



**PERÚ**

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



**MINISTERIO DEL AMBIENTE**  
**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y**  
**ECOSISTEMAS DE MONTAÑAS**  
**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES**  
**SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA**  
**IMPLEMENTACIÓN GLACIOLÓGICA**  
**“GLACIAR QUEULLARAJU”**  
**Recuay – Ancash**  
**INFORME TECNICO**



Foto: Edwin Loarte

Glaciar Queullaraju, 2017

**Octubre, 2017**

**Huaraz**

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>I. GENERALIDADES</b> .....	6
1.1 Introducción.....	6
1.2 Antecedentes.....	6
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general .....	7
1.3.2 Objetivos específicos .....	7
1.4 Ubicación y acceso .....	8
1.4.1 Ubicación.....	8
1.4.2 Acceso.....	8
<b>II. METODOLOGIA</b> .....	11
2.1 Fase de pre-campo.....	11
2.1.1 Definición del objetivo y alcance del estudio .....	11
2.1.2 Elaboración del plan de trabajo.....	11
2.1.3 Recopilación y análisis de la información existente .....	11
2.2 Fase de campo .....	11
2.2.1 Perforaciones.....	12
2.2.2 Trabajos de topografía.....	13
2.3 Fase de gabinete .....	14
2.3.1 trabajos de gabinete de topografía.....	14
2.3.2 Trabajos de perforación .....	15
2.3.3 Técnicas de procesamiento de información.....	15
2.3.4 Elaboración del informe.....	16
<b>III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA</b> .....	16
3.1 caracterización del ámbito de estudio .....	17
3.2 Recursos paisajísticos de interés ambiental, cultural, visual y patrimonial....	17
<b>IV. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGÍA</b> .....	17
4.1 Geología.....	17
4.2 Geomorfología.....	18
<b>V. GLACIARES</b> .....	19

<b>VI. LAGUNAS</b> .....	21
<b>VII. ECOSISTEMAS</b> .....	22
<b>VIII. HIDROLOGÍA</b> .....	23
8.1 Microcuenca glaciar Queullaraju.....	23
8.2 Parámetros morfológicos.....	23
8.2.1 Superficie.....	23
8.2.2 Forma.....	23
<b>IX. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS</b> .....	29
<b>X. RESULTADOS DEL MONITOREO GLACIOLÓGICO</b> .....	29
10.1 Perforación de red de control en ablación .....	29
10.2 Levantamiento topográfico .....	30
<b>CONCLUSIONES</b> .....	32
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	32
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....	34

## Tablas

<b>Tabla N° 1:</b> ubicación geográfica del glaciar Queullaraju. ....	16
<b>Tabla N° 2:</b> área correspondiente a cada zona. ....	23
<b>Tabla N° 3:</b> índice de compacidad ( $I_c$ ). ....	25
<b>Tabla N° 4:</b> factor de forma ( $F_f$ ). ....	26
<b>Tabla N° 5:</b> valores de la curva hipsométrica. ....	27
<b>Tabla N° 6:</b> ubicación de los puntos de control, datos de desplazamiento y desnivel en el periodo de monitoreo (22/05/17 – 16/08/17). ....	29
<b>Tabla N° 7:</b> coordenadas de las bases topográficas. ....	30

## Figuras

<b>Figura N° 1:</b> actividades de la fase de campo de la implementación glaciológica. ....	12
<b>Figura N° 2:</b> actividades de la perforación sobre superficie glaciar. ....	13
<b>Figura N° 3:</b> actividades del levantamiento topográfico. ....	14
<b>Figura N° 4:</b> esquema conceptual del procesamiento de la información. ....	16

## Cuadros

<b>Cuadro N° 1:</b> ubicación política e hidrográfica del glaciar Queullaraju. ....	8
<b>Cuadro N° 2:</b> vía de acceso al glaciar Queullaraju. ....	8
<b>Cuadro N° 3:</b> características del glaciar Queullaraju. ....	20

## Fotografía

<b>Fotografía N° 1:</b> ecosistemas de la Subcuenca Ocollo. Foto: Edwin Loarte. ....	22
--	----

## Grafico

<b>Grafico N° 1:</b> Curva hipsométrica de la microcuenca glaciar Queullaraju.	
--	--

## RESUMEN

En la actualidad el INAIGEM, como entidad encargada de la investigación en glaciares (riesgos asociados a glaciares y su implicancia en los recursos hídricos) implemento el glaciar Queullaraju, el 22 de mayo del 2017, complementando el 16 de agosto del 2017, el cual nos permitirá conocer el comportamiento de la pérdida de masa de hielo en glaciares; en este contexto se ha dado inicio a los trabajos de tipo glaciológico integral, en el frente y superficie glaciar, además se instaló una red de control de 6 balizas con 10 m de profundidad (perforación), 2 pozos de acumulación para determinar la densidad, 2 puntos (hitos) fijos para el control topográfico.

El presente informe describe la metodología empleada para la implementación de la red de monitoreo glaciológico en el glaciar Queullaraju, también describe los ecosistemas de la subcuenca, la hidrología de la microcuenca glaciar (superficie y forma), los trabajos topográficos realizadas en la lengua del glaciar.

Los resultados del presente informe son los mapas topográficos del frente y superficie glaciar, además la georreferenciación de las balizas de la red de control en la zona de ablación, la caracterización hidrológica de la microcuenca glaciar para la que se concluye que la microcuenca cumple las condiciones apropiadas para el monitoreo hidrológico, dado que las aguas de fusión glaciar convergen en un único punto de desagüe.

## I. GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

El INAIGEM a través del equipo de Investigación en Glaciares viene implementando glaciares para su seguimiento del retroceso de su frente glaciar, ablación y posteriormente estimar el aporte de agua de fusión del glaciar a la subcuenca.

Desde 22 de mayo del 2017 se da el inicio al estudio y monitoreo de la lengua glaciar Queullaraju, complementando el 16 de agosto del 2017.

### 1.2 Antecedentes

Según el inventario de glaciares del Perú (HIDRANDINA S.A., 1988) la glaciar Queullaraju tenía una superficie glaciar de 1.98 km<sup>2</sup> en el año 1962, la cual estaba comprendido entre las cotas 4900 – 5637 m s.n.m. con orientación Norte a Nor Oeste.

Según el inventario de glaciares Cordillera Blanca (ANA, 2010) el glaciar Queullaraju perteneciente al sistema glaciar Caullaraju tenía una superficie glaciar de 1.56 km<sup>2</sup> en el año 2003, comprendidos entre las cotas 5057 – 5634 m s.n.m., con orientación predominante Nor Oeste.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Implementar una red de monitoreo glaciológico en el glaciar Queullaraju.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar las perforaciones para implementar la red de monitoreo y control de balizas en la zona de ablación.
- Levantamiento topográfico del frente glaciar y superficie.
- Evaluación general de las condiciones hidrológicas.

## 1.4 Ubicación y acceso

### 1.4.1 Ubicación

Ver (mapa: MUPQ - 02, MHSc - 03, Cuadro N° 1)

