



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 PACCHA  
Huarochirí - Lima**

**INFORME TÉCNICO**



**Octubre de 2017  
Huaraz**



## 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>18</b> |
| 4.1 GEOLOGÍA REGIONAL .....   | 18        |
| 4.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL .....  | 19        |
| <b>V. GLACIARES .....</b>   | <b>20</b> |
| <b>VI. LAGUNAS .....</b>  | <b>23</b> |
| <b>VII. ECOSISTEMAS .....</b>   | <b>24</b> |
| <b>VIII. HIDROLOGÍA .....</b>   | <b>28</b> |
| 8.1 MICROCUENCA PACCHA .....  | 29        |
| 8.2 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS .....   | 30        |
| 8.3 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS .....  | 34        |
| <b>IX. RESULTADOS DEL MONITOREO GLACIOLÓGICO .....</b>                                | <b>35</b> |
| 9.1 PERFORACIÓN DE RED DE CONTROL EN ABLACIÓN .....                                   | 35        |
| 9.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....   | 37        |
| 9.3 FLUCTUACIÓN DEL FRENTE O RETROCESO GLACIAR .....                                  | 40        |
| <b>X. CONCLUSIONES .....</b>  | <b>42</b> |
| <b>XI. RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>42</b> |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 43        |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS .....  | 45        |



## RESUMEN

Las investigaciones que se inician en la Cordillera Central por parte del INAIGEM a través del equipo de Investigación en Glaciares, tiene como objetivo realizar monitoreos glaciológicos; en ésta oportunidad el glaciar Paccha y lagunas peligrosas en todo el territorio nacional, ubicados en las denominadas cordilleras nevadas.

Políticamente el glaciar Paccha pertenece a la región de Lima, provincia de Huarochirí, distrito de San Mateo, hidrográficamente pertenece a la cuenca del río Rímac, subcuenca del río Blanco.

El monitoreo glaciológico practicado en el glaciar Paccha, 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 cuatro 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 topográficos de la superficie glaciar, perfil y frente del glaciar Paccha, instalación de una red de control de 4 puntos nuevos en la zona de ablación, cada una de 10 metros de profundidad, este trabajo de implementación se realizó desde mayo del 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 Central.

Desde mayo de 2017 se inició el estudio de monitoreo de la lengua glaciar Paccha, 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 Paccha 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.

El glaciar Paccha, así como el glaciar Sullcón, pertenecen a la Cordillera Central y de acuerdo al Inventario Nacional de Glaciares, se determinó que la Cordillera Central cuenta con 174 glaciares y una superficie de 51,91 km<sup>2</sup> "(ANA, 2012).

La Cordillera Central, donde se ubica el glaciar Paccha, tiene una superficie glaciar de 51.91km<sup>2</sup>, localizándose la mayor extensión glaciar en la cuenca del Mantaro, con 39.41% de la superficie total, el 32% va a la cuenca del río Cañete



y el 22% a la cuenca del río Mala, pero la menor extensión se ubica en la cuenca del río Rímac, con el 6.11%, como se muestra en el siguiente cuadro.

| Vertiente | Cuenca  | Km <sup>2</sup> | %      |
|-----------|---------|-----------------|--------|
| Pacífico  | Cañete  | 16.66           | 32.09  |
|           | Mala    | 11.62           | 22.38  |
|           | Rímac   | 3.17            | 6.11   |
| Atlántico | Mantaro | 20.46           | 39.41  |
|           |         | 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 Paccha.

#### 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 Paccha se encuentra ubicado a 5 182 m. s. n. m., en la cabecera de la subcuenca Yuracmayo, donde se halla la presa del mismo nombre, al costado izquierdo del nevado Chuecon y al extremo derecho el nevado Pancacoto, en la Cordillera Central; hidrográficamente pertenece a la subcuenca del río Blanco, cuenca del río Rímac. (Ver Mapas N° 01 y 02).



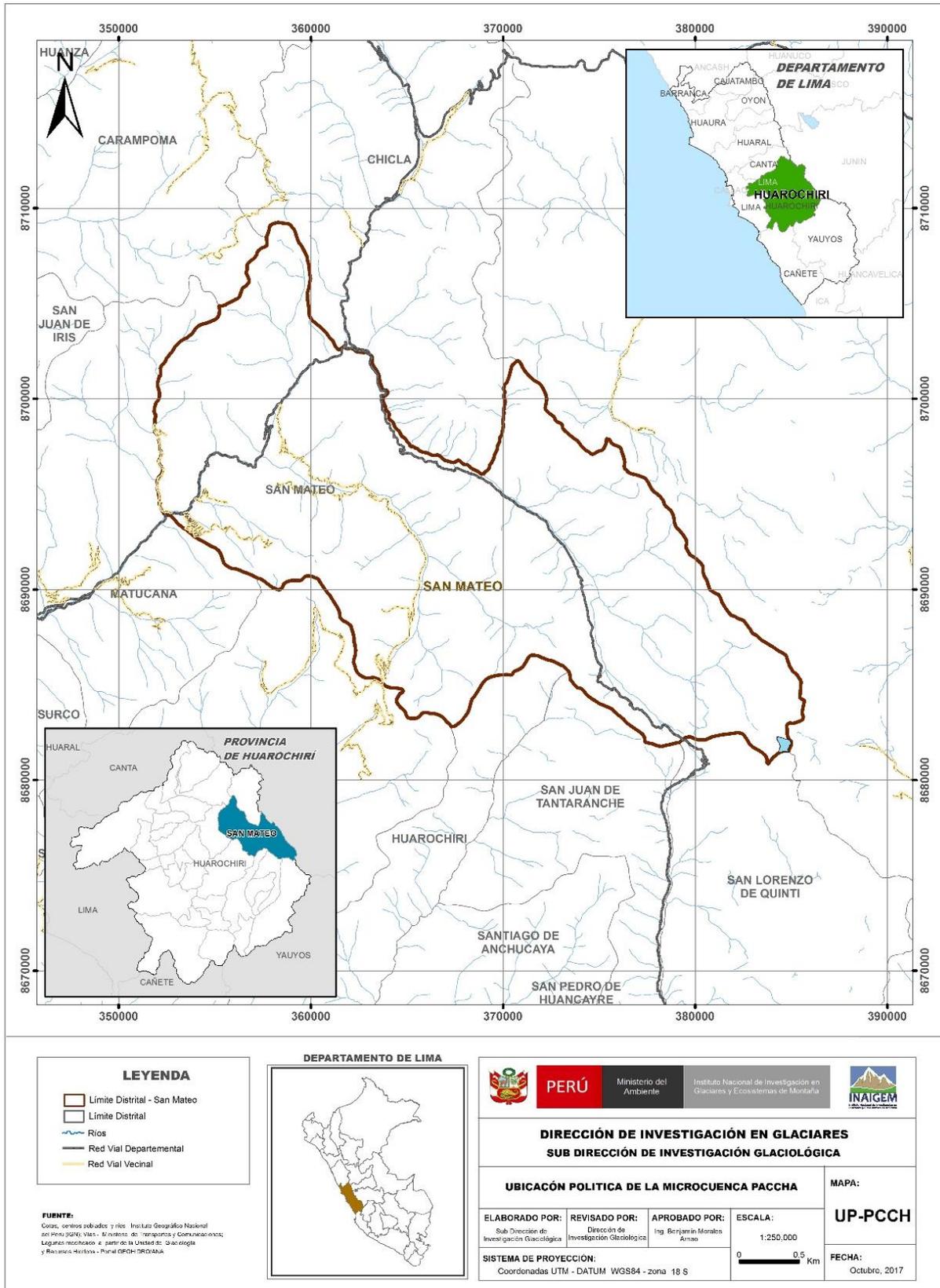
PERÚ

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"



MINAM - INAIGEM

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



**Acceso:**

A partir de Huaraz por la carretera asfaltada Huaraz – Lima, luego se toma la carretera central, asfaltada y refaccionada por tramos debido a los huaycos y eventos meteorológicos (Fenómeno El Niño) que han afectado la vía por tramos, luego en el lugar denominado Chiclase toma un desvío a la Represa Yuracmayo por trocha carrozable, la cual está afectada por huaycos, ocasionados por la activación por las lluvias de las microcuencas, durante el trayecto, se llega a la represa Yuracmayo y se recorre por una trocha carrozable hasta la parte posterior de la represa, de donde se toma un camino de herradura por aproximadamente 4 horas, hasta llegar al glaciar Paccha a una altitud de 5182 m.s.n.m. (Ver cuadro N° 02, Mapa N°03).

| Ruta  | Tipo de vía         | Distancia (km) | Tiempo (h)     | Medio de Transporte |
|---|---------------------|----------------|----------------|---------------------|
| Huaraz - Lima   | Carretera asfaltada | 400,00         | 7:00 h         | Camioneta           |
| Lima – San Mateo  | Carretera asfaltada | 158,00         | 3:00 h         | Camioneta           |
| San Mateo - Cruce Rio Blanco                                      | Carretera asfaltada | 7,25           | 0:15 h         | Camioneta           |
| Cruce Rio Blanco - Punta Carretera (Pasando la Represa Yuracmayo) | Trocha carrozable   | 26,90          | 1:20 h         | Camioneta           |
| Punta Carretera (Pasando la Represa Yuracmayo) - Glaciar Paccha.  | Camino de herradura | 9,00           | 5:00 h         | A pie               |
| <b>Distancia Total Recorrida</b>                                  |                     | <b>601,15</b>  | <b>16:35 h</b> |                     |

