



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en
Glaciares y Ecosistemas de Montaña

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

RECONOCIMIENTO DEL NIVEL DE PELIGRO EN LAS LAGUNAS TULLPARAJU Y CUCHILLACOCHA CON FINES DE SEGURIDAD Y APROVECHAMIENTO

Cordillera Blanca, Provincia de Huaraz, Región Ancash

INFORME TÉCNICO N°09



Huaraz, Junio del 2016



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en
Glaciares y Ecosistemas de Montaña

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

MINISTERIO DEL AMBIENTE

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA
- INAIGEM -**

DIRECCION DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES

PROFESIONALES RESPONSABLES:

**Ing. Roque Vargas Huamán
Ing. Luzmila Dávila Roller
Ing. Edwin Tuya León**



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

INDICE

RESUMEN.....	4
I. GENERALIDADES.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Antecedentes.....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivos generales.....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Ubicación y acceso.....	6
II. METODOLOGÍA.....	8
2.1 Fase preliminar de gabinete.....	8
2.2 Fase de campo.....	8
2.3 Fase final.....	8
III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA.....	9
IV. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA.....	9
4.1 Geología Regional.....	9
4.2 Geología local.....	9
4.3 Geomorfología regional.....	11
4.4 Geomorfología local.....	11
VI. LAGUNAS.....	14
VII. ECOSISTEMAS.....	19
VIII. HIDROLOGÍA.....	20
IX. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.....	22
9.1 Condiciones de peligrosidad en glaciares.....	22
9.2 Condiciones de Peligrosidad en Lagunas.....	24
X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
10.1 Conclusiones.....	30
10.2 Recomendaciones.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	32
GLOSARIO DE TERMINOS.....	32



RECONOCIMIENTO DEL NIVEL DE PELIGRO EN LAS LAGUNAS TULLPARAJU Y CUCHILLACOA CON FINES DE SEGURIDAD Y APROVECHAMIENTO

RESUMEN

Las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha de origen glaciar, se encuentran ubicadas en la cabecera de la quebrada Quillcayhuanca, subcuenca del río Quillcay, a una altitud de 4 350 msnm (Tullparaju) y 4 650 msnm (Cuchillacocha), que se han formado por el deshielo de los nevados Tullparaju y Pucaranra respectivamente, los cuales se encuentran actualmente alejados del espejo de agua. Esta subcuenca, drena sus aguas sobre la margen derecha del río Santa y es un tributario importante que vierte sus aguas hacia la vertiente del Pacífico.

Las lagunas tienen forma elíptica, y en su salida tienen ductos y diques artificiales de seguridad construido ambos por la Corporación Peruana del Santa (Programa de Glaciología y Seguridad de Lagunas) y ELECTROPERÚ (Unidad de Construcción N° 16 – Glaciología y Seguridad de Lagunas).

En ambas lagunas, la lengua glaciar se encuentra lejos del espejo de agua, sin embargo se ha podido observar la presencia de grandes masas de hielo en condiciones de inestabilidad en la parte alta de las lagunas que determinan un alto nivel de peligrosidad. Al caer estos bloques de hielo, podrían generar avalanchas y oleajes de gran altura y originar un aluvión, que llegaría hasta la ciudad de Huaraz. Un evento sísmico de gran magnitud podría ser el detonante de un evento extraordinario; en tal sentido, es necesario un monitoreo permanente de estas lagunas y plantear obras adicionales para mejorar las medidas de seguridad existentes.

En la subcuenca del río Quillcay, afloran rocas ígneas tipo granodiorita-tonalita, distribuidas mayormente en las laderas de montaña, y en el fondo del valle sobresalen sedimentos cuaternarios compuestos por morrenas y depósitos coluvio-aluviales con baja estabilidad. Morfológicamente, se ha diferenciado tres sectores: el primero en la parte alta comprendido entre el río Cayesh y los glaciares Tullparaju y Pucaranra donde se encuentran las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha, caracterizado por ser un ambiente netamente montañoso, es segundo, comprendido entre el río Cayesh y la portada de Pitec, caracterizado por conformar un típico valle en “U” de origen glaciar con fondos plano inclinados y laderas con fuerte pendiente, y el tercero, comprendido entre la portada de Pitec y la ciudad de Huaraz, conformando laderas de montaña con fuerte pendiente y procesos geodinámicos más activos. Ante la ocurrencia de un potencial aluvión originado desde las lagunas mencionadas, este sector es el más vulnerable, por afectar principalmente a la ciudad de Huaraz y prácticamente a todo el Callejón de Huaylas.



I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

El cambio climático y el desordenado uso del territorio, incrementa la sensibilidad en los glaciares ubicados en cordilleras nevadas tropicales como la Cordillera Blanca. También el acelerado retroceso glaciar que da lugar a la formación de nuevas lagunas, genera inestabilidad en los frentes glaciares con pendientes pronunciados, ocasionando movimientos en masa que impactan sobre las lagunas, elevando el nivel de peligrosidad y poniendo en riesgo a las poblaciones e infraestructura ubicadas aguas abajo.

A lo largo de la historia, la Cordillera Blanca ha sido escenario de muchos eventos catastróficos y gran parte fueron ocasionados por el desborde de lagunas o ruptura de diques naturales compuestos por morrenas, generando aluviones con gran poder destructivo. En este contexto es importante realizar una evaluación permanente sobre el estado actual de los glaciares y las lagunas de origen glaciar como Tullparaju y Cuchillacocha, con la finalidad de identificar el nivel de peligrosidad, que permita tomar medidas de prevención para disminuir el riesgo.

El presente informe describe los resultados del reconocimiento preliminar de las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha realizado entre el 20 y 22 de Junio de 2016, mediante los cuales se determinaron los factores condicionantes y detonantes que podrían generar un aluvión con gran impacto sobre la parte baja de la subcuenca.

1.2 Antecedentes

En el año 1953, se desbordó la laguna Tullparaju a consecuencia del deslizamiento de la morrena lateral hacia la laguna (Journal of Glaciology, artículo del Dr. Lliboutry). El 8 de diciembre de 1959 nuevamente se desborda la laguna Tullparaju a consecuencia de grandes deslizamientos de los taludes interiores del dique morrénico de la laguna, produciendo oleajes con la consiguiente sobrecarga del riachuelo y erosión del cauce, no se produjo la ruptura total del dique, tampoco se reportaron víctimas pero sí daños menores en terrenos de cultivo.¹

La laguna Tullparaju representaba un peligro inminente para la ciudad de Huaraz debido al evento ocurrido el año 1941 (desembalse de la laguna Palcacocha), en el año 1942 se procede a desaguar esta laguna, bajando 18 m de altura el nivel del espejo de agua y después se construyó un túnel de descarga en el material morrénico debido a que el tajo de desagüe tenía pendientes muy pronunciados y existía el peligro de que nuevamente se tapanía.; En el año 1972, la Corporación Peruana del Santa construyó el dique artificial de 8 m. de altura, y finalmente en el año 1974, ELECTROPERU, reforzó el túnel existente.²

En el año 1942, las autoridades locales, intervinieron con trabajos en la laguna Cuchillacocha, debido a su peligro de desembalse, realizando la excavación tipo tajo abierto en la morrena terminal, para bajar el nivel de agua en 14 metros, dejando un canal abierto. Catorce años más tarde, en 1956, la Comisión de Control de Lagunas de la Cordillera Blanca instaló una

¹ Acta Montaña Ing. Marco Zapata L.-2002

² Memoria Bienal del Programa de Glaciología y Seguridad de Lagunas 1973–1974; Huaraz – Junio 1975; ELECTROPERU, UC. 16; Pag. 47 y 48;)



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

tubería de 42 pulgadas de diámetro, sobre el cual se construyó un dique de 4 metros de altura en una presa de tierra apisonada. Entre 1971 y 1974, la Corporación Peruana del Santa y Electro Perú S.A. ejecutaron la obra de seguridad en la laguna Cuchillacocha que consistió en: Corte a tajo “abierto” para bajar el nivel de agua a 5 m, construcción del conducto cubierto de 76 m de longitud y relleno de la presa de tierra de 16 m de altura.³

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos generales

- Determinar las condiciones de peligrosidad de las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha desde el punto de vista glaciológico, hídrico y geológico-geotécnico.
- Analizar las condiciones glaciológico-hidrológicas de las lagunas para ver la posibilidad de ser usadas como embalses reguladores.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar peligros de origen glaciar relacionados a la generación de avalanchas que podrían caer sobre las lagunas, originando oleajes y desborde con grandes daños a todo lo largo de la subcuenca.
- Determinar el nivel de peligrosidad de las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha en relación a la situación actual de los taludes de las morrenas laterales y las condiciones de funcionamiento de los diques de seguridad.
- Evaluar las características físicas de las morrenas ubicadas en el vaso de cada una de las lagunas.

