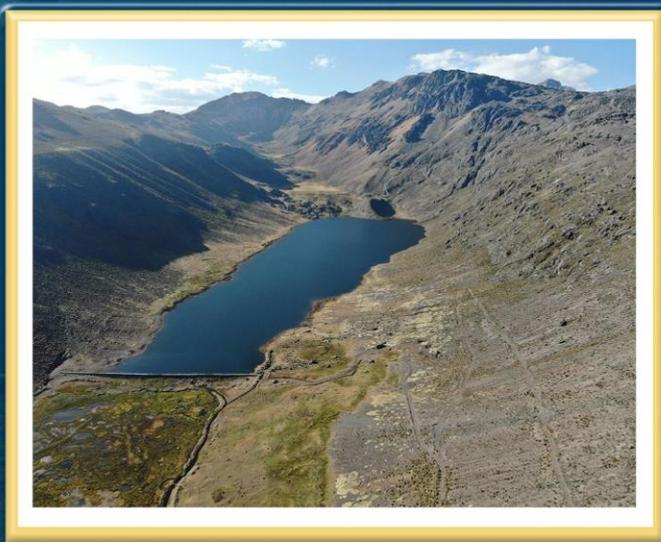


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7334

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REPRESA DE TUCTOCOCHA

Departamento Lima
Provincia Huarochirí
Distrito San Damián



DICIEMBRE
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN DE LA REPRESA TUCTOCOCHA

(Distrito San Damián, provincia Huarochirí, departamento Lima)

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

Equipo de investigación:

Griselda Ofelia Luque Poma

Hugo Dulio Gómez Velásquez

Segundo Núñez Juárez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos en el área de construcción de la represa de Tuctococha. Distrito San Damián, Provincia Huarochirí, Departamento Lima. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7334, 33 p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. Ubicación	4
1.3.2. Accesibilidad	4
1.3.3. Clima	5
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Formación Millotingo (Nm-m/v,bxpi)	10
3.1.2. Formación Pacococha (N-p)	11
3.1.3. Depósito Cuaternarios	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
4.1. Pendientes del terreno	14
4.2. Unidades geomorfológicas	16
4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	16
4.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	17
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	20
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa el sector Represa Tuctococha..	20
a. Flujo de detritos.....	21
b. Derrumbes.....	23
5.2. Factores condicionantes.....	24
5.3. Factores desencadenantes	25
6. CONCLUSIONES	26
7. RECOMENDACIONES	27
8. BIBLIOGRAFÍA	28

RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en la represa Tuctococha, políticamente enmarcados en la jurisdicción del distrito de San Damián, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. 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.

En la zona se tienen afloramientos de secuencias de lavas andesíticas que se encuentran muy fracturadas y moderadamente meteorizadas de la Formación Millotingo, Este basamento rocoso se encuentra cubierto por depósitos poco consolidados a sueltos angulosos a subangulosos, correspondientes a depósitos coluviales (depósitos de caída de rocas antiguos de hasta 2 m de diámetro), glaciofluviales (conformado por gravas medianamente consolidadas, en matriz arcillo-limosa de alta plasticidad, con presencia de cantos subangulosos) y proluviales (arena, gravas, bolones con presencia de grandes bloques); sobre este último se cimienta parte del dique de la represa.

Desde el punto de vista geomorfológico, la represa Tuctococha se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas volcánicas, con algunos alineamientos en dirección NE-SO producto del tectonismo en los Andes. Se modela una topografía accidentada, de cimas agudas a subredondeadas y disectada por una red de drenaje dendrítica, como la de la quebrada Atococha y Urcucancha; además de laderas con pendientes que varía de 20° a 55°, lo cual facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto disponible en las laderas.

Las áreas circundantes a la represa Tuctococha presentan movimientos en masa de tipo derrumbes y caídas de rocas antiguas, los cuales no representan peligro a la represa referida. Así mismo, en las laderas que circunscriben la quebrada Atococha se observó derrumbes antiguos que originaron huaicos en años pasados; como evidencia se observan depósitos en forma de abanicos, estos flujos pueden volver a repetirse.

En el año 2012, se construyó la represa, un año después empezó a presentar grietas en el dique. También se observó, que, al pie de la misma rajadura, la presencia de filtraciones de agua.

Los agrietamientos que presenta la presa son de forma transversal y con aperturas de hasta 20 cm, cuyo origen no está relacionado con movimientos en masa u otro tipo de peligro geológico. Mas parecen problemas constructivos de la presa.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el flujo proveniente de la quebrada Atococha podría generar la ruptura del dique de la represa y podría generar flujos de detritos o aluviones que causarían daños a la población asentada aguas abajo. Dentro de los factores, condicionantes para la generación de estos peligros geológicos se considera la pendiente de las laderas consideradas escarpadas (25°-45°), sumadas a la mala competencia de las rocas volcánica del sector y a la baja compactación de los depósitos que cubren las laderas y sobre la que está construida una parte del dique. Y como factores desencadenantes se pueden atribuir a lluvias prolongadas y/o extraordinarias, así como a movimientos sísmicos.

En el marco de nuestras competencias, se recomienda realizar estudios geotécnicos a detalle de la represa Tuctococha, con el fin de mejorar las condiciones de la estructura. Los problemas ingenieriles y/o geotécnicos en el cuerpo de la represa Tuctococha, deben ser evaluadas por el Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – CISMID.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo el Oficio N° 0699-2022-GRL-GRDE-DRA-DPA del Gobierno Regional de Lima; distrito San Damián, provincia de Huarochirí y departamento de Lima. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los profesionales Griselda Luque Poma y Hugo Gómez Velásquez, para realizar la evaluación de peligros geológicos, realizando los trabajos de campo los días 22 y 23 de junio del 2022.

La evaluación técnica, se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres, levantamiento fotogramétrico con dron con el fin de observar mejor el alcance de los eventos), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone en consideración del Gobierno Regional de Lima y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el sector: Represa Tuctococha; eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población aguas abajo, medios de vida y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional para los sectores de inspección se tienen:

- A) Según, el Informe N°0180-2021-SGGRD-MPH-M menciona que representa un peligro latente cuando la represa alcance su máxima captación de almacenamiento de agua de unos 2 000 000 de m³ aproximadamente, debido a la presencia de grietas en varios tramos de su edificación que generan filtraciones en los cimientos de la estructura.
- B) En el acta de visita de inspección a la represa de Tuctococha realizado el 07 de setiembre de 2021 por las autoridades locales (Presidente de la Mancomunidad Municipal de la Cuenca Valle Lurín, alcalde del distrito de San Damián, representante de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial de Huarochirí, Juez de Paz del Centro poblado de Sunicancha, Presidente de la Comunidad Campesina San Miguel de Viso, Asesor Técnico de Campo y Gerente de la Mancomunidad), representante de la

Unidad Formuladora de la Dirección Regional de Agricultura del Gobierno Regional de Lima y Fiscal, donde se menciona que desde el año 2013, la estructura del dique de la represa ya presentaba averías, teniendo la rajadura de mayor gravedad una luz de hasta 5 cm por donde aflora aproximadamente 80 l/s de agua hacia el exterior de la represa.

- C) En el Boletín N° 76, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro geológico en la región Lima” (Luque et al., 2020), se identificaron 4329 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos; además se determinaron 278 zonas críticas, de los cuales 13 en la provincia de Huarochirí, hacia el este del sector Tuctococha se tiene inventario un peligro geológico por erosión de laderas en el cerro Pitiroquiña. En el estudio también se realizó un análisis de la susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000 (Figura 01), evidenciándose que, el sector evaluado (represa Tuctococha) se encuentra en terrenos con media y alta susceptibilidad a movimientos en masa; entendiéndose por susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

