



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

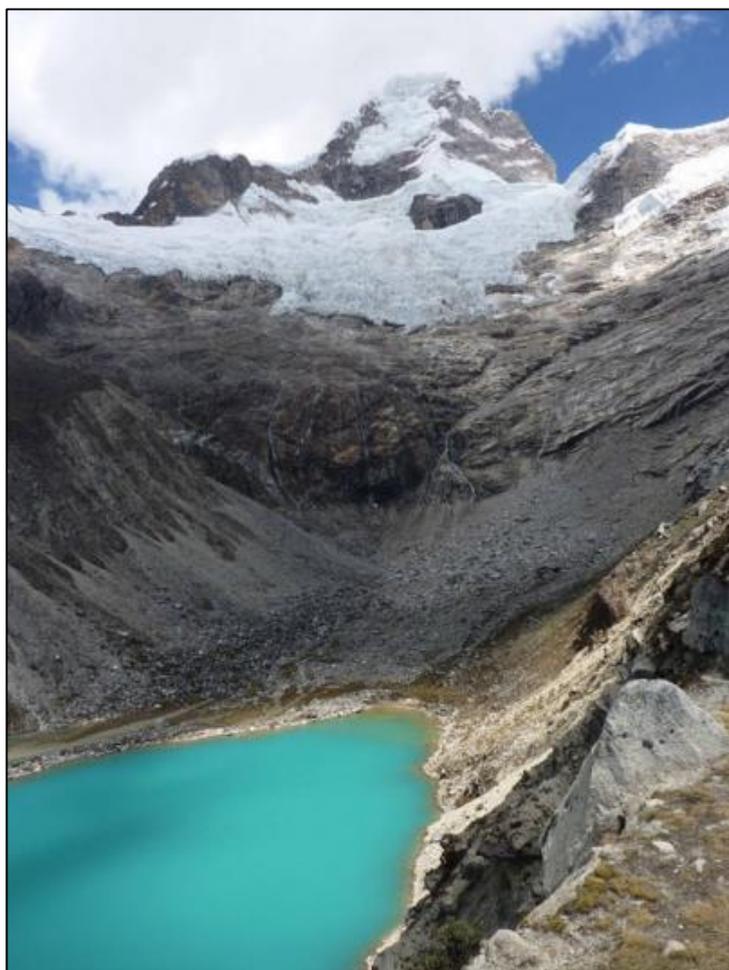
Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

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

RECONOCIMIENTO DEL NIVEL DE PELIGRO DE LA LAGUNA CANCARACÁ GRANDE Y YANARAJU CON FINES DE SEGURIDAD Y APROVECHAMIENTO

Cordillera Blanca, Provincia de Huaraz, Región Ancash

INFORME TÉCNICO N° 05



Huaraz, Marzo de 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

INVESTIGACIÓN EN GLACIARES

PERSONAL TÉCNICO QUE PARTICIPÓ EN EL INFORME:

Ing. Luzmila R, Dávila Roller.

Ing. Oscar Vilca Gómez.

Ing. Edinson Ínga Espinoza.

Ing. Cesar Cuentas Checa.



INDICE

	Pág.
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 de pre campo	8
2.1.1 Definición del Objetivo y Alcance del Estudio	8
2.1.2 Elaboración del Plan de Trabajo	8
2.1.3 Recopilación y Análisis de la Información Existente	8
2.2 Fase de campo	8
2.2.1 Recolección de información	8
2.3 Fase final	9
2.3.1 Sistematización, análisis y evaluación de la información de campo	9
2.3.2 Elaboración del Informe	9
III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA	9
IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	10
4.1 Geología Regional	10
4.2 Geología local	10
4.3 Geomorfología	12
V. GLACIARES	19
VI. LAGUNAS	20
VII. ECOSISTEMAS	22
VIII. HIDROLOGÍA	24
IX. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS	24
9.1 Condiciones de peligrosidad en glaciares	24
9.2 Condiciones de Peligrosidad en la Laguna	25
X. CONCLUSIONES	26
XI. RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
GLOSARIO DE TÉRMINOS	28



RESUMEN

A lo largo de la historia, la Cordillera Blanca ha sido escenario de muchos eventos catastróficos y gran parte de estos fueron ocasionados por el desbordamiento de lagunas o ruptura de diques naturales compuesto por morrenas, produciendo grandes flujos de escombros (aluviones) con gran poder destructivo. En ese contexto es importante realizar una evaluación de los riesgos que producen las lagunas de origen glaciar, evaluando el estado actual de los glaciares y lagunas e identificando el nivel de peligrosidad, que permitan tomar medidas de prevención para disminuir el riesgo.

Las lagunas Cancaracá Grande y Yanaraju, se encuentran ubicadas en la cabecera de la subcuenca del río Potaca, a una altitud de 4,142 m.s.n.m. Son lagunas de origen glaciar desarrolladas en las faldas del glaciar Contrahierbas y Ulta, los cuales se encuentran sin contacto de la masa glaciar, no cuentan con obra de seguridad y su desagüe es por rebose y filtración.

La estabilidad de los taludes de las morrenas laterales de la laguna Cancaracá se encuentran con un nivel de peligrosidad moderado a alto y se podría generar una ruptura de la morrena terminal, lo cual ocasionaría un desborde de gran volumen de agua ocasionando daños en la parte baja de la subcuenca. En la laguna Yanaraju el desagüe natural es por rebose y los taludes se encuentran revegetados de forma natural y cuentan con una estabilidad considerable.

