



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**MINISTERIO DEL AMBIENTE  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y  
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA**

**MONITOREO GLACIOLÓGICO  
IMPLEMENTACIÓN  
GLACIAR COPAP  
ANCASH – ASUNCION – CHACAS**

**INFORME TÉCNICO**



**Huaraz, Octubre de 2017**

**ÍNDICE**

<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>I. GENERALIDADES</b> .....	<b>4</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	4
1.2 ANTECEDENTES .....	4
1.3 OBJETIVOS .....	5
1.3.1 GENERAL .....	5
1.3.2 ESPECÍFICOS .....	5
1.4 UBICACIÓN Y ACCESO .....	5
<b>II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>10</b>
2.1 FASE DE PRE CAMPO .....	10
2.2 FASE DE CAMPO .....	10
2.3 FASE DE GABINETE .....	13
<b>III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO .....	16
3.2 RECURSOS PAISAJÍSTICOS DE INTERÉS AMBIENTAL, CULTURAL, VISUAL Y PATRIMONIAL .....	17
<b>IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA</b> .....	<b>17</b>
4.1 GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL .....	17
4.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL .....	18
<b>V. GLACIARES</b> .....	<b>21</b>
<b>VI. LAGUNAS</b> .....	<b>25</b>
<b>VII. ECOSISTEMAS</b> .....	<b>27</b>
<b>VIII. HIDROLOGÍA</b> .....	<b>28</b>
8.1 MICROCUENCA COPAP .....	29
8.2 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS .....	29
8.3 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS .....	32
<b>IX. RESULTADOS DEL MONITOREO GLACIOLÓGICO</b> .....	<b>33</b>
9.1 PERFORACIÓN DE RED DE CONTROL EN ABLACIÓN .....	34
9.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	35
9.3 FLUCTUACIÓN DEL FRENTE O RETROCESO GLACIAR .....	38
<b>X. CONCLUSIONES</b> .....	<b>40</b>
<b>XI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>40</b>
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	42



## RESUMEN

Las investigaciones que se inician en la Cordillera Blanca por parte del INAIGEM a través del equipo de Investigación en Glaciares, el cual tiene como objetivo realizar monitoreos glaciológicos, como en ésta oportunidad el glaciar Copap y lagunas peligrosas en todo el territorio nacional, ubicados en las denominadas cordilleras nevadas. En esta oportunidad el monitoreo glaciológico en el glaciar mencionado anteriormente se encuentra en la cabecera de la sub cuenca del río Yanamayo.

Políticamente el glaciar Copap pertenece a la región Ancash, provincia de Asunción, distrito de Chacas, hidrográficamente pertenece a la Intercuenca Alto Marañón, subcuenca del río Yanamayo.

El monitoreo glaciológico practicado en el glaciar Copap, constó en establecer una red de control de balizas en la zonas de ablación, donde se efectuó perforaciones de 10 metros de profundidad por cada punto, siendo en total seis balizas nuevas implementadas y el acompañamiento de los trabajos topográficos (levantamiento topográficos), de la superficie, frente y georreferenciación de las balizas en la red de control en la zona de ablación, todo esto a partir de puntos o hitos topográficos fijos, ubicados en zonas aledañas al glaciar. Toda ésta información permitirá calcular los balances de masa del glaciar y conocer el volumen de aporte en un año hidrológico.

Los resultados más importantes obtenidos en la zona de estudio, son los planos del levantamiento topográfico de la superficie, perfil y frente del glaciar Copap, instalación de una red de control de 6 puntos nuevos en la zona de ablación, cada una de 10 metros de profundidad, este trabajo de implementación se realizó desde el 09 al 16 de Agosto de 2017.



## I. GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Los cambios globales que están ocurriendo a escala mundial en los últimos periodos, vienen afectando gravemente a los sistemas glaciares de nuestras cordilleras nevadas. La mayor cantidad de reservas de agua dulce de nuestro país se hallan en forma de hielo o nieve permanente (71% de los glaciares tropicales del planeta), del cual el consumo total de agua en todo el Perú es de 53%.

El INAIGEM a través del equipo de Investigación en Glaciares, viene realizando inspecciones técnicas a glaciares con potencial de monitoreo y a lagunas peligrosas en 18 cordilleras nevadas del país, iniciando en esta oportunidad la inspección e implementación glaciológica en el ámbito de la Cordillera Blanca.

Desde mayo del 2017 se inició el estudio de monitoreo de la lengua glaciar Copap, por el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM.

### 1.2 ANTECEDENTES

El 17 de mayo del 2017, se iniciaron las actividades con trabajos de monitoreos de tipo glaciológico y topográfico del glaciar Copap por parte de la Sub Dirección de Investigación Glaciológica de la Dirección de Investigación en Glaciares - INAIGEM, en el glaciar mencionado se realizará un monitoreo continuo hasta llegar a su máxima evolución.

Este glaciar Copap pertenece a la Cordillera Blanca y de acuerdo al Inventario Nacional de Glaciares, se determinó que la Cordillera Blanca cuenta con 755 glaciares y una superficie de 527,62 km<sup>2</sup> (ANA, 2014).

La Cordillera Blanca, donde se ubica el glaciar Copap, tiene una superficie glaciar de 527.62km<sup>2</sup>, localizándose gran extensión glaciar en la Cuenca del Santa, con 68,16% de la superficie total, el 31.33% va a la cuenca del río



Marañón y la menor extensión se ubica en la cuenca del río Pativilca con el 0.51% como se muestra en el siguiente cuadro.

Vertiente	Cuenca	Km <sup>2</sup>	%
Pacífico	Santa	359.62	68.16
	Pativilca	2.71	0.51
Atlántico	Marañón	165.29	31.33
		51.91	100.00

Fuente: UGRH, 2014.

*Cuadro N° 01: Superficie glaciar según vertiente y cuenca hidrográfica en la cordillera central.*

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 GENERAL

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

#### 1.3.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Perforaciones para instalar las balizas de madera para el control de ablación.
- ✓ Levantamiento topográfico del frente glaciar y superficie.
- ✓ Levantamiento topográfico de la evolución de las lagunas en formación.
- ✓ Evaluación general de las condiciones hidrológicas.
- ✓ Monitorear la dinámica y el comportamiento del glaciar.

### 1.4 UBICACIÓN Y ACCESO

#### Ubicación:

El glaciar Copap se encuentra ubicado a 5 013 m. s. n. m., en la cabecera de la subcuenca Yanamayo, al costado izquierdo del nevado Jacabamba y a la derecha del nevado Ashnocuana y Perilla 1, en la Cordillera Blanca; hidrográficamente pertenece a la subcuenca del río Yanamayo, intercuenca alto del río Marañón. (Ver Mapas N° 01 y 02).



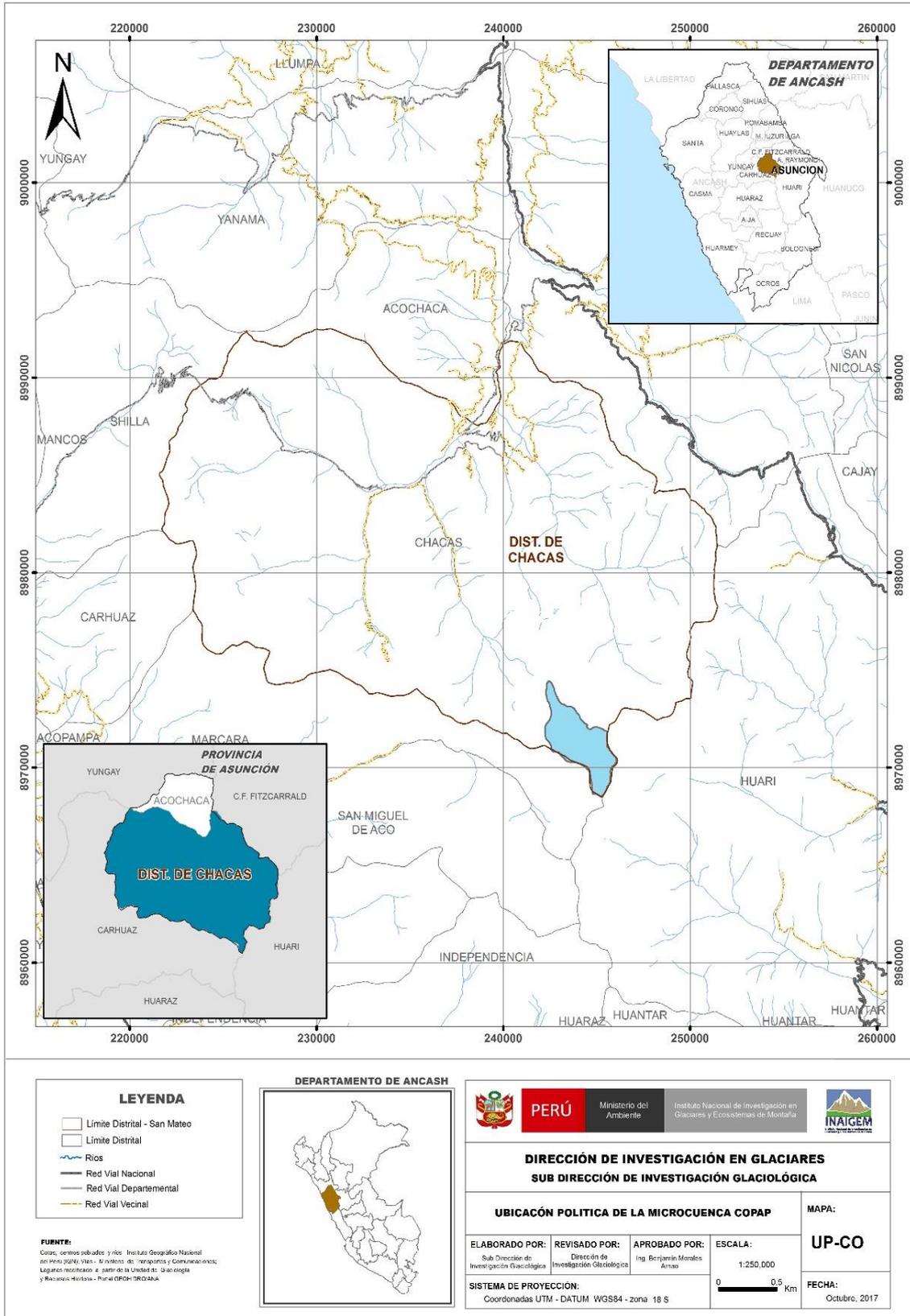
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Mapa N° 01: Ubicación política de la zona de estudio.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