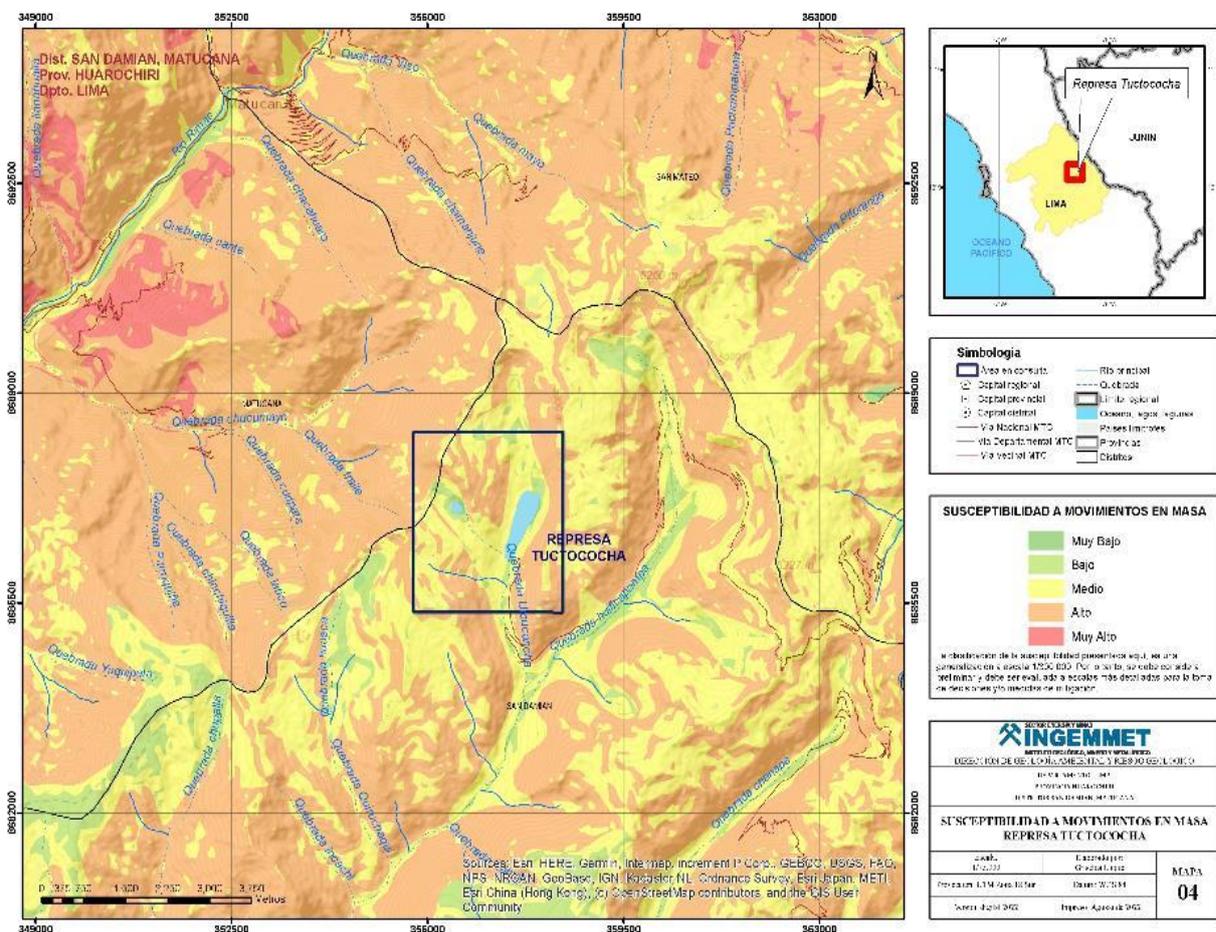


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa en el sector Represa Tuctococha escala 1:250 000, del departamento de Lima
Fuente: Luque et al., 2020

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La Represa Tuctococha, se encuentra en una altitud promedio de 4480 m, parte alta de la quebrada Tucto, políticamente pertenecen a la jurisdicción distrital de San Damián, provincia de Huarochirí, departamento de Lima (figura 2).

Desde el año 2012, fecha de culminación de construcción de la represa Tuctococha, se vienen presentando agrietamientos de 10 cm y filtración de agua en la cortina de la presa, lo que podría originar la ruptura del dique, y afectaría a las poblaciones asentadas aguas abajo. Se encontró un dique de concreto de 6 m de altura y una longitud de 200 m, también se observó una caja de desfogue con tubería de 1", con presencia de múltiples grietas que varían de 32 a 15 cm en varios tramos de la infraestructura. a lo largo del dique principalmente en la margen derecha de la represa. Tiene un área de 328.785 m² aproximadamente, ancho de 307.50 m por 1190 m de largo.

El sector de inspección se localiza en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18s) siguientes: (cuadro 1).

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio de la represa Tuctococha

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	355500	8689000	-11.851493	-76.326573
2	359000	8689000	-11.851641	-76.294447
3	355500	8685500	-11.883123	-76.326725
4	359000	8685500	-11.883273	-76.294596
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	357319	8686247	-11.87645	-76.309995

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona evaluada, se realizó desde la ciudad de Lima (sede principal de Ingemmet), según la ruta presentada en el cuadro 2, mediante vías asfaltadas y trochas carrozables.

Cuadro 2. Rutas y accesos a las zonas de inspección

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – San Mateo	Asfaltada	102.6	2 horas 36 minutos
San Mateo – Represa Tuctococha	Trocha	52	3 horas

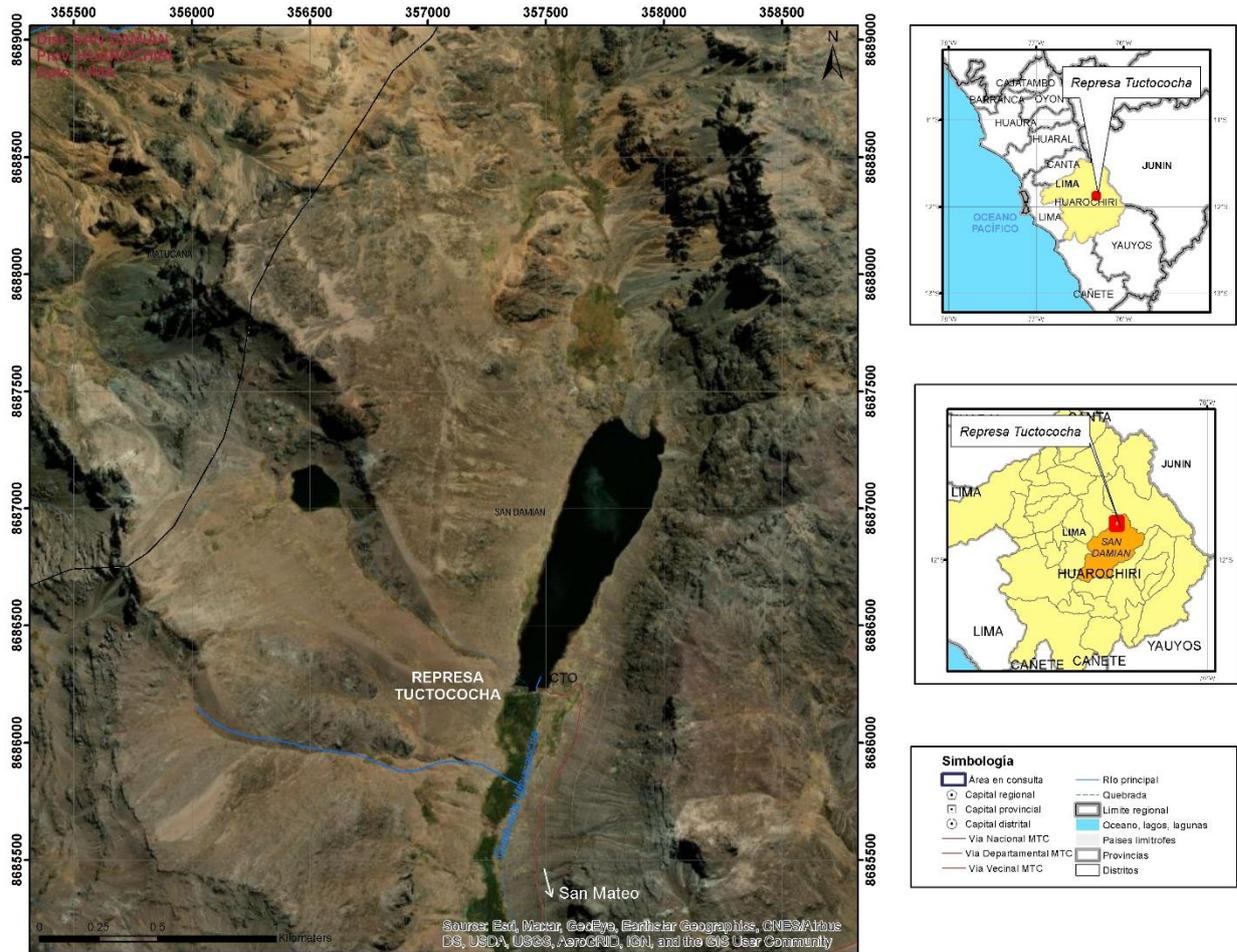


Figura 2. Ubicación del sector Represa Tuctococha.

1.3.3. Clima

De acuerdo con los datos climáticos (clasificación climática por el método de Thornthwaite), en el ámbito de la represa Tuctococha y alrededores se tienen los siguientes tipos de climas (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2010) como se muestra en la figura 3:

En el sector represa Tuctococha presenta una zona de clima lluvioso, seco en invierno, semifrío y húmedo(B(i)D'H3), típico de zonas andinas ubicadas entre los 2500 y 3500 m. correspondiente a la provincia de Huarochiri y tipo polar frígido, seco, ubicado en localidades sobre los 4500 m. (B(i)F'H2).

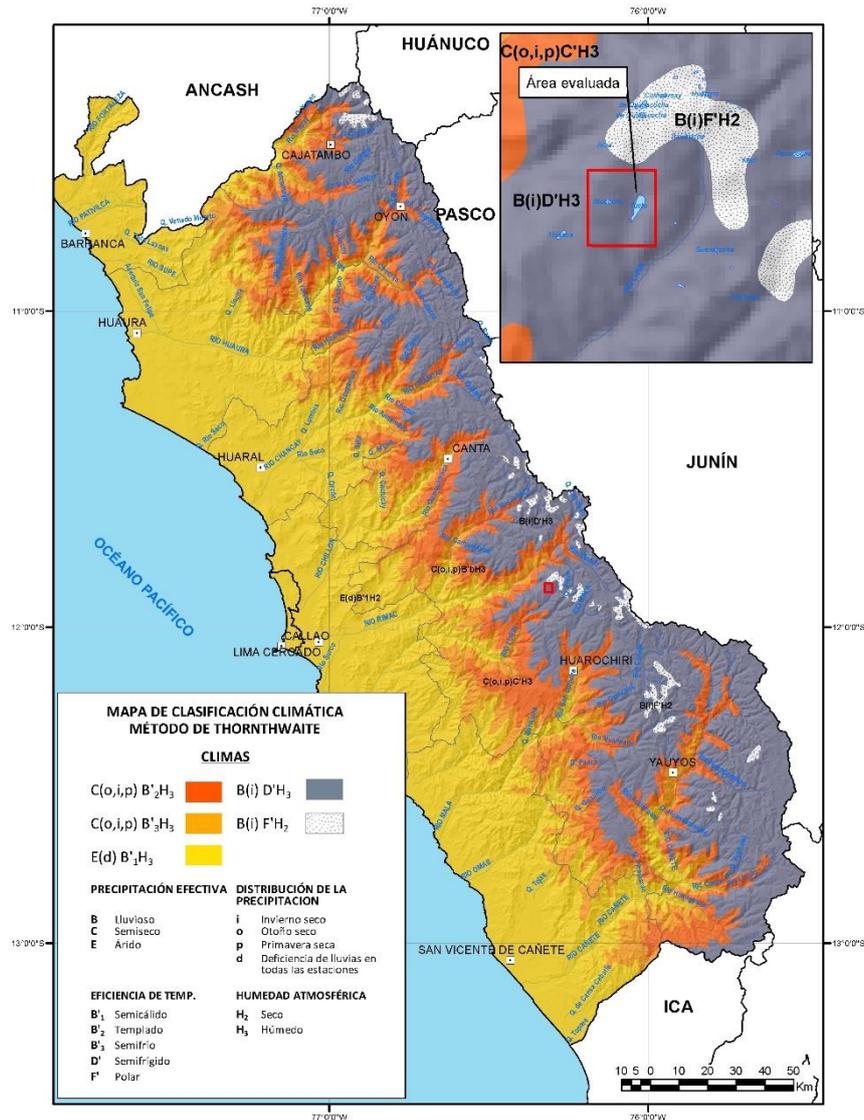


Figura 3. Clasificación climática en el sector Represa Tuctococha.
Fuente: SENAMHI, 2010

En cuanto a la cantidad de lluvia y temperatura local, según fuente de 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 ráster y de satélite), la precipitación diaria máxima registrada en el último periodo 2019-2022, fue de 12.7 mm en el mes de marzo del 2022. Mientras que las temperaturas oscilaron en rangos de 6° y 24°C (Figuras 4 y 5).