En base a las características físicas de estas lagunas y mediante las observaciones de campo, esta se estima de moderada peligrosidad, manteniéndonos como observadores atentos de los procesos de tubificación que pueden generarse producto de las filtraciones en las morrenas.

Dentro del programa de trabajo del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM, para el año 2016, se programó la inspección técnica en lagunas de origen glaciar denominadas peligrosas en la Cordillera Blanca, estando considerada dentro de ellas las lagunas Yanaraju y Cancaracá Grande.

Los resultados a partir de esta visita de inspección han sido concluyentes, la lejanía del glaciar nos garantiza baja probabilidad de la afectación del desprendimiento de masas de hielo a la laguna, los días de inspección se realizaron los días 07 y 08 de marzo de 2016.



I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

El INAI GEM, a través del equipo de Investigación en Glaciares, viene realizando la inspección técnica de las lagunas consideradas peligrosas en el ámbito de la Cordillera Blanca, con este motivo se ha realizado la visita a las lagunas Cancaracá Grande y Yanaraju a fin de determinar sus características actuales.

Las lagunas Cancaracá Grande y Yanaraju, se ubican dentro de la Cordillera Blanca, en inmediaciones de los nevados Ulta y Contrahierbas respectivamente. Ambas lagunas son de origen glaciar, el vaso de estas lagunas está constituido en mayor porcentaje por material morrénico. Las lagunas motivo de la inspección no cuentan con obras de seguridad.

1.2 Antecedentes

Laguna Yanaraju

En agosto de 2005, el INRENA a través de la Unidad de Glaciología, realizó trabajos de topografía y batimetría, obteniéndose los siguientes resultados:

Nivel del espejo de agua	: 4,142 m.s.n.m.
Área del espejo de agua	: 229,707 m ² .
Volumen almacenado	: 7'642,096 m ³ .
Profundidad máxima	: 61.4 m, que corresponde al nivel 4,080 m.s.n.m.
Largo máximo	: 711 m.
Ancho máximo	: 398 m.

Laguna Cancaracá Grande

En julio de 2011, La ANA a través de la Unidad de Glaciología, realizó trabajos de topografía y batimetría, obteniéndose los siguientes resultados:

Nivel del espejo de agua	: 4,631 m.s.n.m.
Área del espejo de agua	: 103,233 m ² .
Volumen almacenado	: 2'032,662 m ³ .
Profundidad máxima	: 47 m, que corresponde al nivel 4,583 m.s.n.m.
Largo máximo	: 651 m.
Ancho máximo	: 211 m.



1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos generales

- Determinar el estado actual, comportamiento y el grado de riesgo de las lagunas Yanaraju y Cancaracá Grande.
- Presentar los resultados de la inspección técnica, resaltando las características físicas actuales de las lagunas Yanaraju y Cancaracá Grande y las condiciones del frente glaciar ubicado en la parte alta de cada laguna.

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 en la parte baja de las subcuencas.
- Estimar el nivel de peligrosidad de las lagunas Yanaraju y Cancaracá Grande en relación a la situación actual de los taludes de las morrenas laterales y la estabilidad de la obra de control del dique.
- Evaluar las características físicas de las morrenas ubicadas en el entorno de las lagunas.

1.4 Ubicación y acceso

Ubicación

La laguna Cancaracá Grande se encuentra ubicada a una altitud de 4,631 m.s.n.m. en inmediaciones de los nevados Ulta y Contrahiervas, en la cabecera de la quebrada Cancaracá Chico. La subcuenca Yanamayo, perteneciente a la cuenca del río Marañón, se encuentra en la vertiente oriental de la Cordillera Blanca (ver figuras N° 01 y 02).

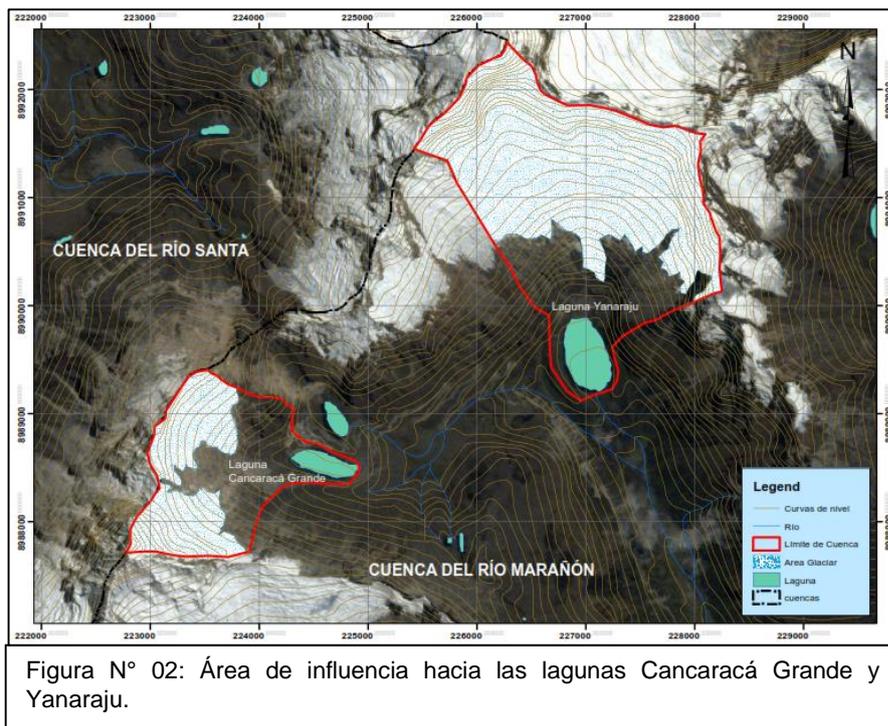
La laguna Yanaraju se emplaza al sur del nevado Contrahierbas a 4,142 m.s.n.m., en la cuenca del río Marañón, vertiente oriental de la Cordillera Blanca.