1.3.3 Ubicación y acceso

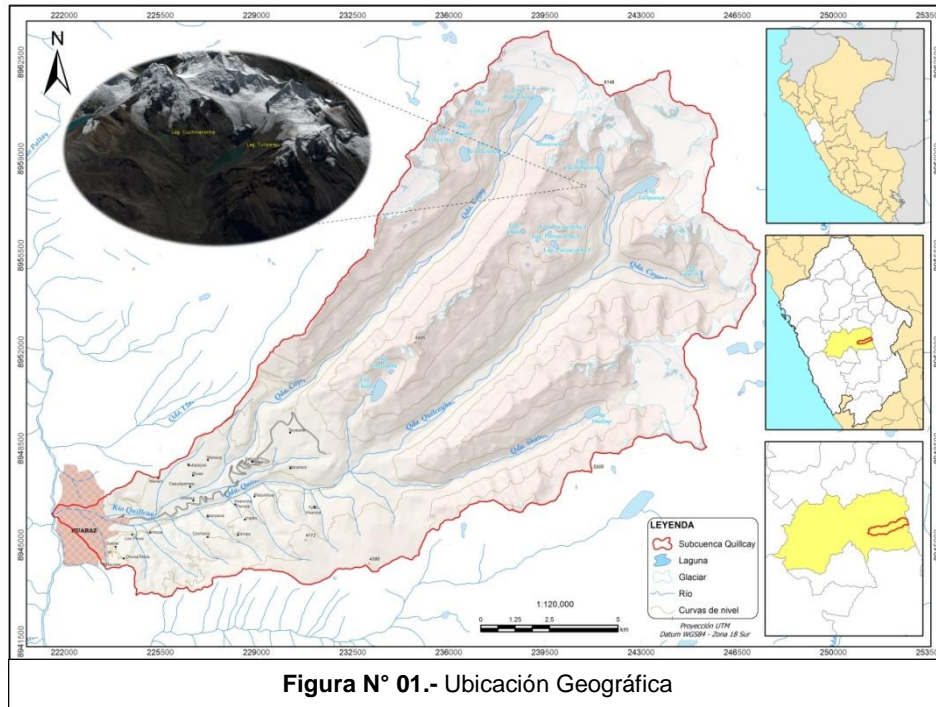
Ubicación

Las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha se ubican al pie del Nevado Tullparaju (5 436 msnm) y Pucaranra (5 415 msnm) respectivamente. Las coordenadas UTM WGS 84 son: Norte 8957937, Este 242946 (Tullparaju), y Norte 8958884, Este 241516 (Cuchillacocha). Hidrológicamente se encuentran en la vertiente del Pacífico, cuenca del río Santa y subcuenca del río Quillcay; políticamente pertenecen al distrito y provincia de Huaraz, departamento de Ancash, (ver figura N° 01).

³ Memoria Bienal del Programa de Glaciología y Seguridad de Lagunas 1973–1974; Huaraz – Junio 1975; ELECTROPERU, UC. 16; Pag. 44 y 45;)



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Acceso

Laguna Tullparaju: Desde la ciudad de Huaraz se viaja por una trocha carrozable hasta llegar a la portada de Quilcayhuanca, recorriendo 12 km, pasando por los caseríos de Unchus y LLupa durante 1,50 horas. Luego se continúa por camino de herradura a lo largo de 15 km, en la quebrada Quilcayhuanca, en un tiempo aproximado de 3,5 horas, llegando a la bifurcación (campamento temporal); desde donde se va hacia la margen derecha hasta la laguna Tullparaju recorriendo 0,5 km en 0,5 horas, (ver Cuadro N° 01).

Laguna Cuchillacocha: Desde la bifurcación (campamento temporal), se continúa hacia la margen izquierda recorriendo 2,5 km en 2 horas aproximadamente para llegar a la laguna Cuchillacocha, (ver cuadro N° 01).

Cuadro N° 01. Acceso a las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo (h)	Medio de Transporte
Huaraz – Portada de Quilcayhuanca	Trocha Carrozable	12,10	1:30	Vehículo Motorizado
Portada de Quilcayhuanca – Bifurcación (campamento temporal)	Camino de herradura	15,0	3:30	A pie
Bifurcación (campamento temporal) – laguna Tullparaju	Camino de herradura	0,50	0:50	A pie



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

Bifurcación (campamento temporal) – laguna Cuchillacocha	Camino de herradura	2,50	2:00	A pie
Distancia Total Recorrida		29,60	7:00	

II. METODOLOGÍA

La metodología para la evaluación de peligros en lagunas de origen glaciar, comprende las siguientes fases:

2.1 Fase preliminar de gabinete

2.1.1 Definición del Objetivo y Alcance del Estudio

Durante esta actividad se estableció y definió los objetivos y alcances del estudio de acuerdo a su nivel de ejecución. Entre los objetivos del presente estudio se encuentra el determinar las condiciones de peligrosidad de las lagunas desde el punto de vista glaciológico, geológico-geotécnico y aprovechamiento hídrico.

2.1.2 Elaboración del Plan de Trabajo

El Equipo Técnico, formuló los requerimientos necesarios, y el plan de trabajo, considerando las características de la zona de estudio, para ser aprobada por el área responsable.

2.1.3 Recopilación y Análisis de la Información Existente

Esta etapa consistió principalmente en la identificación, compilación y análisis de la información existente de las lagunas y obras de seguridad, estableciéndose preliminarmente el análisis de las condiciones glaciológico-hidrológicas de las lagunas y su entorno.

2.2 Fase de campo

2.2.1 Recolección de información

Esta etapa es importante y consiste en la recopilación de información que permite efectuar la caracterización física de los glaciares e identificar masas de hielo inestables con probabilidad de generar avalanchas; se efectuó el reconocimiento de la morrena frontal y morrenas laterales; asimismo se realizó la medición de caudales y velocidad de circulación, lo cual permitió calcular el caudal medio de salida de las lagunas. El trabajo de campo fue complementado con vistas fotográficas, que sustentan lo observado. El equipo técnico orientó sus actividades a la toma de datos sobre diferentes aspectos: Evaluación geológica-geodinámica y evaluación hidrológica.

2.3 Fase final

2.3.1 Sistematización, análisis y evaluación de la información de campo

En esta etapa se efectuó la evaluación de la información obtenida en el campo, previa sistematización y análisis.

Evaluación de glaciares: Se caracterizó la presencia de masas de hielo inestables en lagunas y morrenas, utilizando las fotografías tomadas en campo y la observación realizada, se hicieron composiciones que facilitaron la interpretación de las condiciones actuales.

Evaluación geológica: Se interpretó la información recolectada en campo, con información de la Carta Geológica Nacional-INGEMMET, y se describió la geología regional y local en la zona de estudio.



Evaluación geodinámica: Se analizaron las condiciones morfológicas y geodinámicas a lo largo de la subcuenca, detallando la información en el entorno de las lagunas, las morrenas y el frente glaciar, lo cual permitió estimar los niveles de peligro y el área de afectación.

Evaluación hidrológica de las lagunas: Se analizó la información existente y se tomó información de caudales en base a lo cual se evaluaron los sistemas de regulación existente.

2.3.2 Elaboración del informe

Durante esta fase, se elaboró el informe de reconocimiento que básicamente comprende la descripción geográfica, resumen de la geología y geomorfología local, breve descripción de los glaciares, lagunas, ecosistemas, aspectos hidrológicos y evaluación de peligros en la zona de interés.

III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

La subcuenca del río Quillcay, se encuentra ubicada en el Callejón de Huaylas, dentro de la cadena montañosa de la Cordillera Blanca, sistema glaciar de mayor extensión de los trópicos, ubicado en el ramal occidental de los Andes del Norte-Centro del territorio peruano, tiene pendientes muy fuertes en las zonas altas cerca a los nevados y a lo largo de las quebradas, las laderas tienen pendientes de fuertes a moderadas, sobre las cuales predominan bosques alto andinos y pajonales que sirven de alimento para la ganadería existente. En los fondos de valle las pendientes son suaves, conformando superficies plano-onduladas con pasturas altamente productivas donde se desarrolla una intensa actividad pecuaria aprovechando los pajonales y bofedales, que se distribuyen en la parte media y alta de la subcuenca.

Geográficamente la subcuenca se encuentra ubicada entre los paralelos 09°22'7,60" y 09°33'8,70" de latitud Sur y entre los meridianos 77°18'4,65" y 77°32'18,82" de longitud Oeste, cuya altitud varía entre los 3 026 msnm y 6 201 msnm, en un área total de 249,92 km².

En la cabecera de la subcuenca se encuentra el sistema glaciar Chinchey que tiene una orientación principal sur oeste; las lagunas de Tullparaju y Cuchillacochoa, se encuentra en la región natural Puna (4 000 msnm a 4 800 msnm), cuya morfología corresponde a una zona glaciar.

IV. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

4.1 Geología Regional

En la quebrada Quillcayhuanca, afloran rocas ígneas tipo granodiorita-tonalita, distribuidas mayormente en las laderas de montaña y al pie de los glaciares; en el fondo del valle sobresalen sedimentos cuaternarios compuestos por morrenas y depósitos coluvios aluviales con baja estabilidad (INGEMMET, Carta Geológica Nacional). En forma regional, estas rocas conforman el gran Batolito de la Cordillera Blanca, (ver fotografías N°s 01 y 02).

4.2 Geología local

Litológicamente, el vaso de la laguna Tullparaju tiene las siguientes características: Hacia la cabecera, se encuentra en contacto con afloramientos de roca ígnea formando un talud vertical de gran altura y hacia la cima se encuentran lenguas glaciares colgantes, desde donde caen avalanchas pequeñas hacia la laguna, que no llegan al espejo de agua por ser



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

pulverizados durante el trayecto. En este sector se observa estructuras mineralizadas que han quedado descubiertas al retirarse el frente glaciar, generando óxidos de hierro que contaminan la laguna a través de los flujos hídricos que provienen de los glaciares. La margen derecha de la laguna, está conformada por una morrena lateral con más de 40 m de altura, donde ocurren derrumbes y deslizamiento de pequeña magnitud que aportan sedimentos gruesos hacia la laguna. En la margen izquierda sobresale una morrena lateral con más de 50 m de altura y en las partes altas de esta morrena hay huellas de deslizamientos recientes con gran aporte de material hacia la laguna, habiendo formado un pequeño islote que sobresale en la laguna cerca de la cabecera, (ver fotografía N° 03). La morrena frontal, es de menor dimensión, sobre la cual se ha realizado el corte para construir el túnel y dique de seguridad. En los cortes hechos sobre esta morrena, se ha identificado depósitos de granulometría fina como limos, arcillas y gravillas a manera de lentes, que indican depósitos lacustres formados con diferente dinámica de sedimentación. Un análisis más detallado de estos depósitos podría ayudar a estimar los periodos de avance y retroceso glaciar, (ver fotografía N° 02).