**LEYENDA**

- Glaciar
- Lagunas
- Cotas
- Curvas de nivel
- Rios
- Limite Subcuenca
- Limite Microcuenca

**FUENTE:**  
Base topográfica a partir del Modelo Digital de Elevación de ALDIS PALSAR - Alaska Satellite Facility; Cotas, centros poblados y rios - Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN); Vías - Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Lagunas modificadas a partir de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos - Portal GEOHIDRO/ANA



	<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>UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA BLANCO</b>				MAPA:
<b>ELABORADO POR:</b> Sub Dirección de Investigación Glaciológica				<b>U-SCY</b>
<b>REVISADO POR:</b> Dirección de Investigación Glaciológica				
<b>APROBADO POR:</b> Ing. Benjamín Morales Armao				<b>FECHA:</b> Octubre, 2017
<b>ESCALA:</b> 1:53.734.934				
<b>SISTEMA DE PROYECCIÓN:</b> Coordenadas UTM - DATUM WGS84 - zona 18 S				

Mapa N° 02: Ubicación de la Subcuenca del río Yanamayo.

**Acceso:**

A partir de Huaraz por la carretera asfaltada Huaraz - Carhuaz, luego se toma la carretera Carhuaz - Punta Olímpica - Chacas, que en un largo tramo fue construida en el 2011 en el periodo del Sr. Cesar Álvarez como gobernador, con el fin de evitar el sin fin de accidentes ocasionados por las nevadas en la Punta Olímpica se construyó un túnel de aproximadamente 1.4 km de longitud que atraviesa parte del nevado Huascarán. Esta carretera es una de las más importantes, pues las condiciones climáticas, geográficas y ambientales son extremas, una de sus zonas más altas se encuentra a 4,781 m.s.n.m.; luego en el cruce C.P. Chacato, se toma un desvío a la derecha por una trocha carrozable hasta la quebrada Juitush, de donde se toma un camino de herradura por aproximadamente 4 horas, hasta llegar al campo base del glaciar Copap a una altitud de 5 013 m.s.n.m. (Ver cuadro N° 02, Mapa N° 03).

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo (h)	Medio de Transporte
Huaraz - Carhuaz – Cruce C.P. Chacato	Carretera asfaltada	95,00	2:00 h	Camioneta
Cruce C.P. Chacato – Quebrada Juitush	Trocha carrozable	10,40	0:35 h	Camioneta
Quebrada Juitush – Campo base glaciar Copap	Camino de herradura	7,00	4:00 h	A pie
<b>Distancia Total Recorrida</b>		<b>112,40</b>	<b>06:35 h</b>	

*Cuadro N° 02: Recorrido a la zona de estudio.*



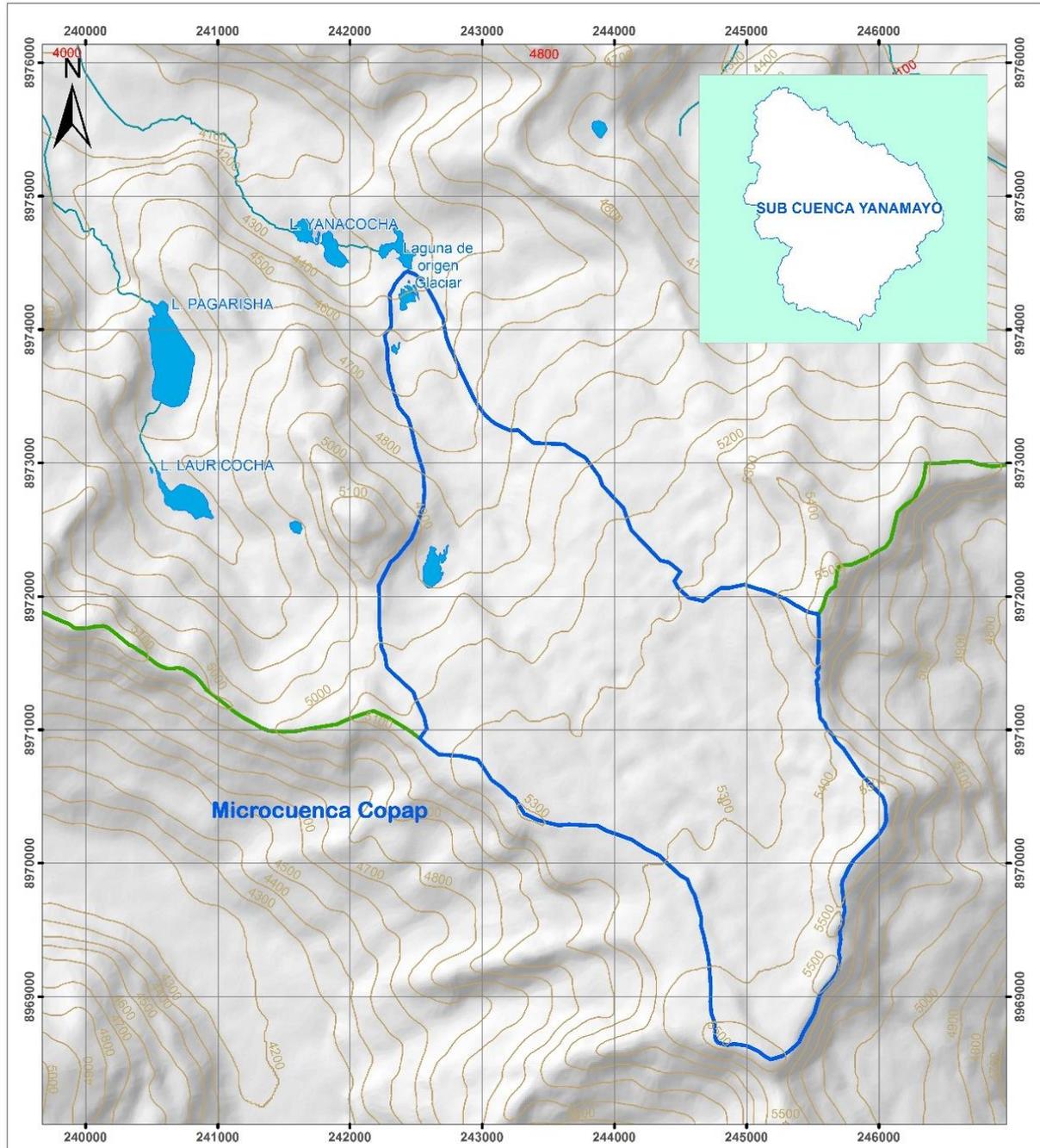
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



**LEYENDA**

- Lagunas
- Cotas
- Curvas de nivel
- Ríos
- Limite Microcuenca
- Limite Subcuenca

**FUENTE:**  
Base topográfica a partir del Modelo Digital de Elevación de ALOS PALSAR - Alaska Satellite Facility; Cotas, curvas, puentes y ríos: Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGM); Vías - Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Lagunas modificadas a partir de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos - Unidad GEHIDROAVIA



		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>UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA SULLCÓN</b>						<b>MAPA:</b>
<b>ELABORADO POR:</b> Sub Dirección de Investigación Glaciológica	<b>REVISADO POR:</b> Dirección de Investigación Glaciológica	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Benjamin Morales Armas	<b>ESCALA:</b> 1:40,000	<b>UH-MCO</b>		
<b>SISTEMA DE PROYECCIÓN:</b> Coordenadas UTM - DATUM WGS84 - zona 18 S			<b>FECHA:</b> 0  0.5 Km			

Mapa N° 03: Ubicación del glaciar Copap.



## 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 la implementación de una red de control de tipo glaciológico en la lengua del glaciar Copap.

#### 2.1.2 Elaboración del Plan de Trabajo

El Equipo Técnico del INAIGEM, 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 información de la zona de estudio, en este caso, la información del monitoreo glaciológico y del levantamiento topográfico en el glaciar Copap, son información base que se recopiló de las visitas en campo realizados en mayo del 2017.

### 2.2 FASE DE CAMPO

En los trabajos de campo, las actividades a realizar en la zona de estudio para un monitoreo glaciológico integral o completo, se considera estos cinco pasos (ver figura N° 01).

- 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.*



*Figura N° 01: Esquema conceptual de la Fase de Campo en los trabajos de Monitoreo Glaciológico.*

## 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°02).



*Figura N° 02: Actividades que comprenden las perforaciones sobre superficie glaciar.*

### 2.2.1.2 Trabajos de topografía

Consiste en la toma de información mediante equipos especializados, como la estación total, la cual nos permitan obtener mapas de la superficie glaciar y delimitar el contorno de la lengua glaciar, datos que nos permitirán conocer el retroceso glaciar, comparar 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°03).