Figura N° 01: Ubicación de la zona de inspección.



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



Políticamente, ambas lagunas se encuentran dentro de la jurisdicción del distrito de Chacas, provincia de Asunción, departamento de Ancash.

Acceso

El acceso a esta laguna se realiza siguiendo la carretera asfaltada Huaraz – Carhuaz (33 Km), Carhuaz – Punta Olímpica, carretera asfaltada (52.0Km), desde allí se continúa por camino de herradura, tanto a la laguna Yanaraju y laguna Cancarcá Grande (ver cuadro N°01).

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo (h)	Medio de Transporte
Huaraz – Carhuaz	Carretera asfaltada	33	0:45 hrs.	Camion eta
Carhuaz – Punta Olímpica.	Carretera asfaltada	49	1:30 hrs.	Camion eta
Punta Olímpica – Lagunas Yanaraju y Cancarcá Grande.	Camino de herradura	5	1:20 hrs.	A pie
Distancia Total Recorrida		87	3:35 hrs.	

Cuadro N° 01: Vías de acceso, lagunas Yanaraju y Cancarcá Grande.



II. METODOLOGÍA

La metodología empleada en la evaluación de peligros de lagunas de origen glaciar, es la que tradicionalmente se aplica a los estudios de las ciencias de la tierra, consistiendo en fases principales estandarizadas, complementadas entre sí, y de acuerdo al nivel de estudio puede comprender las siguientes fases:

2.1 Fase de pre campo

2.1.1 Definición del Objetivo y Alcance del Estudio

Durante esta actividad se estableció y definió los objetivos y alcances del medio físico 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 volúmenes de agua.

2.1.2 Elaboración del Plan de Trabajo

El Equipo Técnico del Instituto, formuló los términos de referencia, y el plan de trabajo, considerando las características de la zona de estudio, que será aprobada por la respectiva dirección.

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 la(s) laguna(s), así como de las estructuras hidráulicas existentes en el ámbito de la(s) lagunas(s), estableciéndose preliminarmente el análisis de las condiciones glaciológico-hidrológicas de la laguna para ver la posibilidad si podría ser usada como embalse regulador.

2.2 Fase de campo

2.2.1 Recolección de información

Esta es la etapa más importante, porque el equipo técnico orientó sus actividades a la toma de datos sobre diferentes aspectos:

- Para la evaluación geológica
- Para la evaluación hidrológica de la zona en estudio
- Para la estimación de volúmenes de masas de hielo



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.

En Glaciares se caracterizó la presencia de bloques inestables, estimando en forma preliminar volúmenes, para lo cual se hizo un análisis de fotografías e imágenes de satélite de alta resolución (Google Earth).

En Lagunas, utilizando las fotografías tomadas en campo y la observación realizada, se hicieron composiciones que facilitaron la interpretación de las condiciones actuales de las lagunas y morrenas.

Para la Evaluación geológica:

Se comparó la información recolectada en campo con las cartas nacionales de geología del INGEMMET y se procedió a describir las formaciones geológicas que se encuentran en la zona de estudio.

Para la estimación de volúmenes de masas de hielo:

Para éste caso, se realizó una observación en campo, determinándose que no es necesario hacer una estimación de volúmenes de masa de hielo, dado que se encuentran bastante lejos de las lagunas.

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, laguna(s), ecosistemas, aspectos hidrológicos y evaluación de peligros de la zona de reconocimiento. Un álbum fotográfico acompañará el informe de reconocimiento.

III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

Las lagunas Cancarcá Grande y Yanaraju se encuentran en la cabecera de la subcuenca del río Yanamayo, sistema glaciar Contrahierbas, en el ámbito de la Cordillera Blanca.

Geográficamente la subcuenca se encuentra ubicada entre los paralelos 09°07'48" y 09°09'18" de latitud sur y entre los meridianos 77°28'48" y 77°30'36" de longitud oeste, con



el rango altitudinal que va desde 3,539 m.s.n.m. ubicado en las inmediaciones del centro poblado de Huallín hasta los 6,036 m.s.n.m., cota del pico en el Nevado Contrahierbas. Las principales actividades desarrolladas por los pobladores de Huallín en las cercanías a la laguna Cancaracá Grande y Yanaraju son el pastoreo y agricultura.

IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

4.1 Geología Regional

Regionalmente, podemos citar a las formaciones sedimentarias Chicama, Oyón, Goyllarisquizga, Carhuaz y los depósitos cuaternarios, estos últimos conformados por depósitos fluvioglaciares, que incluyen morrenas, gravas y arenas; también están presentes las rocas intrusivas representadas por el Batolito de la Cordillera Blanca, cuya litología corresponde a una granodiorita-tonalita de grano grueso.

4.2 Geología local

Localmente, en el área de estudio afloran la Formación Chicama, los depósitos superficiales, y también afloramientos de rocas intrusivas, representadas por el Batolito de la Cordillera Blanca.

Formación Chicama:

Las rocas de esta formación se pueden encontrar con más incidencia en la microcuenca Potaca hacia el lado Este de la laguna Yanaraju, su litología está esencialmente compuesta por lutitas gris oscuras a negras, pizarrosas con intercalaciones delgadas de areniscas. Debido a su litología, origina deslizamientos afectando la zona Este de la laguna Yanaraju (ver fotografía N°01).



