

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7524

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN POMACOCHA

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



JULIO
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN POMACOCHA

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

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

Equipo de investigación:

Yhon Soncco Calsina

Rigoberto Aguilar Contreras

Referencia bibliográfica

Soncco Y., & Aguilar R. (2024). "Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en Pomacocha. Distrito de Colta, Provincia Paucar del Sara Sara, Departamento Ayacucho", Informe técnico INGEMMET.

ÍNDICE

1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.2.1. Ubicación	6
1.2.2. Accesibilidad	8
1.2.3. Precipitación pluvial	8
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	11
3.1. Unidades litoestratigráficas	12
3.1.1. Pórfido andesítico (PN-da/an).	12
3.1.2. Grupo Tacaza (P-ta).....	12
3.1.3. Formación Arcurquina (Kis-ar).....	12
3.1.4. Depósito proluvial (Qh-pl)	13
3.1.5. Depósito coluvial (Qh-co).....	13
3.1.6. Depósito coluvio-aluvial (Qh-co-al).....	13
3.1.7. Depósitos aluviales (Qh-al2).....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	14
4.1. Pendientes del terreno	14
4.2. Unidades Geomorfológicas	14
4.2.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	15
4.2.2. Geformas de carácter depositacional o agradacional.....	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
6.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	16
6.1.1. Deslizamiento Pomacocha	17
6.1.2. Área reactivada del deslizamiento	18
6.1.3. Derrumbe.....	21
6.1.4. Movimiento complejo.....	22
6.2. Factores condicionantes	23
6.3. Factores desencadenantes.....	23
CONCLUSIONES	24
RECOMENDACIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXO 1 MAPAS	27

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizado en el anexo Pomacocha, en el distrito de Colta, provincia Paucar del Sara Sara, departamento Ayacucho. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el área de estudio los deslizamientos tienen lugar sobre rocas intrusivas de tipo pórfido andesítico, de color gris claro, que se encuentra entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas. De igual modo se aprecia en zonas aledañas secuencias del Grupo Tacaza, constituidos por lavas andesíticas de textura porfíricas, altamente meteorizadas y medianamente fracturadas; y calizas de naturaleza arcillosa con niveles delgados de calizas clásticas a conglomerádicas, altamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Arcurquina. Todas estas secuencias se encuentran cubiertas por depósitos cuaternarios no consolidados (proluviales, coluviales, colivio-aluviales y aluviales).

Las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio son montaña en roca intrusiva, montaña en roca volcano-sedimentaria, relieve montañoso en roca sedimentaria, vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento. Los movimientos en masa recientes ocurren en las dos últimas unidades.

El principal peligro geológico identificado corresponde a movimientos en masa de tipo deslizamiento, además se tiene derrumbes y movimientos complejos. El anexo Pomacocha, se localiza en el cuerpo de un deslizamiento rotacional antiguo, cuya corona posee una longitud aproximada de 5.3 km, la cual está moderadamente meteorizada. La distancia desde la corona hasta el pie del deslizamiento es de 2.5 km, está comprendido entre las cotas 3864 a 3000 m, es decir presenta un desnivel de 864 m. la masa movilizada se estima que afectó un área de 402 has. Es en el área mencionado que ocurre la reactivación del deslizamiento, este posee 130 has, sobre las cuales se identificaron una serie de agrietamientos, las cuales poseen longitudes de hasta 20 m y aberturas máximas de 1 m, en algunos casos se evidencia desniveles de hasta 1.5 m.

Los factores condicionantes que originan la reactivación del deslizamiento son: a) rocas intrusivas, moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas; rocas de moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturada de la Formación Arcurquina y depósitos cuaternarios no consolidados que son de fácil erosión, b) Pendientes del terreno que varían de muy fuerte a escarpados (25° - 45°), también en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos muy escarpados ($> 45^{\circ}$); c) presencia de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento.

Con base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el anexo Pomacocha es considerado de **PELIGRO ALTO**, frente a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.

Finalmente, se brindan recomendaciones para las autoridades, como: Implementar el monitoreo temporal de los deslizamientos, con equipos GPS-Diferencial, para determinar la velocidad y el desplazamiento del deslizamiento.

INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo el Decreto Supremo N° 005-2024-PCM, que declara el estado de emergencia en varios distritos de algunas provincias de los departamentos de Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huánuco, Huancavelica, Ica, Moquegua y Pasco, por impacto de daños a consecuencia de intensas precipitaciones pluviales y los oficios N° 096-2024-MDC/ALC y N° 778-2024-GRA/GR, emitido por la municipalidad distrital de Colta y el Gobierno Regional de Arequipa, respectivamente. Es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el distrito de Colta, en la provincia Paucar del Sara Sara en el departamento de Ayacucho.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los ingenieros Yhon Soncco y Rigoberto Aguilar, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica y de los peligros geológicos que afectan al anexo Pomacocha en el distrito de Colta. Los trabajos de campo se realizaron del 08 al 20 de abril del 2024.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: a) Gabinete I-Pre-campo, recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; b) Campo, se realizó la observación del sector, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y c) Gabinete II, se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Colta e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar el peligro geológico por deslizamiento que se presentan en el anexo Pomacocha del distrito de Colta; 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:

- a) Martínez, W & Cervantes, J.; (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pausa (31-p). Menciona que en inmediaciones del anexo Pomacocha, aflora el miembro superior de la Formación Arcurquina, constituida por calizas gris claras de naturaleza arcillosa con niveles delgados de calizas clásticas a conglomerádicas bien estratificadas, se calcula un grosor aproximado de 600 a 700 m en su conjunto.
- b) Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019) - Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 245 p. Uno de los productos publicados en este boletín es el mapa de Susceptibilidad a Movimientos en Masa (SMM), donde el sector evaluado se encuentra en zona de susceptibilidad Alta



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

1.2.1. Ubicación

El anexo Pomacocha, se sitúa en la parte media-baja del Cerro Sonjota, del distrito de Colta, provincia Paucar del Sara Sara, departamento Ayacucho (figuras 1, 2, 3 y 4), dentro de las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas de área evaluado en el distrito de Colta, Anexo Pomacocha

Anexo	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
Pomacocha	685679	8321149	-15.178939°	-73.271655°

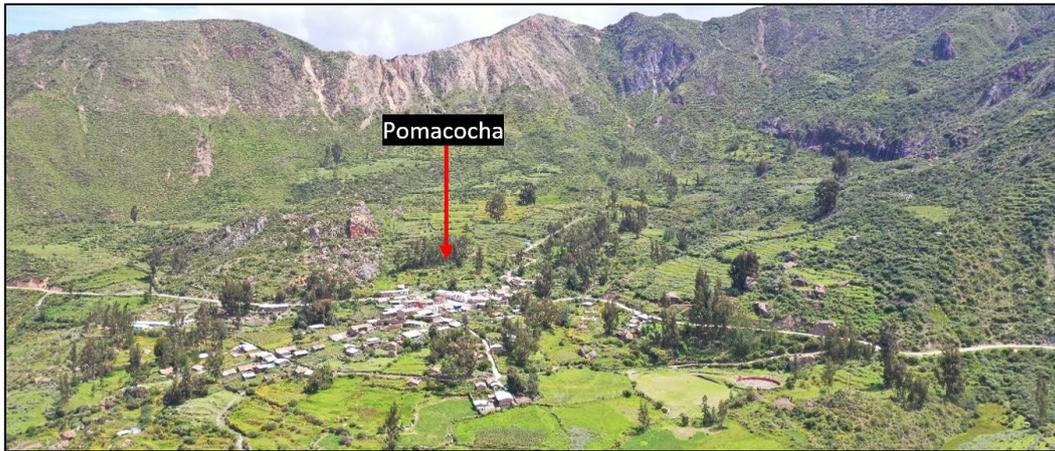


Figura 2. Vista del anexo Pomacocha en el distrito de Colta

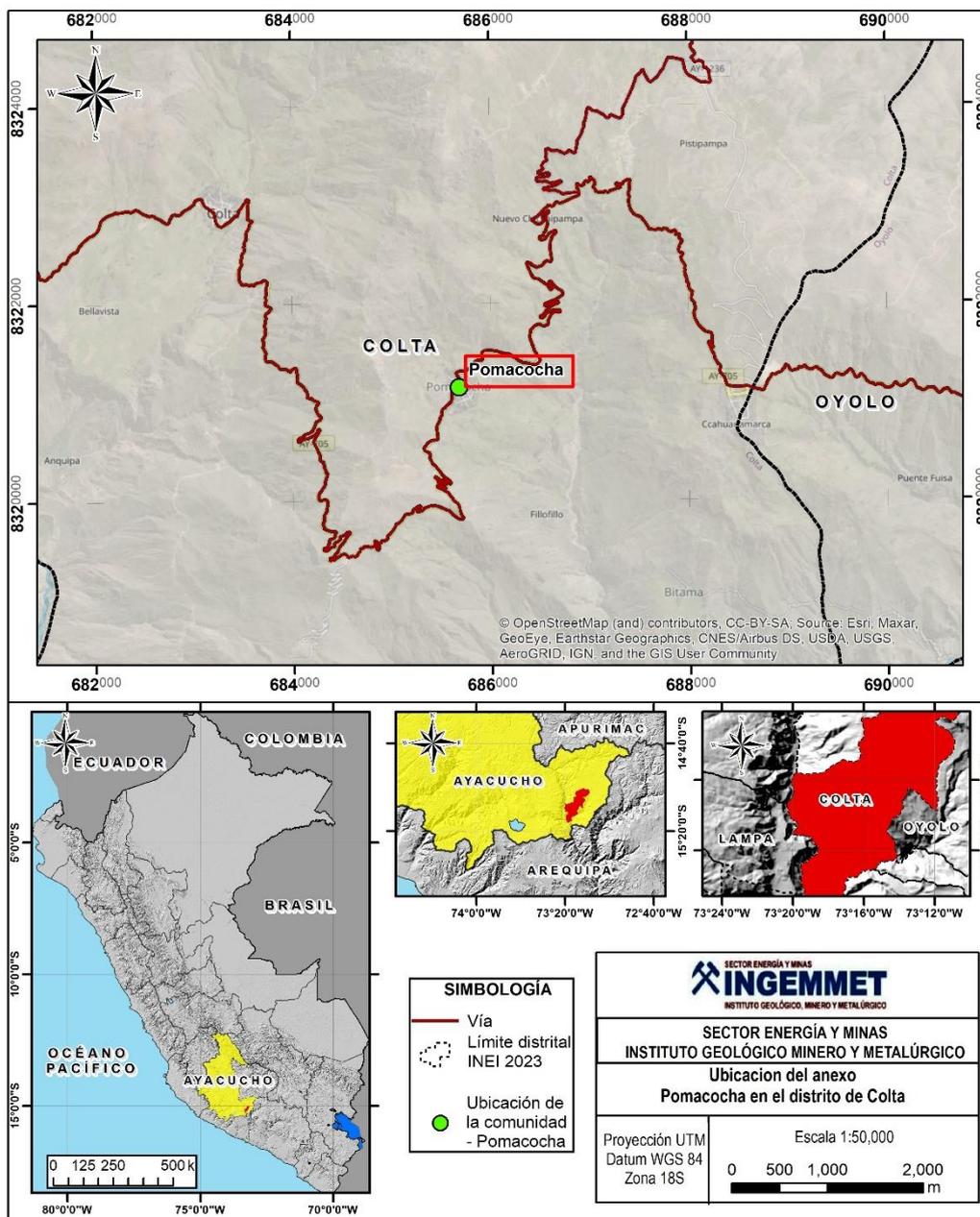


Figura 3. Ubicación de las áreas de evaluación en el distrito de Colta – Anexo Pomacocha

1.2.2. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre partiendo desde Arequipa mediante la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Arequipa – Atico	Asfaltada	306	5 h 25 min
Atico – Caraveli	Asfaltada	77.2	1 h 16 min
Caraveli – Cruce Sondor	Carrozable	53	1 h 20 min
Cruce Sondor - Pauza	Asfaltada	89	2 h 7 min
Pauza - Marcabamba	Asfaltada	25	53 min
Marcabamba – Colta - Pomacocha	Asfaltada	50	1 h 15 min

1.2.3. Precipitación pluvial

Según la información disponible de las estaciones meteorológicas Lampa y Pauza, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), (figuras 3, 4 y 5). Se cuenta con información de una ventana de tiempo desde 1964 hasta el 2013. la mayor precipitación es de aproximadamente 40 mm, según la estación Pauza.

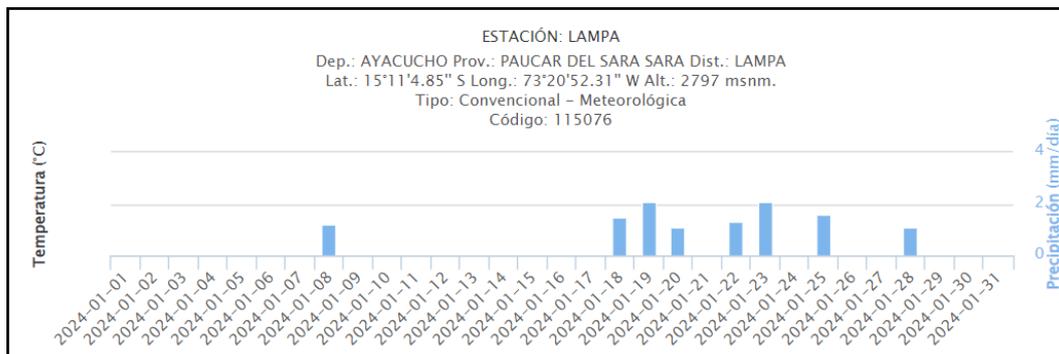


Figura 4. Precipitación diaria según la estación Lampa.

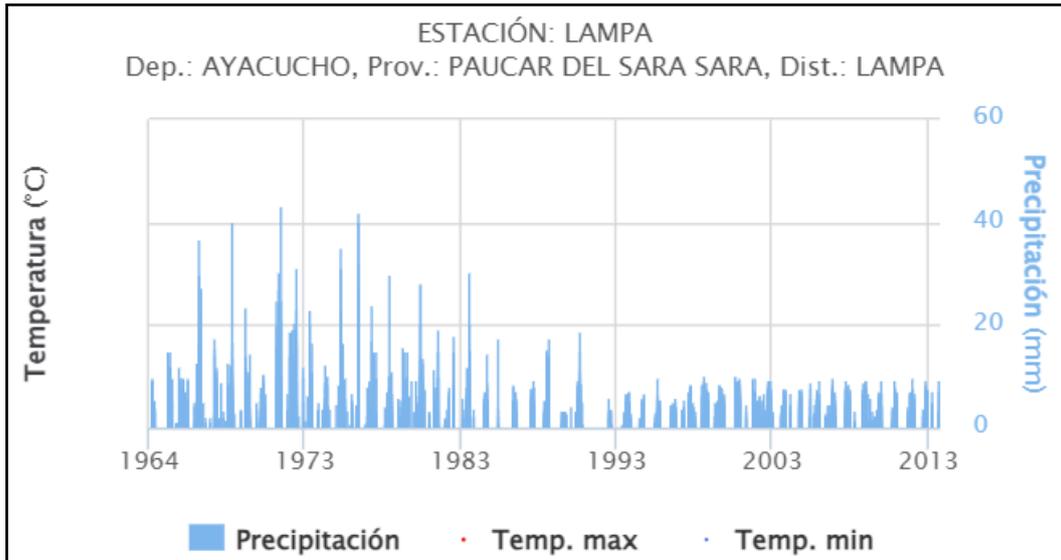


Figura 5. Precipitación diaria según la estación Lampa. Ventana de tiempo 1964 al 2013.