*Figura N° 03: Muestra las actividades resumidas del levantamiento topográfico en el monitoreo glaciológico.*

## 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° 04):



*Figura N° 04: 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 implementación glaciológica, 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 Copap, está ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes:

Latitud: 09°18'17.30" S

Longitud: 77°19'15.25" O

Altitud : 5,013 m.s.n.m. (promedio)

Políticamente el glaciar Copap, se ubica en el distrito de Chacas, provincia de Asunción, departamento de Ancash, en las nacientes del río Yanamayo, que es tributario por la margen izquierda del río Marañón a unos 36 Km al este del distrito de Chacas y a 2 566 m.s.n.m. en promedio. El río nace en la Cordillera Occidental de los Andes y recorre hacia el oeste hasta desembocar en el Océano Pacífico.

Las aguas provenientes del río Yanamayo, aportan con recurso hídrico a los distritos de Yauya, San Nicolás, Llama, Llumpa, Eleazar Guzmán Barrón y San Luis.



Si bien el área de estudio se centra en la cabecera de la cuenca del río Marañón, en la subcuenca del río Yanamayo, es importante precisar que toda el agua de deshielo que se produce en los glaciares contribuye al caudal del río Marañón.

Se analizó e identificó 2 distritos en la provincia de Asunción: Chacas y Acochaca, los cuales están ubicados en la Intercuenca alto Marañón. Se define entonces, para fines del estudio, como provincia de Asunción, a los 2 distritos mencionados como los beneficiarios directos.

Provincia		Población total	Población urbana	Población rural	Hombre	Mujer
Asunción	Chacas	5334	2082	3252	2653	2681
	Acochaca	3720	220	3500	1747	1973
<b>Total</b>		<b>9054</b>	<b>2302</b>	<b>6752</b>	<b>4400</b>	<b>4654</b>

Fuente: XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2007 INEI.  
(\* ) Comprende los 17 distritos de Huarochirí.

*Cuadro N° 03: Población beneficiada del recurso hídrico del río Yanamayo.*

### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

El glaciar Copap, se ubica en el distrito de Chacas, provincia de Asunción, departamento de Ancash, en las nacientes del río Yanamayo, que es tributario por la margen izquierda del río Marañón a unos 36 Km al este del distrito de Chacas y a 2566 m.s.n.m. en promedio. El río nace en la Cordillera Occidental de los Andes y recorre hacia el oeste hasta desembocar en el Océano Pacífico.

#### **Clima Regional:**

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite sobre la Cordillera Blanca predomina un clima semifrío, lluvioso en verano y deficiente en invierno, según el proyecto PISCO la precipitación total anual es de 746.5mm con variaciones entre los 1191.4 y 199.5mm. La temperatura media anual es de 7°C con mínimas entre los 0 a 4°C y máximas entre los 12 a 16°C (SENAMHI, 2017).



### **3.2 RECURSOS PAISAJÍSTICOS DE INTERÉS AMBIENTAL, CULTURAL, VISUAL Y PATRIMONIAL**

La cabecera compuesta por campos de hielo, que se encuentran en la cima de la subcuenca del río Yanamayo, juegan un importante papel en cuanto a los siguientes aspectos:

#### **Servicios recreacionales:**

Dentro de la Sub cuenca de Yanamayo, se cuenta con varias lagunas, incontables parajes, nevados y rutas como para desarrollar la pesca deportiva, ciclismo de montaña, deportes de aventura, caminatas y campamentos guiados. Estos son visitados a pie y en algunos casos también a caballo.

Dentro de la quebrada Juitush, se desarrolla a pequeña escala el turismo de aventura en las aguas de la laguna Pagarisha y Yanacocha, esta última proveniente del glaciar Copap. Actualmente se cuenta con una propuesta de gestión de turismo de aventura para la quebrada Juitush, que incluye deportes de aventura.

## **IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

### **4.1 GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL**

Geológicamente, la cordillera Blanca forma parte de un gran batolito de edad terciaria superior, limitada por las cuencas de los ríos Santa y Marañón. En esta cordillera, predominan mayormente rocas ígneas muy duras tipo granito y granodiorita, limitado por sedimentos del cretáceo y por depósitos cuaternarios de origen glaciar (morrenas), localmente, sobre el flanco occidental, sobresalen algunos sedimentos residuales más antiguos de origen volcánico y sedimentario.

Las rocas plutónicas, tipo granito, granodiorita, diorita, tonalita, etc., se encuentran intruyendo a los afloramientos, anteriormente mencionados y también a intrusiones menores tipo andesitas, dacita, monzonita, pórfido



cuarcífero y piroclastos, derrames y brechas de composición dacítica, riolítica y andesítica.

Hacia la parte occidental de la cordillera, sobresale el grupo Calipuy (Paleógeno-Neógeno), compuesto por rocas volcánicas, constituyendo derrames y piroclásticos de composición andesítica, con capas intercaladas de lutitas calcáreas, areniscas blancas, cuarcitas blancas y ocasionalmente estratos de calizas recristalizadas.

Regionalmente, los principales eventos tectónicos han sido la compresión, plegamiento y sobreescurrecimiento del basamento sedimentario, seguido por la erupción del volcánico Calipuy, la intrusión del batolito de la Cordillera Blanca y la formación del graben del Callejón de Huaylas (valle del Río Santa). Las tendencias estructurales dominantes en la región son: una falla longitudinal, paralela al rumbo general de los andes (noroeste-sureste) y otras transversales, (estructuras secundarias) con rumbo general aproximado este-oeste.

También encontramos depósitos cuaternarios de origen fluvial, aluvial, glacial, glaciofluviales y coluvio-deluviales; estos depósitos se presentan semiconsolidados o sin consolidar, de extensión y grosor variable, ubicados mayormente en los fondos de valles glaciares y sobre laderas con moderada pendiente.

La Microcuenca Copap, se encuentra dentro de depósitos glaciares y predominantes de la sub cuenca Yanamayo, está dado por depósitos fluvio glaciares, compuestos de gravas, arenas en matriz limoarenosos, arenas y materiales residuales.

## 4.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Geomorfológicamente, la cordillera Blanca se caracteriza por tener una variada distribución morfológica. Los rasgos más importantes son el resultado de procesos erosivos de origen glaciar, que han cortado afloramientos compactos del batolito de la Cordillera Blanca y rocas sedimentarias Mesozoicas, dando lugar a formas topográficas muy accidentadas con pendientes casi verticales que



predominan en los fondos de valles glaciares. En esta cordillera, sobresalen los típicos valles en forma de "U" de origen glaciar, con planicies amplias en el fondo y cubiertas de bofedales. Las pendiente dominante 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 con pendiente abrupta, flujos de detritos, quebradas, planicies fluvio glaciares y terrazas de origen fluvial.

Los principales procesos geodinámicos, que han modelado el paisaje actual son de origen glaciar, facilitando la formación de morrenas y amplios fondos de valle, también existen procesos de origen hídrico-gravitacional, con elevados niveles de erosión, generando huaycos, avalanchas desbordes, aluviones e inundaciones con alto riesgo para las poblaciones que se ubican en las partes bajas de las subcuencas. Otros procesos de origen gravitacional, como deslizamientos y movimientos en masa que determinan cambios violentos en las laderas y fondos de valle, ocurren en las partes bajas de las subcuencas de los ríos Santa y Marañón.

Para facilitar el análisis espacial de la geomorfología de la cordillera relacionarlo con los peligros se ha dividido en tres grandes partes aprovechando los alcances del concepto de cuenca hidrográfica.

Parte alta que comprende espacios con altitudes entre los 5000 a 6710 m.s.n.m. En estas áreas se localizan las siguientes formas del relieve:

- Masas glaciares en las partes más altas con pendientes  $> 49^\circ$
- Lagunas de origen glaciar delimitados por morrenas laterales y residuales y en depresiones con pendientes entre  $7^\circ$  a  $14^\circ$ .
- Circos con pendientes  $> 49^\circ$ .
- Depósitos de Till en laderas entre  $7^\circ$  a  $14^\circ$ .
- Laderas escarpadas disectadas por escorrentía producto de la fusión glaciar.

Como se puede observar los procesos de erosión favorecidos por las altas pendientes y los procesos de fusión de las masas glaciares. Asimismo, las rocas



ígneas intrusivas (granodiorita y tonalita) que es el lecho rocoso (o basamento), sobre la cual descansan las masas glaciares, están altamente diaclasadas y fracturadas. Al ser un glaciar subtropical la masa rocosa no está totalmente congelada y en contacto con el hielo origina una fusión (deshielo) y la presencia de una delgada película de agua (con detritos) lo cual favorece el movimiento del glaciar y altos procesos de erosión (ingresa el agua por las diaclasas y fracturas). Sin olvidar los importantes movimientos subglaciares que también favorecen los procesos de erosión. Si a esto sumamos los antecedentes de sismos que tiene la región explica perfectamente que estos procesos naturales que ocurren en la parte alta son el origen de los peligros.

Parte media que comprende espacios con altitudes entre los 5,000 a 3,500 msnm. En estas áreas se localizan las siguientes formas del relieve:

- En las vertientes altas predominan los circos y lagunas glaciares delimitadas por morrenas.
- Las laderas escarpadas disectadas por esorrentía proluvial.
- En el fondo de los valles están localizados (bolos) productos de antiguos movimientos en masa. Son enormes materiales residuales de 2 a 3 metros de diámetro que ante un nuevo movimiento en masa (alud - aluvión) serán evacuados a la parte baja de la cuenca donde se ubican asentamientos humanos y actividades económicas.

