



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

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

MONITOREO GLACIOLÓGICO EN EL GLACIAR SULLCÓN Huarochirí - Lima

INFORME TÉCNICO N° 06



Foto: Oscar Vilca

Glaciar Sullcón, 2016.

Huaraz, Marzo de 2016



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

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

MINISTERIO DEL AMBIENTE

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA - INAIGEM

MONITOREO GLACIOLÓGICO EN EL GLACIAR SULLCÓN

INVESTIGACIÓN EN GLACIARES

PERSONAL TÉCNICO QUE PARTICIPÓ EN EL INFORME:

Ing. Lucas N. Torres Amado.

Ing. Luzmila R, Dávila Roller.

Ing. Oscar Vilca Gómez.



INDICE

RESUMEN	4
I. GENERALIDADES.....	5
1.1 Introducción	5
1.2 Antecedentes	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 GENERAL.....	5
1.3.2 ESPECÍFICO	5
1.4 Ubicación Y Acceso	6
II. METODOLOGÍA	8
2.1 Fase de pre campo	8
2.2 Fase de Campo.....	8
2.3 Fase de gabinete	11
III. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA.....	13
3.1 Caracterización del ámbito de estudio.....	14
3.2 Recursos paisajísticos de interés ambiental, cultural, visual y patrimonial.....	14
IV. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	14
4.1 Geología Regional	14
4.2 Geomorfología Regional	15
V. GLACIARES	16
VI. LAGUNAS.....	18
VII. ECOSISTEMAS	18
VIII. HIDROLOGÍA	19
8.1 Microcuenca Sullcón	20
8.2 Parámetros morfológicos	21
8.3 Identificación de Peligros	24
IX. RESULTADOS DEL MONITOREO GLACIOLÓGICO	24
9.1 Perforación de red de control en Ablación.....	24
9.2 Levantamiento Topográfico.....	25
9.3 Fluctuación del frente o retroceso glaciar.....	27
X. CONCLUSIONES	29
XI. RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
GLOSARIO DE TERMINOS.....	32



RESUMEN

Las investigaciones que se inician en la Cordillera Central¹ por parte del INAIGEM a través del equipo de Investigación en Glaciares, tiene como objetivo realizar monitoreos glaciológicos, como en ésta oportunidad el glaciar Sullcón 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 Blanco.

Políticamente el glaciar Sullcón 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 Sullcón, 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 cinco balizas 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 mapas del levantamiento topográficos de la superficie, perfil y frente del glaciar Sullcón, instalación de una red de control de 5 puntos en la zona de ablación, cada una de 10 metros de profundidad, este trabajo de implementación se realizó desde el 15 al 22 de marzo de 2016.

¹ Inventario de Glaciares del Perú. 1988, HIDRANDINA, Unidad de Glaciología e Hidrología, Huaraz, Pag. 63



I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

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

Desde marzo de 2016 se inició el estudio de monitoreo de la lengua glaciar Sullcón por el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM, actividad que realizaba anteriormente la UGRH – ANA, hasta el año 2010 en que dejó de monitorearlo y habiendo efectuado la última medición topográfica el año 2012.

1.2 Antecedentes

En el glaciar Sullcón, en el año 2001, se iniciaron las actividades con trabajos de tipo hidrológico y glaciológicos, con el apoyo GREAT ICE del IRD, y debido a un desprendimiento de roca de dimensiones considerables ocurrido entre los años 2009 y 2010 que cubrió gran parte de la lengua glaciar, se dejó de monitorear este glaciar, desmantelando y recogiendo los equipos de mediciones hidrométricas en el año 2012. Desde aquel año no se ha realizado ningún tipo de estudio en la zona, dejando un espacio de 4 años sin datos. Este glaciar Sullcón pertenece 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 km² (ANA, 2012).

1.3 Objetivos

1.3.1 GENERAL

- Retomar las mediciones glaciológicas en el glaciar Sullcón.

1.3.2 ESPECÍFICO

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



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 Sullcón a una altitud de 4998 m.s.n.m. (ver cuadro N°01, figura 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 Sullcón.	Camino de herradura	9,00	5:00 h.	A pie
Distancia Total Recorrida		601,15	16:35 h.	

Cuadro N° 1.- Recorrido a la zona de estudio.

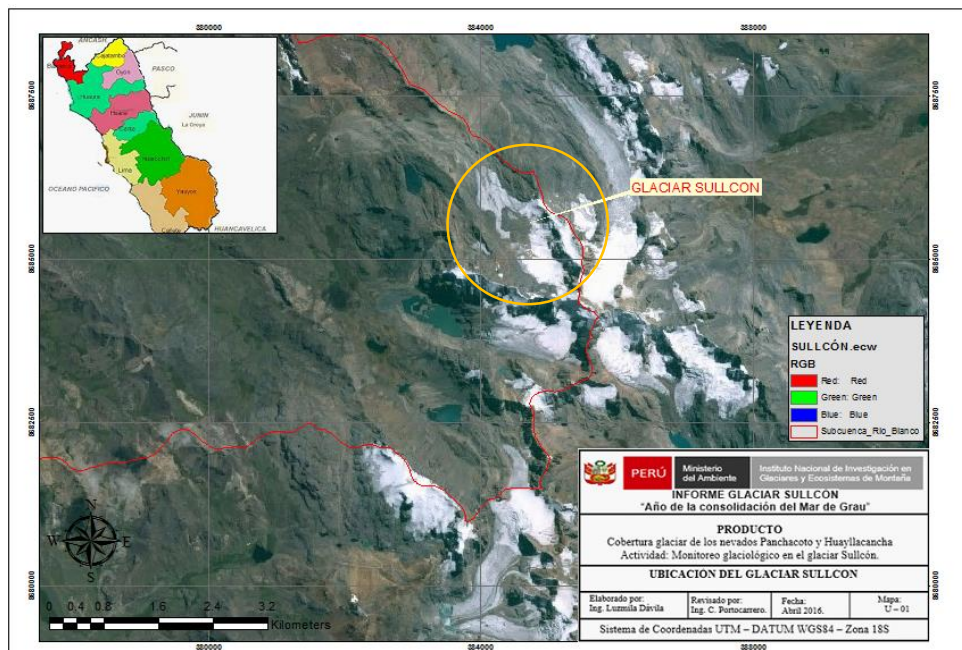


Figura N° 03.- Ubicación del glaciar Sullcón.



