



PERÚ

Ministerio  
de Agricultura y Riego



DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN Y PLANEAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS  
UNIDAD DE GLACIOLOGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS

# INVENTARIO NACIONAL DE GLACIARES



Setiembre 2016

# INVENTARIO NACIONAL DE GLACIARES CORDILLERA HUAYHUASH

## **Elaborado por:**

Ing. Arnaldo Aldo Tacsí Palacios  
Profesional en Geomática de Glaciares y Lagunas – UGRH

Ing. Renzo Guerra Oruna  
Especialista en Teledetección – UGRH

Ing. Tulio Wilfredo Chávez Espíritu  
Especialista SIG – UGRH

Bach. Giovani Gilmer Gamarra García  
Asistente en Teledetección – UGRH

Ing. Maik Justo Jamanca Carbajal  
Asistente SIG – UGRH

## **Revisión:**

Ing. Alejo Cochachin Rapre  
Coordinador de la Unidad de Glaciología (UGRH)

Ing. Gilber Gonzales Lizarme  
Responsable de Estudios Glaciológicos – UGRH

**Huaraz-Perú  
Setiembre 2016**

## LISTA DE SIGLAS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua
CONIDA	: Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial
INRENA	: Instituto Nacional de Recursos Naturales
IGN	: Instituto Geográfico Nacional
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
UGRH	: Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos
IGL	: Inventario de Glaciares y Lagunas
GLIMS	: Global Land Ice Measurements from Space
SIG	: Sistema de Información Geográfica
UTM	: Universal Transverse Mercator
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
DEM	: Digital Elevation Model (Modelo Digital de Elevación)
GDEM	: Global Digital Elevation Map
NDSI	: Índice de Diferenciación Normalizada de Nieve
RMS	: Root Mean Square (Raíz Cuadrada Media)
ND	: Nivel Digital

## CONTENIDO

	Pág.
RELACIÓN DE FIGURAS .....	v
RELACIÓN DE CUADROS .....	vi
RELACIÓN DE GRÁFICOS .....	vii
RELACIÓN DE DIAGRAMAS .....	vii
PRÓLOGO.....	ix
RESUMEN .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO .....	2
1.2. ÁREA DE ESTUDIO .....	3
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	6
2.1. MATERIALES.....	7
2.2. MÉTODOS.....	10
III. RESULTADOS.....	19
3.1. RESULTADOS DEL INVENTARIO.....	20
3.1.1. <i>Superficie glaciar</i> .....	20
3.1.2. <i>Características generales de los glaciares</i> .....	22
3.1.2.1. Cantidad y tamaño.....	22
3.1.2.2. Altitud.....	24
3.1.2.3. Orientación.....	26
3.1.2.4. Pendiente.....	28
3.1.3. <i>Clasificación de los glaciares</i> .....	28
3.1.3.1. Clasificación primaria .....	29
3.1.4. <i>Evolución y dinámica en los glaciares</i> .....	33
3.1.4.1. Evolución de la cobertura glaciar.....	33
3.1.4.2. Desaparición y retroceso glaciar.....	34
3.1.4.3. Fragmentación de los glaciares .....	37
3.1.4.4. Volumen del glaciar .....	37
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
V. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	41
ANEXOS .....	44
1. LISTADO DE DATOS Y MAPAS .....	45
1.1. LISTADO DE DATOS.....	45
1.2. LISTADO DE MAPAS .....	50
2. LISTADO ALFABÉTICO DE GLACIARES SEGÚN NOMBRES.....	56



## RELACIÓN DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica del ámbito cordillera Huayhuash. ....	4
Figura 2. Sistemas glaciares de la cordillera Huayhuash. ....	5
Figura 3. Segmentos de la Imagen Spot 7 utilizada en el inventario de glaciares. ....	7
Figura 4. Cartas nacionales utilizadas en el inventario de glaciares. ....	9
Figura 5. Mapas de pendientes, altitudes y orientaciones de una unidad glaciar. ....	13
Figura 6. Largo y ancho de un glaciar. ....	14
Figura 7. Centroides de un glaciar. ....	14
Figura 8. Fragmentación de un glaciar. ....	15
Figura 9. Clasificación primaria de glaciares según GLIMS. ....	15
Figura 10. Clasificación primaria GLIMS de 2 unidades de glaciar en imagen de satélite Spot 7 2015. ....	31
Figura 11. Comparación de coberturas glaciares de los años 1962, 2007 y 2015. ....	34
Figura 12. Comparativo del retroceso glaciar en relación a la altitud mínima. ....	36
Figura 13. Espesor de hielo calculado mediante modelo Glab Top. ....	38
Figura 14. Mapa índice de empalme del inventario de glaciares de la cordillera Huayhuash. ....	50

## RELACIÓN DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Ubicación geográfica de los sistemas glaciares de la cordillera Huayhuash.	5
Cuadro 2. Ficha técnica de imagen satelital Spot 7 utilizada en el inventario de glaciares.	8
Cuadro 3. Imágenes de satélite utilizadas en el análisis multitemporal.	8
Cuadro 4. Softwares utilizados en el presente Inventario.	9
Cuadro 5. Cartas topográficas del IGN.	10
Cuadro 6. Parámetros de evaluación glaciares de acuerdo al Manual GLIMS.	12
Cuadro 7. Codificación nacional de glaciares.	12
Cuadro 8. Codificación internacional de glaciares.	13
Cuadro 9. Superficie glaciar según vertiente y cuenca hidrográfica en la cordillera.	20
Cuadro 10. Superficie glaciar según sistemas glaciar de la cordillera Huayhuash.	21
Cuadro 11. Distribución de la superficie glaciar por cuencas - cordillera Huayhuash.	21
Cuadro 12. Cantidad y superficie de glaciares según rangos de tamaño.	22
Cuadro 13. Cantidad y porcentaje de glaciares por vertiente y cuenca hidrográfica.	24
Cuadro 14. Cantidad de glaciares distribuidos por rangos de altitud mínima según vertiente.	24
Cuadro 15. Cantidad de glaciares distribuidos por rangos de altitud mínima según superficie.	25
Cuadro 16. Orientación de glaciares en la cordillera Huayhuash.	27
Cuadro 17. Cantidad de glaciares por rangos de pendiente según tamaño en la cordillera Huayhuash.	28
Cuadro 18. Clasificación primaria de los glaciares según su cantidad y superficie.	29
Cuadro 19. Clasificación primaria de los glaciares según cuenca hidrográfica.	29
Cuadro 20. Caracterización de los glaciares según los parámetros de clasificación GLIMS.	32
Cuadro 21. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria.	35
Cuadro 22. Índice de recesión por unidad de glaciar.	36
Cuadro 23. Cantidad de fragmentos de glaciar según rango de superficie.	37

## RELACIÓN DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1. Curva hipsométrica de superficie glaciar de la cordillera Huayhuash según cuenca hidrográfica. ....	20
Gráfico 2. Correlación entre altitud media y superficie glaciar de los sistemas de glaciar.....	21
Gráfico 3. Relación entre cantidad y superficie de glaciares distribuida en rangos de tamaño. ....	22
Gráfico 4. Cantidad total de glaciares según sistema glaciar de la cordillera Huayhuash. ....	23
Gráfico 5. Superficie total de glaciares según sistema glaciar de la cordillera Huayhuash. ....	23
Gráfico 6. Cantidad total de glaciares según cuenca hidrográfica y rangos de tamaño.	24
Gráfico 7. Porcentaje de glaciares distribuidos por rangos de altitud mínima según vertiente.....	25
Gráfico 8. Porcentaje de glaciares distribuidos por rangos de altitud mínima según superficie.....	26
Gráfico 9. Orientación de los glaciares según superficie.....	27
Gráfico 10. Orientación de los glaciares según tamaño. ....	27
Gráfico 11. Distribución de glaciares según rangos de pendiente en la cordillera Huayhuash .....	28
Gráfico 12. Clasificación primaria de los glaciares según cuenca hidrográfica.....	30
Gráfico 13. Fluctuación de la superficie glaciar en los años 1962, 2007 y 2015.....	33
Gráfico 14. Retroceso glaciar en los periodos 1962-2007 y 2007 - 2015 .....	33
Gráfico 15. Evolución del retroceso glaciar (altitudes mínimas) por inventarios 1962, 2007 y 2015.....	35
Gráfico 16. Tendencia de altitudes mínimas promedio en los inventarios 1962, 2007 y 2015. ....	36
Gráfico 17. Volumen y espesor media de hielo de los glaciares según microcuenca en el ámbito cordillera Huayhuash.....	38

## RELACIÓN DE DIAGRAMAS

Pág.

Diagrama 1. Metodología del inventario de glaciares..... 18

## PRÓLOGO

---

El presente documento, es la segunda actualización del inventario de glaciares de la cordillera Huayhuash, que alberga al segundo nevado más alto del país. Se evalúa el comportamiento de la cordillera en los últimos ocho años ubicados en la parte alta de las cuencas del Marañón y Pativilca. La disminución de la superficie glaciar está situando a las masas de hielo, cada vez, a zonas altas de montaña con pendientes empinadas, propensas a riesgos de avalanchas.

La cordillera Huayhuash está ubicada en los Andes del Norte del Perú, entre las regiones Áncash, Lima y Huánuco. El inventario de glaciares actualiza las características físicas y los cambios ocurridos respecto a 1962 (año base) y 2007. Los resultados de la cuantificación de la superficie glaciar permiten identificar las reservas de agua en estado sólido disponibles para diferentes usos en las cuencas emplazadas.

La información de la cobertura de masa glaciar fue obtenida en las imágenes de satélite, aplicando técnicas de percepción remota y cartografía automatizada mediante los Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, complementada con la corroboración y validación en campo. Para la identificación de los cuerpos de hielo, se clasificó, en forma supervisada, las bandas espectrales en la imagen Spot 7. Así mismo, cada uno de los glaciares identificados contiene las características morfométricas, codificación, ubicación política y geográfica, y están representadas en el mapa temático.

La Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), como oficina especializada en la evaluación del comportamiento y dinámica de los glaciares y lagunas, continúa con la actualización de inventario de los diferentes cuerpos de agua a nivel nacional, generando información de utilidad para los tomadores de decisiones a nivel del gobierno central, regional y local en la gestión de los recursos hídricos, además para investigadores y otros.



## RESUMEN

---

La Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, presenta la actualización de la segunda cordillera más alta del país distribuidas en las cuencas de Pativilca y Marañón, entre los límites de los departamentos de Ancash, Lima y Huánuco. El presente informe actualiza los inventarios de glaciares de 1962 y 2007 con la imagen satelital óptica Spot 7 del año 2015. En la imagen satelital, se realizaron la corrección geométrica y radiométrica; y luego, integrado al Sistema de Información Geográfica (SIG), se caracterizaron la morfometría de los glaciares considerando las pautas de clasificación y codificación nacional (método Pfafstetter) y la codificación mundial a través del proyecto *Global Land Ice Measurements from Space* (GLIMS), también se usaron cartas nacionales a escala 1:100 000.

Al año 2015, en la cordillera Huayhuash, se ha registrado un total 78 glaciares que cubren una superficie de 49,76 km<sup>2</sup>, concentrándose en los sistemas de montaña Yerupajá y Pariaucro, distribuidos con 60 glaciares (77%) en la cuenca Pativilca y 12 glaciares (23%) en la cuenca Marañón; el 83% del total de glaciares poseen tamaños (<1 km<sup>2</sup>) con altas fragmentaciones de la unidad glaciaria, con tendencia a desaparecer; 15 glaciares tienen orientación hacia el Sur y 73 glaciares son de tipo montaña. Con respecto a la variación de la superficie por retroceso del frente, se registra una pérdida en 35,51 km<sup>2</sup> (41,79%) con respecto al año 1962 y 5,81 km<sup>2</sup> (10,51%) al año 2007.

Según sus altitudes, los glaciares se distribuyen por encima de los 4 259 msnm, destacándose los principales glaciares como el **Yerupajá** y **Siula Este**, con altitudes elevadas (6 610 msnm).

## I. INTRODUCCIÓN

---



## ANTECEDENTES

La cordillera Huayhuash, presenta imponentes montañas con glaciares de gran belleza paisajística, siendo considerada como zona Reservada por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP desde el 2002. Pero, las variaciones climáticas de los últimos 40 años muestran el incremento de la temperatura en aproximadamente 0,5°C (Suárez, 2007), por tanto, las masas de los glaciares presentan fenómenos del retroceso glaciar, generando continuas modificaciones en la forma de la superficie.

La superficie glaciar de la cordillera Huayhuash se ha venido estimando a través de los inventarios de glaciares que caracterizan su dinámica en el año de la evaluación. Es así que, se cuenta con el Inventario Nacional de Glaciares del Perú elaborado y publicado por HIDRANDINA S.A. en 1989 y una primera actualización por la Autoridad Nacional de Agua en el 2014, considerando como superficie glaciar inventariada mayor o igual a 0,005 km<sup>2</sup>. El inventario realizado por HIDRANDINA se apoyó en el convenio de cooperación con el Secretariado Técnico para el Inventario Mundial de los Glaciares con sede en el Politécnico Federal de Zúrich-Suiza, que brindó metodologías y normas, se utilizó fotografías aéreas del año 1962 que permitió identificar 117 glaciares con una superficie de 84,97 km. Mientras, en la actualización del inventario de glaciares realizada por la ANA, se utilizó la metodología GLIMS y la codificación Pfasftetter obteniendo con el procesamiento de imágenes satelitales Spot 5 y ASTER, lo cual permitió identificar 81 unidades glaciares con 55,27 km<sup>2</sup> de superficie.

A la vez, en la década de 1970 se realizaron una serie de estudios en la cordillera Huayhuash a cargo de la Unidad de Glaciología y Seguridad de Lagunas – Electroperú para la evaluación de los procesos de retroceso glaciar y el origen a la formación de lagunas escalonadas en ambas vertientes. El estudio de Veliz, J. 1976, menciona que la alimentación de las lagunas proviene exclusivamente de las precipitaciones pluviales, además, no se observan numerosas lenguas glaciares y las pocas existentes no son muy predominantes. Mientras, la investigación de Hall et al, 2009, señala que la ausencia de morrenas en la cordillera Huayhuash definen la forma de los valles, no permitiendo la preservación de los glaciares debido a los continuos cambios geomorfológicos.

En el 2015, la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH) de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), continúa con la responsabilidad de actualizar el Inventario de glaciares de las cordilleras nevadas del Perú, debido a los cambios continuos que se viene experimentando en la geomorfología y superficie causados por efecto del cambio climático.

### 1.1. OBJETIVO

Actualizar el inventario de glaciares mediante la identificación, cuantificación y caracterización morfométricas de los glaciares expuestos y cubiertos, ubicados en las cuencas y subcuencas hidrográficas del ámbito geográfico de la cordillera Huayhuash.

## 1.2. ÁREA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio es la cordillera Huayhuash, ubicada en los departamentos de Áncash, Lima y Huánuco, entre las coordenadas 10° 12' - 10° 27' de latitud sur y 76° 52' - 77° 00' de longitud oeste, con una extensión aproximada de 26 km (Figura 1). La cordillera presenta numerosos picos que pasan los 6 000 msnm, como es el caso del nevado **Yerupajá** que tiene una altitud de 6 610 msnm, uno de los más altos de la cordillera Huayhuash y el **segundo pico más alto del Perú** después del Huascarán, además el punto más alto del sistema de drenaje de la cuenca del Amazonas. (Úbeda, 2010).

Una característica de esta cordillera es la localización de importantes ecosistemas de alta montaña (Bury, 2006) y la presencia de valles glaciares que conservan la típica forma en U y formados de material morrénico, mientras la continuación son valles fluviales profundos que drenan las aguas tanto a la vertiente oriental que va al Atlántico y occidental que va al Pacífico. Es decir, las aguas de fusión de los glaciares y del desagüe de las lagunas fluyen por la subcuenca Nupe y van al río Marañón; y por las subcuencas Achin y Rapay van hacia el río Pativilca.

Las condiciones climatológicas dentro de la región son bien conocidas, marcadas por dos estaciones durante el año, la estación seca de abril a octubre y la estación de lluvias de noviembre a marzo. La vegetación está compuesta por gramíneas (ichu) que cubren grandes extensiones de terreno, muy rara vez se ven árboles de queñuales (centro poblado Pacllón) y existen en poca escala arbustos y plantas medicinales en sus diferentes variedades. La geología general de las cuencas reconocidas está representada por unidades estratigráficas, que corresponden desde el cretáceo inferior hasta el cuaternario, representados por el Goyllarisquisga y depósitos recientes, respectivamente. La parte sur de la cordillera Huayhuash correspondiente a la cuenca Rapay (Auquimarca) y los nevados de Puscanturpa, está caracterizada por la presencia de varios glaciares y la acumulación de hielo en las partes altas del valle; mientras que el sector oriental, es decir por la parte noreste de Queropalca, se nota la ausencia completa de glaciares a pesar de que las lagunas formadas en esa zona son de origen glaciar (Zamora, 1976).



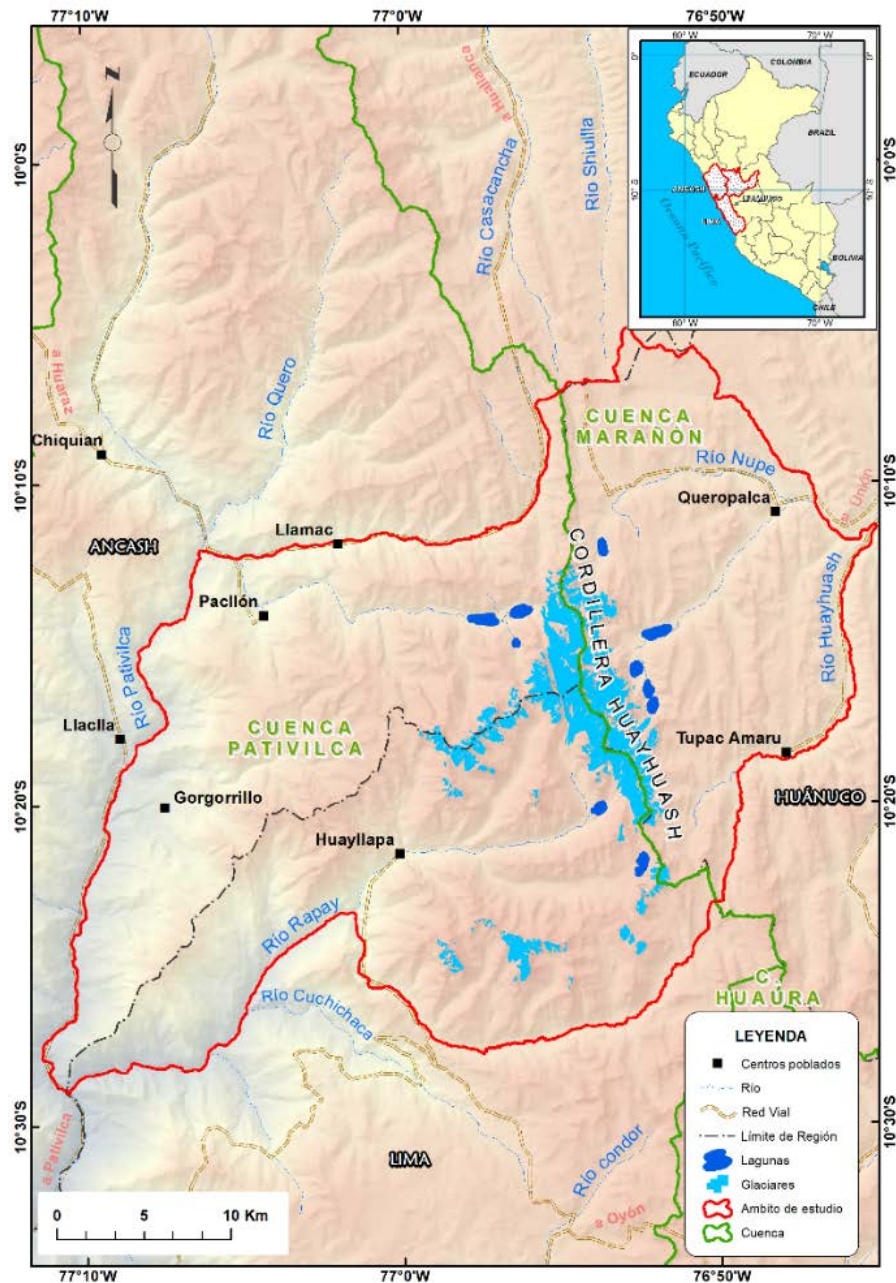


Figura 1. Ubicación geográfica del ámbito cordillera Huayhuash.  
Fuente: UGRH - DCPRH

En la cordillera Huayhuash, los numerosos picos glaciares según la separación de quebradas profundas y largos trechos, se dividen en dos sistemas glaciares independientes (Cuadro 1) (Figura 2). La topografía muy accidentada e irregular presenta picos de altitudes con más de 6 000 msnm, entre ellos se encuentran los nevados Yerupajá (6 610), Siula Este (6 610), Sarapo (6 400), Rurugallay (6 064), entre otros, cuyas paredes tienen inclinaciones de 40° a 75° promedio.



Cuadro 1. Ubicación geográfica de los sistemas glaciares de la cordillera Huayhuash.

Nombre	Latitud		Longitud	
<b>Yerupajá</b>	10° 12' 36" S	10° 24' 36" S	76° 59' 24" O	76° 50' 60" O
<b>Pariaucro</b>	10° 23' 24" S	10° 25' 48" S	76° 58' 48" O	76° 54' 36" O

Fuente: UGRH – DCPRH

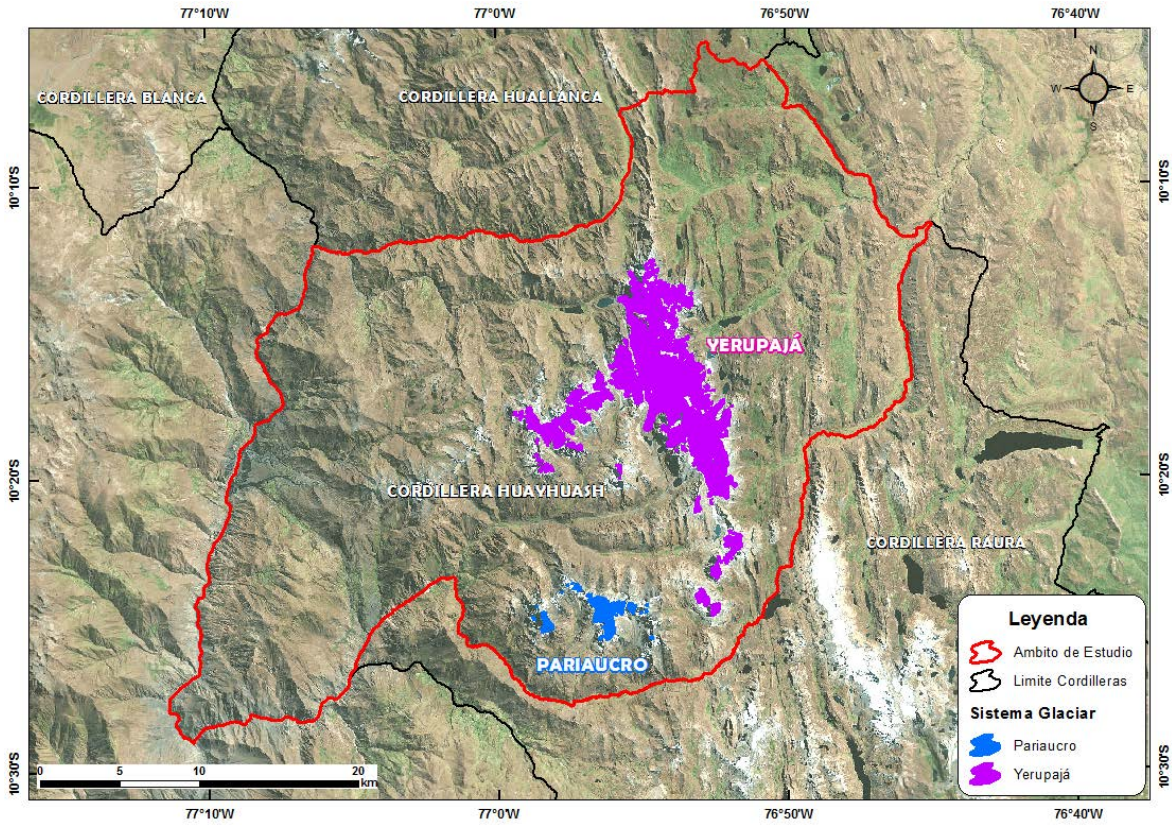


Figura 2. Sistemas glaciares de la cordillera Huayhuash.

