



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”

MONITOREO GLACIOLÓGICO EN EL GLACIAR HUILLCA Huaylas - Ancash

INFORME TÉCNICO N°08



foto: Oscar Vilca

Glaciar Huillca, 2016.

Huaraz, Mayo 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

MONITOREO GLACIOLÓGICO EN EL GLACIAR HUILLCA INVESTIGACIÓN EN GLACIARES

PERSONAL TECNICO QUE PARTICIPÓ EN EL INFORME:

Ing, Lucas N. Torres Amado.

Ing, Luzmila R, Dávila Roller.

Ing, Oscar Vilca Gómez.

**INDICE**

RESUMEN.....	4
I. GENERALIDADES.....	5
1.1 Introducción	5
1.2 Antecedentes	5
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 General.....	6
1.3.2 específicos.....	6
1.4 Ubicación y Acceso.....	6
II. METODOLOGÍA	8
2.1 Fase de pre campo	8
2.2 Fase de Campo.....	9
2.3 Fase de gabinete	11
III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA	13
3.1 Caracterización del ámbito de estudio.....	13
3.2 Recursos paisajísticos de interés ambiental, cultural, visual y patrimonial.....	14
IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	14
5.1 Geología regional.....	14
5.2 Geología local	15
5.3 Geomorfología regional.....	16
5.4 Geomorfología local	17
V. GLACIARES	18
VI. LAGUNAS.....	22
VII. ECOSISTEMAS	25
VIII. HIDROLOGÍA.....	26
IX. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS	30
X. RESULTADOS DEL MONITOREO DE GLACIOLÓGICO	30
10.1 Perforación de red de control en ablación.	31
10.2 Levantamiento Topográfico	31
XI. CONCLUSIONES	33
XII. RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
GLOSARIO DE TÉRMINOS	36



RESUMEN

Las investigaciones en la subcuenca Quitaracsa se iniciaron en los años 60, ejecutando los primeros trabajos de tipo geológico y geotécnico para el aprovechamiento del recurso hídrico y para ser utilizado en la generación de energía eléctrica aguas abajo.

En dicha quebrada se ubican 9 lagunas de especial importancia para la hidroeléctrica del Cañón del Pato. En ésta oportunidad este informe se enfocará de lleno a los trabajos realizados en la lengua glaciar Huillca, el cual forma parte del Pucajirca y del sistema Champará en el norte de Cordillera Blanca (Morales B. , 1966).

Se hablará muy superficialmente de las lagunas Safuna Alta y Baja, dado que éstas forman parte del mismo sistema y se encuentran al costado de la lengua glaciar Huillca y básicamente porque la información acopiada hasta el momento refiere a estudios en esa zona. El glaciar Huillca no formaba parte de ninguna red de monitoreo y consideramos importante realizar mediciones glaciológicas, con el objetivo principal de monitorear la evolución del glaciar, determinar tasas de desglaciación que nos permitan conocer la disposición del recurso hídrico en la zona, Dicha expedición se efectuó desde el 25 al 03 de mayo del 2016.

En la actualidad, el INAIGEM (como entidad encargada de la investigación en materia de glaciares, lagunas y recursos hídricos) propone el monitoreo del glaciar. Para ello ha implementado el glaciar Huillca, el cual cuenta con las condiciones de monitoreo glaciológico, el cual nos permitirá conocer el comportamiento de la pérdida de masa de hielo y ganancias en la zona de acumulación; es así y en este contexto que se ha dado inicio a los trabajos de tipo glaciológico integral, obteniendo mapas de control evolutivo de las lagunas, frente y superficie glaciar. Además, se instaló una red de control de balizas en el eje principal con 6 puntos de medición con 10 m de profundidad (perforación) en la zona de ablación, una perforación en la zona de acumulación y se ha establecido dos puntos base (hitos) para el control topográfico y 4 auxiliares dado la complejidad de las mediciones en el frente glaciar escarpado de la lengua glaciar.



I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

El INAIGEM, a través del equipo de Investigación en Glaciares, viene realizando inspecciones técnicas a glaciares con potencial de monitoreo y lagunas peligrosas en las 19 cordilleras nevadas del país, iniciando en esta oportunidad la inspección e implementación glaciológica en el ámbito de la Cordillera Blanca.

Desde Abril del 2016 se da el inicio al estudio y monitoreo de la lengua glaciar Huillca a través del método directo glaciológico integral.

1.2 Antecedentes

En 1966, el glaciar Huillca tenía las siguientes características; se encontraba a 4,083 m.s.n.m. y tenía una extensión aproximada de 2 Km x 400 m. de ancho y una pendiente media de 1 a 2 %. La pampa en general estaba exenta de muchas superficies pantanosas, rasgo común de la mayoría de las quebradas de la Cordillera Blanca. Por el centro corría un pequeño riachuelo que drena las aguas de la quebrada de Tayapampa y de la pequeña quebrada que baja del Pucajirca Norte, aguas que han erosionado considerablemente las morrenas que cerraban esta cubeta cortándolas hasta una profundidad aproximada de 40 a 50 m. (Morales B. , 1966).

En el año 2016, la lengua glaciar Huillca se encuentra a una altura de 4697,35 m.s.n.m. tiene un ancho de 335,6 m x 1.5 km. de longitud y una pendiente de 17,7% a 39,4% como máximo, sus drenajes discurren hacia la pampa Huillca y finalmente Tayapampa.

La quebrada Quitaracsa se encuentra al norte de la Cordillera Blanca y la que tiene mayor superficie de la cuenca en la región, con cerca de 400 km² de los cuales sólo 38 km² están cubiertas por el hielo. Esta cuenca está rodeada por los importantes campos nevados del Champará al Norte y los conocidos sistemas del Pucajirca, Alpamayo, Pilanco al Sur y Este respectivamente, La cuenca está limitada al Este por la divisoria continental de aguas y al Oeste por el río Santa al cual confluyen las aguas (Morales B. , 1966).

Históricamente, en la cuenca del río Santa, se conoce que por lo menos dos sismos han originado avalanchas de roca – hielo de gran magnitud y que tuvieron efectos catastróficos conforme se detalla a continuación:

El sismo del 31 de mayo del 1970, de magnitud de Ms = 7.8, dio origen a dos avalanchas de hielo – roca, del nevado Huascarán lado Norte (Electroperu, 1979).



La primera tuvo su desprendimiento originado en un farallón rocoso de la cota 5 400 – 6 200 m. s. n. m., que forma la cumbre del pico norte (Electroperu, 1979). La segunda avalancha de roca – hielo tuvo su origen en el glaciar 515 de un casquete glaciar colgado; que cayó entre las dos lagunas de Llanganuco (Chinancocha y Orconcocha) y represando la laguna Orconcocha (Llanganuco alta), este fenómeno tuvo los mismos mecanismos que el primer evento (Electroperu, 1979).

En ambos casos el origen fue el desprendimiento de las paredes rocosas, lo cual movilizó los glaciares sobre yacientes y parte de los glaciares inferiores. Entonces este fenómeno está regido por la mecánica de rocas en mayor proporción y no por los fenómenos glaciológicos; el hielo intervino como cuña y lubricante (Llibroutry, Schneider 1971). Se resalta que el sismo de 1970 no afectó a otros glaciares colgantes de la Cordillera Blanca, en forma tan grande como en el Huascarán, pero dejó sentir sus efectos; en la estabilidad de las obras de seguridad en varias lagunas (Electroperu, 1979).

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Implementación de la red de control en la lengua del glaciar Huillca.

1.3.2 específicos

- Perforaciones para instalar las balizas de madera para el control de ablación.
- Levantamiento topográfico del frente glaciar y superficie.
- Levantamiento topográfico de la evolución de las lagunas en formación.

1.4 Ubicación y Acceso

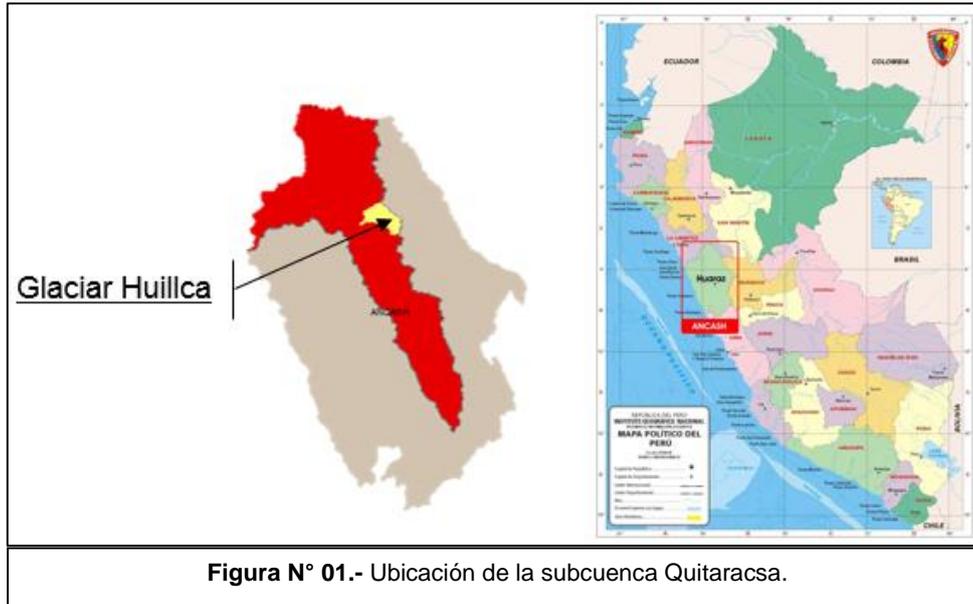
Ubicación:

La zona de estudio geográficamente está ubicada en la vertiente Oriental y Occidental de la Cordillera Blanca, cuenca del Río Santa y subcuenca del río Quitaracsa.