En la laguna Cuchillacocha, las características geológicas son las siguientes: hacia la cabecera, la laguna se encuentra en contacto con afloramientos de roca ígnea con buena competencia, formando un talud vertical de considerable altura sobre el cual se encuentra la lengua glaciar con fuerte pendiente; desde este sector, caen avalanchas pequeñas que no llegan a impactar en la laguna por ser trituradas en el trayecto. En la margen derecha sobresale una morrena lateral con alturas superiores a los 30 m, determinando un talud con fuerte pendiente hacia la parte alta, que va disminuyendo a medida que se acerca a la laguna. En la parte alta y cerca de la cabecera, ocurren derrumbes locales que no significan mayor peligro en la laguna. La margen izquierda, está conformada por una morrena lateral con mayor altura que la anterior; la pendiente del talud es elevada favoreciendo la caída de grandes bloques de roca hacia las orillas de la laguna. La morrena frontal es de menor dimensión, sobre la cual se ha construido el dique de seguridad y el ducto de desagüe por donde drenan las aguas hacia la quebrada Quilcayhuanca, (ver fotografía N° 04).



Fotografía N° 01: Granodiorita de color claro, predominante en la cabecera de la quebrada Quilcayhuanca y hacia la cabecera de las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha; **Fotografía N° 02:** Sedimentos finos de origen lacustre en corte de la morrena frontal de la laguna Tullparaju.



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Fotografía N° 03: Características geológicas de las morrenas laterales en la laguna Tullparaju, se observa deslizamiento reciente cerca de la cabecera; **Fotografía N° 04:** Características geológicas de las morrenas laterales en la laguna Cuchillacocha.

4.3 Geomorfología regional

Morfológicamente, en la subcuenca del río Quillcay se ha diferenciado tres sectores: el primero en la parte alta comprendido entre la bifurcación del río Cayesh y los glaciares Tullparaju y Pucaranra, abarcando las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha y caracterizado por ser un ambiente netamente montañoso; el segundo sector, comprendido entre la confluencia del río Cayesh y la portada de Pitec, caracterizado por conformar un típico valle en “U” de origen glaciar con fondos plano inclinados y laderas con fuerte pendiente, erosionadas sobre rocas ígneas de gran resistencia. En este sector se distribuyen amplios bofedales, pajonales y bosques relictos con moderados procesos geodinámicos, siendo el sector con mayor intervención antrópica por la actividad pecuaria, (ver fotografías N°s 05 y 06); y el tercer sector comprendido entre la portada de Pitec y la ciudad de Huaraz, conformando laderas de montaña con fuerte pendiente con procesos geodinámicos más activos y mayor ocupación antrópica por actividad agrícola y densa ocupación urbana. La ocurrencia de un potencial aluvión originado desde las lagunas antes mencionadas, este sector es el más vulnerable, por afectar principalmente a la ciudad de Huaraz y a todo el Callejón de Huaylas.



Fotografía N° 05: Quebrada Quilcayhuanca, conformando un típico valle en “U” de origen glaciar; el fondo es plano inclinado con amplias zonas de bofedales y pajonales, las laderas están compuestas por rocas ígneas con taludes casi verticales. **Fotografía N° 06:** Procesos de origen gravitacional a lo largo de la quebrada Quilcayhuanca, determinando conos coluviales y coluvio aluviales sobre laderas con fuerte pendiente.

4.4 Geomorfología local



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

En este capítulo se describe el primer sector del párrafo anterior, detallando las principales características de las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha. Estas lagunas se han formado por retroceso de los frentes glaciares, conforman vasos mixtos, con afloramientos de roca intrusiva hacia la parte posterior y amplias morrenas laterales con cierta inestabilidad en los flacos; sobre la morrena frontal de ambas lagunas, se han construido las obras de seguridad.

Localmente, las lagunas se han formado con diferentes niveles de evolución geomorfológica; en la laguna Tullparaju se observa una secuencia geológica, habiéndose configurado primero la morrena frontal, en diferentes periodos de sedimentación, tiene pendientes moderadas y sobre el talud existen depósitos de sedimentos finos de origen lacustre a manera de lentes con limos, arcillas y gravillas, que indican que la laguna ha evolucionado con dinámica de sedimentación muy activa y luego periodos de calma; seguidamente se ha formado la morrena lateral derecha, con pendientes pronunciadas y granulometría más gruesa debido al aporte de coluvios con gran volumen procedente de las partes altas, donde las rocas se erosionan rápidamente por intemperismo, esta morrena tiene sectores con mayor dinámica erosional y otros con cierta estabilidad, sobresaliendo hacia la parte posterior de la laguna derrumbes activos y torrentes en contacto con rocas que aportan gran cantidad de óxidos de hierro hacia la laguna; finalmente se ha configurado la morrena lateral izquierda, con procesos activos y elevada pendiente, donde se observa un reciente retroceso glaciar, determinando morrenas heterogéneas muy inestables por la presencia de flujos hídricos desde la base de los glaciares que saturan las partes altas y generan movimientos en masa con derrumbes y asentamientos sobre la laguna. En esta margen, sobre el sector superior de la laguna, ha ocurrido recientemente un asentamiento de gran volumen aportando material sobre la laguna y modificando su morfología original, (ver fotografías N°s 07, 08 y 09).

En la laguna Cuchillacocha, la evolución geomorfológica es diferente, la morrena frontal de corta dimensión se ha formado primero por tener un elevado proceso erosivo, y luego en forma paralela se han formado las dos morrenas laterales; ambas tienen características similares con taludes con fuerte pendiente entre 40° y 60°, donde los procesos erosivos como derrumbes y caída de bloques ocurren mayormente en las partes altas, debido a que cerca a la orilla las pendientes son menores y amortiguan la caída de sedimentos.

En ambas lagunas los procesos geodinámicos son de origen glaciar e hídrico-gravitacional, siendo los de mayor peligro las avalanchas con desplomes de masas de hielo y los asentamientos en masa desde las morrenas hacia las lagunas con potencial desborde que podría originar aluvión sobre la quebrada Quilcayhuanca, (ver fotografía N° 10).



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Fotografía N° 07: Derrumbes locales sobre la morrena lateral derecha cerca del dique de la laguna Tullparaju, proceso que se reactiva por efecto de las lluvias y la fuerte pendiente del talud. **Fotografía N° 08:** Erosión hídrica superficial con potencial deslizamiento sobre la laguna Tullparaju, identificado en la morrena lateral izquierda, cerca de la cabecera.



Fotografía N° 09: Zona de asentamiento en la parte final de la morrena lateral izquierda, cerca del dique en la laguna Tullparaju. **Fotografía N° 10:** Vista panorámica de la laguna Cuchillacocha, observando la parte posterior y las morrenas laterales con moderada estabilidad.

V. GLACIARES

Los glaciares Tullparaju y Pucaranra, forman parte del sistema Chinchey, el cual cuenta con una superficie de 91,53 km², que representa un 17,35% del total de la cobertura glaciar de la Cordillera Blanca, cuenta con picos y altitud máxima de 6290 msnm, promedio de 5436 msnm y mínima de 4536 msnm. (ANA, 2014), (ver figura N° 02).

El sistema Chinchey es el segundo que cuenta con mayor cantidad de glaciares ≥ 1 km² (ANA, 2014), lo que es de consideración según se evalúe desde el punto de vista de riesgo, dado que al incremento de las temperaturas y el retroceso glaciar expondrán de forma más constante a las masas de hielo.



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

MAPA DE UBICACION DE LOS GLACIARES TULLPARAJU Y PUCARANRA

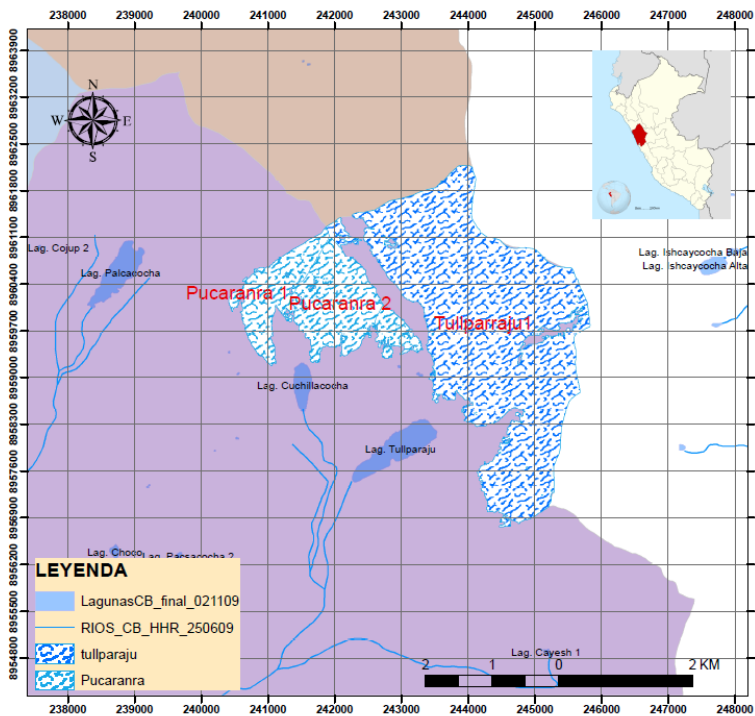


Figura N° 02:
Lagunas
Tullparaju y
Cuchillacochoa

INAIGEM		MU
		1
GLACIAR TULLPARAJU Y PUCARANRA		
ELABORADO POR:	Ing. L. Dávila Roller.	
EN COLABORACION DE:	Ing. A. Santiago Martel.	
REVISADO POR:	Ing. Cesar Portocarrero.	
FECHA REVISION:		

a. GLACIAR PUCARANRA

Este glaciar cuenta con tres bloques de cobertura glaciar denominadas Pucaranra 1, Pucaranra 2 y 1376969-1, que en total tienen una superficie de 2,83 km² y su lengua glaciar se desplaza hacia la laguna Cuchillacochoa en la quebrada Quilcayhuanca, subcuenca del río Quillcay.

b. GLACIAR TULLPARAJU

Este glaciar cuenta con una superficie glaciar de 8,75 km², su lengua glaciar ha dado origen a la laguna Tullparaju, en la quebrada Quilcayhuanca, Subcuenca del río Quillcay.