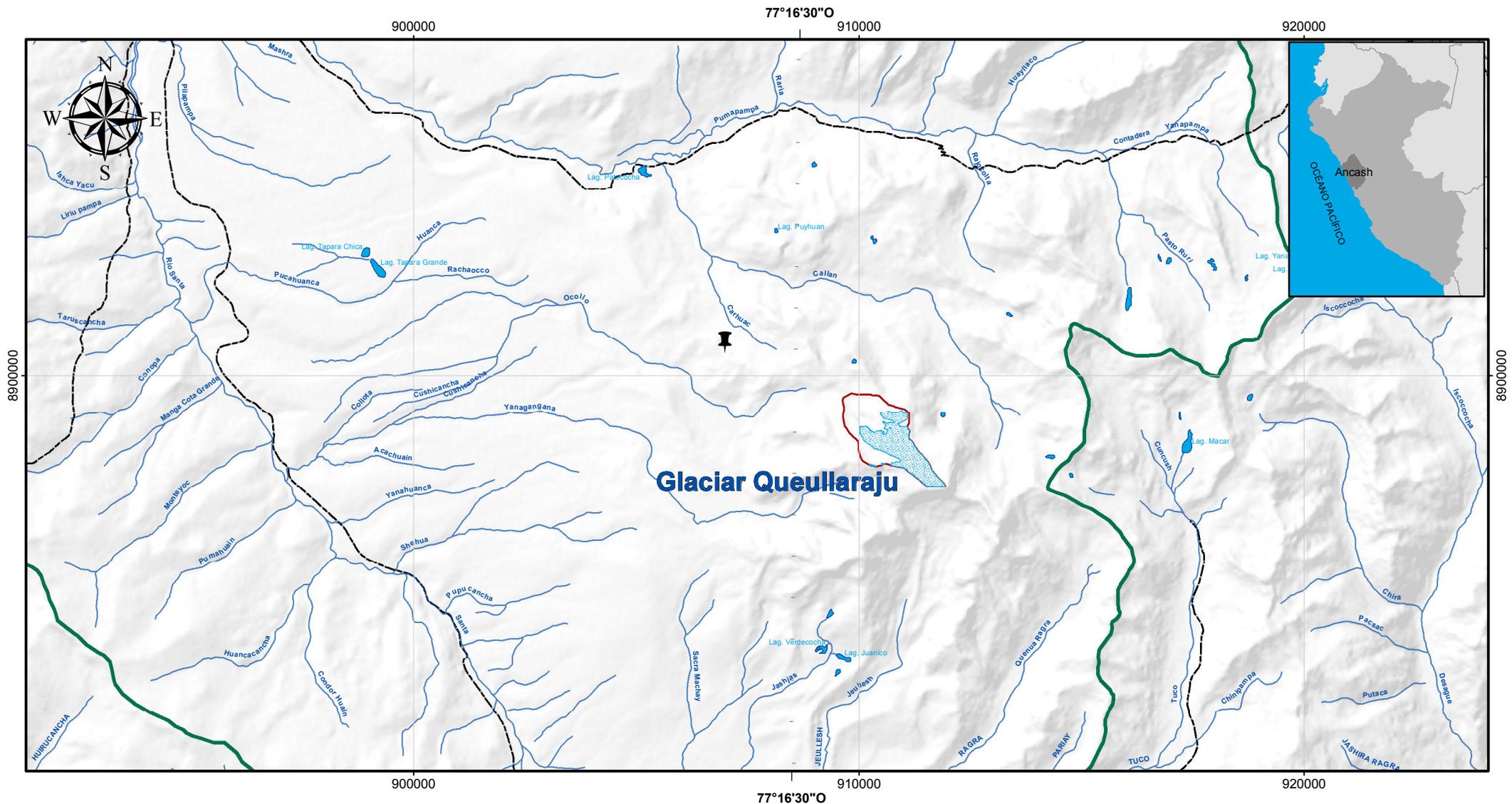
*Cuadro N° 1: Ubicación política e hidrográfica del glaciar Queullaraju.*

<b>Distrito:</b>	Cátac	<b>Subcuenca:</b>	Ocollo
<b>Provincia:</b>	Recuay	<b>Cuenca:</b>	Santa
<b>Departamento:</b>	Ancash	<b>Vertiente:</b>	Océano pacífico

### 1.4.2 Acceso

*Cuadro N° 2: Vía de acceso al glaciar Queullaraju.*

<b>Ruta</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Distancia</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Medio de transporte</b>
Huaraz - Cátac	Carretera asfaltada	35	45	Camioneta
Cátac - Pachacoto	Carretera asfaltada	6	10	Camioneta
Pachacoto – carpa	Trocha carrozable	17	30	Camioneta
Carpa – glaciar Queullaraju	Camino de herradura	10	300	A pie



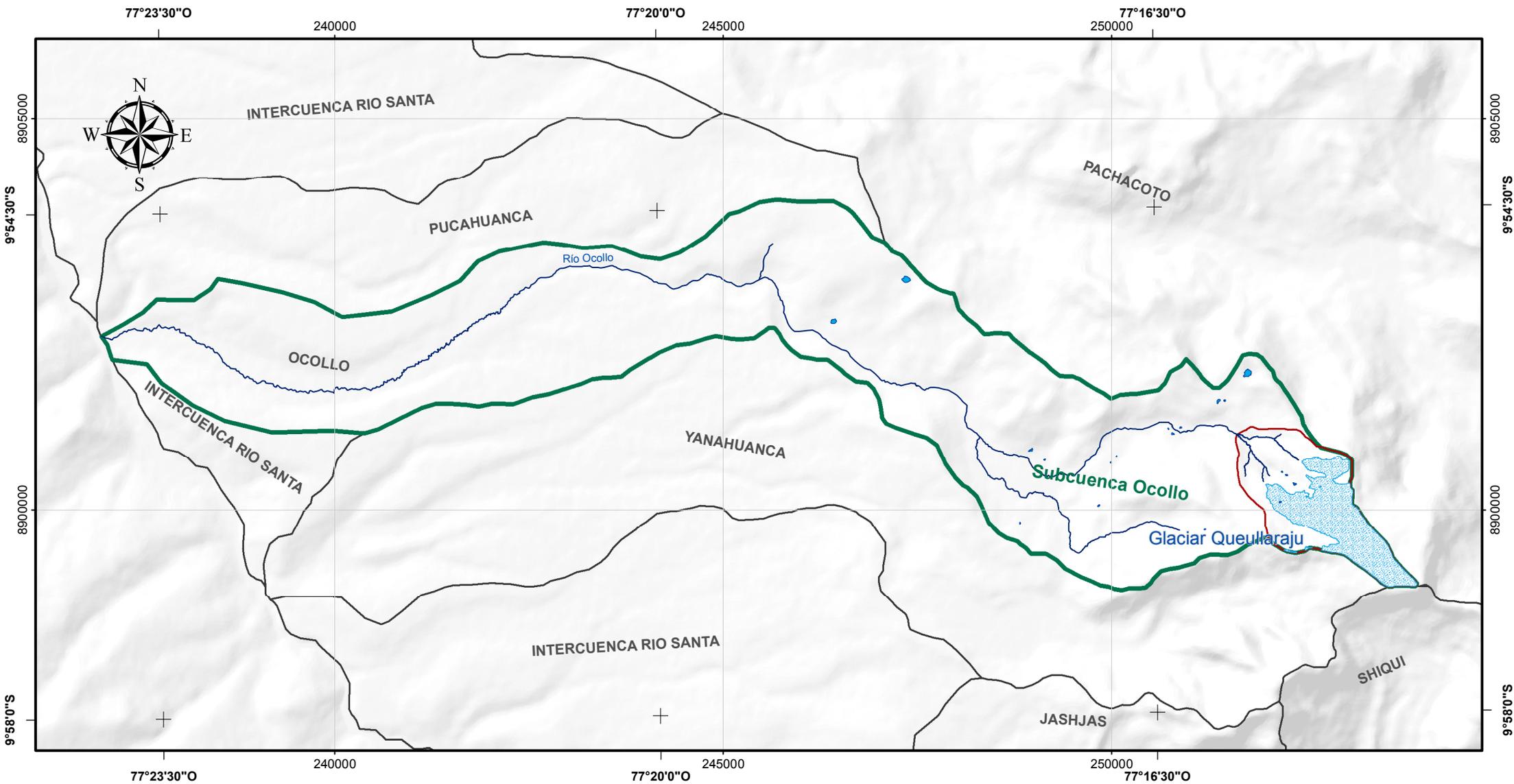
### LEYENDA

- Centro poblado de Carhuac
- Ríos
- Vías
- Lagunas
- Glaciar Queullaraju
- Microcuenca glaciar Queullaraju
- Distrito de Catak

**Fuente:** La delimitación del area glaciar fue apartir de imagenes Sentinel - 2 (2016), Delimitación de la microcuenca glaciar a partir de DEM Alos Palsar (12.5 m). Shapes de ríos, lagunas, vias de Instituto Geográfico Nacional (IGN).