Políticamente se ubica en el distrito de Yuracmarca, provincia de Huaylas y departamento de Ancash (ver figura N°01).



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



Acceso:

Existen dos vías de acceso a la cabecera de la quebrada Quitaracsa, una es saliendo de la ciudad de Huaraz por el centro poblado de Shilla, vía túnel “Punta Olímpica”, hasta la ciudad de Chacas, luego hay dos caminos, el primero vía Lucma hasta Pomabamba y el segundo vía Piscobamba hasta Pomabamba, ambos caminos deben conducir hacia Palo Seco por vías afirmadas carrozables hasta la pampa Huillca; el tiempo de recorrido es de 16:40 horas para una distancia es 343 Km aproximadamente (ver figura N°02 y cuadro N°01)

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo (h)	Medio de Transporte
Huaraz – Cruce San Luis	Carretera Asfaltada	128.8	3:00 h.	Camioneta
San Luis – Palo seco	Carretera Afirmada	110.3	5:00 h.	Camioneta
Palo Seco – Pampa Huillca	Trocha Carrozable	31.4	1:50 h.	Camioneta
Pampa Huillca – Campamento base del Glaciar Huillca.	Camino de Herradura	66.5	4:00 h.	A pie
Campamento base del Glaciar Huillca – Lengua Glaciar Huillca.	Camino de Herradura	6.00	3:5 h.	
Distancia Total Recorrida		343	16:40 h.	
Cuadro N° 01.- Ruta de acceso hasta el glaciar Huillca.				

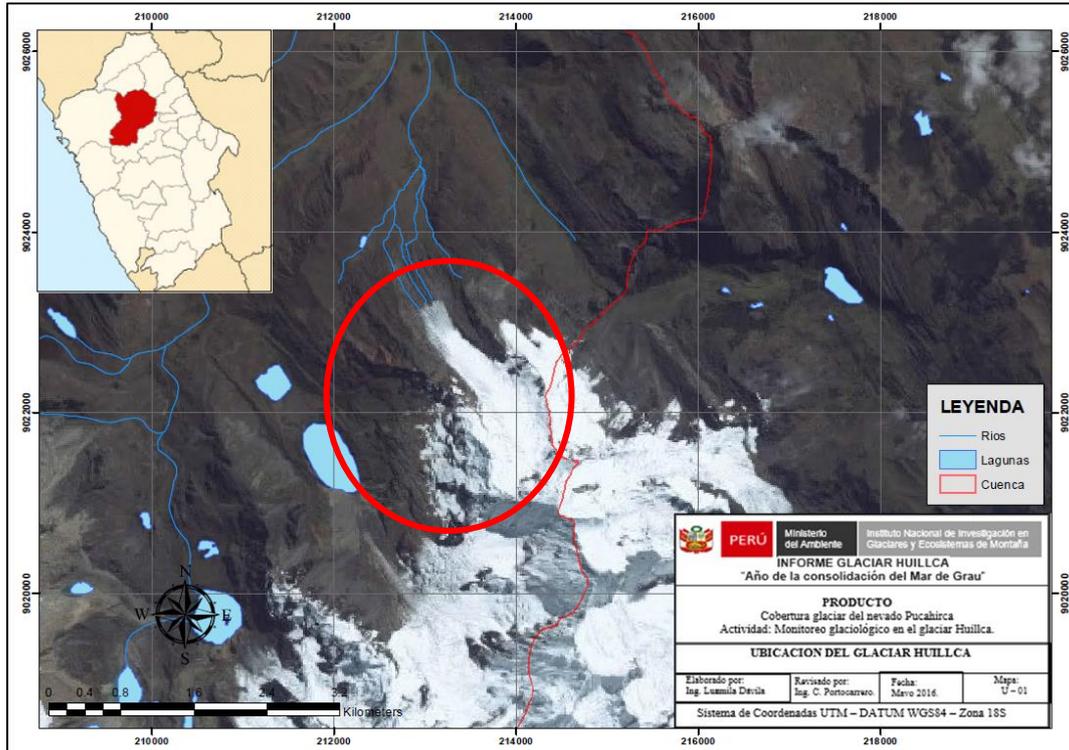


Figura N° 02.- Ubicación del glaciar Huillca.

II. METODOLOGÍA

La metodología empleada en la implementación glaciológica, 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 y del estudio de acuerdo a su nivel de ejecución; el objetivo principal es retomarlas mediciones glaciológicas en el glaciar Sullcón.

2.1.2 Elaboración del Plan de Trabajo

El Equipo Técnico del Instituto, formuló el plan de trabajo, todo ello de acuerdo a la programación de actividades aprobada por la Dirección de Investigación de Glaciares.

2.1.2 Recopilación y Análisis de la Información Existente

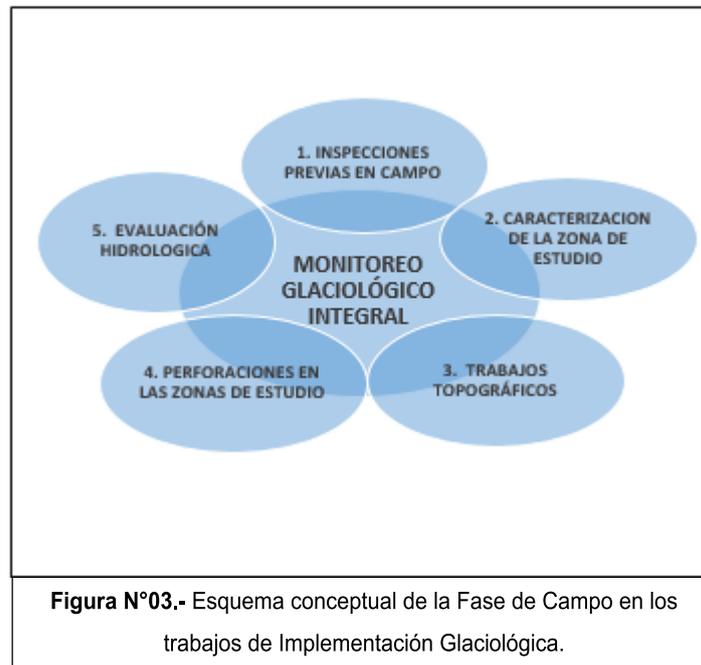
Esta etapa consistió principalmente en la identificación, compilación y análisis de la información existente de la zona de estudio.

2.2 Fase de Campo

En los trabajos de campo de implementación glaciológica, conceptualmente se considera los siguientes pasos: (ver figura N°03).

- Inspecciones previas en campo
- Características de la zona de estudio
- Trabajos topográficos
- Perforaciones en la zona de estudio
- Evaluación hidrológica

Algunas de las actividades se realizan en forma simultánea.

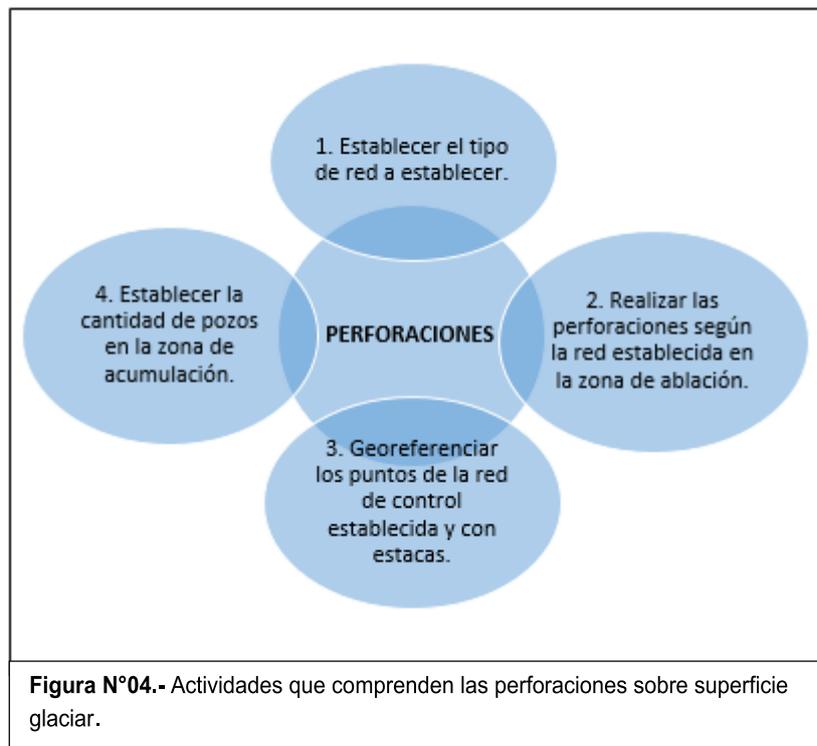


2.2.1 Recolección de Información

2.2.1.1 Perforaciones

Se efectúan en la superficie de un glaciar en monitoreo, se realizan en la zona de acumulación o ganancia (para medir la cantidad de nieve acumulada en la época de precipitación) y en la zona de ablación para insertar balizas (para medir la disminución de espesor que representa la pérdida de masa glaciar). Luego con el objeto de conocer con

bastante detalle las características planimétricas y altimétricas del glaciar es preciso llevar a cabo un levantamiento topográfico. De igual manera en vista de que se van a instalar muchas balizas considerando las dimensiones de la lengua glaciar, es necesario georeferenciarlas en un mapa para poder efectuar la evaluación de cada ubicación para el respectivo balance de masas y su velocidad de movimiento anual. Es recomendable realizar perforaciones en puntos establecidos previamente y mantenerlos para obtener información continua y confiable, que revele el cambio real del cuerpo de hielo (ver figura N°04).



