

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7475

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS QUEBRADAS YANA PIRURO, YURACC CCACC Y CACHICHAMNA DE PAMPA WIRUYPACCHA

Departamento Ayacucho
Provincia Vilcas Huamán
Distrito Concepción



FEBRERO
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS QUEBRADAS YANA PIRURO, YURACC CCACCA Y CACHICHAMNA DE PAMPA WIRUYPACCHA

(Distrito Concepción, provincia Vilcas Huamán, departamento Ayacucho)

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

Equipo de investigación:

Norma L. Sosa Senticala

Mauricio A. Núñez Peredo

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). "Evaluación de peligros geológicos en las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha". Distrito Concepción, provincia Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho", informe técnico N°A7475, Ingemmet. 42 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
DEFINICIONES	2
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	4
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Población	6
1.3.3. Accesibilidad.....	6
1.3.4. Clima	8
1.3.5. Zonificación sísmica	9
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	10
2.1.Unidades litoestratigráficas.....	10
2.1.1. Formación Ayacucho (Nm-ay/i14).....	10
2.1.2. Grupo Mitu (PET-mi/v4).....	11
2.1.3. Depósitos cuaternarios.....	11
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
3.1. Pendientes del terreno.....	13
3.2. Unidades geomorfológicas.....	14
3.1.1. Subunidad de montañas en rocas volcánicas (RM-rv)	14
3.1.2. Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs):	15
3.1.4. Subunidad vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).....	16
4. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	18
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	18
4.2. Reactivación de los procesos de erosión de ladera de la quebrada Yurac Ccacca.	18
4.2.1. Características visuales del evento	20
4.3. Reactivación de flujo de detritos de la quebrada Yuracc Ccacca.....	23
4.3.1. Factores condicionantes.....	25
4.3.2. Factores detonantes o desencadenantes	26
4.3.3. Factores antrópicos	26
4.3.4. Daños por peligros geológicos	26
Análisis del perfil de la cárcava y flujo de detritos	27
5. CONCLUSIONES	29
6.RECOMENDACIONES.....	30

7.BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXO 1: MAPAS.....	31
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	36

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa, que pertenecen a la jurisdicción de la Municipalidad distrital de Concepción, provincia Vilcas Huamán, 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 para los tres niveles de gobierno.

Las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa, se encuentran a 9 km al norte de la Municipalidad distrital de Concepción, ubicada en la margen derecha de la quebrada Manzanayocc. En marzo del 2023, la quebrada Yuracc Ccacca se reactivó debido al ciclón Yaku.

En el área de estudio afloran tobas de a Formación Ayacucho, las rocas se encuentran muy fracturado con espaciamentos muy próximas a próximas entre sí (0.05-0.15 m), aberturas muy abiertas (3.0 a 4.0 mm), sin relleno visible, resistencia muy baja (5-25 MPa); en superficie se encuentran muy alteradas y altamente meteorizadas, con un comportamiento de suelo, el cual es lavado constantemente por las precipitaciones pluviales.

Las geoformas identificadas corresponden a montañas en rocas volcánicas y sedimentarias y de piedemonte (aluvial, coluvio-deluvial, coluvial). Las laderas de montañas presentan pendientes que van de moderada a muy escarpada (15° a 45°); lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. La geoforma aluvio-torrencial ubicada en las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa y Manzanayocc presentan pendientes de llano a moderados (0° a 15°).

Los factores condicionantes de los procesos de erosión de ladera y flujos de detritos son: substrato rocoso muy fracturado y muy meteorizados; presencia de suelos inconsolidados de fácil erosión y remoción; y laderas con pendiente fuertes.

El factor detonante para la ocurrencia de los procesos de erosión de ladera y flujos de detritos mencionados, se atribuye al ciclón Yaku y las lluvias intensas y/o excepcionales registradas en los meses de diciembre a marzo, (22.6 mm que se registró en marzo), actividad sísmica y la actividad antrópica.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, en las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha, considerado como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a la ocurrencia de flujos de detritos y procesos de erosión, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

Finalmente, se indica algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica, como: realizar un EVAR e implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), y sellar las grietas ubicadas próximos de las, con el fin de evitar la saturación del suelo.

DEFINICIONES

El presente informe técnico tiene como objetivo ser comprensible para entidades gubernamentales de los tres niveles de gobierno y para el personal no especializado, sin necesidad de ser geólogos. En este informe se presentan diversas terminologías y definiciones relacionadas con la identificación, clasificación y descripción de los peligros geológicos.

Para lograr una mayor comprensión, nos basamos en el libro "*Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*" del Proyecto Multinacional Andino: *Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)*" y presentamos algunas definiciones importantes en términos sencillos.

AGRIETAMIENTO: formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

CORONA: zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

DESLIZAMIENTO: Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña.

DESLIZAMIENTO ROTACIONAL: Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava; presentan una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. (Suarez, 2009).

DETONANTE: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

EROSIÓN DE LADERAS: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

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

FLUJO: Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea deslizamiento o una caída. Estos pueden ser canalizados (flujos de detritos o huaicos) y no canalizados (avalanchas).

METEORIZACIÓN: 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.

MOVIMIENTO EN MASA: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

PELIGROS GEOLÓGICOS: Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

SUSCEPTIBILIDAD: Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

ZONA CRÍTICA: Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

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 (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa, entre otros peligros geológicos) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Asociación de productores agropecuarios, distrito de concepción, según Carta S-N (VV39782); es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Norma Sosa Senticala y Mauricio Núñez Peredo, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado, la cual se realizó en coordinación con los productores agropecuarios del sector.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, 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 Concepción y 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 de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar, caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) El boletín de Peligro Geológico en la Región Ayacucho de la Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, elaborado por Vílchez et al. (2019), a escala de análisis (1:300 000.), localiza las quebradas Yana Piruro, Yuracc

Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha con susceptibilidad media a muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa (**figura 1**). Dentro de este estudio se realizó e inventario de peligros geológicos, identificando un flujo de detritos con el código **214431112**, ubicado a 3.9 km al noreste de la quebrada Yana Piruro.

- B) Boletín N° A 83, Serie A Carta Geológica Nacional “Geología del Cuadrángulo de San Miguel, Hoja:27-o. En este boletín se muestran las unidades litoestratigráficas identificadas en la zona de estudio y alrededores que corresponden principalmente a rocas sedimentarias del Grupo Mitú.
- C) Boletín N° A 70, Serie A Carta Geológica Nacional “Geología del Cuadrángulos e Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña, Hojas: 28-ñ, 28-o, 29-o, 30-o En este boletín se muestran las unidades litoestratigráficas identificadas en la zona de estudio y alrededores que corresponden principalmente a rocas sedimentarias del Grupo Mitú y el Centro volcánico Lucho Jahuanapampa.
- D) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Guadalupe (28-l), Huancapi (28-ñ), Chincheros (28-o), Castrovirreyna (27-m), San Miguel (27-o), Tupe (26-l), Conaica (26-m), Huarochirí (25-k), Yauyos (25-l) y Huancayo (25-m) (Quispesivana et al 2003, 2003), a escala 1:100 000, realizado dentro del programa de Revisión y Actualización de la Carta Geológica Nacional. Contempla la descripción detallada de las unidades litoestratigráficas aflorantes en el área de estudio, que corresponden a Areniscas conglomerados, brechas, lavas y tobas de cenizas del Grupo Mitu.

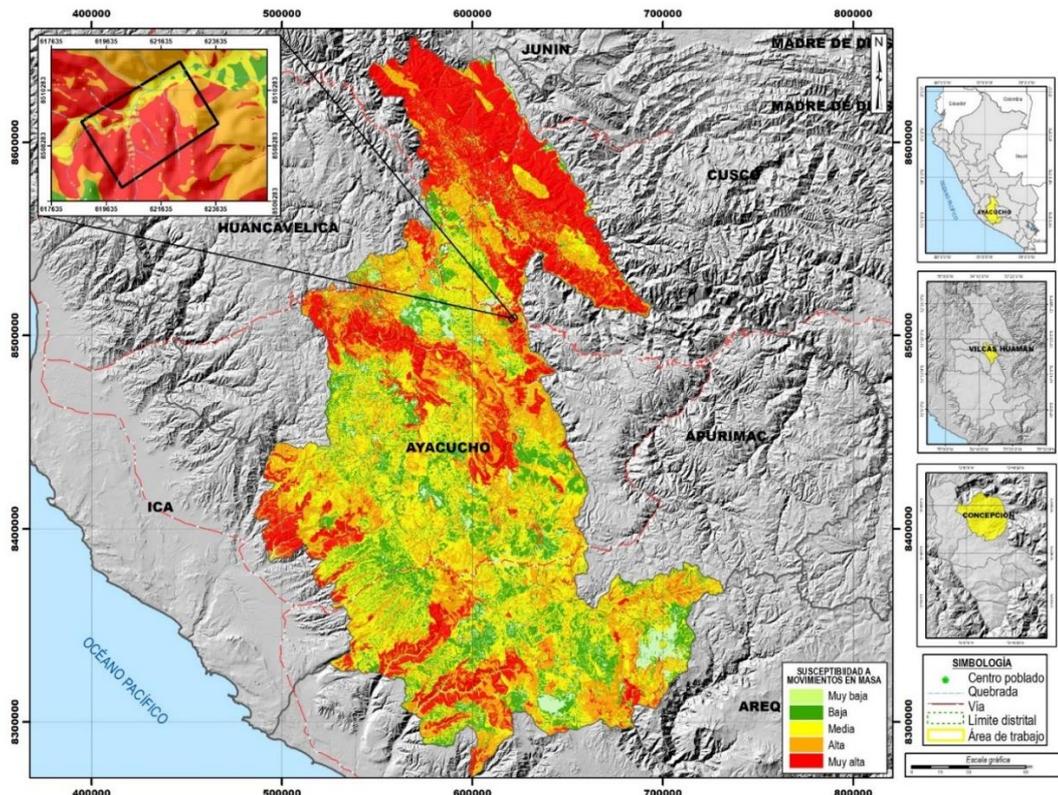


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa de las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha y alrededores **Fuente:** Vílchez et al., 2019.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha, políticamente pertenece al distrito de Concepción, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho, (**figura 2**).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S), Ver Tablas 1 y 2:

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio de Shauri.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	618727.00	8509142.00	-13.483390°	-73.903048°
2	622324.00	8511303.00	-13.463706°	-73.869911°
3	623724.00	8509060.00	-13.483925°	-73.856883°
4	620214.00	8506772.00	-13.504756°	-73.889212°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	620669.06	8508193.33	-13.491890°	-73.885068°

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el distrito de la Concepción presenta un total de 1577 personas censadas, 757 hombres y 820 mujeres y un total de (1653) viviendas.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la sede central de Ingemmet (Lima), hasta el área de estudio mediante la siguiente ruta, (cuadro 1):

Cuadro 1. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huamanga	Asfaltada	560	10 horas 10 min
Ayacucho – distrito La Concepción	Asfaltada	289	7 horas
Distrito Concepción - Quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha	Trocha	19	45 min

