

INVENTARIO NACIONAL DE **GLACIARES** Y **LAGUNAS**

GLACIARES



Autoridad Nacional del Agua

Información del Inventario de Glaciares y Lagunas, para el Foro Internacional

1. Información General

1.1. Introducción

El cambio climático ha ocasionado cambios significativos en diferentes ecosistemas terrestres y marinos, resaltando el impacto negativo en los glaciares tropicales denominado retroceso glaciar. Este proceso se evidencia porque son masas sensibles y excelentes indicadores a las variaciones del clima. Los Andes peruanos contienen el 71% de los glaciares tropicales de Sudamérica, los cuales están distribuidos en 19 cordilleras nevadas divididos en 3 sectores: Norte, Centro y Sur. En tal sentido el Perú tiene un gran potencial hídrico en las cuencas hidrográficas. Por lo tanto es necesario estudiar los glaciares en cuanto a la cantidad, distribución, caracterización y dinámica, porque son componentes importantes para el desarrollo de los ecosistemas y la disponibilidad hídrica en estación austral.

La investigación glaciológica en el Perú, llegó a constituirse en el año 1966 con el Departamento de Glaciología y Seguridad de Lagunas al interior de la Corporación Peruana del Santa, a raíz de los eventos catastróficos asociados a la dinámica de glaciar y lagunas, como el aluvión de Huaraz ocurrido el 13 de Diciembre de 1941. En 1976 siendo parte del Instituto de Geología y Minería, éste departamento ve ampliada su gestión a nivel nacional, iniciándose el inventario de los glaciares de todas las cordilleras nevadas del Perú. Este primer Inventario Nacional de Glaciares tuvo 13 años de duración, fue concluido en el año 1989, siendo parte de la empresa eléctrica HIDRANDINA S.A. El inventario 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, quienes brindaron las metodologías y las directivas que normaron la generación de información. Se conformaron brigadas de reconocimiento de campo y se utilizaron las fotografías aéreas de los años 1962/1970, llegando a identificar glaciares con una superficie mayor a los 0.005 km², determinándose en las cordilleras un total de 3,044 glaciares con una superficie de 2,041.85 km². Cabe precisar que en la cordillera Volcánica no se realizó el inventario de glaciares y en algunos sectores de las cordilleras Huaytapallana, Vilcabamba y Urubamba, no se inventariaron en su totalidad, debido a la escasa disponibilidad de fotografías aéreas.

En la actualización del inventario de glaciares, se caracteriza cada unidad glaciar, considerando las siguientes pautas: codificación nacional según el método Pfafstetter y la clasificación y codificación internacional según el proyecto GLIMS. La elaboración del inventario se realiza con tecnologías geoespaciales, a través de técnicas de percepción remota (teledetección) e inspección de campo, integrando la información cartográfica a un Sistema de Información Geográfica. Además se usó imágenes satelitales (Spot 5, Aster, Landsat y LissIII) de media resolución y modelos de elevación digital. Para la obtención de la cartografía glaciar se realiza procesamiento de imágenes satelitales y se aplica el algoritmo Normalized Difference Snow Index (NDSI) y se complementa con un análisis multi-temporal para determinar la persistencia de los glaciares y evitar la confusión con neviza o nieve temporal.

Los resultados obtenidos, corresponden al inventario de glaciares de 16 cordilleras nevadas del Perú, muestran un total de 2,561 glaciares con una superficie de 1,232.19

km². Las cordilleras de mayor extensión son: La cordillera Blanca (Andes del Norte), Vilcabamba (Andes del Centro) y Vilcanota (Andes del Sur) con 755, 374 y 355 glaciares y superficies de 527.62, 129.15 y 279.4 km² respectivamente. En general la altitud mínima de los glaciares inventariados se ubica sobre los 4,000 msnm.

Los glaciares inventariados han sufrido procesos de reducción en su geometría durante los últimos 40 años. La pérdida de superficie total es de 39 % según el inventario de 1970. Los glaciares pequeños son los más susceptibles a los cambios de superficie, identificándose en las cordilleras un total de 2,238 (87.39 %) glaciares con superficie \leq 1 km² y 323 (12.61 %) glaciares con superficie $>$ 1 km².