Fotografía N° 01: Rocas metamórficas, las rocas más representativas las pizarras, esquistos y gneis.

Batolito de la Cordillera Blanca:

La litología del Batolito de la Cordillera Blanca comprende rocas intrusivas como granodioritas y tonalitas de grano grueso.

El tipo de litología que presenta la zona de estudio da origen a las numerosas escarpas que existe en el circo glaciar del nevado. Se presenta algunos diaclasamientos en diversos sectores, producto del fenómeno de desglaciación intensa, lo cual origina desprendimientos de bloques y derrumbes no sólo alrededor de la laguna, sino también a lo largo de la quebrada Potaca (ver fotografías N°02 y 03).



Fotografía N° 02: Bloques del Batolito de la Cordillera Blanca en la morrena lateral derecha de la laguna Yanaraju.



Fotografía N° 03: Bloques del Batolito de la Cordillera Blanca en la morrena lateral izquierda de la laguna Cancarcá.



Depósitos Superficiales:

En el área de estudio, los depósitos superficiales (debido a su situación, composición, morfología y grado de consolidación) son proclives a producir movimientos en masa que pueden representar alto riesgo para la seguridad de la microcuenca.

Las unidades superficiales encontradas en campo se consideran como formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos debido a la acción de los agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre.

Debido a que el área evaluada correspondiente al dique morrénico, está formada por un ambiente de depósito de relleno de naturaleza glaciológica de decenas de metros de profundidad. Esta no cuenta con afloramientos rocosos que se logren mapear como unidades estratigráficas, por lo tanto esto permitió englobar como un todo a una sola unidad geológica superficial, que en su gran mayoría comparten características similares origen, litología, mineralogía, granulometría, geometría, grado de meteorización y relieve.

4.3 Geomorfología

En el departamento de Ancash la geomorfología muestra un interesante desarrollo de la Cordillera Occidental, la cual se divide en dos tramos; hacia el lado este se tiene la Cordillera Blanca y hacia el lado oeste se tiene la Cordillera Negra, conformando así el Callejón de Huaylas. La Cordillera Blanca se denomina así por las imponentes cumbres glaciares de hielos permanentes, mientras que la Cordillera Negra se denomina así por contraposición al no tener cumbres glaciares.

Entre ambas cordilleras se desplaza el río Santa, el cual nace en la localidad de Conococha. Su recorrido es a lo largo del Callejón de Huaylas (sur a norte), para luego cambiar de dirección al oeste y finalmente desembocar al Océano Pacífico. La cuenca alta del valle del río Santa es considerada como valle interandino, mientras que las vertientes son moderadamente suaves y son de origen glaciar. Estas presentan conos aluviales en los cuales se emplazan ciudades importantes como Huaraz, Caraz, Carhuaz, Yungay, entre otros.

En medio del valle del río Santa y de la Cordillera Blanca se encuentra una vasta zona de depósitos fluvio-glaciares y glaciares, los cuales están constituidos de materiales inconsolidados compuestos por clastos angulosos de diferentes tamaños provenientes



de la desintegración de las rocas preexistentes en una matriz también inconsolidada, compuesta de arenas y arcillas. (Veliz, J. 1967).

En la Cordillera Blanca la altura máxima es de 6768 msnm, que pertenece al pico Sur del Nevado del Huascarán. Presenta pendientes ligeramente suaves hacia el sur, luego se va tornando más empinadas hacia el norte hasta llegar al punto más alto del Nevado Huascarán para luego ir disminuyendo de nuevo.

A lo largo de toda la Cordillera Blanca se presentan un gran número de lagunas formadas por diques morrénicos o rocosos, los cuales fueron retrabajados por la acción del hielo.

En el flanco Oeste de la Cordillera Blanca y a lo largo de ella se encuentra la denominada Falla de la Cordillera Blanca, con una longitud aproximada de 210 km; ésta falla normal exhibe continuas evidencias geomorfológicas de repetidos desplazamientos del Pleistoceno tardío y Holoceno (Schwartz, 1988).

Al oeste del Valle del Río Santa se encuentra la Cordillera Negra cuya altura comprende entre los 4800 y 5187 m.s.n.m. (Dollfus, Peñaherrera; 1962). Las pendientes que presenta son ligeramente suaves, no presenta glaciares como en la Cordillera Blanca. En los meses de diciembre a marzo, se cubre de granizo y escarcha en las partes altas de la Cordillera Negra. El pico más elevado de ésta cordillera es el Coñocranra (5,187 msnm) (ver figura N°03).