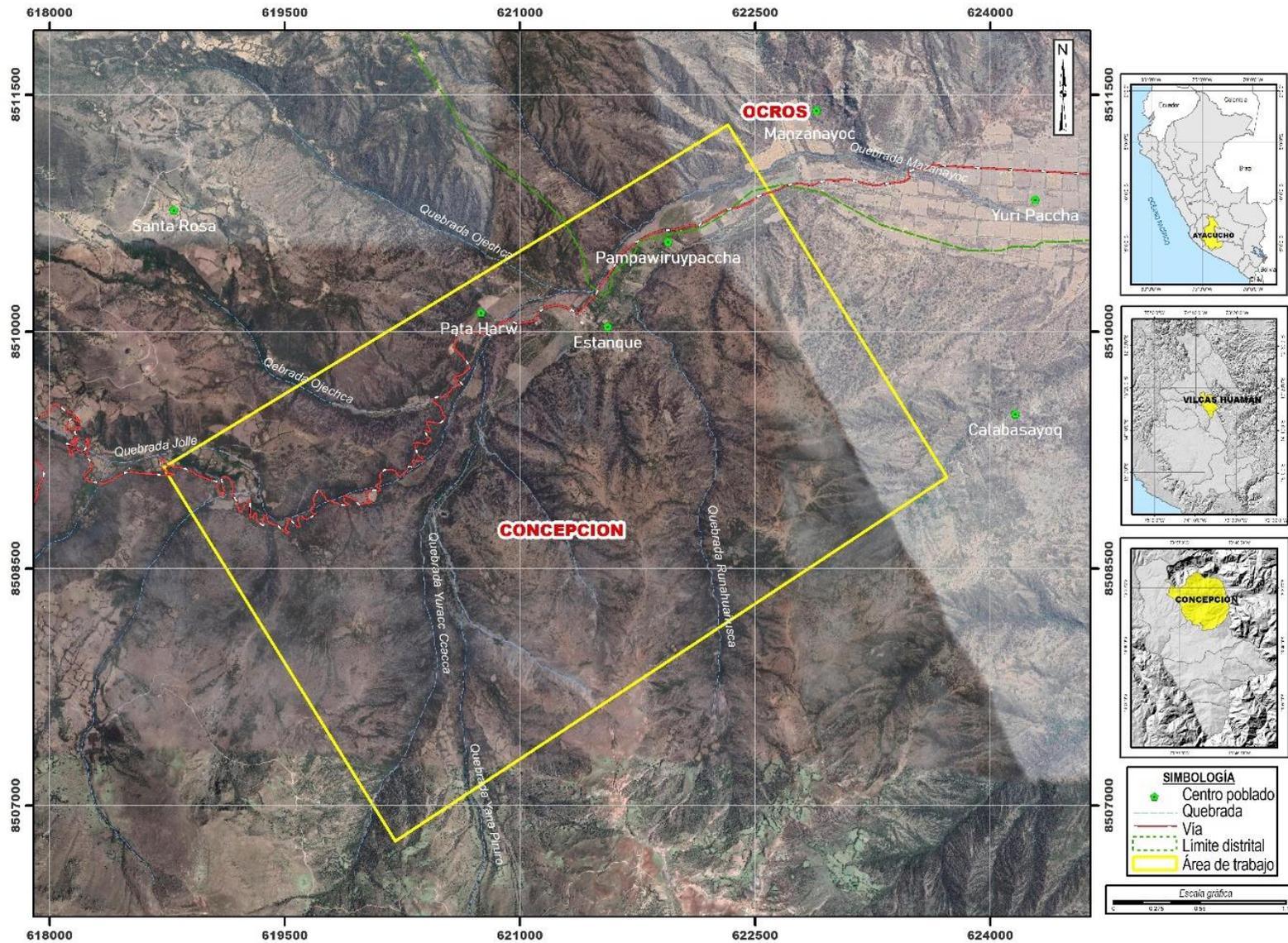


Figura 2: Ubicación de las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha y alrededores.

1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito Concepción es muy variado, caracterizado especialmente por tener un clima templado y seco en el día y tomándose frío en las noches.

Localmente, de acuerdo con la clasificación, las Quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha está influenciado por un clima semicalido-semiseco, caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa de 65% a 84% calificada como húmeda. (figura 3).

En cuanto a la cantidad de lluvia, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos raster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo 2018-2023 fue de 22.6 mm, (figura 4). Cabe recalcar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a marzo. La temperatura anual oscila entre un máximo de 22° C en verano y un mínimo de 8° C en invierno (figura 4).

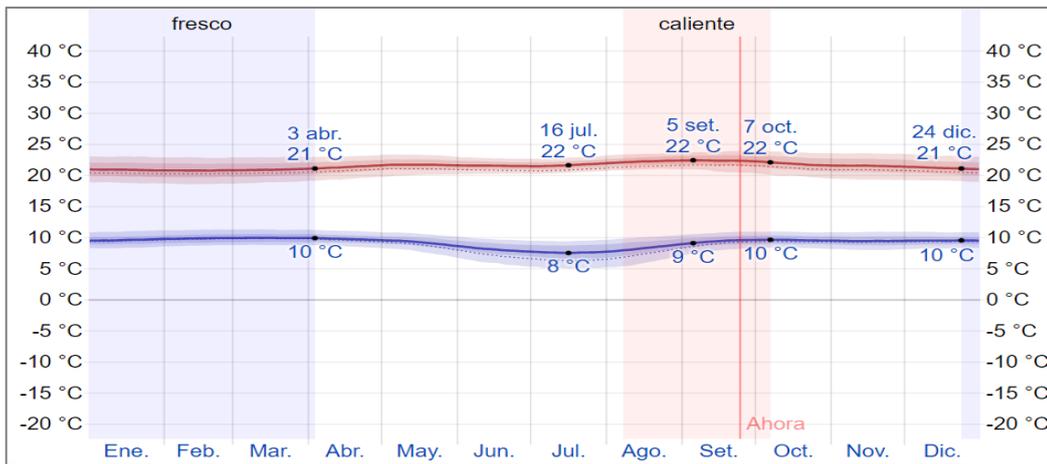


Figura 3. Precipitación promedio anual (periodo 2018-2023), distribuidas a lo largo del año para la estación Yungay. **Fuente:** SENAMHI.

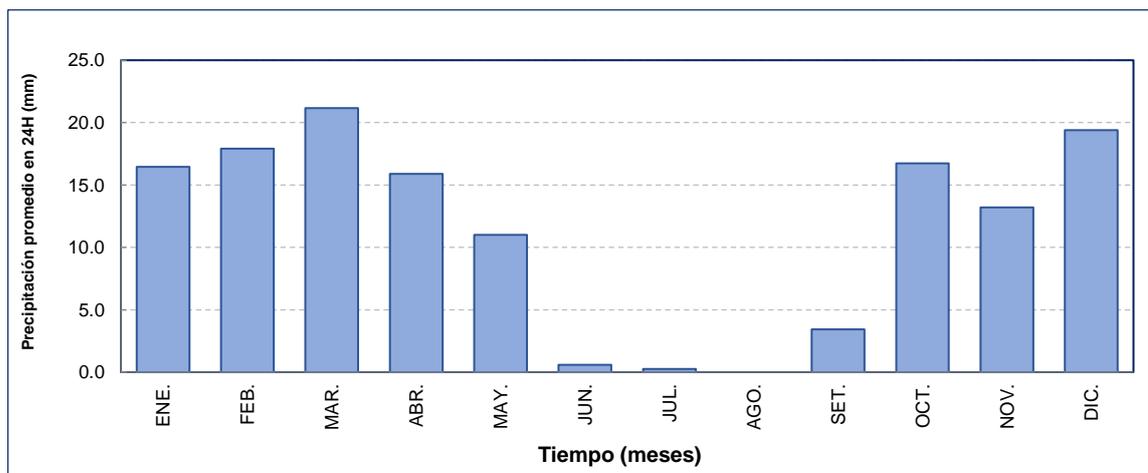


Figura 4. Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas diarias (línea azul), promedio diario, para el distrito de Concepción. **Fuente:** Weather Spark, 2023.

1.3.5. Zonificación sísmica

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la **figura 5**. La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el Tabla 2. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

Según dicho mapa, el área de estudio se ubica en la Zona 2, localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

Tabla 3. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

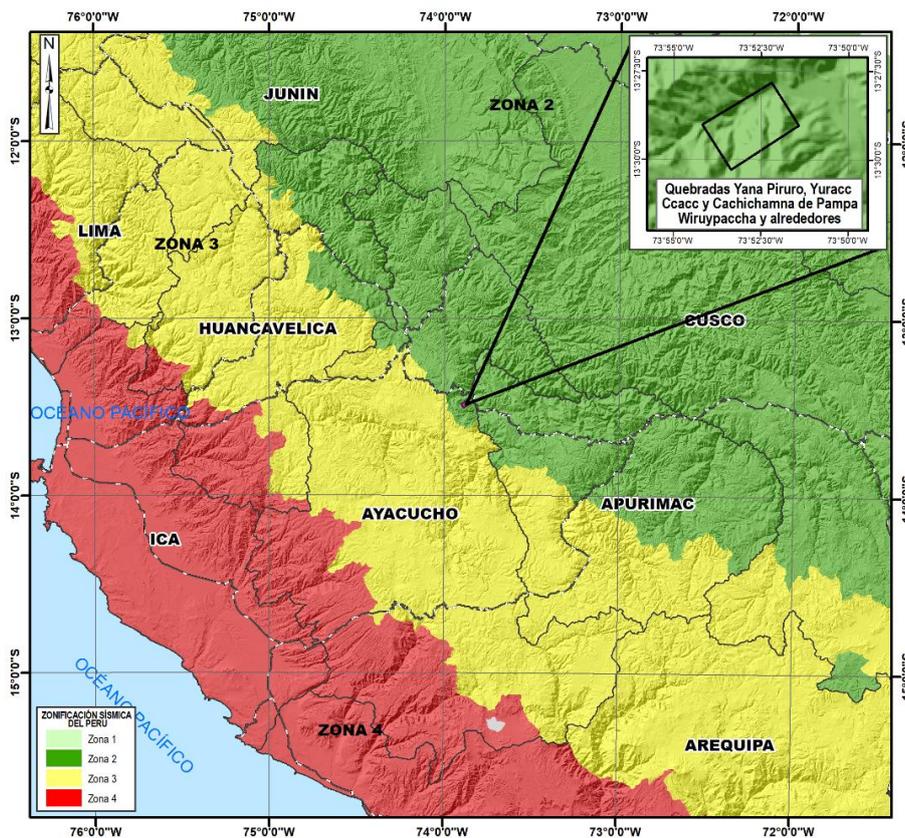


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Alva (1984).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología local, se desarrolló teniendo como base los mapas geológicos de los cuadrángulos de San Miguel, Hoja:27-o (Maroco et al, 1996); así como la referencia de Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Guadalupe (28-l), Huancapi (28-ñ), Chincheros (28-o), Castrovirreyna (27-m), San Miguel (27-o), Tupe (26-l), Conaica (26-m), Huarochirí (25-k), Yauyos (25-l) y Huancayo (25-m), (Quispesivana et al, 2003) a escala 1:100 000, publicados por Ingemmet. De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son principalmente de origen volcánico y sedimentario de la formación Ayacucho y el Grupo Mitu, así como depósitos recientes coluvial, coluvio-deluvial y aluvial (**Anexo 1 – Mapa 01**).

2.1.1. Formación Ayacucho (Nm-ay/i14)

La Formación Ayacucho de la hoja de San Miguel solo presenta una parte del miembro inferior (100 a 150 m. de potencia máxima). Consiste de tobas blancas alternando con sedimentos volcánicos-clásticos finos correspondientes a tobas y cenizas redepositadas en lagunas.

En la zona de estudio afloran rocas volcánicas, compuesta por tobas blanquecinas alternado con sedimentos volcánico-clásticos correspondientes a tobas y cenizas redepositadas, (fotografía 1).

El substrato rocoso se encuentra muy fracturado con espaciamentos muy próximas a próximas entre sí (0.05-0.15 m), aberturas muy abiertas (3.0 a 4.0 mm), sin relleno visible, resistencia muy baja (5-25 MPa); en superficie se encuentran muy alteradas y altamente meteorizadas, con un comportamiento de suelo, el cual es lavado constantemente por las precipitaciones pluviales.



Fotografía 1. Vista donde se observa afloramiento rocoso de tobas de la Formación Ayacucho.

2.1.2. Grupo Mitu (PET-mi/v4)

De acuerdo con McLaughlin (1924) describió bajo el nombre de Grupo Mitu, en las cercanías de un pueblo del mismo nombre en los Andes centrales, a un conjunto de rocas volcánicas abigarradas. En el cuadrángulo de San Miguel el Grupo Mitu está representado por una serie compuesta por rocas volcánicas y en menor proporción por rocas sedimentarias

En la zona de estudio se identificaron afloramientos de arenisca de coloración rojizo, (fotografía 2), se encuentra muy fracturado con espaciamentos muy próximas a próximas entre sí (0.05-0.15 m), aberturas muy abiertas (3.0 a 6.0 mm), de resistencia muy baja (5-25 MPa); en superficie se encuentran completamente meteorizadas, la cual es de fácil erosión ante las precipitaciones pluviales.



Fotografía 2. Vista donde se observa afloramientos de areniscas altamente meteorizadas del Grupo Mitu.