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



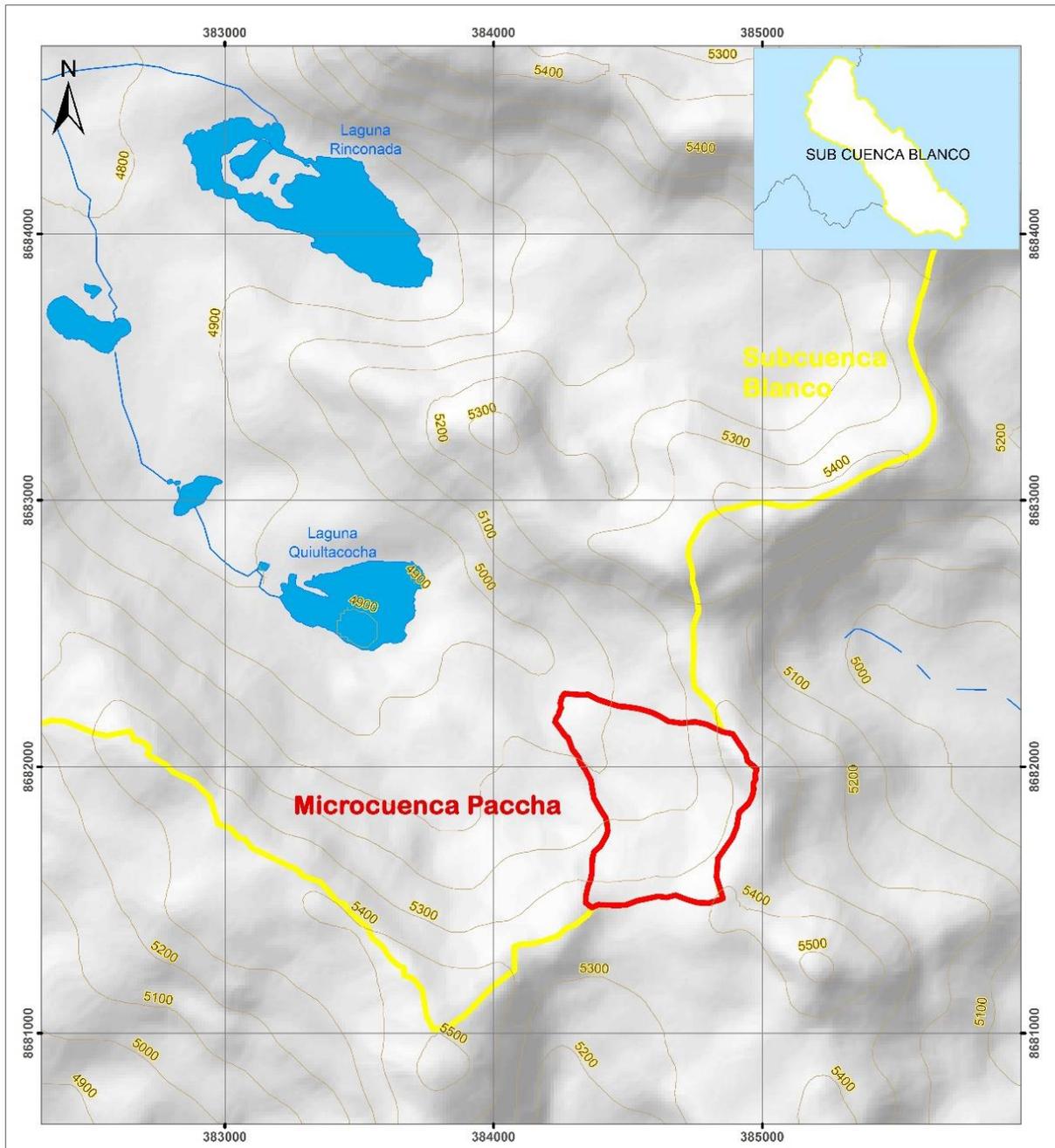
PERÚ

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
- Limite Microcuenca
- Limite Subcuenca
- Curvas de nivel
- Rios

**FUENTE:**  
Base topográfica a partir del Modelo Digital de Elevación de ALOS PALSAR. Plano Satellite "Cuzco". Cotas, senderos, poblados y ríos. Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN). Vías - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lagunas muestreadas a partir de la Unidad de Glaciología y Recursos Helados - PUNA ORIENTAL/CUZCO.



PERÚ Ministerio del Ambiente Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña INAIGEM

**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES**  
**SUB DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA**

**UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA PACCHA** MAPA: U-MS

|   |   |   |                         |
|---|---|---|-------------------------|
| ELABORADO POR:<br>Sub Dirección de Investigación Glaciológica       | REVISADO POR:<br>Ing. Marco Zapata Luyo | APROBADO POR:<br>Ing. Borjann Morales Armas | ESCALA:<br>1:20,000     |
| SISTEMA DE PROYECCIÓN:<br>Coordenadas UTM - DATUM WGS84 - zona 18 S |   |   | FECHA:<br>Octubre, 2017 |

0 0.5 Km

Mapa N° 03: Ubicación del glaciar Paccha.



## II. METODOLOGÍA

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

### 2.1 FASE DE PRE CAMPO

#### 2.1.1 Definición del Objetivo y Alcance del Estudio

Durante esta actividad se estableció y definió los objetivos y alcances del medio físico y del estudio de acuerdo a su nivel de ejecución; el objetivo principal es retomar las mediciones glaciológicas en el glaciar Paccha.

#### 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 Paccha, son información base que se recopiló de las visitas en campo realizados desde 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).



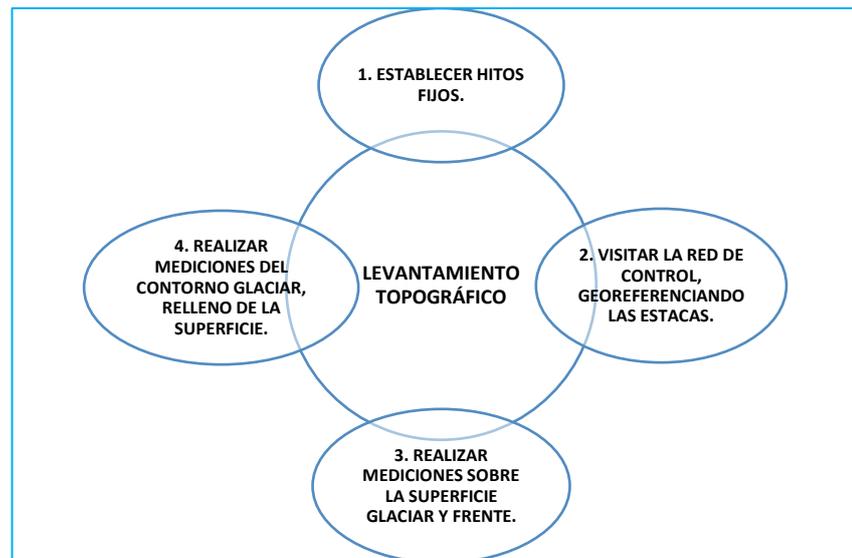
*Figura N° 02: Actividades que comprenden las perforaciones sobre superficie glaciar.*

### 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.

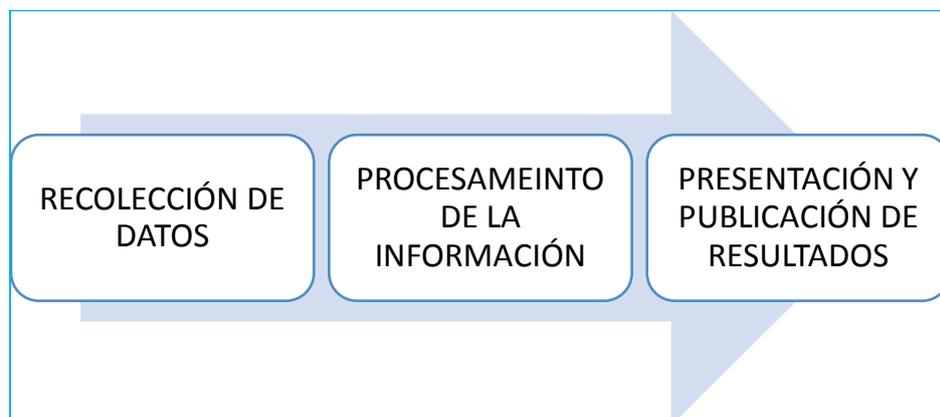
### 2.3.2 Trabajos de perforación

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 Paccha, está ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes:

Latitud: 11°55'21.28" S

Longitud: 76°03'35.52" O

Altitud : 5,182 m.s.n.m. (promedio)

Políticamente el glaciar Paccha, al igual que la represa Yuracmayo se encuentra ubicado en el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima, en la naciente del río Blanco, que es tributario por la margen izquierda del río Rímac, a unos 120 Km. al este de Lima y a 4 315 m.s.n.m. Las aguas provenientes del río Blanco, alimentan a la represa de Yuracmayo (cuenca alta) y aportan con recurso hídrico a los poblados de Chicla, San Mateo, Matucana, Chosica, Surco y Lima.

La represa Yuracmayo es una presa de tierra zonificada y construida con materiales morrénicos. La zona de espaldones y núcleo consideran materiales aluviales procesados. La presa tiene una altura, sobre la cimentación, de 56 metros, una longitud de coronación de 558.5 metros y un volumen total de 1,66 millones de metros cúbicos. (Bustamante, 2013).



Tiene un rendimiento hídrico de 2,5 m<sup>3</sup>/s y un embalse de 48 MM<sup>3</sup>; se empezó a construir en 1991 y su inauguración fue en octubre de 1994, pero su puesta en servicio efectiva fue en 1995. El embalse constituye una laguna "artificial" de unos 5 kilómetros de extensión, y junto a las lagunas de Antacoto y Marcapomacocha, son las más grandes, dentro de unas veinte lagunas cuyas aguas fluyen a la cuenca del río Rímac.