Fuente: UGRH - DCPRH

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

---





## 2.1. MATERIALES

### 2.1.1. Imágenes satelitales

#### 2.1.1.1. Imagen satelital para determinar la superficie del glaciar

Se empleó una imagen satelital óptica Spot 7 con identificador único (ID) DS\_SPOT7\_201508061502212\_FR1\_FR1\_SE1\_SE1\_W077S10\_02439 (Cuadro 2), cuya escena consta de cuatro segmentos de imagen contiguos (Figura 3), la resolución espacial es de seis m en multispectral y 1,5 m en pancromática, la misma que ha sido proporcionada por la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (CONIDA), encargada de la administración y distribución de las imágenes (Spot 7, Pleiades y TerraSAR), mediante el convenio entre PERÚ – FRANCIA por la compra del Satélite “ASTROBUS-S”. Las imágenes satélite del año 2015 de la zona de estudio han sido tomadas con un porcentaje (%) mínimo de nubosidad en época seca.

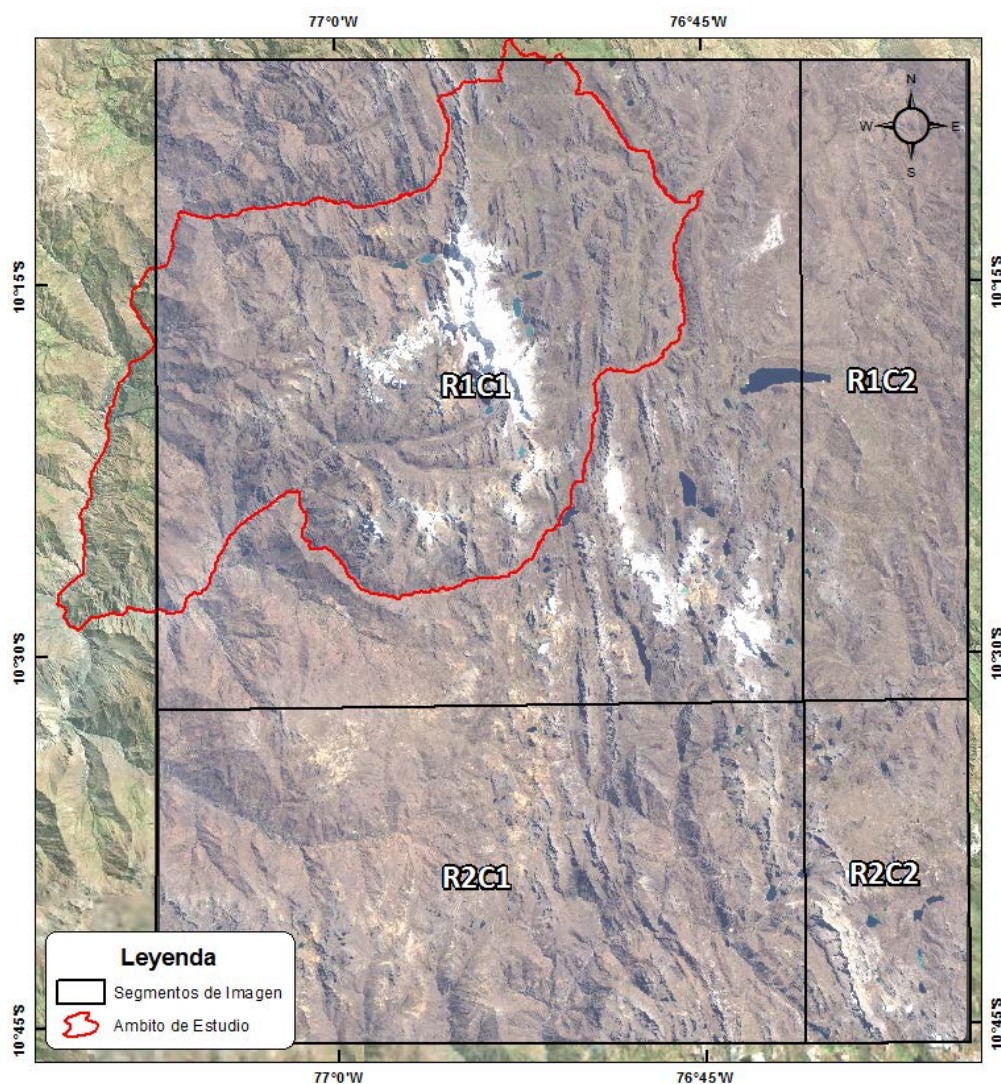


Figura 3. Segmentos de la Imagen Spot 7 utilizada en el inventario de glaciares.

Fuente: UGRH - DCPRH

Cuadro 2. Ficha técnica de imagen satelital Spot 7 utilizada en el inventario de glaciares.

FICHA TÉCNICA SPOT 7	
Identificador (ID)	DS_SPOT7_201508061502212_FR1_FR1_SE1_SE1_W077S10_02439
Descripción	SPOT imagery
Fecha	6 ago. 2015 15:02:33
Ángulo de incidencia	8,184261064167474°
Archivo	SPOT archives
Azimut solar	49,53579938764953°
Cobertura nublosa	0%
Cobertura nubosa	100%
Constelación	SPOT 6/7
Elevación del sol	47,30604113444763°
Estación de archivo	SE1
Número de escena	DS_SPOT7_201508061502212_FR1_FR1_SE1_SE1_W077S10_02439
Producto	SPOT 1,5-m
Resolución	Multiespectral 6m / Pancromática 1,5m
Satélite	SPOT7
Ángulo de incidencia longitudinal	6,248894309814168°
Ángulo de incidencia transversal	-5,470983216117193°
Ángulo de orientación	179,84225277516006°
Ángulo de visión combinado	-6,5223055°
Ángulo de visión longitudinal	3,567579°
Ángulo de visión transversal	7,4195657°
URL de la escena	<a href="https://www.intelligence-airbusds.com/satellite-image/?id=DS_SPOT7_201508061502009_FR1_FR1_SE1_SE1_W077S10_02439">https://www.intelligence-airbusds.com/satellite-image/?id=DS_SPOT7_201508061502009_FR1_FR1_SE1_SE1_W077S10_02439</a>
Detalle del Producto	<a href="http://www.intelligence-airbusds.com/en/147-spot-6-7-satellite-imagery">http://www.intelligence-airbusds.com/en/147-spot-6-7-satellite-imagery</a>

Fuente: <http://www.intelligence-airbusds.com/es/>

### 2.1.1.2. Imágenes de satélite utilizadas en el análisis multitemporal

La imagen obtenida del satélite Spot 7 pese a corresponder a la época seca, presenta sectores que sobreestiman la cobertura de glaciares a consecuencia de las nevizas; en este caso se empleó el análisis multitemporal con las imágenes del satélite Landsat 8, con la finalidad de discriminar los eventos temporales de nevada en los sectores afectados. El análisis se realizó entre la imagen del satélite Spot 7 con las dos imágenes satélite Landsat 8 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Imágenes de satélite utilizadas en el análisis multitemporal.

Identificador (ID)	Satélite	Resolución espacial (m)		Fecha	Código Imagen UGRH
		Multiespectral	Pancromática		
DS_SPOT7_201508061502212	Spot 7	6	1,5	2015-08-06	S7-060815
LC80080672014193LGN00	Landsat 8	30	15	2014-07-14	LC8-140714
LC80080672015244LGN00	Landsat 8	30	15	2015-09-01	LC8-010915

Fuente: <http://earthexplorer.usgs.gov/> & <http://www.intelligence-airbusds.com/es/>

### 2.1.2. Cartografía base

Para la actualización del inventario de glaciares de la cordillera Huayhuash, se utilizó la cartografía nacional oficial del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1/100 000, cuyos cuadrantes utilizados son 21-i y 21-j (Figura 4); la misma que sirvió para realizar los procesos de corrección geométrica de las imágenes de satélite y caracterización morfométricas de los glaciares. La cartografía se descargó en formato vectorial (curvas de nivel, red hídrica, lagunas y cotas de altitud) del portal electrónico del Ministerio de Educación, por convenio de interoperabilidad cartográfica y literal entre instituciones del Perú.

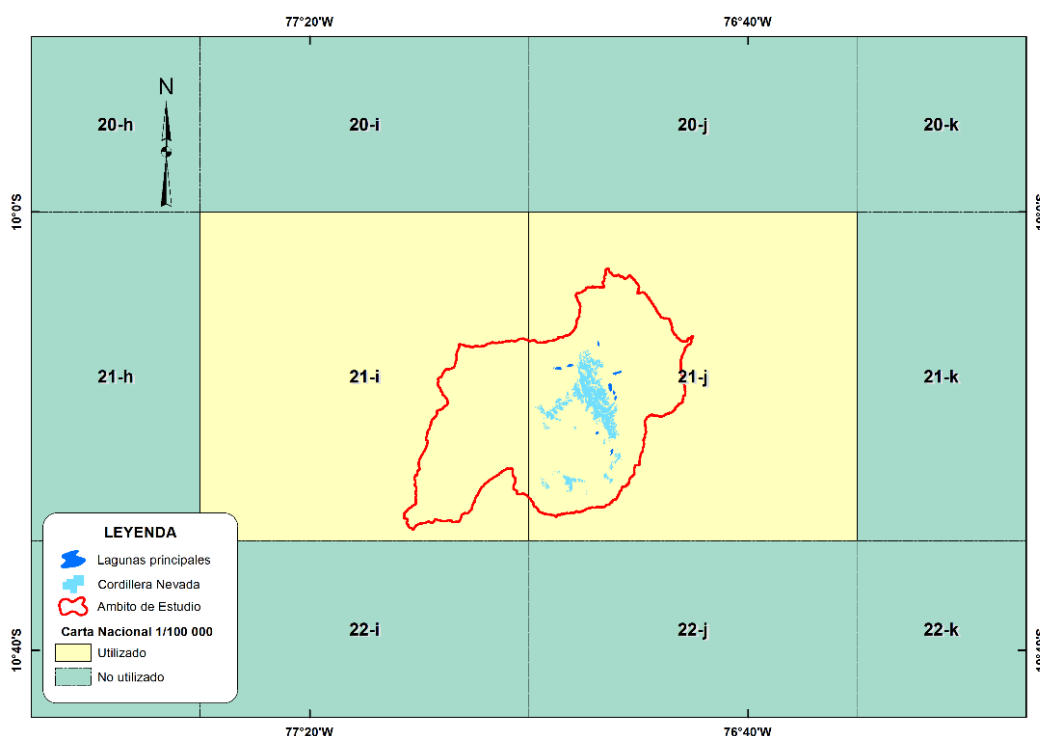


Figura 4. Cartas nacionales utilizadas en el inventario de glaciares

Fuente: <http://escale.minedu.gob.pe/descargas/mapa.aspx>

### 2.1.3. Softwares utilizados

Para el manejo y procesamiento de la información vectorial y raster se utilizaron dos softwares especializados en Sistema de Información Geográfica (SIG) y Teledetección (Cuadro 4), ambos integrados a una base de datos que permiten generar información temática para la realización del presente inventario.

Cuadro 4. Softwares utilizados en el presente Inventario

Software	Tipo	Versión
ArcGIS	Sistema de Información Geográfica (SIG) / Información vectorial	x
ENVI + IDL	Teledetección / Información raster	x

Fuente: UGRH - DCPRH



## 2.2. MÉTODOS

### 2.2.1. Definición del ámbito de estudio

La cordillera Huayhuash ubicada en los Andes del Norte del Perú, se ha definido en base a las cuencas hidrográficas de Pativilca y Marañón, cuya extensión está contenida en dos cartas nacionales del IGN a escala 1: 100 00. (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cartas topográficas del IGN.

N° de hoja	Escala
21-I	1/100 000
21-J	1/100 000

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

### 2.2.2. Generación del Modelo de Elevación Digital

En la obtención del Modelo de Elevación Digital (DEM), se utilizó las curvas de nivel (cada 50 m) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1/100 000 en formato shapefile. La cordillera Huayhuash se ubica en el sistema de proyección cartográfico UTM zona 18 Sur. La cartografía descargada requirió de edición de los vectores de tipo puntos, líneas y polígonos, en lo que corresponde a datos altitudinales. Además, utilizando la herramienta “*Spatial analyst tools*” en el software ArcGIS, se obtuvo la delimitación de cuencas (*Strahler*) y orientación de pendientes.

### 2.2.3. Delimitación y codificación de cuencas hidrográficas según Pfafstetter

La delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas es implementado y difundido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), con la finalidad de delimitar y codificar las cuencas hidrográficas del Perú, de acuerdo a los criterios de clasificación y codificación de los estándares internacionales (INRENA, 2007). En tal sentido, la UGRH, delimitó y codificó las cuencas hidrográficas de Pativilca y Marañón (ámbito de influencia de glaciares) a un nivel 6 y/o 7 según el detalle de la topografía, insumo importante para la codificación nacional de los glaciares, distribuidos en la cordillera Huayhuash.

### Calibraciones geométricas y radiométricas

Se realizaron dos tipos de calibraciones y/o correcciones de las imágenes satelitales, esto sirvió para corregir las distorsiones y desplazamientos del relieve terrestre, propias de la toma de la imagen de satélite.

#### 2.2.3.1. Corrección geométrica

Consiste en corregir los desplazamientos y distorsiones geométricas presentes en una imagen, causados por la inclinación del sensor; para la imagen Spot 7 se utilizó el método polinomial (Chuvienco, 2000) tomando como referencia las curvas de nivel de la cartografía nacional del IGN, a escala 1/100 000, donde se distribuyen los puntos de control terrestre en coordenadas (x, y), considerando puntos de referencia en zonas

fácilmente identificables y que no sean sujetas a dinamismo temporal, sin considerar las coberturas glaciares por su variabilidad (McFadden, 2011). Así mismo, se usó el Modelo Digital de Elevación (DEM) como respaldo para determinar la ubicación de los puntos de control, tomando como error medio cuadrático (RMS) menor a 2 píxeles en las imágenes satelitales. La imagen del satélite Spot 7 se ubica en la zona 18 Sur en una proyección cartográfica de Universal Transverse Mercator (UTM), con Datum WGS 84.

#### **2.2.3.2. Corrección radiométrica**

La corrección radiométrica, consiste en convertir los niveles digitales (ND) a valores de reflectancia y para esto se empleó el modelo simplificado propuesto por Chávez (Milder, 2008); esta corrección se aplicó a cada banda de las imágenes satelitales, según las coberturas de estudio.

#### **2.2.4. Clasificación de superficie de glaciares**

En la imagen satelital Spot 7 se clasificó las coberturas glaciares a través de la identificación de diferentes firmas espectrales de glaciar, utilizando el algoritmo de mínima distancia que corresponde al método de clasificación supervisada, debido a que no dispone la banda SWIR para aplicar el Índice de Diferencia Normalizada de Nieve (NDSI). Para mejorar la identificación de la cobertura glaciar, se empleó capas auxiliares (sombras), procedimientos de realce espectral y combinaciones de bandas en los canales visibles (Rojo-Verde-Azul). Si bien la resolución espacial de las imágenes permite discriminar áreas homogéneas a partir de 1 000 m<sup>2</sup>, es necesario discriminar la neviza de los frentes y zonas adyacentes de los glaciares, para lo cual, se determinó que el área mínima cartografiable sea  $\geq 0,005$  km<sup>2</sup>, debido a las características regionales del glaciar en el ámbito de la cordillera Huayhuash.

Por otro lado, en la individualización de los glaciares se utilizaron los límites de cuencas hidrográficas (*Strahler*), la cobertura glaciar del inventario base de Hidrandina del año 1962, herramientas de geoprocésamiento espacial (*Intersect y clip*) en software ArcGIS e imágenes de mayor resolución del Google Earth y SAS Planet, con la finalidad de identificar los glaciares según su flujo de aporte hídrico. La naturaleza permanente o temporal de los glaciares, se corroboró con el análisis multitemporal que consiste en la interpretación visual de las imágenes satelitales *Landsat 8* de años anteriores (Cuadro 3), para mejorar el límite de las unidades glaciares y discriminar la nieve temporal.

#### **2.2.5. Características físicas de glaciares**

Las características físicas de cada glaciar se clasificaron en dos tipos de parámetros que describimos a continuación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Parámetros de evaluación glaciares de acuerdo al Manual GLIMS.

Tipo	Variables
Estática	Nombre
	Ubicación política: departamento, provincia, distrito
	Nombre de la cuenca, subcuenca, microcuenca
	Código de cuenca según Pfafstetter
	Pendiente predominante
	Orientación predominante
Dinámica	Superficie en km <sup>2</sup>
	Largo máximo
	Ancho máximo
	Altitud mínima/máxima/mediana
	Número de fragmentos en que se divide un glaciar según inventario anterior
	Suma total en km <sup>2</sup> de los fragmentos de un glaciar según inventario actual
	Clasificación primaria
	Forma
	Características frontales
	Características longitudinales
	Fuente principal de alimentación
	Actividad de la lengua
	Lenguas cubiertas de desechos

Fuente: UGRH – DCPRH y Manual GLIMS.

Para la caracterización de los glaciares es necesario realizar varios procesos, los cuales se describen brevemente a continuación:

### 2.2.5.1. El código nacional

Es un único código asignado a cada glaciar a nivel de las cordilleras, compuesto por la concatenación del código de la cuenca hidrográfica según el método Pfafstetter (nivel 6 y/o 7) y el dígito numérico en base a la red hídrica.

Cuadro 7. Codificación nacional de glaciares.

1	3	6	4	2	5	2	-	11
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7		NÚMERO DE GLACIAR

Fuente: Metodología Pfafstetter

### 2.2.5.2. El código internacional

El código internacional reconocido a nivel mundial, está compuesto por la latitud y longitud, el cual representa la ubicación geográfica del glaciar (Raup et al., 2007) según la codificación descrita en el manual GLIMS. Así mismo, cuando las longitudes están al Oeste son convertidos al Este mediante la adición de 360 grados ( $-77,748 + 360 = 282,252$ ).

Cuadro 8. Codificación internacional de glaciares.

G	432862E	15399S
CONSTANTE	LONGITUD	LATITUD

Fuente: Metodología GLIMS

### 2.2.5.3. Altitud, orientación y pendiente mínimas y máximas

La determinación de pendiente, altitud y orientación (mínima y máxima) de cada unidad glaciar, se obtuvo mediante el procesamiento digital del Modelo de Elevación Digital (DEM) con resolución de 30 m (Figura 5).

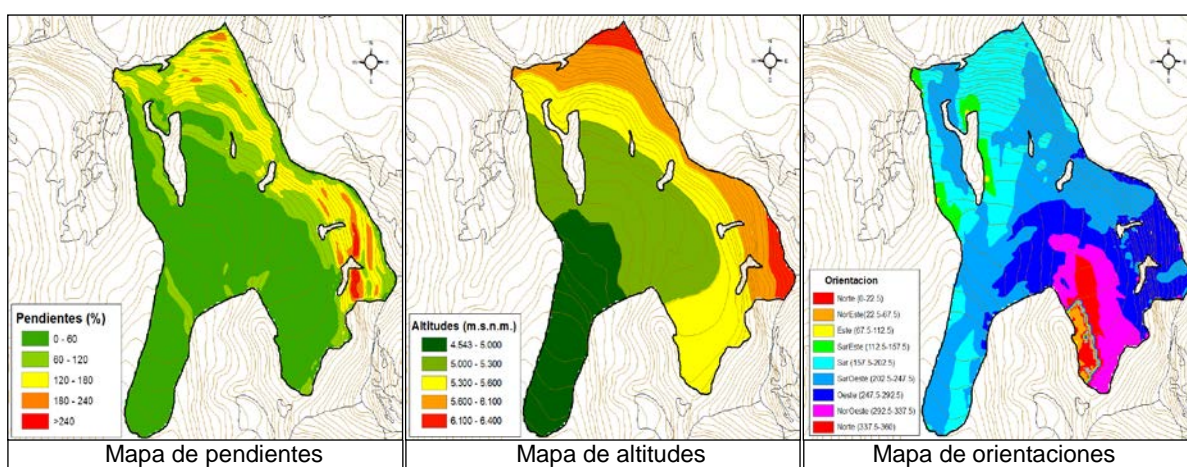


Figura 5. Mapas de pendientes, altitudes y orientaciones de una unidad glaciar.

Fuente: UGRH – DCPRH

### 2.2.5.4. Medidas morfométricas

Las dimensiones morfométricas de la superficie de glaciar están definidas por el largo máximo y ancho máximo. El largo máximo sigue la dirección del flujo glaciar que inicia desde la cota más alta hacia la cota más baja del límite glaciar y el ancho máximo representa la perpendicular del largo máximo en la intersección de ambos, siguiendo paralelamente a la curva de nivel hasta un valor máximo representativo. En los glaciares fragmentados, el análisis es por separado y se dimensiona a la de mayor superficie. (Figura 6)

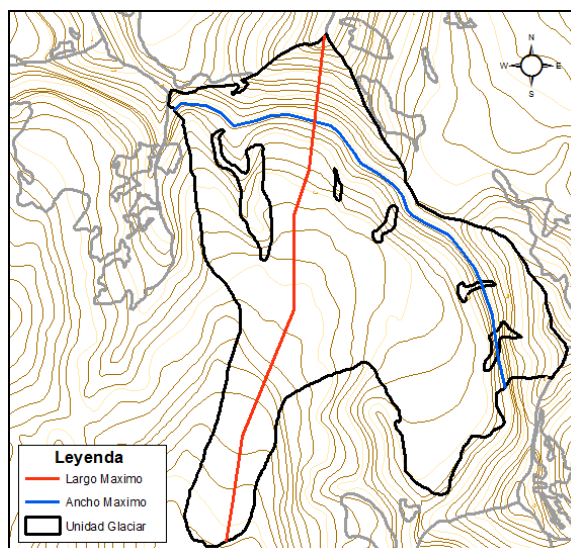


Figura 6. Largo y ancho de un glaciar.  
Fuente: UGRH - DCPRH

#### 2.2.5.5. Cálculo de centroide

El centroide de la superficie glaciar se obtiene mediante la herramienta automatizada “*Feature to Point (Inside)*” en el software ArcGIS, este proceso genera un punto representativo contenido en el polígono de cada unidad glaciar. (Figura 7).