2.1.3. Depósitos cuaternarios

a. Depósito aluvial (Qh-al):

Son depósitos semi-consolidados, estos últimos por acumulación de material transportado por las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccaca, Ojehca y Mazanayoc. (fotografía 3). Este depósito corresponde a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales tienen selección de regular a buena, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial.

Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial.

b. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cl):

Se localizan en forma caótica al pie de laderas por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. Están compuestos por fragmentos de limoarcillitas y areniscas, angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 0.03 a 0.07 m envueltos en una matriz limo-arcilloso, (fotografía 4). Son producto de la

meteorización de rocas sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa.



Fotografía 4. Vista donde se observa el depósito coluvio-deluvial compuestos por fragmentos de roca angulosos a subangulosos de tamaños variables (0.03 a 0.07), envueltos en una matriz limo-arcillosos.

c. Depósito coluvial (Qh-co)

Son depósitos inconsolidados, compuestos por fragmentos de roca de formas angulosos con tamaños variables y de naturaleza litológica homogénea, (fotografía 5). Presentan nula o poca compactación y se encuentran acumulados al pie de taludes escarpados; generalmente corresponde a depósitos de derrumbes y deslizamientos. Su granulometría está compuesta por: Bolos (15%), cantos (15%), gravas (25%), arenas (25%) y limos (20%).



Fotografía 5. Vista de la subunidad de vertiente coluvial (V-c) ubicada hacia ambos márgenes de la quebrada, originado por procesos de movimientos en masa recientes

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el Anexo 1 – Mapa 02, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS). De acuerdo a este mapa, la quebrada Manzanayoc se asienta sobre pendientes que van de Llano a inclinación suave (0° a 5°), localidades de las Quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha, se localizan en laderas de montañas cuyos rangos de pendientes van desde moderadas (5° a 15°) a muy escarpado (>45°). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, cuyas características principales se describen en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios que se distribuyen principalmente a lo largo de terrazas aluviales, poco susceptibles a movimientos en masa, sujetas frecuentemente a inundaciones estacionales o excepcionales, erosiones fluviales como se dan en las márgenes de la quebrada Manzanayoc.
1° a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen a lo largo de planicies y terrazas aluviales. En este rango se ubica principalmente al fondo de las quebradas Paccharure y Punyarure, dentro de esta unidad se ubican algunas viviendas y se desarrolla la actividad agrícola.
5° a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente entre el pie y parte de las laderas de montañas sedimentarias, quebradas y fondo de valles, en este rango se asienta parte de las terrazas aluviales, dentro de este rango se encuentran las quebradas Yuracc Ccacc donde se desarrolla agriculturas.
15° a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las montañas; a su vez, estas inclinaciones condicionan la erosión de laderas en las vertientes o piedemontes, en este rango se encuentran en las márgenes de las quebradas Yuracc Ccacca, Pucapata, Jolle y Ojehca.
25° a 45°	Muy Fuerte	Ocupan áreas muy grandes. Se encuentran en laderas de montañas y márgenes de la quebrada Manzanayoc. En este rango de pendiente, se encuentra las montañas ubicadas al suroeste, sur y suroeste, donde se dan los procesos de flujos, derrumbes, deslizamientos y erosión de ladera (cárcavas).
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas., en esta área de generan algunos derrumbes, deslizamientos y erosión de ladera (cárcavas).

Fuente: Ingemmet, 2009

3.2. Unidades geomorfológicas

La morfología actual está relacionada con la erosión generada por la última etapa del levantamiento de los Andes, así como a procesos hidrometeorológicos relacionadas a abundantes precipitaciones pluviales (erosión fluvial y pluvial) y la ocurrencia de movimientos en masa antiguos y recientes (deslizamientos, caídas y flujos), producto de la intensa actividad geodinámica de la zona.

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (Anexo 1 – Mapa 03), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación, (Vílchez, et al., 2019), así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en estudios de Ingemmet.

En la zona evaluada y alrededores se han identificado las siguientes geoformas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Unidades y subunidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montañas en roca volcánicas (RM-rv)
	Montañas en roca sedimentaria (RM-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter deposicional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
	Vertiente coluvial (V-co)
	Vertiente aluvio-torrencial (P-at)

A) Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual, (Villota, 2005).

3.1.1. Subunidad de montañas en rocas volcánicas (RM-rv)

Corresponde a las cadenas montañosas donde los procesos denudativos (fluvio-erosionales) afectaron rocas volcánicas de la Formación Ayacucho. Las montañas presentan laderas de pendientes fuerte a muy fuerte varían de 15° a 45°. (figura 6).

En las márgenes de la quebrada Manzanayo, se encuentra rodeado por estos lineamientos montañosos. Sus relieves se encuentran asociadas a procesos dominantes de deslizamientos, derrumbes y procesos de erosión de ladera.



Figura 6. Vista de montañas de roca volcánica, ubicadas al suroeste; presentan pendiente que van de moderadas a muy fuerte.

3.1.2. Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs):

Corresponde a las cadenas montañosas donde los procesos denudativos (fluvio-erosionales) afectaron rocas sedimentarias del Grupo Mitu. Las montañas cubren gran parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes fuerte a muy escarpada varían de 15° a $>45^\circ$. Las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha y alrededores. (figura 7). Sus relieves se encuentran asociadas a deslizamientos, laderas presentan pendientes de fuerte a muy escarpadas (15° - $>45^\circ$).



Figura 7. Vista al noreste, donde se observa montañas de rocas sedimentaria.

B) Unidad de Piedemonte

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arena, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos ocupan grandes extensiones. Se identificó las siguientes subunidades:

3.1.3. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de laderas de montañas sedimentarias, resultantes de la acumulación de material de origen coluvial y deluvial. Los principales agentes formadores de esta subunidad son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento, agua de escorrentía superficial y son altamente susceptibles a sufrir procesos geodinámicos como deslizamientos y derrumbes.

Compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas y areniscas con diámetros que varían de 0.035 a 0.09 m, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas. (figura 8). Estas geoformas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de las quebradas Yana Piruro y Runauañusca con pendientes predominantes de muy fuerte a muy escarpado (25°- >45°) y fáciles de remover.



Figura 8. Vista de vertientes de depósito coluvio-deluvial, así como la subunidad aluvio torrencial, ubicado en las márgenes de la quebrada Manzanayoc.

3.1.4. Subunidad vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido. Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa, (figura 9).

Estas geoformas se observaron cómo cuerpos de deslizamientos antiguos depositadas en las laderas superiores del valle del río Vicos, donde las pendientes van de fuerte a muy fuerte (15°-45°).

3.1.5. Subunidad vertiente coluvial (V-co)

Son depósitos de bloques de roca en la base de las laderas de montañosa, los bloques suelen ser de igual tamaño y misma litología, se producen por caídas, vuelcos y meteorización física, con carácter granodecreciente los bloques más angulosos suelen depositarse en la base. Son geoformas que se encuentran en la zona de estudio, se dan en laderas escarpadas.

Se producen por efectos de la meteorización física de las rocas ígneas, y el fracturamiento tectónico que han sufrido.



Figura 9. Vista con dirección hacia la quebrada Yuracc Cacca, donde se puede observar a subunidad de vertiente coluvial.

3.1.6. Subunidad aluvio-torrencial (P-at)

Corresponden a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de los sistemas montañosos, formado por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, así como lluvias ocasionales muy excepcionales que se presentan en el área de estudio, (figura 8).

Esta unidad es susceptible a remoción por flujo de detritos (huaicos) ubicado principalmente en la desembocadura de la quebrada Manzanayoc. Se distinguen grandes bloques de roca de hasta 1 m de diámetro producto del acarreo proveniente de los flujos. Actualmente son ocupadas por terrenos de cultivo.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha y alrededores corresponden a erosión de laderas, flujo de detritos, derrumbes y deslizamiento.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Vílchez et al., (2019), identificó un flujo de detritos en la quebrada Manzanayoc con (código de inventario 214431112) y un movimiento complejo: deslizamiento-flujo en el cerro Huachulla con (código de inventario 214431113) a 3.7 km aproximadamente de las quebradas en evaluación.

Estos movimientos en masa, tienen como factores intrínsecos, la geometría del terreno, la pendiente del terreno, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial-subterráneo y cobertura vegetal. Se tiene como “desencadenante” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores se presentan en el (**Anexo 1 – mapa 4**).

En este sentido, para la caracterización de estos eventos, se realizaron en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se tomó datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.20 y 0.10 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Además de ello, la zona es considerada de Alta a Muy Alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Vílchez et al., 2019).

4.2. Reactivación de los procesos de erosión de ladera de la quebrada Yurac Ccacca.

De acuerdo a la versión de algunos pobladores del sector, los procesos de erosión de ladera en la quebrada denominada Yurac Ccacca se inició en el año 1970, evento se ubicado entre las coordenadas UTM 8507628 N, 621513 E, con una altitud de 3310 m s.n.m. (figura 10)

Entre los meses de marzo – mayo del presente año, producto del ciclón Yaku; este evento se reactivó y generó un flujo de detritos, que su depósito llegó hasta la parte baja de la quebrada (figura 11), lo que generó preocupación en los lugareños, por los cultivos que se encuentran en el cauce de la quebrada principal.



Figura 10. Vista con dirección al sureste, donde se pueda visualizar la quebrada Yura Ccacca, reactivada con el Yaku, imagen obtenida con el dron.

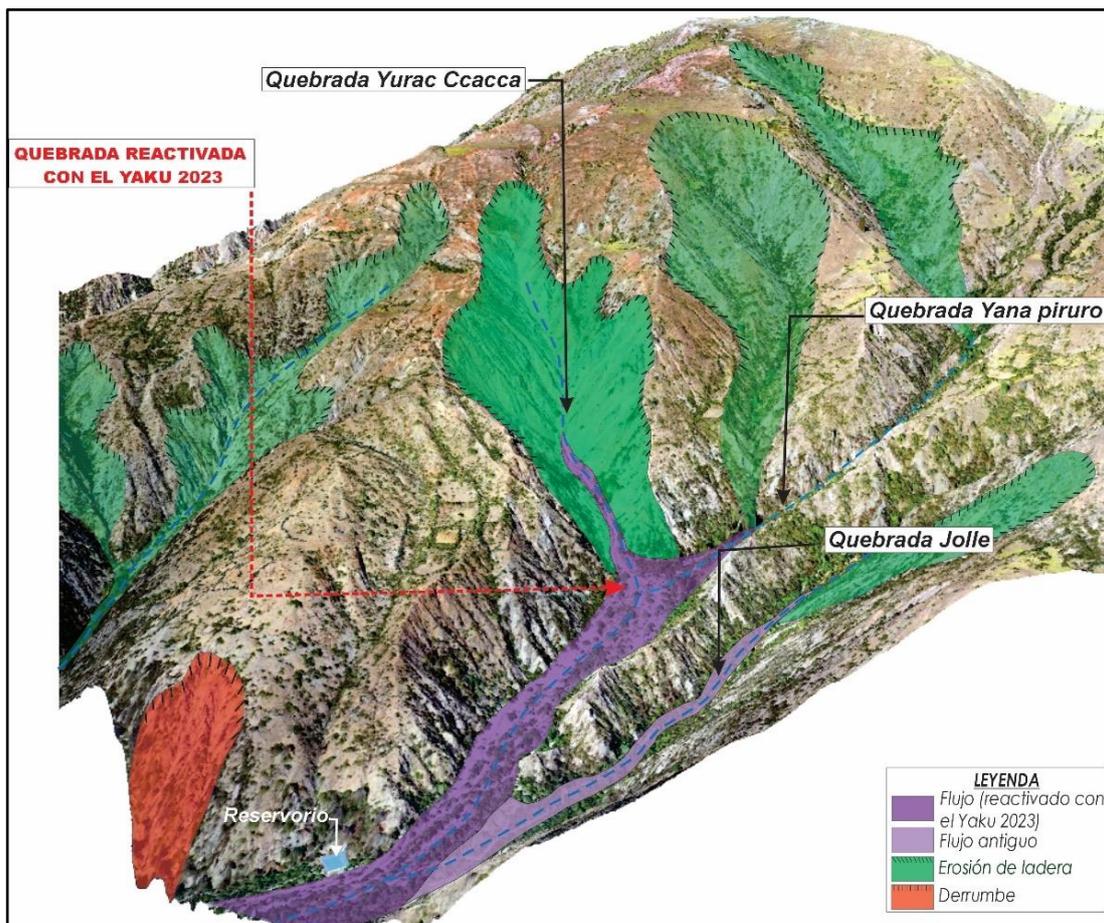


Figura 11. Gráficamente se observa los procesos de erosión de ladera (color verde), el cual genera en la parte baja de las quebradas flujos de detritos, el 2023 la quebrada Yurac Ccacca se reactivó.

