



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 LLACA Huaraz – Ancash

INFORME TÉCNICO N°03



Foto: Oscar Vilca

Glaciar Llaca, 2016.

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. Lucas N. Torres Amado.

Ing. Luzmila R, Dávila Roller.

Ing. Oscar Vilca Gómez.



INDICE

RESUMEN.....	5
I. GENERALIDADES.....	6
1.1 Introducción	6
1.2 Antecedentes.....	6
1.3 Objetivo	6
1.3.1 General	6
1.3.2 Específico	6
1.4 Ubicación y Acceso.....	7
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	9
2.3 Fase de gabinete	11
2.3.1 Trabajos de gabinete de topografía.....	11
2.3.2 Trabajos de Perforación	11
2.3.3 Técnicas de procesamiento de información.....	12
2.3.4 Elaboración del Informe.....	12
III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA.....	13
3.1 Caracterización del Ámbito de Estudio.....	13
3.2 Recursos paisajísticos de interés Ambiental, Cultural, Visual y Patrimonial ..	13
IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	13
4.1 Geología Regional	13
4.2 Geología Local.....	13
4.3 Geomorfología regional	16
4.4 Geomorfología local.....	18
V. GLACIARES	19
VI. LAGUNAS.....	21
VII. ECOSISTEMAS	23
VIII. HIDROLOGIA	25
8.1 Microcuenca Llaca.....	25
8.2 Parámetros Morfológicos	26
8.3 Identificación de Peligros	28
IX. RESULTADOS DEL MONITOREO GLACIOLÓGICO	28



9.1	Perforación De Red De Control En Ablación.....	28
9.2	Levantamiento Topográfico.....	29
X.	CONCLUSIONES	31
XI.	RECOMENDACIONES	31
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	34



RESUMEN

En el presente informe técnico se enfoca los trabajos realizados para el monitoreo glaciológico sobre el glaciar Llaca, la cual tiene como principal objetivo monitorear la evolución de la laguna en formación, establecer tasas de desglaciación y simultáneamente evaluar las condiciones de seguridad de la laguna y el entorno. Todo con el fin de tomar medidas de mitigación a futuro que permitan minimizar el riesgo que podría representar la laguna sobre poblaciones aguas abajo.

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 Llaca, el cual nos permitirá conocer el comportamiento de la pérdida de masa de hielo en glaciares parcialmente cubiertos y controlando la evolución de las lagunas en formación que se tienen en la cabecera de la cuenca; es así y en este contexto que se da 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 3 puntos de medición con 10 m de profundidad (perforación) y se ha establecido dos puntos (hitos) fijos para el control topográfico, dichas actividades se realizaron el 10 y 11 de marzo del 2016.



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 marzo de 2016 se inició el estudio y monitoreo de la lengua glaciar Llaca así como el monitoreo de la laguna Llaca para evaluar su evolución.

1.2 Antecedentes

La laguna Llaca, tiene información preliminar desde antes de 1950, en 1977 se realizó la obra de seguridad, con una batimetría del año 1973 que registró un volumen de 796 000 m³, área del espejo de agua de 63 312 m², y una profundidad de 14,5 m (Electroperu, 1979).

En mayo de 2004, el INRENA a través de la UGRH realiza el levantamiento topográfico y batimétrico de la laguna Llaca, encontrando un área de 43 988 m², un volumen 274 305 m³, con una profundidad máxima de 16,8 m, una longitud máxima de 292,8 m. y un ancho mayor de 190,00 m (Archivos UGRH).

En noviembre de 2012, la Autoridad Nacional del Agua a través de la UGRH realiza otro trabajo de batimetría encontrando un área de 48 654 m², un volumen de 392 977 m³, con una profundidad 19,05 m., una longitud máxima de 298,8 y un ancho de 199,5 m (Archivos UGRH).

1.3 Objetivo

1.3.1 General

- Implementación de una red de control de tipo glaciológico en la lengua del glaciar Llaca.

1.3.2 Específico

- 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.
- Evaluar las condiciones hidrológicas.



1.4 Ubicación y Acceso

Ubicación:

La zona de estudio geográficamente está ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera Blanca, cuenca del río Santa y subcuenca del río Cascas. Políticamente se ubica en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz y departamento de Ancash.

Acceso:

Existen dos vías de acceso a la cabecera de la quebrada Llaca, una es saliendo de la ciudad de Huaraz por el centro poblado de Marián y la otra desde la ciudad de Huaraz vía Unchus y Llupa hacia la quebrada Llaca. Ambas son vías afirmadas carrozables hasta el refugio de Llaca; el tiempo de recorrido es de 2 horas para una distancia es 27,50 Km aproximadamente (ver figura N°01).

