

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7284

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO ANASCAPA Y ALBERGUE SIRAHUAYA

Departamento Moquegua
Provincia General Sánchez Cerro
Distrito Ubinas



JULIO
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO ANASCAPA Y ALBERGUE SIRAHUAYA

Distrito Ubinas, Provincia General Sánchez Cerro, Departamento Moquegua

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

Equipo de investigación:

Yhon Soncco Calsina

David Valdivia Humerez

Rafael Miranda Cruz

Pablo Masías Álvarez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos en el centro poblado Anascapa y albergue Sirahuaya. Distrito Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A7284, 34p

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
1.2.3. Precipitación pluvial.....	4
1. DEFINICIONES	4
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
3.1 Unidades litoestratigráficas	6
3.1.1 Formación Matalaque (Ki-ma).....	7
3.1.2 Flujo piroclástico de bloques y ceniza (P-Ta1).	7
3.1.3 Deposito volcanoclástica estratificada con depósitos sedimentarios (P-Ta2)....	7
3.1.4 Depósitos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza (P-Ta3)	7
3.1.5 Depósito de avalancha de escombros (P-Ba2).....	7
3.1.6 Depósito de avalancha de escombros (P-U2)	7
3.1.7 Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza (P-U3).....	8
3.1.8 Depósito de caída de ceniza y lapilli (H-U2 y H-U3)	8
3.1.9 Depósitos de flujos de detritos (lahares) (Qh-L)	8
3.1.10 Depósitos coluviales (Qh-cl)	8
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	8
4.1 Pendientes del terreno	8
4.2 Unidades Geomorfológicas	9
4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	9
4.2.2 Geoformas de carácter depositacional o agradacional	10
4. ASPECTO ESTRUCTURAL	11
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	12
6.1 Peligros geológicos por movimientos en masa	12
6.1.1 Deslizamiento Anascapa.....	12
6.1.2 Flujo de detritos (lahares).	21
6.1.3 Zona de derrumbes	22
6.2 Factores condicionantes	23
6.3 Factores desencadenantes	23
6. MAPA DE PELIGROS DE LA ZONA PROXIMAL PARA PELIGROS MÚLTIPLES	24

7. INTERPRETACIÓN PRELIMINAR DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	
ANASCAPA	25
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	29
ANEXO 1 MAPAS	30

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizado en el centro poblado Anascapa y el albergue Sirahuaya, en el distrito de Ubinas, 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 en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el área afloran secuencias de lavas, moderadamente meteorizadas y muy fracturadas, así como depósitos volcánicos de: **a)** flujo piroclástico de bloques y ceniza consolidados, **b)** secuencias volcanoclástica estratificada con niveles sedimentarios semi consolidados, **c)** flujos piroclásticos de pómez y ceniza constituidos de fragmentos de pómez y líticos lávicos polimíctico, consolidado, **d)** avalancha de escombros conformado por bloques de hasta 4 m de diámetro, no consolidado, **e)** avalancha de escombros no consolidado, constituida de bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos a decimétricos, **f)** flujo piroclástico de bloques y ceniza no consolidado, conformado por bloques y ceniza de composición andesítica y riolítica, **g)** caída de ceniza y lapilli, no consolidado, **h)** flujos de detritos (lahares), constituidos de bloques de lava y grava, dentro una matriz areno-limosa bastante cohesiva. Finalmente, también se presentan depósitos coluviales no consolidados, producto de la erosión y meteorización de las rocas circundantes.

Las unidades geomorfológicas corresponden a: montañas en roca intrusivas, volcánicas, y volcano-sedimentaria; colina y lomada en roca volcánica, colina y lomada en roca sedimentaria y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial. La última presenta la mayor susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en Anascapa.

Los peligros geológicos identificados corresponden a movimientos en masa, tipo deslizamientos, flujo de detritos (lahares), derrumbes y caída de rocas. Tanto, el poblado de Anascapa y el albergue Sirahuaya, se localizan en el cuerpo de un deslizamiento traslacional antiguo, cuya corona posee una longitud aproximada de 5 km, la cual está moderadamente meteorizada. La distancia desde la corona hasta el pie del deslizamiento es de 3.5 km, está comprendido entre las cotas 4424 a 3024 m s.n.m., es decir presenta un desnivel de 1400 m.

En el Poblado Anascapa, el sector los Pinos y el área agrícola, vienen siendo afectado por la reactivación del deslizamiento antiguo. El área reactivada posee 96 ha, en él se identificaron más de 16 agrietamientos que poseen longitudes de hasta 150 m y aberturas máximas de 1 m y desniveles de hasta 1.5 m.

Con respecto a los peligros volcánicos, el albergue Sirahuaya, se localiza fuera de la zona de influencia del volcán Ubinas; mientras que el poblado Anascapa, se ubica en el borde de la zona de bajo peligros volcánicos (color amarillo). Según el mapa de peligros volcánicos de la zona proximal del volcán Ubinas. Mientras que los flujos de detritos (lahares) pueden descender por la quebrada Cementerio Viejo en Anascapa y quebradas ubicadas al Norte y Sur del albergue Sirahuaya.

Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos son: **a)** presencia de lavas andesíticas moderadamente meteorizadas y muy fracturadas y depósitos volcánicos no consolidados, **b)** pendientes del terreno, en la parte baja es moderado a fuertemente inclinado (10° - 25°), y parte media es muy fuerte (25° - 45°). Así también se aprecian unidades geomorfológicas de montaña en roca intrusiva, montaña en roca volcánica, montaña en roca volcano-sedimentaria, colina y lomada en roca volcánica y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.

En base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el albergue Sirahuaya, es considerado de **Peligro Alto** por reactivación de deslizamientos antiguos y presencia flujos de detritos (lahares) que se puedan presentar por lluvias intensas y/o prolongadas.

De igual modo, el terreno agrícola de Anascapa y el sector Los Pinos, se considera zona crítica y de **Peligro Muy Alto**, y puede ser afectadas por deslizamientos y flujos que pueden ocurrir en la temporada de lluvias; además de caída de rocas y derrumbes.

Así también en el informe técnico A6923 del Ingemmet y mapa proximal de peligros múltiples del volcán Ubinas, el albergue Sirahuaya se localiza fuera de la zona de influencia del volcán Ubinas; sin embargo, en el mapa por caídas de ceniza, para erupciones de magnitud baja a moderada (IEV 1-2), el albergue Sirahuaya se encuentra en zona de Alto Peligro.

Finalmente, se brindan recomendaciones para las autoridades competentes, como: Cambiar las técnicas de riego con asesoramiento especializado, para disminuir el avance del área reactivada del deslizamiento Anascapa.

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 del Gobierno Regional de Moquegua y de la municipalidad distrital Ubinas, según los Oficios N° 307-2022-GRM/GR y N° 012-2022-A/MDU respectivamente; es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el centro poblado de Anascapa y el albergue Sirahuaya. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los ingenieros Yhon Soncco Calsina, David Valdivia Humerez y Rafael Miranda Cruz, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica y de los peligros geológicos que afectan a los terrenos agrícolas en el centro poblado de Anascapa y el albergue Sirahuaya, en el distrito de Ubinas. Los trabajos de campo se realizaron del 25 de abril al 02 de mayo del 2022.

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 Ubinas 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 el centro poblado de Anascapa y el albergue Sirahuaya; 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”.

Mendivil y Salvador (1966), Remoción de tierras en el anexo de Anascapa (Prov. General Sánchez Cerro - Dpto. de Moquegua. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/123>. En cuya

investigación identificaron, escarpes de deslizamientos y grietas en inmediaciones del centro poblado de Anacapa.

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, ubicado próximo al área evaluada, es una zona crítica por lahares, de presentarse lluvias intensas, podría generar flujos de detritos o lahares 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. El depósito de 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.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Evaluación de peligros geológicos del sector de Sirahuaya, distrito de Ubinas, provincia general Sánchez Cerro, región Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A6923. 29p. En el informe identificaron mencionan que el sector de Sirahuaya se asienta sobre un depósito de avalancha de escombros antiguo, constituido por bloques lávicos alterados de tamaño métricos a decimétricos de color gris verdoso, que presentan fracturamiento y material fino a medio (limo, arcilla y arena) que forma parte de la matriz producto del fracturamiento y desplazamiento de la avalancha. Se refieren a la presencia de material no consolidado. Además, identificaron procesos de lahares, erosión de ladera, caída de rocas y afectación por ceniza volcánica.

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, Querapí y Anascapa, Provincia General Sánchez Cerro, Región Moquegua: Informe Técnico N° A6990. 31 p - Ingemmet. En él se describe 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 (Huaicos volcánicos) en temporada de lluvias.