De igual manera los valores de NDVI (índices de vegetación), señalan que estas precipitaciones proporcionan al terreno valores promedio de 0.3 a 0.35 (vegetación escasa), en las laderas del valle glaciar, la alguna presenta un valor de 1, correspondiente a cuerpos de agua, mientras que en la zona de bofedal predominan valores de 0.5 a 0.7 (vegetación moderada a escasa). Ver Figura 6.

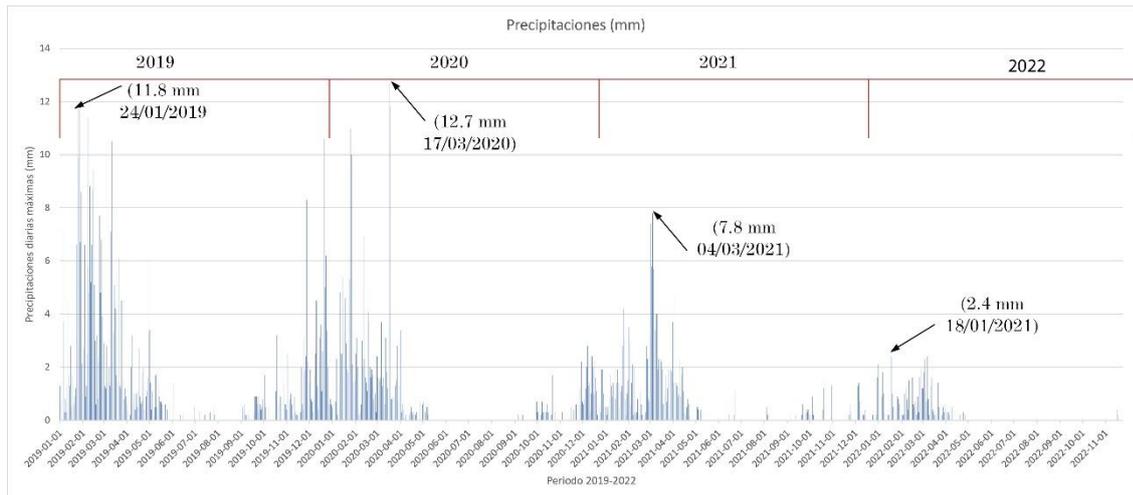


Figura 4. Precipitaciones máximas diarias según registros satelitales Awhere, en los alrededores de la laguna Tuctococha (periodo 2019-2022)

Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7407143>

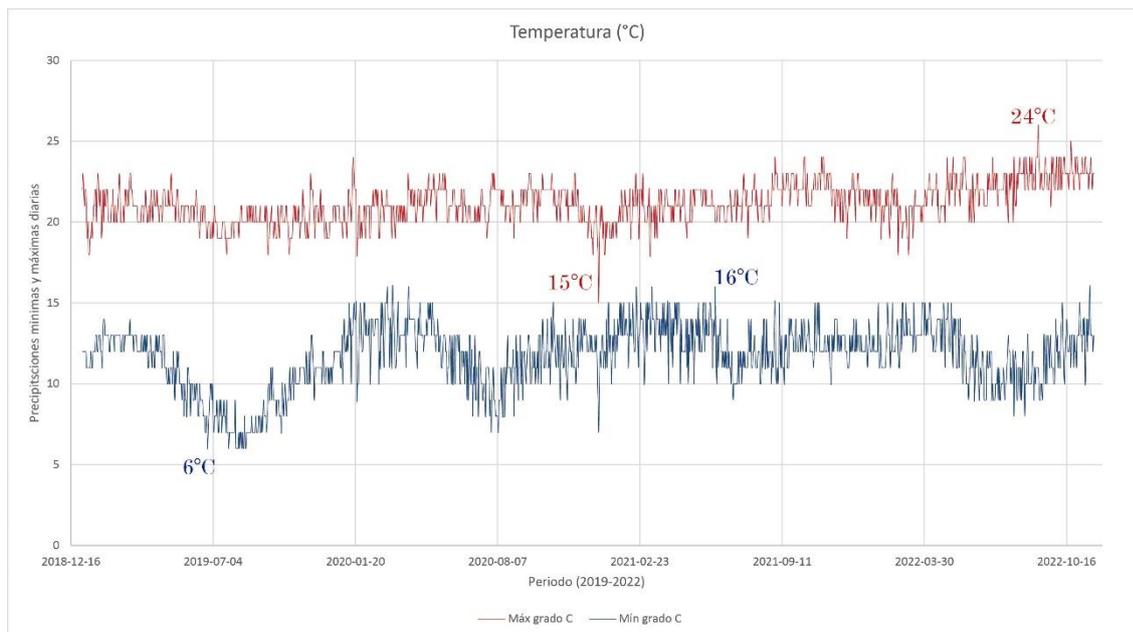


Figura 5. Temperaturas mínimas y máximas diarias según registros satelitales Awhere, en los alrededores de la laguna Tuctococha (periodo 2019-2022)

Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7407143>

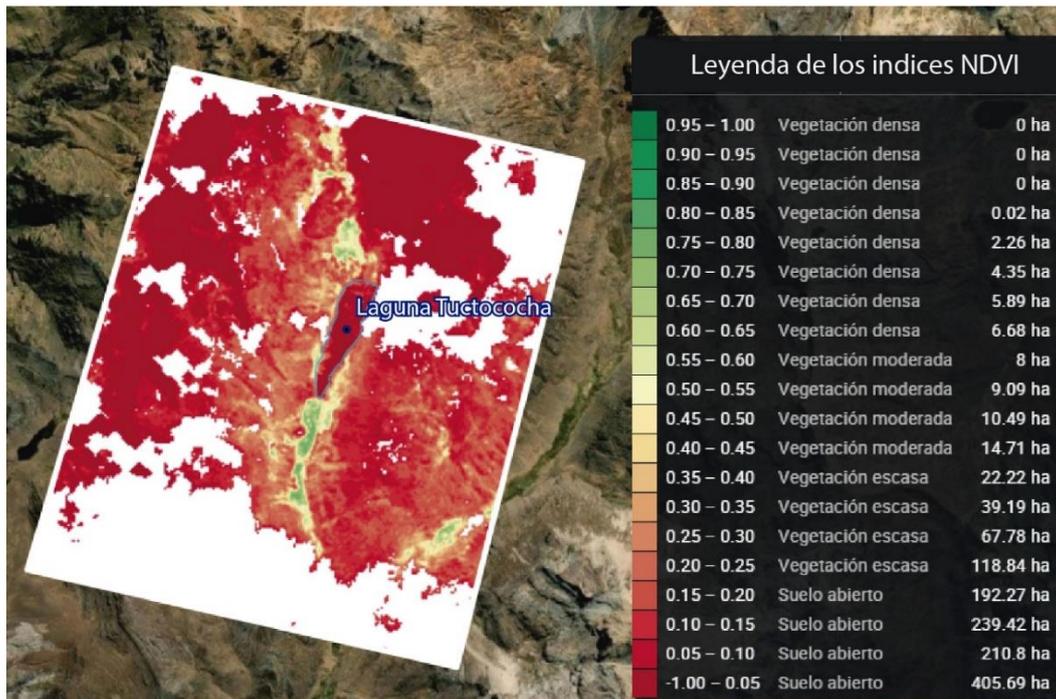


Figura 6. Valores NDVI (índices de vegetación) en los alrededores de la laguna Tuctococha.

Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7407143>

2. DEFINICIONES

Considerando que el presente informe de evaluación técnica está dirigido a las autoridades, personal no especializado y tomadores de decisiones que no son necesariamente geólogos; es por ese motivo que se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

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

Caída de rocas: ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales asociadas a litologías de diferente naturaleza (sedimentarias, ígneas y metamórficas), en el que uno o varios bloques de rocas se desprenden de una ladera, desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento.

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: 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.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de

rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez, 2009).

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 de detritos: es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos.

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.

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

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: fenómeno de remoción en masa (co, ar), proceso de remoción en masa (ar), remoción en masa (ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento, ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolló con base en la descripción del cuadrángulo de Matucana (hoja 24k-3) a escala 1:50 000 elaborado y publicado por Mamani et al., 2021, y descargado de la fuente: <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>. Además dicha información se complementó con trabajos de fotointerpretación de imágenes satelitales, tomas aéreas con dron y observaciones en campo para tener una mejor representación de la información geológica (Mapa 1 – anexo 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio comprende secuencia de lavas andesíticas de la Fm. Millotingo (Nm-m) y derrames lávicos de la Formación Pacococha; comportándose como substrato rocoso, el cual se encuentra, cubierto por depósitos poco consolidados a sueltos correspondientes a: proluviales, morrénicos, glaciofluviales y coluviales:

3.1.1. Formación Millotingo (Nm-m/v,bxpi)

Constituida principalmente por secuencia de lavas andesíticas de color gris oscuro a gris violáceo (fotografía 1), niveles de brechas piroclásticas blanquecinas en ambas márgenes de la laguna Tucto y quebrada Urcucancha, en laderas de los cerros Huillcapampa y Acupata.