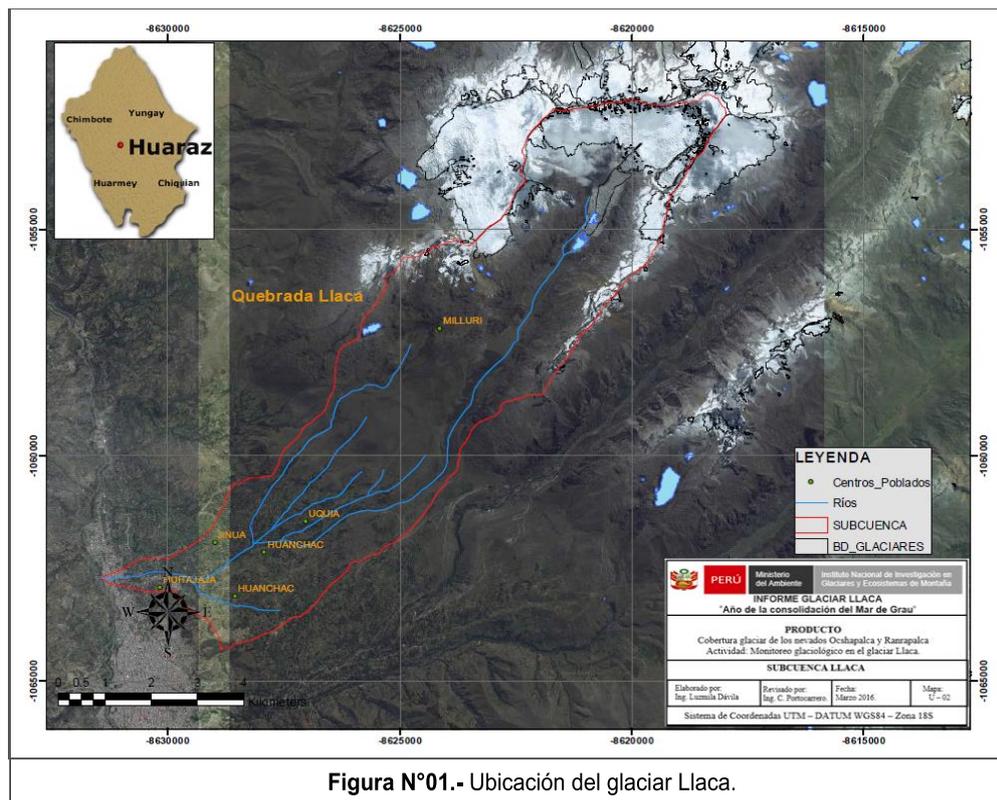


Figura N°01.- Ubicación del glaciar Llaca.



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 retomar las mediciones glaciológicas en el glaciar Llaca.

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.

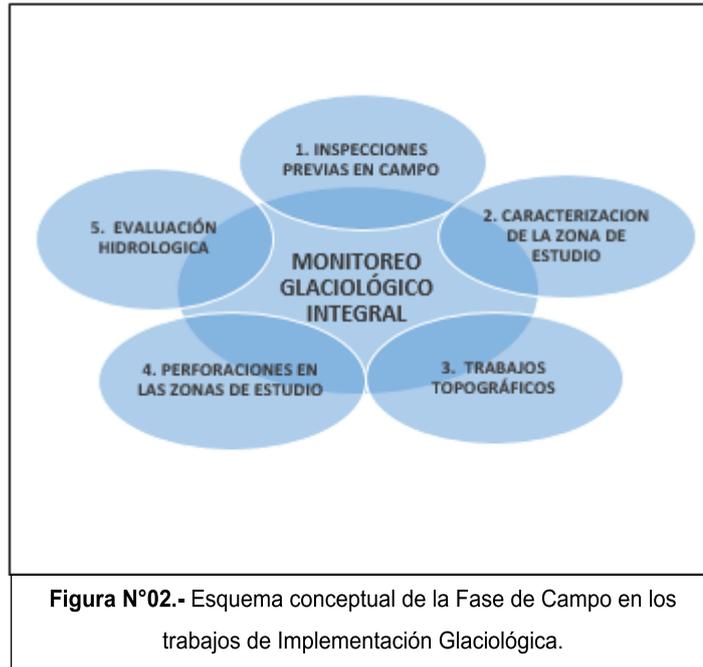
2.1.3 Recopilación y Análisis de la Información Existente

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°02).

- 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 necesarias 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°03).



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°04).



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 m^2 sobre el área de estudio y finalmente los resultados se expresan en $m^3/seg.$, 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° 05):

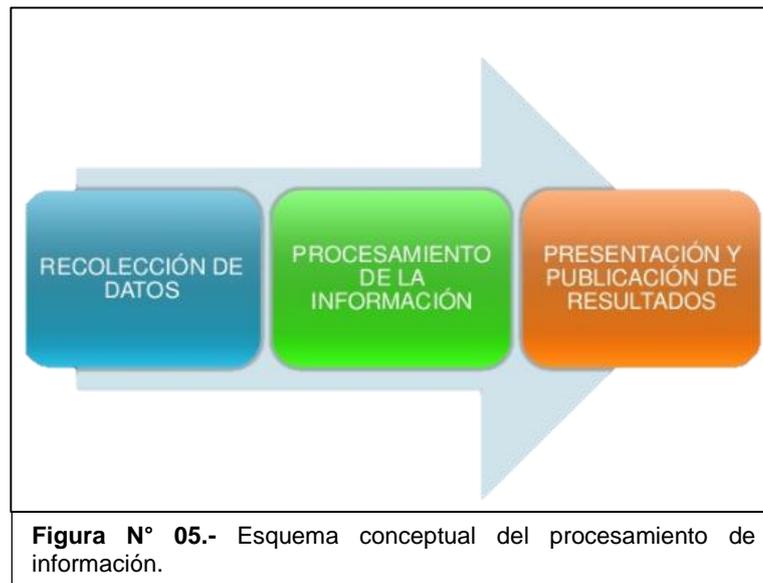


Figura N° 05.- Esquema conceptual del procesamiento de información.

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 monitoreo glaciológico.



III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

La quebrada Llaca, está ubicada en las siguientes coordenadas geográficas, 9°25'39.49" Sur, 77°26'23.00" Oeste, a una altitud de 4165 m.s.n.m., en la portada de la quebrada.

El sistema Chinchey tiene glaciares con superficies mayores o iguales a 1 Km² (ANA, 2014), es de consideración desde el punto de vista de riesgo, dado que el incremento de las temperaturas y el retroceso glaciar expondrán de forma constante la caída de masas de hielo.

3.1 Caracterización del Ámbito de Estudio

La quebrada Llaca es considerada como el centro experimental del INAIGEM, se encuentra dentro de la quebrada del mismo nombre, las aguas que discurren abastecen a los centros poblados de Marian, Cantu, Huanchac, Uquia, Jinua, Huitajaja, Rivas y parte de la ciudad de Huaraz (del lado NE), el río se denomina Casca, el cual como tributario, incrementa el caudal del río Santa (ver figura N°01).