2.2.1.2 Trabajos de Topografía

Consiste en la toma de información mediante equipos especializados, que nos permiten obtener mapas de la superficie glaciar y delimitar el contorno de la lengua glaciar, datos que nos permitirán conocer el retroceso glaciar, comparar el aporte de un periodo a otro (año hidrológico).

Para esta actividad es importante establecer puntos o hitos topográficos fijos, de donde se considera realizar las mediciones del

perfil (eje central del glaciar), mediciones de relleno sobre el glaciar, área del glaciar considerando su altitud y tamaño, es importante considerar trabajar con reestructuraciones fotogramétricas, para las zonas de acumulación que no se pueden acceder y georreferenciación de las balizas instaladas en la zona de ablación y acumulación.

Esta información nos permitirá conocer la evolución del glaciar en el tiempo, determinando volumen de agua que aporta en el periodo de medición (ver figura N°05).



2.3 Fase de gabinete

2.3.1 Trabajos de gabinete de topografía

Los trabajos de gabinete de topografía son:

- Transferir la información almacenada en la memoria de la estación total, mediante el programa Top Link Office.
- Procesar la información registrada e importada, obteniéndose una nube de puntos de todo el levantamiento topográfico.
- Posterior al procesamiento de la información, se establecen hojas de cálculo con los registros, las cuales se exportan al software de dibujo y se generan las curvas de nivel, perfiles longitudinales y transversales,



considerando equidistancias de 2 m las intermedias y de 10 m. las maestras.

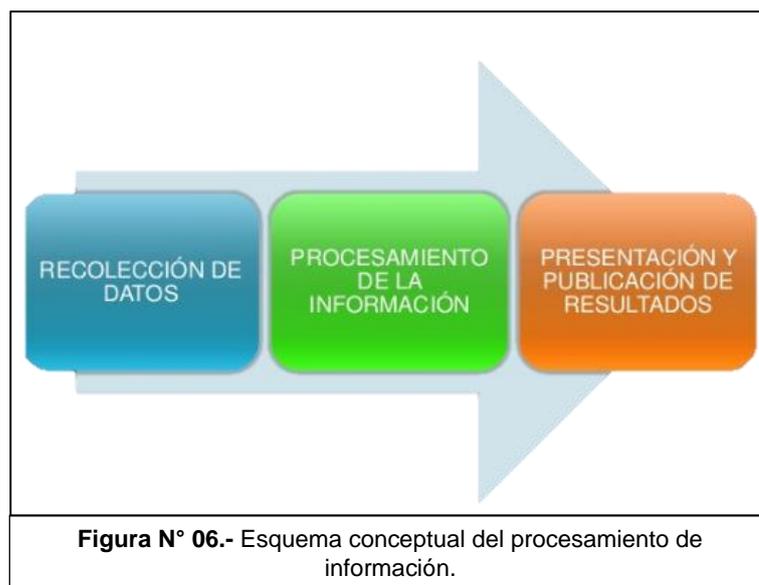
2.3.2 Trabajos de Perforación

Estos se van organizando a medida que se realizan las visitas a la zona de estudio y son:

- Recopilación de datos de ablación de cada baliza, se procesan y permiten conocer la tasa de fusión del glaciar.
- Recopilación de datos en acumulación de los pozos de densidad, al ser procesada se puede saber la cantidad de lluvia que se acumuló en dicho glaciar en el año hidrológico en estudio.
- Posteriormente ambas se utilizan para el cálculo en conjunto con la información topográfica para determinar fusión por m² sobre el área de estudio y finalmente los resultados se expresan en m³/seg., como aporte a la microcuenca.

2.3.3 Técnicas de procesamiento de información

La información recopilada durante los días de trabajo en campo, pasará por los siguientes procesos, con las siguientes herramientas técnicas para procesamiento (ver figura N° 06):



Para la realización de estos procesos, se utilizó software de diseño y dibujo como Autocad, ArcGis, Civil 3D, Office (Excel y Word).



Estas herramientas se utilizarán tanto para el almacenamiento de datos, procesamiento de la información, codificación, sistematización y obtención de los resultados.

2.3.4 Elaboración del Informe

Durante esta fase, se elaboró el informe de monitoreo glaciológico, el mismo que básicamente comprende el monitoreo glaciológico, así como aspectos hidrológicos y evaluación de peligros del área de estudio. Un álbum fotográfico acompañará el informe de implementación glaciológica.

III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

El glaciar Huilca, se encuentra en la sub cuenca Quitaracsa, de la vertiente del Pacífico, en el sector central de la Cordillera Blanca, dentro del sistema Santa Cruz, el cual tiene un total de 70.78 km² y representa el 13,41% de cobertura glaciar de toda la Cordillera Blanca; la subcuenca tiene una superficie de 387,12 km², y la superficie glaciar que tiene la sub cuenca Quitaracsa es de 21.70 km², la comparación de la superficie de la subcuenca con la superficie glaciar es de 5,6 %.

El mayor aporte en superficie de los glaciares con superficies mayores a un (1) Km² resulta indudable en los sistemas glaciares del sector central y sur de la cordillera (Santa Cruz, Huandoy, Huascarán, Huantsan, Chinchey), en tanto que en el extremo norte (Pelagatos, Pacra, Champará y Pilanco) los glaciares pequeños controlan la superficie de la masa total del sistema (ANA, 2014).

3.1 Caracterización del ámbito de estudio

La subcuenca Quitaracsa es una de las quebradas septentrionales de la Cordillera Blanca y la de mayor superficie en la región, con cerca de 400 km² de los cuales sólo 38 km² están cubiertas por el hielo. esta subcuenca está rodeada por los importantes campos nevados del Champará al norte y los conocidos sistemas del Pucajirca, Alpamayo, Pilanco al sur y este respectivamente, limita al este por la divisoria continental de aguas y al oeste por el río Santa al cual confluyen las aguas (Morales B. , 1966).

La zona de estudio representa en su generalidad superficies de puna que están a unas alturas que fluctúan entre los 4 000 y 4 800 m.s.n.m. y cuya morfología es típicamente glaciar. Se observa en toda la región restos y testigos de antiguas acciones del hielo a lo



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”

largo de las quebradas y pampas, ahora desprovistas del helado manto (Morales B. , 1966).

El glaciar Huillca, se encuentra ubicado dentro de la pequeña quebrada del mismo nombre, que a la vez se encuentra dentro de la quebrada Collota y subcuenca Quitaracsa, las aguas discurren por los pequeños poblados río abajo, como: Yanacocha, Rayan, Secsi, Tingo de siempre viva, Quitaracsa, Champará, Pachma alto y bajo, el río se denomina Quitaracsa, el cual es un afluente del río Santa (ver figura N°07).

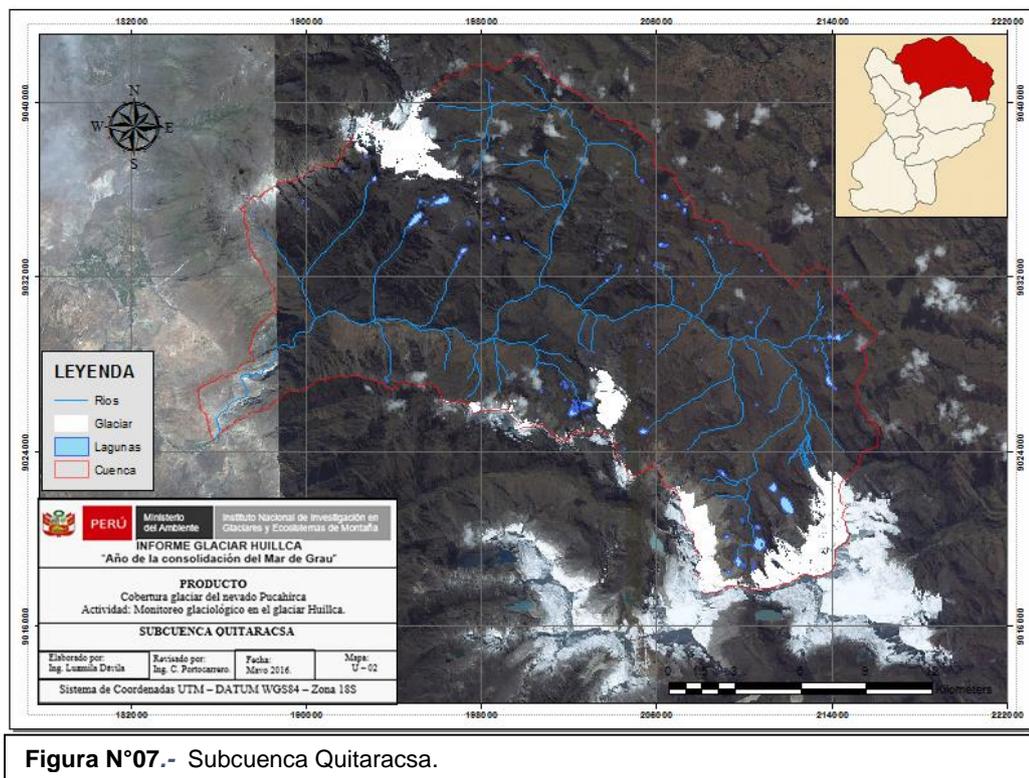


Figura N°07.- Subcuenca Quitaracsa.