II. METODOLOGÍA

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

2.1 Fase de pre campo

2.1.1 Definición del Objetivo y Alcance del Estudio

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

2.1.2 Elaboración del Plan de Trabajo

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

2.1.3 Recopilación y Análisis de la Información Existente

Esta etapa consistió principalmente en la identificación, compilación y análisis de la información existente de la zona de estudio, en este caso información de la data de medición del retroceso de glaciares del 2001 al 2012, año en que se dejó de hacer las mediciones a las que nos referimos.

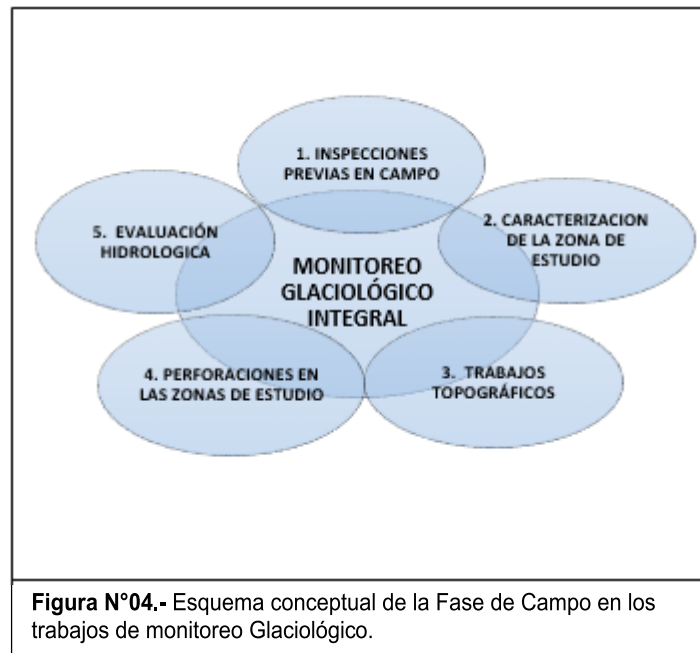
2.2 Fase de Campo

En los trabajos de campo de implementación glaciológica, conceptualmente se considera los siguientes pasos: (ver figura N°04).

- 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.

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

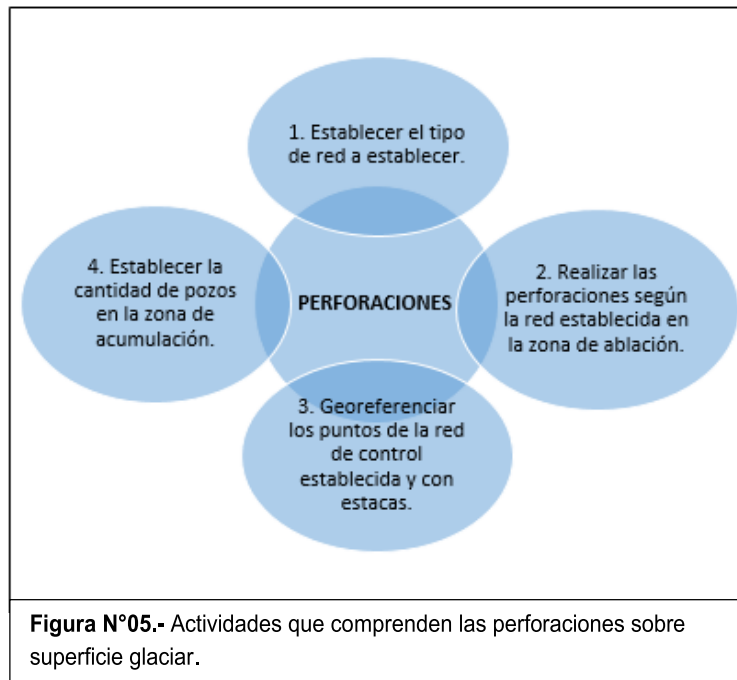


2.2.1 Recolección de Información

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°05).

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



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°06).

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



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.

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

- Posteriormente ambas se utilizan para el cálculo en conjunto con la información topográfica para determinar fusión por m² sobre el área de estudio y finalmente los resultados se expresan en m³/seg., como aporte a la microcuenca.

2.3.3 Técnicas de procesamiento de información

La información recopilada durante los días de trabajo en campo, pasará por los siguientes procesos, con las siguientes herramientas técnicas para procesamiento (ver figura N° 07):

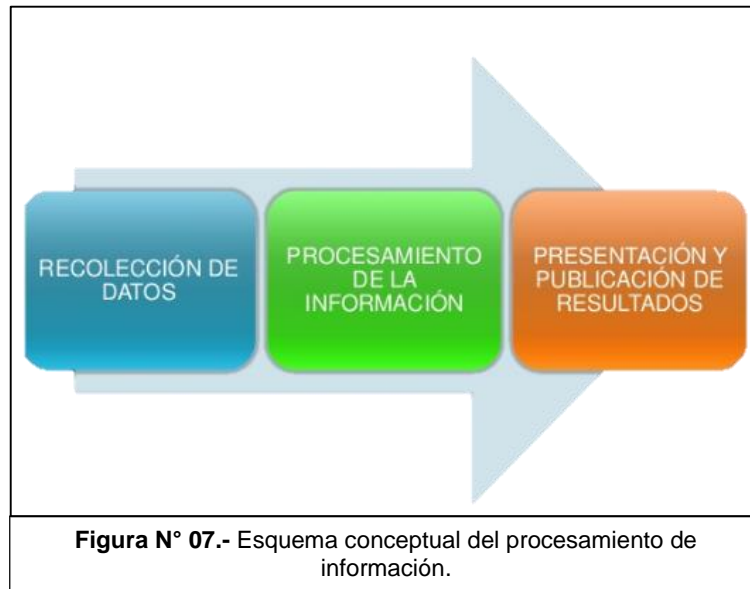


Figura N° 07.- Esquema conceptual del procesamiento de información.