3.2 Recursos paisajísticos de interés Ambiental, Cultural, Visual y Patrimonial

La quebrada Llaca congrega a una serie de montañas glaciares de atracción paisajística incomparables, tenemos a los glaciares Ucro, Vallunaraju, Llaca, Ocshapalca, Ranrapalca y Carhuac.

Del retroceso del glaciar Llaca nace la laguna Llaca, la cual aún se encuentra en formación y tiene un especial atractivo para las personas que visitan el lugar.

IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

4.1 Geología Regional

La Cordillera Blanca se extiende a lo largo de las localidades Huari, Carhuaz y Corongo, terminando en esta última, sube abruptamente del flanco nororiental del Valle del Santa a altitudes sobre los 6 000 m.s.n.m.

Regionalmente se consideran las unidades estratigráficas representadas por las formaciones Chicama, Chimú, Oyón, Santa, Carhuaz, así como rocas intrusivas de naturaleza granítica, granodiorítica y tonalítica, y depósitos morrénicos.

4.2 Geología Local

En la quebrada de Llaca, Lliboutry en 1971, describe morrenas que muestran cambios de direcciones con relación al eje anterior que pueden estar asociados a

las actividades sucesivas de la falla regional del flanco occidental de la Cordillera Blanca; se supone que antes de la pequeña glaciación se activó la falla dejando condiciones para cambio de orientación hacia el noroeste que depositó morrenas.

Posteriormente, el glaciar en su avance afectó a las morrenas más antiguas y continuó su curso pendiente abajo hasta la cota 3 500 m. s. n. m. aproximado, de manera que dejó la morrena m4.

Estos depósitos morrénicos descritos se les podría asociar contemporáneos al del área de la Cordillera Vilcanota y Quellcaya descritas por Mercer (1979) a los depósitos morrénicos ubicados entre las cotas 4, 000 – 4, 500 m s n m, según datación Ratio Carbono pueden tener una edad de 25, 000 – 14, 000 años B. P. relacionados a las glaciaciones del Wisconsin tardío/glaciación Weichul. Probablemente en este periodo el hielo alcanzó su máxima extensión (Electroperu, 1979).

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 que origina desprendimientos de bloques y derrumbes no sólo alrededor de la laguna, sino también a lo largo de la quebrada Llaca (ver fotografía N°01).



Fotografía N°01.- Se observa la cadena de rocas intrusivas que predominan con más incidencia en el fondo de valle y en la microcuenca glaciar.

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 glaciar. Dada la importancia de ésta unidad en la zona de estudio, se dividirá en dos sub-unidades (ver fotografía N°02).



Fotografía N°02.- Muestra la heterogeneidad del material morrénico depositado delante de la morrena terminal.

Tanto los depósitos del 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. Las morrenas se caracterizan por ser carentes de estratificación y no ser muy consolidadas. (ver fotografías N°03 y 04).

La composición en las morrenas de alta montaña tanto laterales como frontales es básicamente granítica pero guardan una cierta diferencia; así se tiene que la morrena lateral derecha presenta bloques de granito que son angulosos a sub redondeados, 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 sobre todo en la parte baja o pie de la morrena 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.).



Fotografía N°03.- Morrena lateral derecha compuesta exclusivamente por clastos de roca intrusiva del batolito de la Cordillera Blanca.



Fotografía N°04.- Morrena lateral izquierda, compuesta por pizarras y arcillas provenientes de la Formación Chicama. Nótese las coloraciones marrones de las pizarras y clastos de rocas intrusivas del batolito de la Cordillera Blanca.

4.3 Geomorfología regional

La cordillera Blanca, muestra las mismas características generales que el valle del Marañón. La etapa valle, incluye principalmente al Callejón de Huaylas y el curso del río Santa; aunque la parte baja del Callejón de Huaylas, está localmente encañonada. La expresión típica de la etapa cañón, está ubicada en el Cañón del Pato y el curso del río Santa, aguas abajo de Huallanca.



La etapa valle del río Santa, está asociada con terrazas de erosión y terrazas de acumulación. Como ejemplo de las primeras, se tiene la plataforma, aproximadamente a 2 900 m.s.n.m., ubicada en el flanco occidental del Cañón del Pato (INGEMMET, 1995).

Con esta denominación se comprende al amplio manto de material suelto que cubre mayormente la vertiente oriental del río Santa hasta las estribaciones de la Cordillera Blanca, habiéndose considerado también la importante capa de hielo. Genéricamente y con fines de ingeniería práctica, se diferencian los siguientes tipos de material:

Material Fluvio-glaciar, comprende el material fuertemente re trabajado, por acción del hielo en su retroceso (fenómeno de desglaciación) y posterior transporte por el agua a manera de flujos. Abarca la amplia planicie de la margen derecha del río Santa hasta las estribaciones de la Cordillera Blanca.

Material fluvio glaciar, constituido por gravas generalmente de tamaño mediano a pequeño, muy re trabajadas, mayormente de naturaleza cuarcítica/areniscas, en matriz limo arcillosa, con espesores muy variables, con resistencia a la compresión generalmente media, con taludes estables; este material fluvio glaciar constituye mayormente el suelo agrícola en el área, igualmente, es el suelo de fundación de buena parte de las edificaciones de la ciudad de Huaraz (zonas de Pedregal, la Soledad, parte de Belén), así como de las zonas de expansión urbana.

Material aluvial, con esta denominación se involucra a todo material suelto a semi consolidado, medianamente a altamente re trabajado, producto del transporte por acción rápida/violenta de las aguas y que se encuentra rellenando los cauces de los ríos y quebradas importantes.