VI. LAGUNAS

Descripción general de lagunas

a. Laguna Tullparaju.- Morfológicamente, la laguna Tullparaju tiene forma elíptica y se ha formado por acción glaciar y control estructural, en una depresión natural cerrada por rocas y depósitos morrénicos de considerable altura, está conformada por dos morrenas laterales inestables y una morrena frontal de menor altura que ha sido erosionada, permitiendo el desagüe natural de la laguna a medida que la lengua glaciar retrocedía. En esta morrena, se ha construido un túnel de drenaje para desaguar las aguas provenientes del deshielo de la lengua glaciar, sobre el cual existe un dique de seguridad de 8 m de altura para controlar el oleaje que podría originar la caída de avalanchas. Actualmente, la lengua glaciar se encuentra lejos del espejo de agua, sin embargo, en la parte posterior de la laguna, hacia las partes altas existen masas de hielo inestables, donde ocurren pequeñas avalanchas en forma permanente; al



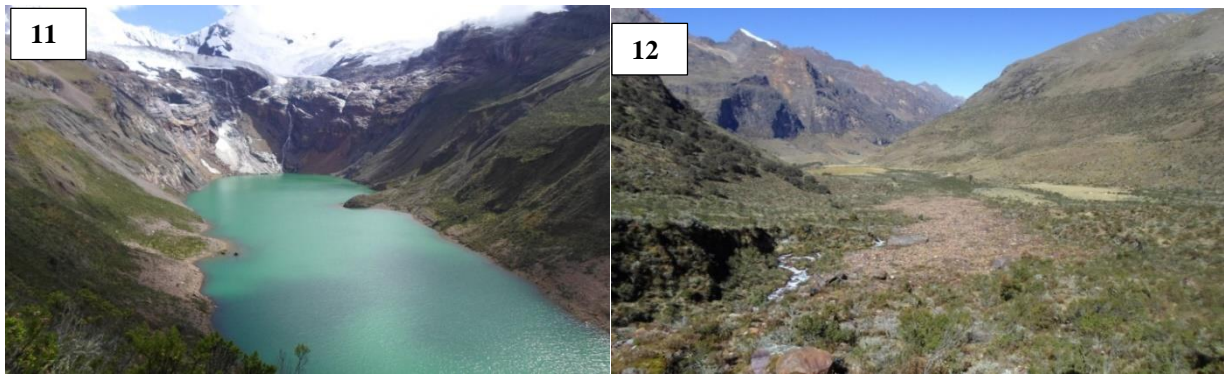
“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

incrementarse este proceso podría originar oleajes de gran magnitud poniendo en peligro la estabilidad de las obras de seguridad existentes.

Esta laguna se encuentra en la cabecera en la quebrada Quillcayhuanca, sobre un tributario menor, conformando un valle de origen glaciar con pendiente fuerte cerca de la laguna y moderada en la planicie, (ver fotografía N° 12); la laguna recibe el aporte hídrico de las lluvias y del glaciar Tullparaju que tiene una altitud de 5 436 msnm.

Según datos de la Batimetría 2005, realizada por la UGRH, las dimensiones de esta laguna son las siguientes: nivel del espejo de agua 4 350 msnm; longitud máxima 1 439 m; ancho máximo 428 m; profundidad máxima 65,9 m, superficie de 448 451 m² y volumen, 12 292 105 m³.

El vaso de la laguna limita con afloramientos rocosos hacia la parte posterior y dos morrenas laterales; siendo la más larga, la ubicada en la margen izquierda, (ver fotografía N° 11 y figura N° 03).



Fotografía N° 11: Vista panorámica, de la laguna Tullparaju, observando las morrenas laterales con bajo nivel de estabilidad. **Fotografía N° 12:** Cabecera de la quebrada Quillcayhuanca, con fuerte pendiente en la parte inicial y moderada hacia la planicie.

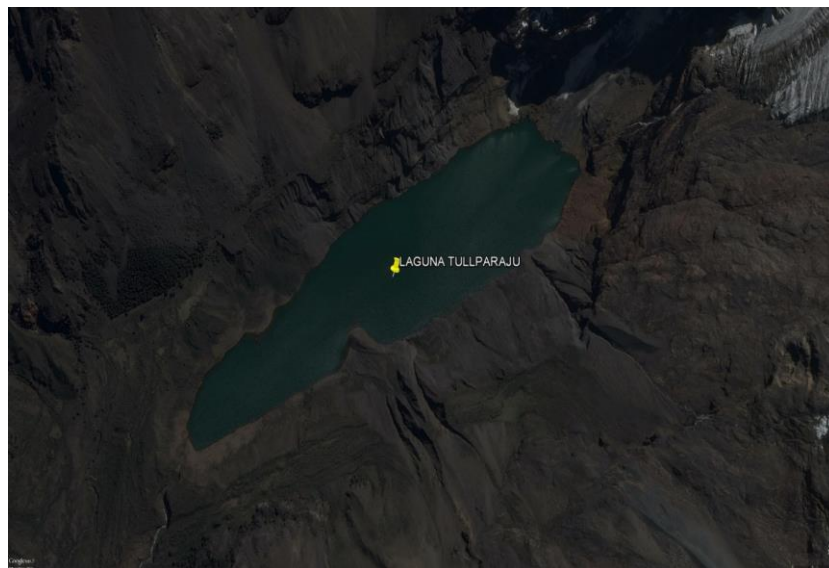


Figura N° 03.- Vista principal de la laguna Tullparaju, cubeta de origen glaciar y desarrollo de morrenas laterales y frontal, durante el proceso de retroceso glaciar (Imagen Google Earth - 2016).



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

Entre los años 1942 y 1974, la Corporación Peruana del Santa y ELECTROPERU, construyeron la obra de seguridad, (ver fotografías N°s 13-18), con las siguientes características: un ducto con muros de encauzamiento en la entrada; túnel de descarga de 205 m de longitud y sección de forma de herraje de 1,48 m de altura y 1,56 m de ancho; la estructura de salida constituido por aletas y losa; presa de tierra y enrocado - emboquillado de 8 m de altura, y corona de 14 m de longitud con 6 m de ancho. Esta laguna desagua a través del túnel de descarga.



Fotografía N° 13.- Vista panorámica del dique de seguridad.



Fotografía N° 14.- Vista de la corona de la presa.



Fotografía N° 15.- Vista del talud aguas arriba o cara interior de dique.



Fotografía N° 16.- Vista del talud aguas abajo o cara exterior de dique



Fotografía N° 17.- Vista de los muros de encauzamiento en la entrada del túnel de descarga



Fotografía N° 18.- Se muestra la salida del túnel de descarga con su respectiva estructura de salida (Aletas y losa).



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

b. Laguna Cuchillacocha.- Esta laguna, similar a la anterior, se ha formado por acción erosiva del glaciar y control estructural, estando cerrado por depósitos morrénicos de considerable altura: dos morrenas laterales inestables y una morrena frontal de menor altura donde se han construido las obras de seguridad. La laguna cuenta con un ducto de desagüe, sobre el cual existe un dique de seguridad de 16 m de altura que permite retener posibles oleajes originados por avalanchas en el frente glaciar. Hacia la cabecera de la laguna, se observa que las lenguas glaciares se encuentran alejadas del espejo de agua, sin embargo en las partes altas, existen frentes de glaciares colgantes que al desplomarse, podrían originar avalanchas y oleajes sobre la laguna.

La laguna Cuchillacocha es de forma elíptica y es el inicio de la quebrada Quillcayhuanca, determinando un valle de origen glaciar con fuerte pendiente en la parte inferior de la laguna y algo moderada al aproximarse a la planicie (bifurcación hacia la laguna Tullparaju). Esta laguna recibe el aporte hídrico del glaciar Pucaranra que tiene una altitud de 5 415 msnm y el aporte periódico de las lluvias. De acuerdo a la Batimetría 2005, realizada por la UGRH, las dimensiones de esta laguna son las siguientes: nivel del espejo de agua, 4 650 msnm; longitud máxima, 732 m; ancho máximo, 272 m; profundidad máxima, 27,3 m, superficie, 145 732 m² y volumen, 2 138 936 m³.

El vaso de la laguna limita con afloramientos rocosos hacia la cabecera y dos morrenas laterales, siendo la más larga la ubicada sobre la margen derecha, (ver figura N° 04).

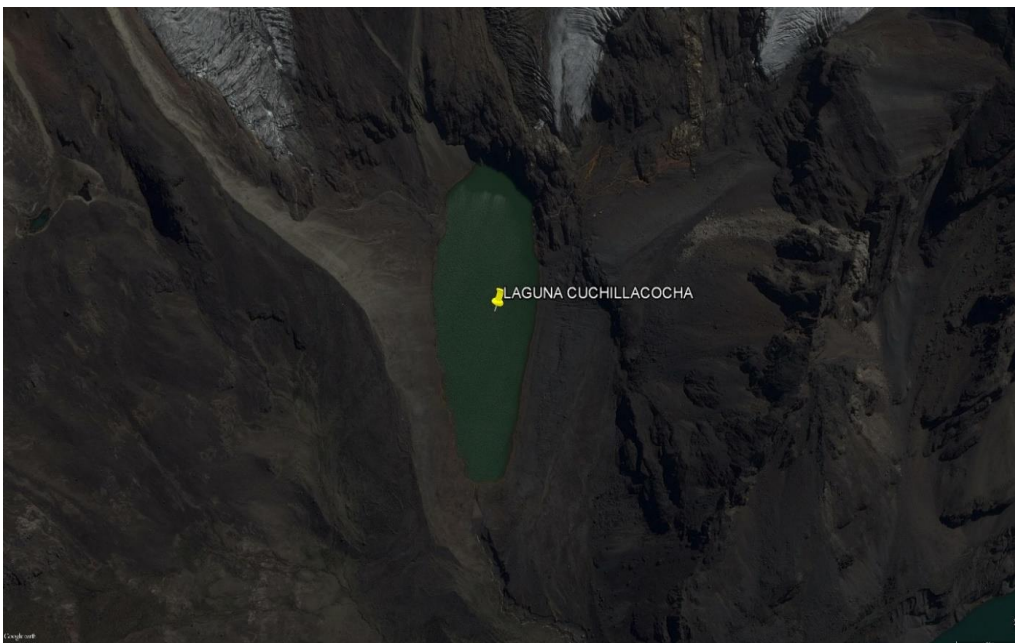


Figura N° 04.- Vista principal de la laguna Cuchillacocha, formada por erosión glaciar durante el retroceso de la lengua glaciar y desarrollo de morrenas laterales y frontal, (Imaen Google Earth - 2016).