Parte baja que comprende espacios con altitudes entre los 3,500 y 3,000 msnm. En estas áreas se localizan las zonas que viene siendo poblada intensamente y que requiere mayor planificación. Tiene las siguientes características geomorfológicas:

- Es un espacio alargado y de poca área con depósitos morrenicos estabilizados cubiertos con material eólico. En estos interfluvios hay áreas de peligros muy alto y alto ante eventos de remoción en masa.
- Terrazas aluvionales. Hay peligros muy alto y alto por inundación de los ríos.
- Áreas con depósitos morrenicos con pendientes suaves. Son áreas de peligro muy alto y alto ante eventuales procesos de remoción en masa (alud - aluvión).



- Laderas escarpadas y cárcavas, lo cual indica una intensa erosión hídrica, favorecida por la estructura granuda y diaclasada de las rocas intrusitas, asimismo por el clima con intensas precipitaciones en verano. (INGEMMET, 2017).

## V. GLACIARES

DENTON et al. (1986 en CLAPPERTON & SUGDEN, 1988) concluyen que la causa más importante para las fluctuaciones climáticas durante el Holoceno, se debe a variaciones en la actividad solar. El mínimo de Maunder (episodio más reciente de reducida actividad solar) se vincula a la Pequeña Edad del Hielo (PEH), periodo con bajas temperaturas a escala global, donde los glaciares avanzaron (BENN & EVANS, 1998). CLAPPERTON & SUGDEN (1988), lo sitúan entre los siglos XII y XIX para América del Sur y la Antártica, mientras LLIBOUTRY (1998), sitúa su inicio, para Europa e Islandia en 1570, y para la Patagonia entre los años 1600 y 1614, (ver cuadro N° 04).

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	
Run - Wurm	Sangmom	Interglacial	110 - 130	MIS 5e	Pleistoceno Superior
Riss	Illinoian	Periodo glacial	125 - 200	MIS 6	
Mindel - Riss	Yarmouth	Interglacial	200 - 425	MIS 7	
Mindel	Kansas	Periodo glacial	240 - 455		Pleistoceno Medio
Gunz - Mindel	Aftonian	Interglacial	455 - 620		
Gunz	Nebraskan	Periodo glacial	620 - 680		Pleistoceno Inferior

**Cuadro N° 04:** *Secuencia de depósitos glaciar y su ubicación altitudinal aproximada a la Cordillera Blanca (Clapperton, 1993).*

Los glaciares andinos son una fuente importante de recurso hídrico para las actividades agrícolas, ganaderas, industriales, energéticas, mineras, abastecimiento de agua potable y otras actividades de desarrollo.



El glaciar Copap, ubicado en la cabecera de cuenca de la quebrada Juitush, es considerado como contribuyente del río Yanamayo.

En las décadas recientes, los Andes tropicales han mostrado un retroceso glaciar marcado en las 19 cordilleras nevadas del territorio peruano, presentando mayor aceleración a partir de la década de los años 1970, complementando con los escenarios climáticos proyectan incrementos de temperatura de +4°C a +5°C en zonas por encima de los 4,000 m.s.n.m. para finales del siglo XXI.

Esto podría ocasionar una reducción significativa de la cobertura glaciar y la desaparición de glaciares por encima de los 5 000 m.s.n.m. El nevado Copap, se constituye como reserva importante de agua y ayuda a mantener el caudal que alimentan los cursos de agua que forman las quebradas de las zonas directas.

Es así, que los cuerpos de hielo contribuyen como reguladores de los caudales, tanto subterráneas como superficiales de deshielo, de mucha importancia para el mantenimiento de la formación boscosa y para el aprovechamiento humano, sea para el consumo doméstico, para los animales o la actividad agrícola.

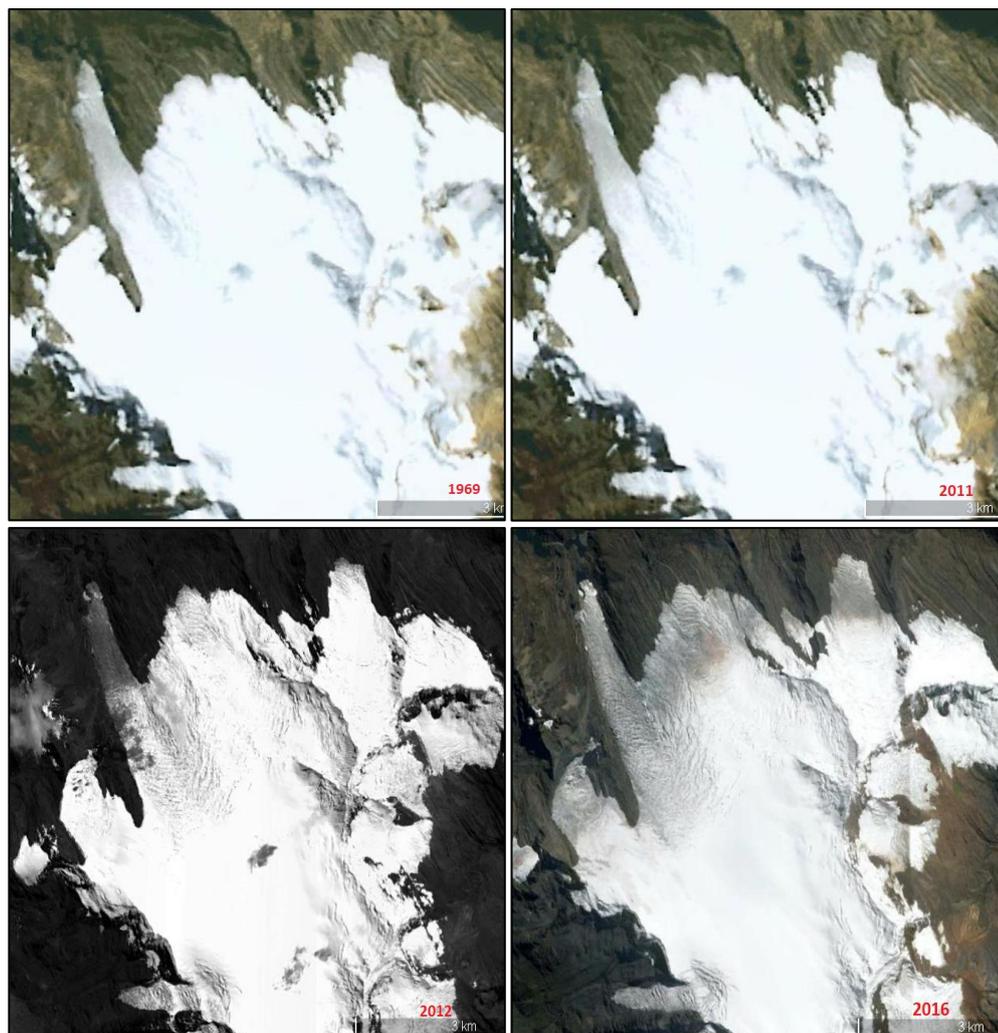
## **DINÁMICA Y SUS EFECTOS EN EL ÁREA GLACIAR**

Teniendo en cuenta que debido a la influencia de las condiciones meteorológicas actuales, en los últimos años, se están produciendo cambios notables en las masas glaciares de nuestras cordilleras nevadas, no es ajeno el caso de los glaciares de la Cordillera Blanca, los cuales tienen una distribución a las dos vertientes, al pacífico por el Santa (548 glaciares) y por Pativilca (10 glaciares), con una superficie de 359.62 km<sup>2</sup> y 2.71 km<sup>2</sup> respectivamente, y en el atlántico por el Marañón con 197 glaciares con una superficie de 165.29 km<sup>2</sup>. (Inventario Nacional de Lagunas y Glaciares).

La distribución de glaciares por rangos de tamaño es también una característica importante a considerar en los glaciares de la Cordillera Blanca, podemos mencionar que 615 glaciares tienen un tamaño  $\leq 1$  km<sup>2</sup> y tienen una superficie de 134,21 km<sup>2</sup>, 122 glaciares tienen un tamaño entre 1, 1 - 5 km<sup>2</sup>, y 16 glaciares

tiene un tamaño  $>10 \text{ km}^2$  y tienen una superficie de  $26,88 \text{ km}^2$ . En general la Cordillera Blanca cuenta con 755 glaciares y una superficie de  $527.62 \text{ km}^2$  (ANA, 2014).

