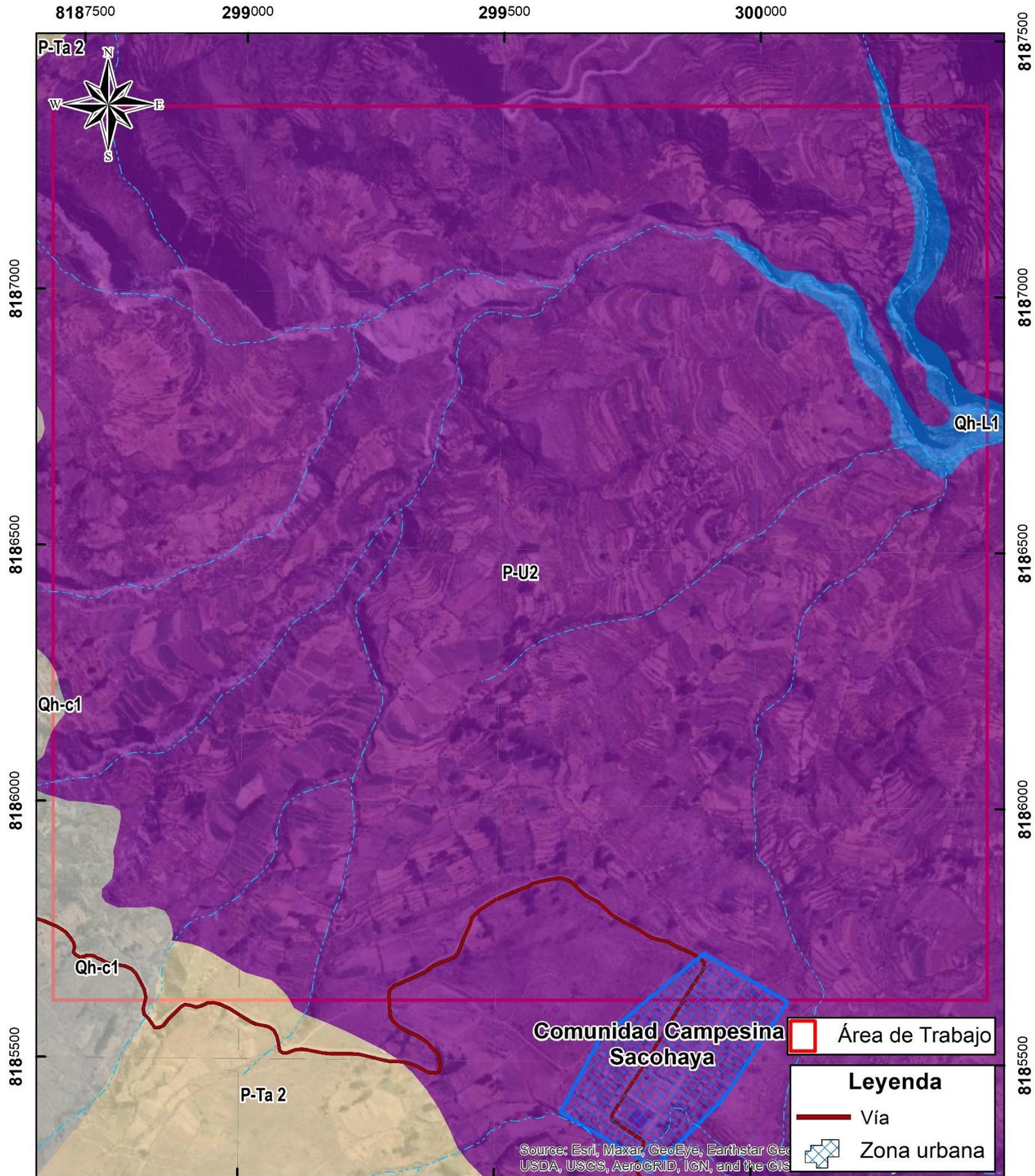
Mapa N°1. Muestra el mapa geológico del área de interés del presente estudio

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

Mapa N°3. Muestra el mapa geomorfológico de la comunidad campesina de Sacohaya.

Mapa N°4. Muestra el mapa de cartografía de peligros geológicos en la comunidad campesina de Sacohaya.

Mapa N°5. Muestra el modificado del mapa de peligros múltiples del volcán Ubinas, Rivera et al., (2011).