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

En esta laguna, la Corporación Peruana del Santa y ELECTROPERU entre los años 1971 y 1974 construyeron el dique de seguridad, (ver fotografías N°s 19 - 24), con las siguientes características: Canal de entrada de mampostería de 37,70 m de largo, conducto cubierto de 76 m de longitud y 60” de diámetro (concreto armado y TMC) y canal de salida y rápida de mampostería de piedra de 19,70 m de longitud; presa de tierra y enrocado - emboquillado de 16 m de altura, y corona de 24 m de longitud con 7 m de ancho. Esta laguna desagua continuamente a través del ducto de drenaje.



Fotografía N° 19.- Vista panorámica del dique de seguridad.



Fotografía N° 20.- Vista de la corona de la presa.



Fotografía N° 21.- Vista del talud aguas abajo o cara exterior de dique.



Fotografía N° 22.- Canal de entrada hacia el conducto cubierto.



Fotografía N° 23.- Vista del canal de salida.



Fotografía N° 24.- Vista del Conducto de TMC de 60” de diámetro.



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

VII. ECOSISTEMAS

En la quebrada Quillcayhuanca, se observa diferentes tipos de ecosistemas que aportan importantes servicios ambientales, enfocados desde el punto de vista social, productivo, económico y ambiental; se puede mencionar los más importantes como los nevados, lagunas, pajonales, bofedales, bosques altoandinos y matorrales, (ver fotografía N° 25).



Fotografía N° 25.- Vista panorámica en la parte central de la quebrada Quillcayhuanca, resaltando importantes ecosistemas como bosques altoandinos y bofedales, que deben ser protegidos y manejados adecuadamente.

Los ecosistemas que guardan relación directa con la identificación de peligros y evaluación del potencial hídrico son los glaciares y las lagunas, sin embargo los bofedales, los pajonales y los bosques relictos son importantes por el gran potencial hídrico que representan y como hábitats de un sinnúmero de especies de flora y fauna que representan una gran biodiversidad. A lo largo de la quebrada, se ha podido observar la presencia de metales pesados y gran cantidad de óxidos de fierro provenientes de estructuras mineralizadas que van quedando descubiertas a medida que los frentes glaciares retroceden. El agua proveniente de las partes altas de las montañas, arrastra gran cantidad de estos elementos, contaminando los cursos de agua por incremento de acidez en el fondo de las quebradas; este proceso genera un impacto negativo sobre las diferentes especies de flora y fauna, convirtiéndose en un gran problema para los habitantes del lugar que utilizan estos espacios con actividad pecuaria, principalmente, (ver fotografía N° 26).



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Fotografía N° 26.- Vista panorámica de la quebrada Quillcayhuanca, donde se muestra el contenido de óxidos de hierro que contaminan el agua y los pastos

En la subcuenca del río Quillcay, durante los trabajos de campo se ha observado que los glaciares representan dos importantes variables ambientales: uno por constituir importantes fuentes de agua almacenada en grandes masas de hielo que en forma permanente aportan a los torrentes y quebradas que sirven para garantizar las diferentes actividades que se desarrollan en la parte baja, y otro aspecto importante es la evaluación de la gestión del riesgo; mediante la cual se ha identificado masas de hielo inestables en los frentes glaciares, que podrían generar avalanchas sobre las lagunas, originando aluviones con grandes daños en la parte baja de la subcuenca.

De igual manera, las lagunas de origen glaciar, constituyen reservorios naturales, almacenando importantes volúmenes de agua que pueden ser regulados y utilizados en forma sostenible para diferentes fines. Sin embargo, estas cubetas naturales, también representan un peligro potencial, si las dimensiones actuales de las lagunas se incrementa. Es necesario realizar un monitoreo y vigilancia permanente del retroceso glaciar y el mayor porte hídrico hacia las lagunas, con la finalidad de prevenir eventos extraordinarios que podrían afectar a las población ubicadas en la parte baja de la subcuenca.

VIII. HIDROLOGÍA

La subcuenca del río Quillcay es tributaria de la cuenca del río Santa por su margen derecha, tiene una superficie de 249,92 km² y en la parte alta se encuentran las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha, que reciben el aporte hídrico directo de los glaciares Tullparaju y Pucaranra respectivamente, dando inicio a la quebrada Quillcayhuanca.



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

Entre los meses de febrero a abril del presente año, la temperatura mínima en la quebrada fue de - 2,50 °C, temperatura máxima 19,4°C; humedad relativa Mínima de 47% y Humedad relativa máxima 100%.⁴

Para estimar caudales, se realizó una campaña de aforos en la quebrada Quilcayhuanca, (ver fotografía N° 27 y cuadro N° 02), determinando que el aporte hídrico de los diferentes tributarios a lo largo de la quebrada son importantes, porque incrementa aproximadamente al doble el caudal que viene de los glaciares de Tullparaju, Pucaranra y Cayesh.

Cuadro N° 02: Aforo de Caudales - Quebrada Quilcayhuanca

N°	Descripción	Caudal (m3/s)
01	Río Cuchillacocha	0,24
04	Río Tullparaju	0,81
05	Río Cuchillacocha + Río Tullparaju	1,05
06	Río Cuchillacocha + Río Tullparaju, antes de quebrada Cayesh	0,83*
07	Río Cayesh	0,27
08	Río Cuchillacocha + Río Tullparaju, después de quebrada Cayesh	1,10
09	Portada Quilcayhuanca	2,20

* El caudal disminuye debido a la existencia de un bofedal.



Fotografía N° 27: Medición de caudales usando correntómetro en la quebrada Quilcayhuanca.