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 el centro poblado Anascapa.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud

1	299577	8180784	16°26'46.11"S	70°52'37.91"O
2	299535	8184396	16°24'48.61"S	70°52'38.20"O
3	303824	818443	16°24'48.66"S	70°50'13.65"O
4	303872	8180827	16°26'46.00"S	70°50'13.14"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Anascapa - Sirahuaya	301645	8182662	-16.429347°	-70.857675°

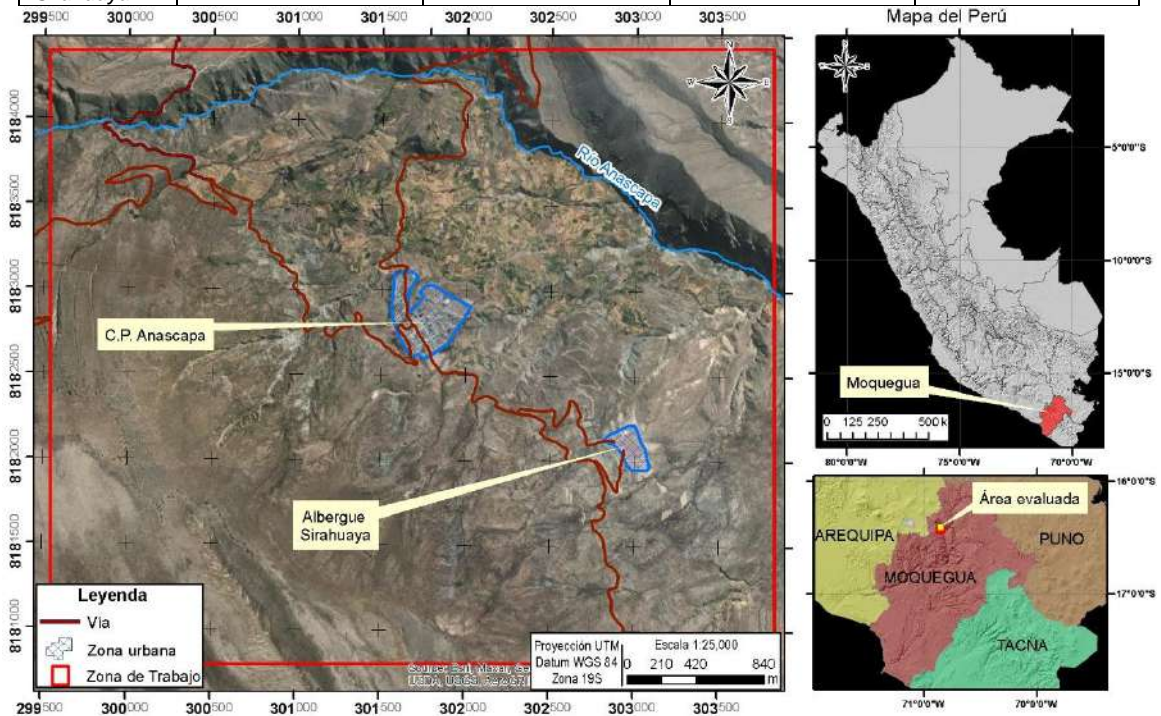


Figura 1. Ubicación del área de evaluación



Figura 2. Vista de poblado Anascapa, terrenos agrícolas y albergue Sirahuaya

1.2.2. Accesibilidad

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

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Arequipa – Chihuata	Asfaltada	23.3	47 min
Chihuata – Ubinas	Carrozable	82.4	2 h 5 min
Ubinas – Anascapa - Sirahuaya	Carrozable	9.6	45 min
Anascapa - Sirahuaya	Carrozable	2	10 min

1.2.3. Precipitación pluvial

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

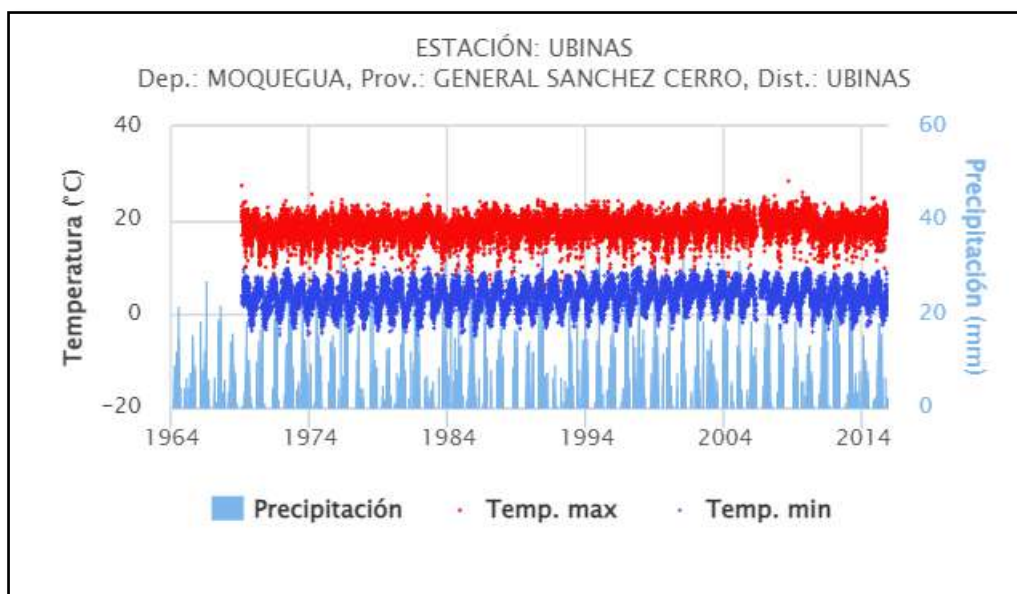


Gráfico 1. Precipitación diaria según la estación Ubinas (Senamhi).

1. DEFINICIONES

A continuación, se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

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

CORONA (crown): Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento, ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

DESLIZAMIENTO (slide): Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de

decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

ESCARPE (scarp) escarpa. Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

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

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

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

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

DERRUMBE: Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para el análisis geológico 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 lavas y depósitos de flujos piroclásticos alterados e hidrotermalizados de la Formación Matalaque (Ki-ma); flujos de bloques y ceniza (P-Ta1); depósito volcanoclástico estratificada con depósitos sedimentarios (P-Ta2); depósitos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza (P-Ta3); depósito de avalancha de escombros (P-Ba2); depósito de avalancha de escombros (P-U2); depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza (P-U3); depósito de caída de ceniza y lapilli pómez (H-U3); depósito de flujo de detritos (Qh-L1) y deposito coluvial (Qh-c1). (**mapa 1**).

3.1.1 Formación Matalaque (Ki-ma).

El nombre de Formación Matalaque fue utilizado por Marocco y del Pino (1966) para describir una serie de rocas volcánicas que afloran en los alrededores del distrito de Matalaque, ubicado al Sureste del volcán Ubinas. Esta formación está constituida por una secuencia de lavas de composición andesítica moderadamente meteorizadas y muy fracturadas y, ocasionalmente, bancos de ignimbritas ligeramente meteorizadas y medianamente fracturadas. El conjunto litológico presenta coloraciones verdes grisáceo, gris oscuro y violeta (producto de alteración y/o meteorización). Esta formación se ubica al sureste del área evaluado.

3.1.2 Flujo piroclástico de bloques y ceniza (P-Ta1).

Depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas soldados de color rojo ocre que yacen en ambas márgenes de los ríos Para y Ubinas. Estos depósitos contienen bloques juveniles andesíticos de hasta 80 cm de diámetro y miden entre 40 y 80 m de espesor. Descansan directamente sobre la Formación Matalaque. Este depósito se encuentra consolidado, se visualiza en el extremo superior derecho del mapa 1.

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

La secuencia posee más de 60 m de espesor, en la margen izquierda del valle del río Ubinas. Está constituida por niveles de limonitas estratificadas intercaladas con niveles de flujos de barro. Este depósito se encuentra semi consolidado, se visualiza en el extremo superior derecho del mapa 1

3.1.4 Depósitos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza (P-Ta3)

Los depósitos afloran al Sur del centro poblado de Anascapa. Están constituidos de fragmentos de pómez y líticos lávicos polimícticos, de tamaños centimétricos, incluidos dentro de una matriz de ceniza. Estos depósitos miden entre 6 y 8 m de espesor. Son masivos y bastante cohesivos. Es decir, son depósitos consolidados.

3.1.5 Depósito de avalancha de escombros (P-Ba2)

Depósito de avalancha de escombros. Este depósito aflora al pie del poblado de Anascapa (mapa 1), se distingue por presentar bloques que miden hasta 4 m de diámetro, de naturaleza andesítica, la mayoría bastante fracturados englobados dentro de una matriz de cenizas. Algunos de los bloques están hidrotermalizados. El depósito presenta tonalidades de gris rojizo, violeta y verdoso, además presenta un mal sorteo. Es masivo y mide más de 80 m de espesor. Es un depósito no consolidado; es esta unidad la que se presenta la mayor susceptibilidad a presentar deslizamientos.

3.1.6 Depósito de avalancha de escombros (P-U2)

Después de la construcción del estratovolcán del volcán Ubinas, se produjo un colapso del flanco sur del edificio volcánico, 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). Es un depósito no consolidado.

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.

3.1.7 Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza (P-U3)

Está conformado por flujos de bloques y ceniza de composición andesítica y riolítica, cuyos depósitos se encuentran dispersos en ambos márgenes de los valles de Para y Ubinas, y se extienden hasta la confluencia de los ríos Ubinas y Anascapa. Es un depósito no consolidado. También aflora al norte del poblado de Anascapa (mapa 1).

3.1.8 Depósito de caída de ceniza y lapilli (H-U2 y H-U3)

H-U2, representa a la última erupción pinciana del Ubinas ha sido datada en 980 ± 60 años A.P. (Rivera et al., 1998). es un depósito de caída de lapilli de pómez de hasta 4.5 m de espesor. es un depósito no consolidado. Aflora al Norte del poblado de Anascapa (mapa 1).

H-U3, representa a la actividad histórica, es decir a la actividad registrada desde los años 1550 d.C., es un depósito de caída de lapilli de pómez. Es un depósito no consolidado; y aflora al Norte del poblado de Anascapa (mapa 1).

3.1.9 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).

Este depósito se identificó en el cauce del río Anascapa, formando terrazas aluviales, sobre la cual se desarrolla el área agrícola de Anascapa.

3.1.10 Depósitos coluviales (Qh-cl)

Aflora al Noroeste del poblado de Anascapa, donde 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.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1 Pendientes del terreno

Las pendientes de los terrenos en el área evaluada, varía desde moderado a fuertemente inclinado en los terrenos de cultivo ($10^\circ - 25^\circ$), parte baja y media es muy fuerte ($25^\circ - 45^\circ$), y en los cerros y paredes del río Anascapa se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados ($> 45^\circ$), (figuras 3). 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**).