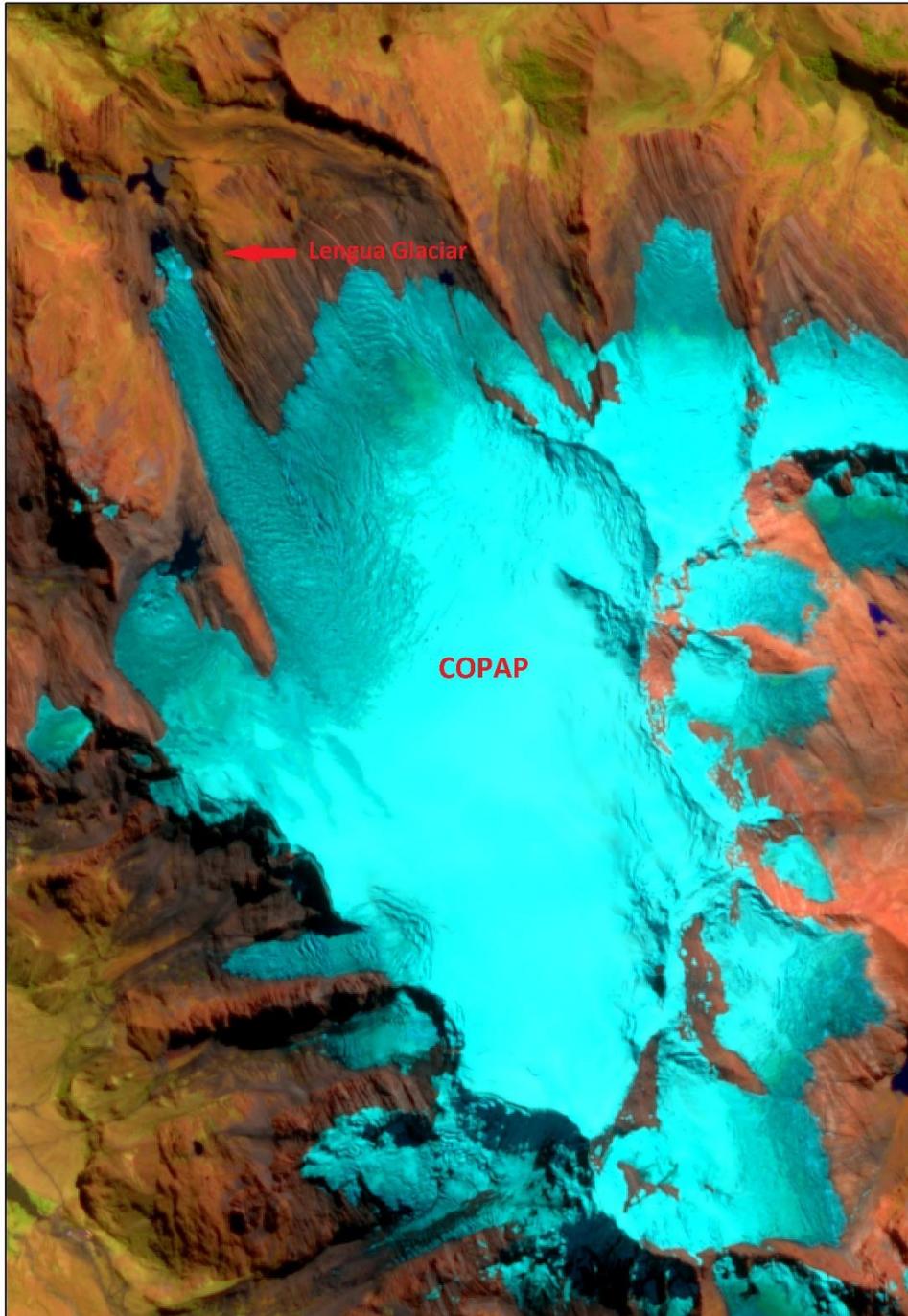
A continuación se muestran fotografías comparativas del glaciar Copap, desde el 1969 al 2016 (ver Imagen N° 01).



*Imagen N° 01: Evolución del glaciar Copap en el tiempo, desde 1969 al 2016. (Fuente: Google Earth)*

En la imagen N° 01; en la imagen inicial, se ve mayor masa glaciar y en un periodo de 47 años el retroceso glaciar es notoriamente considerable, esto debido a diversos factores, pero principalmente al calentamiento global que hace

que se formen estanques de agua sobre el hielo y estas absorben en mayor grado el calor del sol.



*Imagen N° 02: Glaciar Copap en el 2017. (Fuente: Sentinel)*

## VI. LAGUNAS

En las faldas del glaciar Copap, se puede observar la formación de una laguna que drena a la Quebrada Juitush.



*Fotografía N° 01: Laguna de formación Glaciar en las faldas del Glaciar Copap.*

En el momento de la inspección, la laguna en formación no representa una amenaza para ecosistemas en caso de desembalse, sin embargo se cuenta con cuerpos de hielo sumergidos y cubiertos con detritos en la laguna, dicha condición podría cambiar en los próximos años, el dique de la laguna es constituida de roca, lo cual nos brinda la garantía de embalse de dicho cuerpo de agua (ver Imagen N° 03).



*Imagen N° 03: Cuerpos de hielo sumergidos y Dique de roca en el desembalse de las lagunas de formación glaciar. (Fuente: Google Earth – 2016).*



*Fotografía N° 02: Cuerpos de hielo sumergidos en laguna de formación glaciar en proceso. (Foto: Edwin Loarte).*

Según el informe del levantamiento topográfico, la laguna en formación tiene las siguientes características:

- ✓ Área=26432.716m<sup>2</sup>
- ✓ Nivel de Espejo de Agua 4333.20 m.s.n.m.

Ver fotografía N° 03:



*Fotografía N° 03: Laguna en formación del glaciar Copap. (Foto: Edwin Loarte).*



## VII. ECOSISTEMAS

En la cordillera Blanca se presentan 05 ecosistemas que han sido determinados tomando como base el Mapa de Cobertura Vegetal del MINAM 2015, y que se encuentran localizados espacialmente sobre los 3,500 msnm. y que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, bosque relicto altoandino, matorral arbustivo, pajonal andino y plantaciones forestales. El pajonal andino es el ecosistema que predomina notoriamente ya que ocupa el 59% del territorio y el porcentaje restante se reparten los otros ecosistemas en porcentajes similares. También existe un porcentaje importante (15%) de área altoandina con escasa y sin vegetación. Las zonas de vida predominantes es la tundra pluvial Andino Tropical (tp – AS) y Nival Tropical (NT). (*Fuente: Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña - INAIGEM*).

Una de las principales amenazas a las fuentes hídricas que presenta la quebrada Juitush, es la ineficiente forma de aprovechar el recurso hídrico por parte de la población que se beneficia directamente; al no contar con reservorios y otras formas de almacenar el agua, esta discurre libremente.

Dentro de la Subcuenca Yanamayo, predominan ecosistemas de tipo Bosque relicto altoandino, bofedales, matorral arbustivo y en gran cantidad, pajonal andino.

Dentro de la micorcuenca Copap, se identificó el tipo de ecosistema como área altoandina con escasa y sin vegetación.



*Fotografía N° 04: Ecosistemas de Pajonal Andino dentro de la Subcuenca Yanamayo y Microcuenca Copap.*

## VIII. HIDROLOGÍA

La Cordillera Blanca es el sistema montañoso que actúa como divisor de aguas entre las vertientes continentales del Pacífico y del Atlántico en este sector de los Andes. A partir del cual se prolongan los flancos de sus vertientes hacia el occidente y oriente, encontrando en ambas direcciones a los ríos Santa y Marañón como límites naturales, llegando a incluir niveles altitudinales que varían entre los 500 msnm (confluencia con los ríos Tablachaca y Santa) hasta los 6 768 msnm (Sistema glaciar Huascarán).

El ámbito está compuesto, en un 52%, por las subcuencas del río Marañón (flanco izquierdo); en un 47%, del territorio de la cuenca del río Santa (flanco derecho), y en un 1% de la superficie de la cuenca del río Pativilca (flanco derecho). (*Fuente: Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña - INAIGEM*).

El 17 de mayo del 2017, se iniciaron las actividades con trabajos de monitoreos de tipo glaciológico y topográfico del glaciar Copap por parte de la Sub Dirección de Investigación Glaciológica de la Dirección de Investigación en Glaciares – INAIGEM; en el glaciar mencionado, se implementó una red de 6 balizas en la zona de ablación.



En la actualidad aún no se implementan instrumentos y equipos para el registro de datos hidro-meteorológicos, esperando que próximamente se llegue a su adquisición e implementación de estas.

### 8.1 MICROCUENCA COPAP

En la actualidad los mapas de Unidades Hidrográficas de la Autoridad Nacional del Agua consideran al glaciar Copap como aportante de la Cuenca del río Marañón.

Para fines de estudio del glaciar, delimitamos un área que encierra a toda la lengua del glaciar Copap, en adelante se denominará microcuenca Copap, el cual se encuentra en la vertiente del Atlántico, en la quebrada Juitush y que es tributario del río Yanamayo.

El curso de agua con dirección hacia la cuenca del río Marañón discurre a través del lecho rocoso y llega hasta pequeños cuerpos de agua que atenúan la escorrentía, el mayor cuerpo de agua es la laguna Yanacocha de 0.47 km. de largo por un ancho promedio de 0.12 km. A la salida de esta laguna se ubica un vertedero de roca fija que décadas atrás se formó a causa de la abrasión de hielo y nieve y que actualmente se mantiene por la erosión de corrientes de agua que desemboca de la laguna.

Por las condiciones topográficas de la microcuenca, en la actualidad la totalidad de cantidad de agua que discurre del glaciar se drena hacia la quebrada Juitush en la vertiente del Atlántico, producto de la fusión glaciar.

### 8.2 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

#### Superficie:

Micro Cuenca	Área Km <sup>2</sup>	%
Sin Glaciar	0,99	10.3
Con Glaciar	8,65	89.7
<b>TOTAL</b>	<b>9,64</b>	<b>100</b>

Tabla N° 01: Área correspondiente a cada zona, Microcuenca Copap.