3.2 Recursos paisajísticos de interés ambiental, cultural, visual y patrimonial

La quebrada Huillca congrega una serie de picos nevados del nevado Pucajirca norte, centro y oeste. Además dentro de la quebrada se encuentran los nevados Alpamayo, Pucarashta, Quitaraju, Pilanco, entre otros, que gozan de un atractivo turístico incomparable y muchas de las expediciones al Alpamayo se orientan por ésta zona.

IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

5.1 Geología regional

Regionalmente sobresalen las formaciones sedimentarias: Chicama, Chimú y Santa-Carhuaz y los depósitos cuaternarios, estos últimos conformados por depósitos coluviales, aluviales, glaciares y fluvio-glaciares, que incluyen a las morrenas, gravas y



arena. Asimismo, en la región está presente el Grupo Calipuy, y las rocas intrusivas representadas por el Batolito de la Cordillera Blanca, cuya litología corresponde a una granodiorita-tonalita de grano grueso.

5.2 Geología local

Las características de las inmediaciones del área de estudio en el glaciar Huillca, así como de las dos lagunas de Safuna alta y baja, bajo el glaciar Pucajirca, se encuentran en una secuencia alterna de cuarcitas, lutitas, areniscas y pizarras; con un rumbo NE-SW y buzamientos que varían de 50° a 80° hacia el NW (ver fotografía N°01).



Fotografía N° 01.- Se visualiza el frente glaciar sobre las formaciones rocosas dominantes de la zona de estudio.

La formación de la lengua glaciar se da en un espacio proporcionado por dos formaciones geológicas, conocidas como depósitos glaciares que están constituidas por rocas andesíticas, estas estructuras contribuyen a su conservación, observándose una contribución de detritos a la lengua glaciar en la parte elevada del glaciar.

El material de la masa glaciar está constituido por rodados de cuarcitas, areniscas y pizarras, de tamaño medio a pequeño predominantemente y que constituyen aproximadamente un 30% de la masa. La matriz o envolvente de estos rodados está formado por material arcilloso a arcillo arenoso, que constituye el 70% restante (Veliz, 1973). (ver fotografía N°02).



Fotografía N° 02.- Se observa la característica de Puna en los alrededores de la zona de estudio en el fondo de valle y en la microcuenca glaciar.

➤ **Aspectos estructurales:**

La estructura más grande, cercana a la subcuenca Quitaracsa, es la falla de la Cordillera Blanca, la cual se encuentra bastante lejana de la misma quebrada.

En el valle se observa presencia de rocas ígneas intrusivas, las cuales son dominantes en ese espacio, llegando a ser muy representativa en toda la quebrada, se superpone a la Formación Chicama y a algunos depósitos glaciares en la parte noroeste de la quebrada.

Las montañas ubicadas en las márgenes de la quebrada se caracterizan por presentar formaciones con fuertes buzamientos $>$ a los 70° de inclinación, y propiciando la activación de pequeñas cárcavas y fisuras que por saturación generan huaycos pequeños.

5.3 Geomorfología regional

Con respecto al paisaje geomorfológico en los alrededores del glaciar Huilca se evidencia que hubo una activa influencia dentro del paisaje por acción del comportamiento del hielo o procesos erosivos de origen glaciar (Morales B. , 1966), que



han cortado afloramientos compactos del gran batolito de la cordillera blanca, dando lugar a formas topográficas accidentadas con diferentes pendientes.

Regionalmente, las unidades geomorfológicas están representadas por cauces fondos de valle glaciar, lomadas y colinas, laderas de montaña, vertientes montañosas y nevados.

5.4 Geomorfología local

Morfológicamente, el glaciar Huillca, se ha formado entre dos estructuras geológicas, las cuales acompañan en toda la longitud de la lengua glaciar, las exposiciones de la roca que se puede observar hace las veces de morrenas laterales las cuales son estables, por intemperismo, éstas aportan a la lengua glaciar con material particulado; la misma dinámica del flujo ha pulido durante años el frente glaciar, así como se muestra en la fotografía, dejando descubierto afloramientos rocosos con fuertes pendientes (ver fotografía N°03).



Fotografía N° 03.- Muestra la roca pulida del frente glaciar durante el proceso de retroceso.

➤ Condiciones de Estabilidad

Las condiciones de estabilidad geodinámica en el entorno del glaciar Huillca, son variables:

El frente glaciar, el pico representativo del Pucajirca en el lado izquierdo se caracteriza por una acelerada pérdida de masa glaciar, dejando al descubierto afloramientos de roca ígnea en laderas de diferente pendiente, formando taludes escarpados en unos



casos, que en parte disipan la caída de bloques de hielo que se desprenden en la parte alta de los picos (ver fotografía N°04).

La lengua que sobresale es el glaciar Huillca, el cual cuenta con una longitud mayor a 1,5 km y más de 300 m de ancho, ésta es la plataforma de disipación en el caso de desprendimiento, deslizamiento de bloques inestables de hielo. Además esta lengua es de considerable magnitud en cuanto a su espesor, con una baja pendiente en la superficie.

Las morrenas laterales, actualmente se encuentran en condiciones de moderada a buena estabilidad, están en una etapa de erosión eólica e intemperismo, contribuyendo con material particulado a la lengua glaciar, si hay poca presencia de derrumbes, salvo el material que ya expulsó en glaciar de la base de roca por los flancos derechos e izquierdos.



Fotografía N°04.- Se observa la lengua glaciar con las formaciones rocosas como morrenas.

V. GLACIARES

La Cordillera Blanca presenta huellas muy marcadas de las glaciaciones pleistocénicas y holocénicas; este modelado se puede observar especialmente a partir de los 3 500 m.s.n.m., de altitud con la presencia de circos glaciares, depósitos morrénicos, valles en forma de “U”, superficies rocosas bien pulimentadas y lagunas glaciares.



Durante varios periodos de retroceso y avance, los glaciares han depositado numerosos grupos de morrenas ubicados en diferentes altitudes, evidenciando varios periodos y niveles de actividad glaciar. Estos eventos existentes en la Cordillera Blanca han sido materia de estudios y apreciaciones por muchos investigadores, desde la década del año 40 (ver cuadros N°02 y 03) (Electroperu, 1979).

EDAD	DEPÓSITOS	UBICACIÓN ALTITUDINAL (m.s.n.m.)
Siglo XX	Morrenas lateral – terminal (sólo – múltiple)	4 600 – 4 800
Little Ice Age (finalizando el siglo 19)	Morrena lateral – terminal (sólo – múltiple)	4 400 – 4 600
Neo glaciar	Morrena lateral terminal	4 200 – 4 400
Wisconsin tardío reavencas	Morrena lateral - terminal	3 400 – 4 300
Wisconsin tardío (máximo)	Morrena lateral - terminal	3 100 – 4 200

Cuadro N° 02.- Secuencia de depósitos glaciar y su ubicación altitudinal aproximada en la Cordillera Blanca por M. Clapperton en 1981, (Electroperú, 1979).

Modelo Alpino	Modelo Norteamericano	Inter /Glaciar	Periodo (Ka)	Estadio Isotópico Marino (MIS)	Época
		Interglacial	Presente - 10	MIS 1	Holoceno
Wurm	Wisconsinan	periodo glacial	15 -70	MIS 2 - 4 & 5 a -d	
Riss - Wurm	Sangmom	Interglacial	110 - 130	MIS 5e	Pleistoceno Superior
Riss	Illinoian	periodo glacial	125 - 200	MIS 6	
Mindel - Riss	Yarmouth	Interglacial	200 - 425	MIS 7	
Mindel	Kansas	periodo glacial	240 - 455		Pleistoceno Medio
Gunz - Mindel	Aftonian	Interglacial	455 - 620		
Gunz	Nebraskan	periodo glacial	620 - 680		Pleistoceno Inferior

Cuadro N° 03.- Secuencia de depósitos glaciar y su ubicación altitudinal aproximada en al codilleras Blanca (Clapperton, 1993).

DENTON et al. (1986 en CLAPPERTON & SUGDEN, 1988) concluyen que la causa más importante para las fluctuaciones climáticas durante el holoceno, se debe a variaciones en la actividad solar. El mínimo de Maunder (episodio más reciente de reducida actividad solar) se vincula a la Pequeña Edad del Hielo (PEH), periodo con bajas temperaturas a escala global, donde los glaciares avanzaron (BENN & EVANS, 1998). CLAPPERTON & SUGDEN (1988), lo sitúan entre los siglos XII y XIX para América del Sur y la Antártica, mientras LLIBOUTRY



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”

(1998), sitúa su inicio, para Europa e Islandia en 1570, y para la Patagonia entre los años 1600 y 1614.