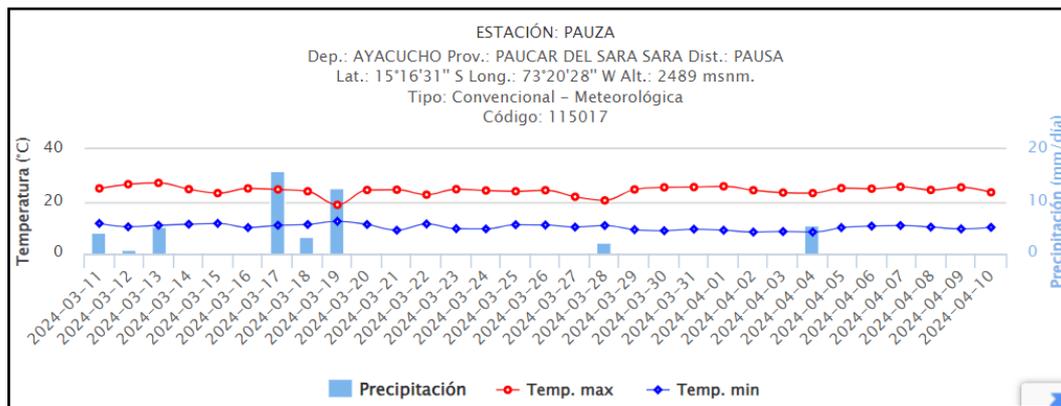


Figura 6. Precipitación diaria según la estación Pauza.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: "Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Cuando el magma se aproxima a la superficie, pierde todo o parte de los gases contenidos en solución, formando burbujas en su interior; bajo estas condiciones, se pueden presentar dos escenarios principales:
- Si los gases del magma se liberan sin alterar la presión del medio, el magma puede salir a la superficie sin explotar. en este caso se produce una erupción efusiva.
- Si el magma acumula más presión de la que puede liberar, las burbujas en su interior crecen y el magma se fragmenta violentamente, produciendo una erupción explosiva.

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

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

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

(2003). Se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo, para definir unidades cuaternarias.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas más antiguas que afloran en el área de estudio corresponde a rocas intrusivas representados por pórfidos andesíticos, Grupo Tacaza, Formación Alpbamba y depósitos aluviales. (Anexo 1, mapa 1).

3.1.1. Pórfido andesítico (PN-da/an).

Afloran en el cerro Sonjota, presenta rocas de color gris claro, de texturas porfíricas con fenocristales de cuarzo y plagioclasa, como accesorios presenta piroxenos, biotitas, cloritas, anfíboles, opacos (diseminados muy finamente) y epídota englobados en una matriz cuarzosa. Los pórfidos andesíticos gris verdosos con cristales de plagioclasa, cuarzo, feldespatos potásicos y piroxenos con presencia de pirita diseminada. Las rocas se encuentran entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

3.1.2. Grupo Tacaza (P-ta).

Secuencia compuesta principalmente, de lavas de composición andesítica, porfíricas con cristales de plagioclasas, cuarzo, etc., en una matriz afanítica de color gris con tonalidades violáceas, pardas y marrones. Presenta su mejor exposición, su mejor afloramiento se ubica en los picos del cerro Sojona. Las rocas se encuentran altamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

3.1.3. Formación Arcurquina (Kis-ar)

Esta secuencia se presenta formando farallones donde se distinguen hasta tres miembros que se describen a continuación (sección entre Charcana y Cotahuasi):

Miembro inferior. constituido principalmente por calizas gris oscuras a gris verdosas masivas en estratos gruesos interestratificadas con calizas gris oscuras delgadas con abundante contenido de nódulos alargados.

Miembro medio. constituido principalmente por calizas arcillosas y margosas gris claras con niveles de areniscas gris claras medianamente estratificadas con lutitas rojizas y calizas amarillentas de grano fino.

Miembro superior. constituida por calizas gris claras de naturaleza arcillosa con niveles delgados de calizas clásticas a conglomerádicas bien estratificadas, se calcula un grosor aproximado de 600 a 700 m en su conjunto. Sus principales afloramientos se ubican en la margen derecha del río Cotahuasi extendiéndose como una faja continua en la zona alta del valle de Andamarca, cerro Jocha Jocha (Charcana) hasta el cerro Tanisca donde está limitado en el Grupo Yura por la falla inversa Tanisca. El afloramiento tiene un rumbo promedio N 15° E y un buzamiento de 35° al NO. Infrayace En discordancia angular al Grupo Tacaza. Otro afloramiento importante se ubica en el cerro Accha, distrito de San José de Ushua con rumbos similares, con la diferencia de que este sector presenta estratos invertidos. Asimismo, los afloramientos en los alrededores de los poblados de

Pomacochas, el distrito de Colta y distrito de Cahuacho forman un sinclinal que se prolonga al cuadrángulo de Cora Cora. Donde las rocas se encuentran entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

3.1.4. Depósito proluvial (Qh-pl)

Depósito constituido por fragmentos heterométricos de formas angulosas y subangulosas de naturaleza intrusiva, dispuestos en forma caótica, inmersos en matriz areno limosa. Depósito poco consolidado.

3.1.5. Depósito coluvial (Qh-co)

Son depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvia, flujos de detritos (huaicos) y flujos de lodo, ocasionando acumulación de fragmentos rocosos y lodos a manera de conos de deyección en su desembocadura. Constituidos por gravas, arenas y limos; cuyos depósitos se encuentran poco consolidados. Aflora en los sectores Secocha, Pampaylima, Posco Misky y poco en San Martín y La Poderosa.