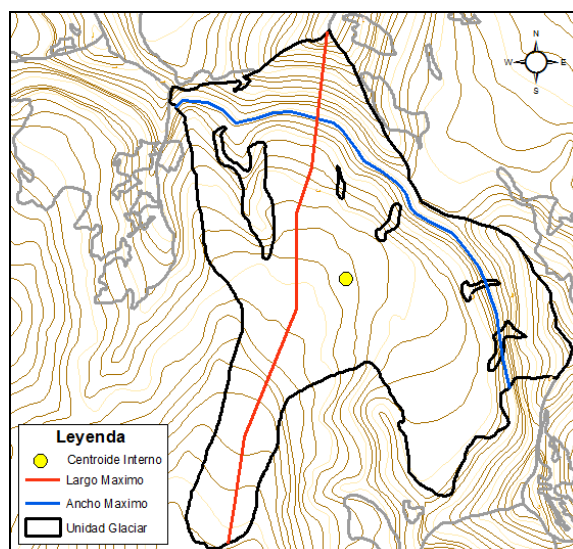


Figura 7. Centroide de un glaciar.  
Fuente: UGRH – DCPRH

#### 2.2.5.6. Determinación de la fragmentación

La determinación de la fragmentación de la cobertura glaciar actual, se identificó mediante el análisis visual de las imágenes de satélite, con respecto a las coberturas del inventario de los glaciares del año 1962 y 2007. La comparación de la fragmentación de los diferentes periodos de evaluación sirve para monitorear la dinámica glaciar. (Figura 8)



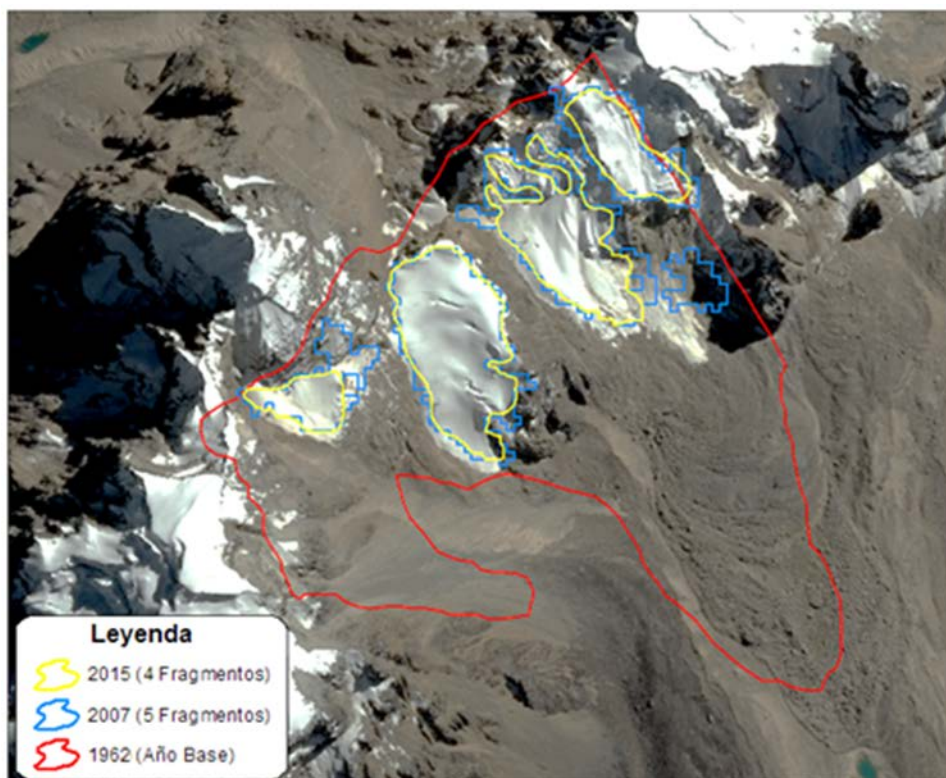


Figura 8. Fragmentación de un glaciar.  
Fuente: UGRH - DCPRH

### 2.2.5.7. Clasificación de glaciares mediante la metodología GLIMS

En la cordillera Huayhuash, según el manual de clasificación estandarizada de GLIMS, se ha identificado las unidades de glaciares morfológicamente distintas, y las que se determinaron corresponde a tres tipos de clasificación primaria (Figura 9). También, se clasificaron a los glaciares según su forma, perfil longitudinal, fuente de alimentación y otros, que se le atribuyen a cada glaciar para asignar una codificación.

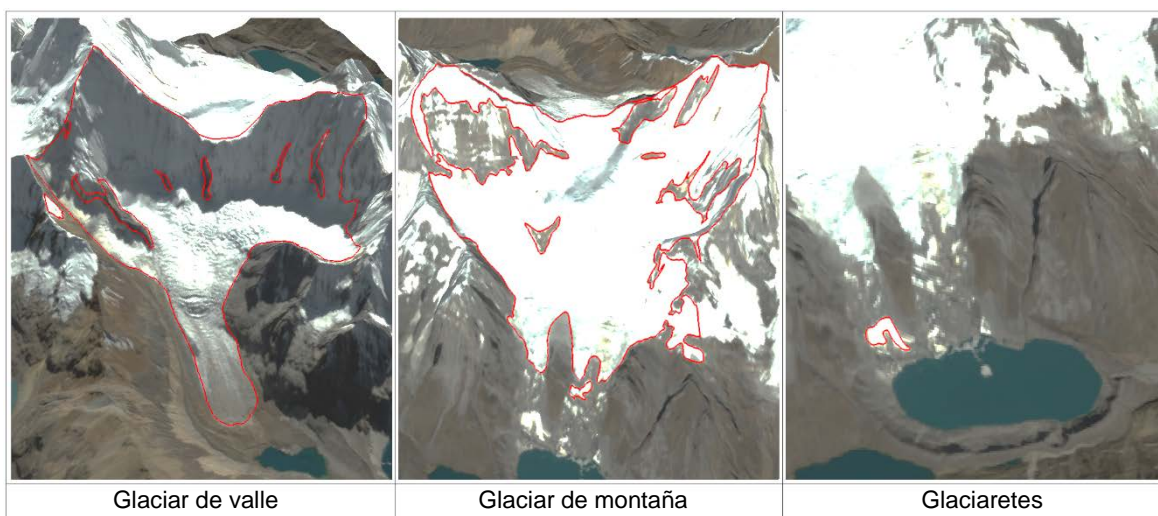


Figura 9. Clasificación primaria de glaciares según GLIMS.  
Fuente: UGRH - DCPRH

## 2.2.6. Estimación de volumen del glaciar

El volumen del glaciar se ha estimado con el modelo Glab Top (Linsbauer et al., 2009 y Paul and Linsbauer, 2012), que requiere los parámetros establecidos por Haeberli and Hoelzle, 1995; el cálculo del esfuerzo cortante basal a lo largo de la línea de flujo central del glaciar permite estimar el espesor promedio del hielo, en relación a la pendiente del terreno (Frey et al., 2014). Así mismo, se ha adecuado los campos de atributos de capas vectoriales para el ingreso y automatización de datos en el modelo.

$$V = A * h \dots\dots\dots(1)$$

$$h = \frac{\tau}{f \rho g \sin \alpha} \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

V = Volumen del glaciar

A= Área del glaciar

h= Espesor del glaciar

$\tau$  = Esfuerzo cortante basal a lo largo del flujo central

$\Delta H$  = Rango de elevaciones del glaciar

Si  $\Delta H > 1\ 600$  m.  $\tau = 1,5$  bar

$\Delta H < 1\ 600$  m.  $\tau = 0,005 + 1,598 * \Delta H - 0,435 * \Delta H^2$

f = Factor de forma (0,8);  $\rho$  = densidad del hielo (900 kg/m<sup>3</sup>); g = gravedad de aceleración (9,81 m/s<sup>2</sup>) y  $\alpha$  = pendiente media de la superficie glaciar.

## 2.2.7. Elaboración de mapas

Los mapas del inventario de glaciares se han elaborado a partir de la información vectorial (red hidrográfica, curvas de nivel, señales, límite de cuencas según Pfafstetter, capa de nombres políticos, cobertura de lagunas y cobertura de glaciares inventariados) y raster (DEM y mapa de sombras). El etiquetado de la información vectorial se convirtió en anotaciones para evitar la superposición, saturación de los nombres y valores numéricos. La escala de salida se ha definido 1/75 000, debido a la utilización de la cartografía del IGN a escala 1/100 000. En la calibración geométrica de las imágenes de satélite el error de ajuste (RMS) es menor a 2 píxeles. Por otro lado, ponemos en evidencia restricciones técnicas del inventario para que los usuarios las tengan en consideración:

- En el proceso de ortorectificación se utilizaron puntos de control extraídos de la cartografía nacional, debido a la gran extensión del ámbito de estudio y la inaccesibilidad topográfica de gran parte de la cordillera. De igual manera se eligió un procedimiento indirecto empleando la cartografía Nacional a escala 1/ 100 000.
- Las correcciones atmosféricas y topográficas fueron evaluadas, más no aplicadas.
  - a) La reducción del sombreado topográfico para eliminar la confusión de los píxeles entre zonas oscuras y cuerpos negros fue realizada aplicando máscaras con el apoyo del modelo digital de elevación.
  - b) Para aplicar los índices espectrales se determinó únicamente valores de reflectividad aparente. Por lo tanto no se aplicó la corrección atmosférica

porque no se cuenta con datos atmosféricos para aplicar modelos complejos para la imagen satelital Spot 7.

- La superficie glaciar es una estimación de “área en su proyección horizontal”. La medida de áreas reales implicaría la aproximación que incluye el efecto de la pendiente, y la consideración de la resolución espacial del DEM, lo cual puede llevar a una sobreestimación de superficies donde las laderas presentan cambios de pendiente en longitudes bastante cortas.
- La altitud utilizada en el presente inventario es de ASTER GDEM (2011) por presentar relieve más reciente de las zonas de glaciares que el DEM del IGN y nos sirve en la estimación de pendientes de la superficie glaciar.
- La codificación de la unidad glaciar toma como referencia el inventario de 1962; mientras que en el inventario del 2007 se registran glaciares fragmentados (divididos) registrados como una unidad glaciar, generando el incremento de la cantidad de glaciares. En inventario 2015, actualiza la unidad glaciar del 2007 con sus respectivas codificaciones y son mostrados en la tabla sistémica el código anterior y actual.
- El manual de clasificación del programa GLIMS, define parámetros de evaluación para todos los glaciares del mundo; en el caso del Perú los dígitos fueron adecuados por las particularidades de los glaciares tropicales.

A continuación se presenta en el Diagrama 1, donde se muestra el proceso de elaboración del inventario de glaciares:

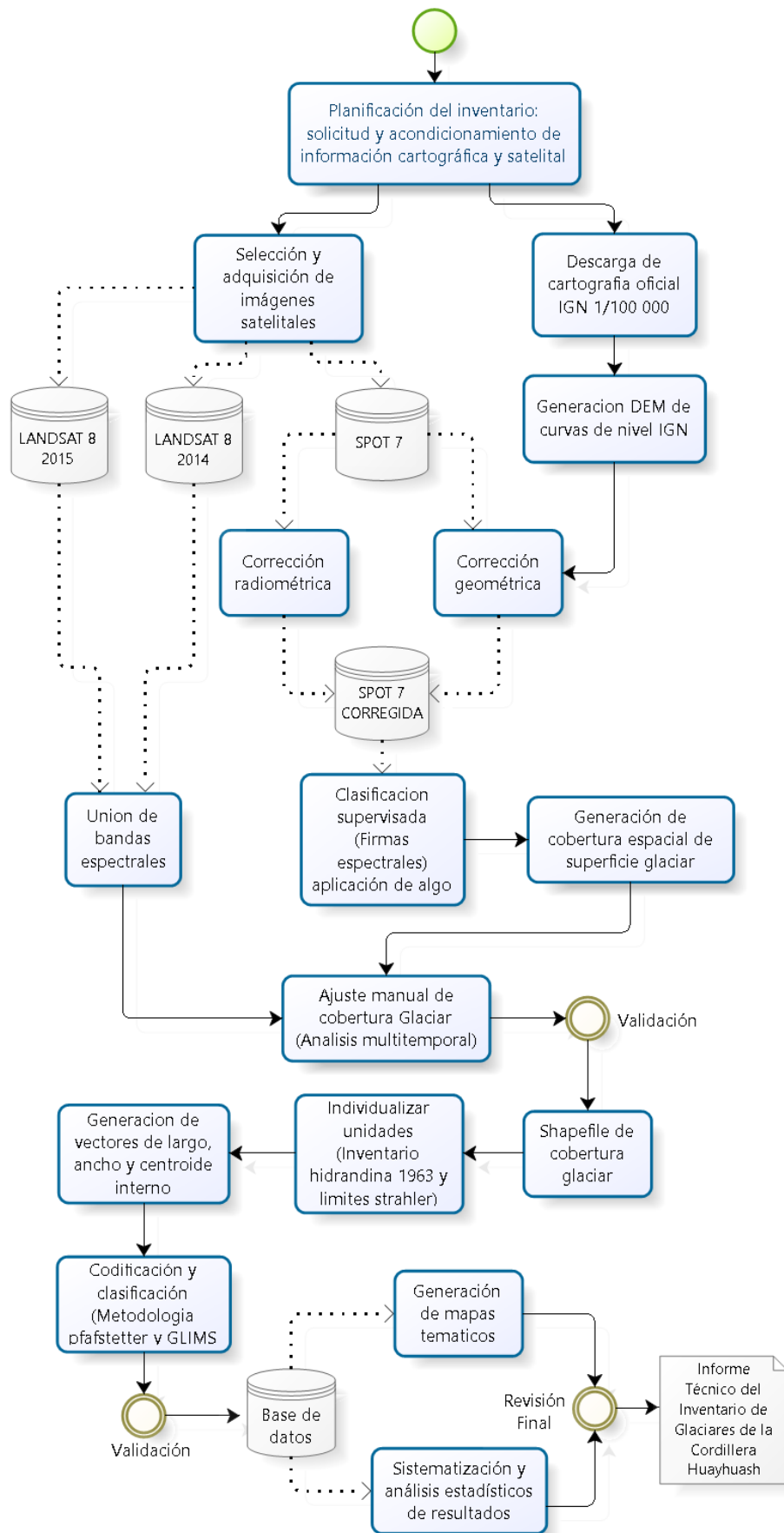


Diagrama 1. Metodología del inventario de glaciares.

Fuente: UGRH - DCPRH



### III. RESULTADOS

---





### 3.1. Resultados del inventario

#### 3.1.1. Superficie glaciar

En la cordillera Huayhuash se ha estimado una superficie glaciar de 49,76 km<sup>2</sup> en base a la imagen satelital Spot 7 del año 2015. La cuenca Pativilca presenta la mayor extensión glaciar con 32,86 km<sup>2</sup> (66,04%) y la cuenca del Marañón con 16,90 km<sup>2</sup> (33,96%). Además, los glaciares con mayor superficie se ubican entre las altitudes de 5 000 a 5 400 msnm (Gráfico 1).

Cuadro 9. Superficie glaciar según vertiente y cuenca hidrográfica en la cordillera.

Vertiente	Cuenca	km <sup>2</sup>	%
<b>Pacífico</b>	Pativilca	32,86	66,04
<b>Atlántico</b>	Marañón	16,90	33,96
Total		49,76	100,0

Fuente: UGRH - DCPRH

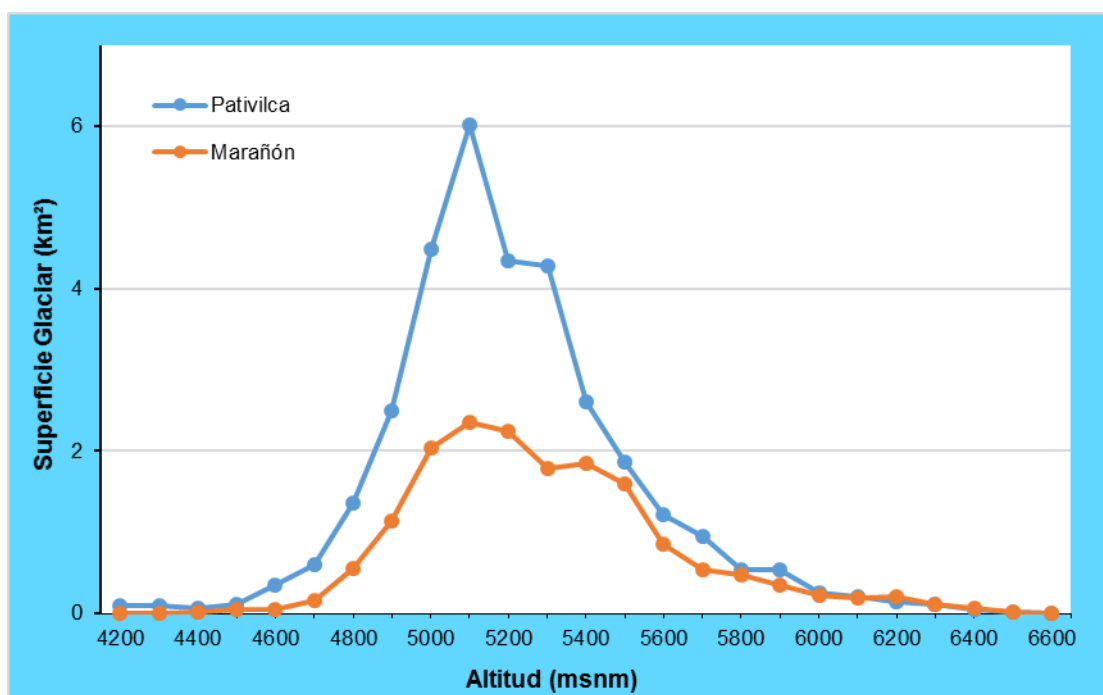


Gráfico 1. Curva hipsométrica de superficie glaciar de la cordillera Huayhuash según cuenca hidrográfica.

Fuente: UGRH - DCPRH

Los glaciares de la cordillera Huayhuash se han distribuido en dos sistemas glaciares Yerupajá y Pariaucro, siendo el sistema Yerupajá el que presenta la mayor extensión y cantidad de unidades de glaciar; sin embargo, el sistema Pariaucro de menor superficie se ubica a mayor altitud promedio (Cuadro 10). Así mismo, el sistema Yerupajá está conformado por los nevados Yerupajá, Puscanturpo, Siula, Rasac, Auxilio y Diablo Mudo, y el sistema Pariaucro con los nevados Jirishanca Chico y Huacshash.

Cuadro 10. Superficie glaciar según sistemas glaciar de la cordillera Huayhuash.

Sistema glaciar	Altitud Media (msnm)	N° de Unidades	Superficie	
			Km <sup>2</sup>	%
Yerupajá	5 264	61	46,48	93,41
Pariaucro	5 313	17	3,28	6,59
<b>Total</b>		<b>78</b>	<b>49,76</b>	<b>100</b>

Fuente: UGRH - DCPRH

La relación entre superficie y altitud promedio, indica la existencia de una baja correlación lineal de  $R^2=0,11$ , debido que no existe una simetría topográfica por la concentración de unidades de glaciar ubicadas entre las altitudes de 5 200 al 5 400 msnm con superficies menores a 1 km<sup>2</sup>. (Gráfico 2).

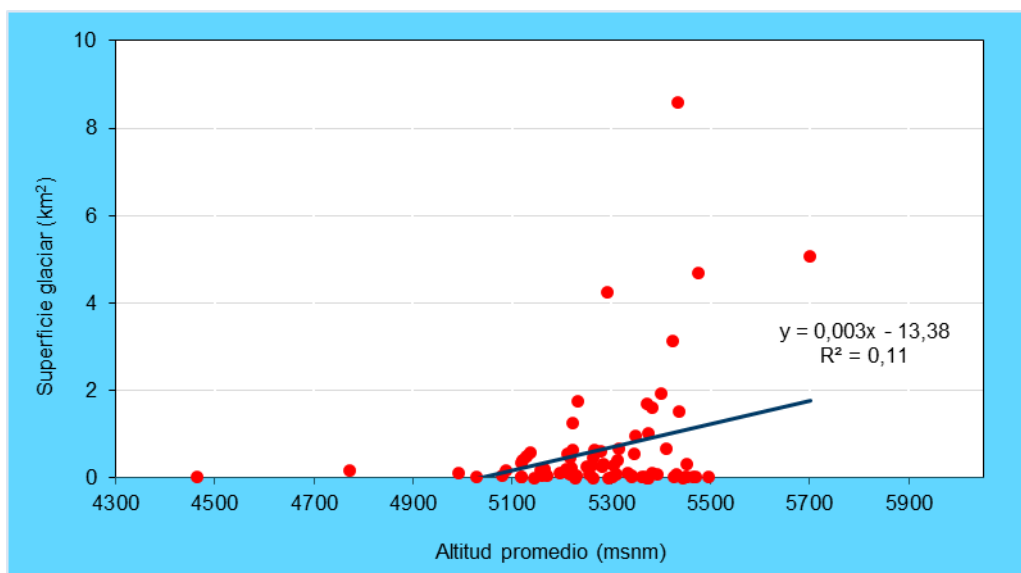


Gráfico 2. Correlación entre altitud media y superficie glaciar de los sistemas de glaciar.

Fuente: UGRH - DCPRH

En el ámbito de la cordillera Huayhuash, la cuenca Pativilca está conformada por las subcuencas Achín y Rapay, y la cuenca Marañón solo presenta la subcuenca Nupe. De otro lado, la mayor superficie glaciar corresponde a la subcuenca Rapay, sin embargo, la subcuenca Achín de menor extensión glaciar en relación a superficie de la subcuenca, tiene un mayor porcentaje en el comportamiento hidrológico. (Cuadro 11).

Cuadro 11. Distribución de la superficie glaciar por cuencas - cordillera Huayhuash.

Cuenca	Subcuenca	Superficie subcuenca (km <sup>2</sup> )	Superficie glaciar (km <sup>2</sup> )	Superficie glaciar vs. Superficie de la subcuenca (%)
<b>Pativilca</b>	Achín	281,98	11,74	4,16
	Rapay	732,43	21,12	2,88
<b>Marañón</b>	Nupe	804,50	16,90	2,10

Fuente: UGRH - DCPRH

### 3.1.2. Características generales de los glaciares

#### 3.1.2.1. Cantidad y tamaño

Los glaciares de la cordillera Huayhuash varían en superficie, desde los 0,005 a 8,60 km<sup>2</sup>, el promedio general es de 0,64 km<sup>2</sup>, con una desviación estándar de 1,34 km<sup>2</sup>.

Según rangos de superficie establecidos, las unidades de glaciar menores a 1 km<sup>2</sup>, conocidos también como “glaciares pequeños”, son los que predominan en cantidad (84,62%). Así mismo, los glaciares que se ubican en el rango de 1 a 5 km<sup>2</sup> tienen mayor representatividad en superficie (45,94%). (Cuadro 12 y Gráfico 3).

Cuadro 12. Cantidad y superficie de glaciares, según rangos de tamaño.

Rangos de Áreas (km <sup>2</sup> )	Cantidad		Superficie	
	Nº Glaciares	%	km <sup>2</sup>	%
< 1	66	84,62	13,23	26,59
1-5	10	12,82	22,86	45,94
> 5	2	2,56	13,67	27,47
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>100,00</b>	<b>49,76</b>	<b>100,00</b>

Fuente: UGRH - DCPRH

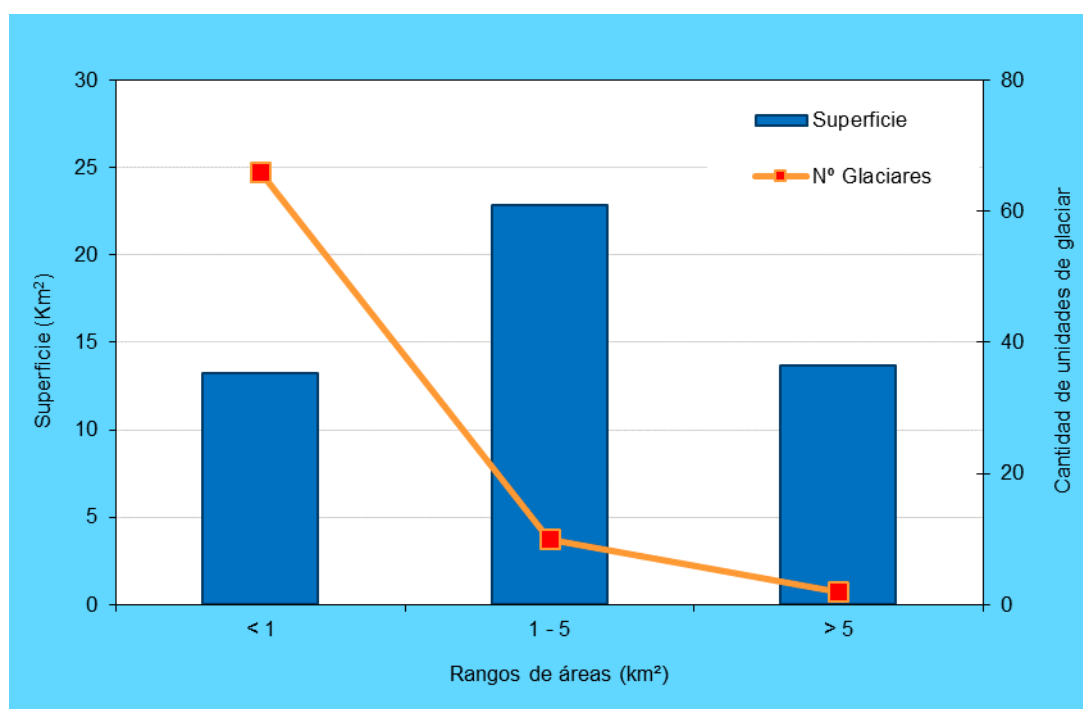


Gráfico 3. Relación entre cantidad y superficie de glaciares distribuida en rangos de tamaño.