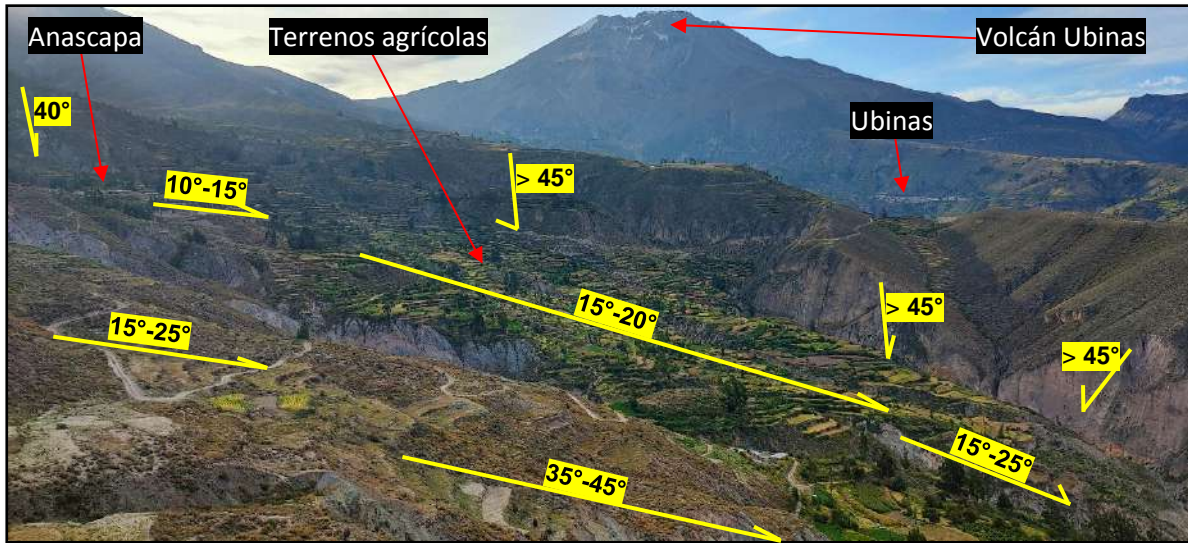


Figura 3. El texto con color amarillo muestra las distintas pendientes de área agrícola del centro poblado Anascapa, (coordenadas UTM WGS84: 301870E, 8183429N)

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 el área evaluada se presenta en el (**mapa 3**).

En el área de estudio se han formado cinco geformas o subunidades, como son: montaña en roca intrusiva (RM-ri); montaña en roca volcánica (RM-rv); 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 Geformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

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

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.

Montaña en roca intrusiva (RM-ri): Cadena montañosa conformada por laderas y crestas de topografía abrupta, con elevaciones que alcanzan los 4000 y 5050 m, distribuidos en la provincia General Sánchez Cerro, entre los distritos Ubinas e Ichuña. Son zonas húmedas se encuentran muy erosionados y meteorizados debido a su baja

resistencia, lo cual origina suelos arenosos y arcillosos. Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas, derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos (huaicos). El drenaje característico es de tipo dendrítico rectangular por la presencia de fracturas o diaclasas; presenta valles profundos en forma de V. Esta subunidad se ubica al Sur del albergue Sirahuaya (**mapa 3**)

Montaña en roca volcánica (RM-rv): Geoformas o paisajes de este tipo destacan en la parte central del área evaluada. En esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánicas (derrames lávicos andesíticos, dacíticos y traquíticos); sus elevaciones alcanzan los 5150 m s.n.m. Sus laderas se presentan con pendientes medias a fuertes, susceptibles a derrumbes y caída de rocas. En algunos sectores, presentan intenso fracturamiento y meteorización.

Montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs): Dentro de esta subunidad se consideran a los relieves de montañas modeladas en afloramientos de rocas volcánico-sedimentarias. 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 en la parte central del área evaluada (mapa 3).

4.2.1.2 Unidad de colinas y lomadas

Están representadas por colinas y lomadas de relieve complejo y en diferentes grados de disección, conforman alineamientos tipo serranías de carácter denudativo y volcánico; pueden constituir superficies colinosas, alomadas, onduladas o lomeríos en general, de amplia extensión y resultantes de la degradación prolongada e intensiva de anteriores piedemontes y altiplanicies, o resultantes del casi aplanamiento por la denudación extrema de una antigua cordillera; estas geoformas presentan menor altura que una montaña (menos de 300 m desde el nivel de base local).

Colina y lomada en roca volcánica (RCL-rv): Subunidad de superficie moderadamente abrupta, presenta cárcavas en sus laderas y pendientes predominantemente entre 15° y 30°. Esta unidad aflora en el sector Noreste de Anascapa (**mapa 3**).

Colina y lomada en roca sedimentaria (RCL-rs): Subunidad de superficie moderadamente abrupta, presenta cárcavas en sus laderas y pendientes predominantemente entre 15° y 30°. Esta unidad aflora en el sector Este de Anascapa

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 Anascapa, está ubicada sobre esta subunidad geomorfológica.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Planicie inclinada extendida al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos. Está formado por la acumulación de corrientes de agua. Se ubica en las partes bajas del área agrícola, en inmediaciones del río Anascapa.

4. ASPECTO ESTRUCTURAL

En base al análisis de imágenes de satélite, fotos aéreas y datos de campo se distingue un sistema de fallamiento normales de orientación NO-SE que se prolonga desde el flanco sur del volcán Ubinas hacia el valle del río Tambo (figura 4).

Sistema de fallas Este sistema de fallas a la vez genera un graben de aproximadamente 1500 m de desnivel en el valle del río Tambo (Lavallée et al., 2008).

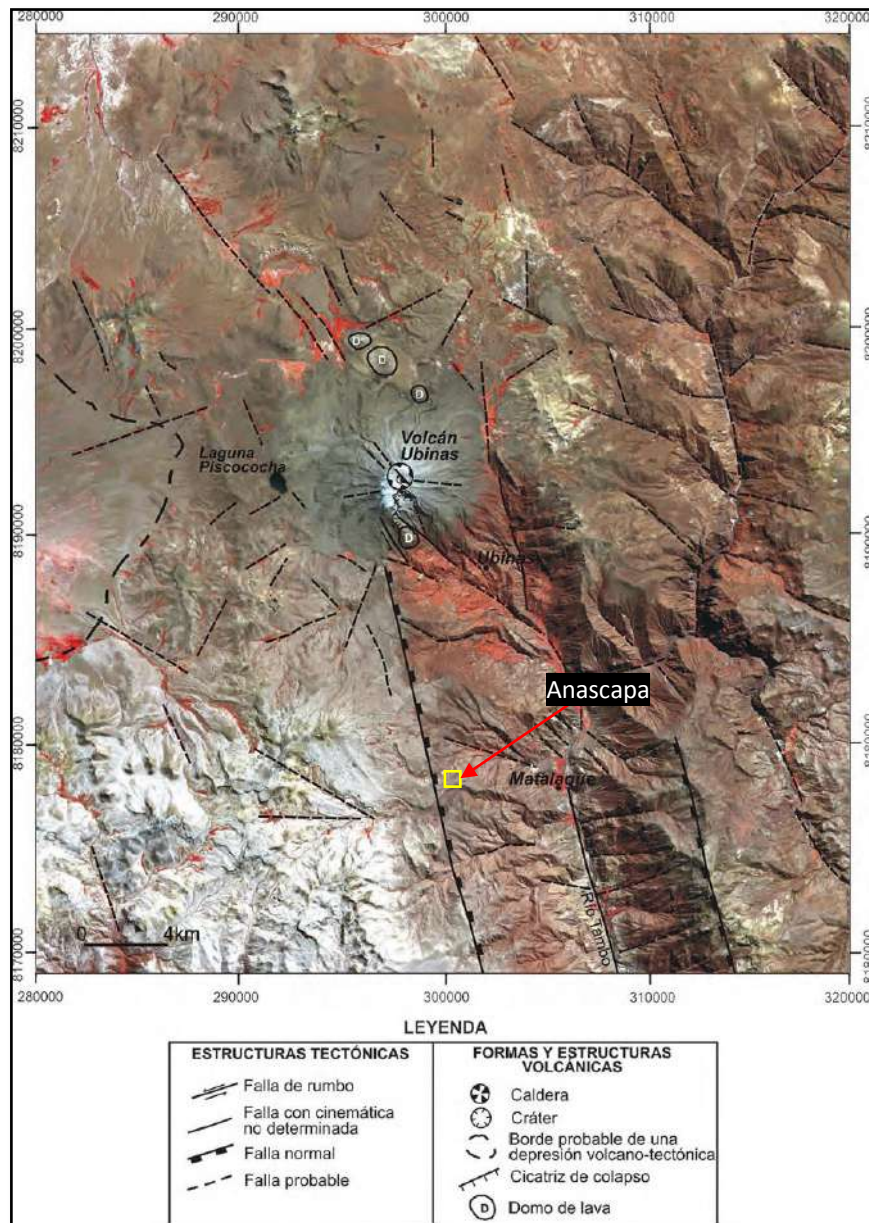


Figura 4. Fallas existentes en el volcán Ubinas y áreas aledañas Rivera et al. (2011)

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos son resultados del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los valles de la Cordillera de los Andes por los ríos, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

6.1 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 el área evacuada, se identificaron diferentes tipos de movimientos en masa: entre deslizamiento, (**mapa 4**) que se describen a continuación.

6.1.1 Deslizamiento Anascapa

Se presentan en la parte alta del poblado Anascapa y el albergue Sirahuaya, como depresiones poco definidas, que corresponden a la corona de un deslizamiento antiguo, cuya masa deslizada o removida, llega hasta el cauce de la quebrada Anascapa (figuras 5 y 6). En el cuerpo del deslizamiento se evidencian ondulaciones, lomeríos y quebradas profundas.