		<b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña 
<b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES</b> <b>SUB DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA</b>			
<b>MAPA DE UBICACION POLÍTICA</b> <b>DE LA MICROCUENCA GLACIAR QUEULLARAJU</b>			MAPA: <b>MUPQ - 02</b>
ELABORADO POR: Sub Dirección de Investigación Glaciológica	REVISADO POR: Ing. Ricardo Vilanueva Ramírez	APROBADO POR: Ing. Benjamín Morales Arnao	ESCALA: 1:120.678 
SISTEMA DE PROYECCIÓN: Coordenadas UTM - DATUM WGS84 - zona 18 Sur			FECHA: Octubre.2017



### LEYENDA

- rios
- Lagunas
- Glaciar Queullaraju
- Microcuenca glaciar Queullaraju
- Subcuenca Ocollo
- Subcuencas

**Fuente:** La delimitación del area glaciar fue apartir de imagenes Sentinel - 2 (2016), Delimitación de la microcuenca glaciar a partir de DEM Alos Palsar (12.5 m). Shapes de ríos, lagunas, vias de Instituto Geográfico Nacional (IGN).



		<b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente		Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña			
<b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES</b> <b>SUB DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA</b>							
<b>MAPA DE UBICACION HIDROGRÁFICA DE LA SUBCUENCA OCOLLO</b>						MAPA: <b>MHSc - 03</b>	
ELABORADO POR: Sub Dirección de Investigación Glaciológica		REVISADO POR: Ing. Ricardo Vilanueva Ramírez		APROBADO POR: Ing. Benjamín Morales Arnao		ESCALA: 1:66,646	
SISTEMA DE PROYECCIÓN: Coordenadas UTM - DATUM WGS84 - zona 18 Sur							
						FECHA: Octubre 2017	

## II. METODOLOGIA

La metodología empleada se denomina “Método directo glaciológico”, empleado tradicionalmente en estudios e investigaciones sobre glaciares, consiste en realizar una serie de procedimientos estandarizados complementarios entre sí y de acuerdo del 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, definió los objetivos, alcances del medio físico y del estudio de acuerdo a su nivel de ejecución; el objetivo principal es realizar las mediciones glaciológicas en el glaciar Queullaraju.

#### 2.1.2 Elaboración del plan de trabajo

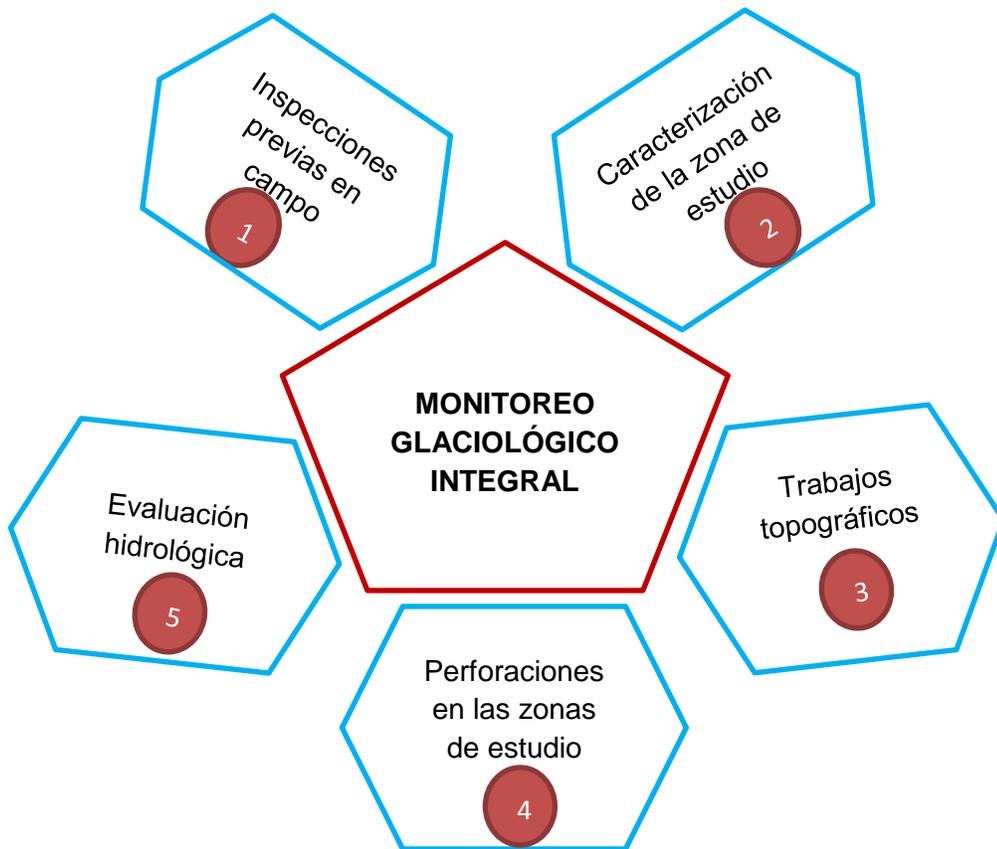
El equipo técnico del instituto, formulo el plan de trabajo, todo ello de acuerdo a la programación de actividades aprobada por la dirección de glaciares.

#### 2.1.3 Recopilación y análisis de la información existente

Esta etapa consistió principalmente en la caracterización, evaluación, identificación, compilación y análisis de la información de la zona de estudio, dado que no existen estudios glaciológicos en dicho glaciar, siendo el INAIGEM quien comienza con esta tarea.

### 2.2 Fase de campo

En los trabajos de campo de implementación glaciológica, conceptualmente se considera los siguientes pasos. **(Figura N° 1)**



*Figura N° 1: Actividades de la fase de campo de la implementación glaciológica.*

### 2.2.1 Perforaciones

Se efectúan en la superficie del glaciar en la zona de acumulación o ganancia (para medir 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 en detalle las características planimétricas y altimétricas del glaciar es preciso llevar a cabo un levantamiento topográfico. Considerando la instalación de varias balizas en la lengua glaciar es necesario georreferenciarlas en un mapa para poder efectuar la evaluación de cada ubicación para el respectivo balance de masas y su velocidad de movimiento anual. **(Figura N° 2)**



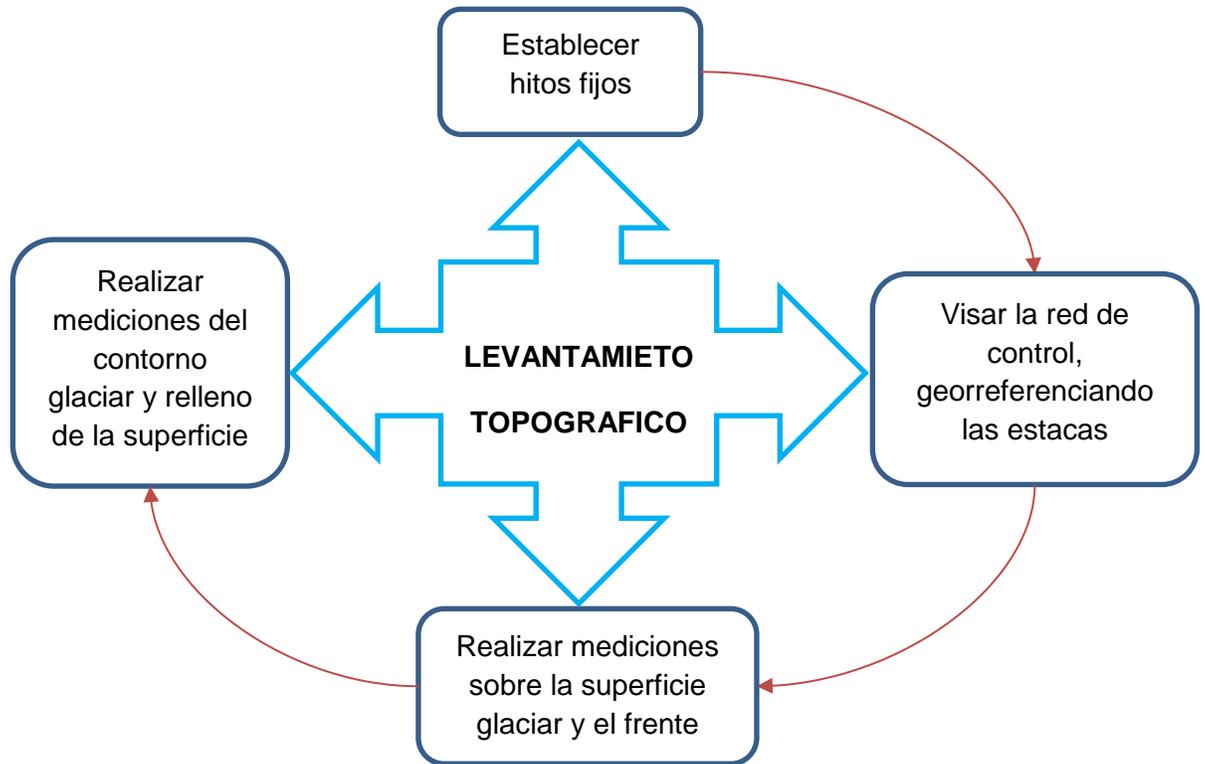
*Figura N° 2: Actividades de la perforación sobre superficie glaciar.*

### 2.2.2 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, dato que nos permitirán conocer el retroceso glaciar, comparar el aporte de agua de un año hidrológico a otro.