Fuente: UGRH - DCPRH

Dentro de la cordillera Huayhuash se identificaron unidades de glaciar  $\leq 1$  km<sup>2</sup>, que predominan en cantidad en ambos sistemas glaciares, y en función a la superficie prevalecen las unidades  $> 1$  km<sup>2</sup> en el sistema de Yerupajá. (Gráfico 4 y Gráfico 5).

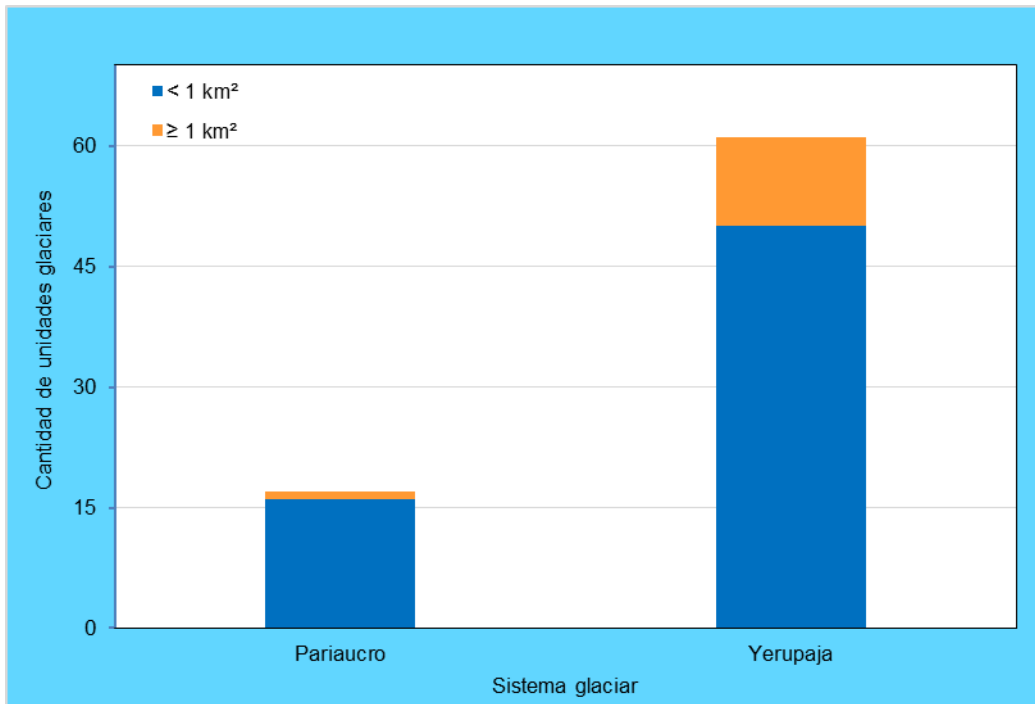


Gráfico 4. Cantidad total de glaciares según sistema glaciar de la cordillera Huayhuash.  
Fuente: UGRH - DCPRH

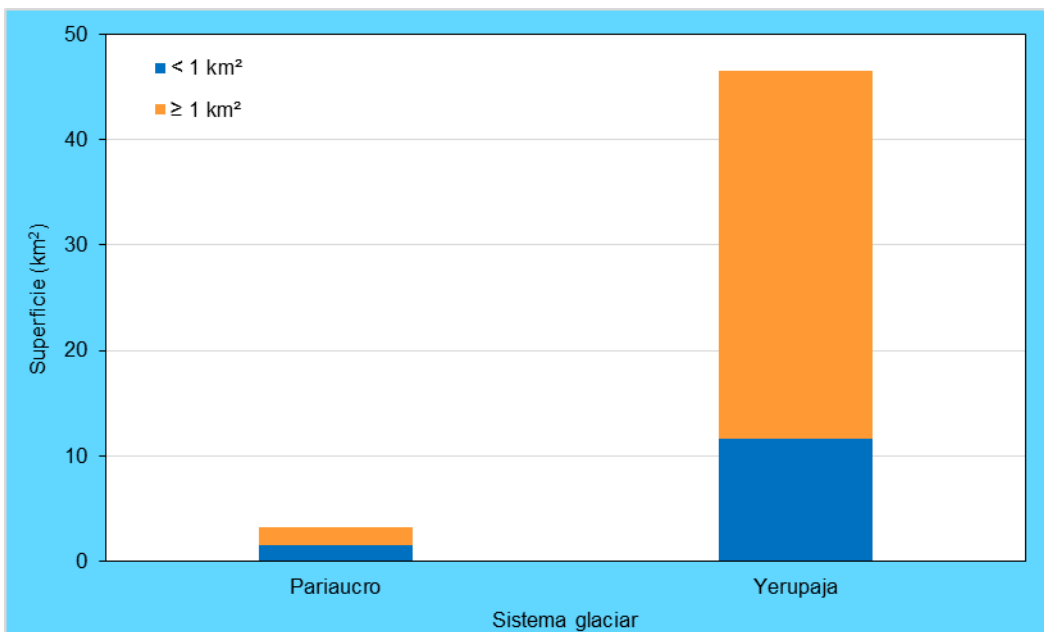


Gráfico 5. Superficie total de glaciares según sistema glaciar de la cordillera Huayhuash.  
Fuente: UGRH - DCPRH

La cordillera Huayhuash cuenta con un total de 78 unidades de glaciar, de las cuales 66 son  $\leq 1 \text{ km}^2$  y 13  $> 1 \text{ km}^2$ ; y ambos rangos se concentran con mayor cantidad en la cuenca Pativilca (Cuadro 13 y Gráfico 6). Además se ha Identificado como glaciar más extenso al **Yerupajá** con 8,60  $\text{km}^2$ , seguido por el glaciar **Siula Este** con 5,08  $\text{km}^2$ , ubicados en las cuencas Pativilca y Marañón, respectivamente.

Cuadro 13. Cantidad y porcentaje de glaciares por vertiente y cuenca hidrográfica.

Vertiente	Cuenca	< 1 km <sup>2</sup>		≥ 1 km <sup>2</sup>	
		Nº	%	Nº	%
Pacífico	Pativilca	52	79,79	8	66,67
Atlántico	Marañón	14	21,21	4	33,33
<b>Total</b>		<b>66</b>	<b>100,00</b>	<b>12</b>	<b>100,00</b>

Fuente: UGRH - DCPRH

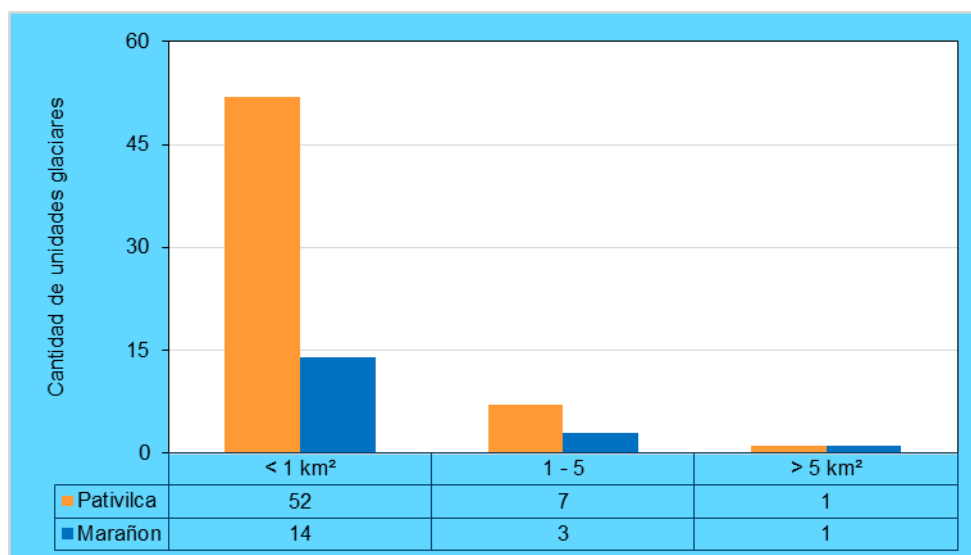


Gráfico 6. Cantidad total de glaciares según cuenca hidrográfica y rangos de tamaño.

Fuente: UGRH - DCPRH

### 3.1.2.2. Altitud

Las altitudes de los frentes glaciares se localizan entre los 4 259 a 5 416 msnm. Los glaciares de la vertiente Pacífico tienen una altitud mínima (frente glaciar) entre 4 259 a 5 416 msnm, siendo el glaciar Yerupajá el que se ubica con menor altitud de 4 259 msnm, mientras que en la vertiente del Atlántico es de 4 379 a 5 309 msnm, siendo el glaciar Carhuac el de menor altitud con 4 379 msnm. Los cálculos para obtener las altitudes referenciales fueron procesados a partir del Modelo de Elevación Digital del GDEM con una resolución espacial de 30 m.

Existe una gradiente en cuanto a los frentes glaciares, pues las altitudes en la vertiente del Pacífico se concentran en mayor proporción en rangos de 5 001 a 5 500 msnm, aspecto que puede estar relacionado con factores climáticos locales y permanencia de nubosidad. (Cuadro 14 y Gráfico 7).

Cuadro 14. Cantidad de glaciares distribuidos por rangos de altitud mínima según vertiente

Rangos altitud mínima (msnm)	Pacífico		Atlántico		Total
	Nº	%	Nº	%	
<b>4 259 – 4 500</b>	1	1,67	1	5,56	2
<b>4 501 – 5 000</b>	20	33,33	11	61,11	31
<b>5 001 – 5 416</b>	39	65,00	6	33,33	45
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100,00</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>	<b>78</b>

Fuente: UGRH - DCPRH



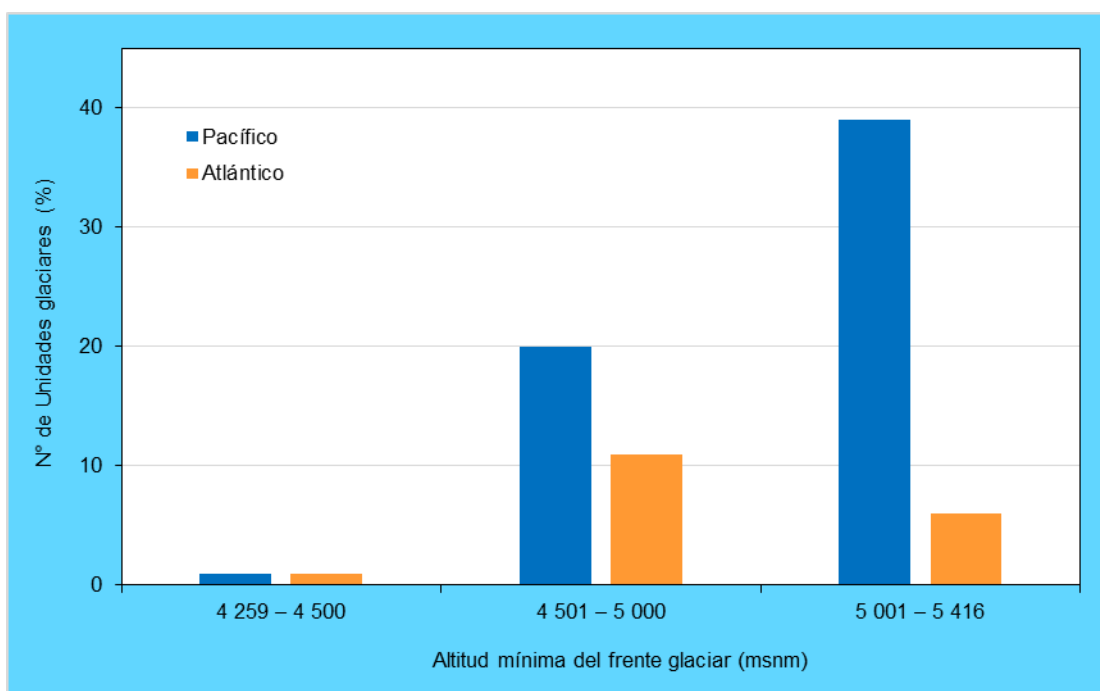


Gráfico 7. Porcentaje de glaciares distribuidos por rangos de altitud mínima según vertiente.

Fuente: UGRH - DCPRH

La mayor cantidad de unidades de glaciar se distribuyen en los rangos de altitud mínima (frente glaciar) de 5 001 a 5 416 msnm con superficie  $\leq 1$  km<sup>2</sup>; mientras que, las unidades de glaciar con superficie  $> 1$  km<sup>2</sup> están ubicadas en mayor proporción dentro del rango de altitudes mínima de 4 501 a 5 000 msnm (Cuadro 15 y Gráfico 8).

Cuadro 15. Cantidad de glaciares distribuidos por rangos de altitud mínima según superficie

Rangos altitud mínima (msnm)	$\leq 1$ Km <sup>2</sup>		$> 1$ Km <sup>2</sup>		Total
	Nº	%	Nº	%	
<b>4 259 – 4 500</b>	1	1,52	-	0,00	2
<b>4 501 – 5 000</b>	20	30,00	12	100,00	32
<b>5 001 – 5 416</b>	45	68,18	-	0,00	45
<b>Total</b>	66	100,00	12	100,00	78

Fuente: UGRH - DCPRH

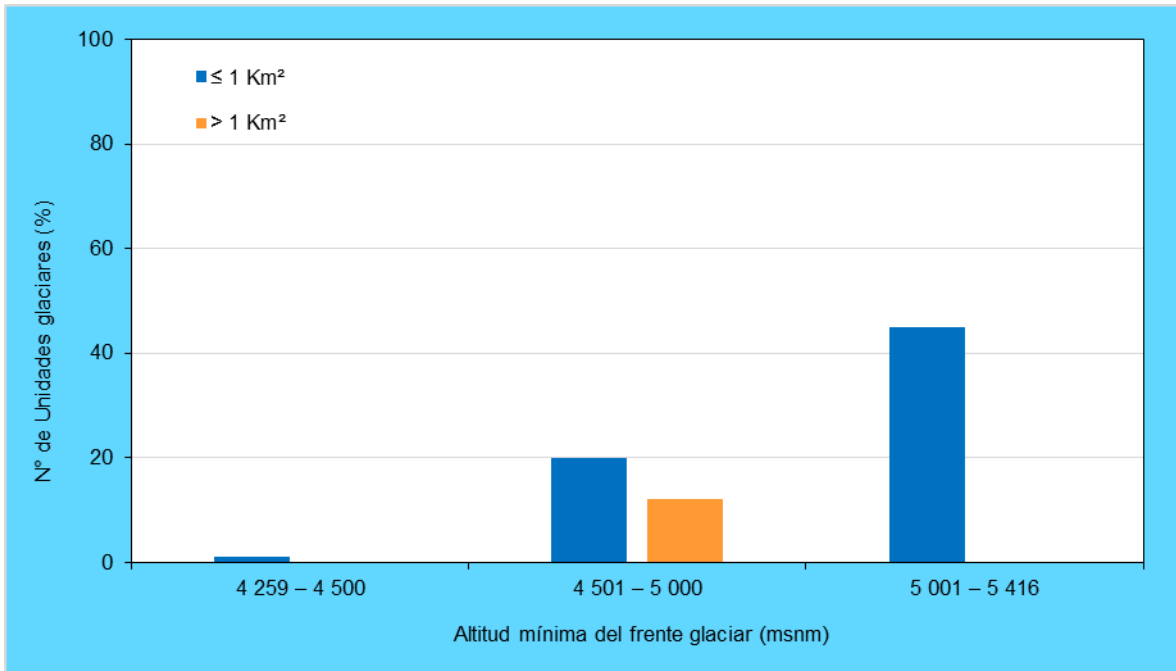


Gráfico 8. Porcentaje de glaciares distribuidos por rangos de altitud mínima según superficie.  
Fuente: UGRH - DCPRH

### 3.1.2.3. Orientación

En función a la superficie, la orientación predominante de los glaciares es al Suroeste y Oeste. Las laderas que cuentan con esta orientación reciben más sombra durante el día en época de lluvias, por lo cual el balance neto de energía es menor en dicha estación, favoreciendo la precipitación en forma de nieve y reduciendo procesos de ablación (Racoviteanu et al., 2008).

En el Cuadro 16 y Gráfico 9, se muestran las orientaciones por superficie de los glaciares  $\leq 1 \text{ km}^2$  que se distribuyen hacia el Sur y Este con  $7,32 \text{ km}^2$  y los glaciares  $> 1 \text{ km}^2$  al Suroeste y Oeste con  $24,79 \text{ km}^2$  de superficie glaciar; asimismo, la orientación de la cantidad de glaciares según el tamaño, observándose con mayor número de glaciares  $> 1 \text{ km}^2$  direccionados hacia el Suroeste y los glaciares  $\leq 1 \text{ km}^2$  al Sur y Oeste.

Los glaciares que se orientan hacia el Norte y poseen tamaño  $\leq 1 \text{ km}^2$ , presentan menor cantidad de unidades y de superficie, las mismas que se encuentran situados en las partes más altas de las laderas, y su morfometría es influenciada por la radiación solar.

Cuadro 16. Orientación de glaciares en la cordillera Huayhuash.

Orientación		Superficie				Cantidad			
		$\leq 1 \text{ km}^2$	$> 1 \text{ km}^2$	Total	%	$\leq 1 \text{ km}^2$	$> 1 \text{ km}^2$	Total	%
Norte	N	0,08		0,08	0,16	5		5	6,41
Noreste	NE	1,05	11,76	12,81	25,74	5	4	9	11,54
Este	E	3,21		3,21	6,45	8		8	10,26
Sureste	SE	1,19		1,19	2,39	8		8	10,26
Sur	S	4,11		4,11	8,26	15		15	19,23
Suroeste	SO	1,66	12,75	14,41	28,96	9	5	14	17,95
Oeste	O	1,48	12,02	13,50	27,13	10	3	13	16,67
Noroeste	NO	0,45		0,45	0,90	6		6	7,69
Total		13,23	36,53	49,76	100	66	12	78	100

Fuente: UGRH - DCPRH

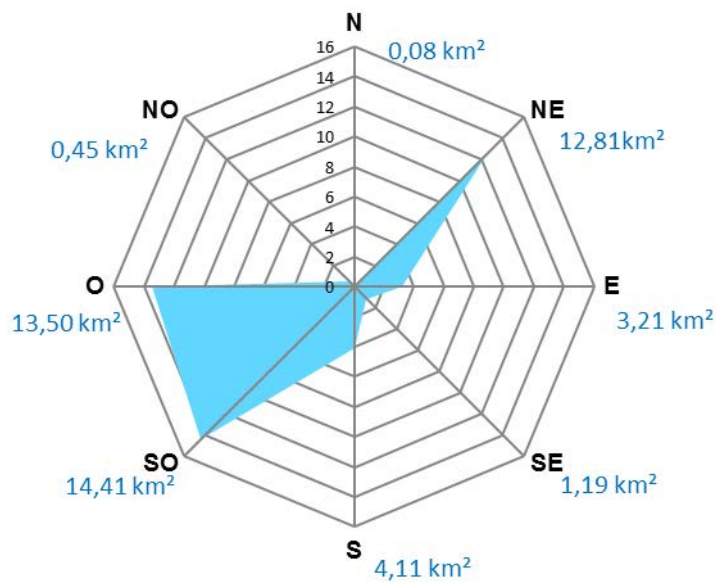


Gráfico 9. Orientación de los glaciares según superficie.

Fuente: UGRH - DCPRH

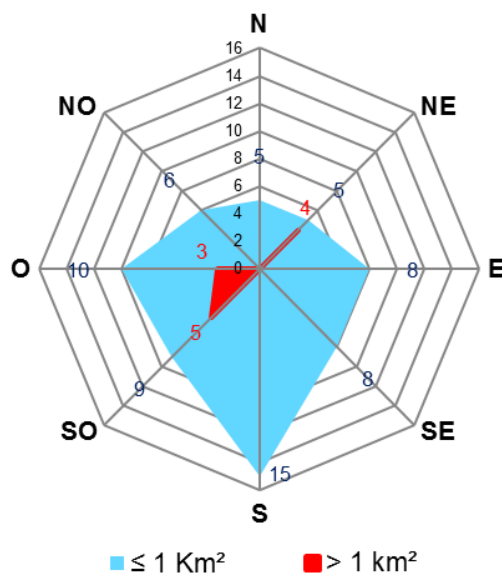


Gráfico 10. Orientación de los glaciares según tamaño.

Fuente: UGRH - DCPRH

### 3.1.2.4. Pendiente

Los rangos de pendientes se basa según la clasificación de tierras D.S. N° 017/2009-AG; en la cordillera Huayhuash, los glaciares se encuentran confinados en laderas de montaña con pendientes bastantes pronunciadas; la mayor cantidad de los glaciares  $\leq 1$  km<sup>2</sup>, según su pendiente, se encuentran desde 25% a 75% (empinada y muy empinada). Así mismo, las unidades  $> 1$  km<sup>2</sup> se encuentran desde 50% a 75% (muy empinada). (Gráfico 11).

Cuadro 17. Cantidad de glaciares por rangos de pendiente según tamaño en la codillera Huayhuash.