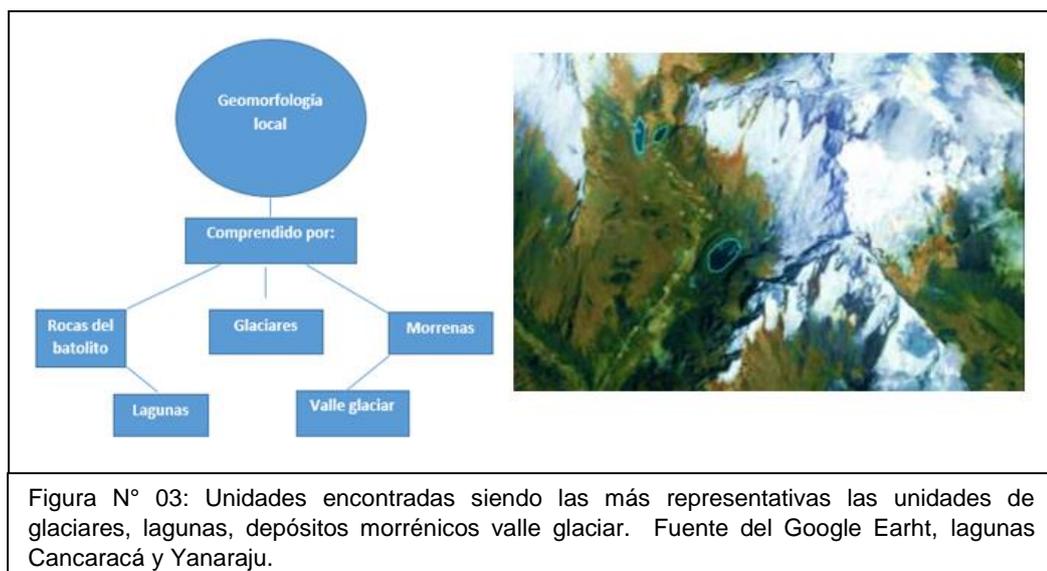


Figura N° 03: Unidades encontradas siendo las más representativas las unidades de glaciares, lagunas, depósitos morrénicos valle glaciar. Fuente del Google Earht, lagunas Cancaracá y Yanaraju.



Fotografía N° 01: Laguna Yanaraju, al fondo se observa el nevado Contrahierbas y parte de las morrenas laterales.

Geomorfológicamente las lagunas son los componentes principales, debido a que tienen una evolución sobre la historia geológica además de la dinámica a la que se encuentran expuestas, esto conlleva a tener más dedicación cuando se habla acerca de los peligros y riesgos geológicos de la laguna en la fotografías. (ver fotografías N°04 y 05). Estamos observando las lagunas y su geomorfología.



Fotografía N° 02: Laguna Cancaracá, se observa el glaciar del nevado Uta y la morrena lateral derecha.



Depósitos morrénicos:

Estos depósitos son característicos de la sedimentación glaciar que se producen por la acumulación de fragmentos de roca y arcilla (tillitas), transportados y depositados por un glaciar. Las morrenas forman crestas y lomas alargadas, se ubican en la zona del frente glacial. Dada la importancia de ésta unidad en la zona de estudio, se dividirá en dos sub-unidades. Los depósitos morrénicos, tanto los de fondo de valle glaciar como las morrenas colgantes presentes en la zona de estudio, pertenecen a la edad holocena (0.01 M.A.); estos depósitos son producto de la acción y retroceso de los glaciares de los nevados. Las morrenas se caracterizan por ser carentes de estratificación y no ser muy consolidadas.

Los depósitos morrénicos, tanto los de fondo de valle glaciar como las morrenas colgantes presentes en la zona de estudio, pertenecen a la edad holocena (0.01 M.A.); estos depósitos son producto de la acción y retroceso de los glaciares de los nevados. Las morrenas se caracterizan por ser carentes de estratificación y no ser muy consolidadas (ver fotografía N°06).



Fotografía N° 3: Morrenas laterales de la laguna Cancarcá, estas estructuras morrénicas son acumulación de rocas más trabajadas con evidencias de deposiciones muy disturbadas y heterogéneas geológicamente se podría asumir que su proceso de formación ha sido violento.



La composición en las morrenas de alta montaña tanto laterales como frontales son básicamente granítica pero guardan una cierta diferencia; así se tiene que la morrena lateral derecha presenta bloques de granito que son angulosos a subredondeados, con diámetros aproximados de 0.5 a 2 metros, envueltos en matriz de arena granítica gruesa, mientras que la morrena lateral izquierda está conformada por detritos y bloques también de granito pero acompañado de bloques de pizarras en una matriz areno arcillosa, variación debido a la presencia de pizarras de la Formación Chicama la cual data del Jurásico superior (± 156 M.A.).

Las morrenas colgantes que circundan a la laguna Cancaracá y Yanaraju también guardan ciertas diferencias en su composición, mientras que las del lado derecho están compuestas por granito en forma detrítica, las del lado izquierdo están compuestas por material no sólo de granito sino también de pizarras, por la misma alteración de la Formación Chicama. Estos depósitos son los que representan un mayor peligro ya que por situarse en pendientes muy pronunciadas son más inestables que las morrenas de fondo de valle glaciar, propiciando así numerosos procesos geodinámicos.

Geotecnia

Los sedimentos glaciales son producto de muchos ambientes sedimentarios sobrepuestos de gran complejidad que varían en tiempo y espacio, a la vez que son modificados por otros procesos, como el retrabajo fluvial. Los repetidos avances y retracciones de un lóbulo de hielo, las formaciones de lagos proglaciares y los eventuales períodos interglaciales dejaron sedimentos heterogéneos a lo largo de la micro cuenca.

Los sedimentos glaciolacustres son característicos de episodios de retracción glacial. Su estructura responde al aporte sedimentario, la acción del agua y la ciclicidad estacional. Su comportamiento geomecánico depende de la cantidad y alternancia de capas de arena, limo y arcilla. En cuanto a la fracción arcillosa, en el área se puede encontrar montmorillonita y vermiculita, cuya proporción cambia la plasticidad y la respuesta mecánica de los materiales.

De lo anterior, las propiedades y comportamiento de los suelos finos están controlados por su humedad, textura, estructura, composición mineral e historial carga-descarga. Estos factores son resultado del ambiente deposicional, diagénesis, procesos de erosión y dinámica de factores ambientales.