Si bien el área de estudio se centra en la cabecera de la cuenca del río Rímac, en la subcuenca del río Blanco, es importante precisar que toda el agua de deshielo que se produce en los glaciares contribuye al caudal del río Rímac (ver cuadro N° 03).

Se analizó e identificó 17 distritos ubicados en la provincia de Huarochirí: Chicla, Matucana, Ricardo Palma, San Bartolomé, San Mateo, San Mateo de Otao, Santa Cruz de Cocachacra, Surco, Callahuanca, Carampoma, Huachupampa, Huanza, Laraos, San Juan de Iris, San Pedro de Casta, Santa Eulalia y San Antonio, los cuales están ubicados en la cuenca del río Rímac. Se define entonces, para fines del estudio, como provincia de Huarochirí, a los 17 distritos mencionados como los beneficiarios directos, y provincia de Lima, como beneficiarios indirectos, a los distritos de Lurigancho, Chaclacayo y Ate Vitarte.

| Provincia      | Población total     | Población urbana | Población rural | Hombre         | Mujer          |         |
|----------------|---------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|---------|
| Huarochirí (*) | 56,011              | 41,126           | 14,885          | 29,737         | 26,274         |         |
| Lima           | Ate                 | 478,278          | 478,278         | 0              | 235,536        | 242,742 |
|                | Chaclacayo          | 41,110           | 41,110          | 0              | 19,826         | 21,284  |
|                | San Juan Lurigancho | 898,443          | 898,443         | 0              | 449,532        | 448,911 |
| <b>Total</b>   | <b>1,473,842</b>    | <b>1,458,957</b> | <b>14,885</b>   | <b>734,631</b> | <b>739,211</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 Blanco.

### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

El glaciar Paccha, se ubica en el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima, en las nacientes del río Blanco, que es tributario por la margen izquierda del río Rímac a unos 120 Km al este de Lima y a 4 315



m.s.n.m., en la vertiente del Océano Pacífico; el río nace en la Cordillera Occidental de los Andes y recorre hacia el oeste hasta desembocar en el Océano Pacífico.

La represa Yuracmayo constituye una laguna "artificial" de unos 5 kilómetros de extensión, y junto a las lagunas de Antacoto y Marcapomacocha, son las más grandes, dentro de unas veinte lagunas cuyas aguas fluyen a la cuenca del río Rímac.

### **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 Blanco, juegan un importante papel en cuanto a los siguientes aspectos:

#### **Servicios recreacionales:**

Se desarrolla a pequeña escala el turismo de aventura (500 turistas anuales) en las aguas del embalse Yuracmayo y se señala que tiene potencial para crecer mucho más. Desde el 2014 existe una propuesta de Gestión Turística para Yuracmayo, que incluye deportes de aventura como escalada, kayak, stand-up paddle, windsurf, ciclismo de montaña y trekking.

Se aprecian múltiples características climáticas debido a la existencia de diversos pisos ecológicos. En la zona Quechua con altitudes de 2,300 a 3,600 m.s.n.m., y temperaturas medias que varían entre 11 y 16° C; luego se aprecian climas fríos de Puna que se extienden entre los 4,000 a 4,800 m.s.n.m. con temperaturas medias que varían de cero a 10°C. Por último se distinguen climas muy fríos con presencia de nevadas y temperaturas bajo 0°C entre altitudes de 5,000 m.s.n.m. a más, como las que se registran en el glaciar Paccha. Sus épocas de lluvias (Noviembre – Abril) y de estiaje (Mayo - Octubre) presenta cambios muy marcados.



## IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

### 4.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Durante el Cretáceo superior, se inicia el levantamiento de la Cordillera Occidental de los Andes, acompañado de intensa actividad magmática y volcánica, que deformó la secuencia rocosa, formando la estructura conocida como el "anticlinal de Lima".

La secuencia de los eventos antes referidos, tuvo influencia drástica e irreversible sobre la fisiografía, clima y desarrollo de la flora y fauna, que generó la inversión de la corriente de los ríos de oeste a este, (desde los andes hacia el Atlántico, formación de los valles en el flanco occidental, entre ellas las de Lurín, Rímac y Chillón.

La geología sobre la que se emplaza la cordillera central y la superficie glaciar está dada por rocas intrusivas plutónicas como la Diorita, la formación Jumasha de la serie superior, A nivel local, las principales unidades litológicas identificadas comprenden la serie volcánico-sedimentaria que corresponde a la parte superior del Grupo Rímac; en este sector sobresalen limolitas, lutitas y areniscas feldespáticas con matriz tobácea, superpuestas por una secuencia de volcánicos tobáceos porfiroides con fuerte alteración. (INGEMMET, 2017).

Las unidades geológicas que afloran en la cuenca del río Rímac, comprenden rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas e intrusivas, con edades que fluctúan entre el Jurásico y el Cuaternario reciente. En el aspecto estructural se presentan plegamientos y fallamientos que en la mayoría de los casos muestran orientación andina.

Dentro de la Subcuenca Blanco y Microcuenca Paccha, se identificó la siguiente geología predominante:



| GEOLOGÍA DE LA SUBCUENCA BLANCO   |             |             |                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| ERA                               | SISTEMA     |             | UNIDAD ESTRATIGRÁFICA             |                               |
|                                   |             |             | Sector occidental                 | Sector oriental               |
| Cenozoico                         | Cuaternario | Pleistoceno | Q-fg (Depósitos fluvio-glaciares) |                               |
|                                   | Terciario   | Medio       | ---                               | Tim-bvrb (Fm. Bellavista)     |
|                                   |             | Inferior    | ---                               | Tim-cf (Fm. Carlos Francisco) |
| Mesozoico                         | Cretáceo    | Superior    | Ks-j (Fm. Jumasha)                |                               |
| GEOLOGÍA DE LA MICROCUENCA PACCHA |             |             |                                   |                               |
| Cenozoico                         | Cuaternario | Pleistoceno | Q-g (Depósitos glaciares)         |                               |

*Cuadro N° 04: Geología de la Subcuenca Blanco y de la Microcuenca Paccha.*

## 4.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

De manera general, la cuenca del río Rímac, se encuentran en el flanco oeste de la cordillera Occidental y muestra un relieve caracterizado por fuertes contrastes topográficos. Una explicación de esta morfología actual es necesario exponer una sucinta visión retrospectiva de los principales eventos morfométricos acaecidos en los tiempos geológicos hasta el reciente. Así tenemos que los primeros movimientos precursores del levantamiento de los andes tienen lugar durante la "Fase Albiana", con deformaciones restringidas al ámbito de la costa (Pitcher, 1978).

La siguiente fase de deformación viene a producirse durante la llamada "Fase Peruana" (cretáceo superior) caracterizada por plegamiento intenso en la costa, disminuyendo en amplitud hacia el sector andino. En el Eoceno superior acontece la "Fase Incaica" durante la cual se acentúan los plegamientos y levantamientos con manifestaciones más intensas en la zona andina. El mayor levantamiento del sector andino habría tenido lugar en el Mioceno superior, durante la "Fase Quichuana" caracterizada por intenso fallamiento y gran actividad volcánica, actividad que ha sido más intensa en el sur del País.

Así mismo, durante este periodo, la incisión de los valles de la costa habrían alcanzado casi su nivel presente (Myers, 1976).



Sobre esta tierra emergida se habrían producido los movimientos del Plio – Cuaternario, que corresponderían a reactivaciones o movimientos tardíos de la Fase Quichuana, época en la que los procesos de erosión y deposición son manifiestamente activos. Movimientos más recientes, no tienen mayores evidencias en la cuenca del río, salvo algunas terrazas aluviales altas que indicarían levantamientos.

La cordillera Central, se ubican sobre geformas a nivel regional del tipo montaña con cubierta glaciar, montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria, vertiente glaciar o de gelifracción, montañas en roca intrusiva y volcánica, pie de monte aluvio torrencial, valle glaciar con lagunas y morrenas (INGEMMET, 2017).

Por lo expuesto, se podría postular que la evolución de la morfología de la cuenca del río Rímac en los últimos 200,000 años ha tenido como causa preponderante los procesos geomórficos.

## 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° 05).



| 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 | Yarmounth             | Interglacial    | 200 - 425     | MIS 7                          |                      |
| Mindel        | Kansas                | Periodo glacial | 240 - 455     |                                | Pleistoceno Medio    |
| Gunz - Mindel | Aftonian              | Interglacial    | 455 - 620     |                                |                      |
| Gunz          | Nebraskan             | Periodo glacial | 620 - 680     |                                | Pleistoceno Inferior |

**Cuadro N° 05:** *Secuencia de depósitos glacial 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. Los glaciares Paccha y Sullcón, ubicados en la cabecera de la cuenca Quillacocha, son considerados como contribuyentes del río Blanco. En las décadas recientes, los Andes tropicales han mostrado un retroceso glacial 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 glacial y la desaparición de glaciares por encima de los 5 000 m.s.n.m. Los nevados de Paccha y Sullcón son los nevados que constituyen el reservorio de agua más importante de la represa Yuracmayo y alimentan los cursos de agua que forman las quebradas del área.