Rangos de pendiente (%)	Tipo de Pendiente	Tamaño de Unidades Glaciares			
		$\leq 1$ km <sup>2</sup>		$> 1$ km <sup>2</sup>	
		N°	%	N°	%
0 - 4	Plana a ligeramente inclinada	-	-	-	-
4 - 8	Moderadamente inclinada	-	-	-	-
8 - 15	Fuertemente Inclinada	1	1,52	-	-
15 - 25	Moderadamente empinada	3	4,55	-	-
25 - 50	Empinada	29	43,94	2	16,67
50 - 75	Muy empinada	30	45,45	8	66,66
> 75	Extremadamente empinada	3	4,55	2	16,67
Total		66	100,00	12	100,00

Fuente: UGRH - DCPRH

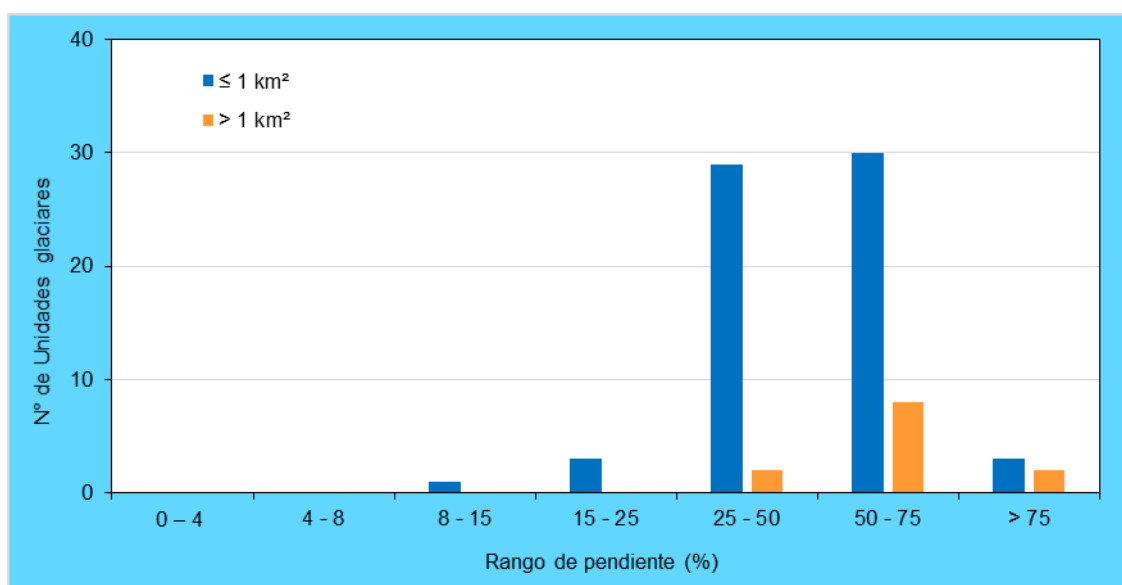


Gráfico 11. Distribución de glaciares según rangos de pendiente en la cordillera Huayhuash

Fuente: UGRH - DCPRH

### 3.1.3. Clasificación de los glaciares

La clasificación detallada de los glaciares en la cordillera Huayhuash se evaluó de acuerdo a los parámetros establecidos por el manual Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) (Rau et al., 2005 y Raup et al., 2007). Esto consiste en la clasificación de la morfología de los glaciares con el fin de conocer su dinámica y su

estado actual, utilizando imágenes de satélite. Es así que, cada unidad glaciar se caracterizó según los siguientes criterios:

- 1) Clasificación primaria, según el tipo y aspecto general del glaciar.
- 2) Clasificación según la forma del glaciar.
- 3) Clasificación según las características del frente del glaciar.
- 4) Clasificación según el perfil longitudinal del glaciar.
- 5) Clasificación según la fuente de alimentación del glaciar.
- 6) Clasificación según la actividad de la lengua o frente del glaciar.
- 7) Clasificación de las morrenas cercanas al glaciar.
- 8) Clasificación de las morrenas alejadas al glaciar.
- 9) Clasificación de las morrenas del glaciar.

### 3.1.3.1. Clasificación primaria

En base al manual de Clasificación de Glaciares GLIMS, los glaciares de la cordillera Huayhuash, se clasifican en tres tipos: glaciar de montaña (93,59%), el cual se sitúa adherido a los flancos de laderas empinadas; valle glaciar (5,13%) donde se observa claramente la diferencia del área de acumulación y ablación, y glaciaretos (1,28%), producto del desprendimiento de la masa principal (Cuadro 18).

Cuadro 18. Clasificación primaria de los glaciares según su cantidad y superficie.

Clasificación Primaria	Cantidad		Superficie	
	Nº	%	Km <sup>2</sup>	%
<b>Glaciar de montaña</b>	73	93,59	31,57	63,44
<b>Glaciar de valle</b>	4	5,13	18,17	36,52
<b>Glaciaretos</b>	1	1,28	0,02	0,04
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>100,00</b>	<b>49,76</b>	<b>100,00</b>

Fuente: UGRH - DCPRH

En la cordillera Huayhuash, según la clasificación primaria GLIMS distribuidas por cuencas hidrográficas, existe una predominancia de glaciares de tipo montaña y en mayor proporción en la cuenca Pativilca. También se registra la unidad de tipo glaciaretos que se ubica en la cuenca Marañón. (Cuadro 19 y Gráfico 12).

Cuadro 19. Clasificación primaria de los glaciares según cuenca hidrográfica.

Cuenca	Montaña		Valle		Glaciaretos	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>Pativilca</b>	57	78,08	3	75,00	-	-
<b>Marañón</b>	16	21,92	1	25,00	1	100
<b>Total</b>	<b>73</b>	<b>100</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>100</b>

Fuente: UGRH - DCPRH



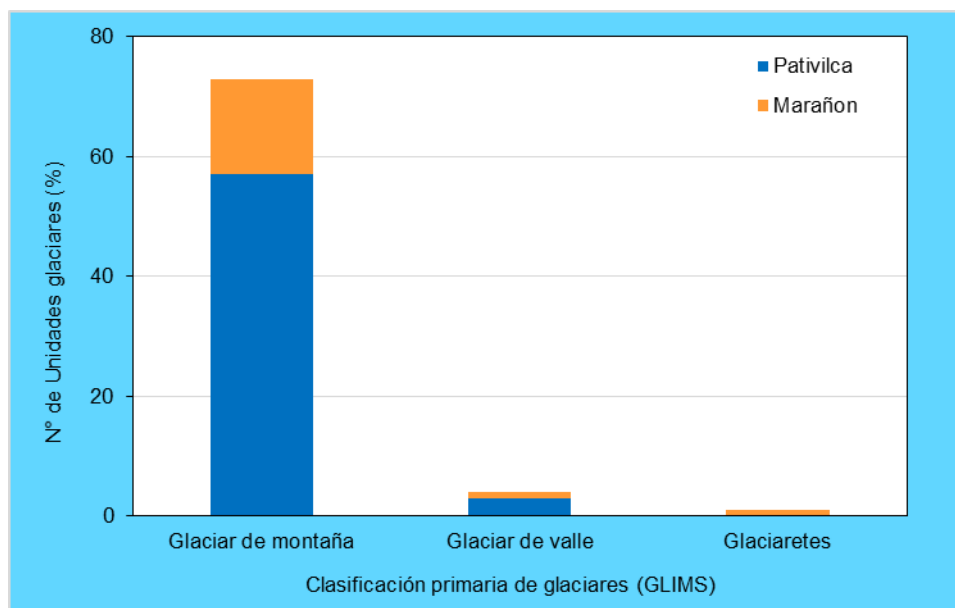


Gráfico 12. Clasificación primaria de los glaciares según cuenca hidrográfica.  
Fuente: UGRH - DCPRH

En la cordillera Huayhuash, los glaciares se alimentan principalmente por precipitación sólida en los tres tipos de glaciares (montaña, valle y glaciaretos). (Figura 10).

Los glaciares de montaña, se comportan como glaciares de valle, pero son más pequeños en superficie. En la cordillera Huayhuash presentan según su forma: de tipo Guardhuelos y Circo, este último está al pie de flancos de montañas de alta pendiente; según sus características frontales es de desprendimiento terrestre. El perfil longitudinal de los glaciares de montaña, es en la mayoría de los casos colgante, cuya superficie desciende en laderas fuertemente inclinadas. Además, en los glaciares de este tipo, mayormente, la actividad de la lengua es de ligero retroceso y está parcialmente cubierta por detritos.

Los glaciares de valle, fluyen por un valle bien definido, su área de acumulación es, generalmente, bien diferenciada, las cuales contienen los largos máximos de mayor distancia dentro de la cordillera, presentan solamente formas de cuenca compuesta, simple y circo, con perfil longitudinal uniforme tipo cascada y sus características frontales predominantes se clasifican como desprendimiento piedemonte. Además, en algunos frentes glaciares dejados presentan morrenas laterales y frontales.

Los glaciaretos corresponden a masas de hielo o nieve muy pequeños de forma incierta, no tienen un movimiento de hielo permanente, cuentan con áreas de acumulación y ablación no distinguibles, con fuente de alimentación de avalanchas y presentan parcialmente cubiertas de detritos.

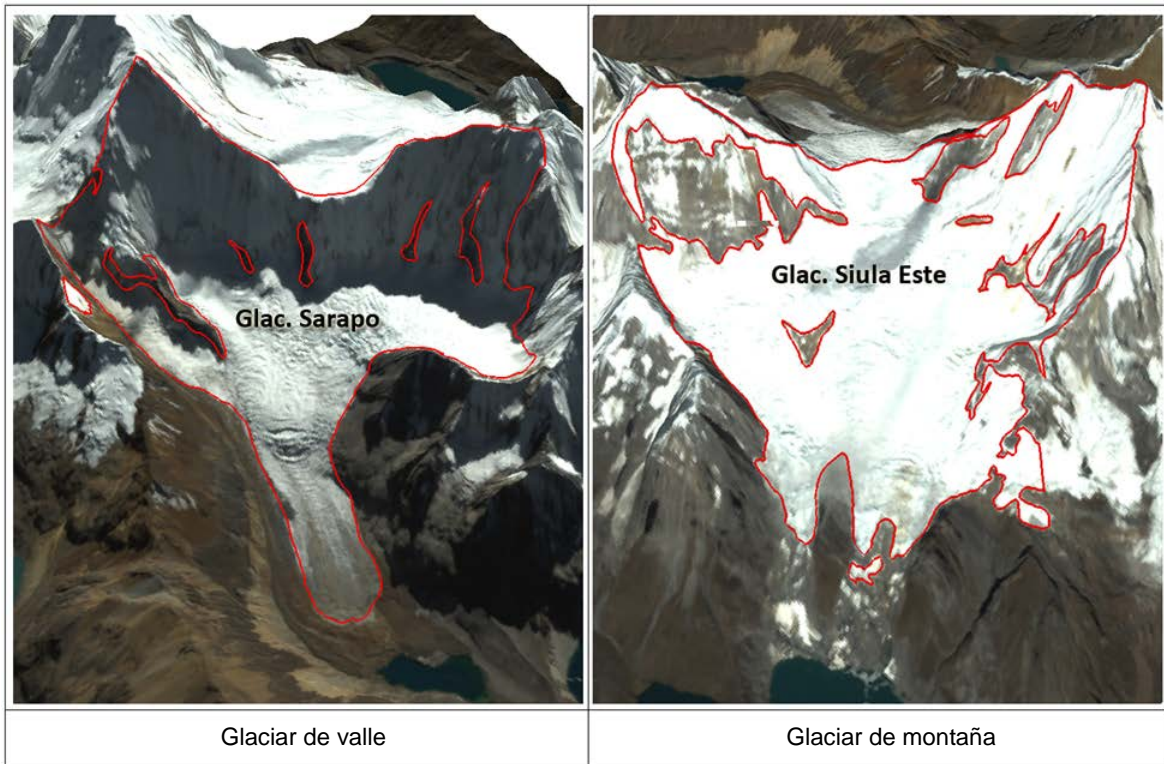


Figura 10. Clasificación primaria GLIMS de 2 unidades de glaciar en imagen de satélite Spot 7 2015.  
Fuente: UGRH - DCPRH

Cuadro 20. Caracterización de los glaciares según los parámetros de clasificación GLIMS

CLASIFICACIÓN PRIMARIA	Total		78		100		Total		78		100		Total		78		100		Total		78		100		Total		78		100		
	FORMA	CANTIDAD	%	CARACTERÍSTICAS FRONTALES	CANTIDAD	%	PERFIL LONGITUDINAL	CANTIDAD	%	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	CANTIDAD	%	ACTIVIDAD DEL FRENTE	CANTIDAD	%	MORRENA CÓDIGO 1	CANTIDAD	%	MORRENA CÓDIGO 2	CANTIDAD	%	LENGUA CUBIERTA	CANTIDAD	%		CANTIDAD	%		CANTIDAD	%	
Glaciar de montaña (93,69%)	Incierto	45	58	Normales	2	3	Incierto	20	26	Nieve	72	93	Incierto	5	6	No morrenas	70	90	No morrenas	20	26	Libre de detritus	71	91							
	Cuenca compuesta	1	1	Desprendimiento y pie de monte Desprendimiento terrestre	8	10	Regular	3	4	Avalanchas	1	1	Retroceso marcado	6	8	Morrenas lateral	3	4	Morrenas lateral	34	44	Parcialmente cubierto por detritus	2	3							
	Cuenca simple	2	3		Colgante	25	32	Ligero retroceso	57	74	-	Combinación 1 y 2	19	24																	
	Circo	8	10				Cascada	6	8				Estacionario	5	6																
	Nicho	3	4				Caída de hielo	11	14																						
	Guarda Hielo	14	18				Interrumpido	8	10																						
Subtotal	73	94		Subtotal	73	94	Subtotal	73	94	Subtotal	73	94	Subtotal	73	94	Subtotal	73	94	Subtotal	73	94	Subtotal	73	94	Subtotal	73	94	Subtotal	73	94	
Valle glaciar (5,13%)	Cuenca compuesta	2	3	Desprendimiento pie de monte	4	5	Uniforme	2	2,5	Nieve	4	5	Ligero retroceso	4	5	No morrenas	2	3	No morrenas			Libre de detritus	3	4							
	Cuenca simple	1	1		Cascada	2	2,5							Morrenas terminal	1	1	Morrena terminales			Parcialmente cubierto por detritus	1	1									
	Circo	1	1													Combinación 1 y 2	1	1	Morrenas lateral	1	1										
	Subtotal	4	5	Subtotal	4	5	Subtotal	4	5	Subtotal	4	5	Subtotal	4	5	Subtotal	4	5	Subtotal	4	5	Subtotal	4	5	Subtotal	4	5	Subtotal	4	5	
Glaciaretos (1,28%)	Incierto	1	1	Desprendimiento terrestre	1	1	Incierto	1	1	Avalanchas	1	1	Retroceso marcado	1	1	No morrenas	1	1	Combinación 1 y 2	1	1	Parcialmente cubierto por detritus	1	1							
	Subtotal	1	1		Subtotal	1	1	Subtotal	1	1	Subtotal	1	1	Subtotal	1	1	Subtotal	1	1	Subtotal	1	1	Subtotal	1	1	Subtotal	1	1	Subtotal	1	1

### 3.1.4. Evolución y dinámica en los glaciares

#### 3.1.4.1. Evolución de la cobertura glaciar

La superficie glaciar inventariada en la cordillera Huayhuash por Hidrandina con fotografías aéreas del año 1962 es de 84,97 km<sup>2</sup> y, por la ANA con imágenes satélite ópticas del año 2007 y 2015 es de 55,27 km<sup>2</sup> y 49,76 km<sup>2</sup>, respectivamente. Se observa un marcado retroceso de la superficie con evidente tendencia decreciente. (Gráfico 13).

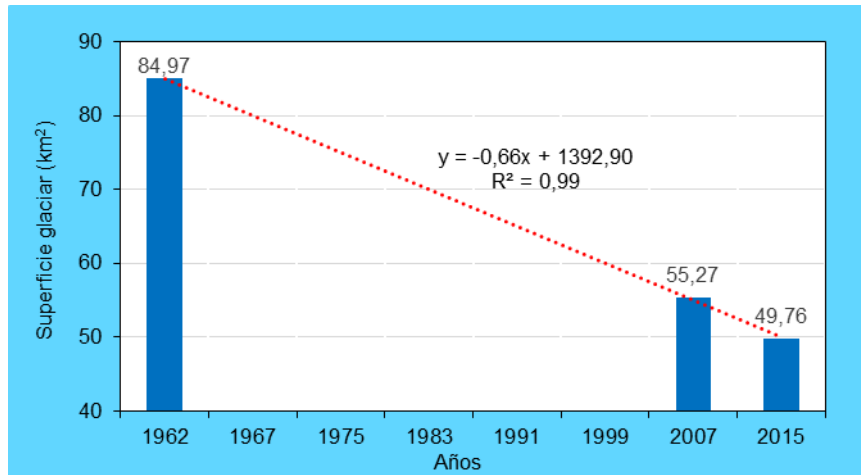


Gráfico 13. Fluctuación de la superficie glaciar en los años 1962, 2007 y 2015.  
Fuente: UGRH - DCPRH

La pérdida de superficie glaciar en el periodo 1962 – 2007 fue de 29,70 km<sup>2</sup> que representa un retroceso de 0,66 km<sup>2</sup>/año y para el periodo 2007 – 2015 es de 5,51 km<sup>2</sup> con un retroceso de 0,69 km<sup>2</sup>/año, alcanzando un acumulado de 35,21 km<sup>2</sup> (41%) representando en los últimos 53 años un retroceso promedio de 0,66 km<sup>2</sup>/año, que corrobora que el retroceso glaciar en los Andes Tropicales se ha intensificado desde fines de la década de 1970 (Rabatel et al., 2013 y Bernex et al., 2010)).

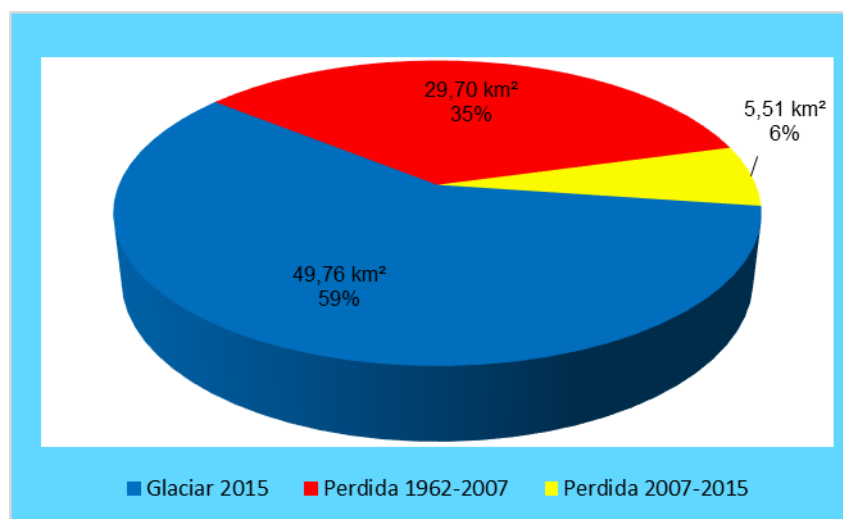


Gráfico 14. Retroceso glaciar en los periodos 1962-2007 y 2007 - 2015  
Fuente: UGRH - DCPRH

En las últimas décadas de observación, el retroceso glaciar en los Andes Tropicales se ha intensificado desde fines del 1970 (Rabatel et al., 2013 y Bernex et al., 2010). El análisis temporal con imágenes de satélite, permitió corroborar un retroceso glaciar originado principalmente en las partes bajas (lenguas glaciares) hacia las partes altas de los nevados. Esta evolución por efecto de la fusión y sublimación del hielo ha ocasionado en los glaciares la fragmentación, reducción, desaparición y la formación de nuevas lagunas (Figura 11). Este retroceso es el resultado de una ablación anual superior a la acumulación, que implica cambios en la geometría de los glaciares (Francou et al., 2013).

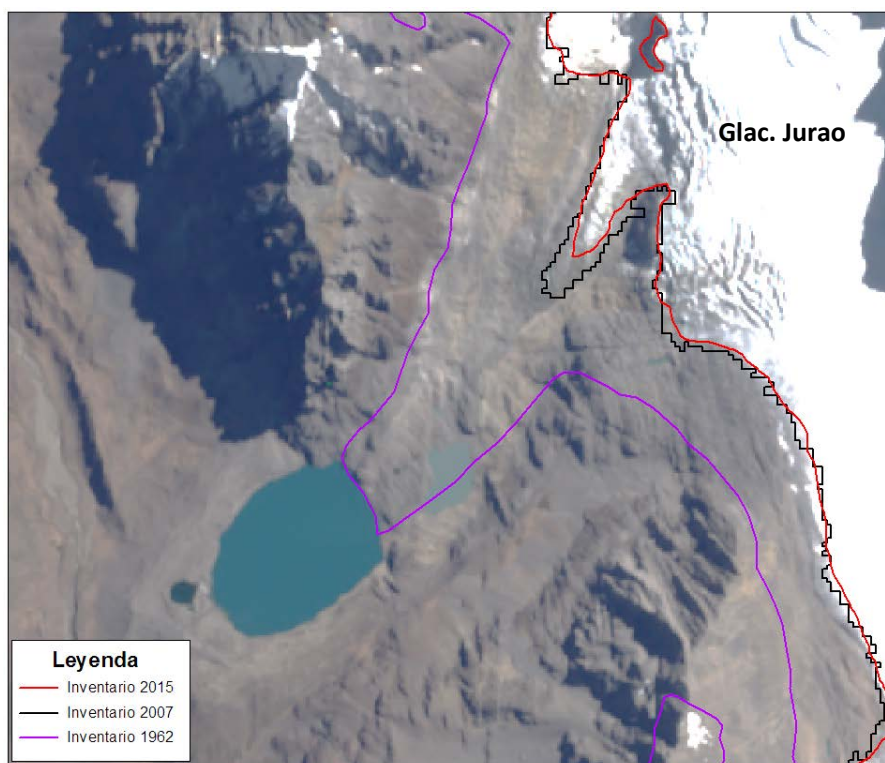


Figura 11. Comparación de coberturas glaciares de los años 1962, 2007 y 2015.  
Fuente: UGRH - DCPRH

### 3.1.4.2. Desaparición y retroceso glaciar

En los últimos 53 años la superficie glaciar ha sufrido un proceso de retroceso, lo cual implica cambios muy significativos en su morfometría. En el inventario de 1962 se identificó 117 unidades de glaciar, en el 2007 un total de 81 y finalmente en el 2015 se registró 78 (Cuadro 21).

Los glaciares de tipo montaña son los que han mostrado en los últimos años mayor dinamismo, esto ha significado la pérdida de 33 unidades en el 2007 y 6 en el 2015, siendo en su mayoría glaciares de pequeño tamaño que fueron afectados en mayor intensidad por el retroceso y su progresiva desaparición. Mientras tanto, los glaciares de tipo valle han conservado sus unidades, pero muestran un creciente retroceso en sus lenguas glaciares.



Cuadro 21. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria.

Clasificación Primaria	Inventario 1962		Inventario 2007 *		Inventario 2015		Variación	
	Unidades glaciares	%	Unidades glaciares	%	Unidades glaciares	%	2007	2015
Glaciar de montaña	112	95,73	79	94,05	73	93,59	-33	-6
Glaciar de valle	4	3,42	4	4,76	4	5,13	0	0
Roca glaciar	1	0,85	-	-	-	-	-1	0
Hielo cubierto	-	-	1	1,19	-	-	1	-1
Glaciaretos	-	-	-	-	1	1,28		1
<b>Total</b>	<b>117</b>	<b>100</b>	<b>81</b>	<b>100</b>	<b>78</b>	<b>100</b>	<b>-33</b>	<b>-6</b>

Fuente: ANA-UGRH. Elaboración: Área IGL.

Nota: \*En el inventario 2007, la cantidad de 144 glaciares se ha corregido a 81 unidades de glaciar por adecuación a metodología vigente.

El retroceso de los glaciares en los Andes Tropicales se inició hace varias décadas, y a partir de los años setenta se han incrementado significativamente (Rabatel et al., 2013). Por lo tanto, los frentes glaciares de la cordillera Huayhuash, se encuentran a altitudes mínimas cada vez más elevadas, contrastado con los inventarios de 1962, 2007 y 2015 (Gráfico 15); así mismo, el retroceso no se da con la misma intensidad en todas las unidades de glaciar, debido a las diversos factores que influyen como; su ubicación en latitud y longitud, condiciones meteorológicas y geomorfológicas que son sometidos los frentes glaciares.