4.2.1. Características visuales del evento

La cárcava reactivada en la quebrada Yura Ccacca, presenta las siguientes características:

- Estado de la actividad del movimiento: Activo.
- Tipo de erosión de ladera: Cárcava.
- Dimensión:
 - Longitud: 933 m.
 - Ancho: 363 m
 - profundidad 120 m.
 - Área: 16 ha aprox.
- Tipo de avance: Retrogresivo (por las grietas encontradas próximos a la corona)
- Se identificaron agrietamientos longitudinales de 0.02 a 0.18 m, con dirección este – oeste, dentro del cuerpo de la cárcava.

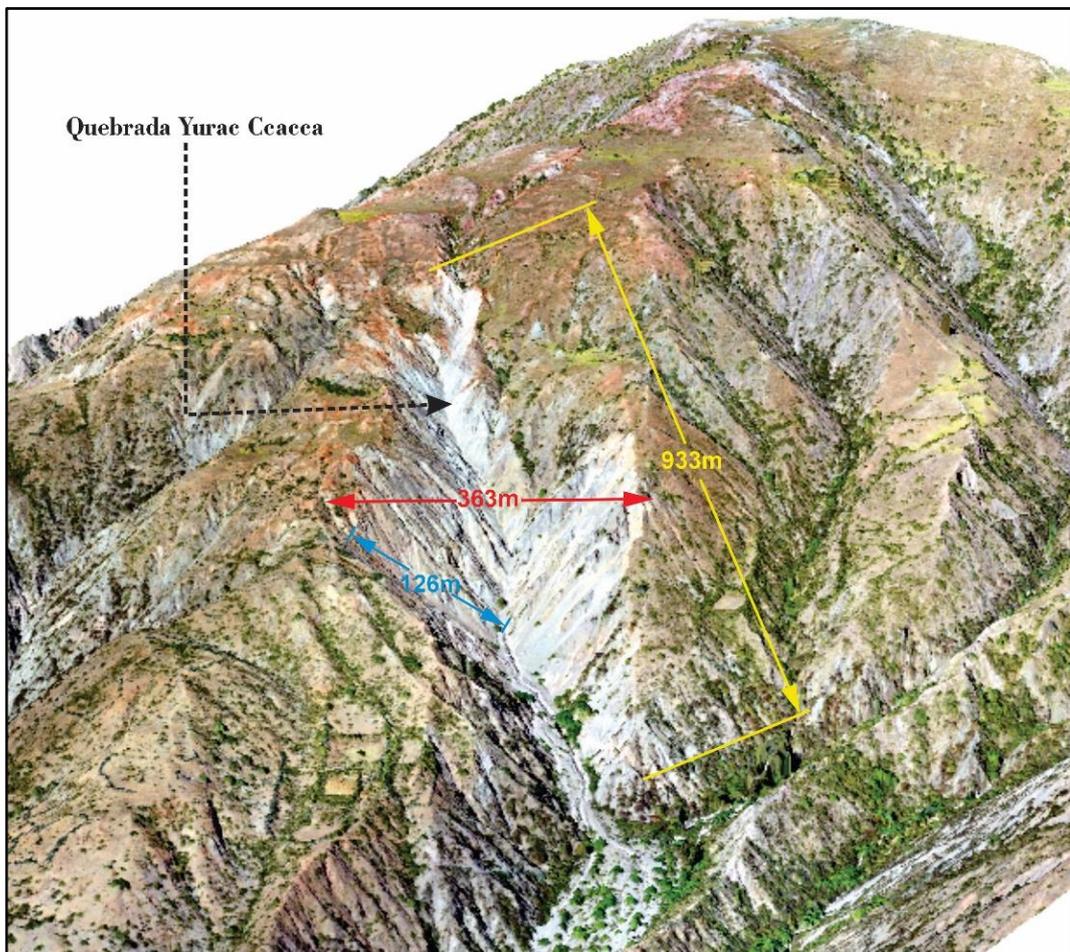


Figura 12. La cárcava tiene una longitud de 933 m, el cual ha sido incrementándose con el pasar de los años (imagen obtenida con el dron, junio del 2023)

El evento se inicia a partir de la trocha carrozable Concepción - Marzamayo, entre las coordenadas UTM 8506483 N, 621951 E, con una cota de 3606 m s.n.m., con una cárcava con ancho de 1.50 m y profundidad 1 m, la misma que llega a tener un ancho de 363 m, y 1 m de profundidad, así mismo se observó que las carcavas van en distintas direcciones.



Figura 13. En la figura se observa: a) erosión de ladera se inicia desde la trocha carrozable Concepción – Marzamayo, b) se observa en la parte media-alta de la ladera cárcavas que discurre en diferentes direcciones y c) desde este punto se observa la quebrada Yurac Ccacca.

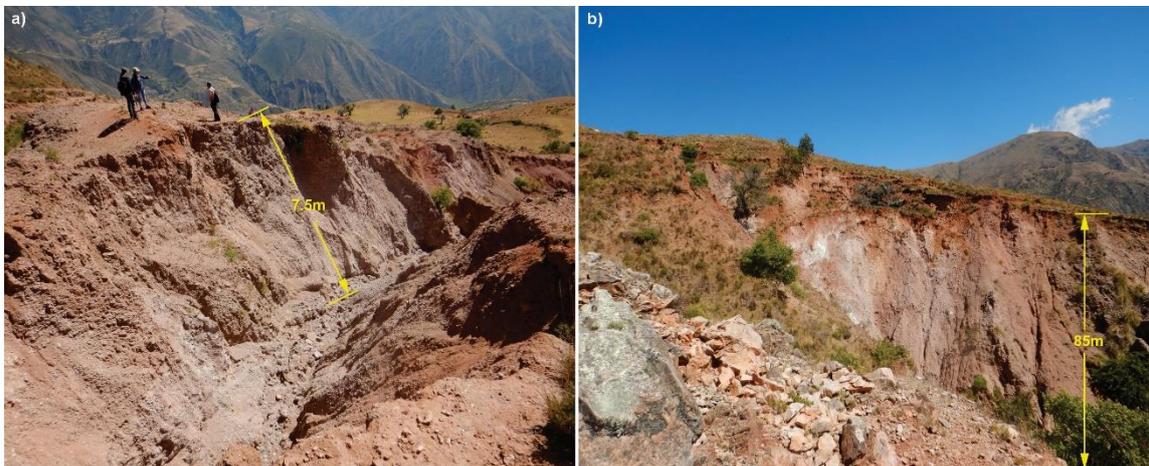
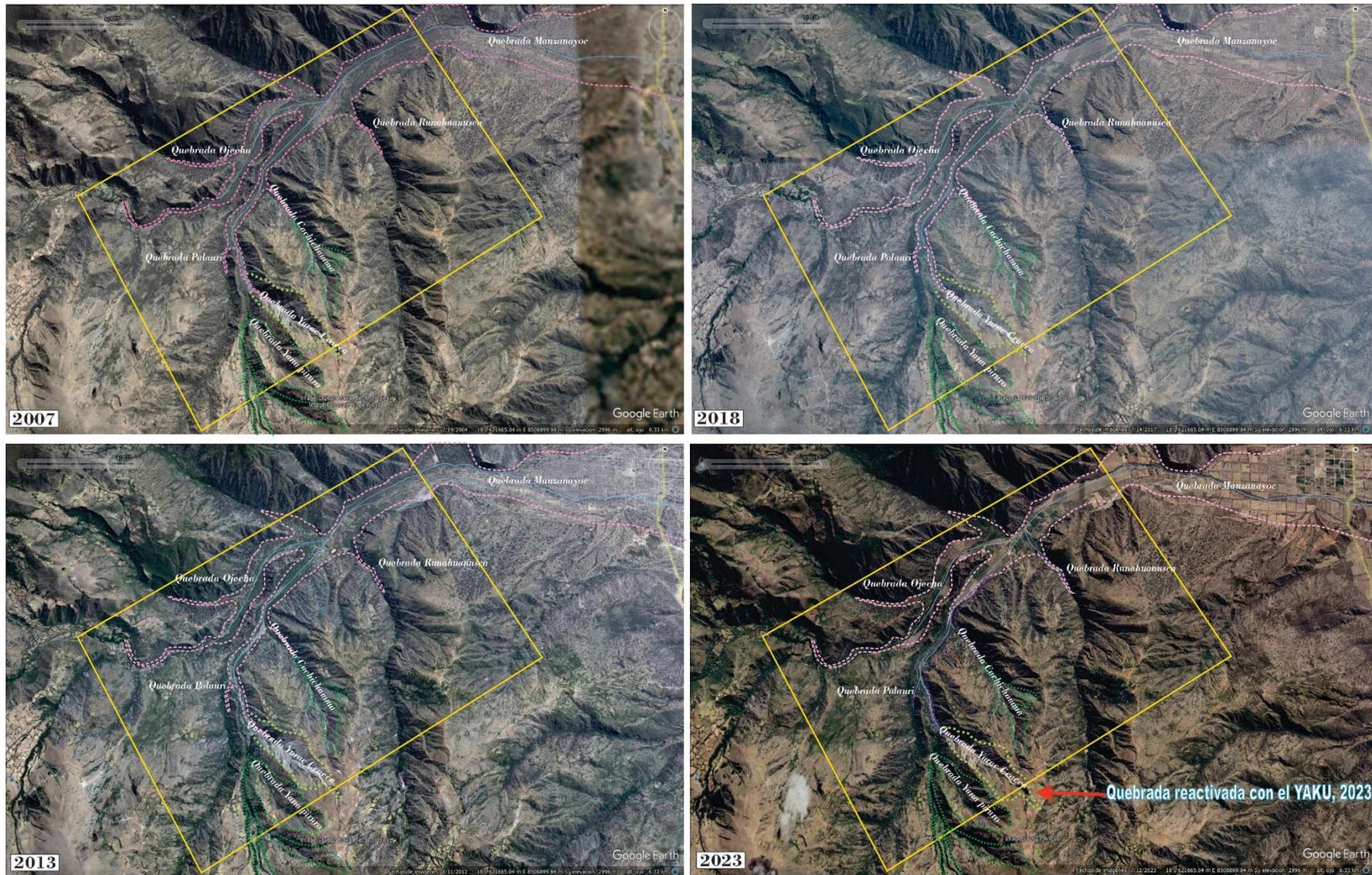


Figura 14. Se observa material depositado producto de la erosión del suelo, el cual es transportado con las aguas de lluvia; generando flujo de detritos e las quebradas, las cuales se desplazan aguas abajo.

En la figura 15, se puede observar imágenes satelitales de los años 2007, 2013, 2018 y 2023 obtenidas del Google Earth, donde se observó los avances de cárcavas, así mismo estas imágenes nos permiten ver el crecimiento poblacional en el cauce de la quebrada Manzanayo, muy próximo al río Pampas. Las quebradas Yana Piruro y Cachichamna de Pampa Wiruyaccha, según indican los pobladores, estas se reactivaron en distintos años, donde generaron huacos de menores dimensiones que no afectaron infraestructura alguna.



--- Flujo de detritos antiguo
 --- Flujo de detritos reactivado con el YAKU 2023
 --- Erosión de ladera antigua
 --- Erosión de ladera reactivada
 --- Derrumbe

Figura 15. Evolución de los procesos de erosión de laderas, la misma que nos permitió ver la reactivación de la quebrada Yuracc Ccacca, generando un flujo de detritos.

4.3. Reactivación de la quebrada Yuracc Ccacca

La quebrada se reactivó con el ciclón Yaku, debido a la acumulación de material proveniente de la cárcava mencionada líneas arriba. La misma que se inicia desde las coordenadas UTM 8507977 N, 621024 E, cota de 3011 m s.n.m.