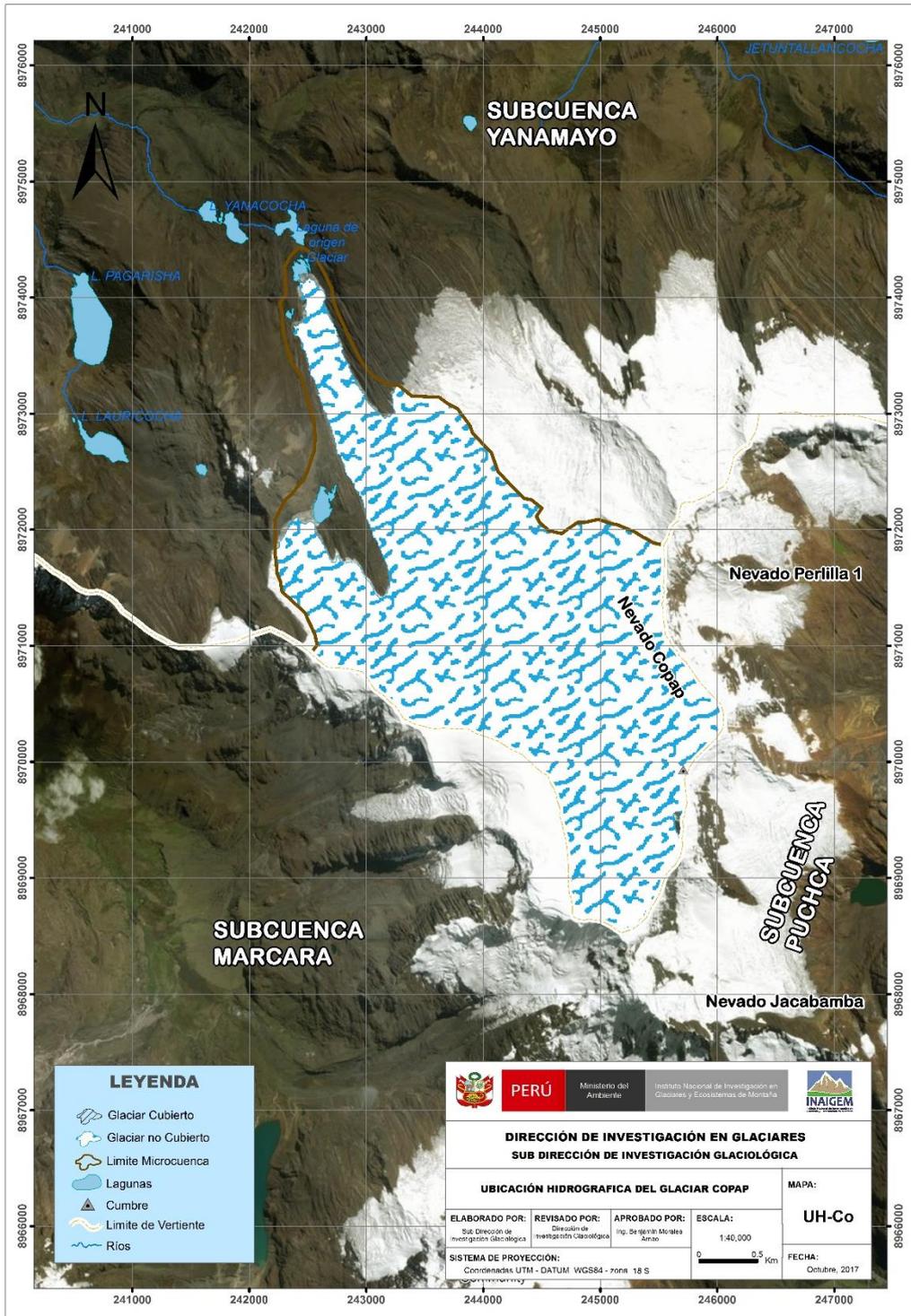
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Mapa N° 04: Ubicación del área de estudio, Microcuenca Copap.

### Altitud media de la Microcuenca Copap:

Una forma de representar la inclinación o pendiente (declividad) de una cuenca es mediante un estudio de la variación de elevación de los terrenos con



PERÚ

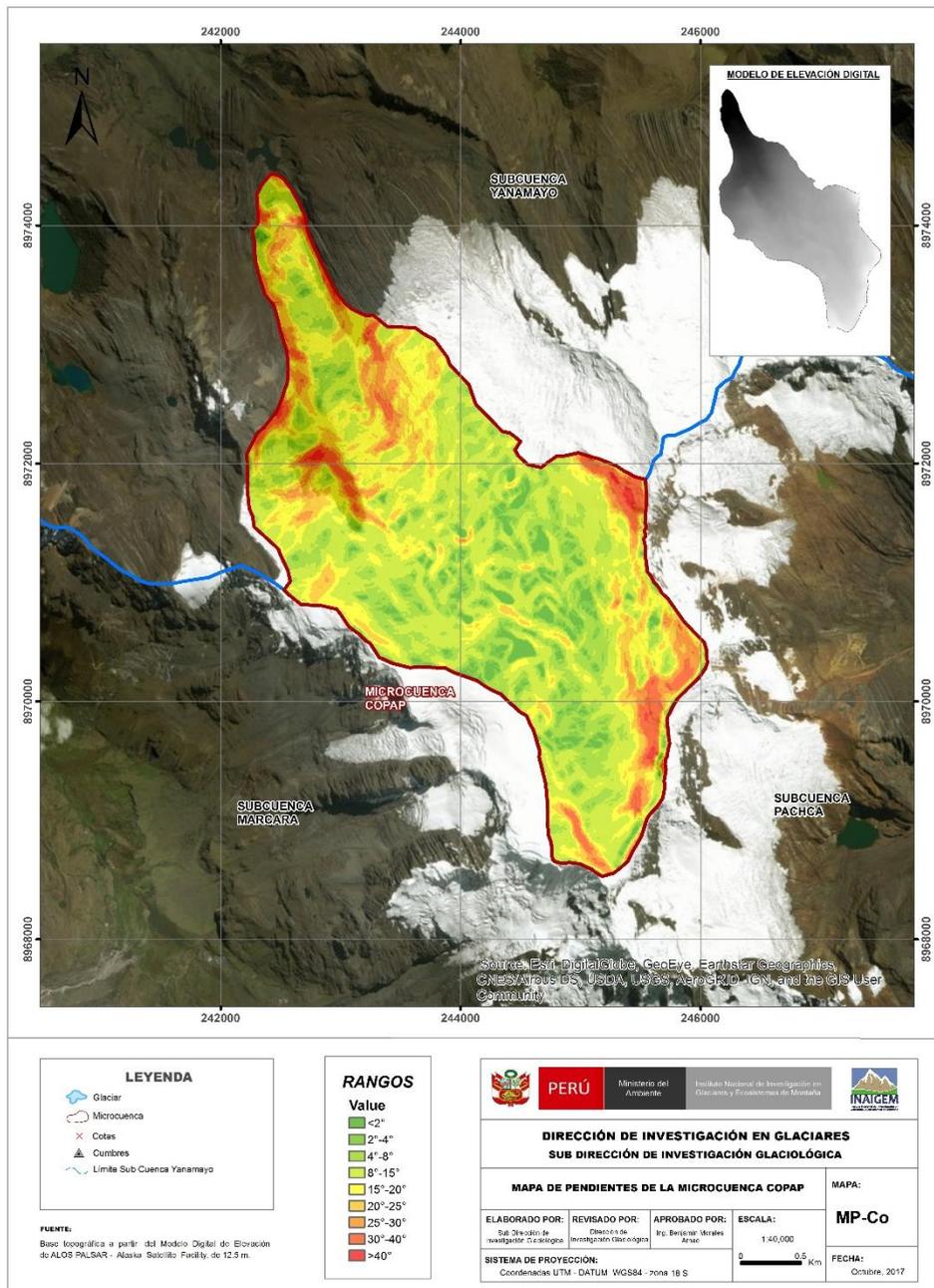
Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



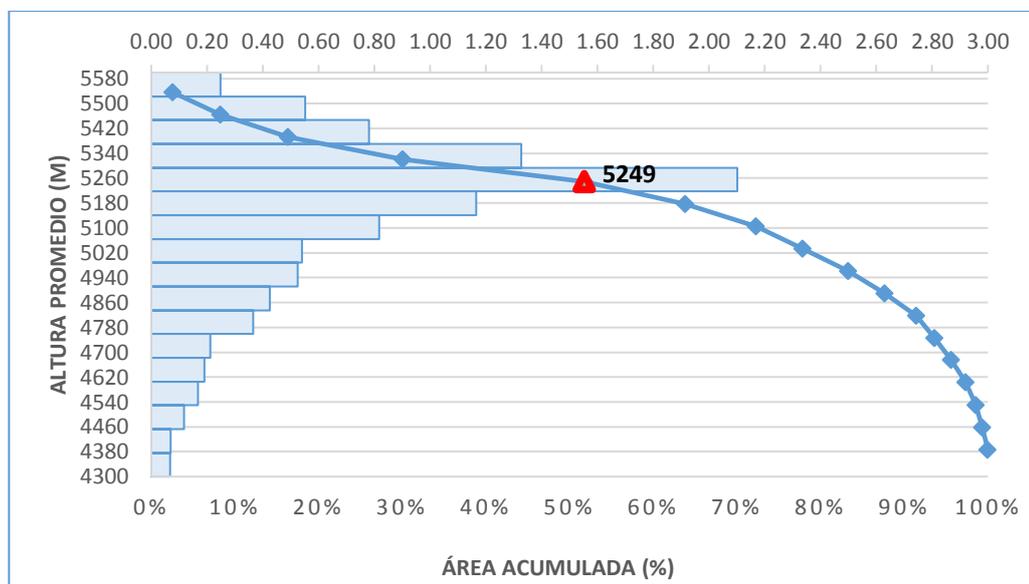
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser representada mediante una curva hipsométrica que indica el porcentaje del área de la cuenca que se encuentra por encima o debajo de una altura considerada. Para la microcuenca en estudio se ha trazado la curva hipsométrica, distribuyendo el área de acuerdo a su altitud, los valores correspondientes se pueden apreciar en el mapa N° 05 y gráfico N° 01, donde se señalan las áreas por debajo y por encima de una determinada altitud, (véase, Mapa N° 05).



Mapa N° 05: Mapa de relieve y altitudes de la Microcuenca Copap.

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, Grafico N° 01).



**Gráfico N° 01:** Curva Hipsométrica de la Microcuenca Copap.

Según el Grafico N° 01 observamos que la microcuenca Copap tiene una altitud media de 5,249 m.s.n.m., muy por encima del área de estudio; este aspecto es importante dado que el objetivo es evaluar el comportamiento hidrológico del glaciar dentro de la Microcuenca y necesitamos la respuesta hidrológica del caudal que discurre producto de la fusión del glaciar.