Se recopiló información detallada elaborando una prospección geológica de campo realizando hasta dos cortes en ambas morrenas tanto de Yanaraju y Cancaracá para ver con más exactitud el suelo o estratigrafía (ver fotografías N° 07 y 08).



Fotografía N° 4: Corte de suelo, talud de la morrena lateral izquierda de la laguna Yanaraju, evidencia suelos de presencia literalmente finas compuestos por gravas arcillosas envueltas en una matriz limo arcillosa , evidencia la humedad.



Fotografía N° 5: Corte, talud de la morrena lateral Izquierda de la laguna Cancarcá, donde evidencia suelos de composición gravo arcillosas con mucha humedad, por las filtraciones de agua ha generado un suelo pastoso con mucha plasticidad, produciendo desprendimiento.

a) PERFIL YANARAJU

Este suelo es una mezcla heterogénea de gravas, arena, limo y arcilla, frecuentemente marcado con una estructura interna que refleja las condiciones de depósito y el historial de carga-descarga, avance y retroceso del glaciar. Además el perfil N°1 se complementa diciendo que existen partículas de arenas y gravillas casi microscópicas que varían en color de tonalidad oscuras y textura limo arcillosa muy finas deleznable poco o nada cementadas, de los 2 a 3m hacia arriba el suelo se transforma completamente conglomerado observándose granulometrías que alcanzan de 0.5 a 1m diámetro con geometría redondeada a sub redondeada.

b) PERFIL CANCARACÁ

Al igual que Yanaraju, este suelo es una mezcla heterogénea de gravas, arena, limo y arcilla, la única diferencia es que aquí se está evidenciando presencia de agua que filtra de las paredes de la morrena, generando una mezcla pastosa que en combinación con los limos y arcillas se forman masas en estado plástico y líquido

Los perfiles trabajados en campo limpian el panorama mostrando una historia geológica diferente, llegando a la conclusión de que la cuenca glaciar de las lagunas Yanaraju y



Cancaracá, tiene fases de deposiciones intensas y someras de ambiente lacustres; observándose por la estratificación fina de limos orgánicos, con presencia de materiales limo arcillosos y arenosos, reflejándose con más incidencia en casi toda las paredes de las morrenas laterales sobre todo en la morrena lateral derecha que se proporciona en forma de manchas color gris, sin embargo es necesario que los materiales de limo cuaternarios deben establecer su procedencia en la erosión eólica o fluvial de los materiales miocenos. Su delimitación en superficie se ve impedida en muchas ocasiones por el recubrimiento de suelo vegetal, pero lo que resulta aún más difícil es la estimación de su potencia

Como consecuencia de estos estratos finos presentes, se pensaría que la laguna ha tenido eventos cíclicos donde los procesos de sedimentación y diagénesis dan a conocer que han existido hasta dos eventos que se han ido generando durante años, el primero conocido.

V. GLACIARES

Los glaciares Contrahierbas y Ulta, se encuentran notablemente alejados de ambas lagunas Cancaracá Grande y Yanaraju. El sistema glaciar que los alberga es el Contrahierbas, que tiene una superficie de 28,48 km² y representa en la Cordillera Blanca un 5.40% (UGRH - ANA, 2014)

En el año 2003 las distancias del glaciar respecto a las lagunas, se aproximaban a 233,63 y 500 metros, en el año 2015 la distancia se aproxima entre 707,15 y 669,45 metros, en los puntos de medición de las imágenes siguientes. Es importante considerar que hay un aporte de material particulado de los taludes de las morrenas de ambas lagunas, en temporada de lluvia se saturan y aportan con partículas a las lagunas, existe poca vegetación y la pendiente de las morrenas laterales son muy altas. (ver figura N° 04).



Figura N° 04: Muestra las diferencias a través del tiempo del retroceso glaciar, zona de disipación natural y las lagunas Cancaracá y Yanaraju.



El frente glaciar está visiblemente alejado de la laguna en aproximadamente 500 m. no se observa la presencia de masas glaciares colgantes.

Los frentes glaciares se encuentran alejados y sin la presencia de masas colgantes importantes que amenacen con generar una avalancha al grado de comprometer la estabilidad de la laguna.

Los Glaciares en estudio tienen las siguientes características:

Los glaciares del nevado Contrahierbas y Ulta son considerados glaciares de montaña y es importante aclarar que el frente se encuentra a mayor altura producto del retroceso glaciar.

Los glaciares tropicales liberan agua todo el año incluido la temporada de lluvias, hay deshielo debido a su derretimiento y crean cuerpos de agua importantes para la fauna y la flora, sin dejar de lado su utilidad para los seres humanos. Son la mayor reserva de agua dulce del planeta, conteniendo hasta tres cuartas partes de ésta.

Las lenguas glaciares provenientes del sistema Contrahierbas, que se encuentran en la cabecera de las lagunas, se encuentran bastante lejos de los cuerpos de agua.

VI. LAGUNAS

Descripción General de laguna

La laguna Cancaracá posee un vaso morrénico en su integridad, los flancos con los taludes interiores semiconsolidados, se aprecia que el flanco izquierdo posee taludes con fuerte pendiente ($75^\circ - 80^\circ$) con ausencia de cobertura vegetal en evidente proceso de erosión (ver fotografía N° 09).

La zona posterior de la laguna tiene un área extensa para disipar la energía en caso de avalanchas.