A continuación se describe las siguientes características:

- Tipo de flujo: Flujo de detritos
- Forma de la zona de arranque: elongado.
- Dimensión:
 - Longitud: 2.4 km.
 - Ancho: 6.2 m mínima y 48.9 m máxima
 - Profundidad: 1 a 2 m.
 - Área: 83,740.899 m³.

Los flujos de detritos (huaico), que se generaron en las quebradas Yana Piruro, Cachichamna de Pampa Wiruyaccha y Yuracc Ccacca, esta última reactivada en marzo del 2023. Se calcula que el recorrido fue de 2.3 km aproximado, (figura 16). El huaico se inicia desde las coordenadas UTM 8507866 N, 621137 E, con una cota de 3083 m s.n.m. el volumen desplazado es de 83,740.899 m³.

Cabe mencionar que el flujo de detritos del 2023 afectó parte de la trocha carrozable en una distancia de 300 m aproximadamente, así mismo informan los pobladores que el reservorio ubicado en la margen derecha de la quebrada Yuracc Ccacca fue afectado, pues el material del huaico ingreso a su estructura, pero no hizo daño a la estructura en sí.

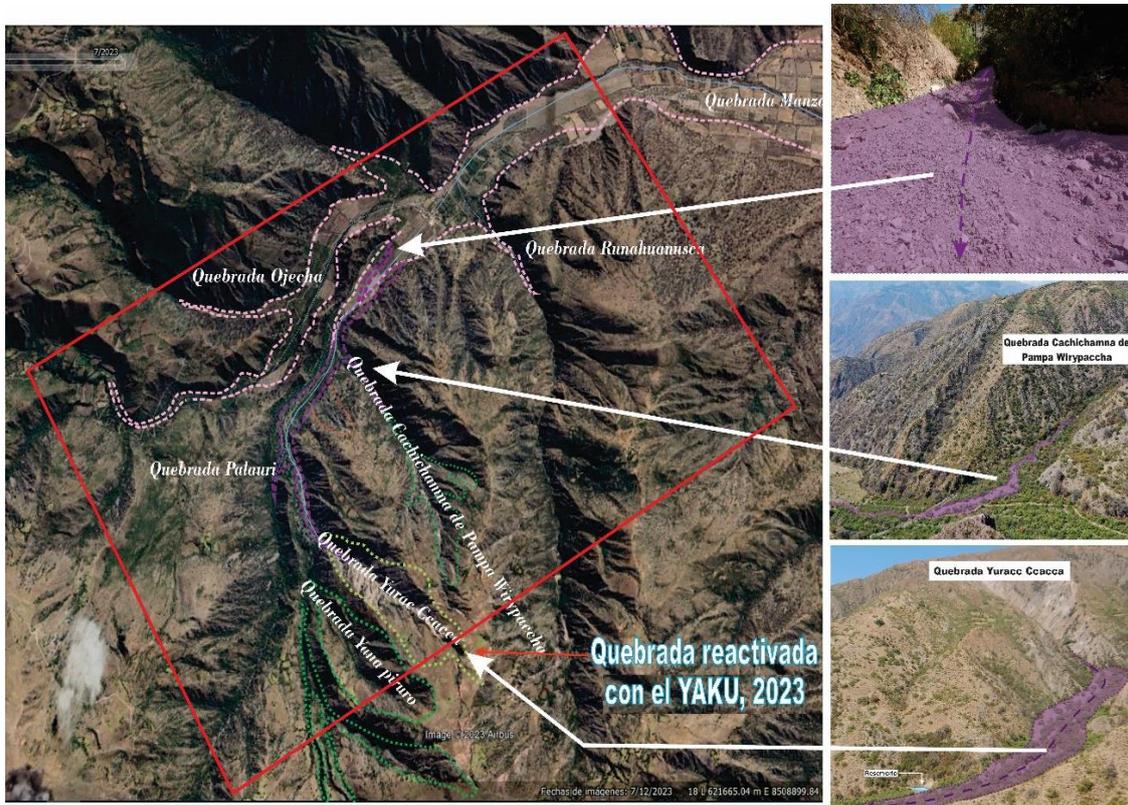


Figura 16. Vista de las quebradas, aportantes a la quebrada Manzanayoc.



Fotografía 6. Vista del revensorio ubicado en la margen derecha de la Yuracc Ccacca, la misma que en la actualidad esta en uso, imagen obtenida con el dron.

Es importante mencionar que las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacca, Cachichamna de Pampa Wiruypaccha aportan material a la quebrada Mananayoc la cual llega hasta el río Vicos. (figura 17), el cual inicia desde el apice, entre las coordenadas UTM 8510138 N, 621273 E, con cota de 2472 m s.n.m. llegando hasta la intersección del río entre las coordenadas UTM 8511488 N, 626084 E, con una cota de 1951 m s.n.m. ; cabe mencionar que entre estos puntos se asientan viviendas, corrales y terrenos de cultivo.



Figura 17. Vista donde se observa: a) Cauce amplio de la quebrada Manzanayoccc, que reciben aportes de la quebradas afluentes en ambas margenes, se observa 15 viviendas la mayoría deshabitadas, b) Flujo que afectó terrenos de cultivos c) Vista panorámica del la quebrada Manzanayoccc, donde se aprecian la mayor cantidad de viviendas, así como la vía de acceso al distrito La Concepción..

4.3.1. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Estrato rocoso compuesto de tobas blanquecinas muy fracturado con espaciamentos muy próximas a próximas entre sí (0.05-0.15 m), aberturas muy abiertas (3.0 a 4.0 mm), sin relleno visible, resistencia muy baja (5-25 MPa); en superficie se encuentran muy alteradas y altamente meteorizadas, con un comportamiento de suelo, el cual es lavado constantemente por las precipitaciones pluviales.

- Material inconsolidados (depósitos aluvial, coluvio-deluviales y coluvial), desarrollada en las laderas y quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacca, Cachichamna de Pampa Wiruypaccha aportan principalmente a la quebrada Mananayocc, compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas, de tobas con diámetros que varían de 0.035 a 0.09 m, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos y arcillas, producto de la meteorización de rocas volcánicas y removidos por erosión de laderas, derrumbes y flujo.

Factor geomorfológico

- Las Quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha, sus nacientes disectan laderas de montañas que tienen pendientes desde moderadas (5° a 15°) a muy escarpado (>45°), lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

4.3.2. Factores detonantes o desencadenantes

PRECIPITACIONES: Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril, del periodo 2017-2022 fue de un máximo fue de 22.6 mm.

SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), el área de estudio se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

4.3.3. Factores antrópicos

- Discurrimiento de la cuneta de la trocha carrozables hacia la ladera en varios puntos, que discurren por los canales que han generado las cárcavas, lo que contribuye con la saturación de suelo.
- Corte de talud para el trazo de nuevas trochas carrozable (según información de los pobladores).

4.3.4. Daños por peligros geológicos

- Por efectos de ciclón Yaku, afectó la trocha carrozable Punya a Maya en 92 m y tramos de trocha dentro de la quebrada Manzanayocc en 208 m. Esta estructura nuevamente puede ser afectada en temporadas de lluvia.
- Afectó 0.8 ha. aprox. de terreno de cultivo (de choclo, palta, tuna y naranjas) y en caso de reactivarse la quebrada nuevamente esta podría ser afectado e incluso incrementar la afectación.
- De reactivarse nuevamente las tres quebradas mencionadas, podrían afectar 15 viviendas de material noble y esteras, ubicadas próximo al ápice de la quebrada Manzanayocc; en caso extremo podría afectar más de 30 viviendas que se ubican en el centro de la quebrada Manzanayocc.

- Colapso y generó la inclinación de algunos árboles ubicados en la zona de cárcavamiento.

Análisis del perfil de la cárcava y flujo de detritos

Con el MDT (Modelo Digital del Terreno) de resolución 0.15 m/px, obtenido mediante levantamiento fotogramétrico aéreo con dron, en la quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacca, Cachichamna de Pampa Wiruyaccha, se ha realizado un perfil transversal (figura 19), sobre el cual se realiza un análisis del relieve del terreno antiguo (2017) con el relieve post evento (2023), destacado las siguientes características:

En el perfil A-A' muestra el cuerpo de la erosión de ladera y flujo de detritos en la quebrada Yuracc Ccacca generado a partir de una pequeña cárcava, en los años 1970, los cuales fueron avanzando con el pasar de los años y el cual se originó a partir de los 3332 m s.n.m, mediante una cárcava pequeña, y en la actualidad ha llegado a tener una longitud de 933 m, con un volumen de 83,740.899 m³ aproximado que llegó hasta la quebrada Manzanayoc. El factor detonante fue la lluvia y el agua que se infiltró de la parte superior del área inestable que aumentado con la pendiente del terreno moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°), sobre depósitos coluviales determinó que la masa inestable se desplaza cuesta abajo.

A partir de los 3013 m s.n.m se encuentra el ápice, desde donde inicia el flujo de detritos que tuvo un recorrido de 2.3 km aprox. Con dirección EW y SW el mis que se desplazó hasta las coordenadas UTM 8510069 N, 621141 E.

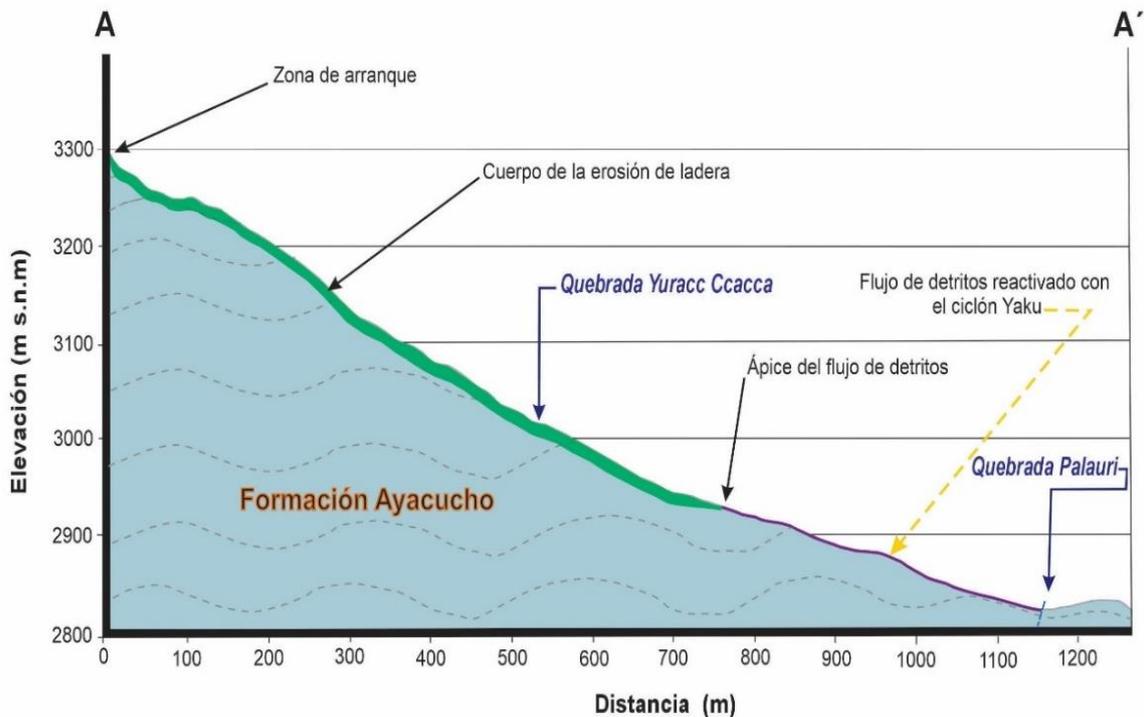


Figura 19. Esquema de sección de la erosión de ladera y flujo de la quebrada Yuracc Ccacca.