A demás, la distribución de superficie en altitud es predominantemente entre la cota 5,020 y 5,500 m.s.n.m., cotas que en su integridad están sobre el glaciar.

### 8.3 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

En el glaciar Copap, se evidencia cambios bruscos, siendo notorio el aporte de material detrítico sobre la lengua glaciar, ocasionada por el derrumbe y desplazamiento de material en la parte superior izquierda del glaciar, material que ha sido desplazado por la dinámica glaciar existente.

En el momento de la inspección, fue posible observar que en los alrededores del glaciar no hay huellas de eventos anteriores relacionados a desembalses o aluviones, el glaciar está bastante alejado del centro poblado más cercano, y no hay manera de que afecte si ocurriera el desprendimiento de glaciares colgantes sobre la lengua glaciar.

## IX. RESULTADOS DEL MONITOREO GLACIOLÓGICO

El glaciar Copap es un cuerpo de hielo parcialmente cubierto de material de escombros o detritos. (Ver fotografías N° 05 y 06).



Glaciar cubierto por material de escombros, polvo, carbono negro, entre otros.

*Fotografía N° 05: Coordenadas y cotas iniciales de cada baliza.*



Perforaciones de masas de hielo, a causa de partículas que llegan a calentarse por las altas temperaturas.

*Fotografía N° 06: Coordenadas y cotas iniciales de cada baliza.*



En términos de caracterización y evaluación de la zona de estudio para un monitoreo directo, el glaciar cumple con las mejores condiciones para ser monitoreado, dado que el frente glaciar y su escorrentía están definidos.

## 9.1 PERFORACIÓN DE RED DE CONTROL EN ABLACIÓN

Inicialmente, se realizaron la instalación de 4 balizas en la lengua glaciar (Zona de ablación), obteniéndose la siguiente información (ver tabla N° 02):

COORDENADAS DE BALIZAS DEL GLACIAR COPAP DE 18 DE MAYO 2017, (WGS 84 UTM - Zona 18)			
PUNTOS	ESTE	NORTE	COTA 18/05/17
C-1	242641.400	8973546.591	4594.203
C-2	242672.956	8973452.485	4603.800
C-3	242718.763	8973326.454	4622.989
C-4	242761.223	8973180.340	4651.188

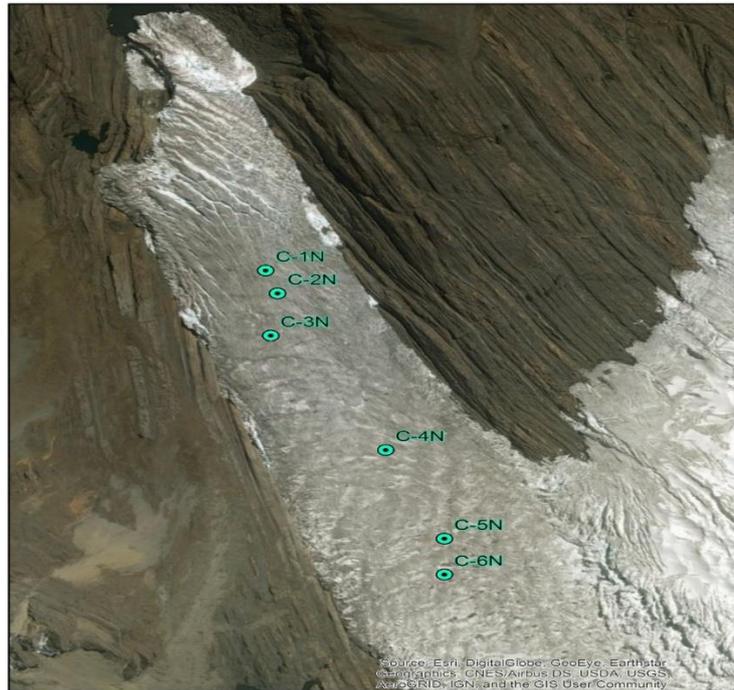
*Tabla N° 02: Coordenadas y cotas iniciales de cada baliza.*

Se realizaron 6 perforaciones nuevas en la zona de ablación, obteniéndose la siguiente información (ver tabla N° 03 e imagen N° 04):

Balizas	Coordenadas UTM		Cota (m.s.n.m.) 09/08/17	Emergencia (m)	Longitud de la perforación (m)
	Este (m)	Norte (m)			
C-1N	242660.376	8973503.826	4597.707	0.65	10.00
C-2N	242681.638	8973441.494	4605.091	0.25	10.00
C-3N	242669.270	8973326.291	4621.954	0.25	10.00
C-4N	242875.179	8973014.630	4686.657	0.20	10.00
C-5N	242980.213	8972772.689	4750.304	0.25	10.00
C-6N	242980.213	8972674.864	4768.358	0.22	10.00
Pozo 01	243731.555	8971208.410	5183.094	---	1.488
Fecha	09 de Agosto del 2017				

*Tabla N° 03: Coordenadas, cotas y emergencia inicial de balizas nuevas.*

La distribución espacial de la información anterior sobre la red de control en la zona de ablación y acumulación.



*Imagen N° 04: Ubicación y nomenclatura de balizas de la red de control en ablación y acumulación.*

## 9.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El trabajo de campo se inició con el reconocimiento del terreno y ubicación de las bases topográficas que fueron monumentados por la Sub Dirección de Investigación Glaciológica del INAIGEM en el año 2017, estos puntos se ubican teniendo en cuenta los criterios de seguridad y visibilidad, las nomenclaturas que llevan los puntos son: BC-1, BC-2 y BC-3, se usaron estas bases para el seguimiento del levantamiento topográfico de la superficie, perímetro y georeferenciación de las balizas (ver cuadro N° 05, imagen N° 05 y tablas N° 04, 05 y 06).

Coordenadas de Bases Topográficas			
Punto	Este (m)	Norte (m)	Cota (m.s.n.m.)
BC-1	242326.000	8974983.000	4391.895
BC-2	242321.000	8973978.000	4349.263
BC-3	242106.636	8974873.724	4498.914

*Cuadro N° 05: Coordenadas de bases topográficas.*

Las bases topográficas, fueron ubicadas con GPS navegador para realizar el levantamiento topográfico de la lengua glaciar de Copap.

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

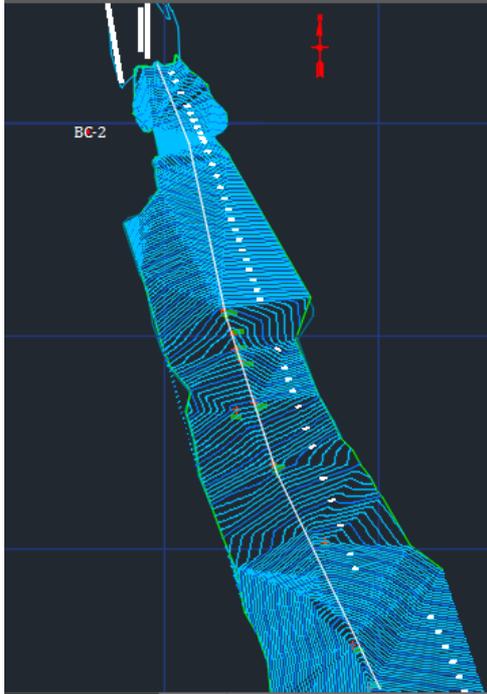


*Imagen N° 05: Hitos monumentados en las morrenas de la laguna y glaciar Copap.*

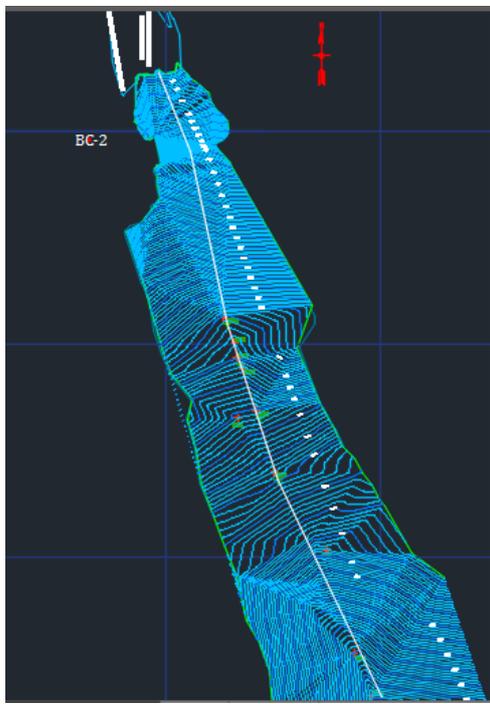
DESCRIPCIÓN DE PUNTO BASE			
<b>NOMBRE/NUMERO:</b>	<b>PROYECTO:</b>	<b>LOCALIDAD:</b>	
BC - 1	Glaciar Copap	Copap	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>			<b>TIPO MONUMENTO:</b>
Dpto.: Ancash	Prov.: Asunción	Dist.: Chacas	Concreto
<b>NORTE:</b>	<b>ESTE:</b>	<b>ELEVACIÓN ELIPSOIDAL:</b>	<b>DATUM:</b>
8 974 983.000	242 326.000	4 391.895	WGS 84
<b>LATITUD:</b>	<b>LONGITUD:</b>	<b>PROYECCIÓN:</b>	<b>FECHA:</b>
09° 15' 54.57" S	77° 20' 43.55" W	U.T.M. Zona 18	17/05/2017