Para el estudio que nos ocupa, es preciso diferenciar el material de origen aluviónico y el material aluvial propiamente dicho. El primero, tiene íntima relación con el fenómeno de desglaciación que se vive en la Cordillera Blanca y que la historia geológica y las evidencias actuales muestran un marcado dinamismo ya que en la totalidad de las quebradas de la vertiente occidental de la Cordillera Blanca hay remanentes de fuertes aluvionamientos que se produjeron en el pasado y en cuyas desembocaduras (al río Santa), paradójicamente, se emplazan la mayoría de las ciudades y poblados importantes del Callejón de Huaylas. La



caracterización litológica de estos materiales que corresponden a bloques de diferente diámetro, de naturaleza generalmente granítica (provenientes del arranque del Batolito de la Cordillera Blanca), muy angulosos, con alta resistencia a la compresión y en buena parte de los casos constituye el suelo de fundación de edificaciones en la ciudad de Huaraz, como es el caso concreto de la “Zona del Aluvión” y del “Barrio del Centenario”, al norte de la ciudad. El material aluvial propiamente dicho, corresponde al material transportado y depositado en los cursos de ríos y quebradas importantes, como es el caso del río Casca; estando constituido por gravas sueltas, de tamaño mediano a pequeño, en matriz arenosa (caso del río Santa), siendo excelentes materiales para la construcción en sus diferentes aplicaciones.

4.4 Geomorfología local

Tiene la forma de anfiteatro, de aspecto impresionante constituido por dos grandes macizos de Ocshapalca (derecho y centro) constituido por una pared de roca casi vertical cubierta parcialmente por placas de hielo y el Ranrapalca en su flanco izquierdo con capas potentes de hielo colgado. En la base de estas cumbres se tiene una amplia zona de acumulación de reducida pendiente (Electroperu, 1979).

La porción inferior la constituye una lengua glaciar extendida de largo, la parte final de la lengua está cubierta por material detrítico, que muestra signos de un intenso derretimiento. En el frente de la lengua se observa fragmentación en bloques de hielo “in situ” sin desplazamientos, de esta manera no existe problemas de avalanchas que podrían generar oleajes fuertes en la laguna (Electroperu, 1979).

Morfológicamente, la laguna y glaciar Llaca, se han formado sobre una depresión estructural, cerrada por lenguas morrénicas: dos morrenas laterales con poca estabilidad, con aportes de material a la lengua glaciar y una morrena frontal de menor altura que ha sido erosionada permitiendo el desagüe natural de la laguna a medida que se ha ido dando el retroceso glaciar. Sobre la morrena frontal, se ha construido un dique de seguridad de 14.3 m de altura compuesto por un ducto controlado y canal de salida. Hacia la cabecera, la laguna se encuentra aún en formación y en contacto con una lengua glaciar y hacia las partes altas existen frentes de glaciares colgantes que podrían desplomarse a la lengua glaciar sin ocasionar mayor complicación a la obra de seguridad.



La quebrada Llaca, aguas abajo de la laguna, se caracteriza por ser un valle típico en “U” de origen glaciar con planicies no tan amplias en el fondo, cubiertas de bofedales, bosques de quenuales con intensa actividad ganadera (ver fotografía N° 03); la pendiente dominante es baja cerca de la laguna, la cual se va incrementando a medida que se acerca al río Santa. Los procesos erosivos en el entorno de la laguna se caracterizan por la presencia de derrumbes y asentamientos en forma local que no representan mayor peligro hacia la laguna; mientras que a lo largo de la misma, se ha identificado varios torrentes estacionales con fuerte pendiente que se reactivan durante las lluvias interrumpiendo temporalmente el acceso a la laguna Llaca.

V. GLACIARES

La Cordillera Blanca presenta huellas muy marcadas de las glaciaciones pleistocénicas y holocénicas; éste 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 ubicadas 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 cuadro N°01 y 02) (Electroperu, 1979).

EDAD	DEPOSITOS	UBICACIÓN ALTITUDINAL (m.s.n.m.)
Siglo 20	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 glacial	Morrena lateral terminal	4 200 – 4 400
Wisconsin tardío re avances	Morrena lateral - terminal	3 400 – 4 300
Wisconsin tardío (máximo)	Morrena lateral - terminal	3 100 – 4 200

Cuadro N°01.- Secuencia de depósitos glaciares y su ubicación altitudinal aproximada en la Cordillera Blanca por M. Clapperton en 1981, (Electroperu, 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	Yarmounth	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°02.- Secuencia de depósitos glaciares y su ubicación altitudinal aproximada en la Cordillera Blanca (Clapperton, 1993).					

DENTON et al. (1986 en CLAPPERTON & SUGDEN, 1988) concluye 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 (1998), sitúa su inicio, para Europa e Islandia en 1570, y para la Patagonia entre los años 1600 y 1614.

Se identifica al glaciar Llaca como un glaciar de valle, el cual resulta de la unión de los glaciares Ranrapalca y Ocshapalca, incluso antes se le denominada “glaciar de valle Ranrapalca (4 490 m.s.n.m.)” (Electroperu, 1979).

DINÁMICA INTERNA Y SUS EFECTOS EN EL ÁREA GLACIAR

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 $M_s = 7.8$, 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 yacentes y parte de los glaciares inferiores. Entonces este fenómeno está regido por la mecánica de rocas en mayor proporción y no de 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.

VI. LAGUNAS

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 glaciaria y aportes laterales de las morrenas (ver figura N°06) (Electroperu, 1979).

Esta laguna está ubicada al pie de los nevados Ranrapalca y Ocshapalca a una altitud de 4,480 m.s.n.m., su forma es rectangular, registra información desde 1973. Su dique natural lo conforma una morrena terminal, compuesta por bloques, gravas mayormente de roca granodiorítica y con matriz arena – limosa y de compactación regular.

Los taludes internos de las morrenas laterales tienen pendientes en el lado izquierdo de 60 – 65 ° y en el lado derecho de 40 – 45°; de este último talud durante el sismo de 1970 se originaron pequeños derrumbes hacia el sector de la boquilla. Existen signos de derrumbes del lado izquierdo, depositando material morrénico sobre la lengua glaciaria.