5. CONCLUSIONES

- 1) Con la presencia del ciclón Yaku se reactivaron procesos de erosión de ladera en la quebrada Yuracc Ccacca, el evento presenta una longitud de 933 m y ancho 363 m, profundidad de 120 m, con un área de 227,242 m². También se generó un flujo de detritos (huaico) sobre la quebrada Yuracc Ccacca (coordenadas UTM 8507977 N, 621024 E) que tiene un desplazamiento de 2.4 km, con profundidades de 1 a 2 m., abarcando un área de 83,740.899 m³.
- 2) Por las lluvias del ciclón Yaku 2023, fueron afectas la trocha carrozable Punya a Maya en 92 m, tramos de trocha dentro de la quebrada Manzanayocc en 208 m, terrenos de cultivo (de choclo, palta, tuna y naranjas) en 0.8 ha. aprox, también ocasionó la inclinación y caída de algunos árboles ubicados en cauce de las cárcavas; en caso de reactivarse nuevamente la quebrada podría incrementar el área de afectación a 1.5 ha.
- 3) De reactivarse nuevamente algunas de las tres quebradas mencionadas, podría afectar a 15 viviendas de materia noble y esteras, ubicadas próximo al ápice de la quebrada Manzanayocc; en caso extremo podría afectar más de 30 viviendas en medio de la quebrada.
- 4) Se identificaron agrietamientos longitudinales de 0.02 a 0.18 m, con dirección este – oeste, dentro del cuerpo de la cárcava, es indica que tiene un avance retrogresivo.
- 5) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto de tobas muy fracturado con espaciamientos muy próximas a próximas entre sí (0.05-0.15 m), aberturas muy abiertas (3.0 a 4.0 mm), sin relleno visible, resistencia muy baja (5-25 MPa); se encuentra altamente meteorizada, en superficie se muestra muy alterada, con un comportamiento de suelo, el cual es lavado constantemente por las precipitaciones pluviales.
 - Presencia de suelos inconsolidados (aluvial, coluvio-deluvial y coluvial), adosados a laderas de montañas volcánicas y sedimentarias. Con laderas de pendientes moderadas (5° a 15°) a muy escarpado (>45°).
- 6) El factor desencadenante para la ocurrencia de procesos de erosión y flujo de detritos, se le atribuye al ciclón Yaku y lluvias intensas y/o excepcionales registradas en los meses de diciembre a abril.
- 7) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, en las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha, considerado como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a la ocurrencia de flujos de detritos y procesos de erosión, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

6. RECOMENDACIONES

- 1) Prohibir la construcción de nuevas viviendas en el cauce de las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha., porque ante reactivaciones de ellas pueden ser afectados por los flujos.
- 2) Prohibir los cortes de talud con el objetivo de tener nuevas trochas carrozables, debido a que están desestabilizan las laderas.
- 3) El riego tiene que ser controlado, se evidencia cultivos que utilizan agua continuamente considerar cambiar el tipo de cultivo. Para evitar la saturación del terreno.
- 4) Restringir el acceso de las personas a la zona de cárcavas, señalizar con letreros de prevención.
- 5) Sellar las grietas del avance retrogresivo con el mismo material, con el objetivo de evitar la acumulación de agua de lluvia.
- 6) Reforestar con vegetación autóctona en la parte media y baja de la ladera, trabajo que tiene que ser realizado por especialistas.
- 7) Construir zanjas de coronación por encima del escarpe principal, con el fin retener las aguas de escorrentía que provienen de la parte alta, así evitar que el terreno inestable incremente su saturación. Trabajo que tiene que ser realizado por especialistas. Ver anexo 2: Medidas de mitigación para deslizamientos.
- 8) Realizar un EVAR, en todas las quebradas, trabajo que tiene que ser realizado por especialistas.
- 9) Implementar un sistema de alerta temprana (SAT), para el monitoreo en temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales para informar a la población involucrada, para que puedan realizar una evacuación de zonas que puedan resultar afectadas.
- 10) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo al que se encuentran expuestos en las quebradas Yana Piruro, Yuracc Ccacc y Cachichamna de Pampa Wiruypaccha, Manzanayoc y alrededores.

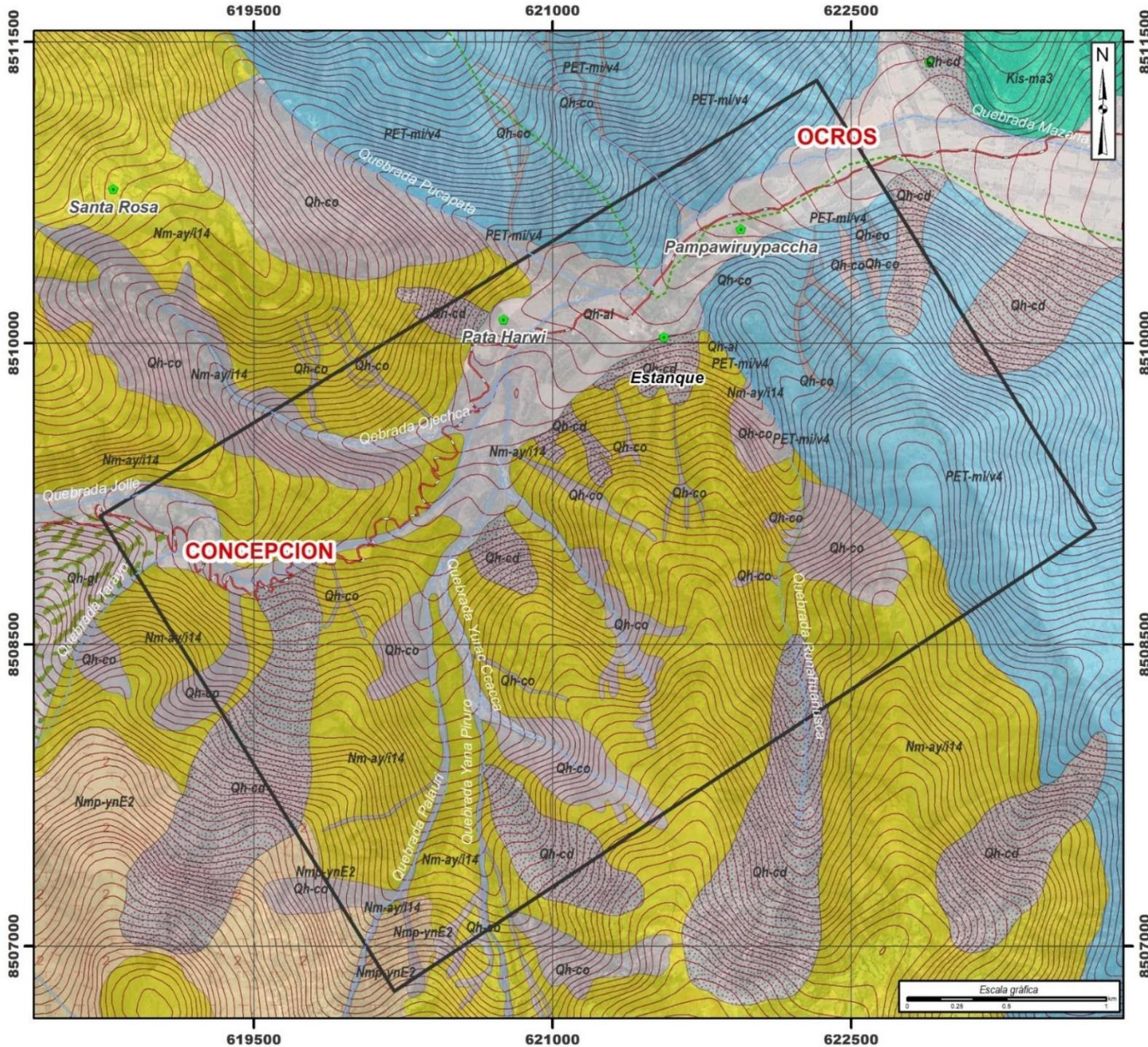

Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET


Ing. SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1_541/index.htm
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.
- Marocco, R.; Lipa, V. Quispe, L. (1996). Ingemmet, Serie A Carta Geogica Nacional “Geología de Cuadrangulo de San Miguel, Boletín N°83, Hoja 27-o, 131 p., 1 mapa. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/39>
- Quispesivana, L., Navarro, P. (2023). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Guadalupe (28-l), Huancapi (28-ñ), Chincheros (28-o), Castrovirreyna (27-m), San Miguel (27-o), Tupe (26-l), Conaica (26-m), Huarochirí (25-k), Yauyos (25-l) y Huancayo (25-m), Ingemmet, a escala 1:100 000 <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2116>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2830>
- Servicio Nacional de Meteorologica e Hidrológica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf> .
- Vilchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Ayacucho. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 70, 232 p., 9 mapas. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2480>

ANEXO 1: MAPAS



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Quebrada
- Vía
- Límite distrital
- Área de trabajo
- Curvas de nivel

LEYENDA

Era	Sistema	Unidades litoestratigráficas
Cenozoico	Cuaternario	Qh-al Depósito aluvial
		Qh-cd Depósito coluvio-deluvial
		Qh-co Depósito coluvial
		Qh-gi Depósito glaciar
Paleozoico		Nmp-ynE2 Centro volcánico Yanamachay
	Neogeno	Nm-ay/i14 Formación Ayacucho
	Permico	Kis-ma3 Grupo Tarma-Copacabana
		PET-mi/v4 Grupo Mitu

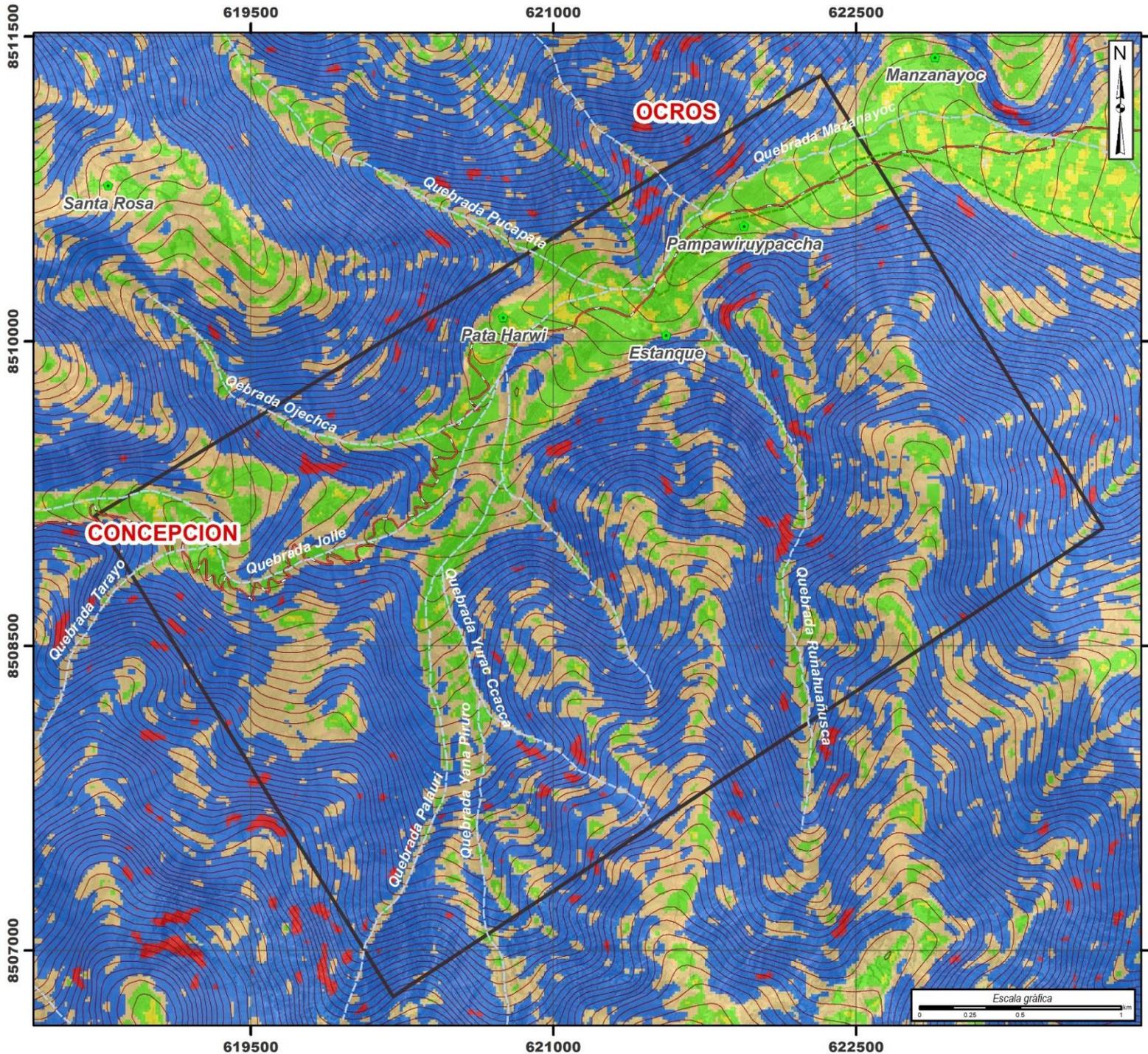
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