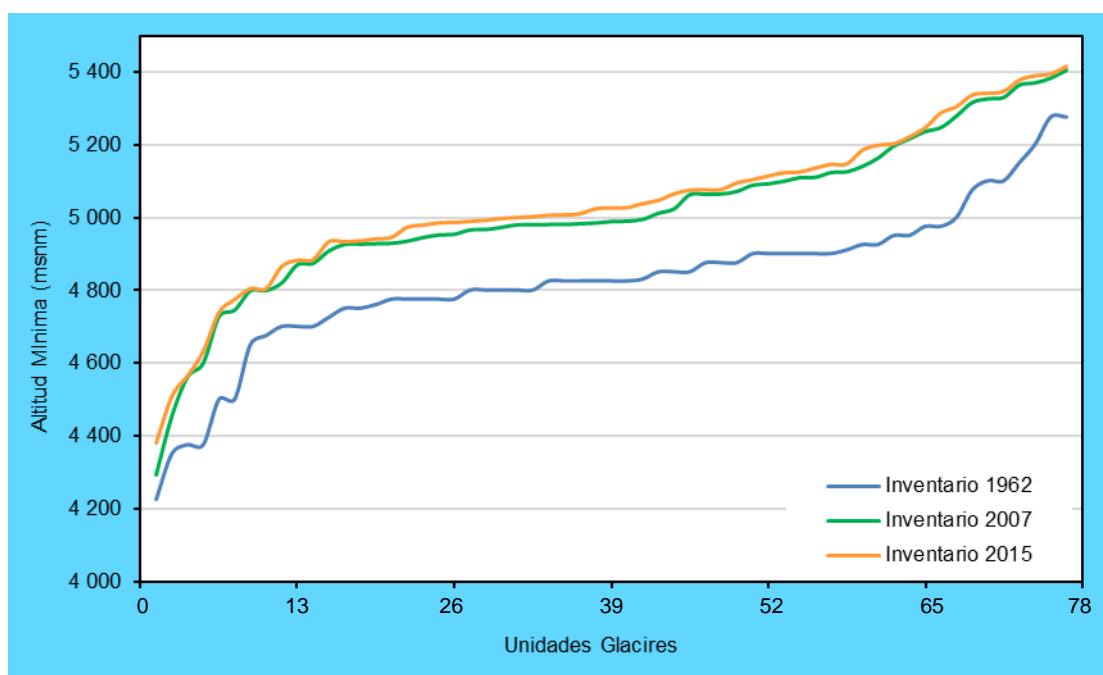


Gráfico 15. Evolución del retroceso glaciar (altitudes mínimas) por inventarios 1962, 2007 y 2015.

Fuente: UGRH - DCPRH

Cabe resaltar que la altitud mínima promedio correspondiente a los inventarios de 1962, 2007 y 2015, permite analizar la tendencia del retroceso glaciar, en donde el aumento de los niveles altitudinales, principalmente en zonas de lenguas glaciar, se produce por fusión de hielo. (Gráfico 16 y Figura 12).

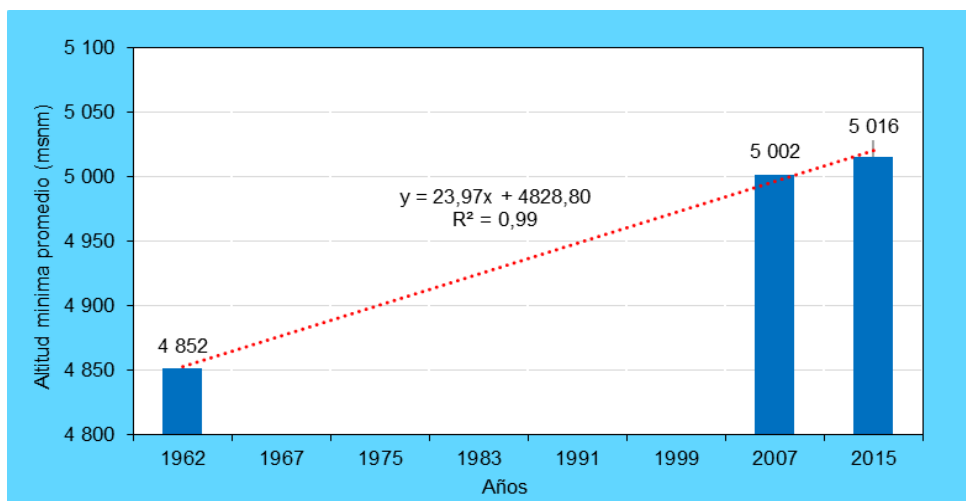


Gráfico 16. Tendencia de altitudes mínimas promedio en los inventarios 1962, 2007 y 2015.  
Fuente: UGRH – DCPRH

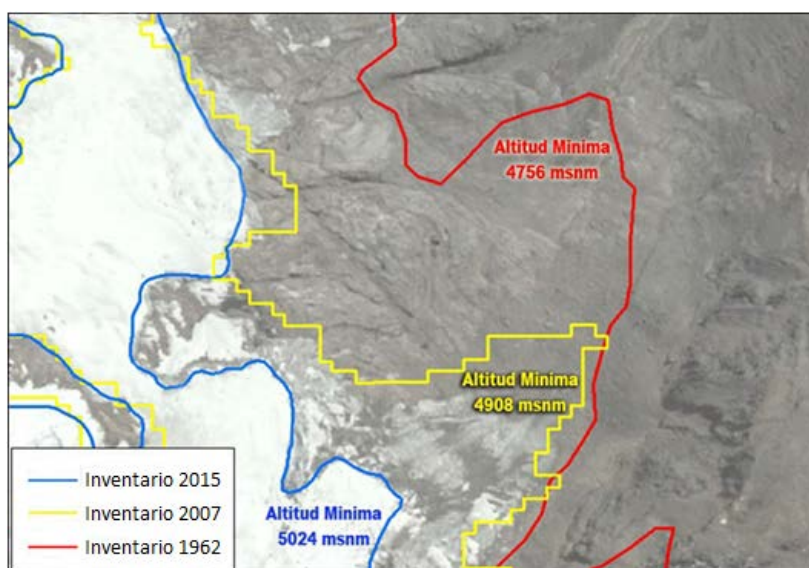


Figura 12. Comparativo del retroceso glaciar en relación a la altitud mínima.  
Fuente: ANA-UGRH. Elaboración: Área IGL

Según el índice de recesión desarrollado por Kaser et al., 1996, se categorizó 66 unidades de glaciar menores a un 1 km<sup>2</sup>, de las cuales en su mayoría (42) han experimentado una recesión de elevada a crítica, y 12 unidades mayores a un 1 km<sup>2</sup> están de inapreciable a moderada (Cuadro 22). Por lo tanto, los glaciares pequeños son más dinámicos en su geometría.

Cuadro 22. Índice de recesión por unidad de glaciar

Rango %	Categoría	Unidades < 1km <sup>2</sup>	Unidades > 1km <sup>2</sup>	Total unidades	%
75 - 100	Critica	21		21	26,92
50 - 75	Elevada	21		21	26,92
25 - 50	Moderada	13	5	18	23,08
0 - 25	Inapreciable	10	7	17	21,79
> 0	Incierto	1		1	1,28
<b>Total</b>		<b>66</b>	<b>12</b>	<b>78</b>	<b>100,00</b>

Fuente: UGRH – DCPRH

### 3.1.4.3. Fragmentación de los glaciares

Los glaciares desde el inicio de la década del 70 vienen perdiendo superficie (Rabatel et al., 2013) y espesor de hielo (Kulkarni et al., 2007), es posible que estos procesos sean uno de los factores condicionantes que han dado origen a la fragmentación de los glaciares de la cordillera Huayhuash.

Los glaciares han experimentado una fragmentación de su unidad principal a otros independientes por efecto de las variaciones climáticas y condiciones locales, este proceso se ha presentado con mayor incidencia en superficies  $\leq 1$  km<sup>2</sup>, donde se han identificado 23 unidades de glaciar con una fragmentación máxima de hasta 9. Así mismo, los glaciares que han experimentado una división de dos a tres fragmentos, son las predominantes (22 unidades) (Cuadro 23).

Cuadro 23. Cantidad de fragmentos de glaciar según rango de superficie

Rango de superficie (km <sup>2</sup> )	Sin Fragmentos	Con fragmentos						Total de glaciares
		Nº fragmentos						
		2	3	4	5	7	9	
$\leq 1$	44	8	9	3	2	-	1	67
$>1$	3	3	2	0	1	2	-	11
Total	47	11	11	3	3	2	1	78

Fuente: UGRH – DCPRH

### 3.1.4.4. Volumen glaciar

En la cordillera Huayhuash se estimó el volumen glaciar de  $1\,142,50 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (1,14 km<sup>3</sup>) y un espesor de hielo que varía desde 1 a 152 m. El mayor espesor de hielo determinado fue en el glaciar Yerupajá, situado sobre una superficie de tipo valle de gran extensión, con pendientes desde 4% a 15%. Para la cuantificación del volumen se utilizó el modelo Glab Top, de escala de incertidumbre de  $\pm 30\%$  (Linsbauer et al., 2012) (Figura 13). Además, la microcuenca Huayllapa de la subcuenca Rapay es la reserva con mayor volumen de hielo  $390,65 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (0,40 km<sup>3</sup>) (Gráfico 17).

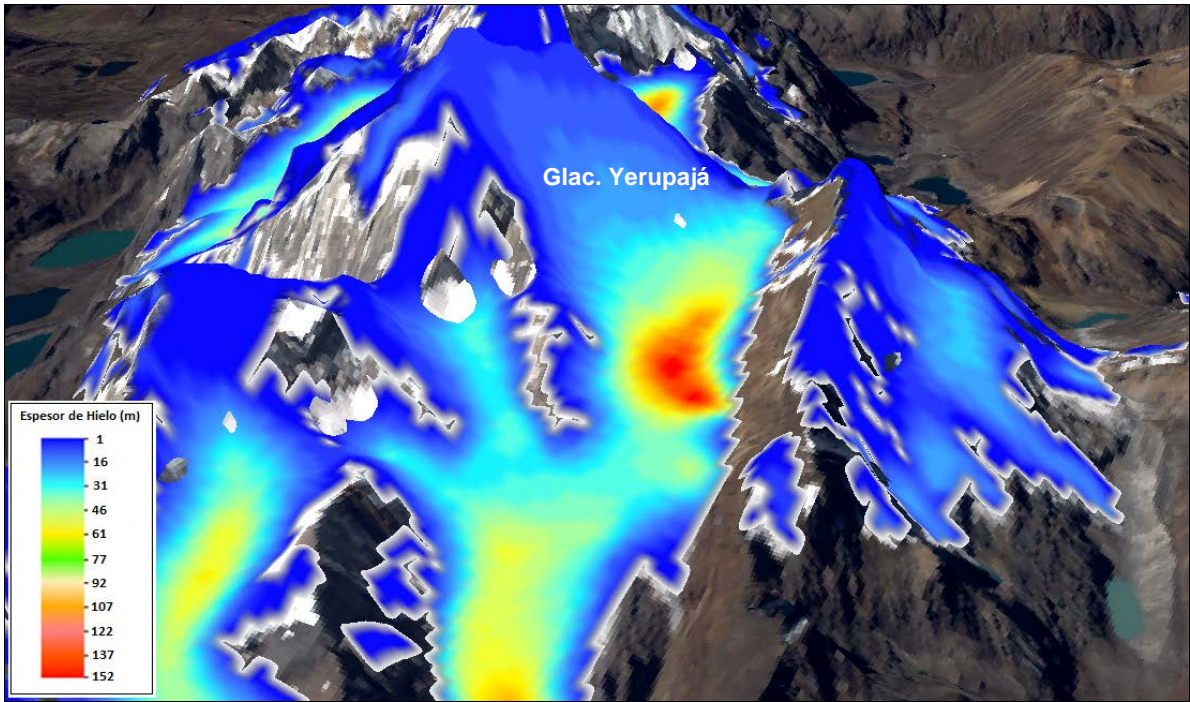


Figura 13. Espesor de hielo calculado mediante modelo Glab Top.  
Fuente: UGRH – DCPRH

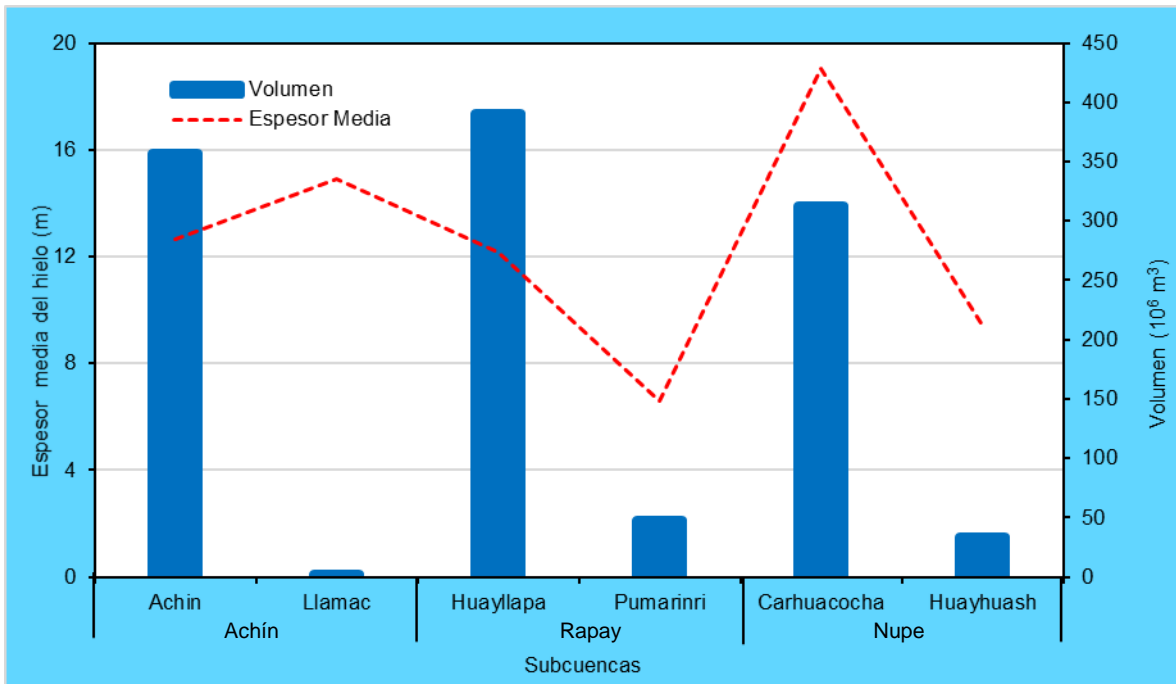


Gráfico 17. Volumen y espesor media de hielo de los glaciares según microcuena en el ámbito cordillera Huayhuash.  
Fuente: UGRH – DCPRH

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### 4.1 Conclusiones

- En la actualización del Inventario de glaciares de la cordillera Huayhuash, se aplicó técnicas de percepción remota y procesamiento SIG, utilizando como insumo principal la imagen óptica del satélite Spot 7 año 2015. Se registró un total de 78 unidades que equivale a una superficie total de 49,76 km<sup>2</sup>, siendo la cuenca Pativilca la que concentra el 64,04% de la extensión y el 76,92% del número total de glaciares.
- Se ha identificado los glaciares ubicados en la divisoria de las vertientes del Atlántico y Pacífico a: Yerupajá, Siula Este, Sarapo, y Jurao, que alcanzan una superficie glaciar total de 22,62 km<sup>2</sup> (45,46%); y la altitud mínima (4 259 msnm) y máxima (6 610 msnm) de la cordillera Huayhuash, la mismas que corresponde al sistema glaciar Yerupajá.
- La cordillera Huayhuash se divide en dos sistemas de glaciares, donde el sistema Yerupajá constituye el 93,41% de superficie y 78,21% de la cantidad de glaciares. Además, en esta cordillera, 66 glaciares (84,62%) presentan superficies < 1 km<sup>2</sup>, distribuyéndose 52 en la vertiente del Pacífico y 14 en Atlántico.
- Los registros de las superficies según los inventarios de glaciares indican reducción constante desde el año 1962 al 2007 de 29,70 km<sup>2</sup> (34,95%) y del 2007 al 2015 de 5,51 km<sup>2</sup> (9,97%). Esta evolución ha significado la desaparición de glaciares, la retracción progresiva de sus frentes y en algunos casos la fragmentación. A la vez, el análisis multitemporal permitió validar el retroceso glaciar originado principalmente en las partes bajas (lenguas glaciares) hacia las cumbres del nevado.
- El volumen de los glaciares de la cordillera Huayhuash es de 1,14 km<sup>3</sup>, obtenido mediante modelo Glab Top de escala de incertidumbre de ± 30%, siendo el de mayor reserva hídrica el glaciar Yerupajá con 0,32 km<sup>3</sup> (28%).



## 4.2 Recomendaciones

- La presente actualización es la base de referencia para futuros estudios sobre las coberturas glaciares y se puede complementar con investigaciones científicas en los casos que sea aplicable.
- En la realización de una clasificación no supervisada de cuerpos de hielo y nieve se recomienda utilizar imágenes satelitales que contengan información espectral de Infrarrojo medio (SWIR), para la aplicación del Índice de Diferencia Normalizada de Nieve (NDSI), de no lograr obtenerse dichas imágenes se recomienda aplicar una clasificación supervisada por muestreo de firmas espectrales.
- Finalmente, se recomienda interactuar con el Sistema de Información Geográfica de Recursos Hídricos “**GeoHidro**”, cuyo enlace está publicado en la página principal de la Autoridad Nacional del Agua. Este SIG nos permite realizar consultas, estadísticas, proyecciones y otras interacciones relacionadas a los inventarios realizados y demás datos del recurso hídrico, de modo tal que los usuarios dispongan de información actualizada en forma oportuna.

## V. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

---

- ANA (Autoridad Nacional del Agua). 2012. Inventario de glaciares de las cordilleras Huallanca, Huayhuash y Raura. 86 pp.
- Bernex, N. y Tejada, M. 2010. Cambio climático, retroceso glaciar y gestión integrada de los recursos hídricos. Foro peruano para el agua, Gobar Water Partnership South America. Lima. p. 26.
- Bury, J. 2006. New Community-Led Conservation Efforts in the Cordillera Huayhuash, Perú. *Mountain Research and Development* 26(2): pp 180 - 182.
- Chuvieco, E. 2000. Fundamentos de teledetección espacial. 3ra edición revisada. 566 pp.
- McFadden, E. 2011. Landsat TM and ETM+derived snowline altitudes in the cordillera Huayhuash and cordillera Raura, Perú, 1986-2005.
- Francou, B. 2013. Glaciares de los andes tropicales, víctimas del cambio climático. *Comunidad Andina*. Pp. 99.
- Frey, H.; Machguth, H.; Huss, M.; Huggel, C.; Bajracharya, S.; Bolch, T.; Kulkarni, A.; Linsbauer, A.; Salzmann, N.; and Stoffel, M. 2014. Estimating the volume of glaciers in the Himalayan–Karakoram region using different methods. *The Cryosphere*, 8, pp. 2313-2333.
- Kaser, G. 1996. Gletscher in den Tropen-ein Beitrag zur Geographie der tropischen Hochgebirge. *Habilitationsschrift, Universität at Innsbruck*. P. 254.
- Kulkarni, A.; Bahuguna, I. M.; Rathore, B. P.; Singh, S. K.; Randhawa, S. S.; Sood, R. K. and Dhar, S. 2007. Glaciar retreat in Himalaya using Indian Remote Sensing Satellite Data. *Current Science*. Vol. 92, No. 1. 10, pp. 69-74.
- Haeberli, W. y Hoelzle, M. 1995. Application of inventory data for estimating characteristics of and regional climate-change effects on mountain glaciers: a pilot study with the European Alps. *Annals of Glaciology*, Vol. 21. pp. 206-212.
- HIDRANDINA S.A.- Unidad de Glaciología e Hidrología. 1989. Inventario de Glaciares del Perú. 1ra Parte. Huaraz. Concytec. 173 pp.
- Hall RS; Farber LD; Ramage MJ; Rodbell TD; Finkel CR; Smith AJ; Mark GB; Kassel C. 2009. Geochronology of Quaternary glaciations from the tropical Cordillera Huayhuash, Perú. pp. 2991-3009.
- INRENA, 2007. Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú. Memoria descriptiva. 29p.

- Linsbauer, A.; Paul, F.; Hoesle, M.; Frey, H.; Haberli, W. 2009. The Swiss Alps Without Glacier – A GIS-based modelling approach for reconstruction of glacier beds. Proceedings of geomorphometry.
- Linsbauer, A., Paul, F., and Haeberli, W. 2012. Modeling glacier thickness distribution and bed topography over entire mountain ranges with GlabTop: Application of a fast and robust approach. J.Geophys. Res., 17, F03007, doi:10.1029/2011JF002313,
- Milder, J. 2008. Aster Processing Method. Department of Natural Resource, Cornell University.
- Paul, F. y Linsbauer, A. 2012. Modeling of glacier bed topography from glacier outlines, central branch lines, and a DEM. Journal Geographical informational science. Pp.1173-1190.
- Rabatel, A.; Francou, B.; Soruco, A.; Gomez, J.; Cáceres, B.; Ceballos, J. L.; Basantes, R.; Vuille, M.; Huggel, C.; Scheel, M.; Lejeune, Y.; Arnaud, Y.; Collet, M.; Condom, T.; Consoli, G.; Favier, V.; Galarraga, R.; Ginot, P.; Maisincho, L.; Mendoza, J.; Ménégos, M.; Ramirez, E.; Ribstein, P.; Sicart, J.-E.; Jomelli, V.; Suárez, W.; Villacis, M.; and Wagnon, P. 2013. Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. The Cryosphere, 7, pp. 81-102.
- Racoviteanu, A.; Yves, A.; Williams, M. and Ordoñez, J. 2008. Decadal Changes in glacier parameters in the cordillera Blanca, Perú, derived from remote sensing. Journal of Glaciology, Vol. 54, pp. 499-510.
- Rau, F., Mauz, F., Vogt, S., Khalsa, J.S & Raup, B. 2005. Illustrated GLIMS Glacier Classification Manual. (Consultado 15 marzo 2015).
- Raup, B.; Racoviteanu, A.; Jodha, S.; Khalsa, S.; Helm, C.; Armstrong, R. and Arnaud, Y. 2007. The GLIMS geospatial glacier database: A new tool for studying glacier change. Elsevier. Global and Planetary Change. Vol. 56, pp.101-110.
- Suárez, W. 2007. Le bassin versant du fleuve Santa. (Andes du Pérou). Dynamique des écoulements en context glacio-pluvio-nival. These Docteur de L'Université Montpellier II. pp 281.
- Úbeda, J. 2010. El impacto del cambio climático en los glaciares del complejo volcánico Nevado Coropuna (cordillera occidental de los Andes Centrales). Tesis Doctoral – Universidad Complutense de Madrid. España. pp. 586.
- Véliz, J, 1976. Reconocimiento geológico, glaciológico de las lagunas ubicadas al norte de la cordillera Huayhuash. ELECTROPERU. Glaciología y Seguridad de Lagunas.

- Zamora M. 1976. Reconocimiento geológico de las lagunas en las cuencas del Auquimarca y Nupe - Cordillera Huayhuash. ELECTROPERU. Glaciología y Seguridad de Lagunas.