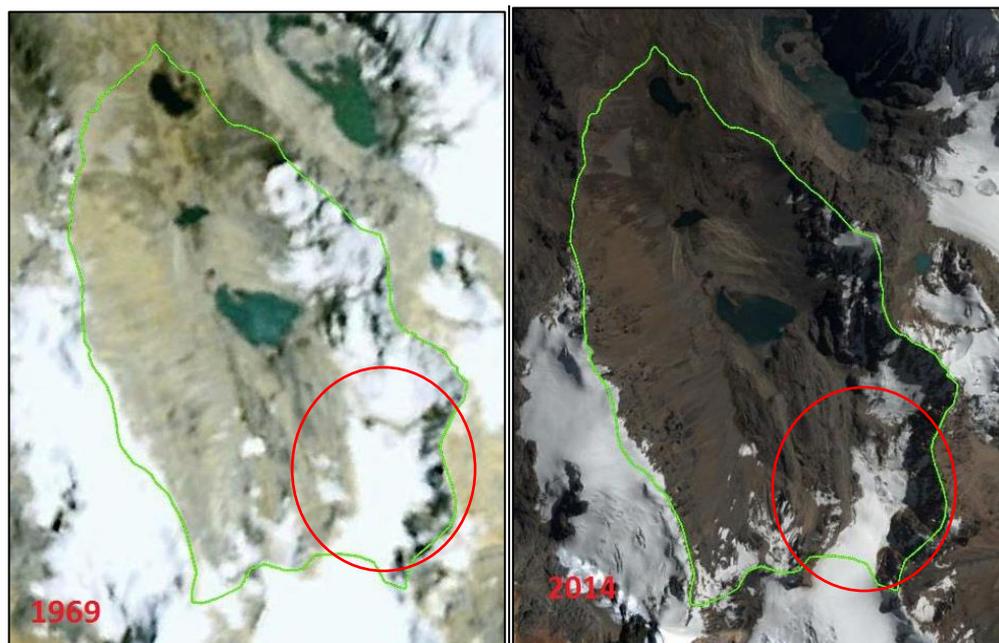
Es así, que los cuerpos de hielo contribuyen así como reguladores de los caudales, tanto subterráneas como superficiales de deshielo, de mucha importancia para el mantenimiento de la formación boscosa y para el aprovechamiento humano, sea para el consumo doméstico, para los animales o la actividad agrícola.

## DINÁMICA Y SUS EFECTOS EN EL ÁREA GLACIAR

Teniendo en cuenta que debido a la influencia de las condiciones meteorológicas reinantes 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 Central, los cuales tienen una distribución a las dos vertientes, al Pacífico por Cañete (74 glaciares), Mala (24 glaciares) y Rímac (9 glaciares), con una superficie de 16,66 Km<sup>2</sup>, 11,62 Km<sup>2</sup> y 3,17 Km<sup>2</sup>, respectivamente y en el Atlántico por el Mantaro con 69 glaciares con una superficie de 20,46 km<sup>2</sup>.

La distribución de glaciares por rangos de tamaño es también una característica importante a considerar en los glaciares de la Cordillera Central, podemos mencionar que 160 glaciares tienen un tamaño  $\leq 1$  km<sup>2</sup> y tienen una superficie de 29,32 km<sup>2</sup>, 14 glaciares tienen un tamaño entre 1 – 5 km<sup>2</sup>, en general la Cordillera Central cuenta con 174 glaciares y una superficie de 51,91 km<sup>2</sup> (ANA, 2014).

A continuación se muestran fotografías comparativas del glaciar Paccha, desde el 1969 al 2014 (ver Imagen N° 01).



*Imagen N° 01: Evolución del glaciar Paccha en el tiempo, desde 199969 al 2014. (Google Earth).*



En la imagen N° 01; en la imagen inicial, se ve mayor masa glaciar y en un periodo de 48 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.

## VI. LAGUNAS

En las faldas del glaciar Paccha, se puede observar la formación de una laguna que drena a la vertiente del Pacífico, contándose con pequeños vertederos construidos en el año 2002, el cual se encuentra en estado de abandono, y totalmente inhabilitados.

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 Fotografía N° 01).

Según el informe del levantamiento topográfico, la laguna en formación al 14 de octubre de 2017, tiene las siguientes características:

- ✓ Área=1002.410 m<sup>2</sup>
- ✓ Perímetro = 139.125
- ✓ Nivel de Espejo de Agua 5047.57 m.s.n.m.



*Fotografía N° 01: Se observa la evolución de la laguna de formación glaciar.*

## VII. ECOSISTEMAS

Las condiciones áridas de la ubicación de Lima y su gran dependencia del río Rímac y en menor medida de los ríos Lurín y Chillón, han causado que sea necesario transferir agua de cuencas y reservorios de otras áreas del departamento de Lima y otros departamentos, lo cual genera una serie de impactos ambientales asociados.

Una de las principales amenazas a las fuentes hídricas de Lima es la expansión urbana, en muchos casos, no planificada. El 95% del valle del río Rímac, el 60% del valle del río Chillón y el 20% del valle del río Lurín han sido urbanizados. La alta tasa de urbanización no solo significa falta de áreas verdes sino también aumento de superficies impermeables que evitan la filtración natural del agua y, por lo tanto, la recarga de los acuíferos. La expansión urbana requiere de una infraestructura adecuada para la provisión de agua y de tratamiento de aguas residuales. De no desarrollarse, la población no contará con acceso a agua limpia para consumo y usos alternativos. Por otro lado, la expansión urbana genera cambios en la cobertura del suelo ya que las áreas usadas para vivienda y actividades industriales reemplazan a otros usos, especialmente, aquellos relacionados a la producción agrícola.



Lima depende estacionalmente del deshielo de los glaciares durante los periodos de estío cuando la contribución relativa del agua de los glaciares se encuentra al máximo (Baraer et al., 2012). Por este motivo, es importante considerar que un uso no eficiente, el agua combinado con el cambio climático puede alterar significativamente nuestra capacidad de disponibilidad de este recurso en el futuro. El cambio climático representa una amenaza para la fuente de abastecimiento del río Mantaro, cuya conservación es muy importante por su población de 700 000 habitantes incluyendo la ciudad de Huancayo (la cuenca más densamente poblada de la sierra del Perú – SENAEMI, 2009), así como para sus plantas hidroeléctricas que producen casi 35% de la energía eléctrica nacional y la producción agrícola que es la fuente principal de alimentos para Lima (Martínez et al., 2006).

Una simulación de la evolución del área del glaciar del sistema Rímac-Mantaro mostró una marcada reducción de los glaciares en un periodo de 30 a 40 años. En 1970, el área glaciar observada en las cuencas del Rímac y el Mantaro era de 113 km<sup>2</sup>, disminuyendo a casi 40 km<sup>2</sup> en 1997 (Apestegui et al., 2009). Por otro lado, hay la probabilidad que el cambio climático provoque una reducción de la precipitación en la cuenca del Mantaro, afectando todas las actividades del sector, especialmente la producción hidroenergética y la agricultura (Silva et al., 2006). La recesión de los glaciares aumenta rápidamente, y los impactos del cambio climático aumentan la vulnerabilidad de la población local y global para enfrentar la variabilidad climática, la disminución de la producción agro-pastoril y el acceso a los recursos hídricos (Mark et al., 2010).

El río Blanco que se encuentra dentro de la cuenca del río Rímac se encuentra calificado como un ecosistema de muy alto riesgo ecológico, reportado por la (World Wildlife Fund (WWF), 2014). En el entorno del río mencionado, se encuentra un paisaje netamente de puna, con presencia de bofedales y zonas de pastos naturales, que la población de Yuracmayo aprovecha con el pastoreo en la cabecera de la subcuenca del río Blanco. También es importante mencionar que el recurso hídrico proveniente del deshielo de glaciares se usa en la generación hidroeléctrica, agricultura, consumo poblacional, industrial, minero y piscícola.



En la Sub cuenca Blanco, predomina los ecosistemas de Pajonal Altoandino, área altoandina con escasa y sin vegetación, y en menor escala matorral arbustivo.

En la Microcuenca glaciar delimitada, que es zona montañosa, se encuentran bofedales y en pequeña escala pajonales andinos.

A nivel de subcuenca, se tiene la siguiente información de cobertura vegetal:

| COBERTURA VEGETAL                           | SIMBOLO | AREA (he) |
|---|---------|-----------|
| Area altoandina con escasa y sin vegetación | Esv     | 12.61     |
| Bofedal                                     | Bo      | 0.01      |
| Glaciar                                     | Gla     | 0.48      |
| Lagunas, lagos y cochas                     | L/Co    | 0.01      |
| Matorral arbustivo                          | Ma      | 27.02     |
| Pajonal andino                              | Pj      | 247.22    |

Cuadro N° 06: Distribución de áreas de ecosistemas en la sub cuenca Blanco.

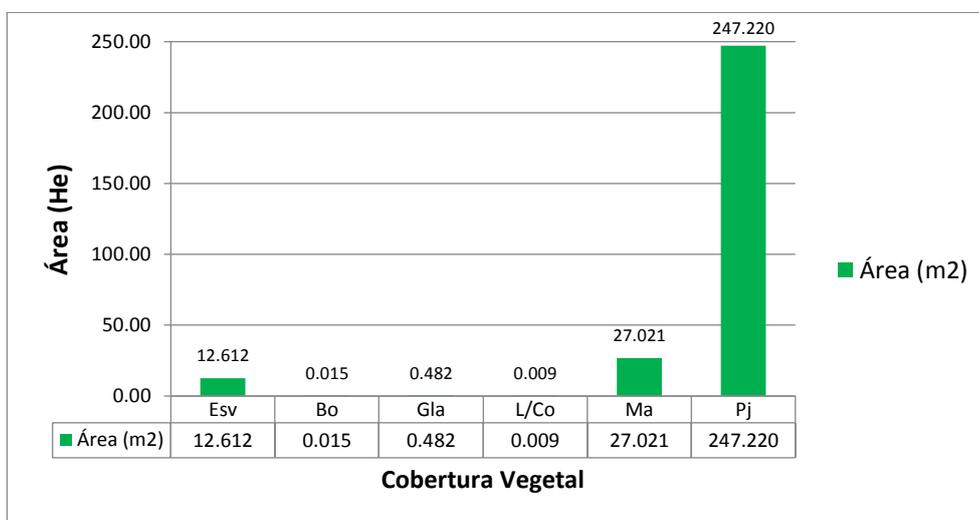


Gráfico N° 01: Distribución de áreas de ecosistemas en la sub cuenca Blanco.