3.1.6. Depósito coluvio-aluvial (Qh-co-al)

Las laderas del cerro se encuentran cubiertas por depósitos coluvio - deluviales, originados por deslizamientos, derrumbes y caída de rocas dispuestos en forma caótica, con escasa matriz, estos depósitos están constituidos por fragmentos polilitológicos. En inmediaciones del anexo Pomacocha, se aprecia formando los depósitos del deslizamiento. Se aprecia poco consolidado, (figura 7)



Figura 7. Depósito coluvio-aluvial, en inmediaciones del anexo Pomacocha.

3.1.7. Depósitos aluviales (Qh-al2)

Anteriormente generalizados como aluviales, son depósitos pardo-amarillentos constituidos de conglomerados polimícticos (de acuerdo con la zona existen desde gneises hasta volcánicos recientes) angulosos a

subredondeados, en una matriz de arenas, arcillas y limos. Forman terrazas que son aprovechadas en su mayoría, como zonas de cultivo y donde están asentados la mayor parte de los poblados alto Andinos. Se encuentran afloramientos a lo largo de los valles y en las zonas altas se presentan como depósitos de piedemonte, son depósitos poco consolidados.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

En el anexo Pomacocha las pendientes de los terrenos, varía desde moderado a fuertemente inclinado, en terrazas ($10^\circ - 25^\circ$), las laderas presentan pendientes fuertes a muy fuerte ($25^\circ - 45^\circ$), y en la parte alta de los cerros y en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados ($> 45^\circ$), (figuras 8). Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 20 cm, a partir fotogrametría con dron, (abril 2024). Anexo 1, mapa 4).

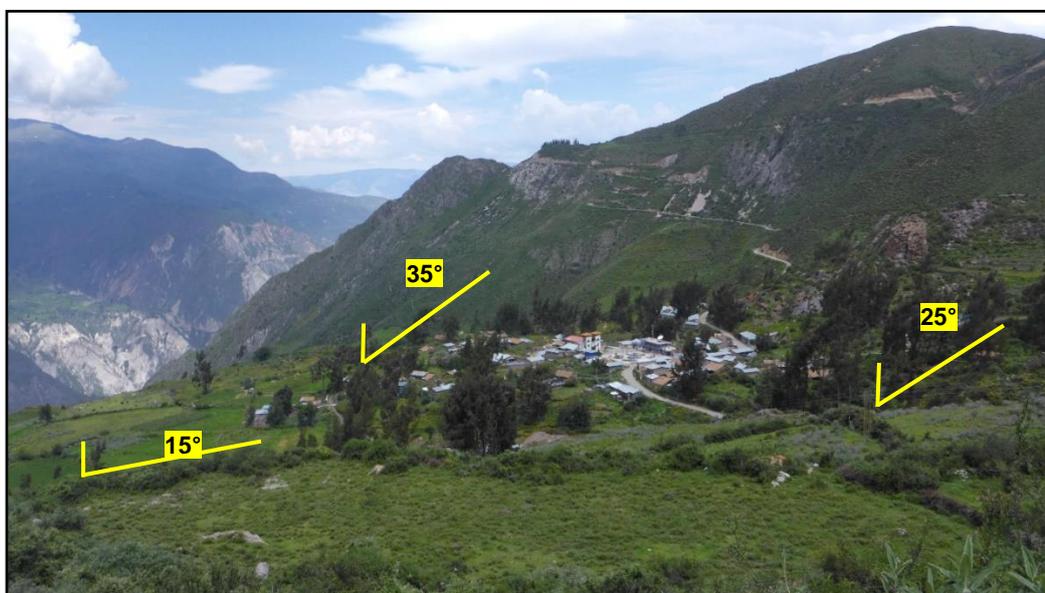


Figura 8. El texto de color amarillo muestra las distintas pendientes en Pomacocha

Tabla 1. Clasificación de pendientes del terreno.

Rangos de pendientes del terreno ($^\circ$)	CLASIFICACIÓN
<1	Llano
1 – 5	Suavemente inclinado
5 – 15	Moderado
15 – 25	Fuerte
25 – 45	Muy fuerte ha escarpado
>45	Muy escarpado

4.2. Unidades Geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet (escala

1:200.000); cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

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

La evolución del relieve en el área evaluada se presenta en el (Anexo 1, mapa 2).

En el área de estudio se han formado geoformas, los cuales son: Montaña en roca intrusiva (RM-ri), montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs), montaña en roca sedimentaria (RM-rs), vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).

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:

Unidad de Montaña

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

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

Montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs): Este relieve presenta crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 30° y elevaciones que alcanzan los 3800 msnm. Se identifico esta geoforma en la parte alta del anexo Pomacocha, en inmediaciones del cerro Sonjota. Esta subunidad es susceptible a generar deslizamientos.

Relieve montañoso en roca sedimentaria (RM-rs): Esta subunidad geomorfológica presenta cerros con laderas con pendientes que varían de fuertes hasta abruptas (25° - 50°), se encuentran erosionadas. Litológicamente está compuesta por secuencias sedimentarias calcáreas, se caracteriza por presentar caídas de rocas, derrumbes, deslizamientos y avalanchas de rocas.

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.

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 Pomacocha, está ubicada sobre esta subunidad geomorfológica. Susceptible a genera deslizamientos.

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Esta unidad se aprecia desde el cerro Sonjota, hasta el cauce del río Alfahuayco. Es una unidad susceptible a genera deslizamientos.

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.

En inmediaciones del anexo Pomacocha, se identificó peligros geológicos de tipo movimientos en masa, como deslizamiento, derrumbe y movimiento complejo. Estos procesos 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 las lluvias periódicas y extraordinarias que caen en el área; así como, la actividad sismicidad. También se identificaron procesos de derrumbes en el cuerpo del deslizamiento y principalmente en el pie del deslizamiento.