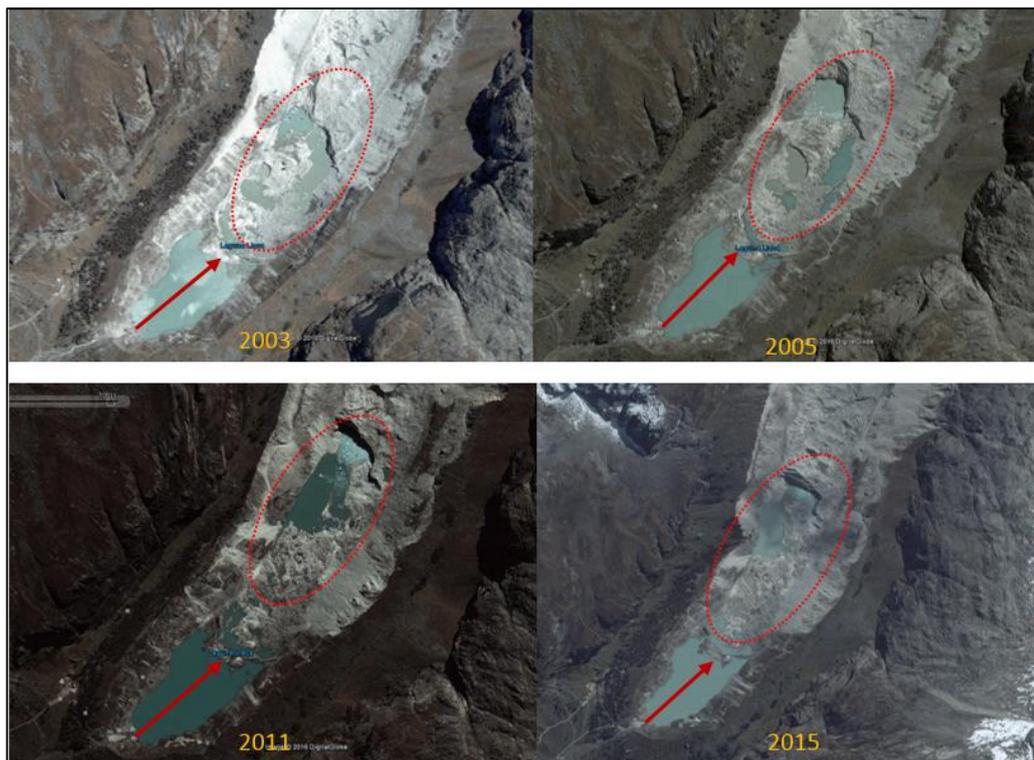


Figura N°06.- Se muestra la evolución que la laguna Laca ha tenido desde el 2003 al 2015.

VII. ECOSISTEMAS

La quebrada Llaca cuenta con diversidad en flora y fauna, podemos mencionar los relictos de bosques de quenuales, el tarwi o chocho silvestre, entre otras especies, que contribuyen a la conservación del suelo y conservación de la fauna, se han identificado especies como la vizcacha, zorro pardo, aves, entre otras.

El medio físico en el cual interactúan las especies de flora y fauna, tiene un nivel de conservación regular en la quebrada Llaca, los bofedales, los bosques nativos, especies arbustivas nativas y la fauna parecen estar en equilibrio, sin embargo es importante mencionar que se necesita conocer más sobre el estado real de esta diversidad para ello el INAIGEM, está evaluando los siguientes aspectos: (ver fotografías N°05, 06 y 07) (Investigación en Ecosistemas, INAIGEM).

- Recuperación de pastos nativos, praderas nativas y su relación con la escorrentía y recarga hídrica,
- Recuperación de bosques relictos de quenual,
- Capacidad de recuperación de espacios naturales cercados,
- Evaluación de bofedales,
- Calidad del suelo y agua del entorno.

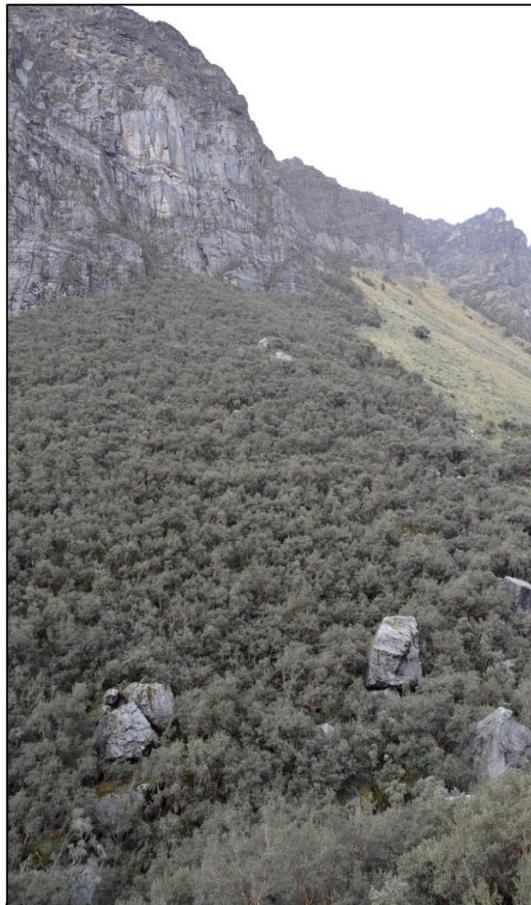


Fotografía N°05.- Parcela de investigación con cerco eléctrico – Quebrada Llaca.

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



Fotografía N°06.- Evaluación de biomasa de pastos naturales en la parcela de investigación, con especialista del Parque Nacional Huascarán – Quebrada de Llaca.