⁴ INAIGEM - Boletín Hidrometeorológico Año I N° 1 y 2

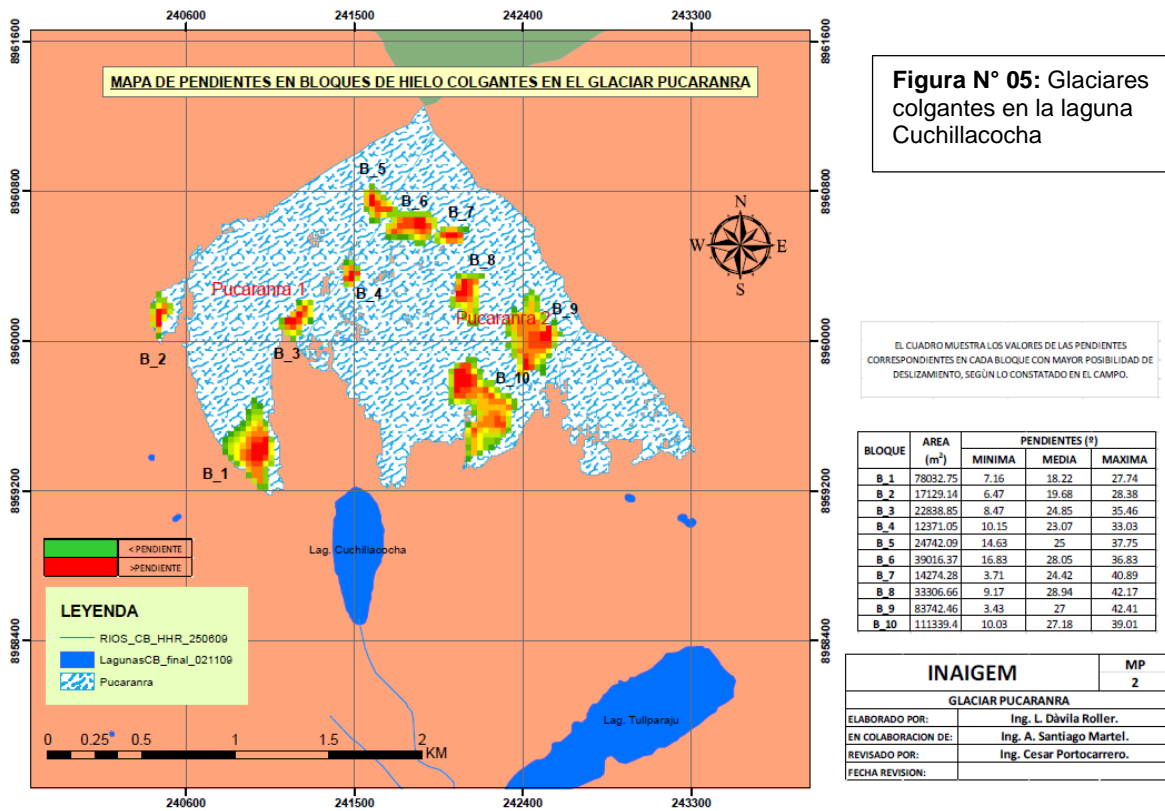


“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

IX. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

9.1 Condiciones de peligrosidad en glaciares

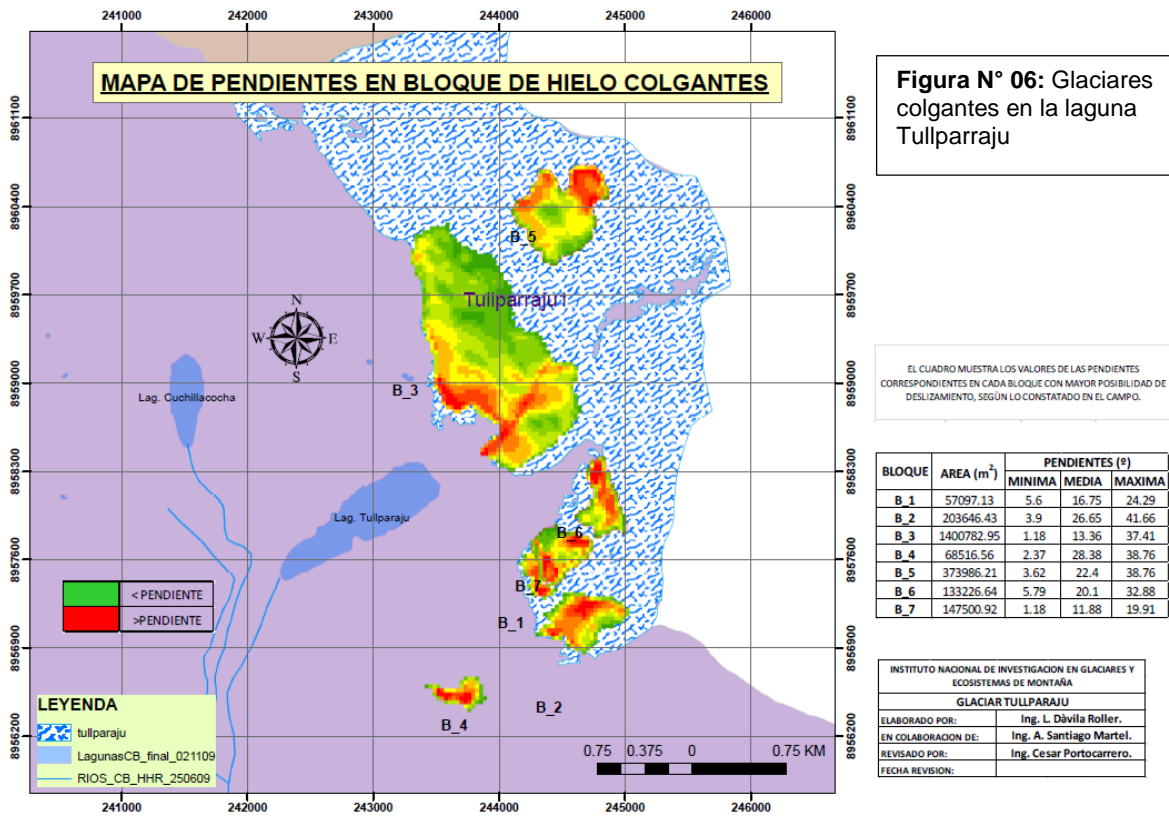
Se han identificado 10 glaciares colgantes que podrían desprenderse y generar oleajes que sobre pasen el dique de seguridad existente con posterior desborde de las aguas de la laguna.





“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

En la laguna Tullparaju, se han identificado 7 glaciares colgantes con mayor probabilidad de desprendimiento con posibilidad de generar oleajes que sobre pasen el dique de la obra de seguridad.



9.2 Condiciones de Peligrosidad en Lagunas

1. Laguna Tullparaju

Las condiciones de peligrosidad en la laguna Tullparaju se estima como moderada a baja, lo cual se puede explicar desde dos aspectos: En primer lugar la presencia de considerable masas de glaciares colgantes ubicadas en forma peligrosa en la parte alta de la laguna, desde donde podrían caerse, generando oleajes que podría desbordarse y originar un aluvión, (ver fotografía N° 28); y en segundo lugar, la existencia de un dique de seguridad en buenas condiciones de funcionamiento, que contendría la fuerza de empuje e impediría que sobrepasen las olas que se generarían por la caída de avalanchas. También es importante considerar el bajo nivel de estabilidad de las morrenas laterales, desde donde se originan pequeños derrumbes y deslizamiento que impactan sobre la laguna.



Fotografía N° 28: Zonas de posibles desprendimientos de masas de hielo ubicados en la parte alta de la laguna.

a. Condiciones Naturales:

Las condiciones geológicas y geomorfológicas en la quebrada Quilcayhuanca, determinan una moderada estabilidad ante la ocurrencia de un aluvión; la baja pendiente y amplitud en el fondo del valle, puede disipar parcialmente la dinámica del flujo, sin embargo el sector entre la portada de Pitec y la ciudad de Huaraz tiene condiciones diferentes, donde la fuerte pendiente y la ocupación del cauce principal de la quebrada, significan un alto peligro para la población asentada y la misma ciudad de Huaraz. En la parte alta la laguna Tullparaju se encuentra protegida por la obra de seguridad, sin embargo el acelerado retroceso glaciar, está dejando algunos frentes inestables que podrían caer sobre la laguna y generar oleajes de gran altura, asimismo las morrenas laterales tienen gran dinámica superficial, con derrumbes y asentamientos continuos sobre laderas con fuerte pendiente. Estos procesos pueden acelerarse frente a un sismo de gran magnitud, desplazando material hacia la laguna que subiría su espejo de agua en forma rápida; esta condición también eleva el nivel de peligrosidad de la laguna ante un desborde que podría llegar a afectar en forma considerable a la ciudad de Huaraz, (ver figura N° 07).



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en
Glaciares y Ecosistemas de Montaña

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

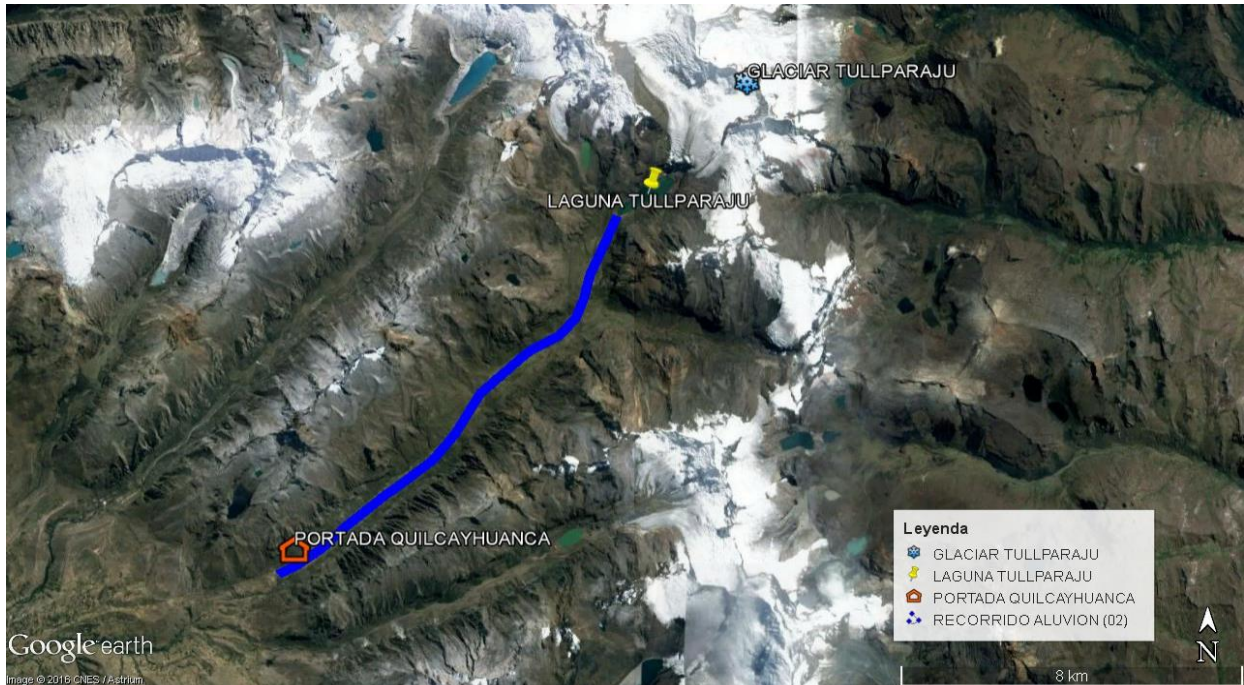


Figura N° 07: Recorrido de un posible aluvión a lo largo de la quebrada Quilcayhuanca

Cabecera de la Laguna.- Esta laguna ha alcanzado su máximo desarrollo, hacia la cabecera se encuentra en contacto con afloramientos rocosos de buena competencia, formando taludes casi verticales, en la parte central y sobre la laguna se encuentra la lengua glaciar reconstituida que está alejada del espejo de agua y no significado mayor peligro, (ver fotografía N° 29).

Hacia el fondo de la laguna, margen derecha e izquierda, en contacto entre la roca y la morrena se observan procesos geodinámicos bastante activos, manifestándose con pequeños derrumbes y deslizamientos favorecidos por la presencia de agua proveniente de los glaciares. El nivel de peligrosidad es bajo por ser torrentes con poco volumen, (ver fotografía N° 30).



Fotografía N° 29: Vista de la cabecera de la laguna, donde se muestra que la lengua glaciar no está en contacto con el espejo de agua.



Fotografía N° 30: Morrenas laterales cerca de la cabecera de la laguna, con procesos geodinámicos activos, debido a la saturación del material por la presencia de torrentes al pie de los glaciares, lo cual favorece la ocurrencia de deslizamiento.



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

Margen Derecha del Vaso.- La morrena lateral derecha, tiene una altura aproximada de 40 a 50 m, conformado por material inconsolidado de moderada a baja estabilidad, en parte protegido por matorrales de baja densidad. Tiene pendiente promedio de 40° a 45° y los procesos geodinámicos son bastante activos con derrumbes pequeños y asentamiento en forma local, que llegan hasta la laguna, (ver fotografía N° 31).

Margen Izquierda del Vaso: La morrena lateral izquierda, es más alta que la anterior, alcanzando los 60 y 70 m, sobre el espejo de agua, siendo los taludes más inestables hacia la cabecera, con pendiente superior a los 45°. En este sector hay huellas de un deslizamiento reciente que aportó gran cantidad de material hacia la laguna, cuyo proceso puede incrementarse debido a que en las partes altas el material se encuentra saturado con filtraciones procedentes desde la lengua glaciar, (ver fotografía N° 32).