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 anexo Pomacocha, se identificó principalmente un deslizamiento (mapa 4) y otros como derrumbes, deslizamientos-flujos que se describe a continuación.

6.1.1. Deslizamiento Pomacocha

Es un deslizamiento aparentemente rotacional antiguo, el cual viene presentando reactivaciones de manera sectorial. En el cuerpo del deslizamiento se ubica la zona urbana del anexo Pomacocha, así como actividad agrícola.

En inmediaciones del cerro Sonjota, se aprecian unas depresiones poco definidas, que corresponden a la corona de un deslizamiento antiguo, cuya masa deslizada o removida llega hasta el cauce del río Alfahuayco (figura 9). En el cuerpo del deslizamiento se evidencian ondulaciones, lomeríos y pequeñas depresiones, que evidencian su remoción.

Se trata de un deslizamiento rotacional, la corona del deslizamiento se encuentra erosionada, por el alto grado de meteorización, sin embargo, se puede inferir que posee una longitud de 5.3 km, la distancia desde la corona hasta el pie del deslizamiento es de 2.5 km. Este evento está comprendido entre las cotas 3864 a 3000 m. es decir presenta un desnivel de 864 m. la masa movilizada se estima que afecto un área 402 has. Durante los trabajos de campo, en el cuerpo del deslizamiento se identificaron algunos sectores reactivados; además de procesos de derrumbes ubicados dentro del cuerpo del deslizamiento, y con mayor afectación en el pie del deslizamiento, aparentemente por el empuje de la masa y la erosión fluvial originado por el río Alfahuayco

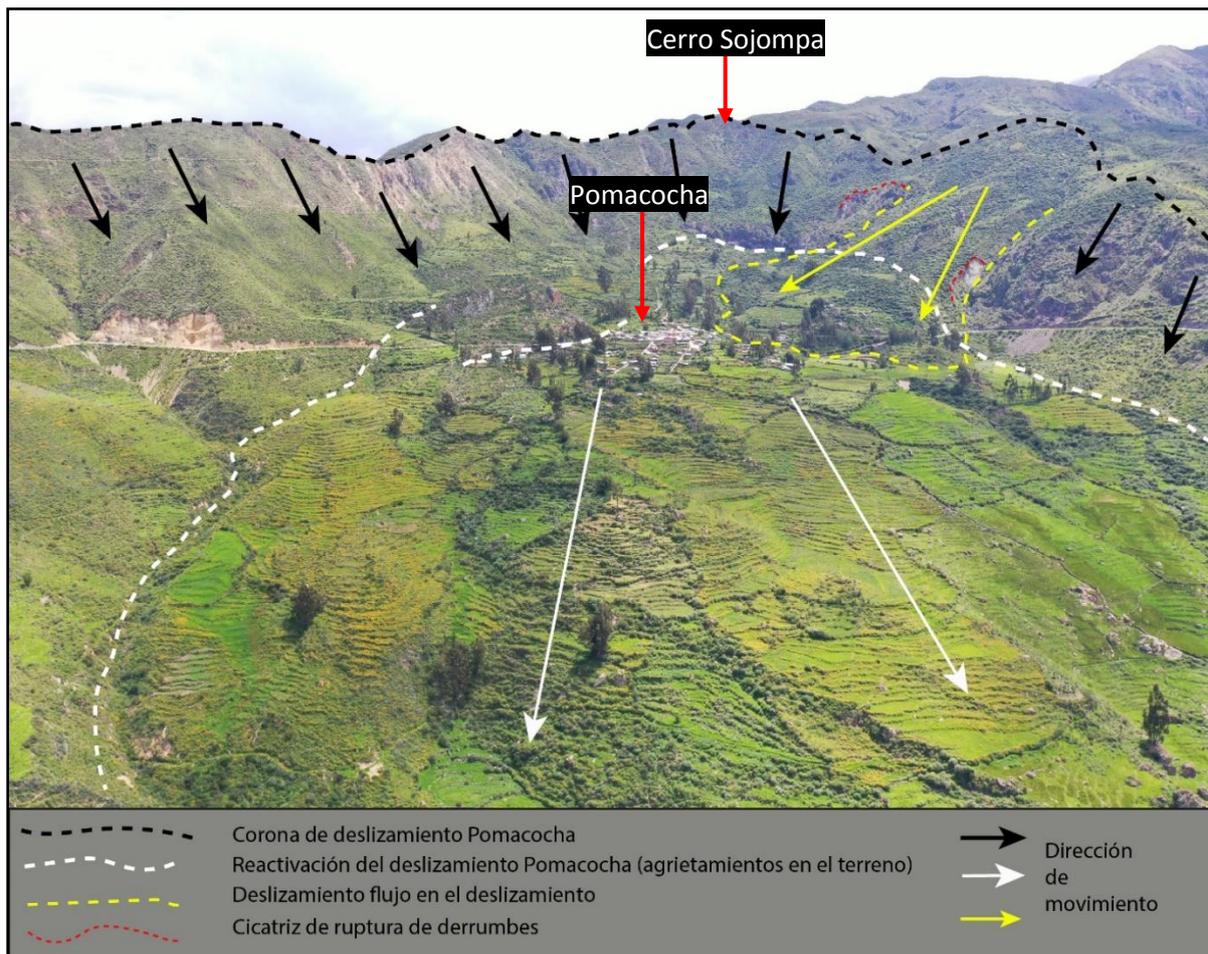


Figura 9. Deslizamiento Pomacocha.