Fotografía N° 6: Se observa el talud interior del flanco derecho, a comparación del anterior este flanco se encuentra con mejor



La zona frontal está constituida por un conglomerado de morrena y escombros con rocas de gran tamaño. (ver fotografía N° 10).



Fotografía N° 7: Zona frontal, con abundante presencia de escombros, esta característica facilita el proceso de filtraciones.

El desagüe de la laguna se da íntegramente por filtraciones, estas afloran en la zona exterior de la morrena frontal. Son dos los puntos de filtración más importantes, no se pudo realizar el aforo debido a la inaccesibilidad del mismo (ver fotografía N° 11).



Fotografía N° 8: Ubicación de las dos filtraciones de desagüe.



VII. ECOSISTEMAS

Laguna Yanaraju:

En la laguna es posible observar mucha vegetación, la cual con el tiempo y espesor de la misma ha estabilizado los taludes interiores y exteriores de la laguna, éste ecosistema aporta importantes servicios ambientales, enfocados desde el punto de vista social, productivo, económico y ambiental; se puede mencionar los más importantes como los glaciares y lagunas, identificando que las actividades que más aprovechan el paisaje son el turismo, pecuaria y pastoreo; también se observa especies de flora propias de la puna (ver fotografía N° 12).



Fotografía N° 9: Muestra abundante vegetación en la laguna Yanaraju.

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 relictos de bosques son importantes por el gran potencial hídrico que representan y como hábitats de un sin número de especies de flora y fauna que representan una gran biodiversidad (ver fotografía N° 13).



Fotografía N° 10: Se observa la caída de agua a la subcuenca, donde se observa vegetación abundante, reconociéndose especies arbustivas, pequeños bofedales.

**Laguna Cancaracá Grande:**

En la laguna es posible observar muy poca vegetación, la cual nos indica que la estabilidad en las morrenas interior y exterior es muy alta, se identifica mucha dinámica en las morrenas laterales y terminal de la laguna, se observa también filtraciones, por toda la morrena terminal, esto es un importante punto si queremos referirnos a la estabilidad del dique morrénico. Este ecosistema aporta importantes servicios ambientales, enfocados desde el punto de vista social, productivo, económico y ambiental; se puede mencionar los más importantes como los glaciares y lagunas, identificando que las actividades que más aprovechan el paisaje son el turismo, pecuaria y pastoreo (ver fotografía N° 14).



Fotografía N° 11: Escombros en la zona frontal de la laguna Cancaracá Grande.

Es importante mencionar la gestión del riesgo, en base a lo cual se evalúa las características de los frentes glaciares y la potencial generación de avalanchas sobre las lagunas de origen glaciar, que podrían originar aluviones causando grandes daños en la parte baja de la subcuenca, sin embargo como se ha explicado y mostrado a través del informe, la peligrosidad es moderada, dado que el retroceso glaciar ha permitido que el frente de la lengua glaciar se encuentre bastante lejana a la laguna.

De igual manera, las lagunas de origen glaciar formadas al pie de los frentes glaciares 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 con diferentes niveles relacionados directamente con la geometría y las condiciones de los diques morrénicos que las controlan, siendo necesario realizar la vigilancia y monitoreo permanente con la finalidad



de prevenir eventos extraordinarios que podrían afectar las actividades que se desarrollan a lo largo de la subcuenca.

VIII. HIDROLOGÍA

La hidrología de la subcuenca Potaca, se rige principalmente por dos aspectos, época húmeda y época seca, estas épocas son bien marcadas en el ámbito de la Cordillera Blanca. Los glaciares muestran fuerte influencia en la época seca (mayo – agosto), el aporte hídrico producto de la fusión de los glaciares es altamente significativo en dichos meses.

Laguna Cancaracá Grande:

El área de aporte a la laguna Cancaracá Grande es 2.01 Km². Las cotas mínimas y máximas van de 4,631 hasta 5,875 m.s.n.m. respectivamente.

La superficie glaciar aproximada es 0.98 Km², la cota más baja del frente glaciar se estima en 4,918 m.s.n.m.

El aporte hídrico que recibe la laguna Cancaracá está dado principalmente como producto de la fusión de los glaciares acentuados en la cabecera de la microcuenca receptora.

Laguna Yanaraju:

El área de aporte a la laguna Yanaraju es de 4.75 Km². Las cotas mínimas y máximas van de 4,142 hasta 6,036 m.s.n.m. respectivamente.

La superficie glaciar aproximada es de 3.26 Km², la cota más baja del frente glaciar se estima en 4,330 m.s.n.m.

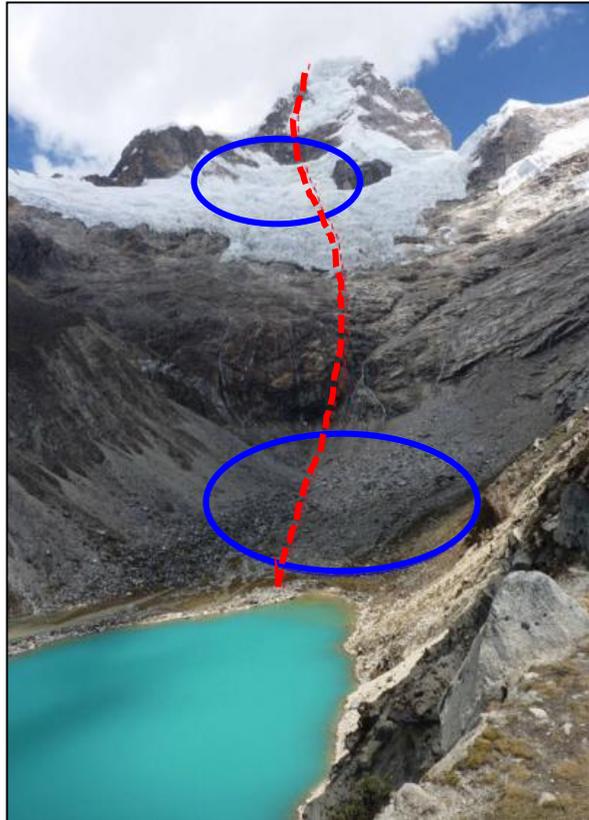
El aporte hídrico a la laguna está dado de manera predominante por la fusión del glaciar, el caudal de salida de la laguna al día de la inspección se estimó en 600 lt/s aproximadamente, dado la complejidad topográfica en la zona de desagüe y las filtraciones no es posible obtener un dato real.