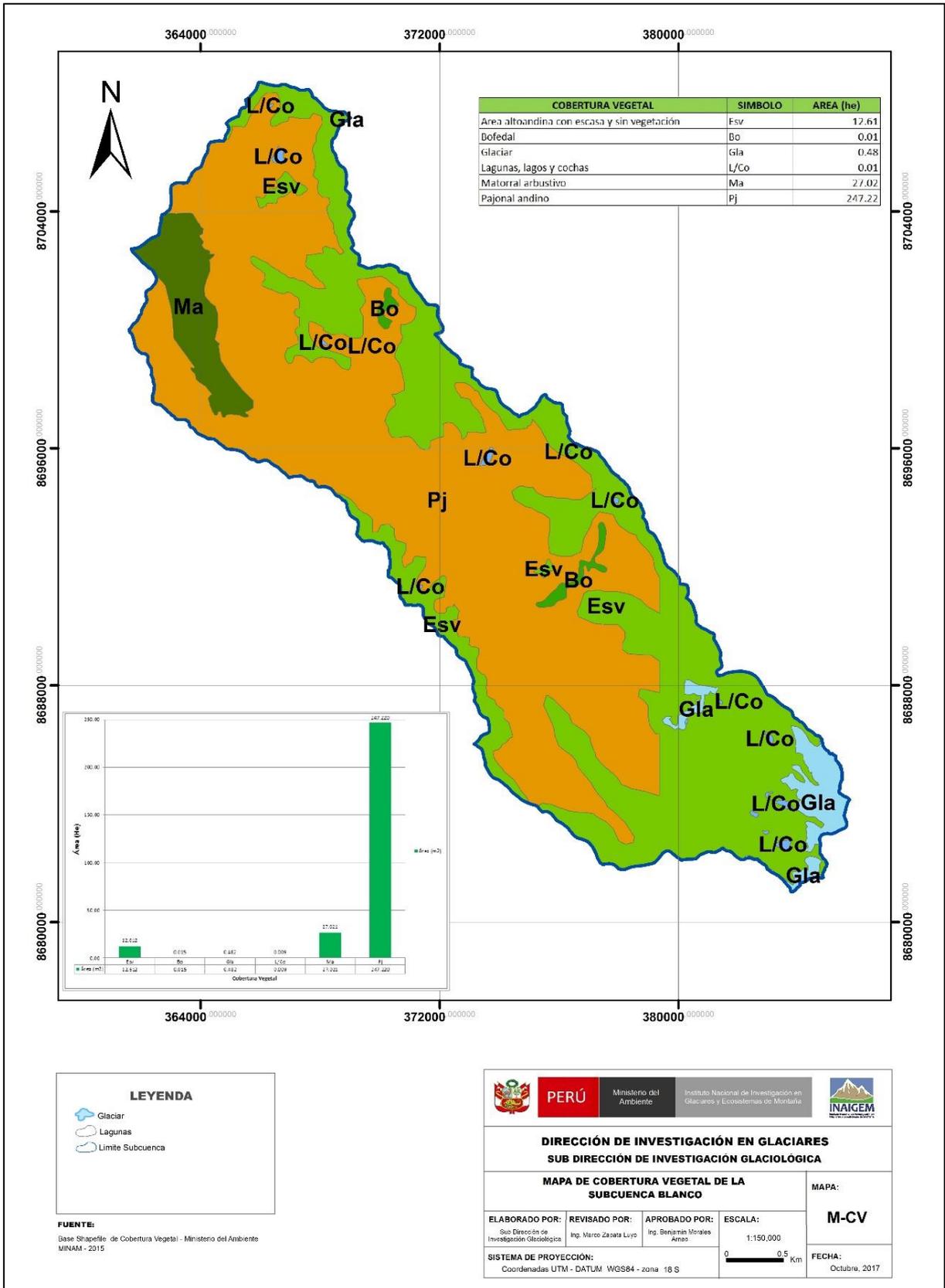
PERÚ

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: Mapa de cobertura vegetal de la sub cuenca Blanco.



## VIII. HIDROLOGÍA

Existen dos grupos de nevados, aquellos que fluyen sus aguas hacia el Pacífico cuya hidrografía corresponde a los ríos; Rímac, Lurín, Mala, y Cañete, mientras que por la vertiente oriental, drena íntegramente a la cuenca del río Mantaro.

En la parte norte se ubican las lagunas Pomacocha, y Huallacocha que descargan sus aguas por quebradas para confluir hacia el Perene. Los ríos Llacsacocha, Rinconada y Quiullacocha drenan sus aguas hacia la cuenca del Rimac, las lagunas Totoral, Paccha, Suiricocha y Chumpicocha entre las más importantes drenan sus aguas hacia la cuenca de Mala, finalmente se tienen las lagunas Ticllacocha, Piscococha, Chuspicocha, Paucarcocha, y Llongote que drenan sus aguas hacia las quebradas que confluencian hacia el río Cañete, la enigmática laguna Llongote cuenta con una leyenda que dice que antiguamente cuando las personas arrojaban piedras a la laguna ésta embravecida provocaba que la atmósfera se nuble, originando truenos, relámpagos y tempestad de lluvias con granizo. También en tiempos de luna llena salía del fondo de la laguna un toro negro con astas blancas mugiendo encolerizado, lo cual hacía pensar que en el fondo de la laguna habían indicios de la existencia de tesoros de plata que arrojaron los realistas por la imposibilidad de conducir cargamentos pesados. (*Fuente: Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña - INAIGEM*).

El 15 de mayo del 2017, se iniciaron las actividades con trabajos de monitoreos de tipo glaciológico y topográfico del glaciar Paccha, 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 4 balizas nuevas en la zona de ablación.

En la actualidad no existen instrumentos de medición, solo quedan las estructuras de los vertederos, de las cuales, el vertedero ubicado hacia la cuenca del río Mantaro se encuentra en regulares condiciones, el vertedero ubicado hacia la cuenca del río Rímac se encuentra deteriorado, colmatado el canal de aproximación y erosionado en el canal de salida (ver Fotografía N° 02).



*Fotografía N° 02: Condiciones actuales del vertedero ubicado en el lado de la cuenca del río Rímac.*

## 8.1 MICROCUENCA PACCHA

En la actualidad los mapas de Unidades Hidrográficas de la Autoridad Nacional del Agua consideran al glaciar Paccha como aportante de la Cuenca del río Rímac en su integridad, esto es incorrecto.

Para fines de estudio del glaciar, delimitamos un área que encierra a toda la lengua del glaciar Paccha, en adelante se denominará microcuenca Paccha, el área limita por el norte y este con el glaciar Sullcón, por el noroeste con la quebrada del río Blanco, por el oeste y sur con el nevado Paccha 2 y Vicuñaíta (pertenecientes a la cuenca Mala), la lengua glaciar es predominante en el área de estudio (ver mapa N° 05).

El cauce con dirección a la cuenca del río Rímac está dominado en su totalidad por morrenas, predomina el limo, este es transportado considerablemente por el agua que discurre, debido a esta característica de los sedimentos se construyó un vertedor tipo Parshall que operó hasta el año 2010 y en la actualidad solo se observa parte de la estructura.

El curso de agua con dirección hacia la cuenca del río Mantaro 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 Quiultacocha de 0.51 km de



largo por un ancho promedio de 0.30 km., que por la poca pendiente a la salida de esta laguna, discurre por cauce natural sin encontrarse ningún tipo vertedero o dique.

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 Quiullacoch en la sub cuenca Yuracmayo, producto de la fusión glaciar.

## 8.2 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

### Superficie:

| Cuenca       | Área Km2    | %          |
|--------------|-------------|------------|
| Sin Glaciar  | 4,37        | 97         |
| Con Glaciar  | 0.14        | 3          |
| <b>TOTAL</b> | <b>4.51</b> | <b>100</b> |

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



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° 05: Ubicación del área de estudio, Microcuenca Paccha.



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"

### **Altitud media de la Microcuenca Paccha:**

Una forma de representar la inclinación o pendiente (declividad) de una cuenca es mediante un estudio de la variación de elevación de los terrenos con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser representada mediante una curva hipsométrica que indica el porcentaje del área de la cuenca que se encuentra por encima o debajo de una altura considerada. Para la microcuenca en estudio se ha trazado la curva hipsométrica, distribuyendo el área de acuerdo a su altitud, donde se señalan las áreas por debajo y por encima de una determinada altitud, (véase, Mapa N° 06).