1.2. Objetivo

Actualizar el inventario de glaciares de las cordilleras Blanca, Huallanca, Huayhuash, Raura, La Viuda, Central, Chonta, Huagoruncho, Huaytapallana, Vilcanota, Carabaya, Apolobamba, La Raya, Volcánica, Vilcabamba y Urubamba con la descripción de las características morfométricas de los glaciares expuestos y cubiertos, ubicados en las cuencas y subcuencas hidrográficas del Perú, según las recomendaciones del programa Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS).

1.3. Metodología

El inventario de glaciares de las 16 cordilleras nevadas del Perú, se elaboró mediante técnicas de teledetección satelital, información de campo y herramientas informáticas, todas ellas integradas por un Sistema de Información Geográfica (SIG), utilizando los software ENVI, ARGIS y ERDAS. La realización del Inventario, en general, se desarrolló en varias fases de procesos, las que pueden ser agrupadas en tres etapas:

Etapas I, se realizó la sistematización de la información, recopilación de la cartografía nacional del ámbito de las cordilleras, elaboración de línea base de glaciares, selección y adquisición de imágenes satelitales y delimitación de cuencas hidrográficas según los métodos Pfafstetter y Strahler.

Etapas II, corrección geométrica y radiométrica de imágenes satelitales, obtención de la cobertura glaciaria, análisis multi-temporal, individualización de los glaciares, validación en campo, generación de atributos, definición de características estáticas y dinámicas.

Etapas III, elaboración de mapas y redacción informe final del Inventario.

A continuación se detallan los procesos de cada etapa:

Durante la Etapa I, se efectuó la sistematización de la información reuniendo y ordenando toda la información de estudios de monitoreo de glaciares, informes de inspección de campo, inventario de glaciares del Perú (1989) y toda otra información de interés. Paralelamente, se recopilaron la cartografía nacional a escala 1:100,000 en formato vectorial (curvas de nivel, ríos, lagunas, cotas y señales) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a partir de estos insumos se obtuvo un Modelo de Elevación Digital de 30 m con sus respectivos derivados (mapa de sombras, límites de cuencas preliminares, orientación, pendiente y altitud, estos tres últimos conocidos como parámetros glaciológicos) y el ámbito de las cordilleras ubicadas en los Andes del Perú. La elaboración de la línea base de los glaciares consiste en obtener las coberturas con sus respectivas características del primer inventario de glaciares publicado en 1989.

Las imágenes satelitales Spot 5, Aster, Rapideye, LISS III y Landsat, fueron seleccionadas y adquiridas teniendo en cuenta la mínima presencia de nubes, considerando un mismo año base y a la época del invierno austral.

El método Pfafstetter, fue 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 estándares internacionales. El sistema de delimitación y codificación Pfafstetter divide cada cuenca en 9 unidades de drenaje: 4 cuencas de superficies mayores numeradas con los dígitos pares 2, 4, 6 y 8 y las restantes reciben la denominación de intercuenas y se les asigna los dígitos impares 1, 3, 5, 7 y 9. Cada una de estas cuencas e intercuenas pueden continuar subdividiéndose en 9 unidades nuevas, llegando de esta manera a niveles superiores de clasificación (INRENA, 2007). Este insumo permitió asignarle un **código único a cada glaciar** a nivel nacional (Cuadro 1), que está compuesto por el código de la cuenca hidrográfica según el método Pfafstetter y el dígito numérico correlativo en base a la red hídrica de cada unidad hidrográfica del método mencionado anteriormente, ya sea en el nivel 6 o 7.

Cuadro 1. Codificación nacional de glaciares según Pfafstetter.