La lengua glaciar del Huillca, tiene al año 2016 una altitud de 4697 m.s.n.m., la parte del término de la lengua es abrupta, con elevados escarpes de hielo sobre una formación rocosa pronunciada, en la superficie glaciar hacia la parte superior se tiene un ancho de 335,6 m en promedio de toda la lengua glaciar y una longitud aproximada de 1,5 km. se ha encontrado pendientes desde 17,7% a 39,4% como máximo, sus drenajes discurren hacia la pampa Huillca y finalmente a Tayapampa (ver fotografías N°05 y 06).



Fotografía N° 05.- Se observa hielo escarpado y fracturado que se está desprendiendo de la lengua glaciar.



Fotografía N°06.- Se muestra el frente del glaciar, donde se puede constatar el fuerte buzamiento y la no presencia de laguna.

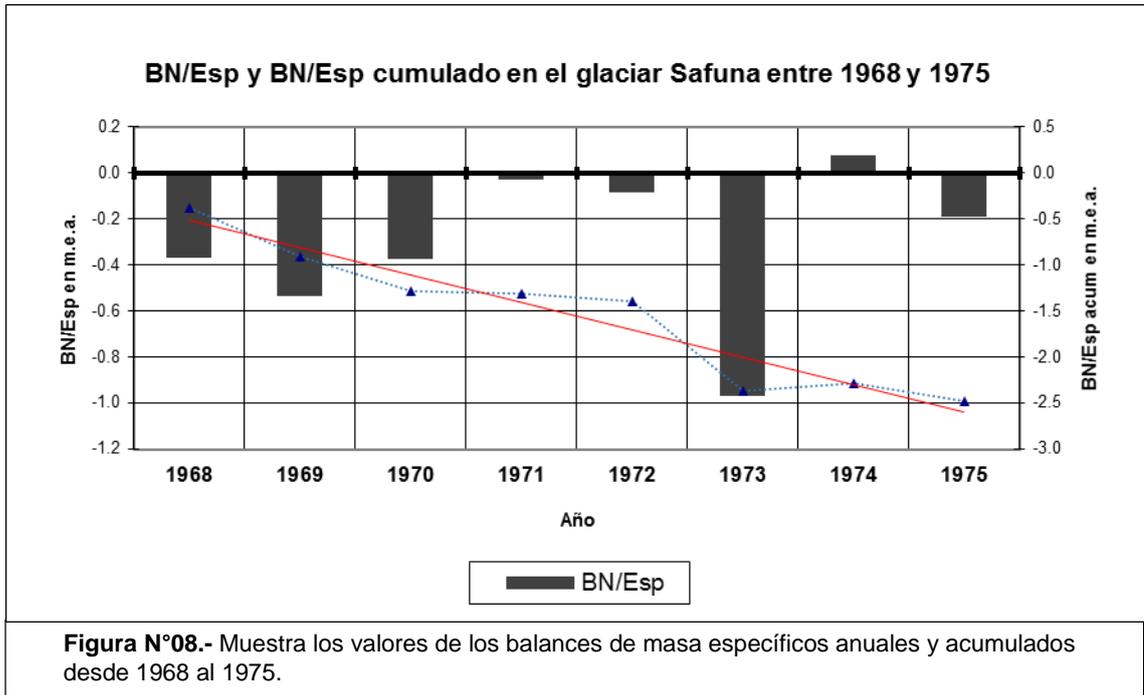


Figura N°08.- Muestra los valores de los balances de masa específicos anuales y acumulados desde 1968 al 1975.

En la zona no se tiene mayor registro de trabajos sobre estudios glaciológicos, pero cabe mencionar que en 1967, la Corporación Peruana del Santa, decidió contratar a la firma consultora Coyne et Belier, que trajo dentro de su panel de profesionales al Prof. Dr. Luis Lliboutri, conocido glaciólogo internacional, iniciándose con los estudios de precisión efectuados por profesionales peruanos, para conocer en detalle el comportamiento del glaciar del Pucajirca, donde se tiene registrado, que se han efectuado tres tipos de perforaciones (rotativas, mecánicas y térmicas) que se realizaban en esos años, en la primera se obtuvo una profundidad de 154 m. de espesor (Soto, 1986).

En líneas generales el glaciar Pucajirca, que da origen a la lengua glaciar Huilca, se clasifica morfológicamente como un glaciar simple, su formación está dada en una sola cuenca de alimentación en la cual se acumula las precipitaciones sólidas y con una lengua neta por donde se evacua el excedente de precipitación hacia las zonas más bajas. Por su gradiente térmico se clasifica a éste glaciar como un glaciar temperado, lo que nos indica la sensibilidad a la fusión de dicho volumen de hielo. El glaciar Pucajirca que origina la laguna Safuna presenta una lengua evacuatríz (Oberti, Febrero, 1972.) Los trabajos glaciológicos con metodología directa realizados en éste glaciar se realizaron desde 1968, realizándose labores de perforaciones mecánicas y térmicas en la lengua del glaciar, colocación de balizas de control en dicha zona, control de balance específico de las zonas de ablación y acumulación, levantamientos topográficos, pruebas de densidad para conocer el equivalente



en agua de las capas de hielo, control del frente glaciar para determinar el retroceso glaciar (ver cuadro N°04 y figura N°08).

AÑO	BALANCE DE MASA (m/año)	ELA (msnm)	COEF. ACT. (mx100m)	ESPESOR DEL GLACIAR (m)	VOLUMEN (m3/año)
1968 - 1969	109.72	4773.395	3.92	135	
1969 - 1970	106.39	4819.327	3.26		
1971 - 1972	172.77	4774.669	2.62	147,80	1 088, 628
1972 - 1973	204.33	4752.538	1,49	135,00	
1973 - 1974	156.16	4676.080	3.18		
1974 - 1975	12.89	NO	0.58		
1975 - 1976	97.65	NO	1.09		

Cuadro N° 02.- Valores de balance de masa específico, acopiado desde 1968 al 1976 en el glaciar Pucajirca.

Dinámica Interna y sus efectos en el Área Glaciar

Teniendo en cuenta que por las influencias de las condiciones meteorológicas reinantes en los últimos años, se están produciendo cambios notables en las masas glaciares de nuestras cordilleras nevadas, presentamos un estudio comparativo de algunas de las consecuencias que afectan al cambio climático de los campos de hielo, cual es la formación de la laguna Safuna Alta, las alteraciones que se producen en ella y la reducción del volumen del ventisquero del Pucajirca norte, situada en una quebrada transversal del valle del Santa Interior (Soto, 1986).

Se realizaron estudios en la laguna Safuna Alta y el glaciar Pucajirca, desde 1967 a 1986, donde se evidenciaba la ablación acelerada y de crecimiento violento de la lengua glaciar del glaciar Pucajirca, evidenciando que hasta ese momento no había estudio alguno en los Andes peruanos que evidenciase ese fenómeno, como en Pucajirca (Soto, 1986). Otra es la Historia al 2016, las lenguas glaciares han disminuido notablemente, en el glaciar Huilca según reportes de la Corporación Peruana del Santa, y datos actuales, la lengua glaciar ha disminuido en la longitud un promedio de 0.5 km. y en ancho 50 m. aproximadamente.

VI. LAGUNAS

La Cordillera Blanca cuenta con un total de 830 lagunas inventariadas al año 2003, esta cantidad de cuerpos de agua representan una superficie de 57.6 Km² (ANA, 2010). El gran potencial hídrico de sus cuencas hidrográficas y la gran incidencia de desastres asociados a la dinámica de los glaciares y lagunas propiciaron a partir de los años 1940 la investigación glaciológica en el Perú. (Zapata, 2002; Zamora, 1983).

En general, el origen de las lagunas que hoy aparecen como cubetas estuvieron asociadas al periodo neoglacial y probablemente sus drenajes naturales se produjeron por causas propias



de su evolución quizás asociadas a cambios notables en las condiciones climáticas y/o sismos de regular intensidad debido a las activaciones de las fallas del borde occidental y oriental de la Cordillera Blanca (Electroperu, 1979). También hay presencia de lagunas con diques morrénicos, los cuales se forman cuando el glaciar al desplazarse pendiente abajo, arrastró roca subyacente de diversos tamaños, que sirve de material abrasivo para erosionar la roca base y excavarlo empujando este material en su frente, que cuando se produce un cambio climático importante modifica su comportamiento, es decir, la velocidad de fusión supera a la velocidad de avance, entonces el frente glaciar se retira de su desplazamiento anterior, dejando aislada la morrena y una depresión central, dando origen a una laguna con dique morrénico (Electroperu, 1979).

Este tipo de lagunas son más comunes en la Cordillera Blanca y constituyen un peligro potencial, cuya erosión ha causado frecuentes aluviones en los últimos 70 años, como son los casos de las lagunas Palcacocha (1941), Arteza (1938 y 2012), Jancarurish (1950), Artesonraju (1951) y Pacliash (1952 y 1982).