Según la carta nacional, hoja 24k-3 (Mamani et al., 2021) refiere lo siguiente: “Estas secuencias constituyen la base y predominio de esta unidad, se observan gruesas secuencias de lavas gris violáceas y gris oscuras de composición andesítica que alcanzan los 300 m”.

Miembro Millotingo 1, conformado por andesitas gris oscuras y andesitas violáceas con fenocristales de plagioclasa, brechas gris oscuras.

Alrededores de la laguna Tucto los afloramientos de lavas andesíticas se encuentran moderadamente meteorizadas y muy fracturadas (Fotografía 2).



Fotografía 1. Afloramientos de lavas gris violáceas y piroclastos andesíticos, en las coordenadas UTM WGS84 357278, 8686734.



Fotografía 2. Afloramientos de lavas gris violáceas muy fracturados, en las coordenadas UTM WGS84 357680, 8687303.

3.1.2. Formación Pacococha (N-p)

Salazar (1983) define esta unidad con la denominación “Formación Pacococha” cerca de la localidad del mismo nombre. Esta unidad se caracteriza por la presencia de derrames lávicos de composición andesítica basáltica a andesítico, de color gris oscura a gris violácea, y depósitos piroclásticos de bloques y ceniza en menor proporción, que sobreyacen a las unidades anteriores.

Los afloramientos menores se observan en el cuadrante 24k3 cerca de la laguna del mismo nombre, donde aparentemente se encuentra sobreyaciendo intrusivos dioríticos de Millotingo. Se encuentra en la parte alta de la zona evaluada, en la margen derecha de la quebrada Urcucancha.

3.1.3. Depósito Cuaternarios

Depósito proluvial (Q-pr)

Están conformados por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, cantos, gravas, arena y limos mal clasificadas) de composición volcánica (andesitas), inconsolidados, depositado en el fondo de quebradas tributarias en confluencia con la quebrada Urcucancha. Proveniente de flujos o corrientes temporales de agua y lluvia, ocasionando la acumulación de fragmentos rocosos y lodos a manera de conos de deyección en su desembocadura (Fotografía 3).

Sobre este depósito se “construyó” una parte del dique de la represa (margen derecha).



Fotografía 3. Depósito proluvial en quebrada tributaria de la quebrada Urcucancha,

Depósito coluvial (Qh-cl)

Este tipo de depósito se conforma por la intercalación de materiales de origen coluvial, producto de movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes y caída de rocas.

Se ubican inmediatamente sobre la escarpa de los principales cerros y lomadas que bordean las principales quebradas del área de estudio, se trata de materiales conformado por clastos angulosos de hasta 10 m de espesor, constituyen depósitos de caída de rocas o derrumbes antiguos. Los bloques subangulosos a angulosos más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores (arenas y limos) disminuyen gradualmente hacia el ápice. Son sueltos poco cohesivos, conforman taludes de reposo poco estables. Los principales agentes formadores son la meteorización, la gravedad, movimientos sísmicos, derrumbes y vuelcos.

Depósito morrénico (Qpl-mo) y glacio-fluvial (Q-gfl)

Están constituidos por materiales resultantes de la destrucción mecánica de las rocas por el glaciar en movimiento y por materiales sueltos provenientes de las laderas de montañas, salas, et al (2003).

Formados por gravas y arenas con matriz limoarenosa, el depósito se encuentra inconsolidado, se ubican en el sector formando valles en forma de U, en los que se pueden distinguir geoformas de frentes de morrenas, morrenas laterales y morrenas de fondo, especialmente en el sector norte y occidental de la zona de estudio. bordea la represa Tuctococha.



Fotografía 4. Depósito glaciofluvial en margen derecha de quebrada Atococha, con coordenadas WGS84 357307-8686273

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En general las unidades geomorfológicas que rodean el área de estudio, en la margen derecha del río Pampas corresponden a geoformas de carácter tectónico degradacional, disectadas por quebradas estacionarias que confluyen en el río Pampas. Las laderas de las montañas se encuentran cubiertas por geoformas depositacionales como son las vertientes coluvio-deluviales y vertientes de deslizamientos conformados por movimientos geodinámicos antiguos y recientes como, por ejemplo: deslizamientos, derrumbes y caída de bloques, de igual manera en las márgenes del río Pampas se observan terrazas y abanicos aluviales afectados por procesos de socavamiento.

Después del punto de vista geomorfológico, la represa se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas volcánicas de la Formación Millotingo Miembro 3, con algunos alineamientos en dirección NO-SE producto del tectonismo en el área. Se caracteriza por presentar una topografía accidentada, de cimas alargadas a subredondeadas y disectada por una red de drenaje dendrítica, resaltando la quebrada Urcucancha y Huillcapampa. Las laderas presentan pendientes que varía de moderada (25°) a muy escarpada ($>45^\circ$), este último facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre de material suelto disponible en las laderas.

Las áreas circundantes a la represa Tuctococha presentan una geodinámica regularmente activa de tipo derrumbes y caída de rocas antiguas, los cuales no representan peligro a la represa referida. Así mismo, en la margen derecha de la presa, en las laderas que circunscriben la quebrada Atococha se observa derrumbes antiguos que desencadenaron en huaicos en años pasados; aún se observa parte del depósito proluvial. En el año 2012, se terminó de construir la represa, una parte del dique se construyó sobre este depósito inconsolidado.

4.1. Pendientes del terreno

El mapa de pendientes se obtuvo a partir de un modelo digital del terreno (MDT) de 12.5 m/px, del satélite artificial japonés dedicado a la observación terrestre denominado ALOS (Advanced Land Observation Satellite) con un sensor PALSAR (Radar de Apertura Sintética), de la página web <https://search.asf.alaska.edu/>.

Este MDT, fue calibrado con Google mapper para reconocer los cuerpos de agua (zonas de pendiente llana) y realizar un remuestreo bilineal, con la finalidad de suavizar los posteriores rangos de pendiente.

Las pendientes fueron procesadas en el programa Arc Gis, dividiéndolas en 06 rangos (Cuadro 3 y Mapa 02).

Cuadro 3. Rango de pendientes del terreno

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Se observan en áreas pequeñas sobre depósitos glacio fluviales y el espejo de agua de la represa Tuctococha, susceptibles a procesos de inundación fluvial y lagunar.
1°a 5°	Inclinación suave	Predominan aguas debajo de la represa Tuctococha, que corresponde a bofedales del valle glaciar de la quebrada Urcucancho.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente predominan en las laderas de las montañas cubiertas por vertientes coluviales y coluvio-deluviales en ambos márgenes de la represa Tuctococha.
15°a 25°	Fuerte	Este rango de pendientes predomina en laderas de las montañas cubiertas por vertientes coluviales y coluvio-deluviales adosadas en las laderas de los cerros Ushiapampa y Huillcapampa, en ambos márgenes de la represa Tuctococha.
25°a 45°	Muy Fuerte o escarpado	En general esta pendiente predomina principalmente en las laderas del cerro Huillcapampa. Y en algunos sectores de las laderas del cerro Ushiapampa.
>45°	Muy escarpado	Esta pendiente es representativa en acantilados, escarpas y zonas de arranque de las caídas de rocas, también se observan alternadas con pendientes fuertes en las laderas de los cerros principales, en este sector predominan procesos de derrumbes y caída de rocas.

Para corroborar los datos del mapa de pendientes se realizaron dos perfiles topográficos (A-A' y B-B') que interceptan longitudinal y transversalmente a la laguna Tuctococha. ver Figuras 7, 8 y 9.

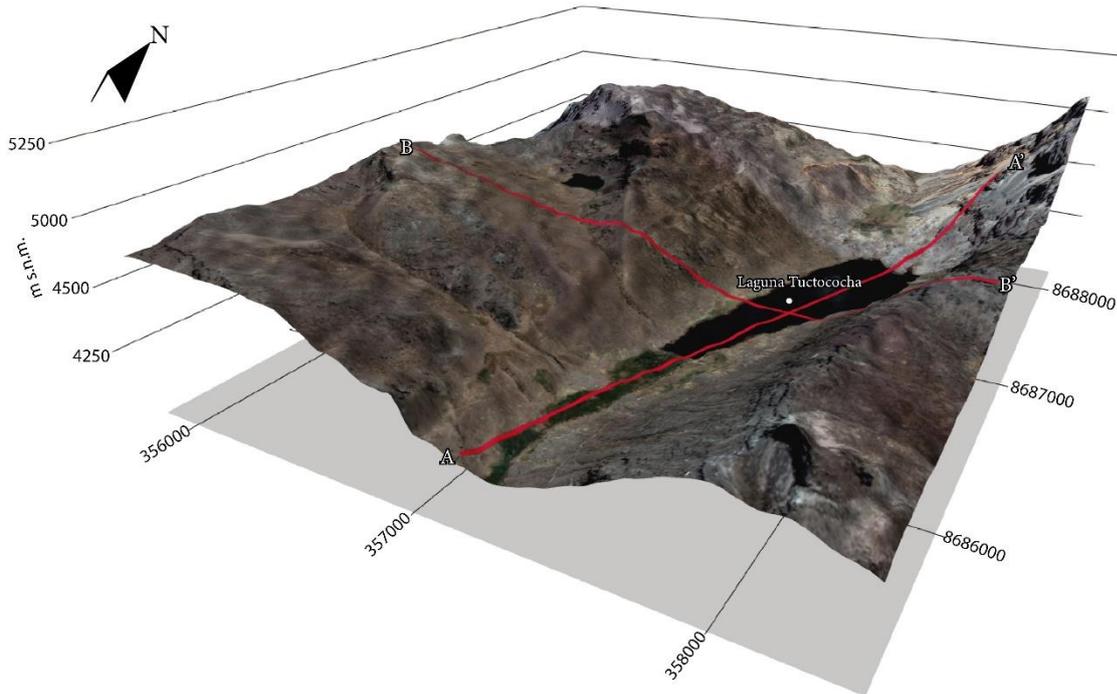


Figura 7. Perfiles A-A' y B-B' que interceptan longitudinal y transversalmente a la laguna Tuctococha.