*Tabla N° 04: 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			
<b>NOMBRE/NUMERO:</b>	<b>PROYECTO:</b>	<b>LOCALIDAD:</b>	
BC - 2	Glaciar Copap	Copap	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>			<b>TIPO MONUMENTO:</b>
Dpto.: Ancash	Prov.: Asunción	Dist.: Chacas	Concreto
<b>NORTE:</b>	<b>ESTE:</b>	<b>ELEVACIÓN ELIPSOIDAL:</b>	<b>DATUM:</b>
8 973 978.000	242 321.000	4 349.263	WGS 84
<b>LATITUD:</b>	<b>LONGITUD:</b>	<b>PROYECCIÓN:</b>	<b>FECHA:</b>
09° 16' 27.26" S	77° 20' 43.94" W	U.T.M. Zona 18	17/05/2017
			

*Tabla N° 05: Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N° 02) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.*

<b>DESCRIPCIÓN DE PUNTO BASE</b>			
<b>NOMBRE/NUMERO:</b>	<b>PROYECTO:</b>	<b>LOCALIDAD:</b>	
BC - 3	Glaciar Copap	Copap	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>			<b>TIPO MONUMENTO:</b>
Dpto.: Ancash	Prov.: Asunción	Dist.: Chacas	Concreto
<b>NORTE:</b>	<b>ESTE:</b>	<b>ELEVACIÓN ELIPSOIDAL:</b>	<b>DATUM:</b>
8 974 873.724	242 106.636	4 498.914	WGS 84
<b>LATITUD:</b>	<b>LONGITUD:</b>	<b>PROYECCIÓN:</b>	<b>FECHA:</b>
09° 15' 58.10" S	77° 20' 50.78" W	U.T.M. Zona 18	17/05/2017
			

*Tabla N° 06: Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N° 03) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.*

### 9.3 FLUCTUACIÓN DEL FRENTE O RETROCESO GLACIAR

Los trabajos sobre el glaciar Copap se realizaron desde el mes de Mayo del presente año, donde la Sub Dirección de Investigación Glaciológica del INAIGEM implementaron una red de monitoreo a través del uso de balizas.



Considerando la información acopiada de los trabajos realizados del mes de Mayo y del mes de Agosto, los resultados del cálculo del retroceso del glaciar Copap, se indican en la Tabla N° 07.

Variaciones del Frente Glaciar Copap Mayo 2017 – Agosto 2017			
Años	Retroceso (m)	Acumulado (m)	Acum. (m)
17/05/2017			0.00
17/05/2017 - 09/08/2017	-1.71		-1.707

Tabla N° 07: Retroceso del Glaciar Copap desde 17/05/17 - 09/08/17.

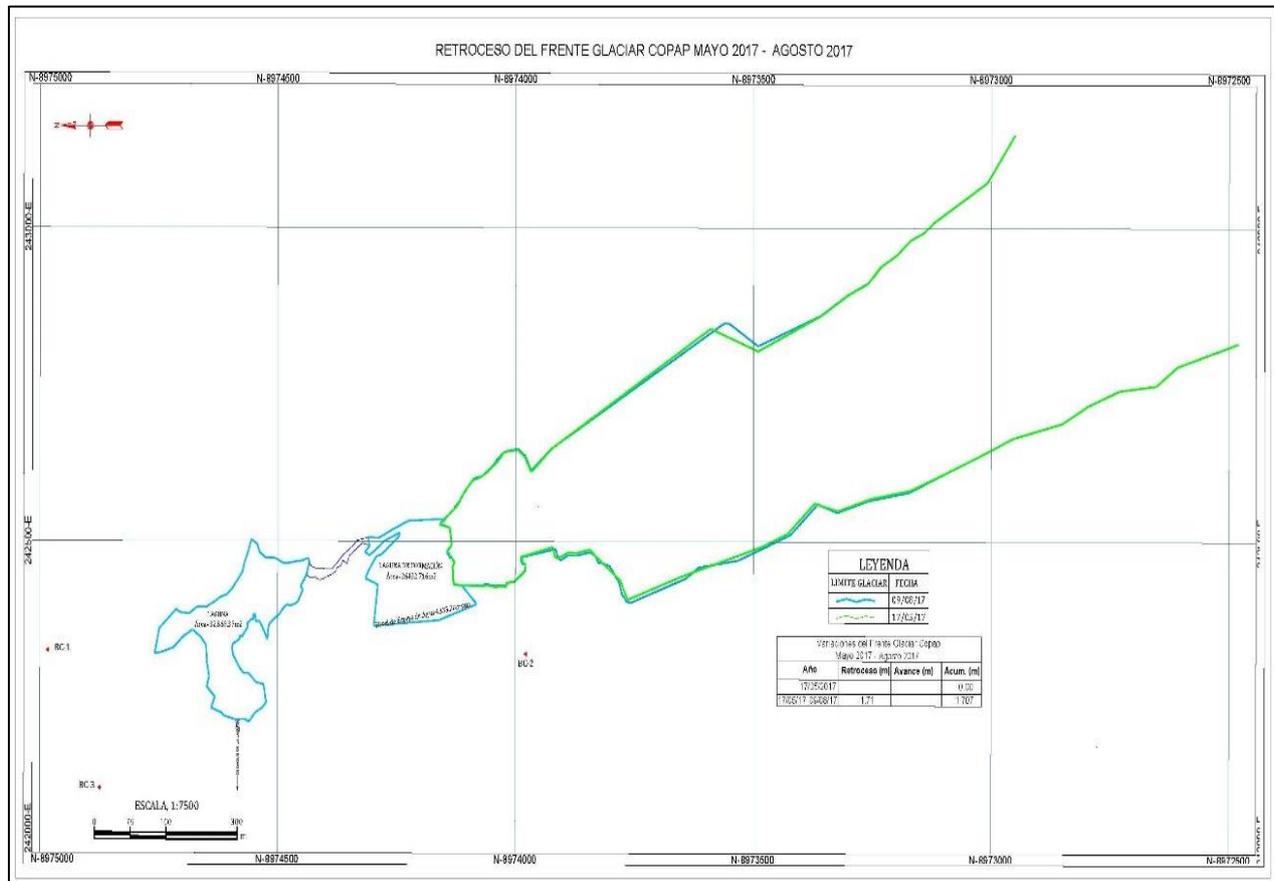


Figura N° 05: Retroceso del frente glaciar Copap Mayo – Agosto del 2017.

Podemos afirmar que desde de Agosto, mes en que se hizo la última medición topográfica del frente y superficie, se tiene un retroceso de -1.71 metros en el frente glaciar en 3 meses aproximadamente, haciendo un acumulado de -1.707 m. desde el mes de mayo. (Ver figuras N° 05).



## X. CONCLUSIONES

- ✓ Se implementó el glaciar Copap, consiguiendo instalar una red de control compuesta de 6 balizas en el eje central, cada una con una perforación de 10 metros, la cota más baja de las perforaciones es 4 597.707 m.s.n.m. y la más alta es 4 768.358 m.s.n.m.
- ✓ Se obtuvo el mapa topográfico de planta, perfil longitudinal y la superficie de la lengua glaciar Copap, a escala 1:5000; el levantamiento topográfico cubrió una superficie de 26, 43 hectáreas de área glaciar, instalándose previamente hitos topográficos fijos.
- ✓ La superficie del glaciar Copap tiene una pendiente promedio de 37.11% y la laguna en formación en el frente glaciar, en el mes de mayo tenía 26 192.78 m<sup>2</sup> de nivel de espejo, actualmente cuenta con 26 432.716 m<sup>2</sup>, haciendo una diferencia de crecimiento de 239.936 m<sup>2</sup> que representa el 1% del total.
- ✓ Se cuenta con un retroceso del frente desde el 17 de mayo del 2017 a 09 de Agosto del 2017 de -1.71 metros en el frente glaciar en 3 meses aproximados, haciendo un acumulado de -1.707 m desde el mes de mayo.
- ✓ No fue posible realizar un mapeo de la geología por la ausencia de un profesional especializado.
- ✓ La microcuenca Copap cumple con las condiciones apropiadas para el monitoreo hidrológico.

## XI. RECOMENDACIONES

- ✓ Continuar con los trabajos glaciológicos, para conocer el aporte glaciar a la subcuenca del río Yanamayo, tasa de retroceso y pérdida de masa glaciar, así como conocer la disponibilidad hídrica.
- ✓ 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.
- ✓ Se recomienda la visita de un geólogo para realizar el mapeo geológico y geomorfológico de la zona de estudio.
- ✓ Se recomienda la refacción y puesta en operatividad de los vertederos existentes, además de la instalación de un limnógrafo automático en cada vertedero.



## 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, publicación*.
- 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 Términos: Anexo B, Tercer Informe de Evaluación. IPCC, 198.
- Martínez, P. (2006). *Procedimiento de topografía*. Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá.
- Morales, B. (1966). *GEOLOGICO - GLACIOLOGICO D ELA CUENCA SUPERIOR DE QUITARACSA*. Lima.: Corporación Peruana del Santa.
- 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 Glosary. NSIDC: *NASA Earth Observatory Reference: Global Warming.*, 1.
- Soto, H. d. (1986). *BOLETIN OFICIAL N°01, INSTITUTO NACIONAL DE GLACIOLOGÍA*. Lima.: INSTITUTO NACIONAL DE GLACIOLOGÍA.



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

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

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

**RIESGOS DE LOS GLACIARES.-** Por el movimiento continuo de los glaciares y dependiendo de su posición y masa glaciaria 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 glaciaria 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.



**PERÚ**

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**PERSONAL TECNICO QUE PARTICIPÓ EN EL INFORME:**

**Ing, Lucas Torres Amado**

**Especialista en Topografía**

**Ing. Edwin a. loarte cadenas**

**Especialista en Hidrología y Glaciología.**

**Bach. Shiro P. Valentin Solís**

**Asistente en Monitoreo Glaciológico.**