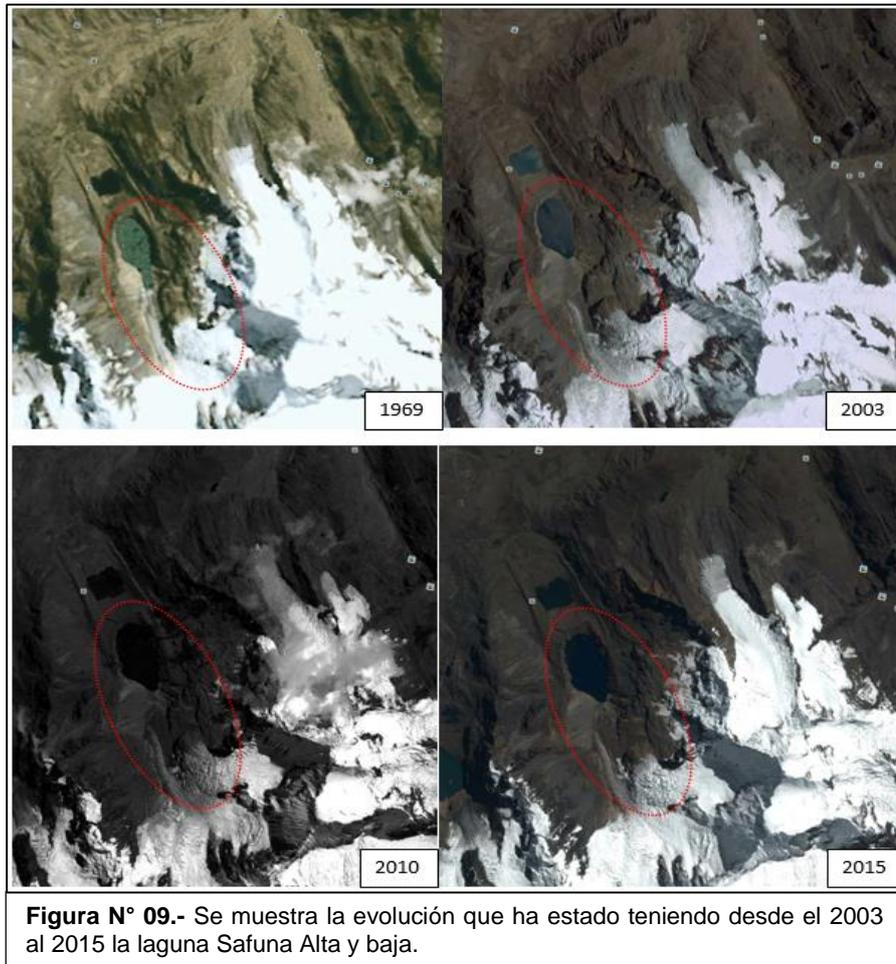
En la mayoría de los casos, el proceso de formación de las lagunas se realiza en forma progresiva. Inicialmente se forman charcos sobre la superficie de una lengua glaciar (lagunas supra glaciares), y cuando se produce un cambio climático importante acelera el derretimiento y por lo tanto el crecimiento de la laguna; así por ejemplo, tenemos la laguna Llaca, esta laguna aún se encuentra en formación, está acompañada de escombros de roca que han sido transportados por la dinámica glaciar y aportes laterales de las morrenas (ver figura N°09) (Electroperu, 1979).

El glaciar Huillca, es parte del sistema Pucajirca, no existe una laguna en la terminación de la lengua glaciar, sin embargo consideramos importante mencionar a las lagunas Safuna Alta y Baja, dado que son de origen glaciar y forman parte del mismo sistema.

El último arco morrénico que delimita la laguna de Safuna Alta, es el más prominente, con una altura media de 150 a 200 m., con el talud exterior de 40 a 50 grados e interior de 70 a 75 grados (ver figuras N°09 y 10).

La formación de la laguna Safuna Alta es uno de los fenómenos de crecimiento más rápido que se conoce en la Cordillera Blanca. Es alimentado por las aguas producto del retroceso glaciar de Safuna, desaguando sus aguas mediante infiltración hacia la laguna Safuna Baja, lo cual drenan a través de la quebrada Quitaracsa, confluyendo al río Santa, a la altura de la central hidroeléctrica de Huallanca.

La naturaleza del material está constituida por rodados de cuarcita, arenisca y pizarra, de tamaño medio a pequeño predominantemente y que constituyen aproximadamente el 30% de la masa. La matriz o envoltorios de estos rodados están formados por material arcilloso a arcillo-arenoso, que constituye el 70% restante. Esta dominancia y poca consolidación del envoltorio le da el aspecto de poca estabilidad al dique morrénico natural (Veliz, 1973).





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”

VII. ECOSISTEMAS

En los alrededores del glaciar Huillca, 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 que la actividad económica más importante es el pastoreo, seguido por el turismo.

Entre los servicios ambientales más importantes tenemos a los nevados, pajonales, bofedales y pastizales (ver fotografías N°07 y 08).



Fotografía N° 07.- Se observa pastizales, presencia de tarwi o chocho silvestre, al costado de la morrena terminal glaciar.



Fotografía N° 08.- Se observa el pastoreo como una de la actividad más importantes en la zona, además la presencia de bofedales.



Los bofedales, los pajonales y los bosques relictos son importantes por el gran potencial hídrico que representan y como hábitat de un sinnúmero de especies de flora y fauna que representan una gran biodiversidad. Durante los trabajos de campo se ha observado que los nevados presentan tres importantes variables ambientales: una por constituir importantes reservas de agua almacenada en grandes masas de hielo que en forma permanente alimentan los torrentes, quebradas que sirven para garantizar las diferentes actividades que se desarrollan en la subcuenca y el tercero es la oferta paisajística para desarrollo económico de la zona con la presencia de imponentes glaciares como el Pucajirca, Alpamayo, entre otros y finalmente desde el punto de gestión del riesgo, analizando el entorno del glaciar Pucajirca, 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, este no es el caso del glaciar Huillca, dado a que las formaciones geológicas de la base del glaciar no presentan formación alguna de lagunas de origen glaciar, sin embargo no se descarta que cotas superiores o más arriba se forme nuevas lagunas por retroceso glaciar.

Es importante mencionar que las aguas que se almacenan en los glaciares y lagunas de la subcuenca Quitaracsa, se utilizan también para la producción de energía eléctrica y en 1983 ya se pensaba realizar represas y proyectos de derivación, sin embargo ENERSUR, desde el año 2005, ya había efectuado estudios para concretar proyectos como túneles y represas para abastecer de agua a la central hidroeléctrica de Quitaracsa.

VIII. HIDROLOGÍA

Con la finalidad de realizar un balance hidrológico en el ámbito de la microcuenca Huillca, conviene trabajar en la escala del año hidrológico (septiembre - agosto) o de las dos épocas climáticas principales del año, la época seca o de estiaje (mayo a agosto) y la época de lluvia (inicio: septiembre - diciembre, fin: enero - abril), esto según el comportamiento de la precipitación media total mensual de 16 estaciones en la cuenca del río Santa. (Fuente: Glaciares y Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Santa - IRD, 2003).

El río Quitaracsa desde su nacimiento en la laguna del mismo nombre tiene una longitud aproximada de 45.5 Km, toma tres denominaciones al inicio como río Tayapampa, río Collota y desemboca como río Quitaracsa, su área de drenaje es de 387 Km². (ver figura N° 09).

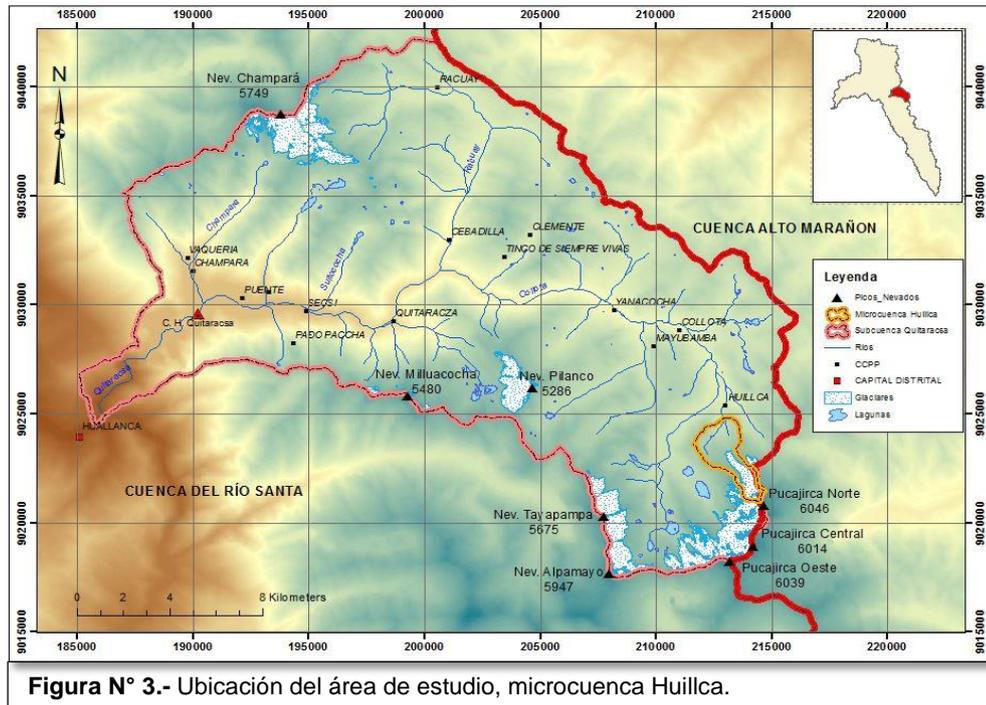


Figura N° 3.- Ubicación del área de estudio, microcuenca Huilca.