Perfil A-A'

Muestra pendientes de 27° en la cabecera de la laguna Tuctococha, el cuerpo de agua presenta pendientes llanas (0°-1°) lo que corrobora la veracidad del MDT, en cuanto a la corrección del cuerpo de agua. Posteriormente aguas abajo de la laguna, desde la represa Tuctococha se presenta un terreno irregular inclinado con pendiente suave (1°-5°), correspondiente a una zona de bofedales (Figura 8).

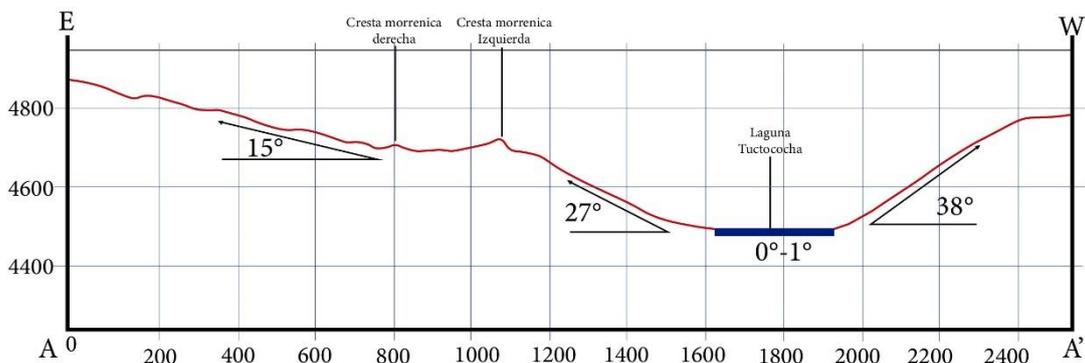


Figura 8. Perfil A-A'

Perfil B-B'

Este perfil muestra que la laguna Tuctococha se ubica en el medio de un valle glaciar (valle en U). donde la ladera de la margen derecha tiene pendientes promedio de 38° y el de la margen izquierda presenta pendientes promedio de 27° (terreno escarpado). Figura 9.

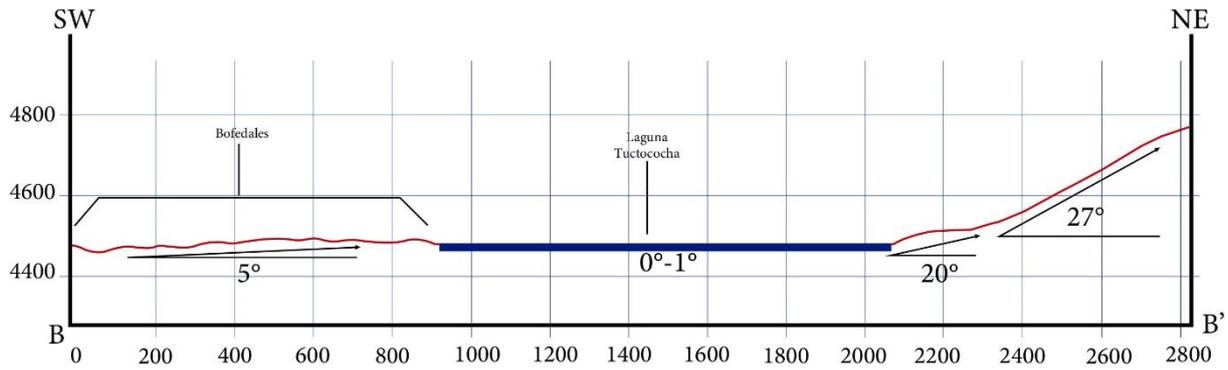


Figura 9. Perfil B-B'

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (Mapa 3), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual; en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Representada por unidades que sufren procesos erosionales, en general en el área de inspección están representadas por Montañas y las siguientes subunidades:

Subunidad de montañas y colinas en rocas volcánica (RMC-rv): Esta subunidad se encuentra en ambas márgenes de la represa de Tuctococha y quebrada Urcucancha, está conformada por rocas volcánicas como andesitas, desde el nivel de base local (quebrada Urcucancha) hasta su cúspide (Cerro Ushiapampa) alcanza una altura de 400 m, y una elevación de 4800 m y se encuentra disectado por quebradas tributarias que forman abanicos proluviales.

Las laderas de esta montaña se encuentran mayoritariamente en el rango de pendientes escarpadas (25° - 45°) y en menor proporción el rango de pendientes fuerte (15° - 25°), es en estos sectores donde se han producido las caídas de rocas antiguas cuyos depósitos cubren parcialmente las laderas. También se puede observar el rango de pendientes muy escarpadas ($>45^{\circ}$), correspondiente a sectores donde predominan la ocurrencia de derrumbes y caída de bloques, en algunos sectores presentan intenso fracturamiento y meteorización (fotografía 5).



Fotografía 5. Vista de montañas modeladas en roca volcánica en los cerros Ushiapampa y Huillcapampa, alrededor de la laguna Tuctococha

4.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tienen:

Vertiente glaciofluvial (V-gfl): Corresponde a acumulaciones que bordean zonas montañosas periglaciares, originadas por deglaciación del Pleistoceno y reciente, también se observan talus de detritos de gelifración que son acumulaciones periglaciares por retroceso glaciar reciente en formas de abanicos. Su composición litológica es casi homogénea compuesta por gravas, bloques y bolones de andesitas englobados en una matriz areno limosa inconsolidados a ligeramente consolidados, se consideran susceptibles a sufrir reactivaciones de derrumbes, avalanchas de rocas y procesos de erosión como carcavamientos (Fotografía 6).

Vertiente o piedemonte coluvial (V-d): Unidad formada por depósitos inconsolidados acumulados al pie de las laderas de montañas, colinas o acantilados, en forma de talud de detritos irregulares de origen coluvial, de edad reciente, que descienden hacia los valles principales o quebradas tributarias. Por encontrarse cerca de su fuente de origen, presentan una naturaleza litológica homogénea; sin embargo, su granulometría es variable con fragmentos angulosos y su grado de compacidad es bajo, no consolidado, cubren parte de las laderas de los cerros Ushiapampa y Huillcapampa y son altamente susceptible a la ocurrencia de derrumbes y avalanchas de detritos (Fotografía 6). Se produce en rocas diaclasadas y meteorizadas que dejan bloques inestables que caen o ruedan por la fuerza de gravedad, con ayuda de las lluvias intensas o movimientos sísmicos.



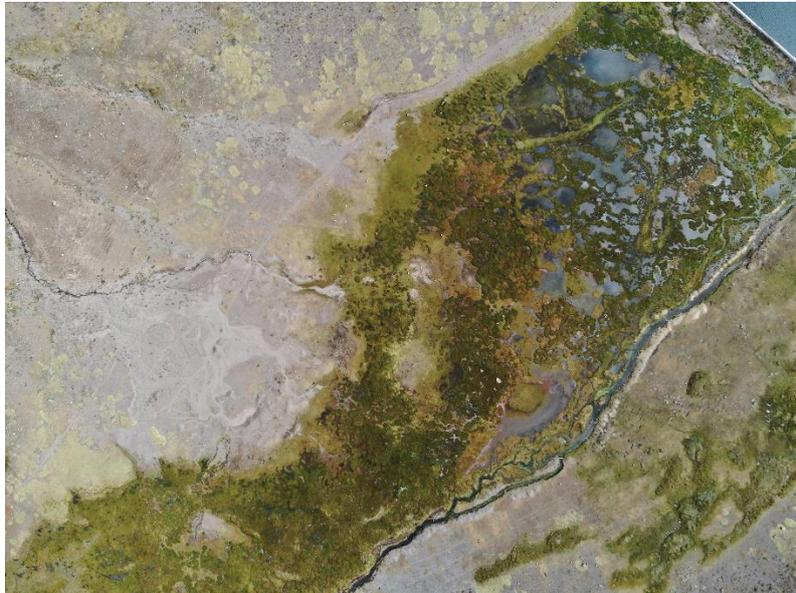
Fotografía 6. Vista de vertientes glaciofluviales y talus de detritos de gelifración en ambas márgenes, se observa también depósitos coluviales que son acumulaciones de ladera de los cerros Ushiapampa y Huillcapampa, alrededor de la laguna Tuctococha.

Piedemonte aluvio torrencial (P-at): Esta subunidad corresponde a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas ubicadas al pie de estibaciones andinas o los sistemas montañosos. Están formadas por la acumulación de sedimentos que son acarreados por corrientes de agua de carácter excepcional, relacionadas a lluvias ocasionales, extraordinarias y muy excepcionales que se presentan en la región (Fotografía 7). Básicamente corresponden a los cauces de las quebradas Atococha y Urcuchancha, donde predomina el rango de pendientes de (5°-15°), conformado por materiales sueltos de fácil erosión y susceptible a generar flujo de detritos.



Fotografía 7. Vista de piedemonte aluvio torrencial de quebradas tributarias de la quebrada Urcuchancha en ladera del cerro Ushiapampa.

Bofedal (Bo): Son superficies planas a moderadamente onduladas muy localizadas y ubicadas aproximadamente a 4400 m s. n. m., en las inmediaciones de la represa Tuctococha (Fotografía 8). En forma de humedales en zonas donde el aporte de agua es permanente (de origen subterráneo o de escorrentía), son normalmente favorables para la vegetación de tipo hidromórfica.



Fotografía 8. Vista de piedemonte aluvio torrencial de quebradas tributarias de la quebrada Urcucancho en ladera del cerro Ushiapampa.

Laguna / cuerpo de agua (Lg/ca): dentro de esta unidad se reúne a todo cuerpo de agua de origen natural (laguna) y artificial (estructuras de embalse de agua como diques o presas con fines hidroeléctricos), ejemplo representativo es la represa Tuctococha. Fotografía 9.