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 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. Realizar la georreferenciación de las balizas instaladas en la zona de ablación.

Esta información nos permitirá conocer la evolución del glaciar en el tiempo, determinado volumen de agua que aporta en el periodo de medición (**Figura N° 3**)



*Figura N° 3: Actividades del levantamiento topográfico.*

## 2.3 Fase de gabinete

### 2.3.1 trabajos de gabinete de topografía

Los trabajos de gabinete de topografía son:

- transferir la información almacenada de 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:

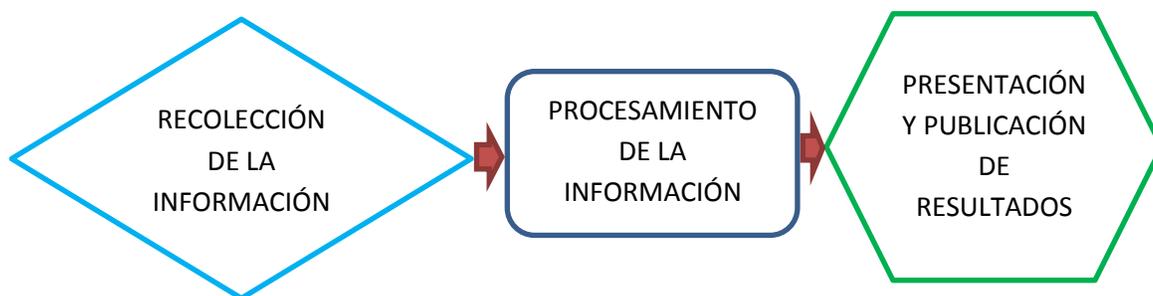
- Recopilación de datos de ablación de cada baliza, se procesan y permiten conocer la tasa de fusión del glaciar.
- Recopilación de datos en la zona de acumulación de los pozos de densidad, al ser procesada se puede saber la cantidad de nieve que se acumuló en dicho glaciar en el año hidrológico en estudio.
- Posteriormente se calcula la fusión por  $m^2$  sobre el área de estudio y finalmente los resultados se expresan en  $m^3/s$  de agua, 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.

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 (**Figura N° 4**).



*Figura N° 4: Esquema conceptual del procesamiento de la información.*

### 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 Queullaraju está ubicado en las coordenadas mostradas en el siguiente cuadro (**Tabla N° 1**).

*Tabla N° 1: Ubicación geográfica del glaciar Queullaraju.*

Punto cardinal	X (m)	Y (m)
Norte	252909.51	8900690.17
Sur	253579.78	8899023.40
Este	253925.12	8899065.10
Oeste	251980.86	8900327.64

### 3.1 caracterización del ámbito de estudio

El glaciar Queullaraju se ubica políticamente en el distrito de Cátac, provincia de Recuay, departamento de Ancash sus aguas discurren al río Ocollo la cual descarga al río Santa. Las aguas del río Ocollo son utilizadas principalmente para riego de los pastos de la parte baja de la subcuenca.

Hidrológicamente el glaciar Queullaraju se ubica en la vertiente del Océano pacífico, en la cuenca del Santa, Subcuenca Ocollo.

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

La localidad de Cátac cuenta con circuitos turísticos importantes y el glaciar Queullaraju representa un potencial por su fácil accesibilidad, en el valle se encuentran bofedales que cumplen funciones vitales para el ambiente regulando el agua y siendo el soporte para diversas especies de la zona.

## IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

### 4.1 Geología

la geología está conformada por:

- **Grupo Calipuy superior (PN – ca – s)**

Distribuido a lo largo de la cordillera negra, su límite oriental en gran parte, lo constituye el río Santa; sin embargo, existen afloramientos en el extremo sur de la Cordillera Blanca, en donde se ubica la Subcuenca Ocollo; litológicamente está compuesto de piroclásticas gruesas de composición andesítica, pero también son abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas (INGEMMET, 1996).

- **Depósito aluvial (Qh – al)**

constituidos mayormente por clastos redondeados, los depósitos coluviales correspondientes a agregados de fragmentos angulosos que se acumulan regularmente en los taludes adyacentes a los macizos rocosos, con tamaño y formas variables de pendientes de la roca madre. También se incluyen los depósitos acumulados por los cursos de agua a lo largo de los lechos por donde discurren (INGEMMET, 1996).

- **Depósitos morrénicos (Q – mo1, Q – mo2)**

Estos depósitos muestran una morfología de lomadas y colinas de cumbre redondeadas con cierta resistencia; han sido disectadas por cursos de agua actuales originados en lagunas o deshielo de la Cordillera (INGEMMET, 1996).

## 4.2 Geomorfología

Los rasgos más importantes en la cabecera de cuenca son el resultado de procesos erosivos de origen glaciar, dando lugar a formas topográficas muy accidentadas, sobresalen los típicos valles en forma de “U” de origen glaciar, con planicies amplias en el fondo y cubiertas de bofedales. Las pendientes dominantes se van incrementando a medida que se acerca a las lagunas y nevados glaciares; diferenciando en general, las siguientes unidades geomorfológicas: Glaciares, lagunas, morrenas, valles glaciares, colinas, lomadas y laderas de montañas, flujos de detritos, quebradas, planicies fluvio glaciares y terrazas de origen fluvial, laderas escarpadas.

## 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 de altura 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 glaciár. Estos eventos existentes en la Cordillera Blanca han sido materia de estudios y apreciaciones por muchos investigadores, desde la década del año 40 (Electroperu, 1979).

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.

El Glaciar Queullaraju se ubica en el sector Sur de la Cordillera Blanca al Suroeste del Pastoruri que es un atractivo turístico de la región Ancash.

Según el inventario de glaciares del Perú (HIDRANDINA S.A., 1988) el glaciar Queullaraju tenía una superficie glaciár de 1.98 km<sup>2</sup> en el año 1962, la cual estaba comprendido entre las cotas 4900 – 5637 m s.n.m. con orientación Norte a Nor Oeste.

Según el inventario de glaciares Cordillera Blanca (ANA, 2010) el glaciar Queullaraju perteneciente al sistema glaciár Caullaraju tenía una superficie glaciár 1.56 km<sup>2</sup> en el año 2003 comprendidos entre las cotas 5057 – 5634 m s.n.m. con orientación predominante Nor Oeste.

Las características del glaciar Queullaraju se presentan en el siguiente cuadro (**Cuadro N° 3**) delimitado a partir de imágenes Sentinel – 2 (Año 2016).