6.1.2. Área reactivada del deslizamiento

Esta se ubica en inmediaciones del anexo Pomacocha, en la (figura 9) con líneas de color blanco se muestra esta reactivación. Posee un área aproximada de 130 has, sobre las cuales se identificaron una serie de agrietamientos, detalladas en la tabla 4. Las grietas poseen longitudes de hasta 20 m y aberturas máximas de 1 m, en algunos casos se evidencia desniveles de hasta 1.5 m. además se han identificado canales de riego sin revestimiento (figuras 10, 11, 12, 13, 14 y 15)

Tabla 2. Coordenadas de las grietas ubicadas en inmediaciones de Pomacocha

Numero	Grietas	
	Norte	Este
1	8321472	685921
2	8321596	685779
3	8321664	685694
4	8321686	685359
5	8320801	685480

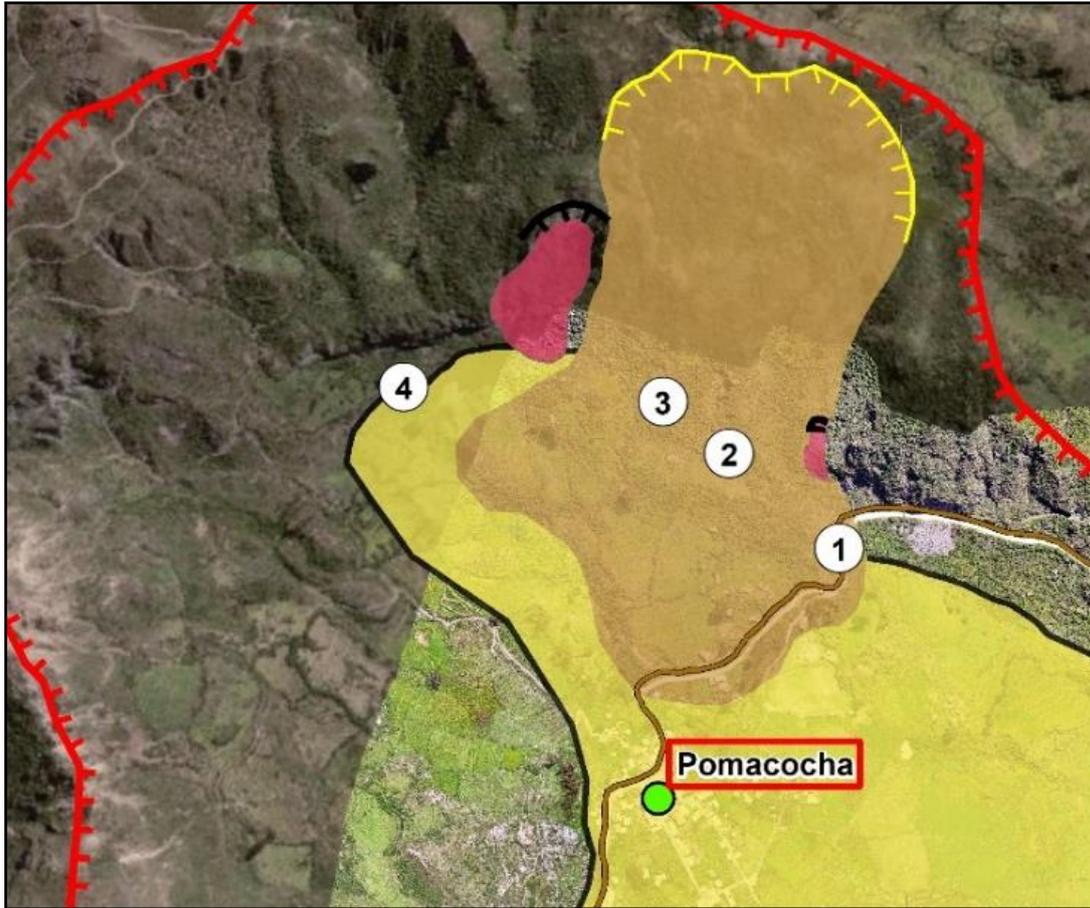


Figura 10. Ubicación de las grietas.



Figura 11. Agrietamientos N1, ubicado en la margen izquierda del deslizamiento, se evidencia en la ruptura de la calzada asfáltica.



Figura 12. Agrietamientos N3, ubicado en la margen izquierda del deslizamiento, en la parte alta del anexo Pomacocha.



Figura 13. Agrietamientos N4, ubicado en la parte alta del anexo Pomacocha.



Figura 14. Agrietamientos N5, ubicado en la margen derecha del deslizamiento, antes de llegar al anexo Pomacocha.



Figura 15. Canales de riego por gravedad, sin revestimiento

6.1.3. Derrumbe

Esta se ubica en inmediaciones del río Alfahuayco, en el pie del anexo Pomacocha, se evidencia un escarpe de ruptura de 500 m de longitud. Con un desnivel de 120 aproximadamente. El avance de este derrumbe es ligado al empuje de la masa del cuerpo del deslizamiento Pomacocha, y la erosión fluvial sufrida por las aguas que descienden por el cauce del río Alfahuayco.



Figura 16. Derrumbe en el pie del deslizamiento Pomacocha.