Fotografía 9. Vista de la represa Tuctococha.

Morrena (Mo): Esta unidad comprende geformas convexas, suaves y alargadas producidas por la acumulación de materiales depositados por acción glaciár durante el Pleistoceno-Holoceno. Existen varios tipos de morrenas de acuerdo a su posición frente a un glaciár. Fotografía 10.



Fotografía 10. Vista de una morrena a inmediaciones de la represa Tuctococha.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en los alrededores de la represa Tuctococha, corresponden a movimientos en masa, tipo flujo de detritos, aluvión, derrumbes y caída de rocas.

La caracterización de los peligros geológicos en el sector, se realizó con base a la información obtenida de trabajos en campo; donde se clasificaron los tipos de movimientos en masa (Mapa 4), basados en la observación, descripción litológica y morfométrica in situ de los mismos. Posteriormente esta información se corrobora en gabinete con datos de campo como puntos GPS, medidas con distanciómetro, fotografías a nivel de terreno y fotografías aéreas con dron (ortomosaico y DSM de alta resolución).

A continuación, se describen las observaciones obtenidas en campo tras la inspección geológica, geomorfológica y geodinámica:

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa el sector Represa Tuctococha

En el año 2012, cuando se terminó la construcción de la represa Tuctococha, se viene presentado agrietamientos de 10 cm y filtración de agua en la cortina de la presa, ello podría originar la ruptura del dique, lo cual afectaría a las poblaciones asentadas aguas abajo. Se encontró un dique de concreto de 6 m de altura y una longitud de 200 m, también se observó una caja de desfogue con tubería de 1", con presencia de múltiples grietas que varían de 32 a 15 cm en varios tramos de la infraestructura. a lo largo del dique principalmente en la margen derecha de la represa. Tiene un área de 328.785 m² aproximadamente, ancho de 307.50 m por 1190 m de largo.

Cabe mencionar que una evaluación realizada en el 2021 por las autoridades locales, mencionan que, desde el año 2013, la estructura del dique de la represa ya presentaba averías, teniendo la rajadura de mayor gravedad una luz de hasta 5 cm por donde aflora

aproximadamente 80 l/s de agua hacia el exterior de la represa (Acta de visita S/N). Un año después de la construcción de la represa, donde una parte del dique se encuentra sobre depósito inconsolidado. Con presencia de grietas en varios tramos del dique que generan filtraciones en los cimientos de la estructura.

Además, en las áreas circundantes a la represa Tuctococha presentan una geodinámica regularmente activa, de tipo derrumbes y caída de rocas antiguas, los cuales no representan peligro a la represa referida. Sin embargo, en la margen derecha de la presa, laderas que circunscriben la quebrada Atococha, se observa derrumbes antiguos que desencadenaron en huaicos en años pasados; aun observándose parte del depósito proluvial.

a. Flujo de detritos en ladera del cerro Ushiapampa

Imágenes satelitales del 2004 y 2020 (Figura 10), se observa que el dique fue construido sobre un abanico antiguo (Fotografías 11 y 12):

- Se evidencia que una parte del dique de 200 m de longitud y 6 m de alto de la represa Tuctococha (extremo derecho) se encuentra sobre el depósito inconsolidado de un flujo antiguo que desciende de la quebrada Atococha. En este tramo del dique se presenta la mayor cantidad de grietas y asentamientos.
- La laguna Atococha puede desembalsarse y afectar dique de la represa Tuctococha y afectar a poblados aguas abajo. En ambas márgenes de la quebrada presenta derrumbes que aportan material (bloques de hasta 0.50 cm de diámetro) al cauce de la quebrada que en época de lluvias puede generar nuevos huaicos o aluviones.
- Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas aguas abajo de la represa de Tuctocochca, su ruptura podría generar flujos de detritos que causarían daños a la población asentada aguas abajo.



Figura 10. Comparaciones de imágenes satelitales del Google Earth del 2004 (izquierdo) y 2020 (derecho).



Fotografía 11. Parte del dique, en la margen derecha se encuentra sobre un depósito de un flujo antiguo.



Fotografía 12. Depósito de un huaico con ancho de cauce de 6 a 10 m de ancho, sobre este depósito se construyó una parte del dique de la represa Tuctococha que presenta agrietamiento de más de 20 cm de separación, en las coordenadas UTM GWS84 357321E, 8686311N.

b. Derrumbes en laderas de los cerros Huillcapampa y Ushiapampa

Se observan depósitos coluviales en laderas de los cerros Huillcapampa y Ushiapampa a manera de canchales de detritos suspendidos en las laderas de rodean la laguna Tucto (Fotografías 13 y 14), con las siguientes características:

- Zona de arranque irregular y discontinua de 1.5 km en la cota 4519 m. en ambas márgenes de la laguna.
- Desde la zona de arranque hasta el pie se evidencia ~300 m longitudinales.
- Presencia de bloques con diámetro de hasta 2 m.



Fotografía 13. Canchales de detritos en laderas del cerro Huillcapampa, con detritos subangulosos suspendidos en la ladera, en las coordenadas UTM GWS84 357680, 8687303.



Fotografía 14. Depósito de un huaico con ancho de cauce de 6 a 10 m de ancho, sobre este depósito se construyó una parte del dique de la represa Tuctococho, en las coordenadas UTM GWS84 357321, 8686311.

Según las condiciones de la represa observadas durante los trabajos de campo se pueden apreciar agrietamientos y mala compactación de la cortina, que, al parecer, no contó con especificaciones geotécnicas adecuadas al momento de su construcción (fotografía 15). Los agrietamientos longitudinales, presentan aperturas de 2 a 20 cm; además, al pie de la misma se observó filtraciones de agua (fotografía 16).



Fotografía 15. Vista de la grieta principal y más crítica del dique en las coordenadas UTM WGS84 357421E-8686237N a 4469 m., de 8 cm a 20 cm de espaciamiento



Fotografía 16. Vista frontal de la grieta principal y más crítica del dique.

5.2. Factores condicionantes

Dentro de los factores, condicionantes para la generación de estos peligros geológicos se considera la pendiente de las laderas consideradas escarpadas (25° - 45°), sumadas a la mala competencia de las rocas volcánica del sector y la baja compactación de los depósitos que cubren las laderas y sobre la que está construida una parte del dique.

De igual manera el mapa de susceptibilidad realizado por INGEMMET, en el boletín de Peligros geológicos de la región Lima (Luque et al., 2020), se cataloga, al entorno de la laguna Tucto como de susceptibilidad por movimientos en masa de medio a alto grado.

5.3. Factores desencadenantes

En referencia a los factores desencadenantes se pueden atribuir a lluvias prolongadas y/o extraordinarias, así como a movimientos sísmicos que de acuerdo al mapa de zonificación sísmica del Perú se encuentra en una zona de sismicidad alta (Cuadro 4 y Figura 11). Así como problemas de construcción del dique sobre depósitos inconsolidados, empuje de los derrumbes y caídas en los taludes del vaso de la represa que llenan de sedimento.