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**MAPA GEOLÓGICO DE LA
 COMUNIDAD CAMPESINA DE SACOHAYA**

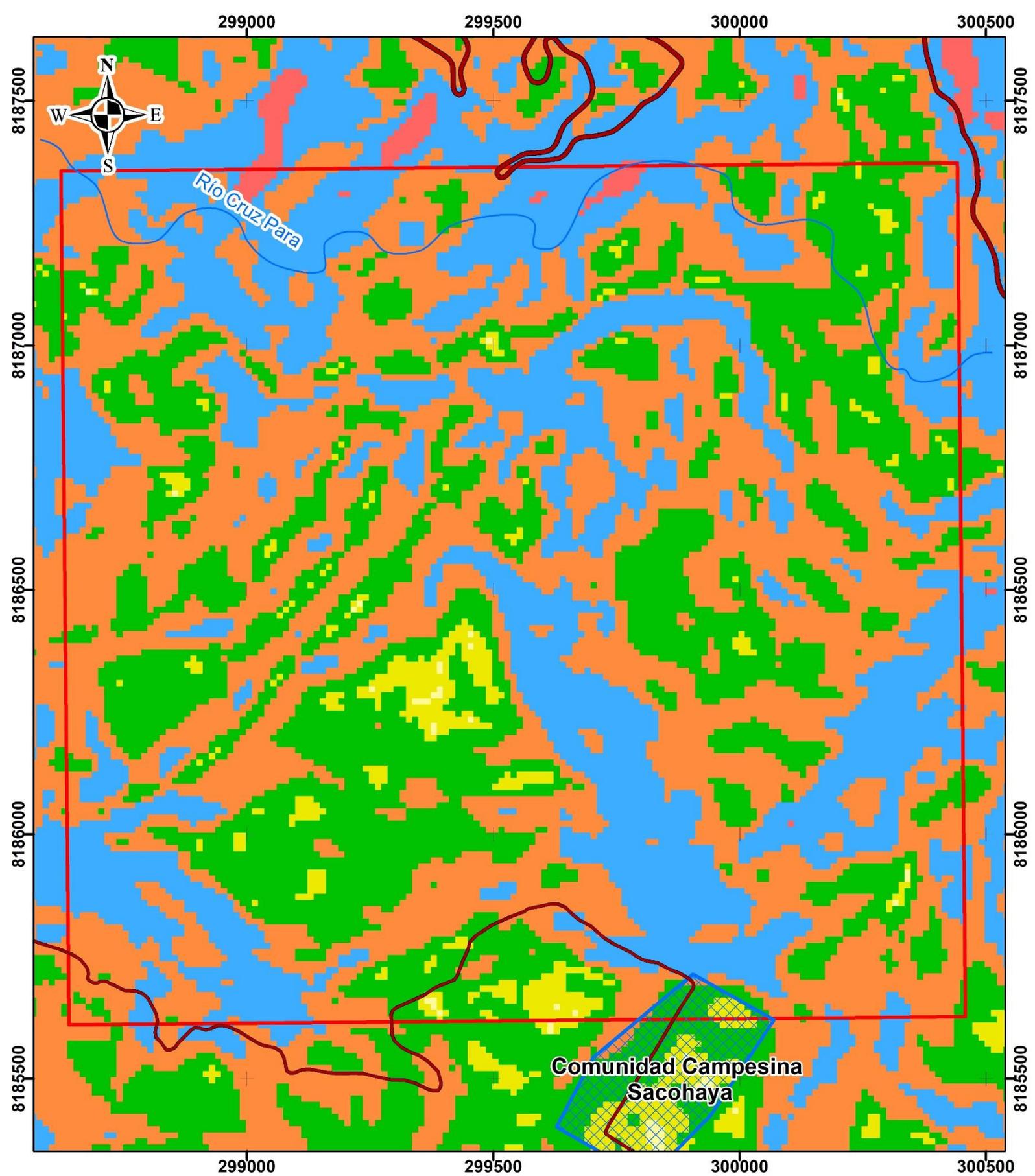
Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 19S

Escala 1:10,000
 0 75 150 300 m

Mapa N° 1

Qh-c1	Depósito coluvial
Qh-L1	Depositos de flujo de detritos (Lahares)
P-U2	Depósito de avalancha de escombros
P-Ta2	Deposito volcanoclástica estratificada con depósitos sedimentarios