Se trata de un deslizamiento tipo traslacional, la corona del deslizamiento no es clara, debido a que la zona es afectada por un alto grado de meteorización, posee una longitud de 5 k, la distancia desde la corona hasta el pie del deslizamiento es de 3.5 km. Este evento está comprendido entre las cotas 4424 a 3024 m.s.n.m. es decir presenta un desnivel de 1400 m. la masa movilizada se estima que afecto un área 450 has. Durante los trabajos de campo, en el cuerpo del deslizamiento se identificaron algunos sectores reactivados; y derrumbes al pie del deslizamiento, aparentemente por el empuje de la masa y la erosión fluvial del río Anascapa.

La masa se deslizó en dirección Noreste, hacia el cauce de la quebrada Anascapa.

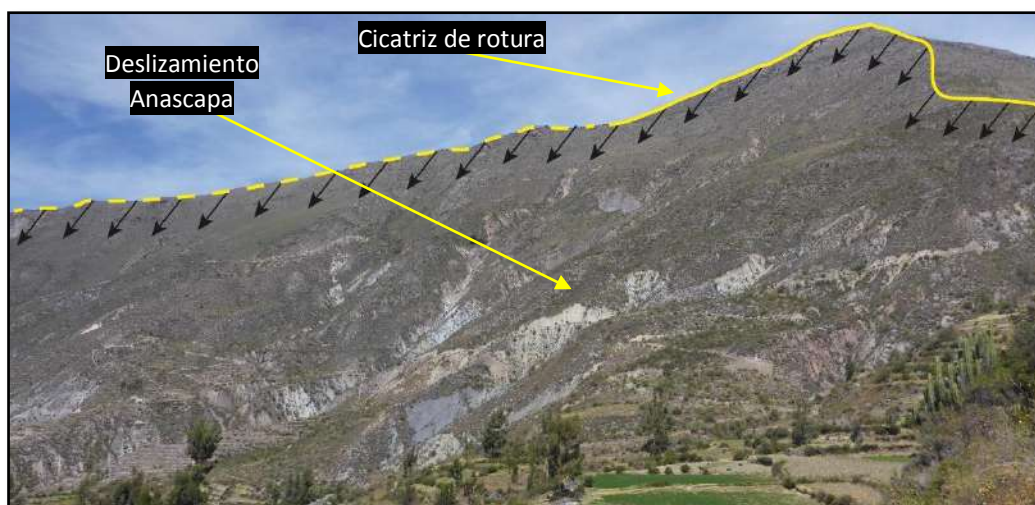


Figura 5. Plano de desplazamiento del deslizamiento antiguo, posee una inclinación de 45 °, (coordenadas UTM WGS84: 300859E, 8183647N)



Figura 6. Deslizamiento Anascapa

En el cuerpo del deslizamiento se desarrolla la principal actividad agrícola de Anascapa (figura 7).

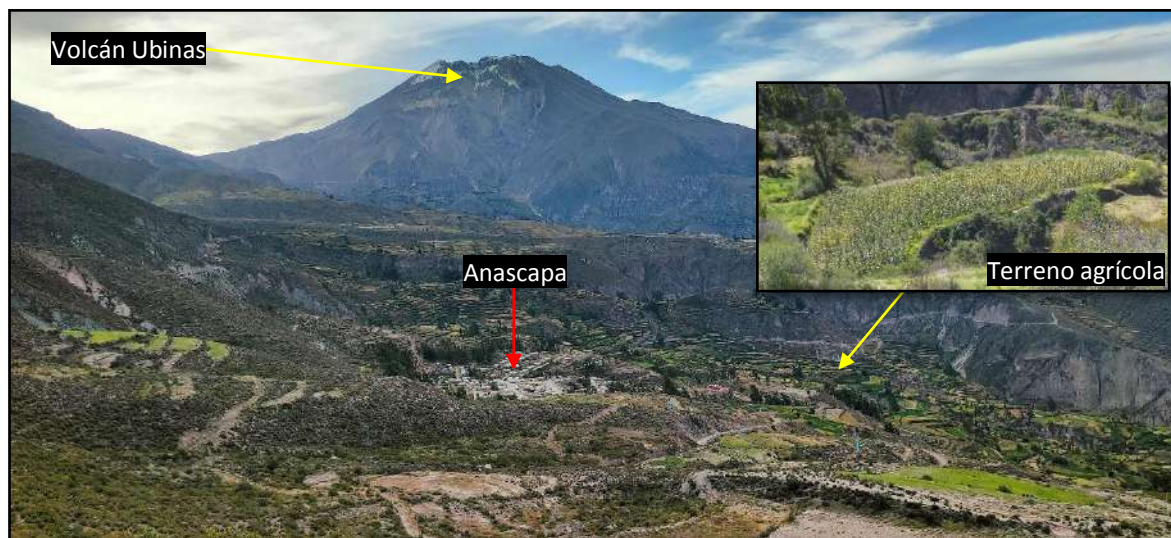


Figura 7. Terreno agrícola de Anascapa

Área reactivada del deslizamiento:

Esta se ubica en la parte baja del poblado Anascapa (figura 8), posee un área aproximada de 96 has, sobre las cuales se identificaron una serie de agrietamientos, detalladas en el cuadro 3. Las grietas poseen longitudes de hasta 150 m y aberturas máximas de 1 m, en algunos casos se evidencia desniveles de hasta 1.5 m. (figuras 9, 10 y 11)

Cuadro 3. Coordenadas de grietas.

Grietas		
Numero	Norte	Este
G1	8183127	301987
G2	8183219	301957
G3	8183353	301917
G4	8183422	302231
G5	8183258	302371
G7	8183269	302547
G8	8183337	302755
G9	8183592	301518
G10	8183553	301553
G11	8183664	301663
G12	8183621	301954
G13	8283717	302002
G14	8183633	302022
G15	8183563	302031
G16	8183690	302120

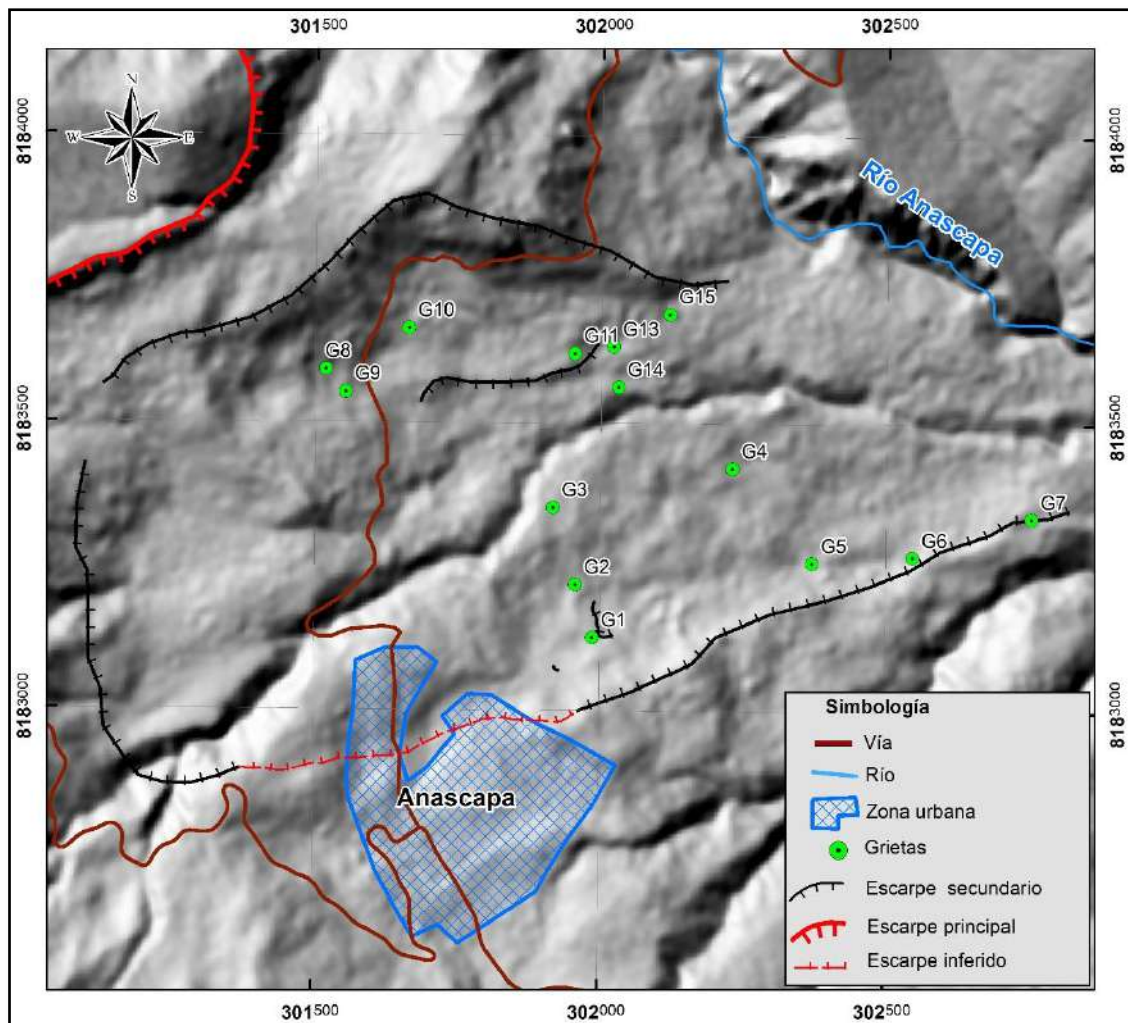


Figura 8. Área activa del deslizamiento Anascapa



Figura 9. Agrietamientos G1 en terrenos de cultivo en Anascapa, (coordenadas UTM WGS84: 301987E, 8183127N)



Figura 10. Agrietamientos G3, terrenos de cultivo de Anascapa, (coordenadas UTM WGS84: 301917E, 8183353N)



Figura 11. Agrietamientos G2 en terrenos de cultivo de Anascapa, (coordenadas UTM WGS84: 301957E, 8183219N)

Según testimonio de los pobladores el 5 de abril del 2022 se activó un deslizamiento que posteriormente se comportó como flujo. El cual se ubica en el punto UTM E: 301922, N: 8183072 ubicado en el cuerpo del deslizamiento Anascapa.