4	9	9	4	9	8	6	-	5
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7		Numero de glaciar

En la segunda etapa, se realizaron las calibraciones y/o correcciones de las imágenes satelitales como: **Corrección Geométrica**, que consiste en el posicionamiento de las imágenes en base a la cartografía nacional del IGN, a escala 1/100 000, donde se distribuye los puntos de control en coordenadas (x, y), considerando puntos de referencia en zonas fácilmente identificables y que no estén sujetas a dinamismo temporal, asimismo se usó el Modelo Digital de Elevación (MDE) tomando el valor de Error cuadrático medio (EMC) menor a 2 píxeles de las imágenes satelitales, esto condujo a determinar cómo escala de salida la proporción de 1/75 000 y la **Corrección Radiométrica**, permitió convertir los niveles digitales (ND) a valores de reflectividad, para esto se empleó el modelo simplificado propuesto por Chávez (Milder, 2008), esta corrección es aplicada en cada banda de las imágenes satelitales; después de ambos procesos, se aplicó el Normalized Difference Snow Index (NDSI) desarrollado por Dozier y un umbral de mayor a 0.4. Estas calibraciones sirven para corregir las distorsiones y desplazamientos del relieve terrestre y así obtener la cobertura glaciar. La naturaleza permanente o temporal de éstos glaciares obtenidos, se corroboró con el análisis multi-temporal que consiste en discriminar entre la neviza y el glaciar en los frentes y zonas adyacentes, con las imágenes satelitales LANDSAT de años anteriores de cada inventario. La individualización de los glaciares se realizó en base a la cobertura glaciar de la década de los años 70 y los límites de cuencas según Strhaler. La salida de campo tuvo por finalidad verificar y validar la cobertura glaciar obtenidas de las imágenes satelitales, así como obtener información básica de alguna toponimia de

los glaciares, ríos, entre otros. Al concluir el proceso de definición de los límites de la capa vectorial de la superficie glaciaria, a cada uno de ellos se le asoció su información geoespacial y caracterización, llegando a obtener una base de datos en la tabla de atributos, considerando los criterios que establece el proyecto GLIMS (Kääb, et al.). La caracterización de los glaciares se dividen en dos categorías de información: estática y dinámica como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2.- Caracterización de los glaciares.

Tipo	Variables
Estática	Nombre recodificado de cada glaciar inventariado
	Ubicación política: Departamento, Provincia, Distrito
	Nombre de la cuenca, subcuenca, microcuenca
	Código de cuenca según Pfafstetter
	Pendiente predominante del glaciar
	Orientación predominante del glaciar
Dinámica	Superficie en km ²
	Longitud máxima al interior del glaciar
	Ancho máximo al interior del glaciar
	Altitud mínima/máxima
	Clasificación primaria
	Forma
	Características frontales
	Características longitudinales
	Fuente principal de alimentación
	Actividad de la lengua
	Lenguas cubiertas de desechos
	Distancia promedio del retroceso
	Distancia promedio del retroceso anual
	El número de fragmentos en que se divide un glaciar del primer inventario, 1989
	Suma total en km ² de los fragmentos de un glaciar del inventario actual

Según, las consideraciones de proyecto GLIMS (Kääb, et al.), se determinó, el código internacional, compuesto por la latitud y longitud (WGS 84), el cual viene a representar la ubicación geográfica del glaciar descrita en el manual GLIMS (Raup y Jodha, 2007). Cuando las longitudes están al **oeste** son convertidos al **este** mediante la adición de 360 grados (-77.748 + 360 = 282.252). De esta manera los glaciares reciben una codificación única a nivel mundial.

Cuadro 3. Codificación internacional de glaciares según GLIMS.

G	286958E	13203S
CONSTANTE	LONGITUD	LATITUD

Tercera y última Etapa, consistió en la elaboración de los mapas, que se inicia con la sistematización de la información base a anotaciones, estas son distribuidas considerando la armonía en función de las capas vectoriales, evitando la superposición y saturación entre ellas. El equipo del área de Geomática en Hidroglaciología de la

Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos – Autoridad Nacional del Agua, determinó los parámetros para la elaboración de mapas, considerando la cartografía base del IGN, a escala 1/100 000 y el error de ajuste menor a 2 píxeles de las imágenes satelitales, se estableció la escala de salida a 1/75 000.