7.1 Microcuenca Huilca

La microcuenca Huilca está situada en la cabecera de la subcuenca Quitaracsa, por el norte limita con un bofedal y el caserío de Huilca, por el sur con el nevado Pucajirca, por el este con la quebrada Yanta Quenua, por el noroeste con la quebrada Tayapampa y por el oeste con las lagunas Safuna. (ver figura N° 10).

Esta microcuenca fue objeto de diferentes estudios con la finalidad de obtener información para la construcción de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa, existe información de caudales en la zona más baja antes de la confluencia con el río que discurre por la quebrada Tayapampa, esta información una vez analizada permitirá comparar los caudales en el pasado y presente.

Los drenajes de la microcuenca se ramifican debido a la estratificación y los plegamientos del basamento rocoso que predomina en la zona del frente glaciar. Este aspecto se debe tener en cuenta en un balance hidrológico a fin de cuantificar las pérdidas.

El ramal ubicado a la margen izquierda de la microcuenca posee un área de aporte de 1,4 Km² a la vez contiene una laguna de 138 m. de largo y 56 m. de ancho aproximadamente, esta laguna hidrológicamente se alimenta en los meses húmedos



(diciembre – abril), el aporte de esta zona a la microcuenca en los meses secos es un aspecto que debe evaluarse.

El ramal del drenaje ubicado en la margen derecha de la microcuenca es un aporte proveniente de un afloramiento; el día de la visita al lugar se estimó un caudal aproximado de 600 l/s, caudal sin presencia de lluvias, lo que indica que se trataría de aporte directo de la fusión glaciar, dado la ubicación del afloramiento cerca al límite de microcuenca, queda por determinar de dónde proviene el aporte hídrico, este aspecto hará complejo el estudio de un balance hidrológico dentro de la microcuenca, sin embargo podría tratarse de agua del glaciar Huillca que infiltra aguas arriba y aflora por medio de los plegamientos del lecho rocoso.

7.2 Parámetros morfológicos

Superficie

CUENCA	Área Km ²	%
Sin Glaciar	3.38	69
Con Glaciar	1.52	31
TOTAL	4.90	100

Tabla N°01.- Área correspondiente a cada zona, microcuenca Huillca.

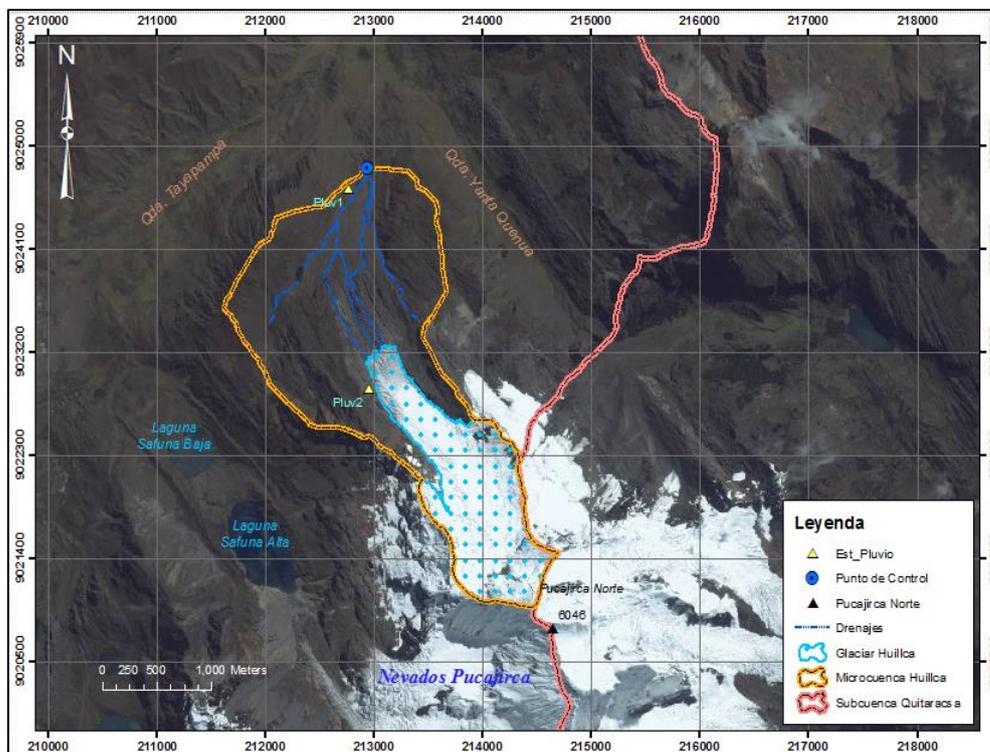


Figura N° 4.- Microcuenca Huillca.



Factor de forma

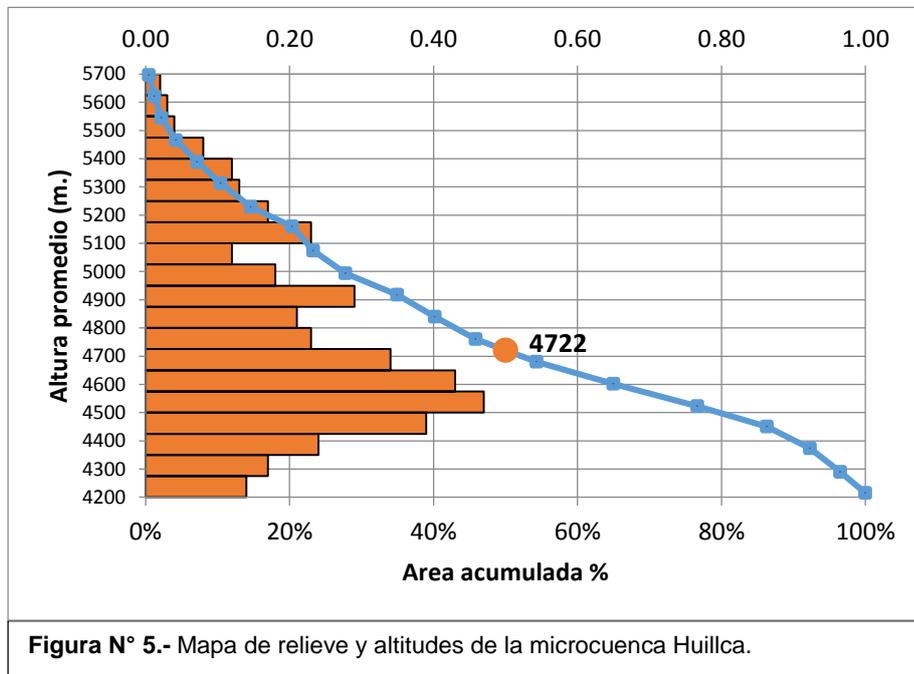
A (Km2)	L (Km)	Lp (Km)	Am (Km)	F _f
4.90	7.15	1.87	0.69	0.36

Tabla N° 01. Factor de forma.

El factor de forma es igual a 0.36, este valor nos indica que la microcuenca tiene una respuesta rápida a crecientes, esto se debe tener en cuenta para el diseño del vertedero en la estación de control hidrológico.

Altitud media de la microcuenca Huillca.

Una forma de representar la inclinación o pendiente (declividad) de una cuenca es mediante un estudio de la variación de elevación de los terrenos con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser representada mediante una curva hipsométrica que indica el porcentaje del área de la cuenca que se encuentra por encima o debajo de una altura considerada. Para la microcuenca en estudio se ha trazado la curva hipsométrica, distribuyendo el área de acuerdo a su altitud, los valores correspondientes se pueden apreciar en la Tabla 04, donde se señalan las áreas por debajo y por encima de una determinada altitud, (ver figura N°11).





Según la Figura N° 11 observamos que la microcuenca Huillca tiene una altitud media de 4722 m.s.n.m., cercano a la cota del frente glaciar que se sitúa a 4706 m.s.n.m. aproximadamente; este aspecto es importante dado que el objetivo en sí, es evaluar el comportamiento del glaciar dentro de la microcuenca y necesitamos la respuesta hidrológica del caudal que discurre producto de la fusión del glaciar.

La distribución en altura es predominantemente sobre los 4800 m.s.n.m., debido a la presencia del nevado Pucajirca.

Por sus características morfológicas la microcuenca Huillca se considera compleja para el estudio y análisis del comportamiento hidrológico del glaciar.

IX. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

En la quebrada Huillca, existen evidencias de deslizamientos y huaycos durante el recorrido por la carretera hacia la pampa Huillca.

La base donde se encuentra ubicada la lengua glaciar, está conformada por roca, de manera que no hay morrenas generadas por erosión propia de la dinámica glaciar, sino más bien se evidencia roca pulida en el trayecto al glaciar, debido a los cambios que se han dado sobre el glaciar; se puede evidenciar el gran aporte de material particulado de los laterales del glaciar generados por intemperismo de la roca que al parecer se debe a una mayor dinámica y transporte de detritos desde las superficies laterales de la lengua glaciar hacia el valle.