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 Sullcón, está ubicado entre las coordenadas geográficas 11°54'36" - 11°55'48" de latitud sur y 76°03'00" - 76°04'12" de longitud oeste.

Políticamente el glaciar Sullcón, 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 m³/s y un embalse de 48 MM³; 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°02).

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
Total	1,473,842	1,458,957	14,885	734,631	739,211	

Cuadro N°02.- Población beneficiada del recurso hídrico del río Blanco.
Fuente: XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2007 INEI.
(*) Comprende los 17 distritos de Huarochirí.



3.1 Caracterización del ámbito de estudio

El glaciar Sullcón, 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 Sullcón. 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 las 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.

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.

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.

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°03).

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

Cuadro N° 02.- 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. 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 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. 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.



Los cuerpos de hielo contribuyen así como reguladores de los caudales, tanto subterráneos 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 Km², 11,62 Km² y 3,17 Km², respectivamente y en el Atlántico por el Mantaro con 69 glaciares con una superficie de 20,46 km².

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 ≤ 1 km² y tienen una superficie de 29,32 km², 14 glaciares tienen un tamaño entre 1 – 5 km², en general la Cordillera Central cuenta con 174 glaciares y una superficie de 51,91 km² (ANA, 2014).

A continuación se muestran fotografías comparativas del glaciar Sullcón, desde el 2002 al 2016 (ver figura N°08).

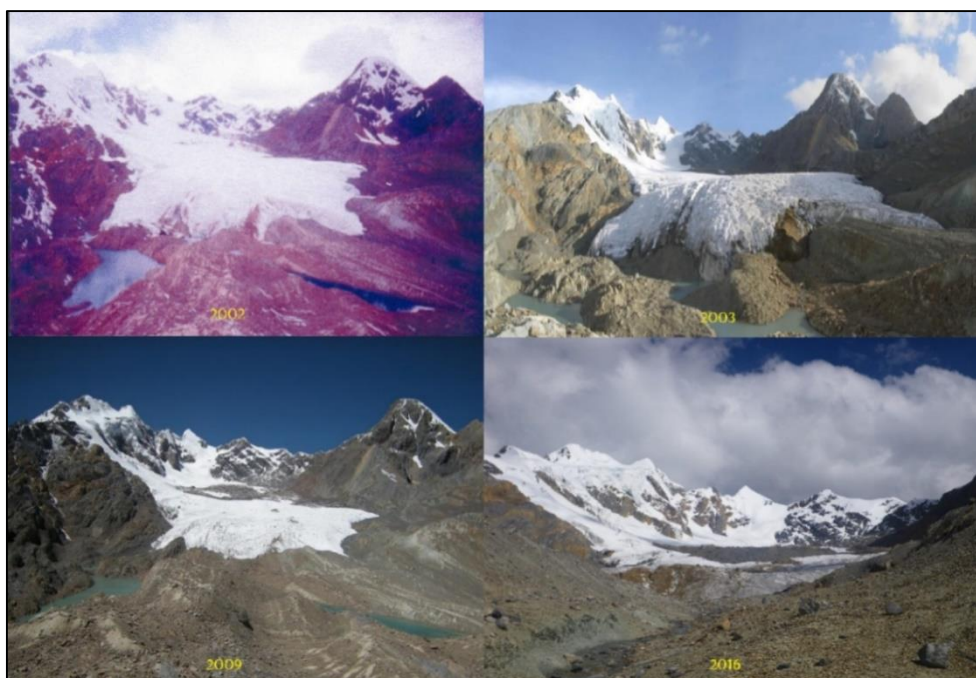


Figura N°08.- Se muestra la evolución del glaciar Sullcón en el tiempo, desde 2002 al 2016.

VI. LAGUNAS

En las faldas del glaciar Sulcón, se puede observar la formación de una laguna que drena a la vertiente del Atlántico, sin embargo el aporte del glaciar drena al Pacífico y Atlántico, 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 figura N°09).



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 km², disminuyendo a casi 40 km² 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.

VIII. HIDROLOGÍA

El glaciar Sulcón se monitoreó desde el año 2001 hasta el 2010 por parte del IRD, INRENA y SENAMHI, y para ello se implementaron instrumentos para el registro de datos como son: dos limnómetros automáticos, un sensor Hobo para Temperatura y Humedad Relativa, además de un pluviómetro totalizador y a la vez se construyeron dos vertederos, un

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

triangular para medir caudales que fluyen a la vertiente del Atlántico y otro tipo Parshall para los caudales que fluyen a la vertiente del Pacífico.

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° 01).



Fotografía N° 01.- Vista de las condiciones actuales del vertedero ubicado en el lado de la cuenca del río Rímac.

8.1 Microcuenca Sullcón

En la actualidad los mapas de Unidades Hidrográficas de la Autoridad Nacional del Agua consideran al glaciar Sullcón como aportante de la Cuenca del río Rímac en su integridad, esto es incorrecto. Según la visita de campo y una aproximación mediante el análisis de imágenes satelitales se realizó la identificación y corrección de la línea divisoria de vertiente (ver figura N° 10).