Para la elaboración del documento del Inventario de Glaciares, se exportaron los resultados en formato Excel para ser analizados estadísticamente (generación de gráficos de dispersión, cilíndricos, circulares y columnas; lista alfabética; cuadros y tablas), estos resultados procesados con los mapas elaborados permitieron redactar el documento final.

Por otro lado, ponemos en evidencia restricciones técnicas del inventario para que los usuarios de éstos datos los tengan en cuenta:

- En el proceso de ortorectificación no se utilizaron puntos de control de campo debido a la gran extensión del área de estudio y la inaccesibilidad topográfica de gran parte de ella impedían un recojo sistemático, eligiendo un procedimiento indirecto al hacer uso de la cartografía 1:100,000 existente.
- Las correcciones atmosféricas y topográficas fueron evaluadas, más no aplicadas.
- La reducción del sombreado topográfico para eliminar la confusión de los píxeles entre zonas oscuras y cuerpos negros fue realizada por el “método de corrección C” con dos variantes: 1) usando las bandas completas y el coseno del ángulo de iluminación y 2) usando una muestra recogida en los nevados en zonas de exposición y umbría (García, 2008). Llegando a verificar que su aplicación no contribuye significativamente a mejorar la clasificación de la cobertura glaciar.
- En cuanto a la corrección atmosférica, por carecer de información para aplicar modelos de corrección complejos (FLAASH, ATCOR) se usó el método de Warner (adaptación del modelo empírico de Chávez) mencionado por Milder, 2008. No obstante debido al muestreo relativo de píxeles que representen a un cuerpo oscuro en cada imagen, se llegó únicamente a determinar valores de reflectividad aparente.
- El área glaciar es una estimación de “áreas planas”, más no de “áreas reales”. La determinación de áreas reales implicaría una mejor aproximación en la medida que incluye el efecto de la pendiente, no obstante trae consigo varios aspectos por resolver entre ellos la resolución espacial del DEM, lo cual puede llevar a una sobre estimación en áreas en donde las laderas presentan cambios de pendiente en longitudes bastante cortas.
- El usar un DEM generado a partir de cartografía del IGN, desactualizada (fotografías aéreas del año 1970) y habiéndose producido cambios en los espesores y volúmenes de los glaciares en los últimos 30 años, las altitudes máximas podrían estar sobreestimadas, siendo un dato referencial.
- La caracterización de los glaciares según la clasificación del Proyecto GLIMS, define parámetros de evaluación para todos los glaciares del mundo, por lo cual algunos dígitos que consigna no se adecuan a las características regionales de nuestros glaciares, éste hecho condujo a realizar modificaciones al dígito 3: características frontales, creando 4 categorías (Normales o diversos, piedemonte, expandido, lobulado, desprendimiento, desprendimiento terrestre y no definido). Por lo que todavía se hace necesario validar criterios para los glaciares con características tropicales.

- En la medida que la estimación de la Altitud de la Línea de Equilibrio (ELA), se ha realizado a partir de métodos indirectos (AA), éste dato y el de la superficie de las zonas de acumulación y de ablación, deben ser considerados como referenciales y a manera de una primera aproximación.

2. Inventario de Glaciares

2.1. Superficie glaciar y altitudes

N°	Cordillera	Superficie glaciar UGRH			Altitud máxima	Altitud mínima
		Cantidad	km ²	año	msnm	msnm
1	Blanca	755	527,62	2003	6701	4249
2	Huallanca	43	7,01	2007	5300	4750
3	Huayhuash	144	55,27	2007	6617	4303
4	Raura	102	28,34	2007	5701	4620
5	Huagoruncho	41	9,71	2009	5719	4624
6	La Viuda	65	6,03	2007	5406	4892
7	Central	174	51,91	2007	5888	4713
8	Huaytapallana	105	26,40	2009	5555	4532
9	Chonta	29	1,40	2009	5272	4923
10	Ampato(*)	-	-	-	-	-
11	Urubamba	117	26,39	2009	5800	4413
12	Vilcabamba	355	129,15	2009	6200	4187
13	Huanzo(*)	-	-	-	-	-
14	Chila(*)	-	-	-	-	-
15	La Raya	25	3,06	2010	5468	5107
16	Vilcanota	374	279,40	2009	6364	4592
17	Carabaya	148	34,53	2009	5804	4676
18	Apolobamba	69	45,25	2010	6000	4835
19	Volcánica	15	0,72	2009	6055	5548
Total		2 561	1 232,19			