*Cuadro N° 3: Características del glaciar Queullaraju.*

<b>Glaciar Queullaraju</b>	
<b>Coordenadas del glaciar (WGS84)</b>	9° 56´ 41.06"S, 77° 15´12.49" W
<b>Código del glaciar (Inventario de Glaciares Cordillera Blanca); (ANA, 2010)</b>	G282748E9944S internacional/1376995 - 1, nacional
<b>Código de la Cuenca (Inventario de Glaciares del Perú); (HIDRANDINA S.A., 1988)</b>	1P005CXA01, 1P005CXA02
<b>Rango altitudinal aproximado (m s.n.m.)</b>	5079/5593
<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>	1.11
<b>Exposición general</b>	Nor Oeste
<b>Inicio del monitoreo</b>	22 de mayo del 2017
<b>Balance de masa (glaciológico)</b>	Sí (balizas)
<b>Topografía</b>	Si (anual)
<b>Balance hidrológico</b>	No
<b>Equipamiento meteorológico in situ</b>	No
<b>Frecuencia de las visitas</b>	Bianual
<b>Instituciones</b>	INAIGEM

## 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 (Electroperú ,1979).

En la subcuenca Ocollo se evidencia pocas lagunas, algunas formándose cerca al glaciar, también se observa una laguna supra glaciar en la lengua glaciar del Queullaraju.

## VII. ECOSISTEMAS

Los ecosistemas predominantes en la Subcuenca Ocollo son pajonal andino en la que se evidencia especies como *Calamagrostis rígida*, *Calamagrostis amoena*, *Festuka Weberbaueri*, *Stipa ichu*; otro ecosistema es el bofedal en la que se observa especies como *Distichia muscoides* (“champa”) de la familia Juncaceae, *Plantago rígida* (“champa estrella”) de la familia Plantaginaceae, estos ecosistemas cumplen funciones ecosistémicas importantes para la Subcuenca como la regulación, recuperación de la calidad del agua, y proveen pastizales para las ovejas, vacunos, acémilas de los comuneros de la zona. Gran parte de la Subcuenca esta con escasa o sin vegetación. Las zonas de vida predominantes es la tundra pluvial andino (tp – AS) y Nival Tropical (NT) (**Fotografía N° 1**)



*Fotografía N° 1: Ecosistemas de la Subcuenca Ocollo. Foto: Edwin Loarte.*

## VIII. HIDROLOGÍA

El glaciar Queullaraju está ubicado en la subcuenca Ocollo y la cuenca del Santa en la región hidrográfica del pacífico, sus aguas de fusión fluyen al río Ocollo (**mapa: MHSc – 03**).

### 8.1 Microcuenca glaciar Queullaraju

Abarca un área de 2.264 km<sup>2</sup> en la que la 1.108 km<sup>2</sup> es glaciar (48.9%) y 1.156 km<sup>2</sup> (51.1%) son morrenas, rocas y pequeñas lagunas (**mapa: MsGQ – 01**).

### 8.2 Parámetros morfológicos

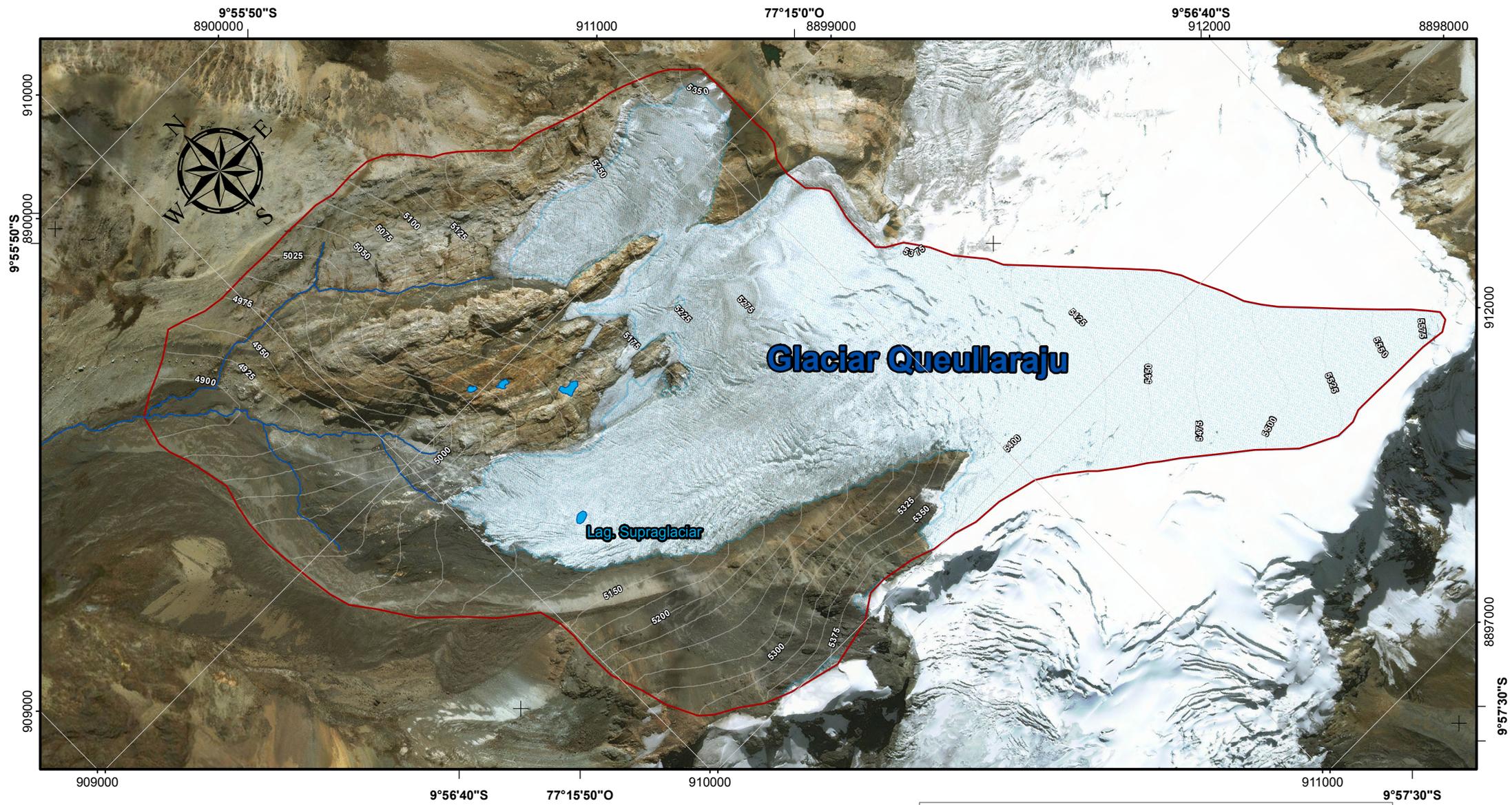
#### 8.2.1 Superficie

*Tabla N° 2: Área correspondiente a cada zona.*

<b>Microcuenca Glaciar Queullaraju</b>	<b>Área km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Sin glaciar	1.156	51.1
Con glaciar	1.108	48.9
Total	2.264	100

#### 8.2.2 Forma

Es una característica que determina la distribución del escurrimiento a lo largo de los cursos de aguas principales, y es en gran parte responsable del comportamiento de las crecientes que se presentan en la cuenca, la cual es expresada por parámetros tales como el coeficiente de compacidad y el factor de forma.



**LEYENDA**

-  Rios
-  Curvas de nivel cada 25 m.
-  Lagunas
-  Glaciar Queullaraju
-  Microcuenca glaciar Queullaraju

**Fuente:** Imagen de Bing Maps - satellite ( 2012), La delimitación del area glaciar fue apartir de imagenes Sentinel - 2 (2016), Delimitación de la microcuenca glaciar a partir de DEM Alos Palsar (12.5 m).

	<b>PERÚ</b>	Ministerio del Ambiente	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña	
<b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES</b> <b>SUB DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA</b>				
<b>MICROCUECNA GLACIAR QUEULLARAJU</b>				MAPA: <b>McGQ - 01</b>
ELABORADO POR: Sub Dirección de Investigación Glaciológica	REVISADO POR: Ing. Ricardo Villanueva Ramírez	APROBADO POR: Ing. Benjamín Morales Armao	ESCALA: 1:12,000 0 0.075 0.15 Km	FECHA: Octubre.2017
SISTEMA DE PROYECCIÓN: Coordenadas UTM - DATUM WGS84 - zona 18 Sur				

- **Índice de compacidad**

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo que tenga igual área que esta, en la medida que el índice se acerque más a la unidad, la forma tiende a ser más redondeada y con mayor peligro de que se produzca avenidas máximas

$$Ic = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

Ic: índice de compacidad

P: perímetro de la cuenca (km)

A: área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

*Tabla N° 3: Índice de compacidad (Ic).*

Perímetro (km)	Área (km <sup>2</sup> )	Índice de compacidad (Ic)
7.195	2.264	1.34

El índice de compacidad de la microcuenca glaciar es de 1.34 por lo tanto podemos decir que la microcuenca es moderadamente alargada.