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**MAPA DE PENDIENTES DE LA
 COMUNIDAD CAMPESINA DE SACOHAYA**

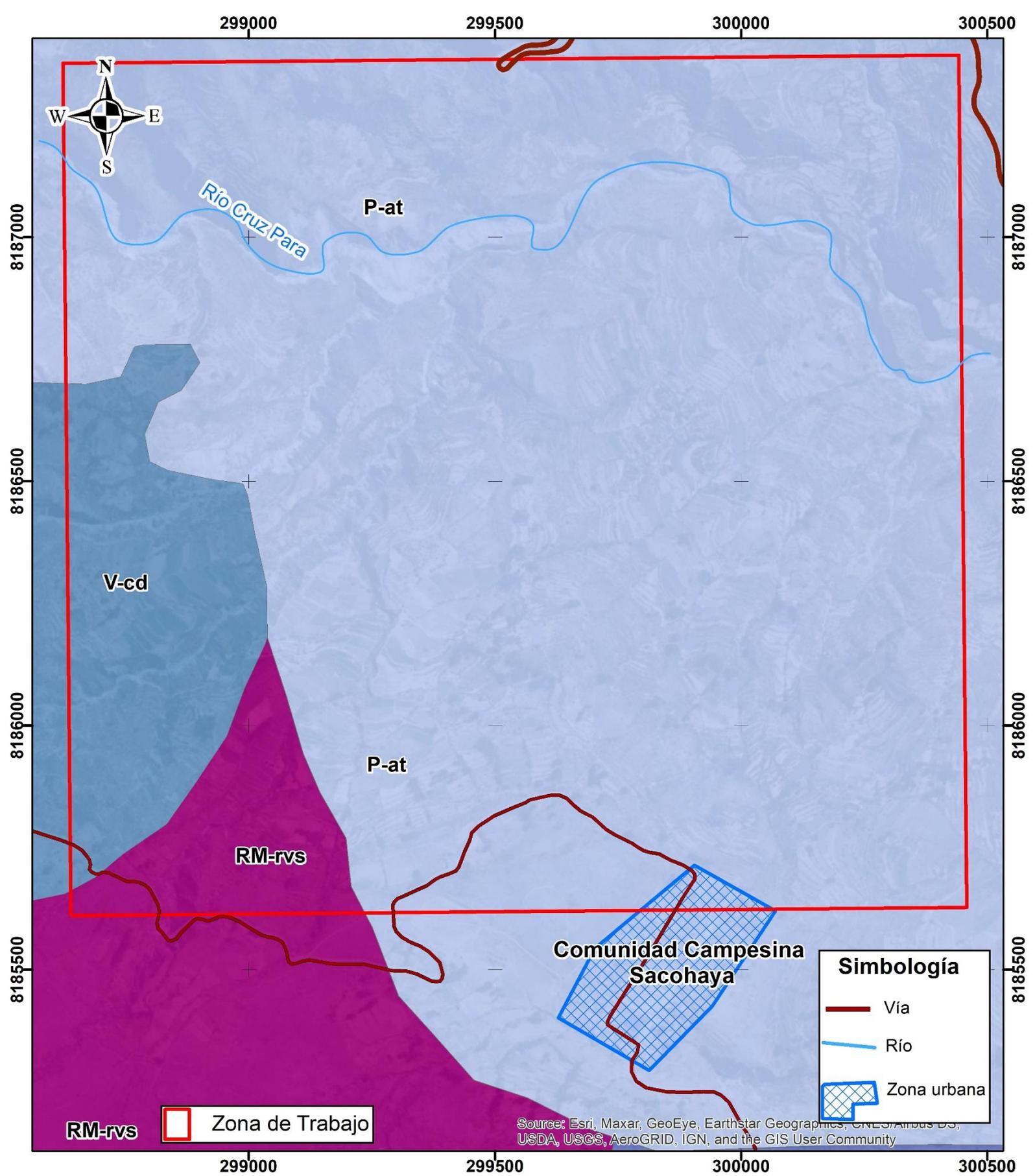
Proyección UTM	Escala 1:10,000	Mapa N° 2
Datum WGS 84	0 75 150 300	
Zona 19S	m	

Pendientes (Grados)