(*) En proceso de actualización del inventario

2.2. Superficie glaciar según su localización por vertiente y cuenca hidrográfica.

Cordillera	Vertiente	Cuenca	Cantidad	Superficie km ²
Blanca	Pacífico	Santa	548	359.62
		Pativilca	10	2.71
	Atlántico	Marañón	197	165.29
Huallanca	Pacífico	Pativilca	28	3.82
	Atlántico	Marañón	15	3.19
Huayhuash	Pacífico	Pativilca	98	35.63
	Atlántico	Marañón	46	19.64
Raura	Pacífico	Huaura	31	8.35
		Pativilca	13	3.6
	Atlántico	Huallaga	14	6.17
		Marañón	44	10.22
Huagoruncho	Atlántico	Huallaga	1	0.02
		Pachitea	8	1.24
		Perené	32	8.45
La Viuda	Pacífico	Rímac	12	0.66
		Chillón	4	0.46
		Chancay-Huaral	8	0.69
		Huaura	8	0.51
	Atlántico	Huallaga	8	0.79
		Mantaro	25	2.92
Central	Pacífico	Cañete	72	16.66
		Mala	24	11.62
		Rímac	9	3.17
	Atlántico	Mantaro	69	20.46
Huaytapallana	Atlántico	Perené	39	5.23
		Mantaro	66	21.17
Chonta	Pacífico	Pisco	2	0.02
	Atlántico	Mantaro	24	1.34
		Pampas	3	0.04
Urubamba	Atlántico	Urubamba	117	26.39
Vilcabamba	Atlántico	Bajo Apurímac	35	7.41
		Alto Apurímac	149	54.54
		Urubamba	171	67.2
Huanzo (*)	-	-		-
Apolobamba	Titicaca	Suches	18	19.67
		Azángaro	12	2.94

	Atlántico	Inambari	39	22.64
Carabaya	Atlántico	Inambari	142	32.1
	Titicaca	Azángaro	6	2.43
Vilcanota	Atlántico	Alto Madre de Dios	11	6.37
		Inambari	163	94.02
	Titicaca	Urubamba	194	177
La Raya	Titicaca	Pucará	6	0.75
	Atlántico	Urubamba	19	2.31
Chila (*)	-	-		-
Ampato (*)	-	-		-
Volcánica	Pacífico	Quilca - Vitor - Chili	15	0.72
Total			2561	1232.19

(*) En proceso de actualización del inventario

2.3. Cantidad y superficie de glaciares, según rangos de tamaño.

Cordilleras	Rangos tamaño	Cantidad	Superficie km ²
Blanca	<=1	615	134,21
	1,1-5	122	258,93
	5,1-10	16	107,6
	> 10	2	26,88
Huallanca	<=1	41	4,57
	1-5	2	2,44
Huayhuash	<=1	131	15,53
	1-5	11	25,24
	5-10	2	14,5
Raura	<=1	93	11,78
	1-5	9	16,56
Huagoruncho	≤ 1	39	6,87
	1-5	2	2,84
La viuda	≤ 1	65	6,03
Central	≤ 1	160	29,32
	1-5	14	22,59
Huaytapallana	≤ 1	99	17,09
	1-5	6	9,31
Chonta	≤ 1	29	1,4
Urubamba	< 1	114	22,01
	1,1 - 3	3	4,38