Se evidenció un deslizamiento flujo, cuya cicatriz de rotura posee forma semicircular, bien definida, el cual mide 4 de longitud, la pared del escarpe posee hasta 1 m el depósito de flujo posee poco recorrido, aproximadamente 20 m. (figura 11).



Figura 12. Deslizamiento flujo del 5 de febrero, (coordenadas UTM WGS84: 302002E, 8183129N)

En el sector denominado Tupincachi, en las coordenadas UTM E: 302002, N: 8183129, se aprecia un deslizamiento flujo reciente, según testimonio de las autoridades locales, este evento se activó el 22 de marzo del presente. La cicatriz de rotura posee 20 m de longitud, y es parte de un deslizamiento mayor, que mide aproximadamente 80 m. (figuras 13 y 14).



Figura 13. Deslizamiento flujo sector Tupincachi, ocurrido el 22 de marzo, (coordenadas UTM WGS84: 301987E, 8183127N)



Figura 14. Cicatriz de rotura del deslizamiento flujo en el sector Tupincachi, (coordenadas UTM WGS84: 301987E, 8183127N)

El depósito del deslizamiento flujo en el sector Tupincachi es ligeramente compacta, está conformado por 50 % a 60 % de material fino representados por limos y arcilla, y entre 10 % a 20% de bloques y 30% a 40% de gravas. Los bloques tienen un diámetro de hasta 40 cm y representan menor al 30 % de los bloques, poseen litología heterogénea, conformado por lavas andesíticas, bloques de domo, pómez y fragmentos hidrotermalizados. Todo lo mencionado se encuentra dentro de una matriz areno-limosa (figura 15).



Figura 15. Depósito de deslizamiento flujo en el sector Tupincachi, (coordenadas UTM WGS84: 302192E, 8183282N)

En el sector denominado Los Pinos, se han identificado viviendas con agrietamientos, indicativo de que el terreno sobre la cual están asentadas presenta movimiento. Este sector está ubicado en la parte alta de la zona definida como activa (figura 8). El material de construcción de las viviendas es adobe (figuras 16 y 17, **mapa 4**); sin refuerzo, son muy vulnerables, a colapsar con movimientos sísmicos moderados como el de junio 2001 y agosto 2007 en Perú, San Bartolomé A. y Quiun D. (2012),



Figura 16. Sector los Pinos en el centro poblado Anascapa, (coordenadas UTM WGS84: 301598E, 8182993N)



Figura 17. Viviendas en el sector Los Pinos en el centro poblado Anascapa.

Manantiales de agua y canales de regadío:

En Anascapa se identificaron manantiales de agua con caudales máximos de hasta 36.75 l/s en el manantial denominado Cuchuwasi 2; según Resolución Directoral Nro 417-2017-ANA/AAA I C-O. de la Autoridad Administrativa del Agua Caplina - Ocoña.

La mayoría de los canales de regadío, no cuentan con revestimiento adecuado, (figuras 18), las aguas son vertidas directamente a la superficie, la infiltración de las aguas satura los terrenos y estos pierden el equilibrio generándose deslizamientos, deslizamientos flujos, etc.

El agua excedente debe ser administrada y conducida adecuadamente a reservorios debidamente impermeabilizados, para evitar infiltraciones al subsuelo.



Figura 18. Canales de agua a), b), c) y d). Se ubican en el área agrícola de Anascapa

6.1.2 Flujo de detritos (lahares).

El río Anascapa que nace sobre los 4020 m durante su recorrido cruza la parte baja del área agrícola del centro poblado Anascapa. 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.

En inmediaciones del albergue Sirahuaya y el poblado Anascapa, también se identificaron quebradas susceptibles a presentar flujos de detritos (lahares), (**mapa 4**).

Estos flujos de detritos (lahares) eventualmente pueden salir del cauce del río, 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 Anascapa se ubica en la transición entre la zona de generación y la zona de transporte (figuras 19 y 20).

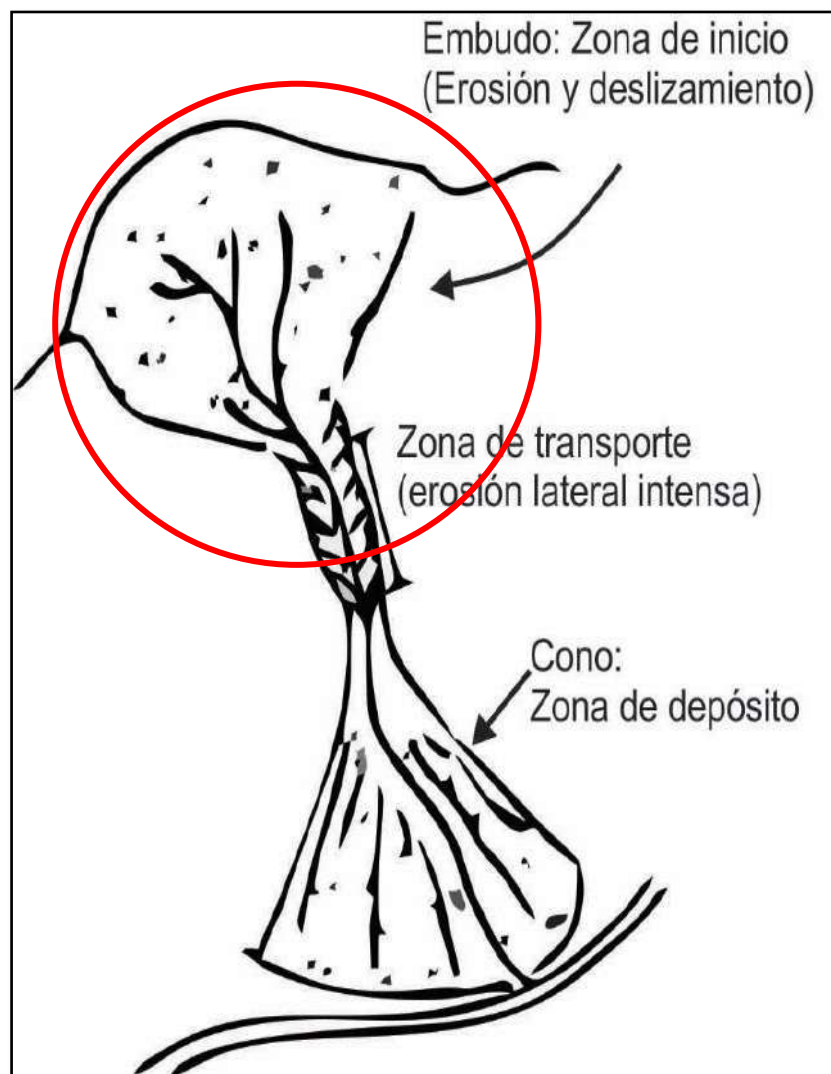


Figura 19. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman et al., 2006)



Figura 20. Río Anascapa, (coordenadas UTM WGS84: 302630E, 8183411N)

6.1.3 Zona de derrumbes

Los derrumbes se presentan a lo largo del río Anascapa, en cuyos márgenes afloran secuencias de depósitos de lahares.

Se desarrollan en depósitos poco consolidados de avalancha de escombros y la profundización de cauces de quebradas que descienden por el área agrícola de Anascapa, (mapa 4).

También se identificaron derrumbes en el fondo del cauce de la quebrada Anascapa a la altura del albergue Sirahuaya (figura 21).



Figura 21. Derrumbes en la margen derecha de la quebrada Anascapa, (coordenadas UTM WGS84: 303094E, 8183114N)

6.2 Factores condicionantes

- Presencia de secuencias de lavas de composición andesítica moderadamente meteorizadas y muy fracturadas de la Formación Matalaque, depósito volcánico no consolidado estratificado con niveles sedimentarios, paquetes no consolidados de fragmentos de pómez y líticos lávicos polimícticos, dentro de una matriz de ceniza y depósitos de avalancha de escombros no consolidados, muy susceptibles a removerse
- Las pendientes en el área evaluada varían desde moderado a fuertemente inclinado en los terrenos de cultivo (10° - 25°), en la parte baja y media es muy fuerte (25°-45°), en los cerros y en las paredes del río Anascapa
- Presenta unidades geomorfológicas, de montaña en roca intrusiva, montaña en roca volcánica, montaña en roca volcánico-sedimentaria, colina y lomada en roca volcánica, colina y lomada en roca sedimentaria y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, que se presentan muy expuestas a erosión.

6.3 Factores desencadenantes

- Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el período de lluvia en la sierra de Perú se da entre los meses de diciembre a abril), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendientes al deslizamiento y los flujos de detritos (lahares) también son generados por lluvias intensas. Según la estación Ubinas (Senamhi), se presentan precipitaciones de hasta 35 mm.
- Según el diseño sismorresistente, del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N°011-2006-viviend, 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. MAPA DE PELIGROS DE LA ZONA PROXIMAL PARA PELIGROS MÚLTIPLES

El mapa de peligros de la zona proximal (figura 22), ha sido elaborado por Rivera et al. (2011), a escala 1:50 000, en el cual se diferencian tres zonas pintadas de diferentes colores: zona de alto peligro, de moderado peligro y bajo peligro.