- **Factor de forma**

Expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca y la longitud, la cual indica la mayor o menor tendencia a crecientes.

$$F_f = \frac{B}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

F<sub>f</sub>: factor de forma

A: área de la cuenca

L: longitud de Máximo recorrido

B: ancho promedio de la cuenca (km)

*Tabla N° 4: Factor de forma ( $F_f$ ).*

<b>A (km<sup>2</sup>)</b>	<b>L (km)</b>	<b>A<sub>m</sub> (km)</b>	<b>F<sub>f</sub></b>
2.264	3.310	0.684	<b>0.21</b>

El factor de forma de la microcuenca es de 0.21 esto quiere decir que la microcuenca está sujeta a menores crecientes.

- **Altitud media de la microcuenca glaciar Queullaraju**

La distribución de áreas en función de la altura en la microcuenca glaciar Queullaraju va desde el punto de interés propuesto para el aforo ubicado a una cota aproximada de 4884 m s.n.m., hasta el pico más alto del nevado Queullaraju a 5593 m s.n.m., esto delimitado mediante un DEM Alos Palsar (12.5 m).

La microcuenca tiene una altitud media de 5240 m s.n.m., ubicado completamente en el glaciar, este aspecto es importante dado que permitirá cumplir con el objetivo de evaluar el comportamiento hidrológico del glaciar dentro de la microcuenca (**Tabla N° 5**).

Por sus características morfológicas la microcuenca se considera ideal para el estudio y análisis del comportamiento hidrológico del glaciar. Como es conocido y característico de las cuencas con influencia de glaciares, el aporte hídrico en los meses de estiaje (mayo – agosto) están directamente relacionados a la fusión de los glaciares y el presente estudio intentará cuantificar el aporte hídrico producto de la fusión del glaciar a la microcuenca (**mapa: MPQ – 04, Grafico N° 1**).

Tabla N° 5: Valores de la curva hipsométrica.

N°	Cotas		Altura promedio	Área (Km <sup>2</sup> )		Acumulado (%)	Área entre curvas (%)
	Min	Max		Área entre curvas	Acumulado		
1	4884	4931	4908	0.075	<b>2.266</b>	100.0	3.3
2	4932	4978	4955	0.107	2.191	96.7	4.7
3	4979	5025	5002	0.114	2.084	92.0	5.0
4	5026	5073	5050	0.149	1.970	87.0	6.6
5	5074	5120	5097	0.256	1.821	80.4	11.3
6	5121	5167	5144	0.231	1.566	69.1	10.2
7	5168	5214	5191	0.196	1.334	58.9	8.6
8	5215	5262	5239	0.212	1.139	50.2	9.3
9	5263	5309	5286	0.216	0.927	40.9	9.6
10	5310	5356	5333	0.220	0.710	31.4	9.7
11	5357	5403	5380	0.157	0.490	21.6	6.9
12	5404	5451	5428	0.132	0.333	14.7	5.8
13	5452	5498	5475	0.109	0.202	8.9	4.8
14	5499	5545	5522	0.074	0.092	4.1	3.2
15	5546	5593	5570	0.019	0.019	0.8	0.8

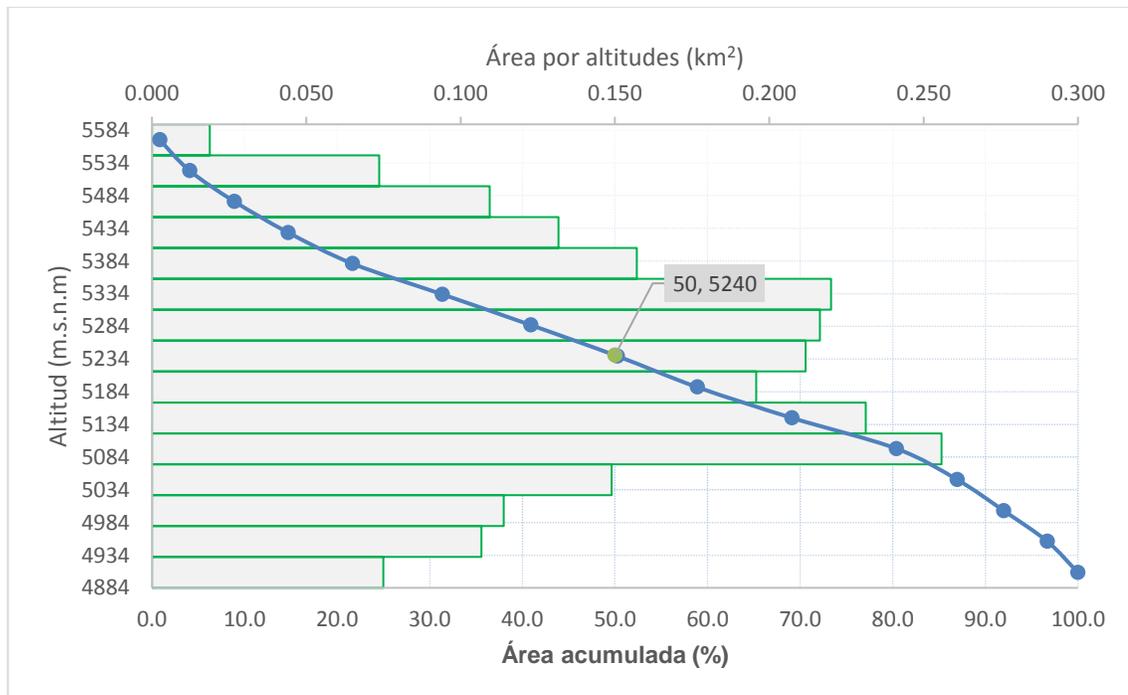
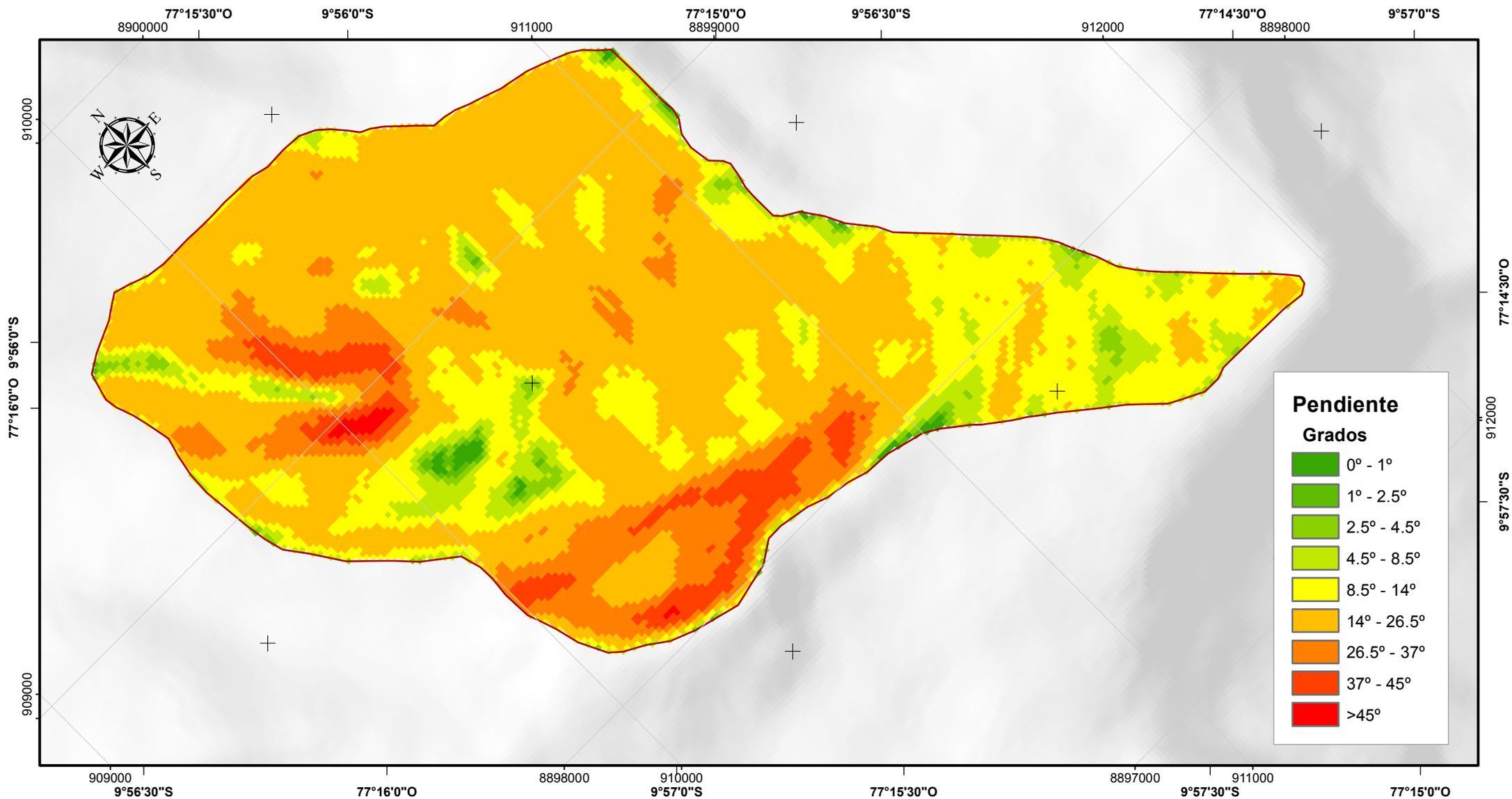