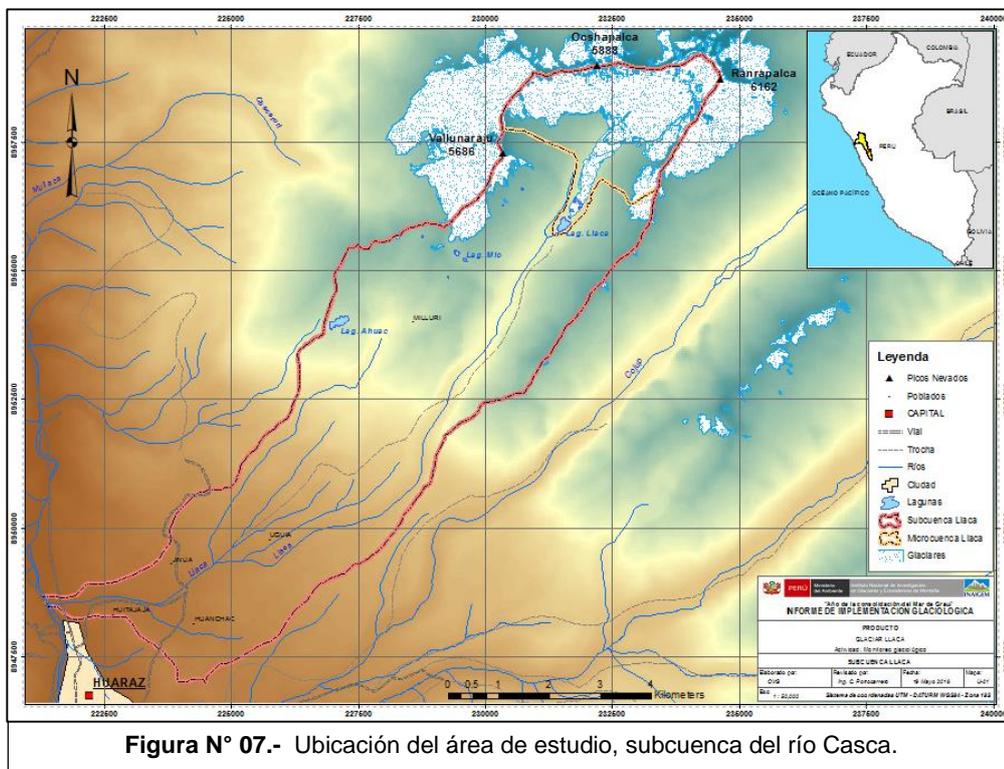
Fotografías N°07.- Evaluación de relictos de bosques de quenual.



VIII. HIDROLOGIA

La subcuenca Casca se ubica en la cuenca del río Santa en el departamento de Ancash. Esta subcuenca limita al norte con la subcuenca Mullaca, por el sur con la subcuenca Quillcay, (ver figura N° 07).

El río Casca desde su nacimiento en la laguna Llaca tiene una longitud aproximada de 13.6 Km hasta su desembocadura en el río Santa, con un área total de drenaje de 47.5 Km², al mismo tiempo tiene una área glaciaria de 5.7 Km² que representa el 12 % del área de la subcuenca.



8.1 Microcuenca Llaca

La microcuenca de la laguna Llaca se sitúa en la cabecera de la subcuenca del mismo nombre, por el norte limita con el nevado Ocashapalca, por el sur con el cerro Rima Rima, por el este con el nevado Ranrapalca y por el oeste con el nevado Vallunaraju, es una microcuenca predominantemente glaciaria, (ver figura N°08).

En la actualidad existe una estación pluviométrica y una estación limnigráfica instalada por la Autoridad Nacional del Agua a través de la Unidad de Glaciología,



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

los datos registrados en estos instrumentos sumados a las mediciones de balance de masas permitirán conocer mejor el comportamiento del glaciar Llaca.

El comportamiento hidrológico regional en la Cordillera Blanca se caracteriza por sus cambios estacionales en la precipitación, su implicancia directa en los caudales así como el aporte producto de la fusión de los glaciares.

8.2 Parámetros Morfológicos

Superficie

Cuenca	Área Km ²	%
Sin Glaciar	2.40	32
Con Glaciar	4.90	65
Con Glaciar cubierto	0.20	3
Total	7.50	100

Tabla N°01. Área correspondiente a cada zona de la microcuenca Llaca.

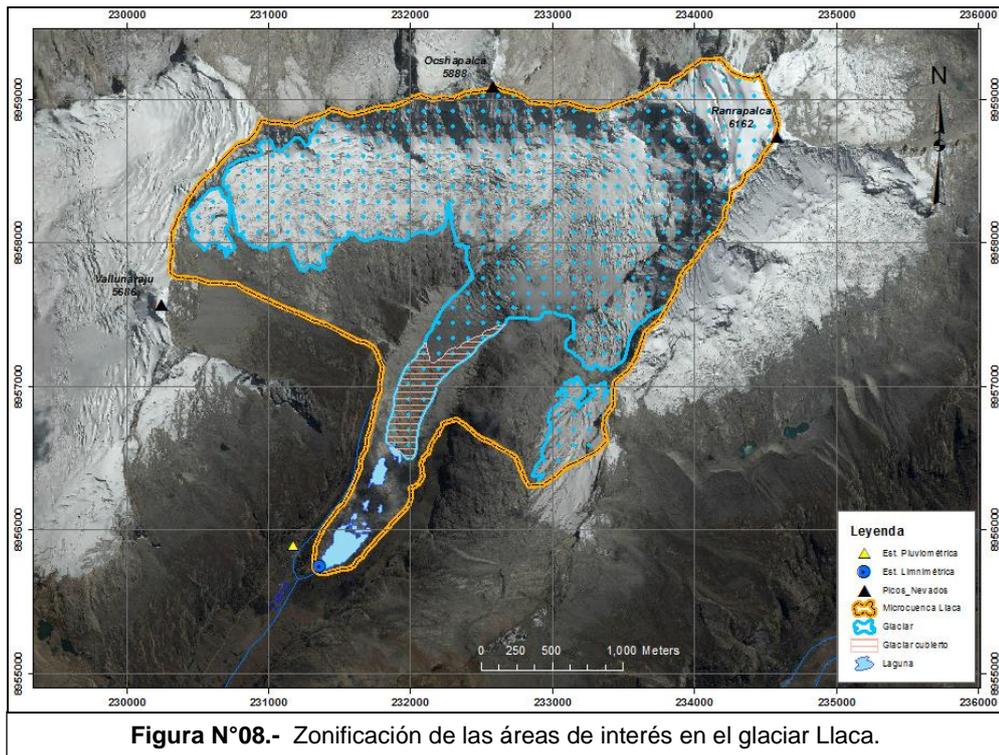


Figura N°08.- Zonificación de las áreas de interés en el glaciar Llaca.