- Zona de alto peligro (rojo): Comprende un área semicircular alrededor del cráter que involucra diversas quebradas y valles que drenan del Ubinas, las cuales pueden ser severamente afectadas por la ocurrencia de flujos de lodo (lahares), flujos piroclásticos, proyectiles balísticos, colapso del flanco sur y/o emisión de 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 la actualidad (IEV 1-3). La probabilidad de ocurrencia de erupciones de magnitud baja es alta, aproximadamente, uno a cinco eventos cada 100 años.
- Zona de moderado peligro (naranja): Se extiende desde 5 km hasta una distancia máxima de ~14 km del cráter, la cual corresponde inmediatamente a la zona colindante con la zona de alto peligro. Esta zona involucra cauces de quebradas y valles localizados al pie del volcán. Asimismo, comprende la parte de la altiplanicie volcánica (sectores Oeste, Norte y Noreste del Ubinas). Esta zona puede ser cubierta por flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas, lahares y/o avalanchas de escombros en caso de que la erupción sea de moderada a alta magnitud (IEV 3-4).
- La zona de bajo peligro (amarillo): Esta zona se proyecta a más de 10 km alrededor del cráter, sobre todo en el flanco sur, y a más de 6 km en la zona de la altiplanicie. Esta zona puede ser severamente afectada por flujos piroclásticos incandescentes, oleadas piroclásticas, y/o flujos de barro, en caso de que la erupción sea de alta a muy alta magnitud (IEV ≥ 4) denominada pliniana o subpliniana.

Según el mapa de peligros de la zona proximal el albergue Sirahuaya se localiza fuera de la zona de influencia del volcán Ubinas; mientras que el poblado Anascapa se ubica en el borde de la zona de bajo peligros volcánicos (color amarillo).

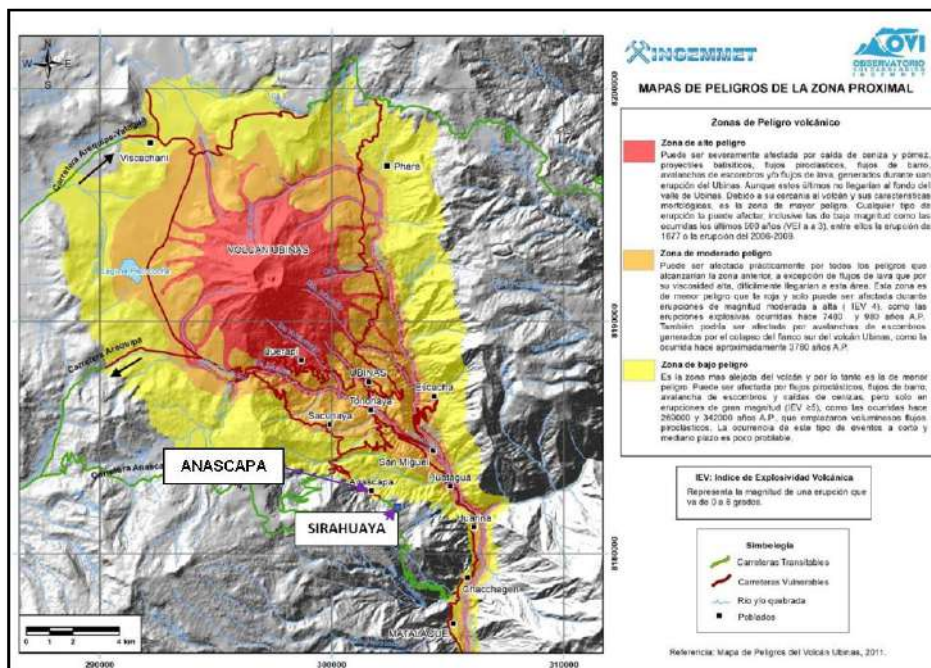


Figura 22. Poblado Anascapa y albergue Sirahuaya, ubicados en el mapa proximal para peligros múltiples del volcán Ubinas.

7. INTERPRETACIÓN PRELIMINAR DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA ANASCAPA

Según testimonio de autoridades locales, el agua proveniente del manantial ubicado en el punto, UTM E: 301933, N: 8183090, presenta una temperatura y olor distinta a las aguas de otros manantiales en la zona.

En tal sentido se tomó una muestra el día 27/04/2022, para el análisis e interpretación de los resultados, se trabajó con colegas del Observatorio Volcanológico del Ingemmet. Se detalla líneas abajo.

Por: Lic. Pablo Masías

Analizada en laboratorio de INGEMMET, cuyos resultados se presentan a continuación:

Resultados de los análisis químicos realizados en el agua muestreada en Anascapa, (cuadro 4)

Cuadro 4. Coordenadas de grietas.

pH	CE μS/cm	CO ₃ ⁼ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	F ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ⁼ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	Na mg/L	Mg mg/L	K mg/L
8.10	684	<1.2	238.2	1.3	28.8	28.8	78.1	<0.5	28.7	16.7	7.9
Ca mg/L	SiO ₂ mg/L	Fe mg/L	S mg/L	Sr mg/L	Li mg/L	Ag mg/L	Al mg/L	As mg/L	B mg/L	Ba mg/L	Be mg/L
83.6	55.2	<0.01	26.6	0.8443	0.0040	<0.0003	<0.005	0.007	0.47	0.1821	<0.0002
Bi mg/L	Cd mg/L	Ce mg/L	Co mg/L	Cr mg/L	Cu mg/L	La mg/L	Mn mg/L	Mo mg/L	Ni mg/L	Pb mg/L	Sb mg/L
<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.001	<0.0005	<0.0002	0.0048	0.0019	<0.0007	<0.0005
Se mg/L	Sn mg/L	Th mg/L	Ti mg/L	Tl mg/L	U mg/L	V mg/L	W mg/L	Y mg/L	Zn mg/L		
<0.0008	<0.002	<0.0005	<0.0002	0.0036	<0.0001	0.0032	<0.0005	<0.0005	0.014		

Interpretación preliminar:

Al observar los resultados de la química del agua podemos determinar que esta agua tiene un origen periférico, posiblemente producto de la lluvia, esto por su alto contenido de bicarbonatos. Sin embargo, es posible que se haya infiltrado por campos de cultivo, esto por el contenido inusual de fluoruros (F⁻), los que pudieron ser aportados por fertilizantes. Esta agua podría estar mezclada con agua subterránea o superficial de largo recorrido, lo que se refleja en su conductividad eléctrica de 684 μS/cm. La presencia de metales pesados es mínima y en la mayoría de los casos nula.

CONCLUSIONES


- a) En el área afloran secuencias de lavas, moderadamente meteorizadas y muy fracturadas, así como depósitos volcánicos de: a) flujo piroclástico de bloques y ceniza consolidados, b) secuencias volcanoclástica estratificada con niveles sedimentarios semi consolidados, c) flujos piroclásticos de pómez y ceniza constituidos de fragmentos de pómez y líticos lávicos polimíctico, consolidado, d) avalancha de escombros conformado por bloques de hasta 4 m de diámetro, no consolidado, e) avalancha de escombros no consolidado, constituida de bloques lávicos subangulosos de tamaños métricos a decimétricos, f) flujo piroclástico de bloques y ceniza no consolidado, conformado por bloques y ceniza de composición andesítica y riolítica, g) caída de ceniza y lapilli, no consolidado, h) flujos de detritos (lahares), constituidos de bloques de lava y grava, dentro una matriz areno-limosa bastante cohesiva. Finalmente, también se presentan depósitos coluviales no consolidados, producto de la erosión y meteorización de las rocas circundantes.
- b) Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el área evaluada comprenden: deslizamientos, flujo de detritos, derrumbes y caída de rocas. Respecto a peligros volcánicos, el albergue Sirahuaya se localiza fuera de la zona de influencia del volcán Ubinas; el poblado Anascapa se ubica en el borde de la zona de bajo peligros volcánicos (color amarillo).
- c) El poblado Anascapa y el albergue Sirahuaya están ubicado en el cuerpo de un deslizamiento traslacional antiguo, su corona tiene una longitud de 5 km, no es clara por el alto grado de meteorización, la distancia de la corona al pie del deslizamiento es 3.5 km. Este evento está comprendido entre las cotas 4424 a 3024 m s.n.m. es decir presenta un desnivel de 1400 m.
- d) El área agrícola de Anascapa está dentro del cuerpo del deslizamiento antiguo reactivado, se encuentra en la parte baja del poblado Anascapa, posee un área aproximada de 96 ha. Se tiene una serie de agrietamientos con longitudes de hasta 150 m y aberturas máximas de 1 m, en algunos casos se evidencia desniveles de hasta 1.5 m.
- e) Las viviendas del sector Los Pinos en Anascapa, se ubican en el área reactivada del cuerpo del deslizamiento antiguo, evidencia de ello es la presencia de agrietamientos en las paredes de adobe de las viviendas.
- f) Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos son: **a)** presencia de lavas andesíticas moderadamente meteorizadas y muy fracturadas y depósitos volcánicos no consolidados, **b)** pendientes del terreno, en la parte baja es moderado a fuertemente inclinado (10° - 25°), y parte media es muy fuerte (25° - 45°). Así también se aprecian unidades geomorfológicas de montaña en roca intrusiva, montaña en roca volcánica, montaña en roca volcano-sedimentaria, colina y lomada en roca volcánica y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.
- g) En base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el albergue Sirahuaya es considerada de **Peligro Alto**. El sector puede ser afectada por reactivación de deslizamientos antiguos y flujos de detritos (lahares); que pueden ocurrir en temporadas de lluvias intensas y/o prolongadas.
- h) El terreno agrícola de Anascapa y el sector Los Pinos forman parte del área reactivada del deslizamiento antiguo, por lo tanto, es considerada **Zona Crítica y de Peligro Muy**

Alto, el deslizamiento puede acelerar su movimiento en temporadas de lluvias. Además, en el sector se pueden generar, caída de rocas y derrumbes.

- i) Según el informe técnico A6923, el mapa proximal para peligros múltiples del volcán Ubinas elaborado por INGEMMET, el sector de Sirahuaya se localiza fuera de la zona de influencia del volcán Ubinas. Sin embargo, según el mapa por caídas de ceniza para erupciones de magnitud baja a moderada (IEV 1-2), el sector de Sirahuaya se encuentra en zona de Alto Peligro.