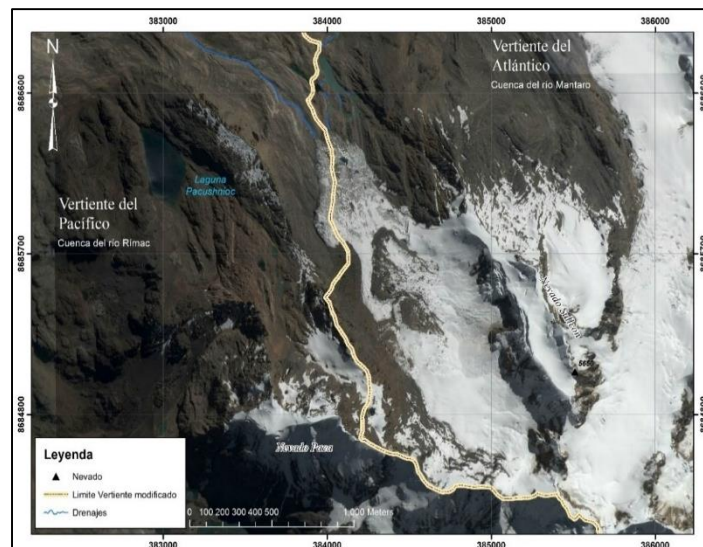


Figura N° 10.- Divisoria de vertiente sobre el glaciar Sullcón.



Como se observa en la figura N° 10, la divisoria de aguas está determinada por las morrenas, el lecho rocoso y el glaciar, este aspecto nos indica que la línea divisoria de vertiente es dinámica y estará en función del retroceso del glaciar.

Para fines de estudio del glaciar, delimitamos un área que encierra a toda la lengua del glaciar Sullcón, en adelante se denominará microcuenca Sullcón, el área limita por el norte y este con la cuenca del río Mantaro (vertiente del Atlántico), por el noroeste con la quebrada del río Blanco, por el oeste y sur con el nevado Paca (vertiente del Pacífico), la lengua glaciar es predominante en el área de estudio (ver figura N° 11).

La principal característica de la microcuenca Sullcón es el vertimiento de sus aguas a las dos vertientes más importantes del país, vertiente del Pacífico y del Atlántico, pertenecen a la cuenca del río Rímac y la cuenca del río Mantaro respectivamente.

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 una laguna de 300 m. de largo por un ancho promedio de 60 m. a la salida de esta laguna se ubica la estructura de un vertedero.

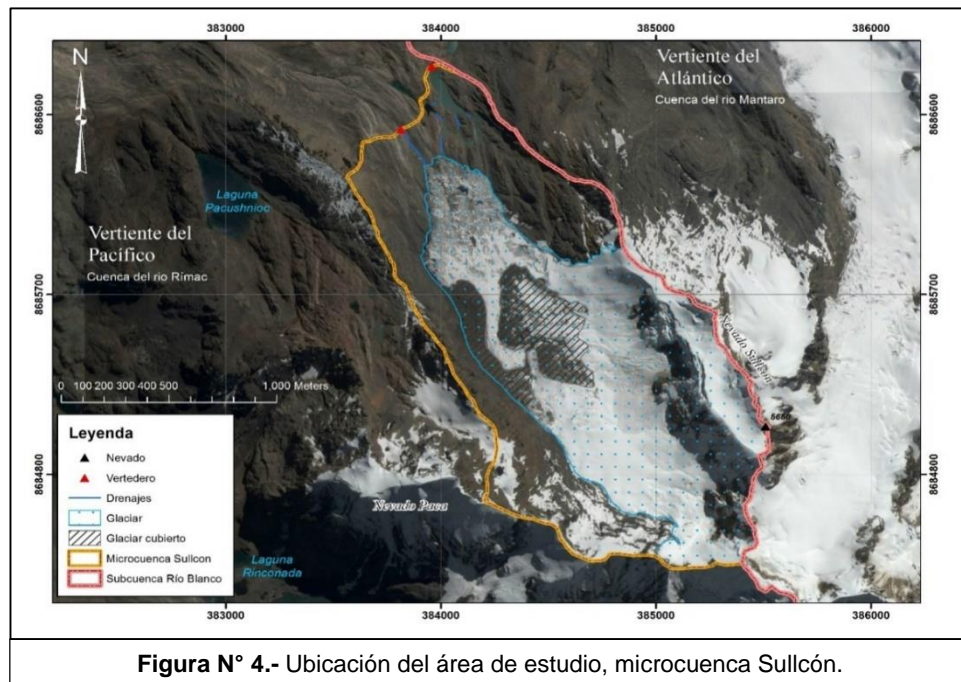
Por las condiciones topográficas de la microcuenca, en la actualidad la mayor cantidad de agua discurrida en el glaciar se drena hacia la vertiente del Atlántico. Dado el retroceso de la lengua glaciar y la topografía del lecho, se presume que en un futuro el flujo que discurre producto de la fusión del glaciar se vaya en su totalidad hacia la vertiente del Atlántico, este aspecto se controlará en los futuros levantamientos topográficos.