Vilcabamba	≤ 1	327	79,01
	1,1 - 3	25	36,48
	3,1 - 5	2	7,96
	> 5,1	1	5,7
Huanzo (*)	-	-	-
Apolobamba	≤ 1	54	14,97
	1,1 - 3	13	22,3
	3,1 - 5	2	7,98
Carabaya	≤ 1	140	21,69
	1,1 - 5	8	12,84
Vilcanota	≤ 1	291	80,59
	1,1 - 5	77	164,2
	> 5	6	34,61
La Raya	≤1	25	3,06
Chila (*)	-	-	-
Ampato (*)	-	-	-
Volcánica	≤1	15	0,72

(*) En proceso de actualización del inventario

Resumen de cantidad y superficie por tamaño de las 16 cordillera nevadas

Tamaño	Cantidad	%	Superficie (km ²)	%
≤ 1 km ²	2238	87,39	448,85	36,43
> 1km ²	323	12,61	783,34	63,57
Total	2561	100,00	1 232,19	100,00

2.4. Distribución de glaciares (cantidad y porcentaje) según rangos de altitud mínima y por vertiente

Cordillera	Rangos de altitud mínima (msnm)	Vertiente		
		Pacífico	Atlántico	Titicaca
		Cantidad	Cantidad	Cantidad
Blanca	4 000 - 4 500	10	8	-
	4 501 - 5 000	299	160	-
	5 001 - 5 500	244	29	-
	5 501 - 6 000	5	-	-
Huallanca	4 750 - 5 000	17	7	-
	5 001 - 5 158	11	8	-
Huayhuash	4 280 - 4 500	2	3	-
	4 501 - 5 000	35	21	-
	5 001 - 5 500	60	16	-
	5 501 - 5 675	1	6	-
Raura	4 620 - 5 000	16	34	-
	5 001 - 5 500	27	24	-
	5 501 - 5 510	1	-	-
Huagoruncho	4 624 - 4 700	-	7	-
	4 701 - 4 800	-	10	-
	4 801 - 4 900	-	19	-
	4 901 - 4 960	-	5	-
La Viuda	4 892 - 4 950	7	8	-
	4 951 - 5 100	15	20	-
	5 101 - 5 250	10	4	-
	5 251 - 5 342	-	1	-
Central	4 713 - 4 900	4	-	-
	4 901 - 5 100	47	27	-
	5 101 - 5 300	47	37	-
	5 301 - 5 406	7	5	-
Huaytapallana	4 532 - 4 650	-	5	-
	4 651 - 4 800	-	26	-
	4 801 - 4 950	-	44	-
	4 951 - 5 163	-	30	-
Chonta	4 923 - 5 000	-	2	-
	5 001 - 5 100	2	17	-
	5 101 - 5 200	-	3	-
	5 201 - 5 295	-	5	-
Urubamba	4 300 - 4 600	-	2	-
	4 601 - 4 900	-	70	-

	4 901 - 5 200	-	43	-
	5 201 - 5 500	-	2	-
Vilcabamba	4 000 - 4 300	-	4	-
	4 301 - 4 600	-	13	-
	4 601 - 4 900	-	238	-
	4 901 - 5 200	-	98	-
	5 201 - 5 500	-	2	-
Huanzo (*)	-	-	-	-
Apolobamba	4 601 - 4 900	-	5	-
	4 901 - 5 200	-	27	23
	5 201 - 5 500	-	7	7
Carabaya	4 500 - 4 790	-	5	-
	4 791 - 5 030	-	83	4
	5 031 - 5 250	-	41	11
	5 251 - 5 470	-	4	-
Vilcanota	4 500 - 4 800	-	17	-
	4 801 - 5 100	-	160	2
	5 101 - 5 400	-	184	4
	5 401 - 5 700	-	7	-
La Raya	4 901-5 200	-	10	4
	5 201-5 500	-	9	2
Chila (*)	-	-	-	-
Ampato (*)	-	-	-	-
Volcánica	5 501 - 5 800	10	-	-
	5 801 - 6 100	4	-	-
	> 6 100	1	-	-