RECOMENDACIONES

1. Reubicar las viviendas del sector los Pinos, a un lugar en el que no se observe perturbaciones geológicas.
2. Evitar alterar las condiciones normales de los suelos en el albergue Sirahuaya, para mantener el grado de peligrosidad.
3. Para disminuir el avance del área reactivada del deslizamiento antiguo, se debe controlar y evitar las infiltraciones de agua en el suelo, haciéndolo principalmente con un cambio de técnicas de riego y asesoramiento de las entidades correspondientes.
4. Trasladar las aguas que surgen en manantiales hasta zonas alejadas del área reactivada en el cuerpo del deslizamiento Anascapa, para evitar la saturación de los terrenos de cultivo.
5. 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.
6. Todos los reservorios y canales de agua en el sector deberían ser impermeabilizados para evitar la infiltración en los terrenos.
7. 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.
8. En cualquier zona de reubicación antes de ser ocupada por la población se deben realizar lo siguiente:
 - a) Realizar un estudio de suelos, con la finalidad de determinar el tipo de cimentación de las futuras viviendas.
 - b) Forestar la zona, con la finalidad de darle estabilidad al terreno.
 - c) Realizar canales de drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua al terreno.
 - d) La red de agua y desagüe debe estar en buenas condiciones, para evitar la filtración de agua al subsuelo


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


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

BIBLIOGRAFÍA

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.

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.

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.

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.

Lavallée, Y.; De Silva, S., Salas, G., Byrnes, J.M. (2009) - Structural control on volcanism at the Ubinas, Huaynaputina, and Ticsani Volcanic Group (UHTVG), southern Peru. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 186(3-4): 253-264.

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.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2019). Evaluación de peligros geológicos en el sector Sirahuaya. Distrito de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A6923, 29p

Mendivil y Salvador (1966), Remoción de tierras en el anexo de Anascapa (Prov. General Sánchez Cerro - Dpto. de Moquegua. Boletín N° 13. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/123>.

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, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33

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

ANEXO 1 MAPAS

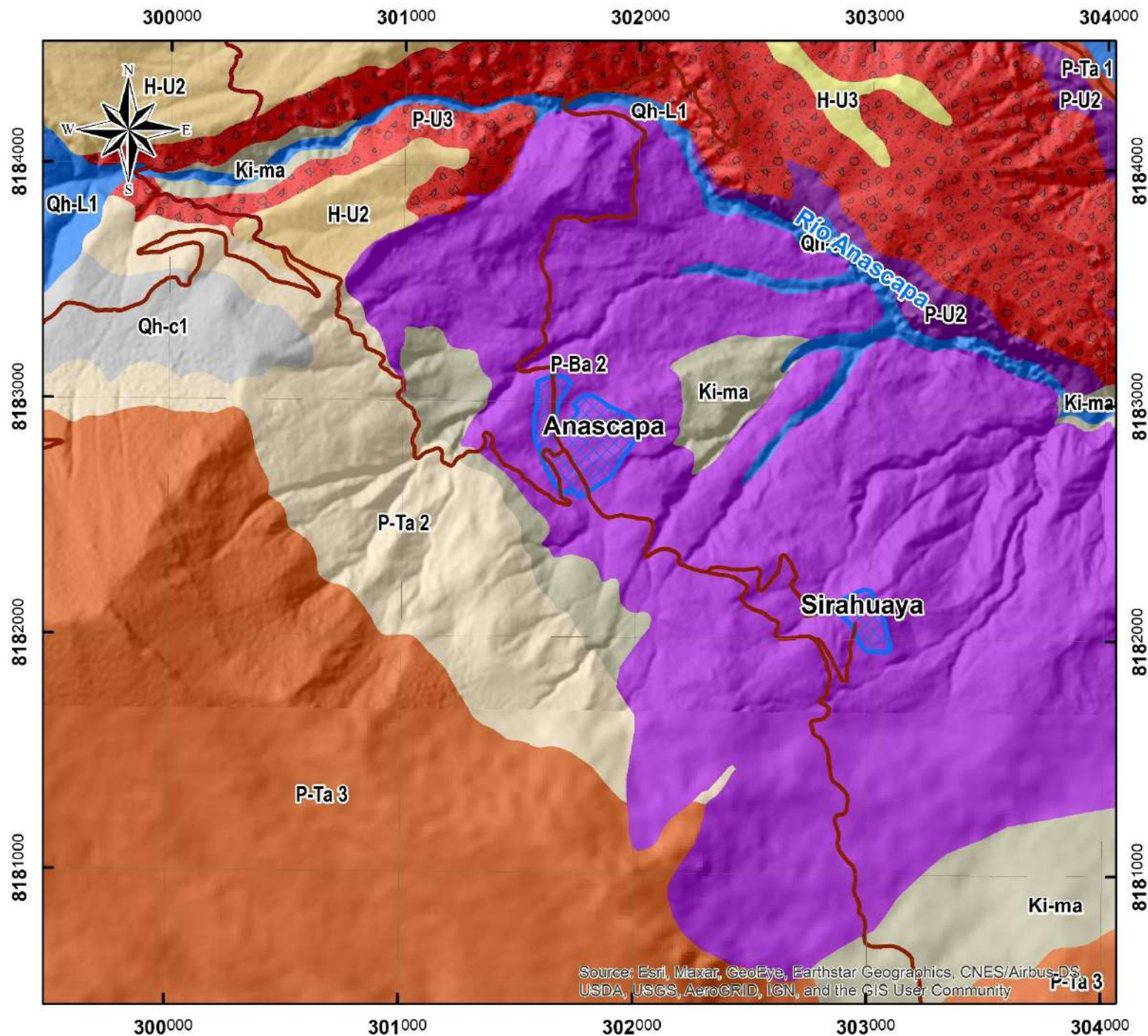
Se presenta los siguientes mapas:

Mapa N°1. Muestra el mapa geológico del área de trabajo. Tomado y modificado del mapa geológico del volcán Ubinas, Rivera M., Mariño J., Thouret J-C. (2011)

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

Mapa N°3. Muestra el mapa geomorfológico del centro poblado Anascapa y el albergue Sirahuaya. Tomado del mapa geomorfológico a escala 1:200,000 del Ingemmet.

Mapa N°4. Muestra el mapa de cartografía de peligros geológicos en el centro poblado Anascapa y el albergue Sirahuaya. Elaboración propia.



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOLÓGICO DE ANASCAPA Y SIRAHUAYA

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 19S

Escala 1:25,000

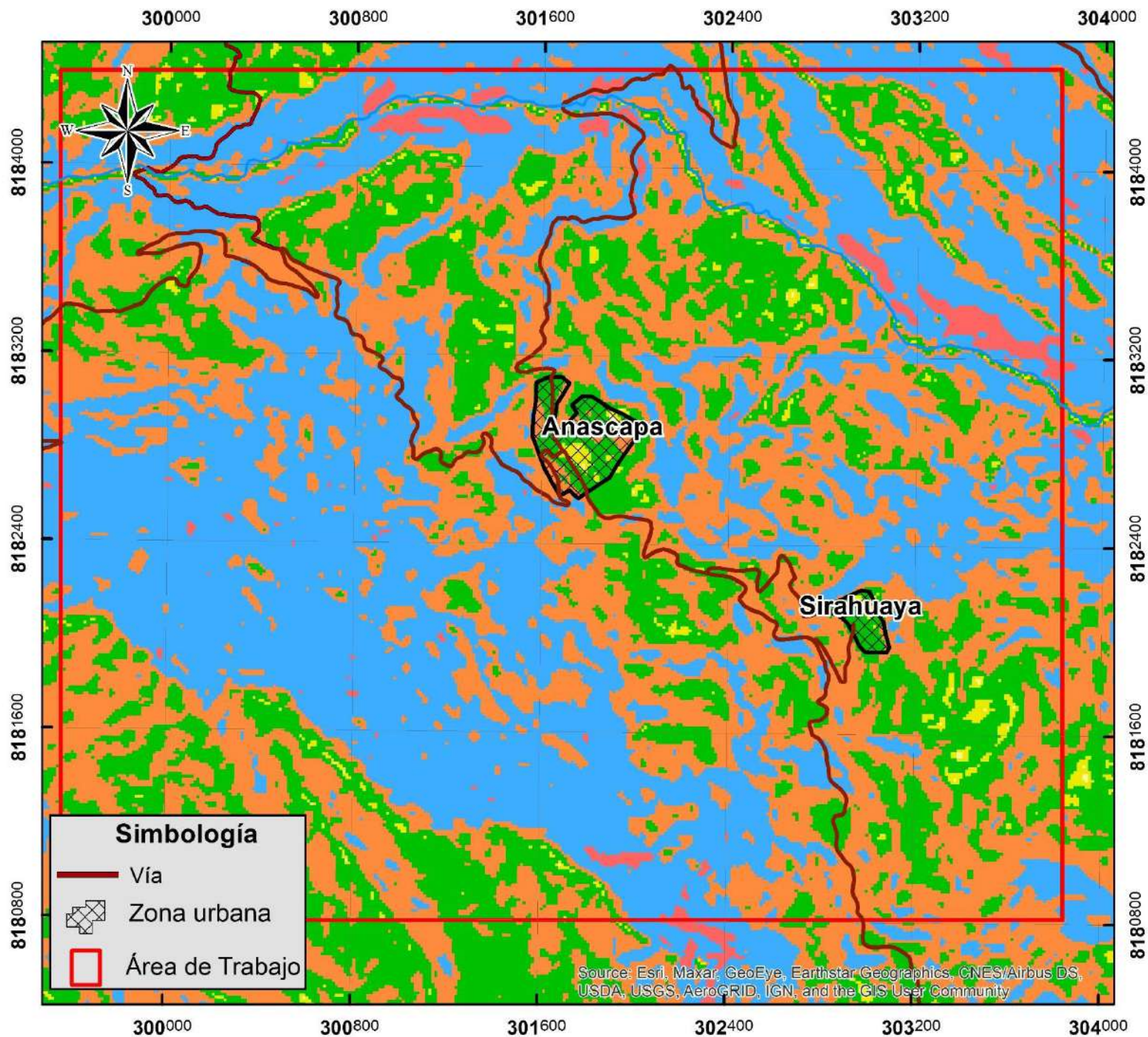
0 200 400 800 m

Mapa N° 1

Leyenda

- Vía
- Zona urbana
- Área de Trabajo

Unidades litoestratigráficas	
	Depósito coluvial
	Depositos de flujo de detritos (Lahares)
	Depósito de caída de ceniza y lapilli
	Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza cohesivos, ricos en líticos de mas de 176 Ka.
	Depósito de avalancha de escombros
	Depósito de avalancha de escombros
	Depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza, masiva y soldada
	Deposito volcanoclástica estratificada con depósitos sedimentarios
	Flujo de bloques y ceniza soldada de color rojizo
	Lavas y depósitos de flujos piroclásticos alterados e hidrotermalizado