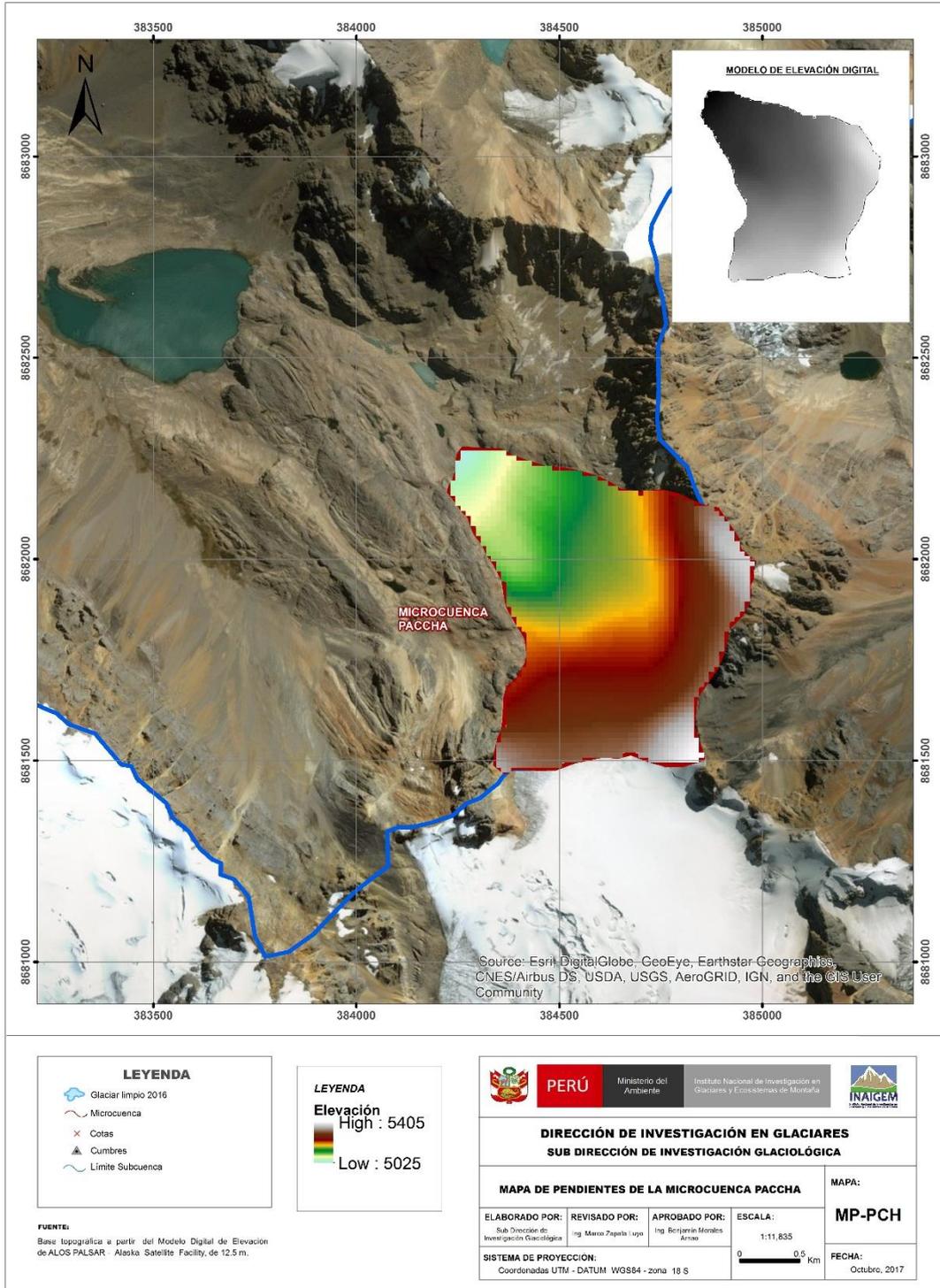
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



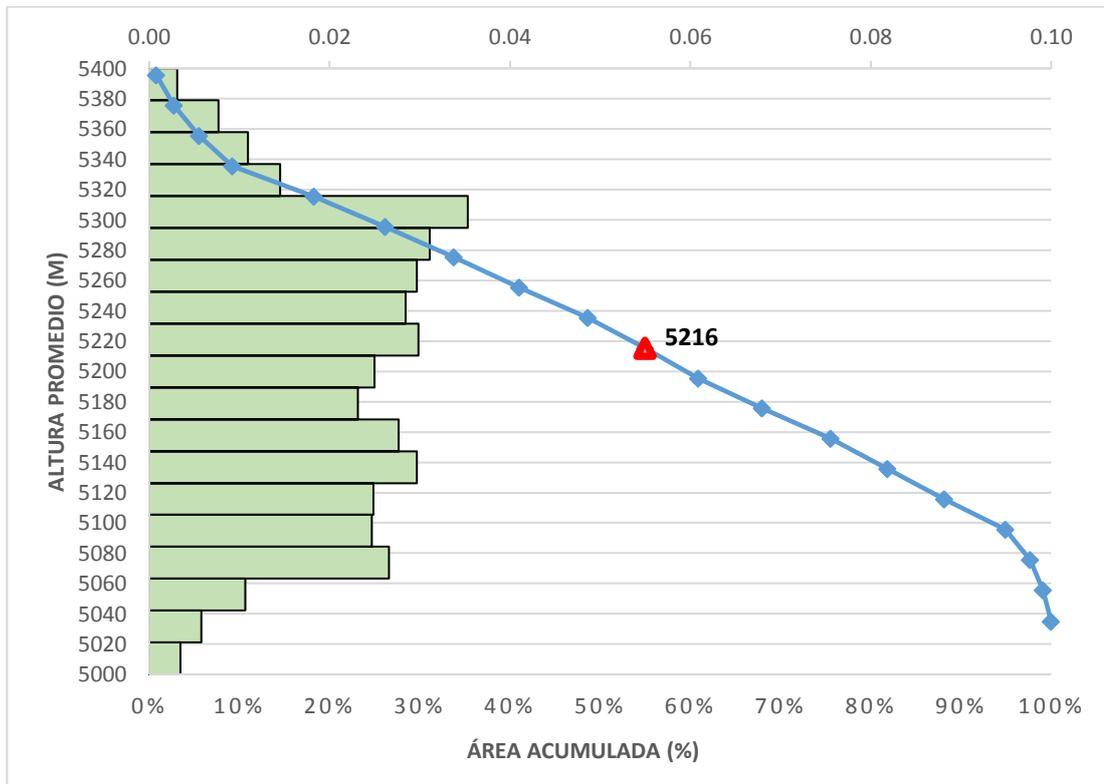
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Mapa N° 06: Mapa de relieve y pendientes de la Microcuenca Paccha.

Según el mapa N° 06 observamos que la microcuenca Paccha tiene una altitud media de 5,216 m.s.n.m., ubicado sobre el glaciar, este aspecto es importante dado que el objetivo es evaluar el comportamiento hidrológico del glaciar dentro de la microcuenca.

La distribución de superficie en altitud es predominantemente entre la cota 5 060 y 5 320 m.s.n.m., cotas que en su integridad están sobre el glaciar.



**Gráfico N° 02:** Curva Hipsométrica de la Microcuenca Paccha.

### 8.3 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

En el glaciar Paccha, se evidencia zonas de deslizamiento en gran parte de la Microcuenca debido a la existencia de rocas sueltas y material morrénico en deslizamiento, haciendo el acceso dificultoso.

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 de la represa Yuracmayo y del centro

poblado más cercano, y no hay manera de que afecte si ocurriera el desprendimiento de glaciares colgantes sobre la lengua glaciar.



*Fotografía N° 03: Rocas sueltas que pueden provocar eventuales deslizamientos.*

## IX. RESULTADOS DEL MONITOREO GLACIOLÓGICO

El glaciar Paccha es un cuerpo de hielo parcialmente cubierto de material de escombros o detritos, en términos de caracterización y evaluación de la zona de estudio para un monitoreo directo, el glaciar cumple con las mejores condiciones para ser monitoreado, dado que el frente glaciar y su escorrentía están definidos.

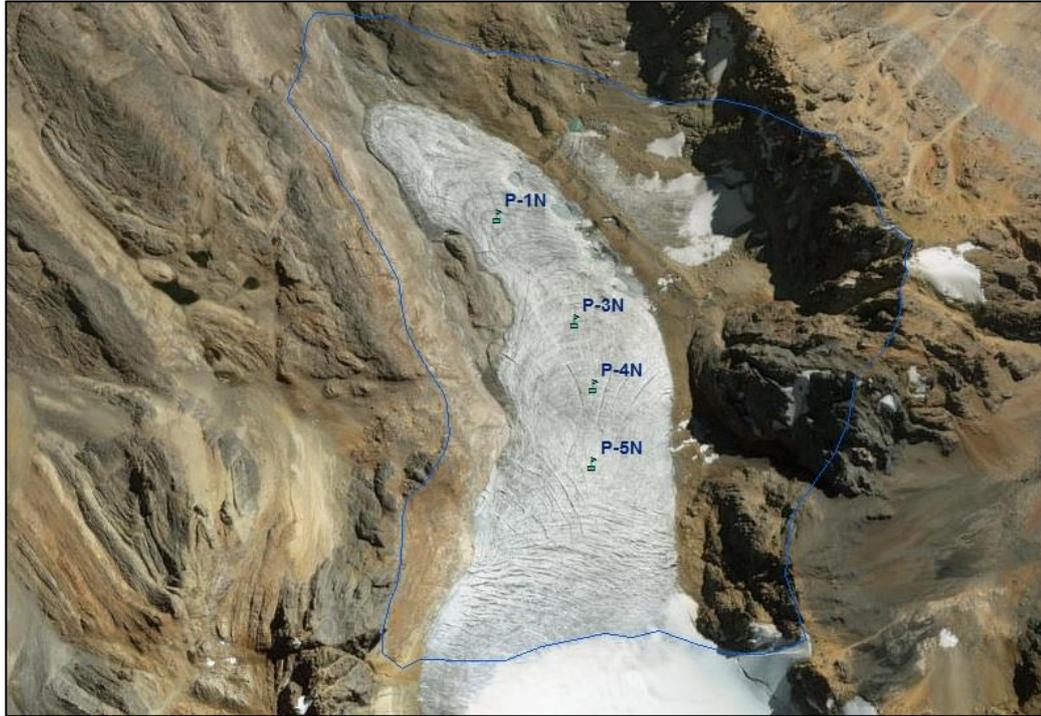
### 9.1 PERFORACIÓN DE RED DE CONTROL EN ABLACIÓN