IX. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

9.1 Condiciones de peligrosidad en glaciares

Dado que es la laguna Cancaracá Grande la que se encuentra catalogada como laguna peligrosa, en esta sección nos dedicaremos a la evaluación estricta de la misma.

La trayectoria de una masa glaciar considerable proveniente desde el punto más alejado (ver fotografía N° 15) nos muestra que no llegaría a comprometer la estabilidad de la laguna dado que existe dos zona de disipación, la primera sobre el mismo glaciar y la segunda y más importante en todo el área de la zona posterior de la laguna.



Fotografía N° 12: La trayectoria de una probable avalancha desde la zona más alta en línea roja, en línea azul se muestra las zonas de disipación que contendrían un evento.

9.2 Condiciones de Peligrosidad en la Laguna

La laguna Cancarcá posee un vaso constituido íntegramente por morrenas, el flanco izquierdo es el más vulnerable a eventos sísmicos por el alto grado de erosión que muestra, sumado a la fuerte pendiente.

La zona frontal de la laguna es de constitución morrénica sumado a las filtraciones de desagüe podemos decir que si posee un relativo grado de peligrosidad (ver figura N° 08).

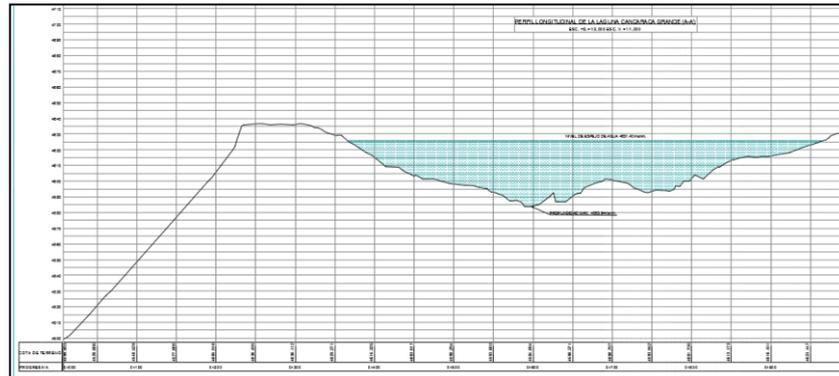


Figura N° 02: El perfil longitudinal de la laguna Cancarcá nos muestra la relación del ancho y el alto de la morrena frontal, esto sumado al desagüe por filtraciones es un indicador de peliario.

X. CONCLUSIONES

- La laguna Yanaraju posee un vaso estable, con una dinámica geomorfológica estable, y no representa peligro en las condiciones actuales.
- La laguna Cancarcá Grande por sus características actuales evidencia una dinámica activa, los taludes interiores del flanco izquierdo y las filtraciones producto del desagüe en la zona frontal lo catalogan como una laguna peligrosa, queda por determinar el grado de peligrosidad.

XI. RECOMENDACIONES

- En Cancarcá Grande es preciso realizar estudios de geofísica que permitan detallar la estructura completa del vaso, especialmente en el flanco izquierdo y la zona frontal.
- Realizar estudio de modelamiento de avalanchas y deslizamientos sobre la laguna Cancarcá Grande.
- Realizar estudios de geofísica que permitan detallar la estructura completa del vaso en la zona frontal de la laguna Yanaraju.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Francou & Pouyaud. (2004 - a). Métodos de observación de glaciares en los Andes tropicales. Curso 1:Definiciones – Fluctuaciones - Balance de masa - Dinámica - Balance mensual.(23), 29.

Francou & Pouyaud. (2008 - b). Balance de Masa de un Glaciar. pdf, publicación.

Frank, P. &. (2012). Modeling of glacier bed topography from glacier outlines, central branch lines, and a DEM. International Journal of Geographical Information Science, 1-18.

IPCC. (2001). Glosario de Términos: Anexo B, Tercer Informe de Evaluación. IPCC, 198.

Martinez, P. (2006). Procedimiento de topografía. Panama: Universidad Tecnológica de Panama.

Morales, B. (2014). Vocabulario Técnico en Investigación en Glaciares / INAIGEM. Huaraz: INAIGEM.

National Snow and Ice Data Center, (NSIDC - NASA). (2012). All about Glaciers: The Life of a Glacier; Glaciers Glossary. NSIDC: NASA Earth Observatory Reference: Global Warming., 1.

UGRH - ANA. (2014). Inventario de Glaciares de la Cordillera blanca. Huaraz: UGRH - ANA.

Zamaripa, M. (2010). Apuntes de topografía. Madrid: Facultad de Estudios Superiores Aclatan.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

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).

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).

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.