Fotografía N° 31: Morrena lateral derecha con erosión diferencial, donde sobresale el talud con fuerte pendiente. En la parte central se nota mayor estabilidad por la presencia de matorrales y cerca del dique hay derrumbes y asentamientos recientes



Fotografía N° 32: Morrena lateral izquierda, con zonas inestables y gran cantidad de material sobre la laguna, la cobertura vegetal es rala sobre laderas con fuerte pendiente.

b. Obras de Seguridad:

Sobre la morrena frontal se ha construido un túnel de descarga de sección de herradura de 1,48 m de altura y 1,56 m de ancho; sobre el cual existe un dique artificial compuesto por una presa de tierra con enrocado – emboquillado con mortero cemento – arena; la corona de la presa tiene una longitud de 14 m, 6 m de ancho y 8 m de altura. El dique artificial determina un borde libre que puede contener cualquier oleaje originado por avalanchas, (ver fotografías N°s 33 y 34).

La evaluación del nivel de peligro potencial en relación a las obras, se puede explicar en base a dos factores detonantes: Uno, el desborde de la laguna con gran volumen de agua originado por una avalancha desde el frente glaciar o derrumbes y asentamientos de los taludes laterales, y otro, debido a la falla estructural de la presa, por la ocurrencia de un evento sísmico de gran magnitud. Ambos eventos causarían daños en la parte baja de la subcuenca y en la ciudad de Huaraz.



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Fotografía N° 33:- Condiciones actuales del dique artificial en la laguna Tullparaju. **Fotografía N° 34:** Vista de la entrada del túnel de descarga.

2. Laguna Cuchillacocha

El nivel de peligro que representa esta laguna se estima entre medio a bajo, que se puede explicar teniendo en cuenta dos importantes factores: el primero en relación a la presencia de grandes masas de hielo colgantes ubicadas en la parte alta de la laguna, desde donde podrían caerse, generando oleajes y desborde de la laguna, (ver fotografía N° 35); y el segundo, en relación al dique de seguridad que se encuentra en buenas condiciones como para soportar la fuerza del empuje hidráulico, impidiendo el desborde de la laguna.



Fotografía N° 35: Laguna Cuchillacocha y dique de seguridad, resaltando las zonas de posible desprendimiento de masas glaciares y morrenas sobre la laguna.



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

a. Condiciones Naturales:

Las características morfológicas de la laguna y las condiciones de inestabilidad de las morrenas laterales, aumenta el nivel de peligro de esta laguna. La ocurrencia de una avalancha de gran magnitud, podría generar oleajes, que sobrepasen el dique de seguridad; también la fuerte pendiente existente aguas abajo del ducto de drenaje, mejora las condiciones de ocurrencia de un aluvión sobre la quebrada Quilcayhuanca, llegando hasta la ciudad de Huaraz, (ver figura N° 08).

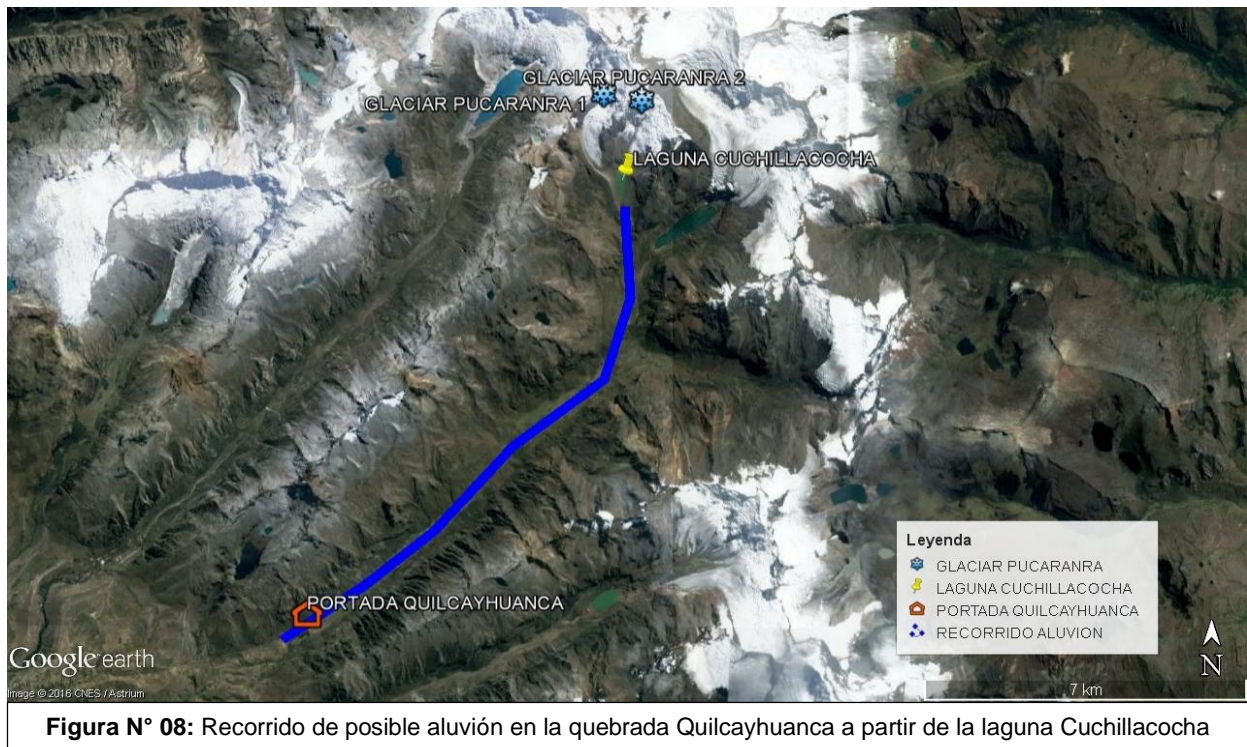


Figura N° 08: Recorrido de posible aluvión en la quebrada Quilcayhuanca a partir de la laguna Cuchillacocha

Cabecera de la Laguna.- En este sector, el glaciar se encuentra alejado del espejo de agua, dejando ver afloramientos de roca con buena competencia, formando taludes con fuerte pendiente. Hacia las partes altas se observa el frente glaciar con corte vertical y muy fracturado, con masas de hielo colgantes, desde donde caen avalanchas pequeñas en forma continua que no llegan a la laguna, al ser pulverizadas en el trayecto, formando una lengua glaciar reconstituida que no significa mayor peligro para la laguna. Sobre la margen derecha de la laguna, en la zona de contacto entre la roca y la morrena, se observan procesos geodinámicos bastante activos, con derrumbes y deslizamientos locales, favorecidos por torrentes y filtraciones que bajan de los glaciares. El nivel de peligro es bajo por ser torrentes con poco volumen de agua, (ver fotografía N° 36).



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”



Fotografía N° 36: Vista panorámica de la cabecera de la laguna, observando sectores con caída de avalanchas y flujos hídricos que originan derrumbes y deslizamientos locales hacia la laguna. Los peligros son moderados por la baja magnitud de los eventos.

Margen Derecha del Vaso.- La margen derecha de la laguna está conformada por material morrénico con alturas de 30 m sobre el espejo de agua; el talud tiene baja estabilidad y fuerte pendiente hacia las partes altas (40° a 60°), la cual va disminuyendo a medida que se acerca a la laguna. Esta morrena se encuentra bastante erosionada con derrumbes y asentamientos locales que aportan material grueso hacia las orillas de la laguna, (ver fotografía N° 37).

Margen Izquierda del Vaso.- La margen izquierda conforma una morrena de más de 30 m de altura, con pendientes menores que la anterior, y mejores condiciones de estabilidad, sin embargo la presencia de bloques de roca suelta en las laderas representan peligros que pueden incrementarse por lluvias y ocurrencia de sismos de gran magnitud, (ver fotografía N° 38).



37

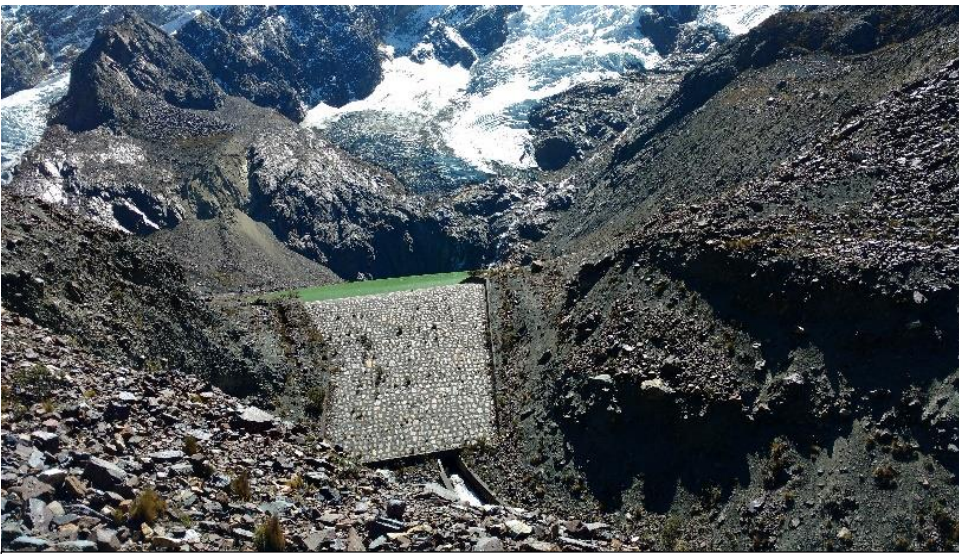


38

Fotografía N° 37: Talud de la morrena lateral derecha, con baja estabilidad por la presencia de derrumbes y deslizamientos locales. **Fotografía N° 38:** Morrena lateral izquierda, con bloques de roca suelta en las partes altas del talud.