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

Simbología

	Vía
	Río
	Zona urbana
	Área de trabajo



Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

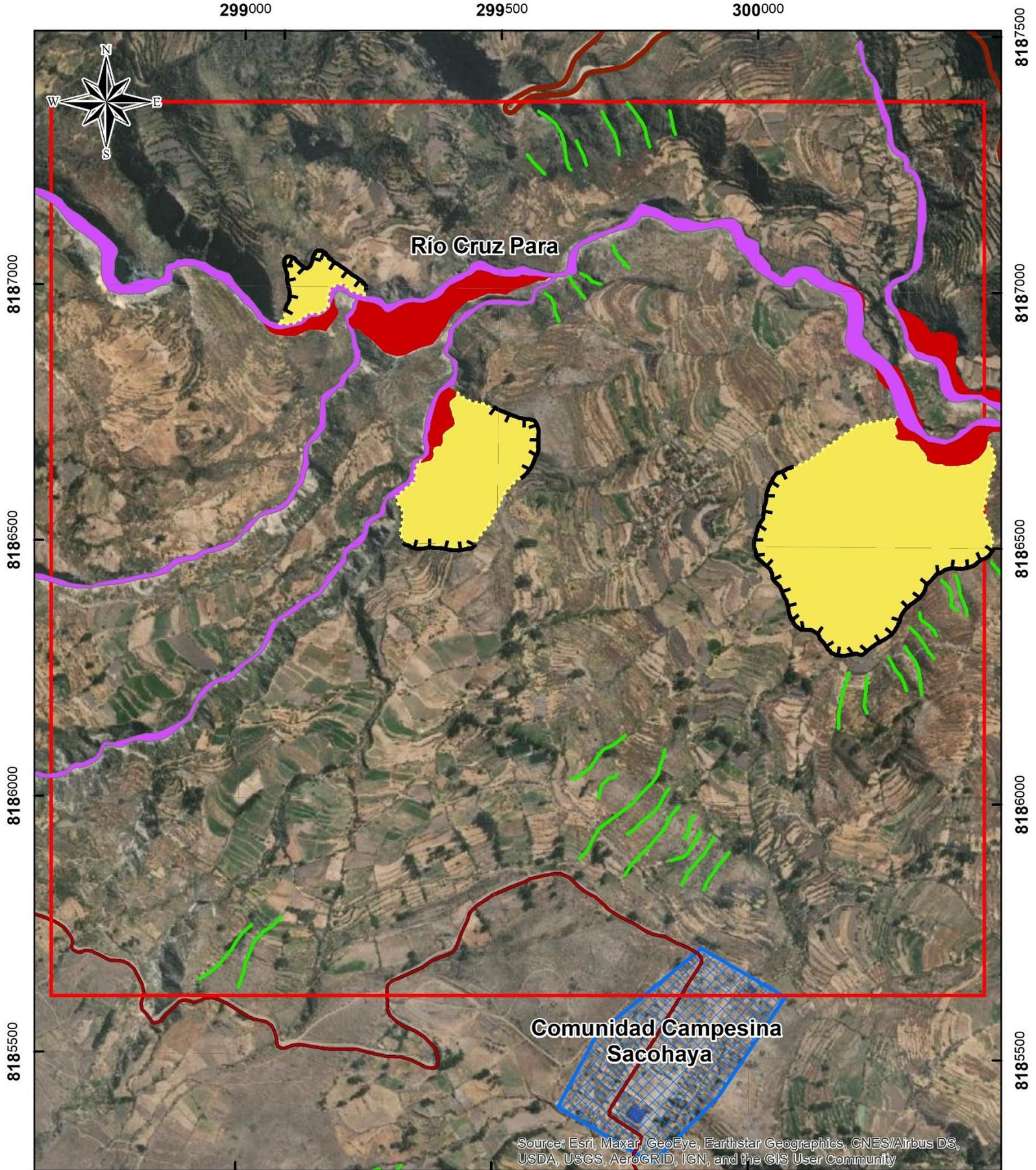
**MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA
 COMUNIDAD CAMPESINA DE SACOHAYA**

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 19S

Escala 1:10,000
 0 75 150 300 m

Mapa N° 3

LEYENDA	
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
RM-rvs	Montaña en roca volcansedimentaria



Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE SACOHAYA

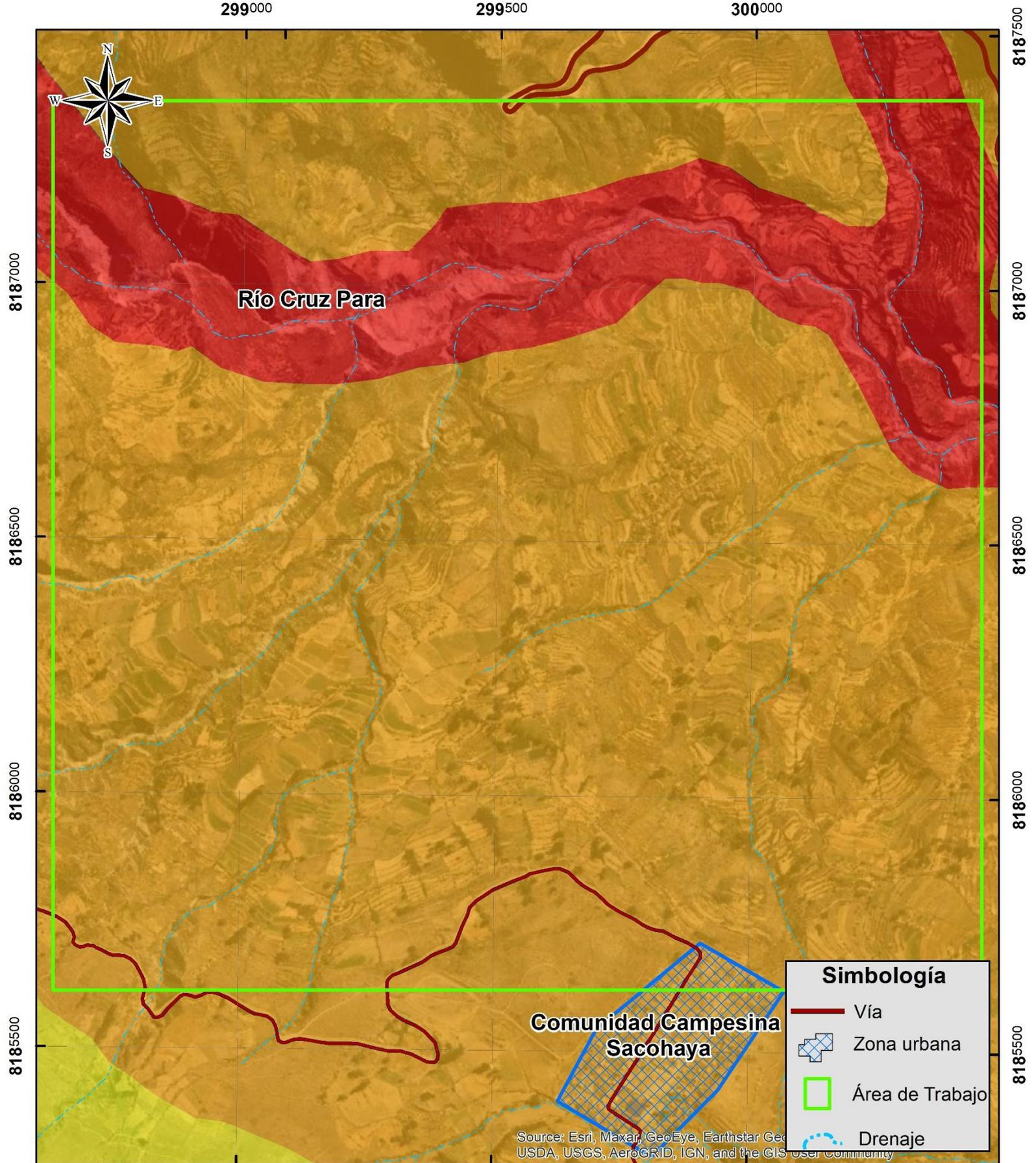
Proyección UTM	Escala 1:10,000	Mapa N° 4
Datum WGS 84	0 75 150 300	
Zona 19S	m	

Peligros geológicos

- Erosión de laderas en cárcavas
- Deslizamiento
- Derrumbes
- Flujo de detritos

Simbología

- Vía
- Río
- Zona urbana
- Área de Trabajo



Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community


SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**MAPA DE PELIGROS VOLCANICOS DE LA
 COMUNIDAD CAMPESINA DE SACOHAYA**

Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:10,000 0 75 150 300  m	Mapa N° 5
--	--	-----------

Leyenda

	Zona de alto peligro
	Zona de moderado peligro
	Zona de bajo peligro