Respecto a bloques colgantes de hielo en los nevados que se encuentran en la quebrada, existe presencia de los mismos en el flanco izquierdo de la lengua (cerca al pico principal del Pucajirca), pero la longitud de la lengua glaciar, permite la disipación del material de hielo que eventualmente podría desprender o deslizarse de la parte alta, dada estas razones, y al no contar con una laguna en el frente glaciar podemos asegurar, que no se generará mayor problema.

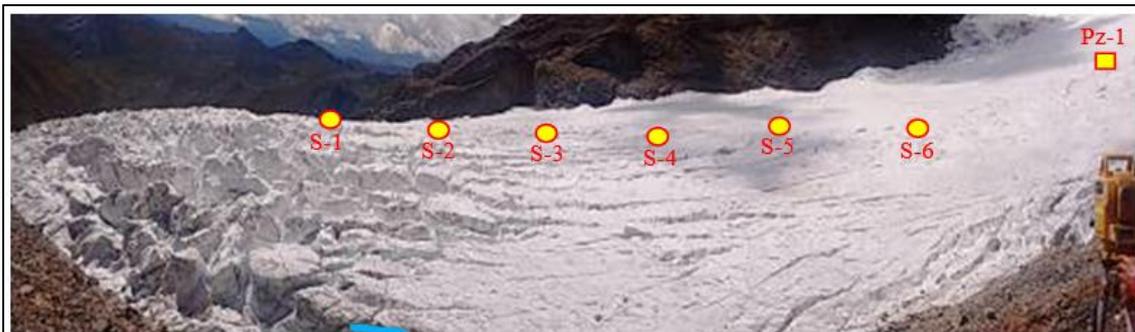
X. RESULTADOS DEL MONITOREO DE GLACIOLÓGICO

El glaciar Huillca es un cuerpo de hielo expuesto, en términos de caracterización y evaluación de la zona de estudio para un monitoreo directo, el glaciar cumple con las condiciones para ser monitoreado, dado que el frente glaciar está definido, su aguas discurren hacia una sola quebrada, el acceso al glaciar dura aproximadamente 3 horas, y las acémilas hacen un acercamiento hasta 80 m. del glaciar.

10.1 Perforación de red de control en ablación.

Se realizaron 6 perforaciones en la zona de ablación y una en la zona de acumulación, obteniéndose la siguiente información (ver tabla N°05, fotografía N°10, mapa N°01, ubicación de balizas en anexos).

Balizas	Coordenadas UTM		Altura	Emergencia (m)	Longitud de la perforación (m)
H - 01	213296 E	9022881 N	4843	0.20	10
H - 02	213331 E	9022819 N	4859	0.15	10
H - 03	213366 E	9022755 N	4874	0.05	10
H - 04	213404 E	9022698 N	4891	0.26	10
H - 05	213466 E	9022627 N	4903	0.705	10
H - 06	213605 E	9022475 N	4960	0.05	10
Pozo N°01	213772 E	9022318 N	5030	4	2
Fecha Inicial	27/04/2016				
Tabla N° 05.- Ubicación, nomenclatura de balizas y emergencia de la red de control en ablación y acumulación.					



Fotografía N° 1.- Vista de la lengua glaciar y la posición aproximada de las balizas implementadas en la zona de ablación.

10.2 Levantamiento Topográfico

El trabajo de campo se inició con el reconocimiento del terreno y ubicación de las bases topográficas que fueron monumentadas con 2 bases topográficas, que serán usadas para el control, horizontal y vertical; estos puntos llevan un anclaje de perno empotrado en el bloque de concreto, las nomenclaturas que llevan los puntos son: B-1 y B-2; para la obtención de sus coordenadas relativas de las bases se utilizó un rastreador satelital GPS Navegador marca “GARMÍN OREGON 650”; estas bases se usaron para realizar el levantamiento topográfico de la superficie, perímetro, georreferenciación de las balizas (ver figuras N°12 y 13).



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



DESCRIPCIÓN DE PUNTO BASE			
NOMBRE/NUMERO:	PROYECTO:	LOCALIDAD:	
B - 1	Glaciar Huilca	Huilca	
LOCALIZACIÓN			TIPO MONUMENTO
Dpto.: Ancash	Prov.: Huaylas	Dist.: Yuracmarca	Concreto
NORTE	ESTE:	ELEVACIÓN ELIPSOIDAL	DATUM
9023256.003	213271.945	4701.035	WGS 84
LATITUD	LONGITUD	PROYECCIÓN	FECHA
08° 49' 37.75" S	71° 36' 23.65" W	U.T.M. Zona 18	27/04/2016

Figura N° 7.- Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N°02) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.



XI. CONCLUSIONES

- Se ha implementado el glaciar Huillca para su monitoreo, instalando una red de control compuesta de seis balizas en el eje central, cada una con una perforación de 10 metros, con una cota mínima de 4,697 m.s.n.m. y una máxima de 5,026 m.s.n.m. en las perforaciones.
- Se obtuvo el mapa topográfico de planta, perfil longitudinal y la superficie de la lengua glaciar Huillca, a escala 1:2000; el levantamiento topográfico cubrió una superficie de 28,857 hectáreas de área glaciar, Se observó una pendiente de 25.9%.
- Se logró instalar dos puntos topográficos como bases y 4 puntos auxiliares de apoyo para el control y monitoreo en el área de estudio.
- La microcuenca Huillca no cumple con las condiciones apropiadas para el monitoreo hidrológico, dado la complejidad de sus características geológicas y la presencia de bofedales bajo los drenajes que discurren del aporte glaciar.

XII. RECOMENDACIONES

- Realizar mediciones periódicas de por lo menos dos veces al año, con la finalidad de llevar un control de ablación en el glaciar.
- Continuar con el monitoreo topográfico del glaciar Huillca, para generar información como altura de ablación, dinámica del movimiento de la lengua glaciar, dirección de movimiento y la distancia de retroceso del frente glaciar.
- Es indispensable contar con un DEM de alta resolución, con la finalidad de realizar cálculos de volúmenes en los bloques de hielo del nevado Pucajirca.
- Se recomienda la implementación de una estación meteorológica a fin de evaluar el comportamiento climático en la zona de estudio.
- Se recomienda la instalación de dos pluviómetros totalizadores en la zona de estudio.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2014). INVENTARIO DE GLACIARES D ELA CORDILLERA BLANCA. Huaraz: ANA.
- ANA, U. (2010). Inventario de lagunas de la Cordillera Blanca. Huaraz: UGRH.
- Claperton. (1993). Quaternary Geology and Goemorphology of South America. El sevier, 779.
- Electroperu. (1979). Estudio Integral para el Aprovechamiento de la cuenca del Río Santa, Informe general de la investigación Geologicas, Topograficas y los estudios Glaciologicos en toda la cuenca "Informe B - 4" Vol III "Glaciología". Sao Paulo: HIDROSERVICE.
- Francou & Pouyaud. (2004 - a). Métodos de observacion 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, publicacion.
- Francou, B & Pouyaud, B. (2004). MÉTODOS DE OBSERVACIÓN DE GLACIARES - IRD. Francia: GLACIOGLIM.
- INGEMMET. (1995). GEOLOGÍA DE LOS CUADRANGULOS DE PALLASCA, TAYAPAMPA, CORONGO, POMABAMBA, CARHUAZ Y HUARI (17h,17i, 18h, 18i, 19g, 19i). Lima: INGEMMET.
- IPCC. (2001). Glosario de Terminos: Anexo B, Tercer Informe de Evaluación. IPCC, 198.
- Lliboutry & Schneider. (1970). Evaluación de los riesgos teluricos en el callejón de Huaylas, con vista a la reubicación de poblaciones y obras públicas. . Lima: UNESCO ELECTROPERU.
- Martinez, P. (2006). Procedimiento de topografía. Panama: Universidad Tecnologica de Panama.
- Morales, B. (1966). GEOLOGICO - GLACIOLOGICO DE LA CUENCA SUPERIOR DE QUITARACSA. Lima.: Corporacion Peruana del Santa.
- Morales, B. (2014). Volculario Tecnico 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 Glosary. NSIDC: NASA Earth Observatory Reference: Global Warming., 1.
- Oberti, L. (Febrero, 1972.). Estudios Glaciologicos - Glaciar de Safuna. Huaraz.: Corporación Peruana del Santa - Electroperu S.A.C.
- Soto, H. d. (1986). BOLETIN OFICIAL N°01, INSTITUTO NACIONAL DE GLACIOLOGÍA. Lima.: INSTITUTO NACIONAL DE GLACIOLOGÍA.
- Topcon. (2006). Manual de Instrucciones de estacion total. Japón: Topcon.
- Veliz, J. (1973). Laguna Safuna - Estudios Geologicos complementarios para el desquinche de la Morrena Frontal. Huaraz.: Electroperu S.A.C.



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”

- Veliz, J. (1973). Laguna Safuna - Estudios Geologicos Complementarios para el desquinche de la Morrena Frontal. Huaraz.: Electroperu S.A.C.

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 glacial 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 glacial 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.