## ANEXOS



# 1. LISTADO DE DATOS Y MAPAS

## 1.1. Listado de datos

Código			Nombre	Sistema Glaciar	Microcuenca	UTM		Ubicación Política			Altitud (msnm)			Superf. (km²)	Largo Max (m)	Ancho Max (m)	Orient. Pred.	Clasificación GLIMS	Volumen (10 <sup>6</sup> km³)	Código de Imagen satelital	N° Hoja	N° Mapa		
Internacional	Nacional*	Nacional**				Este	Norte	Región	Provincia	Distrito	Min.	Med.	Máx.											
G283090E10271S	1375882-1 1375882-2 1375882-3 1375882-4 1375882-5	1375882-01	Yerupajá	Yerupajá	Achín	290843	8864017	Ancash	Bolognesi	Paclón	4 259	5 392	6 610	8,59	5400,73	1927,65	W	5210312042	325,35	S7_060815	21-j-III-NO,21-j-IV-SO	1		
G283074E10257S	1375882-7	1375882-02	Rasac 1	Yerupajá	Achín	289088	8865583	Ancash	Bolognesi	Paclón	5 203	5 337	5 458	0,06	471,09	268,62	NW	6015012021	0,23	S7_060815	21-j-III-NO	1		
G283076E10272S	1375882-6 1375882-8	1375882-03	Rasac 2	Yerupajá	Achín	289237	8863858	Ancash	Bolognesi	Paclón	4 738	5 365	6 002	1,69	1879,22	1400,54	W	6415312041	22,19	S7_060815	21-j-III-NO	1		
G283059E10279S	1375882-9 1375882-10	1375882-04	Tsacra 1	Yerupajá	Achín	287406	8863064	Ancash	Bolognesi	Paclón	5 002	5 170	5 408	0,36	450,24	678,15	W	6010012021	1,81	S7_060815	21-j-III-NO	1		
G283049E10284S	1375882-11	1375882-05		Yerupajá	Achín	286309	8862553	Ancash	Bolognesi	Paclón	5 286	5 409	5 452	0,02	66,26	279,76	NE	6015010001	0,03	S7_060815	21-j-III-NO	1		
G283048E10281S	1375882-12	1375882-06	Tsacra 2	Yerupajá	Achín	286206	8862862	Ancash	Bolognesi	Paclón	5 104	5 140	5 191	0,01	89,96	146,75	NW	6715012021	0,01	S7_060815	21-j-III-NO	1		
G283045E10288S	1375882-13 1375882-14 1375882-15	1375882-07	Tsacra 3	Yerupajá	Achín	285857	8862097	Ancash	Bolognesi	Paclón	4 933	5 267	5 502	0,63	1065,69	819,07	W	6410012021	5,63	S7_060815	21-j-III-NO	1		
G283034E10302S	1375882-16 1375882-17	1375882-08	Auxilio	Yerupajá	Achín	284647	8860542	Ancash	Bolognesi	Paclón	5 077	5 258	5 488	0,12	597,12	188,66	NW	6515412001	0,86	S7_060815	21-j-III-NO	1		
G283017E10295S	1375882-18	1375882-09		Yerupajá	Achín	282855	8861249	Ancash	Bolognesi	Paclón	5 076	5 222	5 350	0,10	462,79	382,42	W	6015512041	0,36	S7_060815	21-j-III-NO	1		
G283078E10219S	1375886-1 1375886-2 1375886-3 1375886-4	1375886-01	Rondoy	Yerupajá	Llamac	289459	8869777	Ancash	Bolognesi	Paclón	4 564	5 107	5 800	0,16	660,24	174,98	NW	6015212041	2,37	S7_060815	21-j-IV-SO	1		
													<b>Total</b>	<b>11,74</b>										

\* Inventario del 2007

\*\* Inventario del 2015

Código			Nombre	Sistema Glaciar	Microcuenca	UTM		Ubicación Política			Altitud (msnm)			Superf. (km²)	Largo Max (m)	Ancho Max (m)	Orient. Pred.	Clasificación GLIMS	Volumen (10 <sup>6</sup> km³)	Código de Imagen satelital	N° Hoja	N° Mapa
Internacional	Nacional*	Nacional**				Este	Norte	Región	Provincia	Distrito	Min.	Med.	Máx.									
G283022E10407S	1375868-1	1375868-01	Huacsahsh 1	Pariaucro	Pumarinri	283462	8848955	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 367	5 440	5 498	0,01	121,58	86,26	W	6015312041	0,01	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283020E10414S	1375868-2	1375868-02	Huacsahsh 2	Pariaucro	Pumarinri	283265	8848179	Lima	Cajatambo	Cajatambo	4 973	5 012	5 081	0,02	159,22	257,11	SW	6015422041	0,02	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283030E10417S	1375868-3 1375868-4 1375868-5	1375868-03	Huacsahsh 3	Pariaucro	Pumarinri	284318	8847769	Lima	Cajatambo	Cajatambo	4 945	5 311	5 637	0,33	1117,20	556,88	S	6015512021	1,09	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283026E10410S	1375868-6	1375868-04		Pariaucro	Pumarinri	283865	8848543	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 416	5 493	5 567	0,03	262,97	182,82	NE	6715010001	0,07	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283045E10395S	1375868-8 1375868-9	1375868-06	Pariaucro 1	Pariaucro	Pumarinri	285935	8850273	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 136	5 253	5 347	0,10	445,43	197,08	SW	6015411021	0,39	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283046E10398S	1375868-10	1375868-07	Pariaucro 2	Pariaucro	Pumarinri	286089	8849978	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 222	5 282	5 328	0,01	120,46	118,30	S	6015012021	0,01	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283054E10403S	1375868-11	1375868-08	Pariaucro 3	Pariaucro	Pumarinri	286920	8849372	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 075	5 204	5 368	0,15	438,16	756,65	SW	6015512021	0,45	S7_060815	21-j-III-SO	2

\* Inventario del 2007

\*\* Inventario del 2015

VERTIENTE: Pacífico

CUENCA: Pativilca

SUBCUENCA: Rapay

Código			Nombre	Sistema Glaciar	Microcuenca	UTM		Ubicación Política			Altitud (msnm)			Superf. (km²)	Largo Max (m)	Ancho Max (m)	Orient. Pred.	Clasificación GLIMS	Volumen (10 <sup>6</sup> m³)	Código de Imagen satelital	N° Hoja	N° Mapa
Internacional	Nacional*	Nacional**				Este	Norte	Región	Provincia	Distrito	Min.	Med.	Máx.									
G283061E10410S	1375868-12 1375868-13	1375868-09	Mitopunta	Pariaucro	Pumarinri	287676	8848568	Lima	Cajatambo	Cajatambo	4 935	5 292	5 559	1,74	1763,19	1757,53	W	5310112021	33,81	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283059E10425S	1375868-14	1375868-10		Pariaucro	Pumarinri	287509	8846987	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 147	5 221	5 297	0,04	260,10	207,45	SW	6015210021	0,13	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283064E10422S	1375868-15	1375868-11		Pariaucro	Pumarinri	288020	8847253	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 006	5 292	5 550	0,27	868,46	494,36	S	6015412021	1,83	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283068E10412S	1375868-16	1375868-12		Pariaucro	Pumarinri	288464	8848423	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 247	5 300	5 363	0,01	136,91	63,17	SE	6715212021	0,01	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283069E10408S	1375868-17	1375868-13		Pariaucro	Pumarinri	288643	8848858	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 047	5 368	5 568	0,28	699,47	502,90	SE	6015412021	1,26	S7_060815	21-j-III-SO	2
G283077E10409S	1375868-18 1375868-19	1375868-14	Yanayacu	Pariaucro	Pumarinri	289436	8848762	Lima	Cajatambo	Cajatambo	4 979	5 244	5 450	0,22	650,84	530,87	S	6015012021	1,02	S7_060815	21-j-III-SO	3
G283088E10425S	1375868-20	1375868-15		Pariaucro	Pumarinri	290694	8847001	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 288	5 367	5 400	0,02	280,17	139,81	W	6015212001	0,04	S7_060815	21-j-III-SO	3
G283116E10401S	1375868-21 1375868-22	1375868-16	Atuscancha 2	Yerupajá	Pumarinri	293797	8849623	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 007	5 165	5 251	0,50	846,46	638,21	SW	6015012001	3,79	S7_060815	21-j-III-SO	3
G283125E10409S	1375868-23	1375868-17		Yerupajá	Pumarinri	294713	8848808	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 125	5 256	5 400	0,29	548,39	680,20	SE	6015012001	1,60	S7_060815	21-j-III-SE, 21-j-III-SO	3
G283126E10390S	1375868-25	1375868-19		Yerupajá	Pumarinri	294817	8850869	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 123	5 220	5 359	0,05	422,33	282,62	S	6015212001	0,25	S7_060815	21-j-III-SE	3
G283126E10386S	1375868-26	1375868-20		Yerupajá	Pumarinri	294878	8851252	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 205	5 396	5 550	0,12	544,54	192,00	SE	6015013001	0,57	S7_060815	21-j-III-SE	3
G283127E10380S	1375868-27	1375868-21		Yerupajá	Pumarinri	294956	8851986	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 303	5 438	5 541	0,02	256,80	121,93	SE	6715212001	0,04	S7_060815	21-j-III-SE	3
G283131E10381S	1375868-28 1375868-29 1375868-30 1375868-31 1375868-32	1375868-22	Puscanturpa	Yerupajá	Pumarinri	295380	8851893	Lima	Cajatambo	Cajatambo	4 933	5 148	5 384	0,18	487,02	310,46	S	6715211021	0,72	S7_060815	21-j-III-SE	3
G283136E10376S	1375868-33	1375868-23	Puscanturpa 2	Yerupajá	Pumarinri	295869	8852438	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 199	5 308	5 400	0,01	287,74	164,49	SE	6015211041	0,08	S7_060815	21-j-III-SE	3
G283014E10299S	1375869-1 1375869-2 1375869-3	1375869-01	Suerococha 1	Yerupajá	Huayllapa	282469	8860874	Lima	Cajatambo	Copa	4 882	5 087	5 216	0,12	590,79	266,37	SW	6015412041	0,82	S7_060815	21-j-III-NO	3
G283023E10305S	1375869-4	1375869-02	Suerococha 2	Yerupajá	Huayllapa	283525	8860158	Lima	Cajatambo	Copa	4 919	5 147	5 350	0,57	701,28	901,41	SW	6015512001	3,78	S7_060815	21-j-III-NO	3
G283023E10313S	1375869-5	1375869-03	Clavelcocha	Yerupajá	Huayllapa	283470	8859358	Lima	Cajatambo	Copa	5 095	5 132	5 163	0,03	99,00	277,61	W	6015412021	0,04	S7_060815	21-j-III-NO	3
G283023E10321S	1375869-6 1375869-8	1375869-04	Jullulahuarc 2	Yerupajá	Huayllapa	283460	8858445	Lima	Cajatambo	Copa	4 997	5 146	5 350	0,05	213,98	183,80	SW	6715212021	0,15	S7_060815	21-j-III-NO	3
G283024E10326S	1375869-7	1375869-05	Jullulahuarc	Yerupajá	Huayllapa	283636	8857907	Lima	Cajatambo	Copa	5 185	5 232	5 276	0,01	89,25	107,13	NW	6015212041	0,01	S7_060815	21-j-III-NO	3
G283031E10328S	1375869-10 1375869-11	1375869-07	Uccococha 2	Yerupajá	Huayllapa	284345	8857653	Lima	Cajatambo	Copa	4 985	5 181	5 388	0,21	565,37	583,73	S	6015412041	1,17	S7_060815	21-j-III-NO	3
G283035E10312S	1375869-12	1375869-08	Auxilio 2	Yerupajá	Huayllapa	284861	8859472	Lima	Cajatambo	Copa	4 941	5 203	5 499	1,27	1473,89	1711,85	SW	650112241	14,07	S7_060815	21-j-III-NO	3
G283043E10315S	1375869-13	1375869-09		Yerupajá	Huayllapa	285729	8859057	Lima	Cajatambo	Copa	5 305	5 429	5 555	0,08	138,06	520,41	S	6715212041	0,12	S7_060815	21-j-III-NO	3
G283047E10316S	1375869-14	1375869-10		Yerupajá	Huayllapa	286145	8858964	Lima	Cajatambo	Copa	5 133	5 276	5 376	0,09	357,55	319,70	S	6015012001	0,23	S7_060815	21-j-III-NO	3
G283040E10312S	1375869-15	1375869-11		Yerupajá	Huayllapa	285390	8859475	Lima	Cajatambo	Copa	5 337	5 359	5 390	0,01	65,33	173,57	N	6015010001	0,01	S7_060815	21-j-III-NO	3

\* Inventario del 2007

\*\* Inventario del 2015

Continúa ///...

VERTIENTE: Pacífico

CUENCA: Pativilca

SUBCUENCA: Rapay

Código			Nombre	Sistema Glaciar	Microcuenca	UTM		Ubicación Política			Altitud (msnm)			Superf. (km²)	Largo Max (m)	Ancho Max (m)	Orient. Pred.	Clasificación GLIMS	Volumen (10 <sup>6</sup> m³)	Código de Imagen satelital	Nº Hoja	Nº Mapa			
Internacional	Nacional*	Nacional**				Este	Norte	Región	Provincia	Distrito	Min.	Med.	Máx.												
G283040E10305S	1375869-16	1375869-12	Segya	Yerupajá	Huayllapa	285372	8860157	Lima	Cajatambo	Copa	5 055	5 331	5 614	0,56	1299,36	586,89	S	630112222	5,53	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283047E10298S	1375869-17 1375869-18	1375869-13	Segya 2	Yerupajá	Huayllapa	286154	8861013	Lima	Cajatambo	Copa	5 010	5 264	5 500	0,64	1000,05	1120,40	S	6410112042	8,69	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283053E10292S	1375869-19 1375869-20	1375869-14	Segya 3	Yerupajá	Huayllapa	286797	8861639	Lima	Cajatambo	Copa	4 986	5 283	5 600	0,55	875,60	580,08	S	6015512021	6,34	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283064E10287S	1375869-21 1375869-22	1375869-15	Segya 4	Yerupajá	Huayllapa	287980	8862241	Lima	Cajatambo	Copa	5 000	5 234	5 504	0,25	378,56	466,42	S	6015512021	1,87	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283062E10280S	1375869-23	1375869-16		Yerupajá	Huayllapa	287770	8862987	Lima	Cajatambo	Copa	5 342	5 378	5 400	0,01	80,00	119,42	E	6015010001	0,01	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283078E10282S	1375869-24 1375869-25	1375869-17	Ccaramarca	Yerupajá	Huayllapa	289469	8862782	Lima	Cajatambo	Copa	4 804	5 283	6 002	1,51	1275,83	2155,82	SW	6310512041	21,42	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283070E10328S	1375869-26	1375869-18	Ccaramarca 2	Yerupajá	Huayllapa	288664	8857659	Lima	Cajatambo	Copa	5 118	5 342	5 500	0,09	609,66	253,11	NW	6015412021	0,39	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283070E10334S	1375869-27	1375869-19	Ccaramarca 3	Yerupajá	Huayllapa	288697	8857055	Lima	Cajatambo	Copa	5 395	5 479	5 544	0,01	82,01	187,43	W	6715212041	0,02	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283095E10290S	1375869-28 1375869-29	1375869-20	Sarapo	Yerupajá	Huayllapa	291334	8861868	Lima	Cajatambo	Copa	4 547	5 444	6 400	4,70	3641,48	3507,81	SW	5210112441	170,56	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283096E10306S	1375869-30	1375869-21		Yerupajá	Huayllapa	291498	8860167	Lima	Cajatambo	Copa	5 071	5 239	5 476	0,10	387,98	350,20	W	6015312001	0,64	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283105E10312S	1375869-31	1375869-22	Rurugallay	Yerupajá	Huayllapa	292531	8859429	Lima	Cajatambo	Copa	4 688	5 298	6 064	1,02	1470,57	1123,63	SW	6415312041	19,99	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283119E10321S	1375869-32 1375869-33 1375869-34	1375869-23	Jurao	Yerupajá	Huayllapa	294051	8858517	Lima	Cajatambo	Cajatambo	4 631	5 241	5 955	4,25	2241,92	2955,04	SW	6410311241	131,57	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283115E10350S	1375869-35	1375869-24		Yerupajá	Huayllapa	293582	8855313	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 114	5 191	5 300	0,21	1016,22	382,46	S	6015012001	1,55	S7_060815	21-j-III-NO	3			
G283132E10369S	1375869-36 1375869-37 1375869-38	1375869-25	Huancopatay	Yerupajá	Huayllapa	295511	8853241	Lima	Cajatambo	Cajatambo	4 992	5 138	5 336	0,16	529,65	392,53	W	6715211021	1,03	S7_060815	21-j-III-NE	3			
G283132E10372S	1375869-39	1375869-26		Yerupajá	Huayllapa	295489	8852816	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 038	5 157	5 300	0,06	427,54	278,95	W	6715212021	0,29	S7_060815	21-j-III-NE	3			
G283125E10388S	1375869-40	1375869-27		Yerupajá	Huayllapa	294733	8851117	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 146	5 339	5 530	0,11	521,24	326,27	SW	6015512001	0,29	S7_060815	21-j-III-SO	3			
G283085E10406S	1375869-41	1375869-28	Cochapampa 1	Pariaucro	Huayllapa	290396	8849029	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 347	5 356	5 380	0,01	130,07	152,61	N	6015012021	0,01	S7_060815	21-j-III-SO	3			
G283071E10405S	1375869-42	1375869-29	Yanaragra 1	Pariaucro	Huayllapa	288845	8849147	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 390	5 450	5 500	0,02	117,39	179,00	N	6015012021	0,02	S7_060815	21-j-III-SO	3			
G283069E10404S	1375869-43	1375869-30	Yanaragra 2	Pariaucro	Huayllapa	288578	8849246	Lima	Cajatambo	Cajatambo	5 378	5 445	5 500	0,02	141,64	157,00	N	6715012021	0,03	S7_060815	21-j-III-SO	3			
													<b>Total</b>	<b>21,12</b>											

\* Inventario del 2007

\*\* Inventario del 2015

VERTIENTE: Atlántico

CUENCA: Maraón

SUBCUENCA: Nupe

Código			Nombre	Sistema Glaciar	Microcuenca	UTM		Ubicación Política			Altitud (msnm)			Superf. (km²)	Largo Max (m)	Ancho Max (m)	Orient. Pred.	Clasificación GLIMS	Volumen (10° m³)	Código de Imagen satelital	N° Hoja	N° Mapa
Internacional	Nacional*	Nacional**				Este	Norte	Región	Provincia	Distrito	Min.	Med.	Máx.									
G283137E10371S	4989996-4	4989996-01	Puscanturpa 3	Yerupajá	Huayhuash	296055	8852959	Huánuco	Lauricocha	Jesús	5 026	5 226	5 429	0,46	732,01	1110,55	E	6015311021	4,63	S7_060815	21-j-III-NE	4
G283130E10342S	4989996-5	4989996-02		Yerupajá	Huayhuash	295193	8856185	Huánuco	Lauricocha	Jesús	4 884	5 185	5 629	0,46	1025,45	909,60	S	6515012021	8,29	S7_060815	21-j-III-NE	4
G283136E10338S	4989996-6	4989996-03		Yerupajá	Huayhuash	295885	8856630	Huánuco	Lauricocha	Jesús	5 027	5 171	5 302	0,05	378,41	198,95	SE	6715012021	0,24	S7_060815	21-j-III-NE	4
G283130E10336S	4989996-7 4989996-8 4989996-9	4989996-04	Huayhuash	Yerupajá	Huayhuash	295231	8856838	Huánuco	Lauricocha	Jesús	4 989	5 244	5 629	0,61	0,00	0,00	E	6015212021	3,68	S7_060815	21-j-III-NE	4
G283130E10321S	4989996-10	4989996-05	Cuncan	Yerupajá	Huayhuash	295186	8858500	Huánuco	Lauricocha	Jesús	5 024	5 284	5 600	0,66	831,98	904,22	NE	6015212041	6,00	S7_060815	21-j-III-NO,21-j-III-NE	4
G283125E10309S	4989996-11 4989996-12	4989996-06	Carnicero	Yerupajá	Huayhuash	294709	8859873	Huánuco	Lauricocha	Jesús	4 724	5 309	5 955	0,95	1542,25	821,82	E	6015412041	8,51	S7_060815	21-j-III-NO,21-j-III-NE	4
G283129E10302S	4989996-13	4989996-07	Carnicero 2	Yerupajá	Huayhuash	295149	8860639	Huánuco	Lauricocha	Jesús	4 986	5 237	5 576	0,41	655,09	998,79	E	6015412001	1,82	S7_060815	21-j-III-NE	4
G283118E10307S	4989996-14 4989996-15 4989996-16 4989996-17 4989996-18 4989996-19 4989996-20 4989996-21	4989996-08	Sarapo Este	Yerupajá	Carhuacocha	293914	8859996	Huánuco	Lauricocha	Jesús	4 507	5 441	6 324	3,14	3153,99	1848,95	NE	5410312141	81,77	S7_060815	21-j-III-NO,21-j-III-NE	4
G283122E10273S	4989996-22	4989996-09	Carhuac	Yerupajá	Carhuacocha	294275	8863775	Huánuco	Lauricocha	Jesús	4 379	4 459	4 535	0,02	180,05	200,09	NE	7015021042	0,02	S7_060815	21-j-III-NO	4
G283107E10278S	4989996-23	4989996-10	Siula Este	Yerupajá	Carhuacocha	292669	8863290	Huánuco	Lauricocha	Jesús	4 650	5 620	6 610	5,08	2923,91	3780,22	NE	6210213041	143,68	S7_060815	21-j-III-NO	4
G283098E10257S	4989996-24 4989996-25 4989996-26 4989996-27 4989996-28	4989996-11	Yerupajá 2	Yerupajá	Carhuacocha	291649	8865559	Huánuco	Lauricocha	Queropalca	4 536	5 530	6 610	1,61	2137,92	751,33	NE	6410212021	22,92	S7_060815	21-j-III-NO	4
G283102E10246S	4989996-29 4989996-30 4989996-31 4989996-32 4989996-33 4989996-34 4989996-35 4989996-36 4989996-37	4989996-12	Jirishanca	Yerupajá	Carhuacocha	292070	8866823	Huánuco	Lauricocha	Queropalca	4 804	5 374	6 018	0,67	1429,09	711,70	E	6415212021	8,11	S7_060815	21-j-IV-SO	4
G283106E10233S	4989996-38	4989996-13		Yerupajá	Carhuacocha	292591	8868247	Huánuco	Lauricocha	Queropalca	4 816	5 092	5 427	0,41	920,78	626,87	SE	6715213021	5,90	S7_060815	21-j-IV-SO	4
G283112E10229S	4989996-39	4989996-14		Yerupajá	Carhuacocha	293146	8868661	Huánuco	Lauricocha	Queropalca	5 065	5 115	5 172	0,02	150,85	192,25	N	6715212021	0,04	S7_060815	21-j-IV-SO	4
G283097E10228S	4989996-40 4989996-41 4989996-42 4989996-43 4989996-44 4989996-45 4989996-46	4989996-15	Jirishanca 2	Yerupajá	Carhuacocha	291583	8868740	Huánuco	Lauricocha	Queropalca	4 774	5 324	6 021	1,93	1158,11	1970,81	NE	6010212021	45,12	S7_060815	21-j-IV-SO	4

\* Inventario del 2007

\*\* Inventario del 2015

Continúa ///...