DEPARTAMENTO: AYACUCHO
PROVINCIA: VILCAS HUAMÁN
DISTRITO: CONCEPCIÓN

GEOLOGÍA DE LAS QUEBRADAS YANA PIRURO, YURACC CACCA Y CACHINA DE PAMPAWIRUYACCHA

Escala: 1/26,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84		
Versión digital 2023 Impreso: Agosto, 2023		



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Quebrada
- Vía
- Límite distrital
- Área de trabajo
- Curvas de nivel

RANGOS DE PENDIENTE

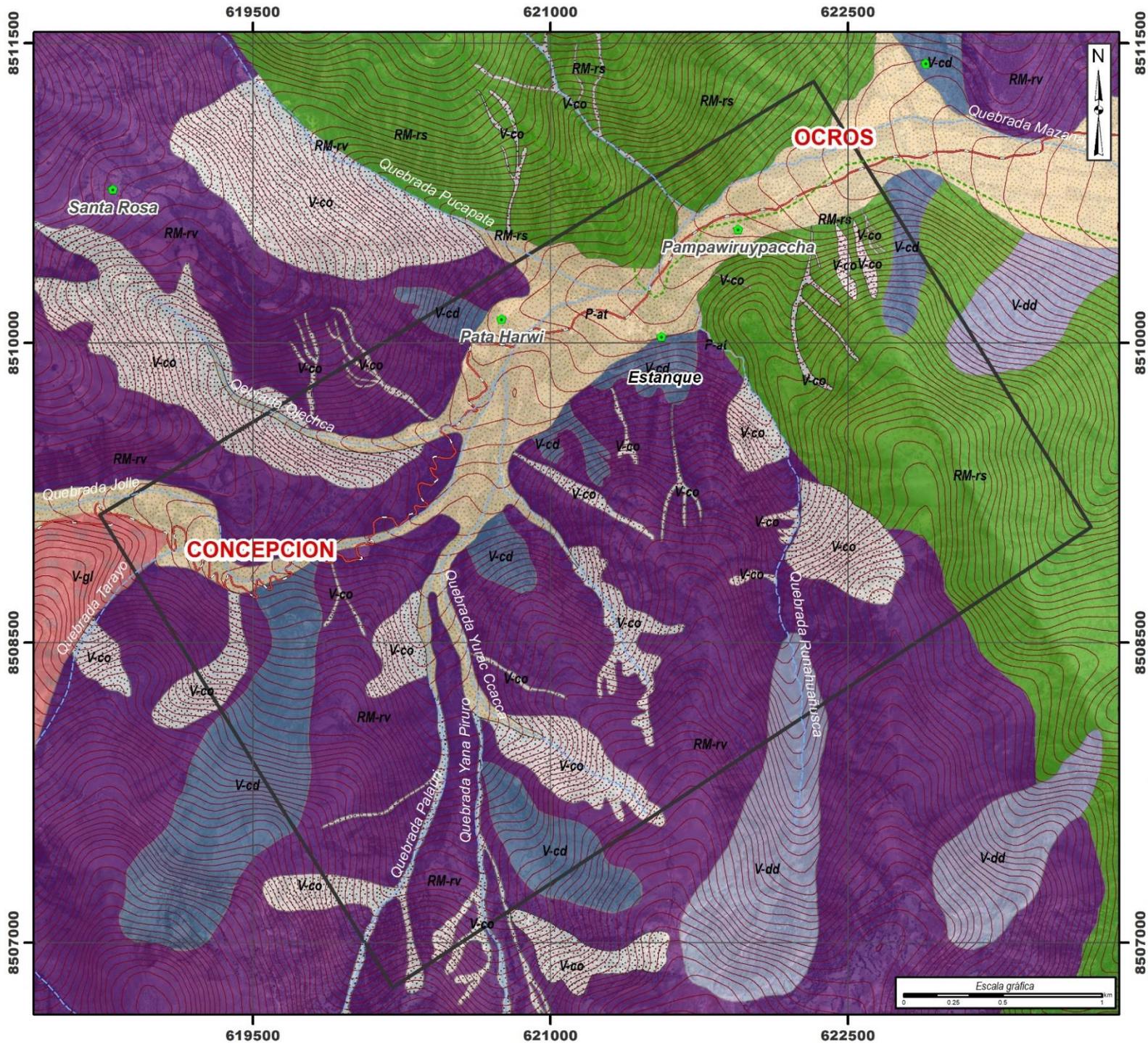
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
DEPARTAMENTO: AYACUCHO
PROVINCIA: VILCAS HUAMÁN
DISTRITO: CONCEPCIÓN

**PENDIENTE DE LAS QUEBRADAS
YANA PIRURO, YURACC CCACCA Y
CACHINA DE PAMPA WIRUYPACHA**

Escala: 1/26,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84		
Versión digital 2023	Impreso: Agosto, 2023	



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Quebrada
- Vía
- - - Límite distrital
- ▭ Área de trabajo
- Curvas de nivel

LEYENDA

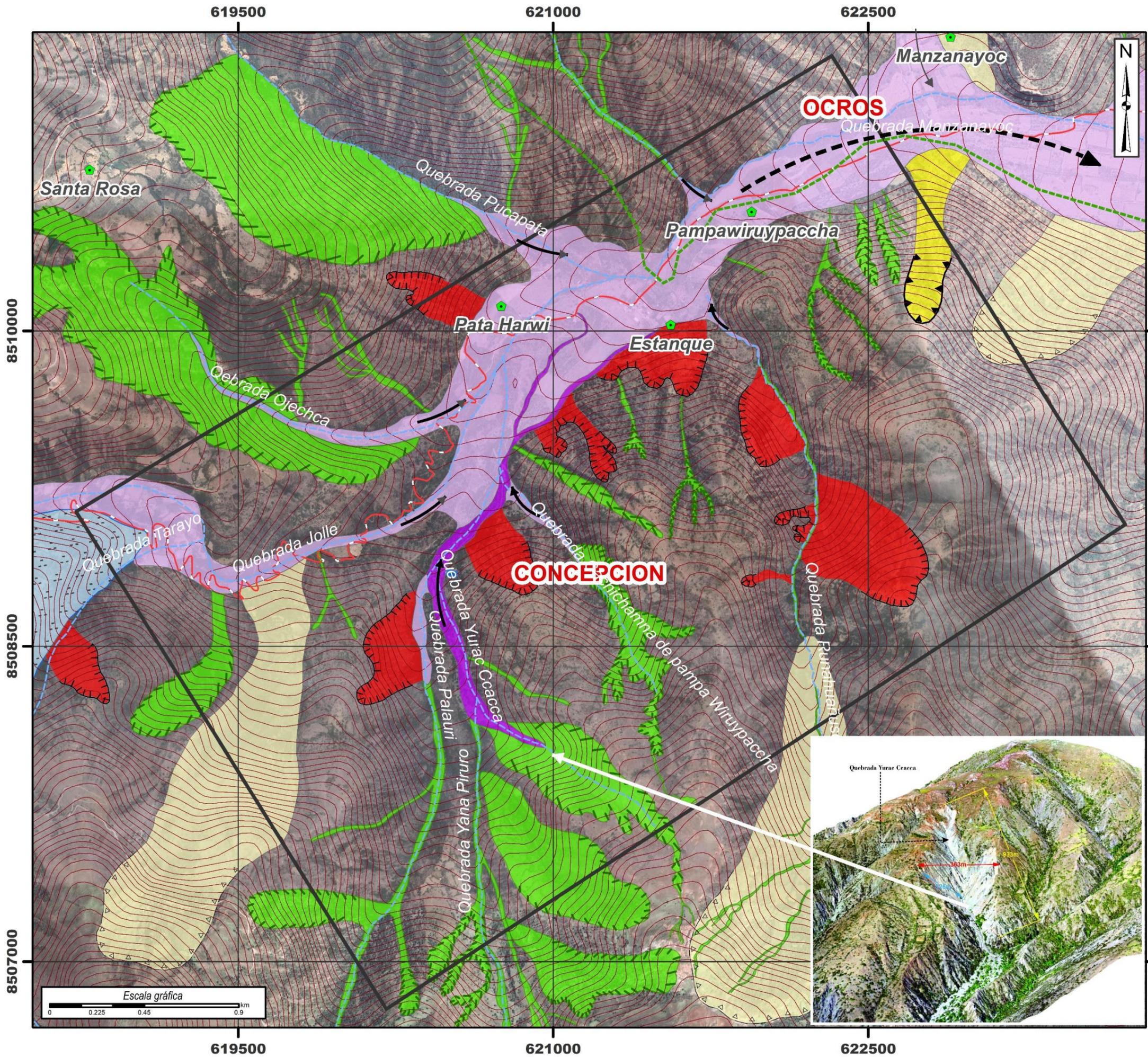
Código	Unidades geomorfológicas
RM-rv	Montaña en roca volcánica
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
V-dd	Vertiente con depositos de deslizamiento
V-co	Vertiente coluvial
P-at	Vertiente aluvio-torrencial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO: AYACUCHO
 PROVINCIA: VILCAS HUAMÁN
 DISTRITO: CONCEPCIÓN

**GEOMORFOLOGÍA DE LAS QUEBRADAS
 YANA PIRURO, YURACC CCACCA Y
 CACHINA DE PAMPA WIRUYPACHA**

Escala: 1/26,000	Elaborado por: Sosa, N.	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023	Impreso: Agosto, 2023	



SIMBOLOGÍA

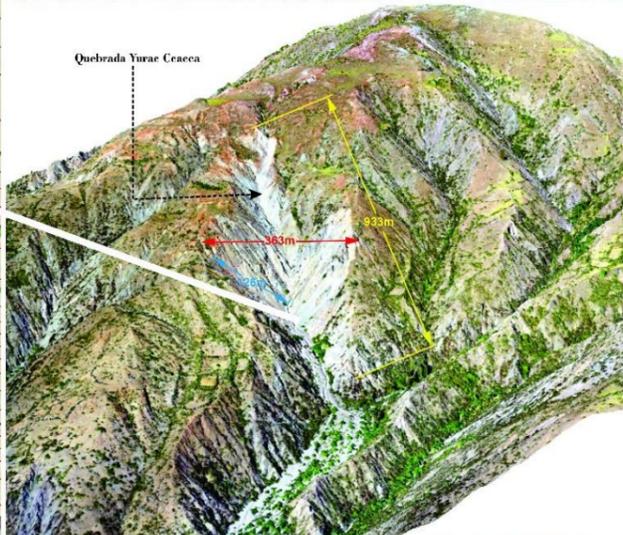
- Centro poblado
- Quebrada
- Vía
- Límite distrital
- Área de trabajo
- Curvas de nivel

LEYENDA

- Flujo reactivado (Yaku, 2023)
- Flujo antiguo
- Derrumbe
- Deslizamiento
- Deslizamiento antiguo
- Erosión en carcava

TRAMA

- Derrumbe
- Deslizamiento activo
- Deslizamiento antiguo
- Reservorio
- Dirección del flujo



INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

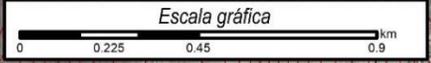
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: AYACUCHO
PROVINCIA: VILCAS HUAMÁN
DISTRITO: CONCEPCION

CARTOGRAFIA DE MOVIMIENTOS EN MASA DE LAS QUEBRADAS YANA PIRURO, YURACC CCACCA Y CACHINA DE PAMPA WIRUYPACCHA

Escala: 1/25,000	Elaborado por: Sosa, N.
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	
Versión digital 2023 Impreso: Agosto, 2023	

MAPA
04



ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

MITIGACIÓN DE PELIGROS POR EROSIÓN DE LADERAS

En zonas donde la erosión de laderas es aguda con presencia de cárcavas de gran amplitud, se generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. En época de lluvias intensas, muchos de estos cauces con suficiente material pueden generar flujos. Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que cabe destacar:

- Regeneración de la cobertura vegetal, de preferencia nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas, para asegurar su estabilidad.
- Construcción de diques o trinchos transversales constituidos con materiales propios de la región como: troncos, ramas, etc. (figuras 1, 2 y 3)
- Empleo de zanjas de infiltración articuladas (canales de desvío) de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal conformada por pastos, malezas y arbustos con fines de estabilizar el terreno y controlar la erosión. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos.
- Evitar el sobrepastoreo, ya que deteriora y destruye la cobertura vegetal, y finalmente evitar la quema de pajonales.