Cuadro 4. Factores de zona Z, en el sector Represa Tuctococha

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

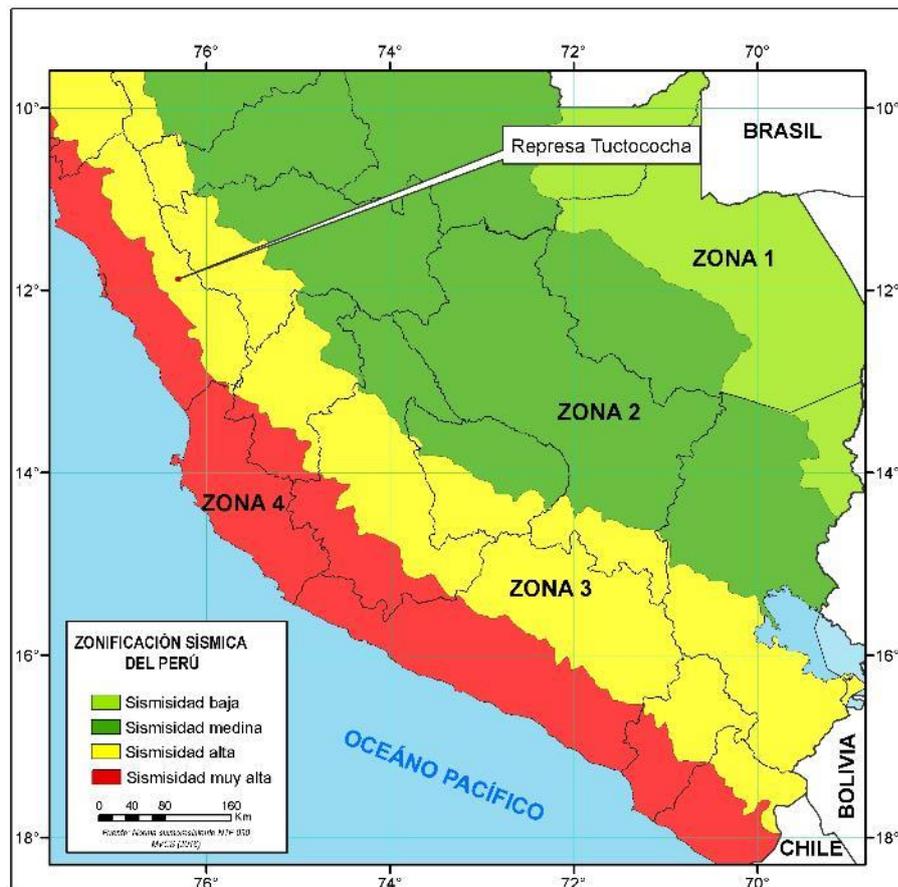


Figura 11. Zonas sísmicas del sector de Represa Tuctococha

6. CONCLUSIONES

1. En el año 2012, se terminó la construcción de la represa Tuctococha, que se ubica en la parte alta de la quebrada Urcucancha, actualmente presenta agrietamientos transversales y filtración de agua en la cortina de la presa, ello podría originar la ruptura del dique, lo cual afectaría a las poblaciones asentadas aguas abajo. Se encontró un dique de concreto de 6 m de altura y una longitud de 200 m, también se observó una caja de desfogue con tubería de 1", con presencia de múltiples grietas que varían de 32 a 15 cm en varios tramos de la infraestructura a lo largo del dique principalmente en la margen derecha de la represa. Tiene un área de 328.785 m² aproximadamente, ancho de 307.50 m por 1190 m de largo.
2. Los agrietamientos que presenta la presa son de forma transversal y con aperturas de hasta 20 cm, el origen de esto, no está relacionado con movimientos en masa u otro tipo de peligro geológico, está relacionado con problemas constructivos de la presa.
3. La represa Tuctococha se desarrolló sobre rocas volcánicas muy fracturadas y medianamente meteorizadas y sobre depósitos proluviales inconsolidados, en los alrededores de la represa y depósitos coluviales.
4. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, la ruptura del dique de la represa Tuctococha podría generar flujos de detritos aguas abajo que causarían daños a la población asentada aguas abajo. De volverse a reactivar el flujo proveniente de la quebrada Atococha también podría generar la ruptura del dique de la represa.
5. En ese contexto y según las competencias de nuestra institución, las condiciones de seguridad de la presa Tuctococha están relacionados a las condiciones geológicas del vaso de la represa. Los problemas observados son de carácter ingenieril en la construcción del dique. Se recomienda solicitar la opinión técnica del CISMID.



Ing. GRISELDA OFELIA LUQUE POMA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET



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

7. RECOMENDACIONES

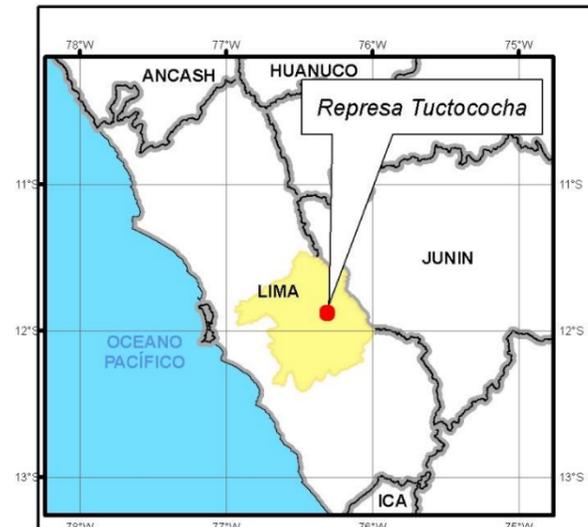
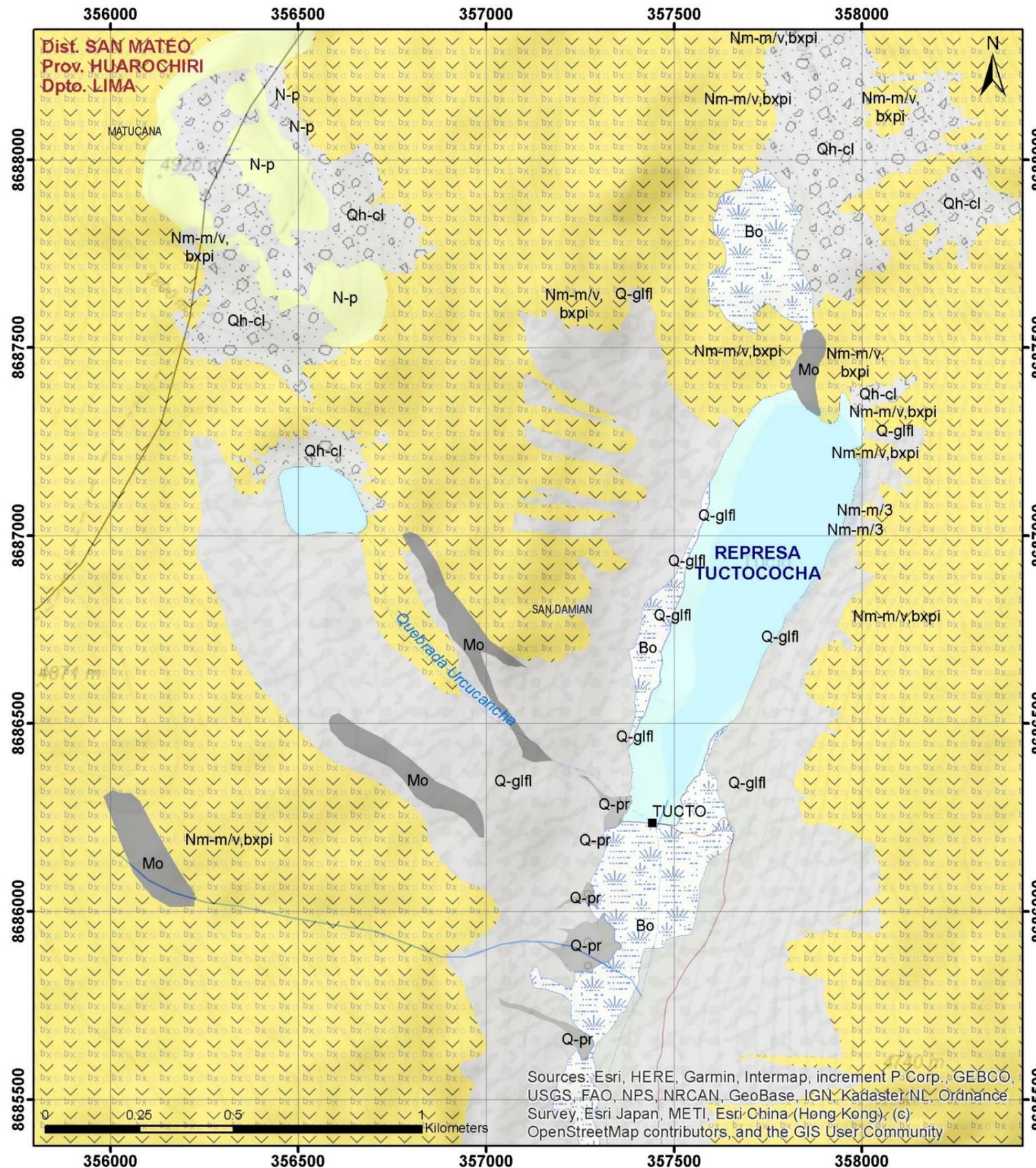
1. Realizar estudios geotécnicos a detalle de la represa Tuctococha, con el fin de mejorar las condiciones de la estructura; y limpieza y mantenimiento del aliviadero que se encuentra en mal estado
2. Monitorear permanentemente de manera visual las laderas para controlar la aparición de cárcavas o grietas.
3. El estribo derecho del dique y parte de la estructura se encuentra sobre un depósito inconsolidado (depósito proluvial), lo cual debe estar contemplado en el estudio geotécnico.
4. Los problemas ingenieriles y/o geotécnicos en el cuerpo de la represa Tuctococha, sean evaluadas por el Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – CISMID.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Hungr, O.; Evans, S.G.; Bovis, M.J. & Hutchinson, J.N. (2001). A review of the classification of landslides of flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3): 221-238.
- Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F.; Huamán, M. (2020). Peligro geológico en la región Lima. *Boletín N° 76, serie C, geodinámica e ingeniería geológica*.
- Mamani, Y.; Gómez, E.; Guerrero, L. (2021). Geología del cuadrángulo de Matucana (hojas 24k2, 24k3, 24k4). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 29, 96 p.
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010) - Guía climática turística (en línea). Lima: SENAMHI, 216 p. (consulta: 03 setiembre 2022). Disponible en: <<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-20.pdf>>
- Silgado, E. (1978). Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). Instituto de Geología y Minería, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica, 3, 130 p.
- Valderrama, L.; Montenegro, E. & Galindo, J. (1964). Reconocimiento forestal del departamento de Cundinamarca. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 86 p.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. 2. Ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1