VERTIENTE: Atlántico

CUENCA: Marañon

SUBCUENCA: Nupe

Código			Nombre	Sistema Glaciar	Microcuenca	UTM		Ubicación Política			Altitud (msnm)			Superf. (km²)	Largo Max (m)	Ancho Max (m)	Orient. Pred.	Clasificación GLIMS	Volumen (10 <sup>6</sup> m³)	Código de Imagen satelital	Nº Hoja	Nº Mapa			
Internacional	Nacional*	Nacional**				Este	Norte	Región	Provincia	Distrito	Min.	Med.	Máx.												
G283089E10218S	4989996-47	4989996-16		Yerupajá	Carhuacochoa	290646	8869907	Huánuco	Lauricocha	Queropalca	4 865	5 226	5 705	0,32	1274,44	529,94	NE	6415212001	4,79	S7_060815	21-j-IV-SO	4			
G283087E10215S	4989996-48	4989996-17	Ninashanka 1	Yerupajá	Carhuacochoa	290409	8870218	Huánuco	Lauricocha	Queropalca	5 309	5 488	5 604	0,03	346,05	139,19	E	6015213001	0,09	S7_060815	21-j-IV-SO	4			
G283089E10211S	4989996-49	4989996-18	Ninashanka 2	Yerupajá	Carhuacochoa	290700	8870673	Huánuco	Lauricocha	Queropalca	5 183	5 372	5 600	0,07	658,46	253,89	E	6015213001	0,21	S7_060815	21-j-IV-SO	4			
													<b>Total</b>	<b>16,90</b>											

\* Inventario del 2007

\*\* Inventario del 2015



## 1.2 Listado de Mapas

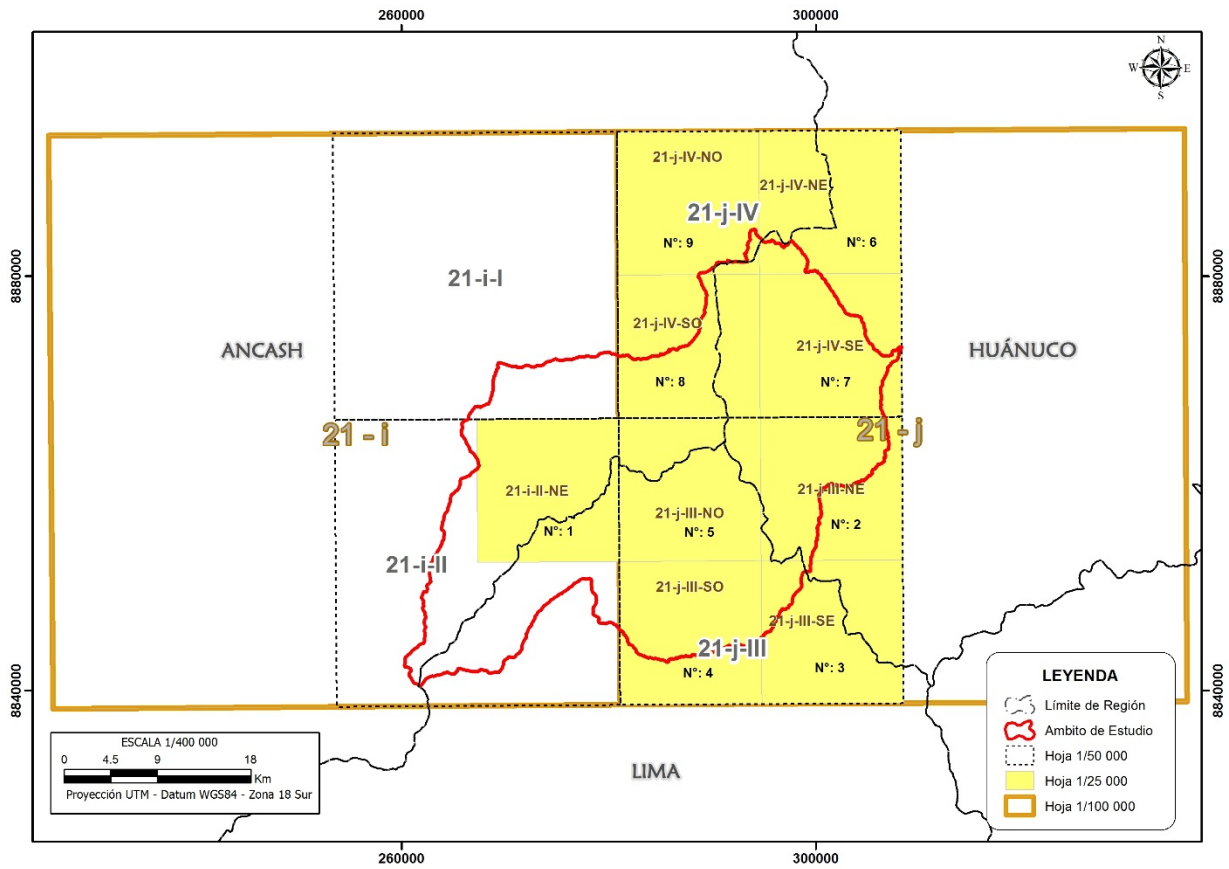
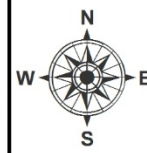
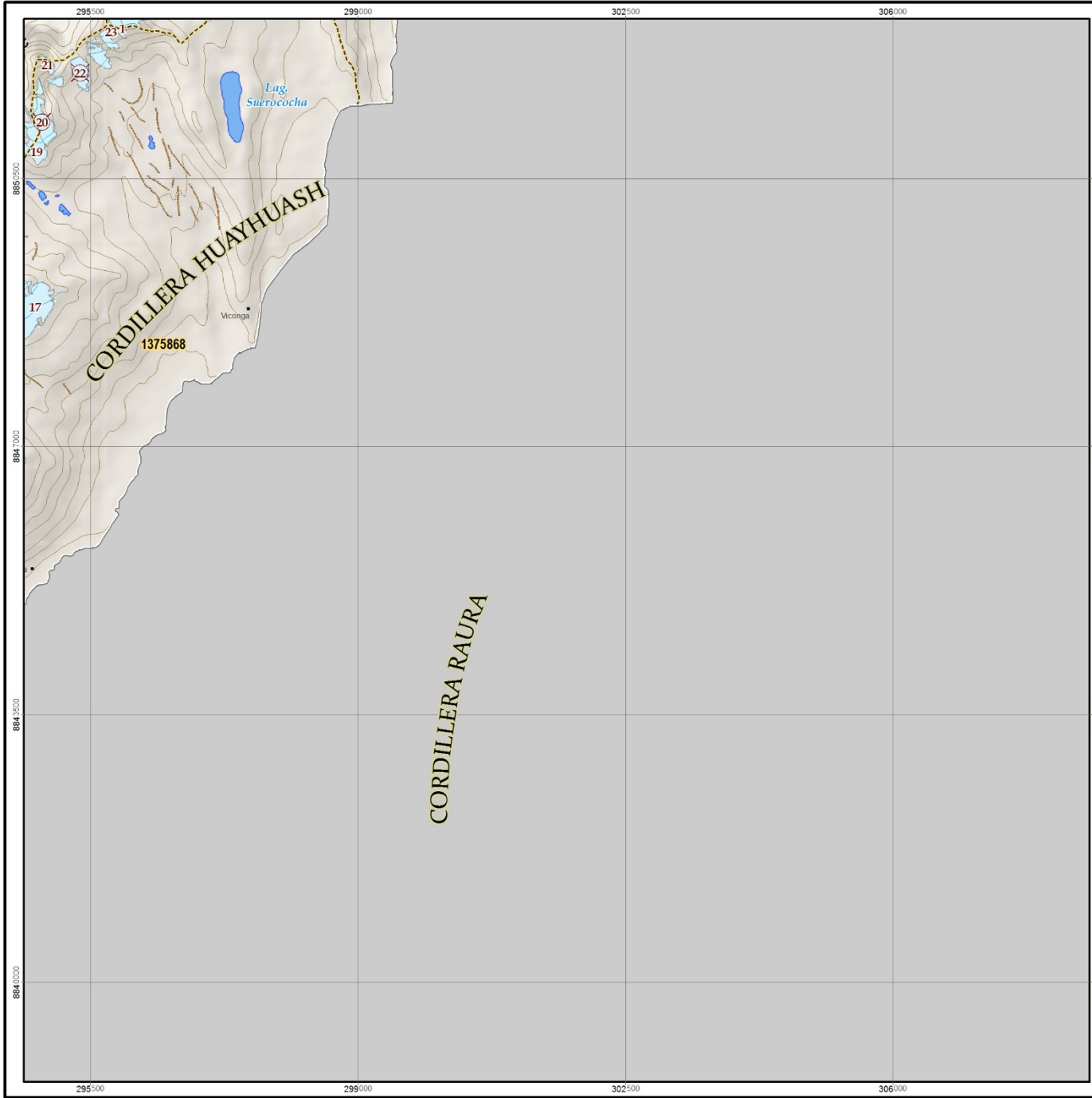
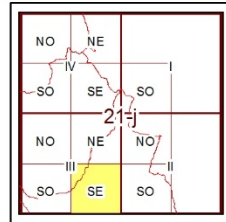


Figura 14. Mapa índice de empalme del inventario de glaciares de la cordillera Huayhuash  
Fuente: UGRH – DCPRH





**UBICACIÓN N° HOJA**



**LEYENDA**

- Glaciar
- Numeral de Glaciar
- Cantidad de fragmentos
- Morrena
- Límite de cuenca Pfafstetter
- 1234567** Código pfafstetter de cuenca
- Límite de cordillera

**SIGNOS CONVENCIONALES**

- Capital de departamento
- Capital de provincia
- Capital de distrito
- Centro Poblado
- Perímetro urbano
- Carretera asfaltada
- Carretera afirmada
- Curvas de nivel y cota (cada 100 m)
- Cotas IGN
- Señales IGN
- Río
- Laguna

REPÚBLICA DEL PERÚ  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
**AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**  
 DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN Y PLANEAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS  
 UNIDAD DE GLACIOLOGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS

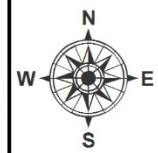
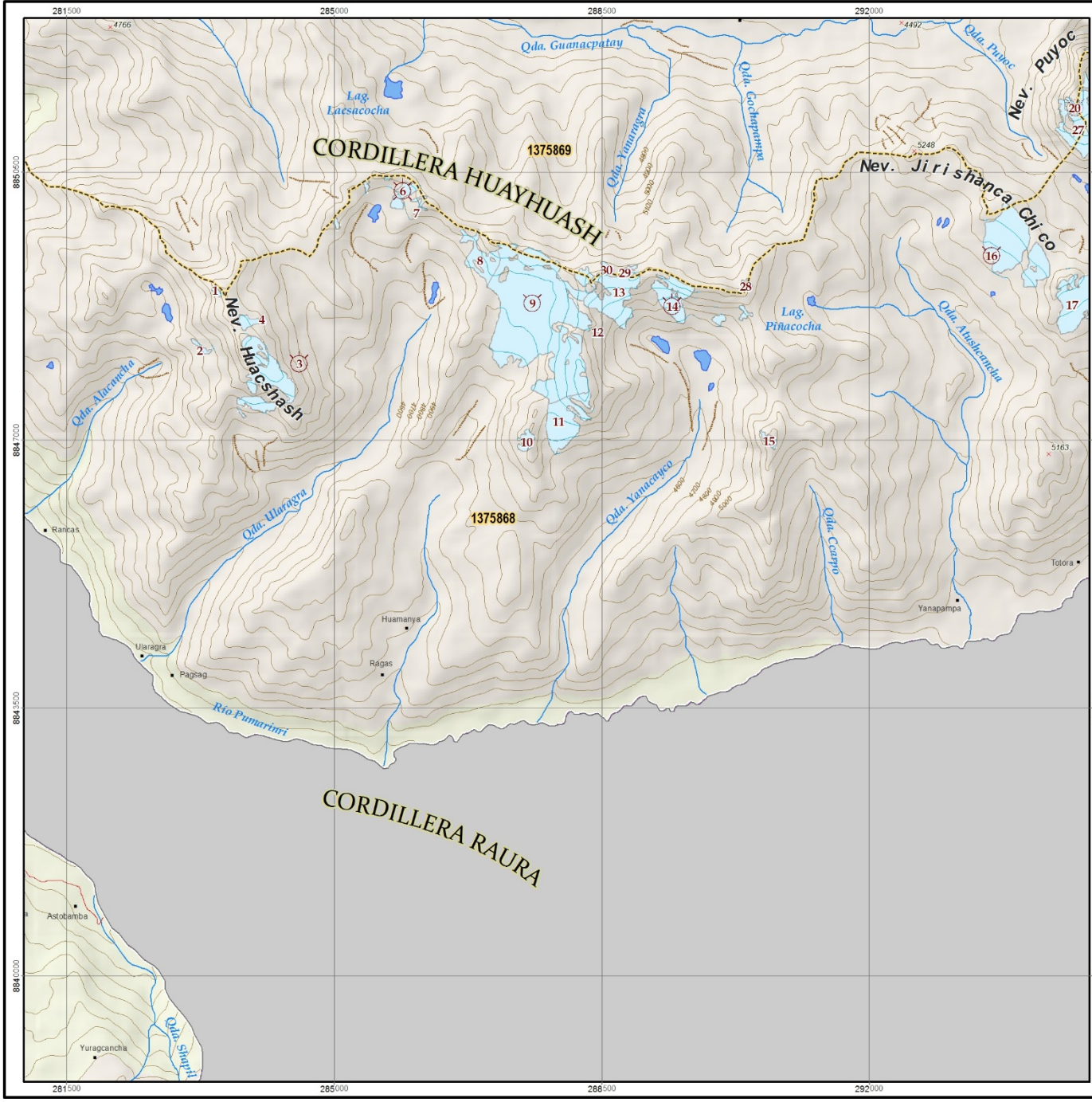


**MAPA DEL INVENTARIO DE GLACIARES  
 DE LA CORDILLERA HUAYHUASH**

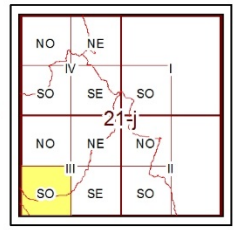


MAPA N° :  
**2**  
 Fecha : Setiembre, 2016





**UBICACIÓN N° HOJA**



**LEYENDA**

- Glaciar
- Numeral de Glaciar
- Cantidad de fragmentos
- Morrena
- Límite de cuenca Pfafstetter
- Código pfafstetter de cuenca
- Límite de cordillera

**SIGNOS CONVENCIONALES**

- Capital de departamento
- Capital de provincia
- Capital de distrito
- Centro Poblado
- Perímetro urbano
- Carretera asfaltada
- Carretera afirmada
- Curvas de nivel y cota (cada 100 m)
- Cotas IGN
- Señales IGN
- Río
- Laguna

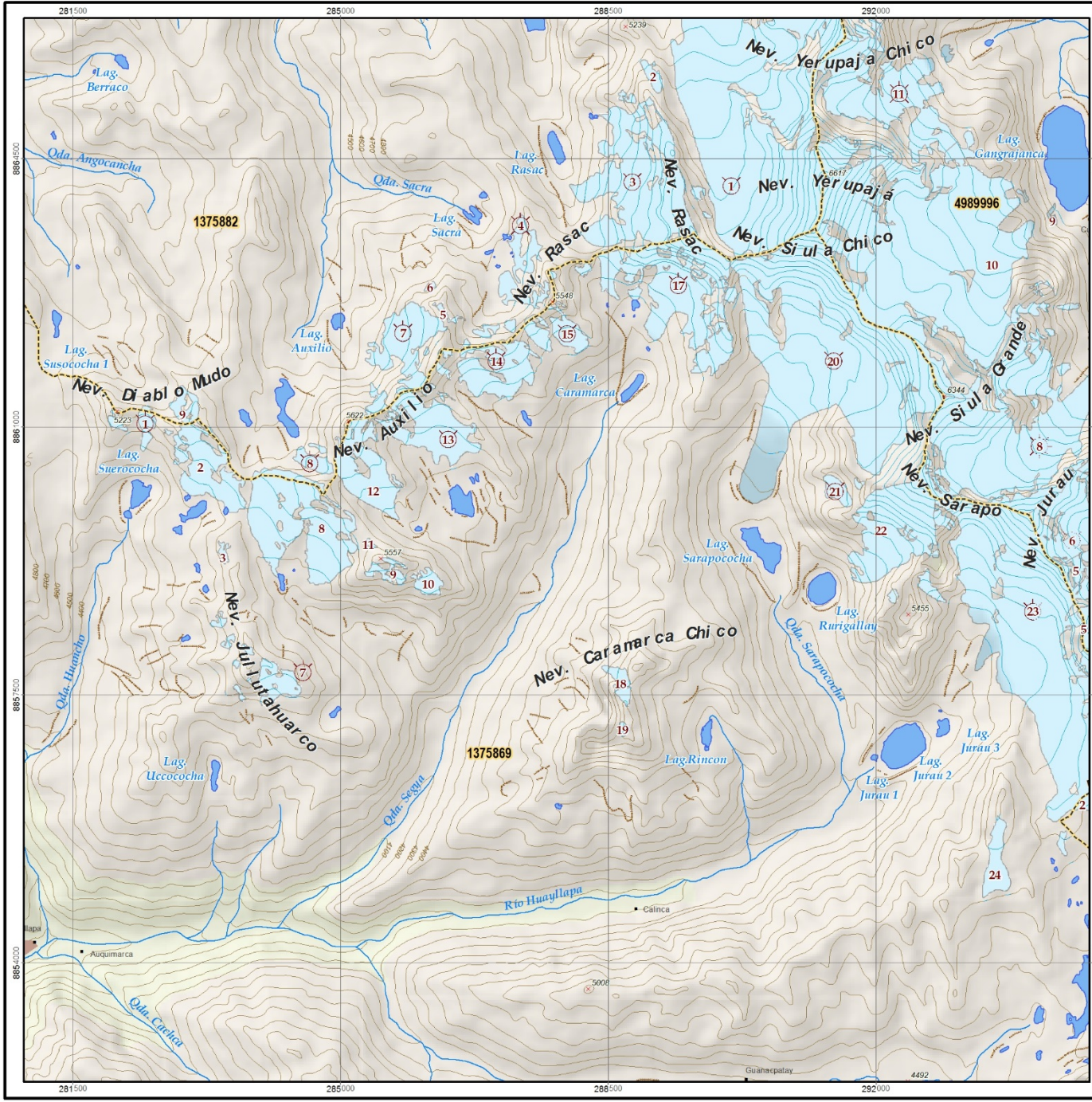
REPÚBLICA DEL PERÚ  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
**AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**  
 DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN Y PLANEAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS  
 UNIDAD DE GLACIOLOGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS

**MAPA DEL INVENTARIO DE GLACIARES  
 DE LA CORDILLERA HUAYHUASH**

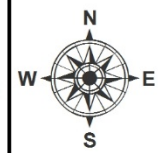
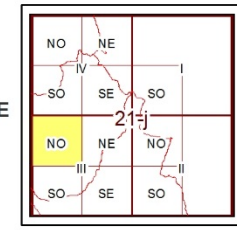
ESCALA 1 : 75 000  
 0 0.5 1 2 3 Km.  
 Proyección UTM - Datum WGS84 - Zona 18 Sur  
 Fecha : Setiembre, 2016

MAPA N° :  
**3**





**UBICACIÓN N° HOJA**



**LEYENDA**

- Glaciar
- Numeral de Glaciar
- Cantidad de fragmentos
- Morrena
- Límite de cuenca Pfafstetter
- Código pfafstetter de cuenca
- Límite de cordillera

**SIGNOS CONVENCIONALES**

- Capital de departamento
- Capital de provincia
- Capital de distrito
- Centro Poblado
- Perímetro urbano
- Carretera asfaltada
- Carretera afirmada
- Curvas de nivel y cota (cada 100 m)
- Cotas IGN
- Señales IGN
- Río
- Laguna

REPÚBLICA DEL PERÚ  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
**AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**  
 DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN Y PLANEAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS  
 UNIDAD DE GLACIOLOGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS

**MAPA DEL INVENTARIO DE GLACIARES  
 DE LA CORDILLERA HUAYHUASH**

ESCALA 1 : 75 000  
 0 0.5 1 2 3 Km  
 Proyección UTM - Datum WGS84 - Zona 18 Sur  
 Fecha : Setiembre, 2016

MAPA N° :  
**4**







## 2. LISTADO ALFABÉTICO DE GLACIARES SEGÚN NOMBRES

NOMBRE	CÓDIGO NACIONAL	VERTIENTE	CUENCA	Nº PAGINA	Nº MAPA
<b>A</b>					
Atuscancha 2	1375868-16	Pacífico	Pativilca	46	3
Auxilio	1375882-08	Pacífico	Pativilca	45	4
Auxilio 2	1375869-08	Pacífico	Pativilca	46	4
<b>C</b>					
Carhuac	4989996-09	Atlántico	Marañón	48	4
Carnicero	4989996-06	Atlántico	Marañón	48	1 / 4
Carnicero 2	4989996-07	Atlántico	Marañón	48	1 / 4
Ccaramarca	1375869-17	Pacífico	Pativilca	47	4
Ccaramarca 2	1375869-18	Pacífico	Pativilca	47	4
Ccaramarca 3	1375869-19	Pacífico	Pativilca	47	4
Clavelcocha	1375869-03	Pacífico	Pativilca	46	4
Cochapampa 1	1375869-28	Pacífico	Pativilca	47	3
Cuncan	4989996-05	Atlántico	Marañón	48	1 / 4
<b>H</b>					
Huacsahsh 1	1375868-01	Pacífico	Pativilca	45	3
Huacsahsh 3	1375868-03	Pacífico	Pativilca	45	3
Huacsahsh 2	1375868-02	Pacífico	Pativilca	45	3
Huancopatay	1375869-25	Pacífico	Pativilca	47	1 / 4
Huayhuash	4989996-04	Atlántico	Marañón	48	1
<b>J</b>					
Jirishanca	4989996-12	Atlántico	Marañón	48	4 / 5
Jirishanca 2	4989996-15	Atlántico	Marañón	48	5
Jullutahuarc	1375869-05	Pacífico	Pativilca	46	4
Jullutahuarc 2	1375869-04	Pacífico	Pativilca	46	4
Jurao	1375869-23	Pacífico	Pativilca	47	1 / 4
<b>M</b>					
Mitopunta	1375868-09	Pacífico	Pativilca	46	3
<b>Ñ</b>					
Ninashanka 1	4989996-17	Atlántico	Marañón	49	5
Ninashanka 2	4989996-18	Atlántico	Marañón	49	5
<b>P</b>					
Pariaucro 1	1375868-06	Pacífico	Pativilca	45	3
Pariaucro 2	1375868-07	Pacífico	Pativilca	45	3
Pariaucro 3	1375868-08	Pacífico	Pativilca	45	3
Puscanturpa	1375868-22	Pacífico	Pativilca	46	2

## 1.1.

NOMBRE	CÓDIGO NACIONAL	VERTIENTE	CUENCA	Nº PAGINA	Nº MAPA
<b>P</b>					
Puscanturpa 2	1375868-23	Pacífico	Pativilca	46	2
Puscanturpa 3	4989996-01	Atlántico	Marañón	48	1 / 2
<b>R</b>					
Rasac 1	1375882-02	Pacífico	Pativilca	45	4
Rasac 2	1375882-03	Pacífico	Pativilca	45	4
Rondoy	1375886-01	Pacífico	Pativilca	45	5
Rurugallay	1375869-22	Pacífico	Pativilca	47	4
<b>S</b>					
Sarapo	1375869-20	Pacífico	Pativilca	47	4
Sarapo Este 1	4989996-08	Atlántico	Marañón	48	1 / 4
Segya	1375869-12	Pacífico	Pativilca	47	4
Segya 2	1375869-13	Pacífico	Pativilca	47	4
Segya 3	1375869-14	Pacífico	Pativilca	47	4
Segya 4	1375869-15	Pacífico	Pativilca	47	4
Siula Este	4989996-10	Atlántico	Marañón	48	4
Suerococha 1	1375869-01	Pacífico	Pativilca	46	4
Suerococha 2	1375869-02	Pacífico	Pativilca	46	4
<b>T</b>					
Tsacra 1	1375882-04	Pacífico	Pativilca	45	4
Tsacra 2	1375882-06	Pacífico	Pativilca	45	4
Tsacra 3	1375882-07	Pacífico	Pativilca	45	4
<b>U</b>					
Uccococha 2	1375869-07	Pacífico	Pativilca	46	4
<b>Y</b>					
Yanaragra 1	1375869-29	Pacífico	Pativilca	47	3
Yanaragra 2	1375869-30	Pacífico	Pativilca	47	3
Yanayacu	1375868-14	Pacífico	Pativilca	46	3
Yerupajá	1375882-01	Pacífico	Pativilca	45	4 / 5
Yerupajá 2	4989996-11	Atlántico	Marañón	48	4