8.2 Parámetros morfológicos

Superficie

CUENCA	Área Km ²	%
Sin Glaciar	1,00	39
Con Glaciar	1,59	61
TOTAL	2,59	100

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

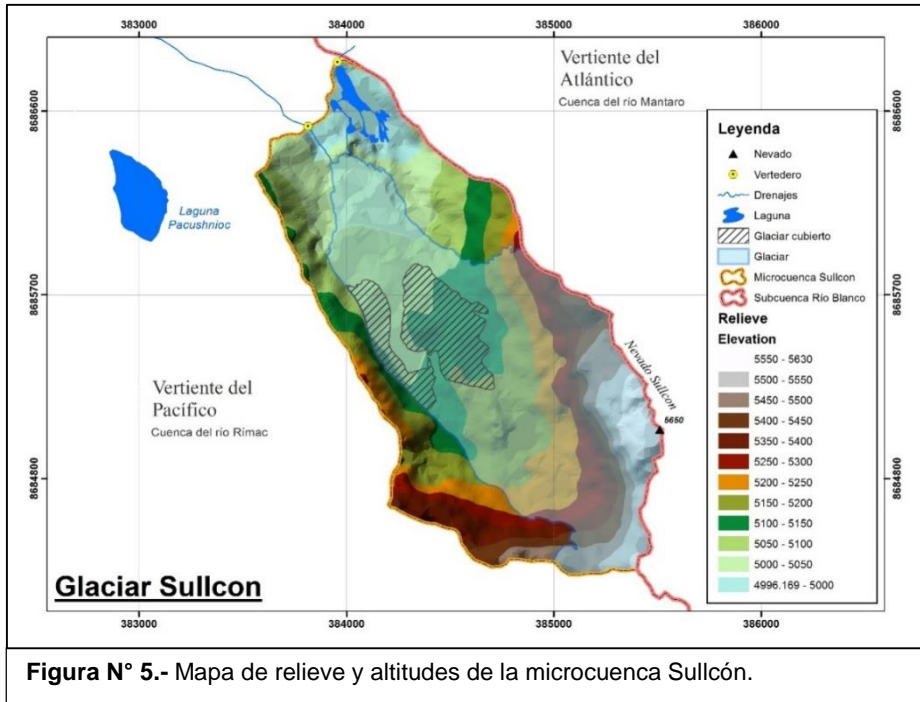


Altitud media de la Microcuenca Sullcón

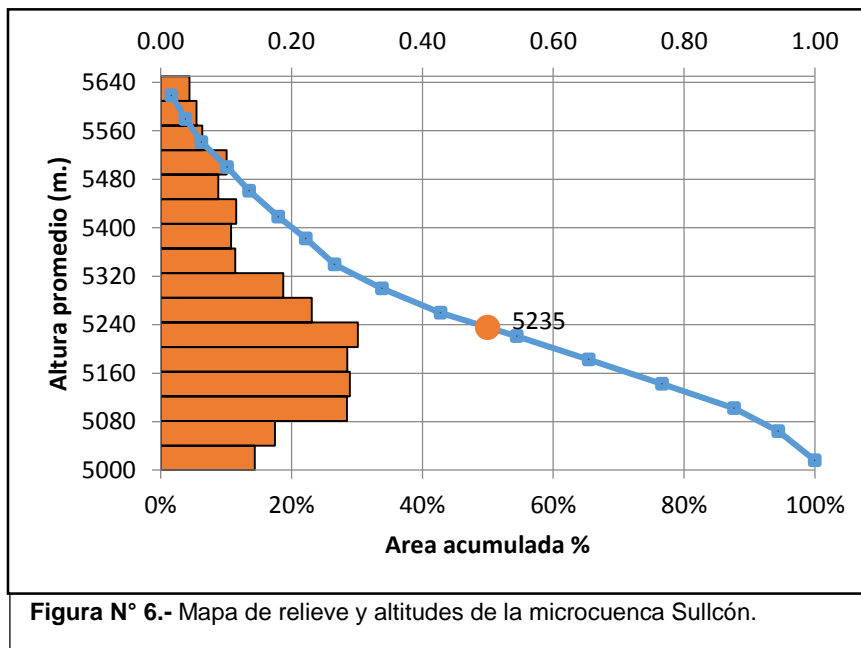
Una forma de representar la inclinación o pendiente (declividad) de una cuenca es mediante un estudio de la variación de elevación de los terrenos con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser representada mediante una curva hipsométrica que indica el porcentaje del área de la cuenca que se encuentra por encima o debajo de una altura considerada. Para la microcuenca en estudio se ha trazado la curva hipsométrica, distribuyendo el área de acuerdo a su altitud, los valores correspondientes se pueden apreciar en la Tabla 04, donde se señalan las áreas por debajo y por encima de una determinada altitud, (véase, Figura N°12).



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



Según la Figura N° 13 observamos que la microcuenca Sullcón tiene una altitud media de 5,235 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 5,080 y 5,300 m.s.n.m., cotas que en su integridad están sobre el glaciar.





Por sus características morfológicas la microcuenca Sullcón se considera ideal para el estudio y análisis del comportamiento hidrológico del glaciar. Como es conocido y característico de las cuencas con influencia de glaciares, el aporte hídrico en los meses de estiaje (mayo – agosto) están directamente relacionados a la fusión de los glaciares y el presente estudio intentará responder sobre cuanto significa el aporte hídrico producto de la fusión del glaciar a la microcuenca.

8.3 Identificación de Peligros

En el glaciar Sullcón, se evidencia cambios bruscos, siendo notorio el aporte de material detrítico sobre la lengua glaciar, ocasionado por el derrumbe 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 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.

IX. RESULTADOS DEL MONITOREO GLACIOLÓGICO

El glaciar Sullcón 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.

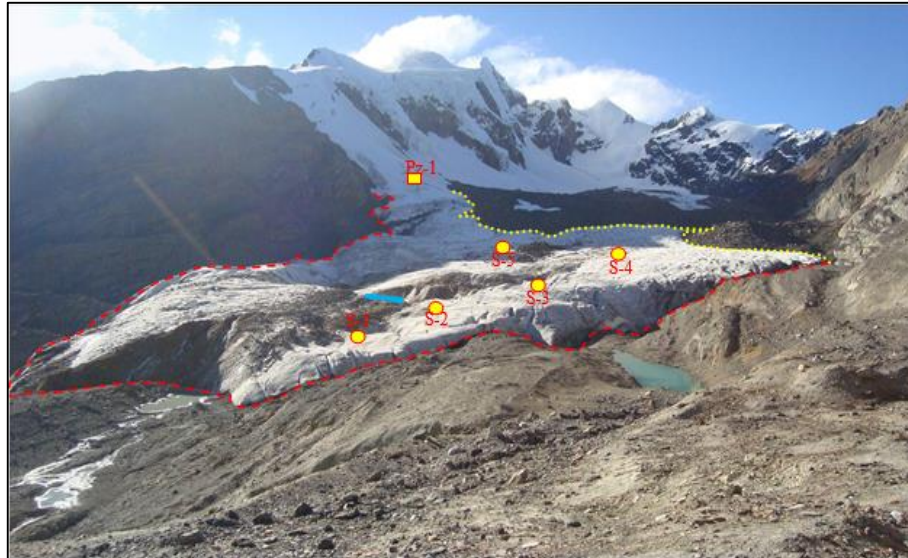
9.1 Perforación de red de control en Ablación.