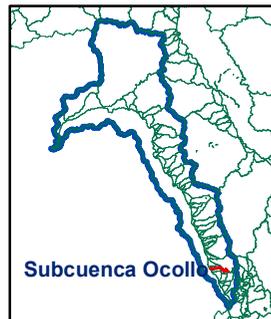
Gráfico N° 1: Curva hipsométrica de la microcuenca glaciar Queullaraju.



**LEYENDA**

Microcuenca glaciar Queullaraju

**Fuente:** Delimitación de la microcuenca glaciar a partir de DEM Alos Palsar (12.5 m).



		<b>PERÚ</b>		Ministerio del Ambiente		Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña			
<b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES</b> <b>SUB DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA</b>									
<b>MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA GLACIAR QUEULLARAJU</b>									
ELABORADO POR: Sub Dirección de Investigación Glaciológica		REVISADO POR: Ing. Ricardo Villanueva Ramírez		APROBADO POR: Ing. Benjamín Morales Arnao		ESCALA: 1:13.000		MAPA: <b>MPQ - 04</b>	
SISTEMA DE PROYECCIÓN: Coordenadas UTM - DATUM WGS84 - zona 18 Sur								FECHA: Octubre 2017	

## IX. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

El glaciar Queullaraju no representa peligros.

## X. RESULTADOS DEL MONITOREO GLACIOLÓGICO

El glaciar Queullaraju 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 y su escorrentía están definidos e identificados.

### 10.1 Perforación de red de control en ablación

Se realizaron 4 perforaciones en la zona de ablación para la instalación de balizas el 22 de mayo del 2017 y 8 perforaciones el 16 de agosto del 2017, de las cuales 6 fueron para la instalación de balizas y 2 para pozos de acumulación. (**Tabla N° 6**).

*Tabla N° 6: Ubicación de los puntos de control, datos de desplazamiento y desnivel en el periodo de monitoreo (22/05/17 – 16/08/17).*

Puntos	Este (m)	Norte (m)	Cota 16/08/17	Cota 22/05/17	Desplazamiento (m)	Dirección (rumbo)	Desnivel (m)
Q-1A	252141.386	8900196.206	5059.871	5061.456	4.55	N35°36'31"W	-1.59
Q-1N	252142.348	8900201.682	5061.378	--	--	--	--
Q-2A	252220.336	8900153.223	5069.383	5070.978	4.50	N44°49'43"W	-1.60
Q-2N	252224.096	8900152.421	5069.758	--	--	--	--
Q-3A	252288.118	8900109.080	5088.999	5091.459	5.16	N62°50'16"W	-2.46
Q-3N	252292.767	8900108.309	5089.979	--	--	--	--
Q-4A	252367.751	8900067.744	5110.744	5114.134	7.02	N62°21'37"W	-3.39
Q-4N	252358.702	8900066.729	5109.713	--	--	--	--
C-5N	252439.999	8900030.385	5135.223	--	--	--	--
C-6N	252494.877	8900019.460	5149.141	--	--	--	--
PZ-1	252776.038	8900191.624	5250.223	--	--	--	--
PZ-2	252835.627	8900172.180	5281.528	--	--	--	--

## 10.2 Levantamiento topográfico

El trabajo de campo se inició con el reconocimiento del terreno y ubicación de las bases topográficas monumentados (2 bases topográficas) que serán usados para el control, horizontal y vertical, estos puntos se ubican teniendo en cuenta los criterios de seguridad y visibilidad, los puntos BT-1, BT-2, se usaron y se usaran estos puntos fijos para el seguimiento del levantamiento topográfico de la superficie, perímetro, georreferenciación de balizas (**Plano: PGTL – 01, Tabla N° 7**)

*Tabla N° 7: Coordenadas de las bases topográficas  
"Datum WGS 84 - UTM - 18 Sur" - 22/05/2017.  
Puntos ubicados con GPS navegador.*

<b>Base</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>Altitud (m s.n.m.)</b>
<b>BT-1</b>	252251.000	8900638.000	5108.000
<b>BT-2</b>	251939.164	8900325.172	5059.122

252000-E 252250-E 252500-E 252750-E 253000-E 253250-E

### PLANO DE UBICACIÓN



COORDENADAS DE BALIZAS Y ABLACIÓN GLACIAR DE 16 DE AGOSTO 2017, (WGS 84 UTM - Zona 18)

Puntos	Este	Norte	Cota 16/08/17	Cota 22/05/17	Desplazamiento	Dirección (Rumbo)	Ablación
Q-1A	252141.386	8900196.206	5059.871	5061.456	4.55	N35°36'31"W	-1.59
Q-1N	252142.348	8900201.682	5061.378	-	-	-	-
Q-2A	252220.336	8900153.223	5069.383	5070.978	4.50	N44°49'43"W	-1.60
Q-2N	252224.096	8900152.421	5069.758	-	-	-	-
Q-3A	252288.118	8900109.080	5088.999	5091.459	5.16	N62°50'16"W	-2.46
Q-3N	252292.767	8900108.309	5089.979	-	-	-	-
Q-4A	252367.751	8900067.744	5110.744	5114.134	7.02	N62°21'37"W	-3.39
Q-4N	252358.702	8900066.729	5109.713	-	-	-	-
Q-5N	252439.999	8900030.385	5135.223	-	-	-	-
Q-6N	252494.877	8900019.460	5149.141	-	-	-	-
PZ-1	252776.038	8900191.624	5250.223	-	-	-	-
PZ-2	252835.627	8900172.180	5281.528	-	-	-	-



Comparaciones Topográficas da los meses 22 de Mayo de 2017 a 16 de Agosto de 2017

Descripción	22-may-17	16-ago-17	Diferencia
Cota Baja	5149.44	5157.71	8.27
Pendiente Prom. (%)	20.76%	16.56%	-4.20%

Cuadro de Coordenadas de las Bases Topográficas "Datum WGS 84 - UTM - 18 Sur" - 22/05/2017

BASE	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTITUD msnm.
BT-1	252.251.000	8'900.638.000	5.108.000
BT-2	251.939.164	8'900.325.172	5.059.122