Se realizaron 4 perforaciones nuevas en la zona de ablación, no se realizó la perforación N° 2, debido a que se ubicó en el mismo punto; obteniéndose la siguiente información (ver Cuadro N° 07 y Imagen N° 02).

| Balizas | Coordenadas UTM        |             | Altura   | Emergencia (m) |       | Longitud de la Perforación (m) |
|---------|------------------------|-------------|----------|----------------|-------|--------------------------------|
|         | Este (m)               | Norte (m)   |          | Hielo          | Nieve |                                |
| P - 1N  | 384483.282             | 8682025.747 | 5088.445 | 1.1            | 0.10  | 10.00                          |
| P - 3N  | 384575.807             | 8681897.029 | 5130.301 | 0.22           | 0.10  | 10.00                          |
| P - 4N  | 384598.000             | 8681817.550 | 5169.261 | 0.62           | 0.23  | 10.00                          |
| P - 5N  | 384597.783             | 8681722.512 | 5196.491 | 0.28           | 0.20  | 10.00                          |
| Pz - 1  | 384532.000             | 8681478.000 | 5269.525 | ---            | ---   | ---                            |
| Fecha   | 14 de octubre del 2017 |             |          |                |       |                                |

*Cuadro N° 07: Ubicación, altitud y emergencia inicial de cada baliza.*

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



*Imagen N° 02: Ubicación y nomenclatura de balizas nuevas de la red de control en ablación y acumulación (fuente: Google Earth).*

A continuación, se muestra las coordenadas, el desnivel y el desplazamiento de las balizas instaladas en el mes de mayo (ver cuadro N° 08):

| COORDENADAS DE BALIZAS Y DESPLAZAMIENTO DE MAYO 2017 A OCTUBRE DE 2017 |            |             |                           |                           |          |                |                             |
|--|------------|-------------|---------------------------|---------------------------|----------|----------------|-----------------------------|
| Puntos   | Este       | Norte       | Cota (geoidal) 14/10/2017 | Cota (geoidal) 15/05/2017 | Desnivel | Desplazamiento | Dirección de Desplazamiento |
| P-1N   | 384483.282 | 8682025.747 | 5088.445                  | -----                     | -----    | -----          | -----                       |
| P-1A   | 384513.816 | 8682011.903 | -----                     | 5100.508                  | -----    | -----          | -----                       |
| P-2A   | 384549.555 | 8681974.322 | 5110.642                  | 5112.301                  | 1.659    | 1.800          | S 48°09'09" O               |
| P-3N   | 384575.807 | 8681897.029 | 5130.301                  | -----                     | -----    | -----          | -----                       |
| P-3A   | 384575.807 | 8681897.029 | 5130.301                  | 5132.978                  | 2.677    | 1.410          | S 63°46'53" O               |
| P-4N   | 384598.000 | 8681817.550 | 5169.261                  | -----                     | -----    | -----          | -----                       |
| P-4A   | 384598.397 | 8681817.528 | 5169.215                  | 5172.388                  | 3.173    | 1.670          | N 78°47'51" O               |
| P-5N   | 384597.783 | 8681722.512 | 5196.491                  | -----                     | -----    | -----          | -----                       |
| Pz-1   | 384532.000 | 8681478.000 | 5269.525                  | -----                     | -----    | -----          | -----                       |

*Cuadro N° 08: Coordenadas, cotas y desplazamiento de cada baliza desde mayo a octubre del 2017.*

## 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: BS-1 y BS-2, se usaron estas bases para el seguimiento del levantamiento topográfico de la superficie, perímetro y georeferenciación de las balizas (ver cuadro N° 09, imagen N° 03 y tablas N° 02 y 03).

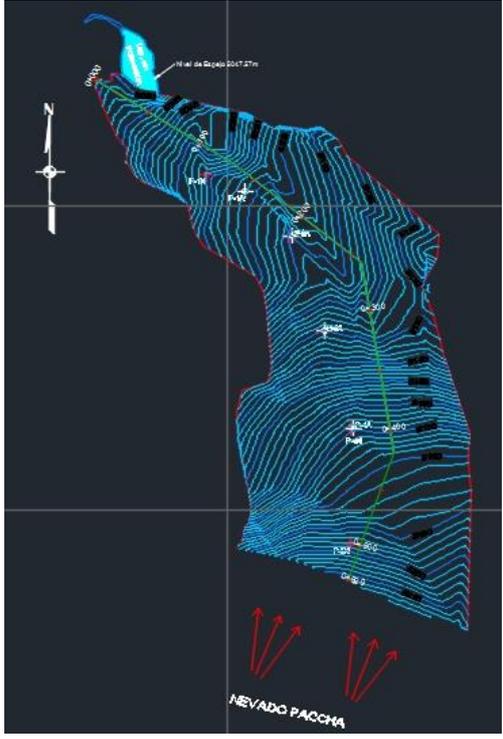
| Coordenadas de Bases Topográficas |            |             |                 |
|-----------------------------------|------------|-------------|-----------------|
| Punto                             | Este (m)   | Norte (m)   | Cota (m.s.n.m.) |
| BS-1                              | 384116.106 | 8682391.633 | 4989.077        |
| BS-2                              | 384407.276 | 8682205.191 | 5074.254        |

*Cuadro N° 09: Coordenadas de bases topográficas.*

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



*Imagen N° 03: Hito monumentado en la morrena de la laguna y glaciar Paccha.*

| DESCRIPCIÓN DE PUNTO BASE  |                                      |   |                                    |
|--|--------------------------------------|---|------------------------------------|
| NOMBRE/NUMERO:   | PROYECTO:                            | LOCALIDAD:  |                                    |
| BS - 1   | Glaciar Paccha                       | Paccha  |                                    |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>Dpto.: Lima                      Prov.: Huarochirí                      Dist.: San Mateo |                                      |   | <b>TIPO MONUMENTO:</b><br>Concreto |
| <b>NORTE:</b><br>8 682 391.633   | <b>ESTE:</b><br>384 116.106          | <b>ELEVACIÓN ELIPSOIDAL:</b><br>4 989.077   | <b>DATUM:</b><br>WGS 84            |
| <b>LATITUD:</b><br>11° 55' 01.56" S  | <b>LONGITUD:</b><br>76° 03' 50.95" W | <b>PROYECCIÓN:</b><br>U.T.M. Zona 18  | <b>FECHA:</b><br>14/10/2017        |
|                                |                                      |  |                                    |

*Tabla N° 02: Se aprecia datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N° 01), de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.*



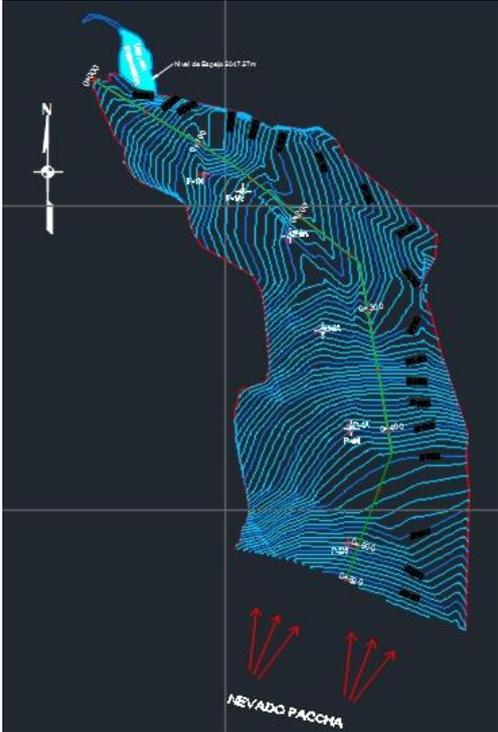
| DESCRIPCIÓN DE PUNTO BASE  |                   |   |                 |
|--|-------------------|---|-----------------|
| NOMBRE/NUMERO:   | PROYECTO:         | LOCALIDAD:  |                 |
| BS - 2   | Glaciar Paccha    | Paccha  |                 |
| LOCALIZACIÓN:  |                   |   | TIPO MONUMENTO: |
| Dpto.: Lima  | Prov.: Huarochirí | Dist.: San Mateo  | Concreto        |
| NORTE:   | ESTE:             | ELEVACIÓN ELIPSOIDAL:   | DATUM:          |
| 8 682 205.191  | 384 407.276       | 5 074.254   | WGS 84          |
| LATITUD:   | LONGITUD:         | PROYECCIÓN:   | FECHA:          |
| 11° 55' 07.65" S   | 76° 03' 41.35" W  | U.T.M. Zona 18  | 14/10/2017      |
|  |                   |  |                 |

Tabla N° 03: Datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N° 02), de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.