Se realizaron 5 perforaciones en la zona de ablación, obteniéndose la siguiente información (ver tabla N°03 y fotografía N°02).

Balizas	Coordenadas UTM		Altura	Emergencia (m)	Longitud de la perforación (m)
S - 01	383976	8686278	5026	0,42	10
S - 02	384014	8686152	5045	0,48	10
S - 03	384015	8686038	5061	0,08	10
S - 04	384037	8685976	5073	0,1	10
S - 05	384261	8685916	5076	0,2	10
Pozo 01	384508	8685797	5121	4,5	1,5
Fecha	18 de marzo del 2016				

Tabla N° 03.-Se muestra la ubicación, altitud y emergencia inicial de cada baliza.

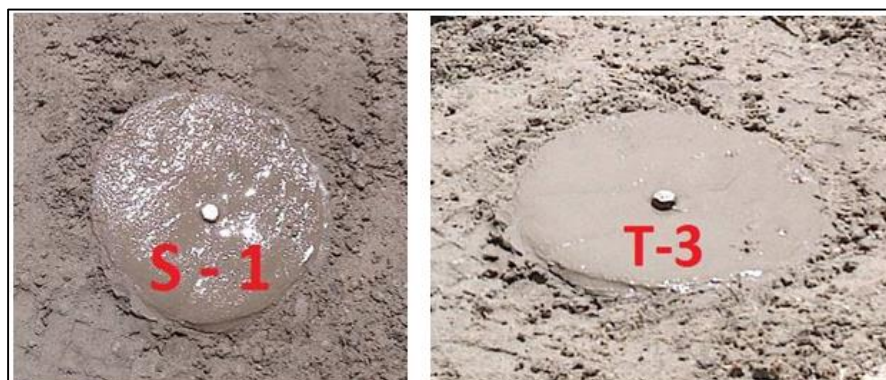
La distribución espacial de la información anterior sobre la red de control en la zona de ablación y acumulación.



Fotografía N° 02.- Ubicación, nomenclatura de balizas y emergencia 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 Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos en el año 2001, estos puntos se ubican teniendo en cuenta los criterios de seguridad y visibilidad, las nomenclaturas que llevan los puntos son: S-1 y T-3, se usaron estas bases para el seguimiento del levantamiento topográfico de la superficie, perímetro, georeferenciación de las balizas (ver figura N°14, 15 y 16).



S-1

T-3

Figura N° 7.- Se aprecia, los hitos monumentados en las morrenas de la laguna y glaciar Sullcón.



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

DESCRIPCIÓN DE PUNTO BASE			
NOMBRE/NUMERO:	PROYECTO:	LOCALIDAD:	
S - 1	Glaciar Sullcon	Sullcon	
LOCALIZACIÓN			TIPO MONUMENTO
Dpto.: Lima	Prov.: Huarochiri	Dist.: San Mateo	Concreto
NORTE	ESTE:	ELEVACIÓN ELIPSOIDAL	DATUM
8 686 628.023	384 507.577	5 043.915	WGS 84
LATITUD	LONGITUD	PROYECCIÓN	FECHA
11° 52' 43.69" S	70° 03' 37.47" W	U.T.M. Zona 18	18/03/2016

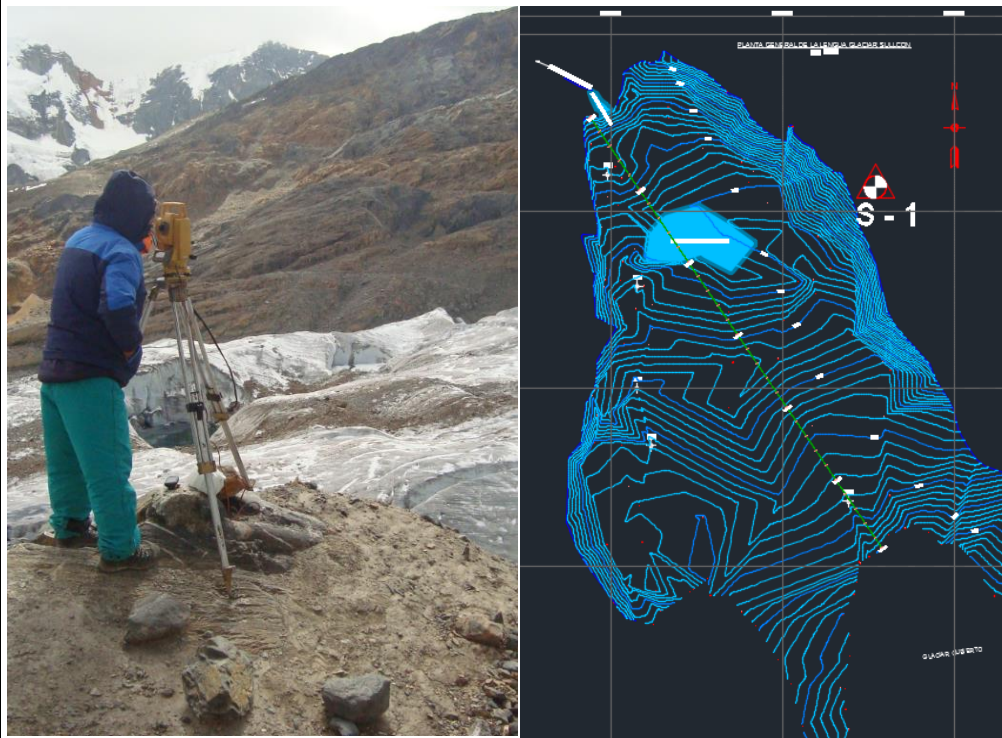


Figura N° 8.- Se aprecia, datos de ubicación de los puntos fijo (BASE – N°01) de topografía, ubicación geográfica y los resultados del levantamiento topográfico.