(*)En proceso de actualización del inventario

2.5. Distribución de glaciares según Orientación

Cordillera	Norte	Nor Este	Este	Sur Este	Sur	Sur Oeste	Oeste	Nor Oeste	SOP(**)	Subtotal
	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°
Blanca	48	78	65	104	141	90	102	127	-	755
Huallanca	-	5	5	7	3	9	11	2	1	43
Huayhuash	8	18	19	18	26	19	19	16	1	144
Raura	3	8	14	18	10	17	17	11	4	102
Huagoruncho	2	3	5	4	4	8	5	10	-	41
La Viuda	2	3	2	7	17	25	6	3	-	65
Central	1	13	13	25	39	33	25	25	-	174
Huaytapallana	3	11	18	16	13	15	16	13	-	105
Chonta	0	3	4	5	8	5	2	2	-	29
Ampato(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Urubamba	9	14	9	17	21	17	15	12	3	117
Vilcabamba	13	42	35	56	50	64	46	49		355
Huanzo(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chila (*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Raya	-	-	2	2	11	7	3	-	-	25
Vilcanota	10	49	36	45	71	68	51	42	2	374
Carabaya	3	11	7	22	39	26	23	15	2	148
Apolobamba	1	7	5	3	15	14	12	11	1	69
Volcánica	-	-	1	4	3	2	3	1	1	15
Total	103	265	240	353	471	419	356	339	15	2561

(*)En proceso de actualización del inventario

(**) Sin orientación predeterminada

2.6. Distribución de glaciares según rango de pendiente

Cordilleras	Rangos de pendiente (%)								Total
	0-2	2 - 4	4 - 8	8 - 15	15 - 25	25 - 50	50 - 75	> 75	
Blanca	5	1	1		15	234	194	305	755
Huallanca	2			2	8	31			43
Huayhuash	2		1		17	114	10		144
Raura	6	1	1	8	30	55	1		102
Huagoruncho						17	15	9	41
La Viuda				1	4	35	19	6	65
Central			2	16	87	69			174
Huaytapallana		1			4	41	54	5	105
Chonta	1			1	4	12	8	3	29
Ampato(*)									
Urubamba	4				3	40	54	16	117
Vilcabamba		1		3	7	104	156	84	355
Huanzo (*)									
Chila(*)									
La Raya					2	13	10		25
Vilcanota	3	2	3	10	73	203	64	16	374
Carabaya	3	2		1	16	90	33	3	148
Apolobamba	1				10	37	20	1	69
Volcánica	1			1	3	8	2		15
Total	28	8	8	43	283	1103	640	448	2561

(*)En proceso de actualización del inventario

2.7. Clasificación de los glaciares según Glims

2.7.1. Cantidad de glaciares según su clasificación primaria

N°	Cordilleras	Cuencas	Tipo de glaciares						Subtotal por cordillera
			Montaña	Valle	Cubierto	Glaciarrete y campos de nieve	Flujo de hielo	Incierto o diversos	
			N°.	N°.	N°.	N°.	N°.	N°.	
1	Blanca	Santa	495	36	17	-	-	-	755
		Pativilca	10	-	-	-	-	-	
		Marañón	189	6	2	-	-	-	
2	Huallanca	Pativilca	28	-	-	-	-	-	43
		Marañón	14	1	-	-	-	-	
3	Huayhuash	Pativilca	95	3	-	-	-	-	144
		Marañón	44	1	1	-	-	-	
4	Raura	Pativilca	13	-	-	-	-	-	102
		Huaura	31	-	-	-	-	-	
		Marañón	44	-	-	-	-	-	
		Huallaga	11	3	-	-	-	-	
5	Huagoruncho	Huallaga	1	-	-	-	-	-	41
		Pachitea	7	-	-	1	-	-	
		Perené	29	-	-	3	-	-	
6	Viuda	Chancay-Huaral	8	-	-	-	-	-	65
		Chillón	4	-	-	-	-	-	
		Huallaga	8	-	-	-	-	-	
		Huaura	8	-	-	-	-	-	
		Mantaro	24	-	-	-	1	-	
		Rímac	12	-	-	-	-	-	
7	Central	Cañete	71	-	-	1	-	-	174
		Mala	23	1	-	-	-	-	
		Mantaro	66	1	-	2	-	-	
		Rímac	9	-	-	-	-	-	
8	Huaytapallana	Mantaro	59	3	-	4	-	-	105
		Perené	36	1	-	2	-	-	
9	Chonta	Pampas	3	-	-	-	-	-	29
		Pisco	2	-	-	-	-	-	
		Mantaro	24	-	-	-	-	-	
10	Urubamba	Urubamba	107	-	1	3	-	6	117
11	Vilcabamba	Bajo Apurímac	34	1	-	-	-	-	355
		Alto Apurímac	140	2	5	-	-	2	
		Urubamba	164	1	3	-	-	3	
12	Huanzo(*)	-	-	-	-	-	-	-	0
13	Apolobamba	Inambari	36	-	-	1	-	2	69