MAPAS



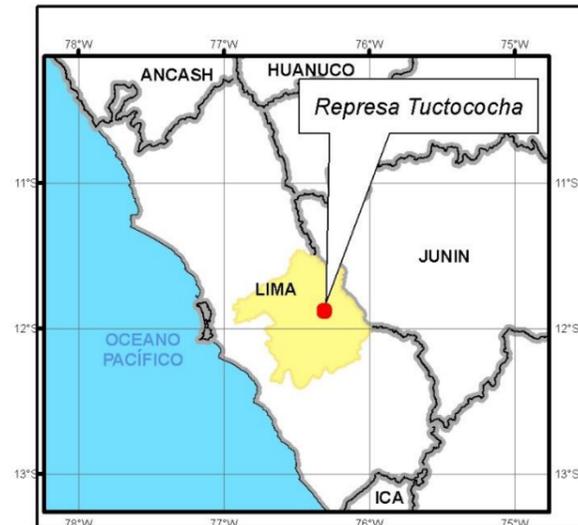
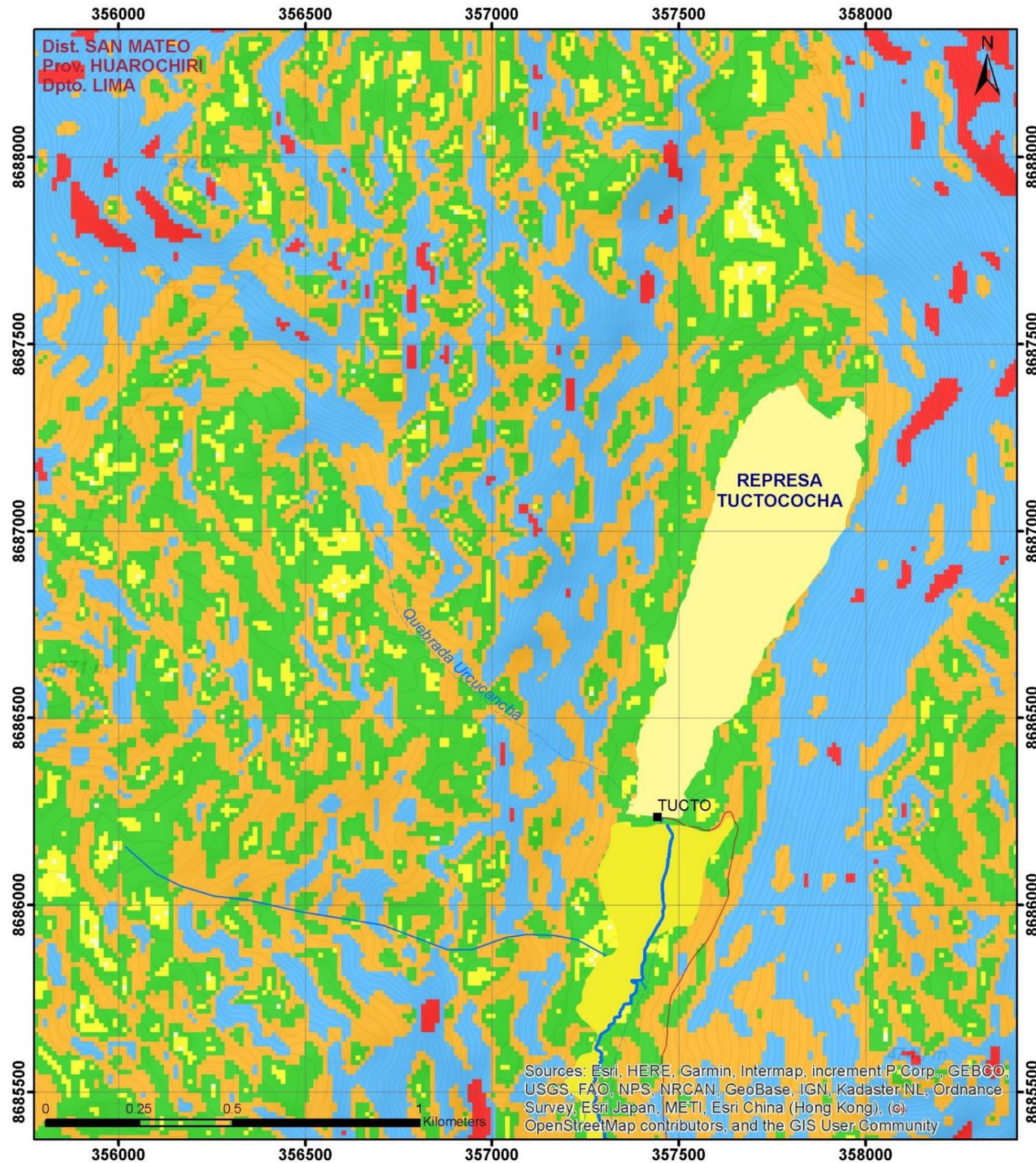
Simbología

Área en consulta	Río principal
Capital regional	Quebrada
Capital provincial	Limite regional
Capital distrital	Oceano, lagos, lagunas
Vía Nacional MTC	Paisés limítrofes
Vía Departamental MTC	Provincias
Vía Vecinal MTC	Distritos

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Qh-cl	Depósito coluvial
Q-pr	Depósito proluvial
Q-glfl	Depósito glaciofluvial
Qpl-mo	Depósito morrénico
Bo	Bofedal
N-p	Fm. Pacococha
Nm-m/v,bxpi	Fm. Millotingo-Miembro Millotingo 1

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO		
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO		
DEPARTAMENTO LIMA PROVINCIA HUAROCHIRI DISTRITO SAN MATEO		
GEOLOGÍA REPRESA TUCTOCOCHA		
Escala: 1/15,000	Elaborado por: Griselda Luque	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Noviembre de 2022	



Simbología

⬠ Capital regional	— Río principal
⬠ Capital provincial	— Quebrada
⬠ Capital distrital	
— Via Nacional MTC	
— Via Departamental MTC	
— Via Vecinal MTC	

RANGO DE PENDIENTE

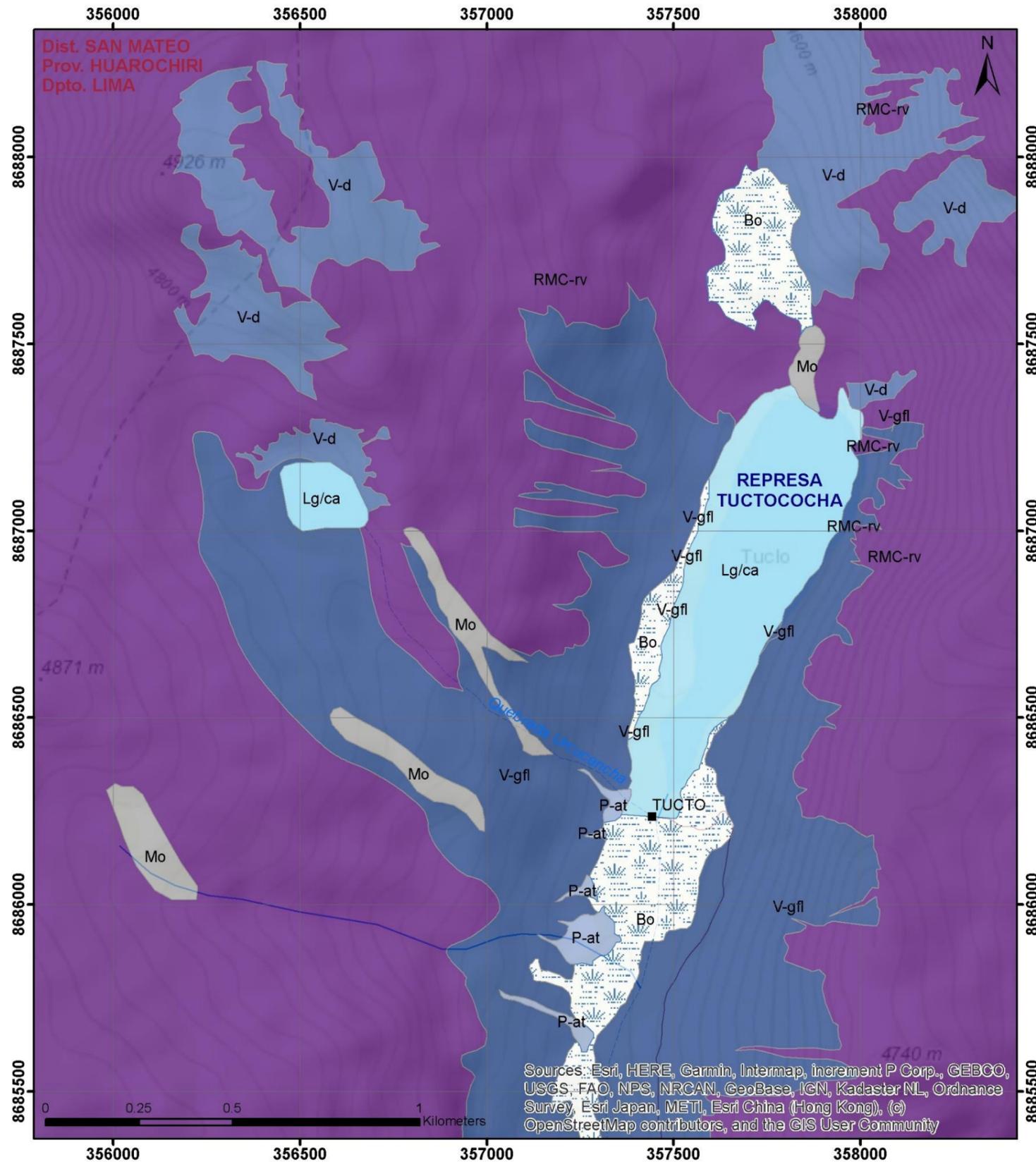
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

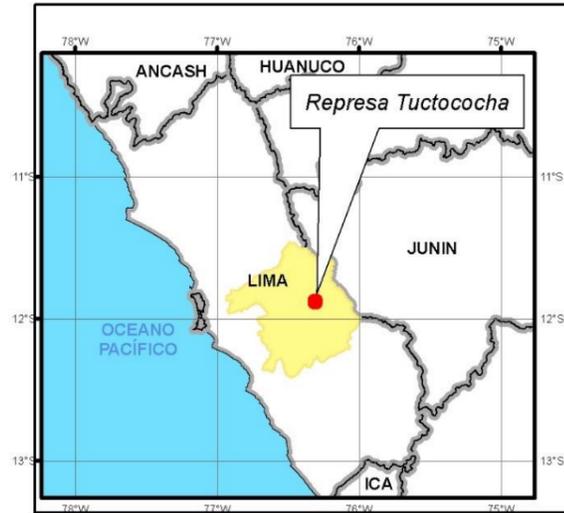
DEPARTAMENTO LIMA
PROVINCIA HUAROCHIRI
DISTRITO SAN MATEO

**PENDIENTE DEL TERRENO
REPRESA TUCTOCOCHA**

Escala: 1/15,000	Elaborado por: Griselda Luque	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Noviembre de 2022	



Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Simbología

☆ Capital regional	— Río principal
◻ Capital provincial	- - - Quebrada
○ Capital distrital	
— Via Nacional MTC	
— Via Departamental MTC	
— Via Vecinal MTC	

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Bo	Bofedal
Lg/ca	Laguna/ cuerpo de agua
Mo	Morrena
P-at	Piedemonte aluvio torrencial
RMC-rv	Montaña y colina en roca volcánica
V-d	Vertiente coluvial de detritos
V-gfl	Vertiente glacio fluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO LIMA
PROVINCIA HUAROCHIRI
DISTRITO SAN MATEO

**GEOMORFOLOGÍA
REPRESA TUCTOCOCHA**

Escala: 1/15,000	Elaborado por: Griselda Luque	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Noviembre de 2022	