### 9.3 FLUCTUACIÓN DEL FRENTE O RETROCESO GLACIAR

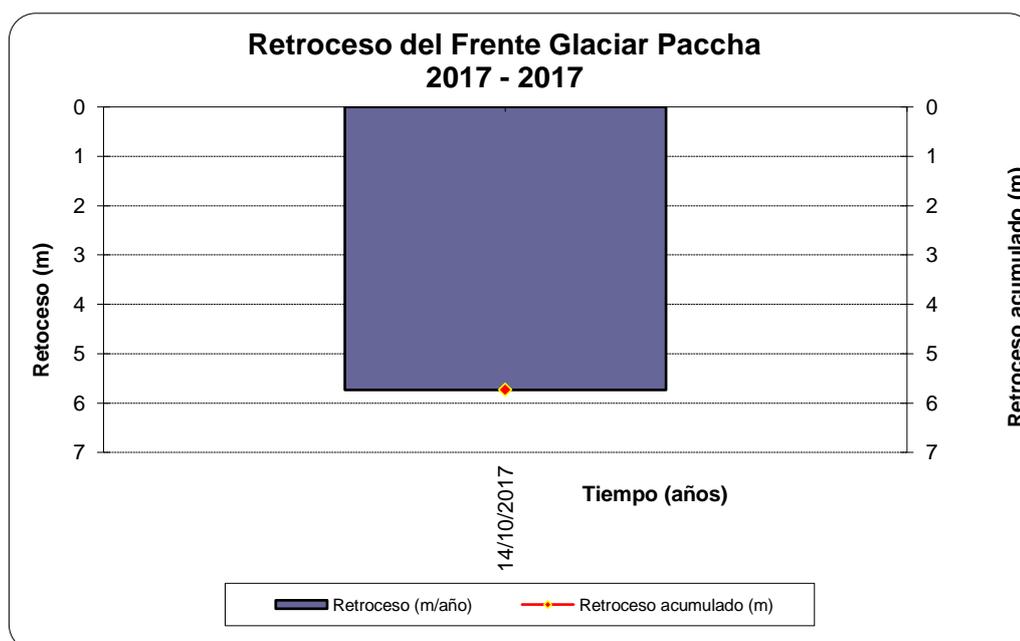
Las actividades de monitoreo glaciológico sobre el glaciar Paccha se inició en el mes de mayo, donde la Sub Dirección de Investigación Glaciológica del INAIGEM implementaron una red de monitoreo a través del uso de balizas.

Considerando la información acopiada de los trabajos realizados del mes de Mayo y del mes de Octubre, los resultados del cálculo del retroceso del glaciar Copap, se indican en la Tabla N° 04.

| Variaciones del Frente Glaciar Copap<br>Mayo 2017 – Agosto 2017 |                  |                  |           |
|---|------------------|------------------|-----------|
| Años  | Retroceso<br>(m) | Acumulado<br>(m) | Acum. (m) |
| 15/05/2017  |                  |                  | 0.00      |
| 15/05/2017 - 14/10/2017   | 5.73             |                  | 5.73      |

*Tabla N° 04: Retroceso del Glaciar Copap desde 15/05/17 - 14/10/17.*

Podemos afirmar que hasta octubre, mes en que se hizo la última medición topográfica del frente y superficie, se tiene un retroceso de 5.73 metros en el frente glaciar en 5 meses aproximadamente, haciendo un acumulado de 5.73 m. desde el mes de mayo. (Ver figuras N° 05).



*Figura N° 05: Retroceso del Frente Glaciar Paccha de mayo – Octubre del 2017.*

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

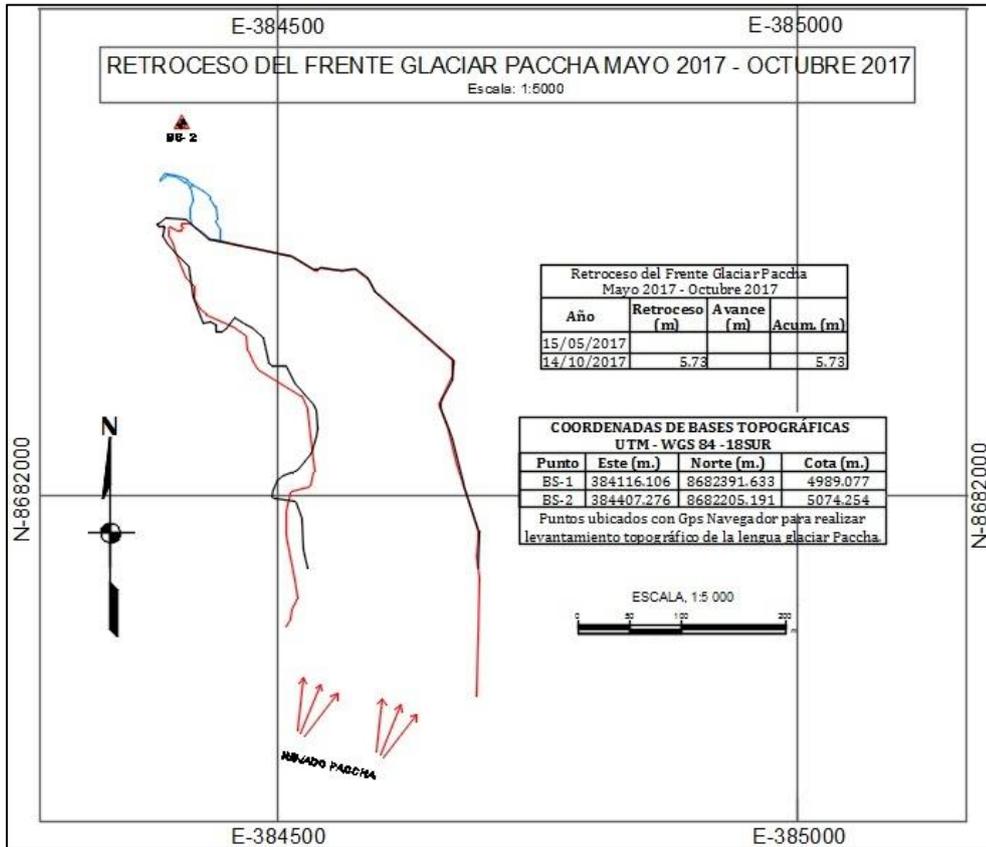


Figura N° 06: Retroceso del frente glaciar Paccha comprendido entre el mes de mayo a octubre del 2017.

Según monitoreos del glaciar Paccha entre los años 1988 - 2013, realizados por el Senamhi, se tiene la siguiente información:

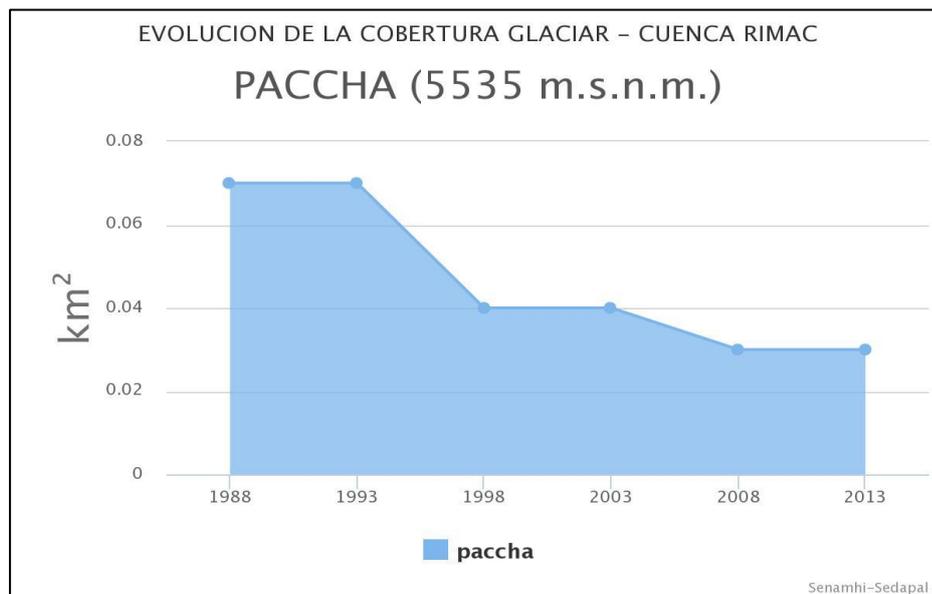


Imagen N° 04: Evolución de la cobertura glaciar Paccha.



## X. CONCLUSIONES

- ✓ Se implementó el glaciar Paccha, consiguiendo instalar una red de control compuesta de 4 balizas nuevas en el eje central, cada una con una perforación de 10 metros, la cota más baja de las perforaciones es 5 046.98 m.s.n.m. y la más alta es 5 216.31 m.s.n.m.
- ✓ Se obtuvo el mapa topográfico de planta, perfil longitudinal y la superficie de la lengua glaciar Paccha, a escala 1:2500; el levantamiento topográfico cubrió una superficie de 6, 68 hectáreas de área glaciar, instalándose previamente hitos topográficos fijos.
- ✓ La superficie del glaciar Paccha tiene una pendiente promedio de 30.08% y la laguna en formación en el frente glaciar en el mes de octubre cuenta con 1002.410 m<sup>2</sup>, y un nivel de espejo con 5047.57 m s.n.m.
- ✓ Se cuenta con un retroceso del frente desde el 15 de mayo del 2017 a 14 de Octubre del 2017 de 5.73 metros en el frente glaciar en 5 meses aproximados, haciendo un acumulado de 5.73 m desde el mes de mayo.
- ✓ No fue posible realizar un mapeo de la geología por la ausencia de un profesional especializado.
- ✓ La microcuenca Paccha 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 Blanco, 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, 19j)*. 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.



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"

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 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 glaciár 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 PARTICIPÓ EN EL INFORME:**

**Ing, Lucas Torres Amado**  
**Especialista en Topografía**

**Ing, Luzmila R, Dávila Roller**  
**Especialista en Glaciología**

**Ing. Edwin a. loarte cadenas**

**Ing, Oscar D. Vilca Gómez.**  
**Especialista en Hidrología.**

**Bach. Shiro P. Valentin Solis**