DESCRIPCIÓN DE PUNTO BASE			
NOMBRE/NUMERO:	PROYECTO:	LOCALIDAD:	
T -3	Glaciar Sullcon	Sullcon	
LOCALIZACIÓN			TIPO MONUMENTO
Dpto.: Lima	Prov.: Huarochiri	Dist.: San Mateo	Concreto
NORTE	ESTE:	ELEVACIÓN ELIPSOIDAL	DATUM
8 686 491.470	384 007.034	5 108.23	WGS 84
LATITUD	LONGITUD	PROYECCIÓN	FECHA
11° 52' 48.07" S	70° 03' 54.03" W	U.T.M. Zona 18	18/03/2016

Figura N° 9.- Se aprecia, 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.

Los trabajos sobre el glaciar Sullcón se realizaron desde el año 2001, donde la Unidad de Glaciología, y el IRD implementaron una red de monitoreo, se construyó dos vertederos con instrumentos hidrométricos; los estudios en dicho glaciar han sido abandonados desde 2012, oportunidad para INAIGEM, en retomar los estudios de tipo hidrológico y glaciológico sobre dicho glaciar.

Considerando la información acopiada en la Unidad de Glaciología (datos referidos a trabajos en Sullcón hasta el 2012), Los resultados del cálculo del retroceso del glaciar Sullcón, se indican en la Tabla N° 04.



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

Años	Retroceso (m)	Acumulado (m)
2001	0	0,00
2002	-27,10	-27,10
2003	-13,54	-40,64
2004-2005	-47,35	-87,99
2006	-20,43	-108,42
2007	-14,85	-123,27
2008	-9,94	-133,21
2009	-16,64	-149,85
2012	-38,32	-188,17
2016	-38,40	-226,57

Tabla N° 04.- Datos de retroceso del glaciar Sullcón desde 2001 al 2016.

Podemos afirmar que desde el 2012, año en que se hizo la última medición topográfica del frente y superficie, se ha perdido 38,40 metros en el frente glaciar en 4 años, haciendo un acumulado de 226,57 m. desde el 2001. (ver figuras N°17 y 18).

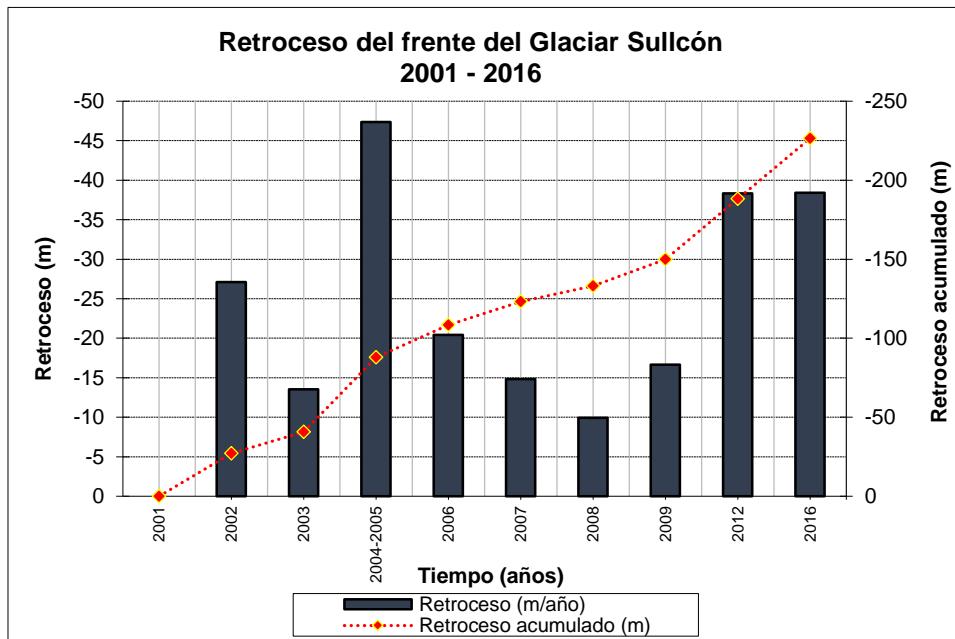


Figura N° 17.- Los cambios que se evidencian en 15 años son bastante notables, muestra las variaciones del frente o fluctuaciones del frente glaciar.