Factor de forma

A (Km ²)	L (Km)	Lp (Km)	Am (Km)	F _f
7.5	5.1	5.1	1.47	0.288

Tabla N°03. Factor de forma.

El factor de forma es igual a 0.288, este valor nos indica que la microcuenca tiene una respuesta rápida a crecientes, este aspecto se debe considerar al momento de discriminar los datos en los meses húmedos.

Altitud media de la microcuenca Llaca

Para la microcuenca en estudio se ha trazado la curva hipsométrica, distribuyendo el área de acuerdo a su altitud, donde se señalan las áreas por debajo y por encima de una determinada altitud, (véase, Figura N° 09).

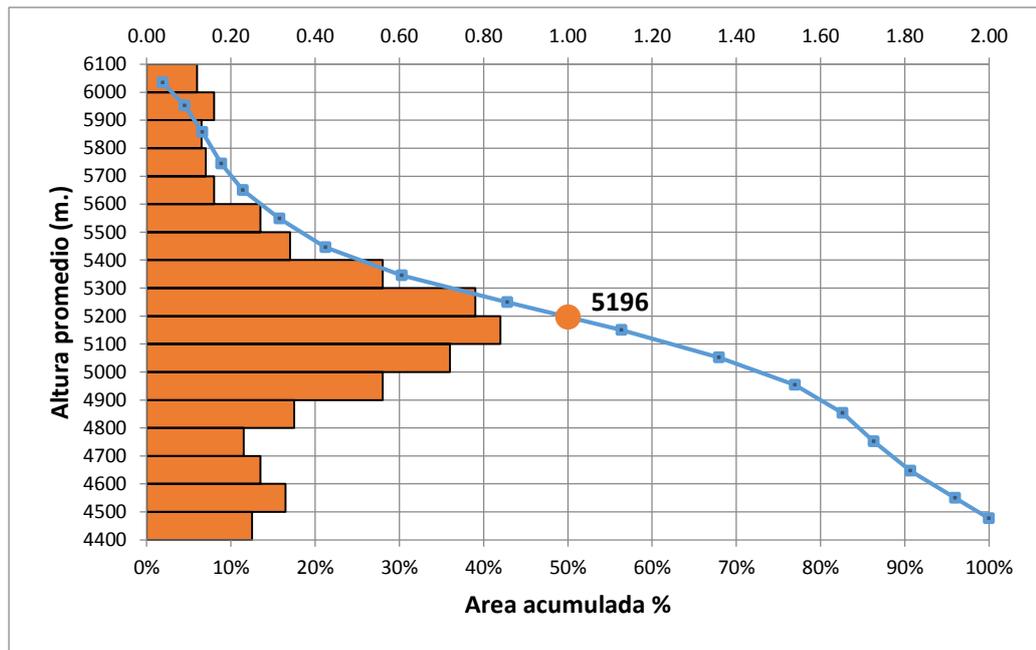


Figura N° 09.- Curva hipsométrica de la microcuenca Llaca.

Según la Figura N° 09 observamos que la microcuenca Llaca tiene una altitud media de 5,196 m.s.n.m, muy por encima del área de estudio; 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.



8.3 Identificación de Peligros

En la quebrada Llaca, en la carretera hacia el refugio, existen antecedentes de la ocurrencia de deslizamientos y huaycos.

Muy cerca de la lengua glaciar, podemos observar morrenas con taludes inestables (en movimiento constante por empuje de los bloques de hielo cubierto); se evidencia también agrietamientos en la parte superior de las morrenas, esto muestra los procesos geodinámicos activos en las morrenas, sobre todo en los flancos derechos e izquierdos de la lengua glaciar, los cuales aportan detritos de manera significativa a la lengua glaciar.

De los glaciares Ranrapalca y Ocshapalca se puede observar glaciares colgantes, los cuales se podrían desprender y depositar en la lengua glaciar Llaca, permitiendo la disipación del material de hielo que eventualmente podría desprender o deslizar de la parte alta, dada estas razones, podemos mencionar que no habría mayor influencia sobre la laguna.

IX. RESULTADOS DEL MONITOREO GLACIOLÓGICO

El glaciar Llaca es un cuerpo de hielo parcialmente cubierto de material de escombros o detritos, en términos de caracterización y evaluación de la zona de estudio para un monitoreo directo, el glaciar no cumple con las mejores condiciones para ser monitoreado, dado que el frente glaciar no está definido y está cubierto de escombros, lo que dificulta las labores de medición topográfica, sin embargo existe el interés por conocer el comportamiento y evolución de un cuerpo de hielo parcialmente cubierto respecto a las variaciones climáticas, motivo por el cual hemos iniciado el proceso de investigación.

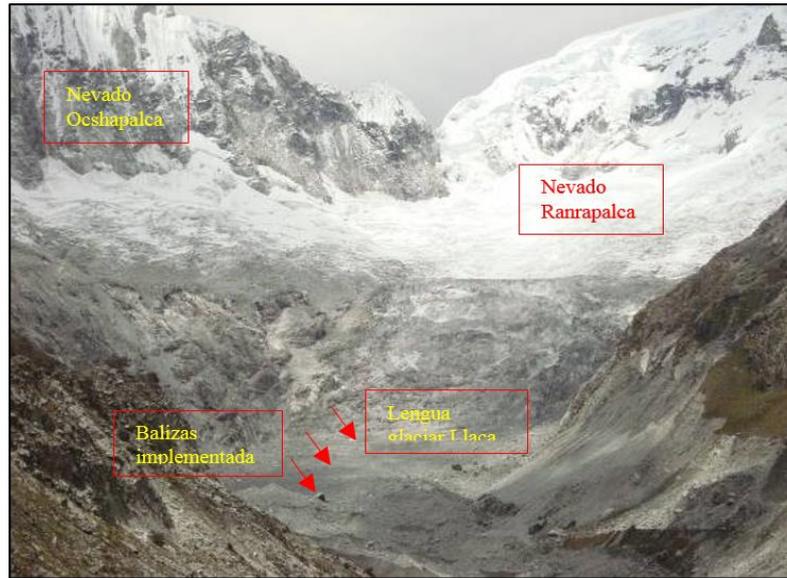
9.1 Perforación De Red De Control En Ablación

Se realizaron 3 perforaciones en la zona de ablación, obteniéndose la siguiente información (ver tabla N°05 y fotografía N°08).