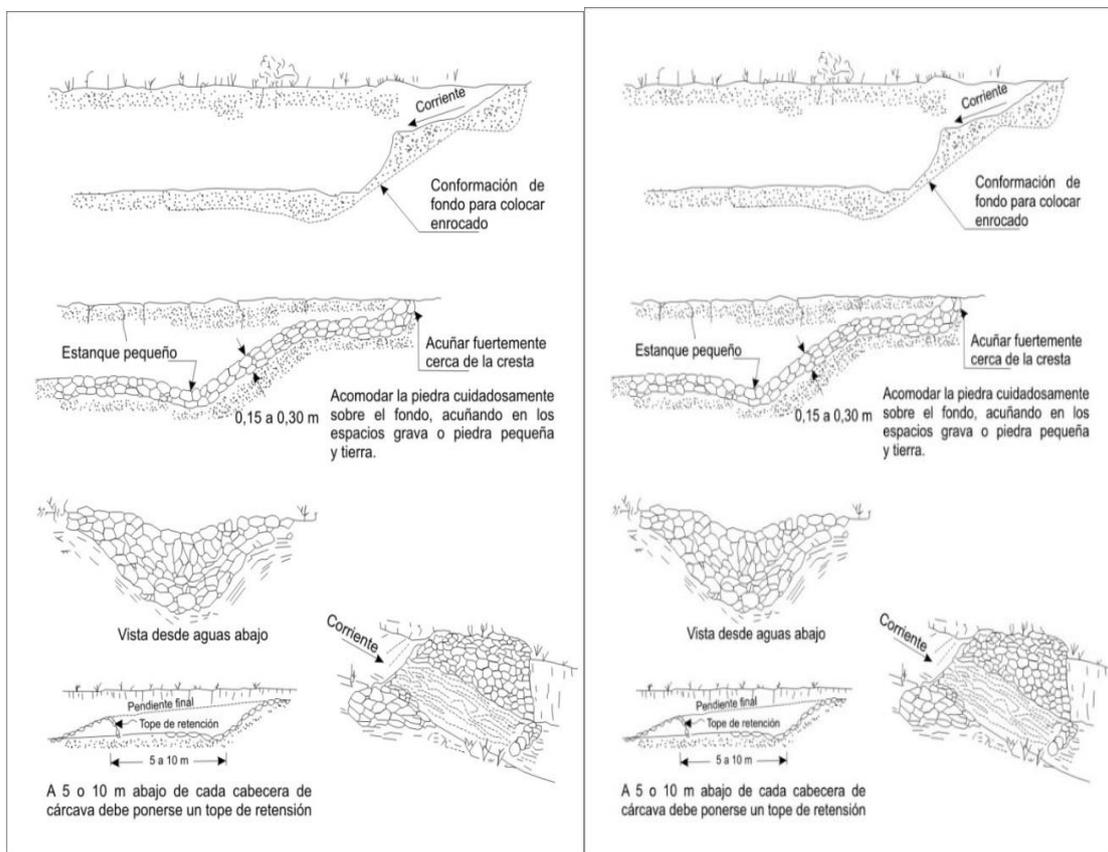


Figura 1. Trincho de piedra para cabecera de cárcava (adaptado de Valderrama et al., 1964).

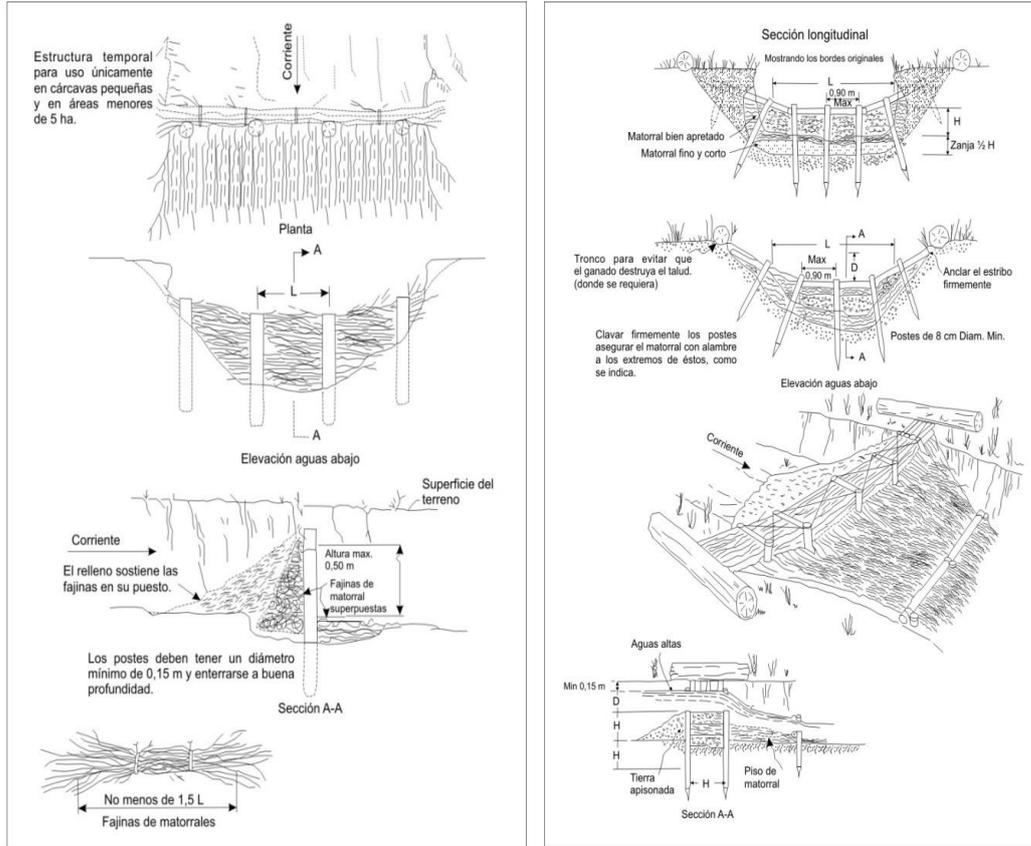


Figura 2. Trincho de matorral tipo una hilera de postes y trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

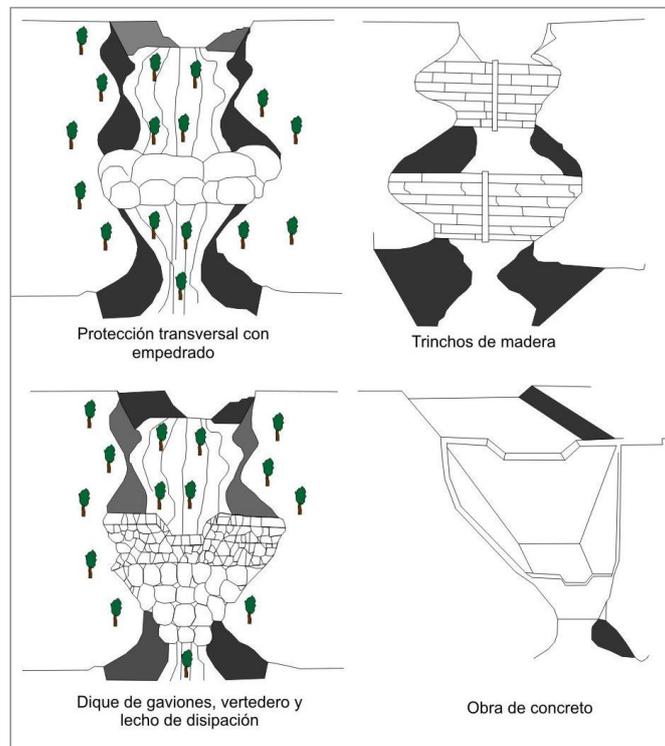


Figura 3. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desaguaderos naturales (Instituto Nacional de Vías, 1998).

MITIGACIÓN DE PELIGROS POR FLUJOS DE DETRITOS (HUAICOS)

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

- Encauzar el cauce principal de los lechos de los ríos o quebradas y aluviales secos, retirando los bloques rocosos en el lecho y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales siempre y cuando dichos materiales sean de buenas características geotécnicas. Considerar siempre que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional caso del Fenómeno El Niño (figura 3); es decir el encauzamiento debe considerar un diseño que pueda resistir máximas avenidas sin que se produzcan desbordes.
- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos (figura 4).
- Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos, tales como presas tipo SABO, aplicadas en Japón (este término se usa para describir un grupo de diferentes estructuras que utilizan para controlar un huaico); ya sea presas de control, de rendijas, con pantalla de infiltración de fondo, tipo rejillas y las barras flexibles que debido a la permeabilidad de la red, los flujos se drenan como resultado de la retención del material sólido; fosas de decantación; etc. (figura 5).
- Muchas de las quebradas, torrenteras o chorreras que generan huaicos periódicos en el departamento, pueden ser controladas en las carreteras mediante badenes de concreto o mampostería de piedra, alcantarillas, pontones o puentes, entre otros (fotografía 8.6), en función de las características geodinámicas y topográficas de la quebrada. Cabe mencionar que estas obras de infraestructuras que atraviesen estos cauces deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta, evitándose obstrucciones y represamientos violentos.

Además, estas obras deben ser acompañadas de obras de encauzamiento y limpieza del cauce de la quebrada aguas arriba y obras de defensa contra erosión (enrocados, gaviones o muros de concreto) ya mencionados.



Figura 4. Construcción de disipadores de energía de las corrientes concentradas en el cauce de la quebrada, mediante diques transversales (enrocado y armazón de troncos) y canalización del cauce con muros laterales escalonados utilizando bloques de rocas para mitigar los efectos ante la ocurrencia de un flujo de detritos. (Vílchez, et al, 2021).



Figura 5. Presas tipo SABO de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos, a) de control; b) tipo rejilla; c) barras flexibles.

a) Sistemas de alarmas

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

- Instalación de inclinómetros y piezómetros en deslizamientos o en laderas cuya inestabilidad supone riesgos importantes (por ejemplo, en las laderas de embalses o de zonas urbanizadas). Se requiere establecer los valores tolerables (de desplazamiento) a partir de los cuales se considera que los movimientos son

peligrosos o que puede producir la aceleración de los mismos. Es muy importante tomar los datos con precisión, de preferencia de forma automática y la interpretación de las medidas obtenidas, así como las decisiones deben basarse en juicios expertos. La frecuencia de medida está en función de las características del proceso y de la fase o estado de inestabilidad. Debe prestarse atención también al correcto funcionamiento y mantenimiento de los sistemas.

- Instalación de redes de cables en laderas rocosas con peligro de desprendimientos, mediante señales eléctricas o de otro tipo (al golpear los bloques desprendidos) generalmente se instalan en laderas rocosas con vías de ferrocarril y carreteras a su pie. El sistema puede estar conectado con señales que avisen del peligro inminente.

Instalación de sistema de vigilancia y alerta en las quebradas por flujo de detritos o huaicos, con el propósito de recopilar información sobre flujos en el campo tanto como sea posible, para la estación de monitoreo de flujos de detritos eficaz se tiene como ejemplo el instalado en Taiwan, mediante un seguimiento de sensores como pluviómetro, cámara, medidor de nivel de agua por ultrasonidos, sensor de humedad de suelo, cable sensor y geófonos. Los datos son captados por los sensores de observación, actualizados y transferidos a través de sistemas de transmisión por satélite en tiempo real hacia una página web y móviles desde una cabina instrumental que es la fuente de alimentación de procesamiento de datos (figura 6 y 7).



Figura 6. Sensores utilizados para el monitoreo de flujos de detritos (fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan por Vílchez, 2010).



Figura 7. Estación de monitoreo de flujo de detritos (fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan por Vilchez, 2010).