**b. Obras de Seguridad:**

Sobre la morrena frontal de la laguna, se ha construido un dique artificial compuesto por una presa de tierra con enrocado – emboquillado con mortero cemento – arena, cuyas dimensiones son: Corona de 24 m de longitud, 7 m de ancho y 17 m de altura. En la parte inferior del dique se ha construido un ducto de desagüe de 60” de diámetro, por donde desagua el aporte hídrico que proviene del frente glaciar, (ver fotografía N° 39). El análisis de peligros potenciales en esta laguna, guarda relación directa con la presencia de oleajes de gran altura que podría desbordar la laguna a causa de una avalancha de gran volumen, y/o por la falla estructural de la presa de tierra, debido a la ocurrencia de un evento sísmico de gran magnitud.



Fotografía N° 39: Vista panorámica de las obras de seguridad en la laguna Cuchillacocha (dique artificial y ducto de desagüe).

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**10.1 Conclusiones**

- Las condiciones de peligrosidad en las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha, se estiman de moderado a alto y se encuentran en relación directa con la presencia de masas glaciares colgantes de considerable dimensión ubicada en la parte alta de la laguna, desde donde podrían caer grandes avalanchas generando oleajes que sobrepasen el dique construido originando un aluvión de gran magnitud que podría afectar la ciudad de Huaraz, y otro aspecto a contemplar en la baja capacidad del túnel y dique de seguridad existente para soportar oleajes de gran altura por haber sido diseñados en un escenario diferente al actual.
- Los factores detonantes para la ocurrencia de un aluvión por desborde de las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha son la ocurrencia de un sismo de gran magnitud que podría originar avalanchas desplazando grandes masa de hielo sobre la laguna y también la falla estructural de las obras de seguridad cuya capacidad de soporte actualmente son insuficientes, porque las lagunas han incrementado su volumen en varias veces desde que se construyeron las obras.



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la consolidación del Mar de Grau”

- La evaluación de las características físicas del vaso en las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha, determinan de moderada a baja estabilidad geodinámica, debido a la presencia de morrenas laterales con taludes con fuerte pendiente y presencia de procesos geodinámicos locales que pueden incrementarse con las lluvias y eventos sísmicos de gran magnitud.
- En la morrena lateral izquierda de la laguna Tullparaju se ha observado alta inestabilidad cerca de la cabecera, donde hay huellas de un deslizamiento reciente que ha aportado gran cantidad de material hacia la laguna. De seguir este proceso, podría elevar violentamente el espejo de agua, poniendo en peligro la estabilidad de las obras de seguridad.

10.2 Recomendaciones

- Actualizar la batimetría en las lagunas Tullparaju y Cuchillacocha, con la finalidad de evaluar el volumen de agua que podría desbordarse ante una avalancha de gran magnitud.
- Evaluar y monitorear en forma permanente la situación de los glaciares colgantes en la parte alta de la laguna Tullparaju, con la finalidad de prevenir avalanchas de gran volumen sobre la laguna, que podría generar desastres a lo largo de la quebrada Quilcayhuanca.
- Realizar levantamiento topográfico y evaluación geotécnica en las morrenas laterales de la laguna Tullparaju, con la finalidad de monitorear posibles deslizamientos sobre la laguna.
- Diseñar y proponer un proyecto de reforzamiento, para mejorar las condiciones actuales de las obras de seguridad en la laguna Tullparaju y proponer medidas de mitigación, estimando los niveles de riesgo en la subcuenca Quillcay.
- Evaluar y monitorear en forma permanente la situación de los glaciares colgantes en la parte alta de la laguna Cuchillacocha, que permitan prevenir avalanchas de gran volumen sobre la laguna, que podrían generar oleajes y originar desbordes.
- Realizar levantamiento topográfico y evaluación geotécnica en las morrenas laterales de la laguna Cuchillacocha, para estimar volúmenes de material inconsolidados que podría caer sobre la laguna Cuchillacocha.
- Entregar formalmente el presente informe a los Gobiernos Regional y los Gobierno Locales involucrados. Asimismo, se deben realizar acciones conjuntas de monitoreo y evaluación, liderados por el INAIGEM, como institución especializada.

_____ O _____



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **ELECTROPERU UC.** Huaraz-1975; Memoria Bienal del Programa Glaciología y Seguridad de Lagunas 1973 – 1974.
- **Institute of Rock Estructure and Mechanics, PRAHA 2002,** Acta Montana N° 19 (123) Serie A.
- **UGRH - ANA. (2014).** Inventario de Glaciares de la Cordillera Blanca. Huaraz: UGRH - ANA.

GLOSARIO DE TERMINOS

ALUVIÓN.- Desplazamiento violento de una gran masa de agua con mezcla de sedimentos de variada granulometría y bloques de roca de grandes dimensiones. Se desplazan con gran velocidad a través de quebradas o valles en pendiente, debido a la ruptura de diques naturales y/o artificiales o desembalse súbito de lagunas, o intensas precipitaciones en las partes altas de valles y quebradas.

ÁREA DE ABLACIÓN.- Es el área de un glaciar donde predominan los procesos que propician la pérdida de masa, por fusión o sublimación. (National Snow and Ice Data Center, (NSIDC - NASA), 2012).

ÁREA DE ACUMULACIÓN.- Es el área de un glaciar donde predominan los procesos que favorecen la ganancia de masa, por precipitación en forma de nieve, redistribución eólica de la cubierta nival o avalanchas, donde las condiciones topográficas son favorables.

AVALANCHA.- Desprendimiento violento en un frente glaciar pendiente abajo de una gran masa de nieve o hielo acompañado en algunos casos de fragmentos rocosos de diversos tamaños y sedimentos de diferente granulometría.

BALANCE DE MASAS.- Es el cambio en la relación pérdida-ganancia del glaciar, observado durante un período de tiempo determinado, que puede ser estacional o anual (el más utilizado). (Francou & Pouyaud, 2008 - b).

CORRIENTE SUPRA GLACIAR.- Es una corriente de agua de fusión del glaciar que corre sobre la superficie (Morales, 2014).

CALVING.- Ruptura de trozos de hielo en el borde de un glaciar. Es un tipo de ablación glaciar

DESGLACIACIÓN.- Retroceso o disminución de la cobertura de hielo del glaciar de una montaña. Investigaciones recientes confirman la desglaciación en muchos lugares del mundo, incluyendo las zonas polares. En nuestro país se viene confirmando el registro de desglaciación en la Cordillera Blanca durante las últimas décadas.

DESLIZAMIENTO.- Ruptura y desplazamiento de pequeñas o grandes masas de suelos, rocas, rellenos artificiales o combinaciones de éstos, en un talud natural o artificial. Se caracteriza por presentar necesariamente un plano de deslizamiento o falla, a lo largo del cual se produce el movimiento que puede ser lento o violento, y por la presencia de filtraciones.

EROSIÓN.- Desintegración, desgaste o pérdida de suelo y/o rocas como resultado de la acción del agua y fenómenos de intemperismo.

FALLA GEOLÓGICA.- Grieta o fractura entre dos bloques de la corteza terrestre, a lo largo de la cual se produce desplazamiento relativo, vertical u horizontal. Los procesos tectónicos generan las fallas.

FARALLÓN GLACIAR.- Frente glaciar que termina en forma abrupta en paredes de hielo de decenas de metros de altura (Morales, 2014).

GEODINÁMICA.- Proceso que ocasiona modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa).



GLACIAR.- Masa de hielo en movimiento formada en las cimas de las montañas durante periodos climáticos glaciares.

GLACIAR COLGADO.- Porción considerable de un glaciar que se encuentra adherido a las cumbres o sobre pendientes muy pronunciadas y que significan peligros glaciológicos (Morales, 2014).

INUNDACIONES.- Desbordes laterales de las aguas de los ríos, lagos y mares, cubriendo temporalmente los terrenos bajos, adyacentes a sus riberas, llamadas zonas inundables. Suelen ocurrir en épocas de grandes precipitaciones, marejadas y maremotos (tsunami).

MONITOREO.- Proceso de observación y seguimiento del desarrollo y variaciones de un fenómeno, ya sea instrumental o visualmente, y que podría generar un desastre.

MORRENAS.- Son acumulaciones de detritos que el glaciar tritura en su recorrido pendiente abajo y que los acumula en el frente glaciar y en sus flancos, denominándose morrena frontal, morrena lateral, morrena de fondo o morrena media (Morales, 2014).

MOVIMIENTO GLACIAR.- Desplazamiento por efecto de la carga de nieve anual que tienen en la zona de acumulación, por gravedad de la constitución de su masa como un cuerpo semi plástico y por la pendiente misma del sub suelo, tienen un movimiento continuo cuya velocidad es diferente de acuerdo a su posición, potencia glaciar y altura. (Morales, 2014).

PELIGRO.- Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un periodo específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología.

QUEBRADA.- Designación local a los valles glaciares de la Cordillera Blanca (Morales, 2014).

RIESGO.- Evaluación esperada de probables víctimas, pérdidas y daños a los bienes materiales, la propiedad y economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad. El riesgo, el peligro y la vulnerabilidad se expresan en términos de probabilidad, entre 1 y 100.

RIESGOS DE LOS GLACIARES.- Por el movimiento continuo de los glaciares y dependiendo de su posición y masa glaciar pueden ocasionar catástrofes graves como el caso de los aluviones de lagunas glaciares vaciadas por avalanchas de hielo. (Morales, 2014).

SERAC.- Rupturas, fisuras, grietas que se forman porque la masa de hielo del glaciar se rompe en bloques que se dislocan por compresión debido al avance del glaciar por sectores de rocas más resistentes.

SISMO.- Liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior, y se propagan en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externo o interno de la Tierra.

VALLE EN FORMA DE U.- Valle que muestra en su perfil la forma de una “U” labrada por erosión de los glaciares antiguos (Morales, 2014).

VALLE GLACIAR.- Valle que muestra la acción de la erosión glaciar en su superficie y que puede o no tener glaciares en su parte superior (Morales, 2014).

VARIABILIDAD CLIMÁTICA.- Estado medio del clima a escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa). (IPCC, 2001).

VULNERABILIDAD.- Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional y otros.