Balizas	Coordenadas UTM		Altura	Emergencia (m)	Longitud de la perforación (m)
LI - 01	232279,23 E	8957414,908N	4624,750	0.27	10
LI - 02	232332,406E	8957470,583N	4640,879	1.31	10
LI - 03	232370,527E	8957504,631N	4651,618	0.73	10

Fecha Inicial	10/03/2016
Tabla N°05.- Ubicación, nomenclatura de Balizas y emergencia de la red de control en ablación y acumulación.	

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



Fotografías N°08.- Vista de la lengua glaciar y la posición aproximada de las balizas implementadas en la zona de ablación.

9.2 Levantamiento Topográfico

El trabajo de campo se inició con el reconocimiento del terreno, donde se pudo ubicar y monumentar 2 bases topográficas, estas bases se utilizaron para el levantamiento topográfico de la superficie, perímetro, georeferenciación de las balizas y perímetro de la laguna Llaca (ver figuras N°10, 11 y 12).





“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:	
BASE - 1	Lengua glaciar Llaca y laguna Llaca	Llaca	
LOCALIZACIÓN			TIPO MONUMENTO
Dpto.: Ancash	Prov.: Huaraz	Dist.: Independencia	Concreto
NORTE	ESTE:	ELEVACIÓN ELIPSOIDAL	DATUM
8 955 741.000	231 520.000	4 510.000	WGS 84
LATITUD	LONGITUD	PROYECCIÓN	FECHA
9° 26' 18.18" S	77° 26' 41.80" W	U.T.M. Zona 18	10/03/2016

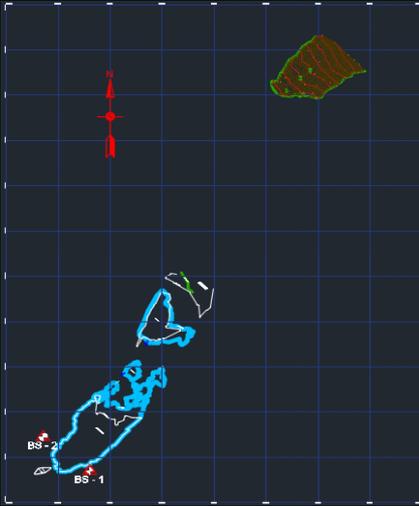



Figura N°11.- Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N°01) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.

DESCRIPCIÓN DE PUNTO BASE			
NOMBRE/NUMERO:	PROYECTO:	LOCALIDAD:	
BASE - 2	Lengua glaciar Llaca y laguna Llaca	Llaca	
LOCALIZACIÓN			TIPO MONUMENTO
Dpto.: Ancash	Prov.: Huaraz	Dist.: Independencia	Concreto
NORTE	ESTE:	ELEVACIÓN ELIPSOIDAL	DATUM
8 955 889.666	231 343.015	4 527.046	WGS 84
LATITUD	LONGITUD	PROYECCIÓN	FECHA
9° 26' 13.30" S	77° 26' 47.57" W	U.T.M. Zona 18	10/03/2016




Figura N°12.- Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N°02) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.



X. CONCLUSIONES

- Se estableció una red de control de monitoreo glaciológico de 3 puntos en la zona de ablación, cada una de 10 m. de profundidad.
- Se obtuvo el mapa topográfico de planta, perfil longitudinal y la superficie de la lengua glaciar Llaca, a escala 1:2000; el levantamiento topográfico cubrió una superficie de 5,56 hectáreas de área glaciar, en base a dos hitos topográficos fijos establecidos.
- Se obtuvo el mapa topográfico de perímetro de las lagunas en formación, para el control evolutivo.
- La microcuenca Llaca cumple con las condiciones apropiadas para el monitoreo hidrológico, dado que cuenta con un solo punto de desagüe ubicado a la salida de la laguna Llaca.
- El balance hidrológico de la microcuenca Llaca se deberá realizar de acuerdo al año hidrológico (septiembre - agosto) y si adicionalmente se instala una estación meteorológica con variables instantáneas se podrá realizar modelos hidrológicos continuos que nos permitan determinar el aporte hídrico efectivo en la microcuenca.

XI. RECOMENDACIONES

- Realizar mediciones periódicas de por lo menos una vez al mes, con la finalidad de llevar un control de ablación en el glaciar.
- Continuar con el control topográfico de la laguna Llaca, para generar información cómo evoluciona la laguna en formación.
- Es indispensable contar con un DEM (Modelo de Elevación digital) de alta resolución, con la finalidad de realizar cálculos de volúmenes en los bloques de hielo de los nevados Ocshapalca y Ranrapalca.
- 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.
- Claperrton. (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.
- GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO. (2012). PROYECTO FORTALECIMIENTO DEL DESARROLLO DE CAPACIDADES EN ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA REGIÓN DEL CUSCO. CUSCO: GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO - SUBGERENCIA DE ACONDICIONAMIENTO TERRITORIAL.
- 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.
- Martinez, P. (2006). Procedimiento de topografía. Panama: Universidad Tecnologica 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.

Topcon. (2006). Manual de Instrucciones de estación total. Japón: Topcon.

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

Superiores Acatlan.



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.