6.1.4. Movimiento complejo

Es un movimiento complejo antiguo, el evento posee una corona de rotura irregular, se puede inferir que posee una longitud de 1.5 km, la distancia desde la corona hasta el pie del deslizamiento es de 1153 m. Este evento está comprendido entre las cotas 3804 a 3455 m, es decir presenta un desnivel de 369 m. la masa movilizada se estima que afecto un área 36 has.



Figura 17. Derrumbe en el pie del deslizamiento Pomacocha.

6.2. Factores condicionantes

- Presencia de lavas andesíticas meteorizadas y medianamente fracturadas; rocas de la Formación Arcurquina, constituida por calizas gris claras de naturaleza arcillosa con niveles delgados de calizas clásticas a conglomerádicas, se encuentran entre moderado y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Además, la presencia de depósitos cuaternarios no consolidados.
- Las laderas presentan pendientes que varían de moderado a fuertemente inclinado, en los terrenos de cultivo (10° - 25°), en la parte baja y media es muy fuerte (25°-45°), en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados (> 45°). Esto permite que el material suelto que se encuentra en la ladera se desplace cuesta abajo con facilidad
- Presencia de unidades geomorfológicas de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento.

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 de Lampa del (Senamhi), en la zona, históricamente se presentaron precipitaciones de hasta 40 mm.
- Los sismos también pueden desencadenar los deslizamientos. Según el Mapa de sismicidad del Instituto Geofísico del Perú-IGP, cercano a la zona, se han presentado sismos con intensidades de VII según el sismo del 21 de octubre de 1687; y entre IV y V según el sismo del 23 de junio de 2001. De presentarse sismos similares a los descritos anteriormente, podrían acelerar la reactivación del deslizamiento.

CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica y geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

1. En el área de estudio los deslizamientos tienen lugar sobre rocas intrusivas de tipo pórfido andesítico, de color gris claro, que se encuentra entre moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas. De igual modo se aprecia en zonas aledañas secuencias constituidas por lavas andesíticas de textura porfiríticas, altamente meteorizadas y medianamente fracturadas (Grupo Tacaza); calizas de naturaleza arcillosa con niveles delgados de calizas clásticas a conglomerádicas, altamente meteorizadas y medianamente fracturadas (Formación Arcurquina) y Todas estas secuencias se encuentran cubiertas por depósitos cuaternarios no consolidados (proluviales, coluviales, coluvio-aluviales y aluviales).
2. Las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio son montaña en roca intrusiva, montaña en roca volcánico-sedimentaria, relieve montañoso en roca sedimentaria, vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento. Los movimientos en masa recientes ocurren en las dos últimas unidades.
3. El principal peligro geológico identificado es por deslizamiento, el cual es de tipo rotacional antiguo reactivado. También se identificaron peligros geológicos de tipo derrumbes y movimientos complejos.
4. Los factores condicionantes que originan la reactivación del deslizamiento son: a) rocas intrusivas, moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturadas; rocas de moderada y altamente meteorizadas y medianamente fracturada de la Formación Arcurquina y depósitos cuaternarios no consolidados que son de fácil erosión, b) Pendientes del terreno que varían de muy fuerte a escarpados (25°-45°), también en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos muy escarpados (> 45°); c) presencia de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento.
5. Con base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el anexo Pomacocha es considerado de **PELIGRO ALTO**, frente a movimientos en masa, dicho sector puede ser afectado por deslizamientos y derrumbes.

RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados al deslizamiento y los derrumbes. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

1. Mitigar las infiltraciones de agua en el suelo, con la finalidad de reducir el avance de los agrietamientos. Para ello implementar riego por goteo y/o por aspersión, con asesoramiento técnico especializado.
2. Impermeabilizar todos los canales de agua (con tubería de PVC o manguera flexibles) y represas, para evitar infiltraciones de agua al subsuelo, principalmente en la parte alta de la zona urbana de Pomacocha y en la zona agrícola del anexo.
3. Captar las aguas de escorrentía que se formen en la ladera superior de los deslizamientos, derivándolas hacia quebradas próximas por medio de canales revestidos. Asimismo, implementar sistemas de subdrenaje, tipo espina de pez en el cuerpo del deslizamiento, el cual reducirá las presiones intersticiales.
4. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas, en gestión de riesgos, para evitar la construcción de viviendas o infraestructura en áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.
5. Implementar el monitoreo temporal de los deslizamientos, con equipos GPS-Diferencial, para determinar la velocidad y el desplazamiento del deslizamiento.
6. Realizar un estudio de evaluación de riesgos (EVAR), este debe ser realizado por un profesional valuator de riesgos acreditado por CENEPRED.


Rigoberto Aguilar Contreras


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

BIBLIOGRAFÍA

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

Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de pausa (31-p)
Martínez William y Cervantes John (2003).

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

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

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

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

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

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

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

ANEXO 1 MAPAS

Se presenta los siguientes mapas:

Mapa N°1. Mapa geológico del anexo Pomacocha. Tomado y modificado del mapa geológico del cuadrángulo Pausa 31-p. Pecho Gutiérrez, Víctor (1983)

Mapa N°2. Mapa de pendientes del anexo Pomacocha, elaborado a partir de un modelo digital de elevaciones (DEM) de 50 cm de resolución. Elaboración propia.

Mapa N°3. Mapa geomorfológico del anexo Pomacocha. Tomado del mapa geomorfológico a escala 1:200,000 del Ingemmet.

Mapa N°4. Mapa de movimientos en masa del anexo Pomacocha. Elaboración propia.