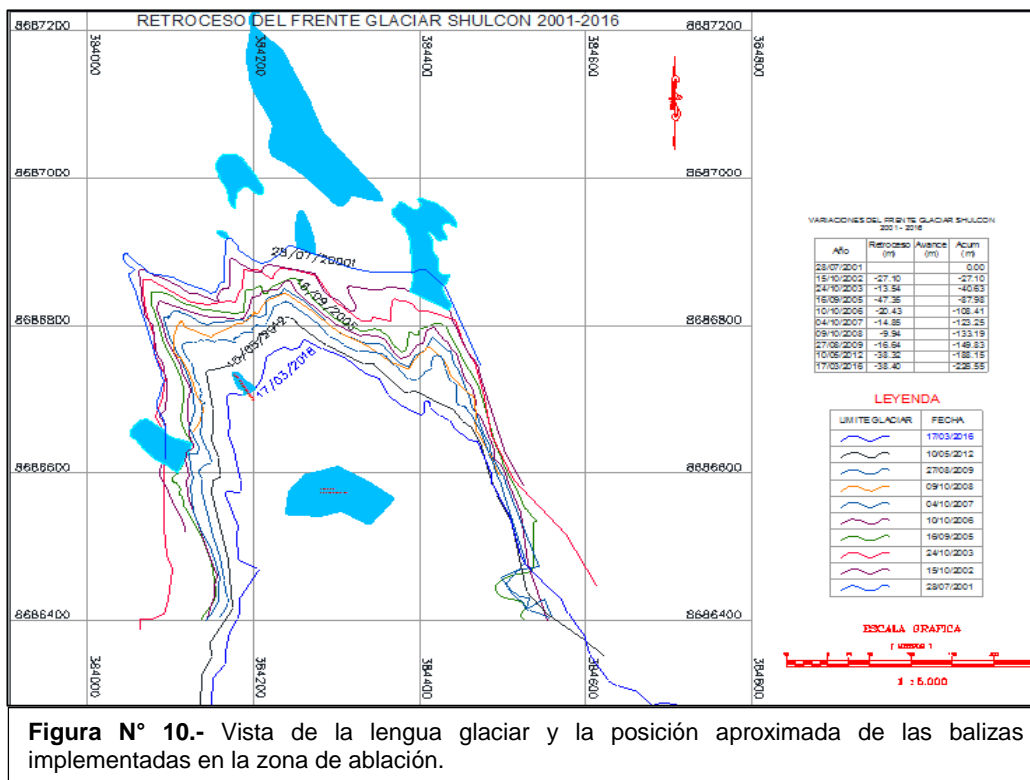


Figura N° 10.- Vista de la lengua glaciar y la posición aproximada de las balizas implementadas en la zona de ablación.

X. CONCLUSIONES

- Se implementó el glaciar Sullcón, consiguiendo instalar una red de control compuesta de 5 balizas en el eje central, cada una con una perforación de 10 metros, la cota más baja de las perforaciones es 5 011,45 m.s.n.m. y la más alta es 5 090,23 m.s.n.m.
- Se obtuvo el mapa topográfico de planta, perfil longitudinal y la superficie de la lengua glaciar Sullcón, a escala 1:2000; el levantamiento topográfico cubrió una superficie de 25, 05 hectáreas de área glaciar, instalándose previamente hitos topográficos fijos.
- La superficie del glaciar Sullcón tiene una pendiente de 16,22% y la laguna en formación en el frente glaciar cuenta con una área de 373,1 m², una longitud de 32,7 m., y un ancho de 16,1 m. y hay una laguna supra glaciar en la lengua glaciar que cuenta con una área de 6 432,3 m², una longitud de 91,5 m. y un ancho de 96,3 m.
- Se cuenta con un retroceso del frente desde el 10 de mayo del 2012 a 18 de marzo del 2016 de 38,40 metros en el frente glaciar en 4 años, haciendo un acumulado de 226,57 m desde el 2001.



- No fue posible realizar un mapeo de la geología por la ausencia de un profesional especializado.
- La microcuenca Sullcón cumple con las condiciones apropiadas para el monitoreo hidrológico. La principal característica de la microcuenca Sullcón es el vertimiento de sus aguas a las dos vertientes principales del país, vertiente del Pacífico y del Atlántico.

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, publicacion*.
- Francou, B & Pouyaud, B. (2004). *MÉTODOS DE OBSERVACIÓN DE GLACIARES - IRD*. Francia: GLACIOGLIM.
- GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO. (2012). *PROYECTO FORTALECIMIENTO DEL DESARROLLO DE CAPACIDADES EN ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA REGIÓN DEL CUSCO*. CUSCO: GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO - SUBGERENCIA DE ACONDICIONAMIENTO TERRITORIAL.
- INGEMMET. (1995). *GEOLOGÍA DE LOS CUADRANGULOS DE PALLASCA, TAYAPAMPA, CORONGO, POMABAMBA, CARHUAZ Y HUARI (17h, 17i, 18h, 18j, 19g, 19j)*. Lima: INGEMMET.
- IPCC. (2001). Glosario de Terminos: Anexo B, Tercer Informe de Evaluación. *IPCC*, 198.
- Martinez, P. (2006). *Procedimiento de topografía*. Panama: Universidad Tecnologica de Panama.
- Morales, B. (1966). *GEOLOGICO - GLACIOLOGICO D ELA CUENCA SUPERIOR DE QUITARACSA*. Lima.: Corporacion Peruana del Santa.
- Morales, B. (2014). *Volcubulario Tecnico en Investigación en Glaciares / INAIGEM*. Huaraz: INAIGEM.
- National Snow and Ice Data Center, (NSIDC - NASA). (2012). All about Glaciers: The Life of a Glacier; Glaciers Glosary. *NSIDC: NASA Earth Observatory Reference: Global Warming.*, 1.
- Soto, H. d. (1986). *BOLETIN OFICIAL N°01, INSTITUTO NACIONAL DE GLACIOLOGÍA*. Lima.: INSTITUTO NACIONAL DE GLACIOLOGÍA.
- Topcon. (2006). *Manual de Instrucciones de estacion total*. Japón: Topcon.
- Zamaripa, M. (2010). *Apuntes de topografía*. Madrid: Facultad de Estudios Superiores Aclatan.



GLOSARIO DE TERMINOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

RIESGOS DE LOS GLACIARES.- Por el movimiento continuo de los glaciares y dependiendo de su posición y masa glacial pueden ocasionar catástrofes graves como el caso de los aluviones de lagunas glaciares vaciadas por avalanchas de hielo. (Morales, 2014).

SISMO.- Liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior, y se propagan en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externo o interno de la Tierra.

VALLE EN FORMA DE U.- Valle que muestra en su perfil la forma de una “U” labrada por erosión de los glaciares antiguos (Morales, 2014).

VALLE GLACIAR.- Valle que muestra la acción de la erosión glacial en su superficie y que puede o no tener glaciares en su parte superior (Morales, 2014).

VARIABILIDAD CLIMÁTICA.- Estado medio del clima a escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa). (IPCC, 2001).

VULNERABILIDAD.- Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional y otros.