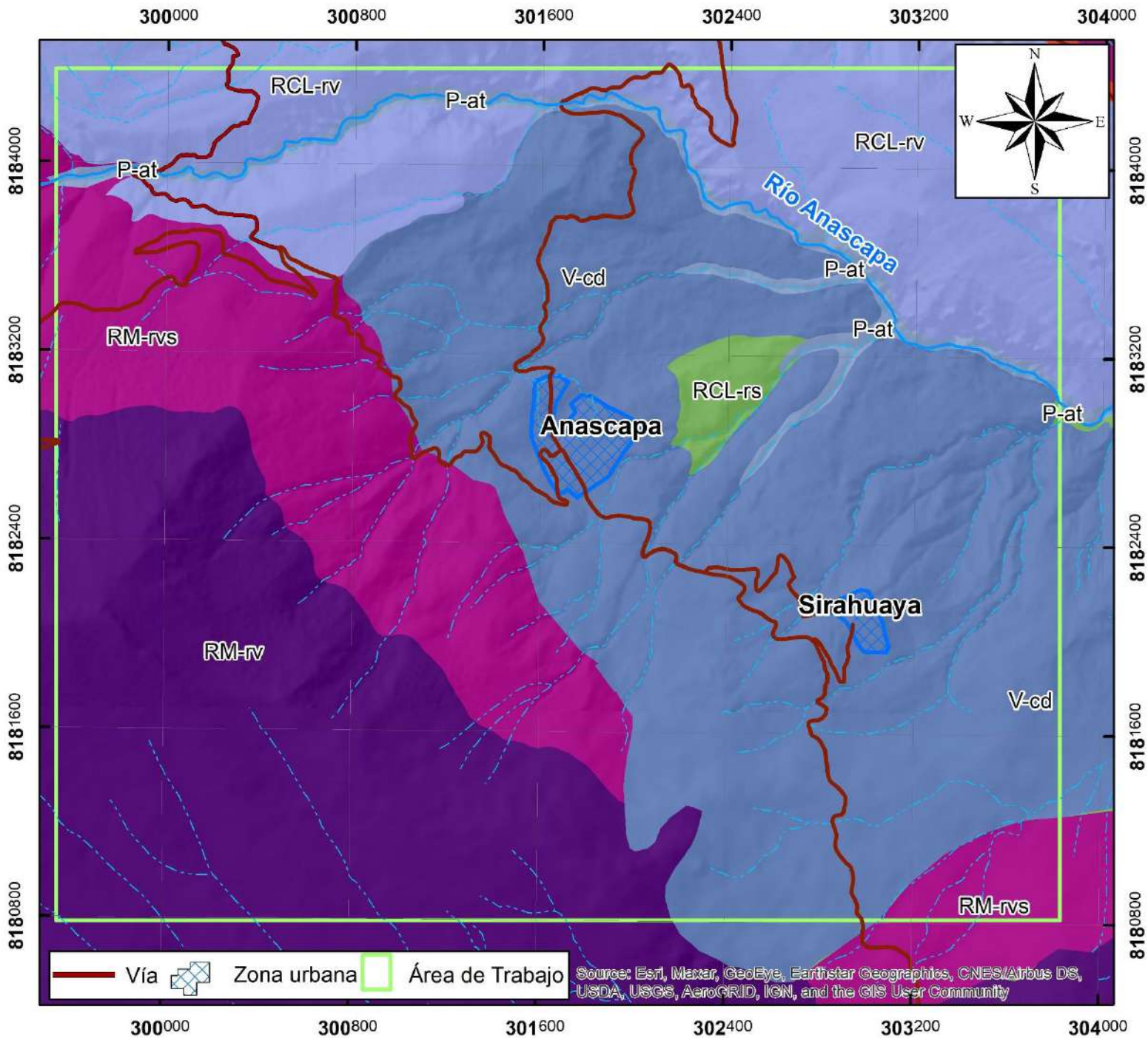
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA DE PENDIENTES DE ANASCAPA Y SIRAHUAYA

Proyección UTM	Escala 1:25,000	Mapa N° 2
Datum WGS 84	0 200 400 800 m	
Zona 19S		

Pendientes (Grados)

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



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

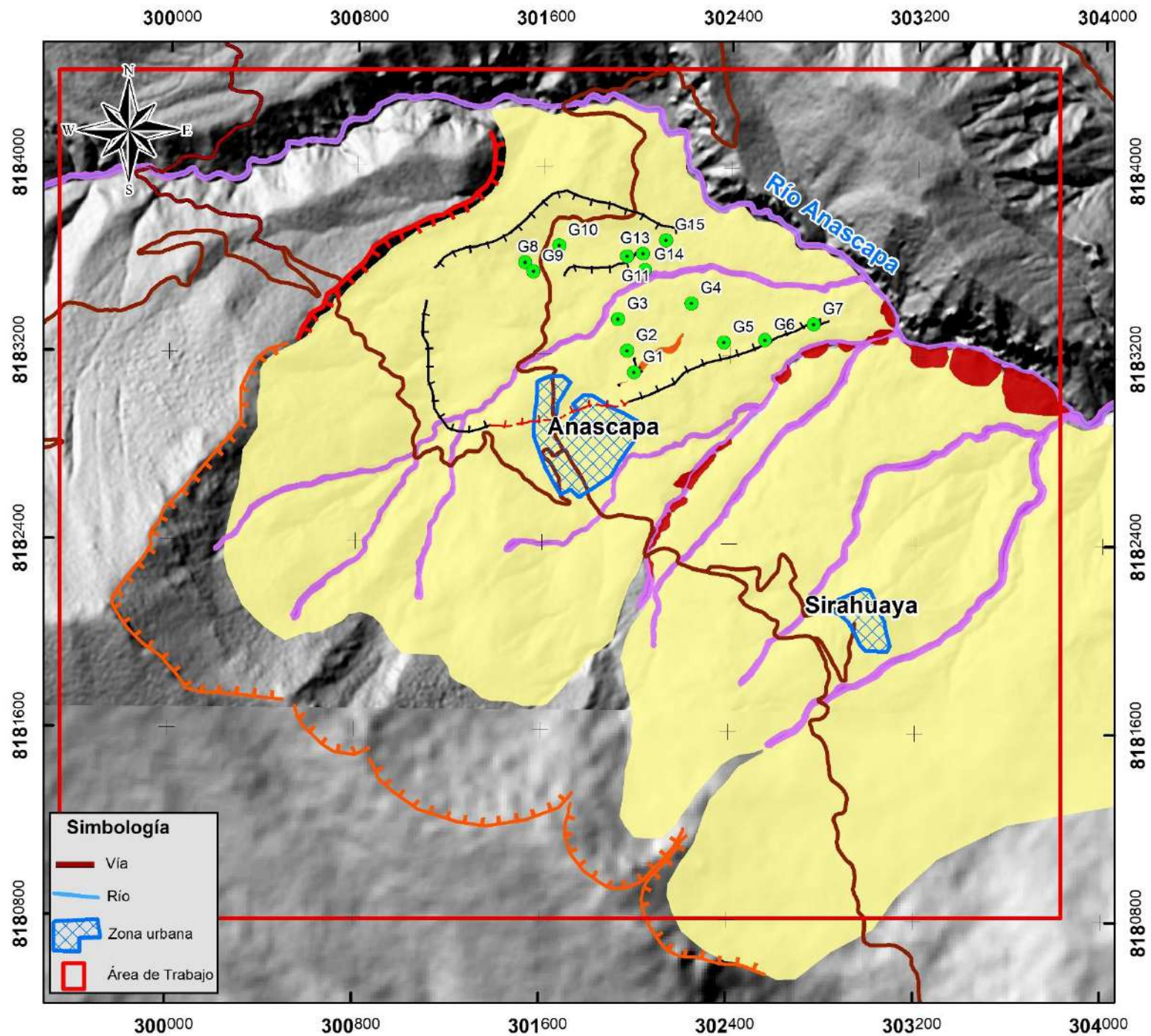
INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE ANASCAPA Y SIRAHUAYA

Proyección UTM	Escala 1:25,000	Mapa N° 3
Datum WGS 84	0 200 400 800 m	
Zona 19S		

Unidades geomorfológicas	
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
RM-rvs	Montaña en roca volcano-sedimentaria
RM-rv	Montaña en roca volcánica
RCL-rv	Montaña y colina en roca volcanica
RCL-rs	Montaña y colina en roca sedimentaria



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN ANASCAPA Y SIRAHUAYA

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 19S

Escala 1:25,000

0 200 400 800 m

Mapa N° 4

Peligros geológicos

- Deslizamiento antiguo
- Derrumbes
- Flujo de detritos
- Grietas
- Escarpe antiguo
- Escarpe antiguo inferido
- Escarpe de área activa
- Escarpe inferido de área activa
- Deslizamiento flujo