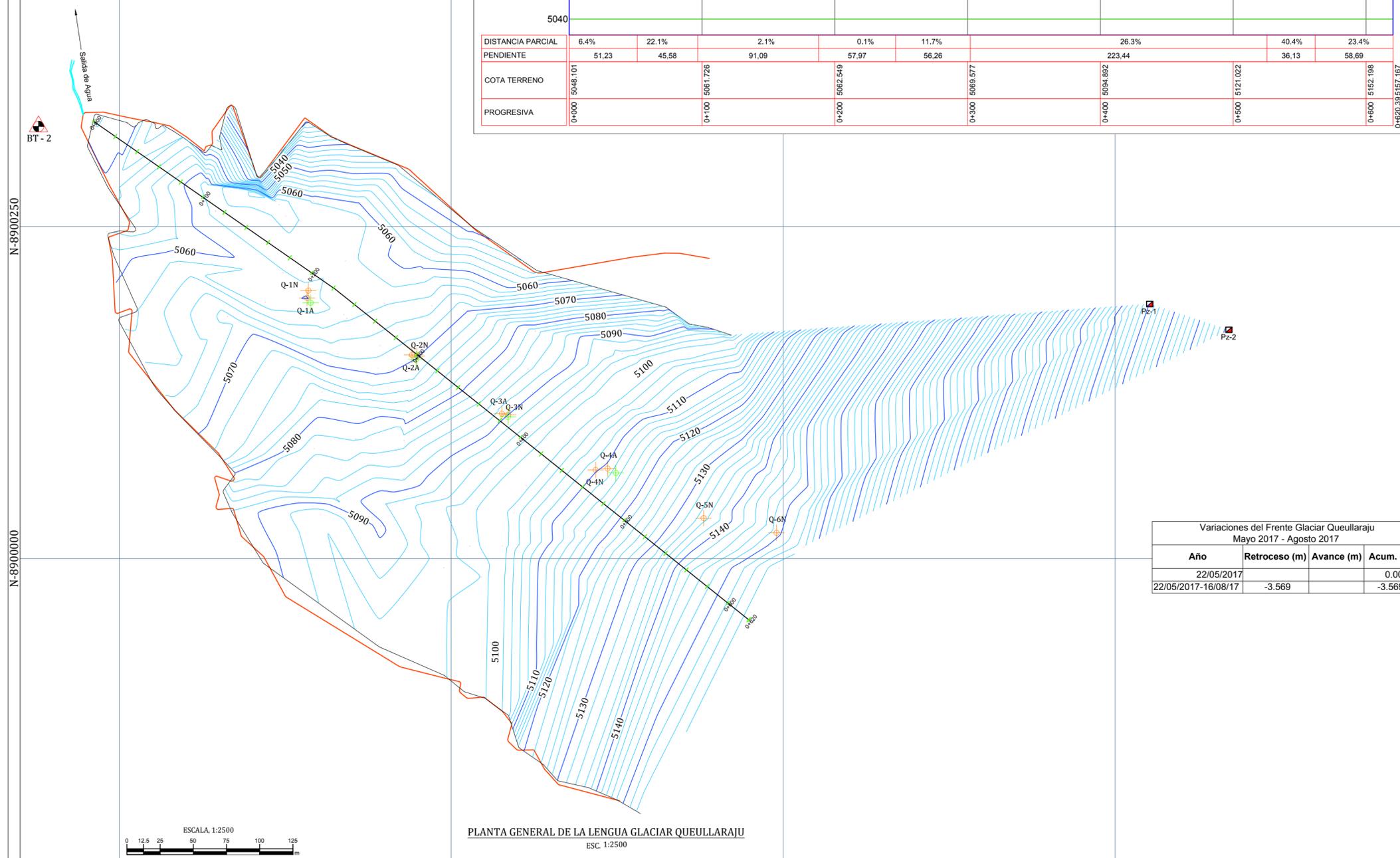
Puntos Ubicados con Gps Navegador para Realizar el Levantamiento Topográfico del Glaciar Caullaraju.

Variaciones del Frente Glaciar Queullaraju Mayo 2017 - Agosto 2017

Año	Retroceso (m)	Avance (m)	Acum. (m)
22/05/2017			0.00
22/05/2017-16/08/17	-3.569		-3.569

**LEYENDA**

- CURVAS MAESTRAS 10 m
- PERÍMETRO, 22 DE MAYO 2017
- PERÍMETRO 16 DE AGOSTO 2017
- BALIZA, 16 DE AGOSTO DE 2017
- BASE TOPOGRÁFICO
- POZO DE ACUMULACIÓN



PERU Ministerio del Ambiente Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña INAIEM

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

INFORME DE IMPLEMENTACIÓN GLACIOLÓGICA

Producto: GLACIAR QUEULLARAJU - CODIGO 1376995-1  
Actividad: Monitoreo Topográfico del Glaciar Queullaraju

Plano: PLANTA GENERAL TOPOGRÁFICO Y PERFIL LONGITUDINAL DEL GLACIAR QUEULLARAJU

Elaborado por: Ing. Lucas Torres A. Revisado por: Ing. Marco Zapata L. Fecha: Agosto - 2017. Plano: F01-01

Sistema de Coordenadas UTM - DATUM WGS 84 - Zona 18S

252000-E 252250-E 252500-E 252750-E 253000-E 253250-E

## CONCLUSIONES

- ❖ Se implemento el glaciar Queullaraju, con una red de control de 4 balizas en el mes de mayo y 2 en el mes de agosto del 2017 en el eje central, cada una con una perforación de 10 m.
- ❖ se obtuvo el mapa topográfico de planta, perfil longitudinal y la superficie de la lengua glaciar Queullaraju, a escala 1:2500.
- ❖ Se logro instalar dos puntos topográficos bases para el control y monitoreo en el área de estudio.
- ❖ La microcuenca glaciar Queullaraju cumple con las condiciones apropiadas para el monitoreo hidrológico, dado que las aguas de fusión glaciar convergen en un único punto de desague.

## RECOMENDACIONES

- ❖ el balance hidrológico de la microcuenca glaciar Queullaraju se deberá realizar de acuerdo al año hidrológico (setiembre a agosto), adicionalmente se debe instalar una estación meteorológica para realizar modelos hidrológico continuos que nos permitan determinar el aporte hídrico efectivo de la microcuenca y ver el comportamiento climático.
- ❖ Realizar mediciones periódicas mensuales, con la finalidad de llevar un control de ablación en el glaciar.
- ❖
- ❖ Continuar con el monitoreo topográfico del glaciar, para generar información como altura de ablación, dinámica del movimiento de la lengua glaciar, dirección del movimiento y la distancia de retroceso del frente glaciar.
- ❖ Instalar pluviómetros totalizadores en la zona de estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2010). *INVENTARIO DE GLACIARES Cordillera Blanca*. Huaraz: ANA.
- Electroperu. (1979). *Estudio Integral para el Aprovechamiento de la cuenca del Río Santa, Informe general de la investigación Geológicas, Topográficas y los estudios Glaciológicos en toda la cuenca "Informe B - 4" Vol III "Glaciología"*. Sao Paulo: HIDROSERVICE.
- Francou & Pouyaud. (2008 - b). Balance de Masa de un Glaciar. *pdf, publicacion*.
- HIDRANDINA S.A. (1988). *INVENTARIO DE GLACIARES DEL PERU*. Huaraz.
- INGEMMET. (1996). *GEOLOGÍA DE LOS CUADRANGULOS DE HUARAZ, RECUAY, LA UNION, CHIQUIAN Y YANAHUANCA (20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j)*. Lima: INGEMMET.
- IPCC. (2001). Glosario de Terminos: Anexo B, Tercer Informe de Evaluación. *IPCC*, 198.
- 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.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**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.

**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 SUPRAGLACIAR.** - 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.

**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).

**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.

## **PERSONAL TECNICO QUE PARTICIPO EN EL INFORME**

Ing. Lucas N. Torres Amado

Ing. Edwin A. Loarte Cadenas

Ing. Luzmila R. Dávila Roller

Ing. Oscar Vilca Gómez

Bach. Jhonatan H. Perez Ramírez