		Suches	18	-	-	-	-	-	
		Azángaro	9	-	-	1	-	2	
14	Carabaya	Inambari	142	-	-	-	-	-	148
		Azángaro	-	-	-	-	-	6	
15	Vilcanota	Alto Madre de Dios	-	10	-	1	-	-	374
		Inambari	1	139	5	15	-	3	
		Urubamba	2	160	9	19	-	4	
		Azángaro	-	4	-	2	-	-	
16	La Raya	Pucará	5	-	-	1	-	-	25
		Urubamba	17	-	-	1	-	1	
17	Chila (*)	-	-	-	-	-	-	-	0
18	Ampato (*)	-	-	-	-	-	-	-	0
19	Volcánica	Quilca - Vitor - Chili	-	-	-	15	-	-	15
Total			2043	373	43	72	1	29	2561
%			79,77	14,56	1,68	2,81	0,04	1,13	

2.8. Superficie glaciar actual, con relación al inventario de los años 1970 (retroceso glaciar).

N°	Cordillera	Superficie glaciar Hidrandina S.A. (año 1970)	Superficie glaciar UGRH		Pérdida de superficie	
		km ²	km ²	año	km ²	%
1	Blanca	723,37	527,62	2003	195,75	27
2	Huallanca	20,91	7,01	2007	13,90	66
3	Huayhuash	84,97	55,27	2007	29,70	35
4	Raura	55,2	28,34	2007	26,86	49
5	Huagoruncho	23,4	9,71	2009	13,69	59
6	La Viuda	28,6	6,03	2007	22,57	79
7	Central	116,65	51,91	2007	64,74	55
8	Huaytapallana (**)	59,08	26,4	2009	32,68	55
9	Chonta	17,85	1,4	2009	16,45	92
10	Ampato(*)	-	-	-	-	-
11	Urubamba(**)	41,48	15,89	2009	25,59	62
12	Vilcabamba(**)	37,74	15,53	2009	22,21	59
13	Huanzo(*)	-	-	-	-	-
14	Chila(*)	-	-	-	-	-
15	La Raya	11,27	3,06	2010	8,21	73
16	Vilcanota	418,43	279,4	2009	139,03	33
17	Carabaya	104,23	34,53	2009	69,70	67
18	Apolobamba (**)	81,12	44,51	2010	36,61	45
19	Volcánica	-	0,72	2009	-	-
Total		1824.3	1107,33		717.69	

(*) En proceso de actualización del inventario

(**) Se determinó el retroceso glaciar con los glaciares registrados en el primer inventario de 1970

Conclusiones

- En las 16 cordilleras se inventariaron 2561 glaciares con una superficie total de 1 232,19km², siendo la cordillera Blanca la que concentra la mayor superficie glaciaria con 43% (526,62 km²) y 29% (755) de la cantidad total de glaciares.
- El mayor potencial hídrico se ubica en las cuencas del río Santa, río Marañón, río Inambari y río Urubamba, porque agrupan la mayor superficie glaciaria con 359,62 km² (29 %), 165,29 km²(13%), 94,02 km²(8%) y 67,2 km²(5 %) respectivamente, pertenecientes a las cordilleras Blanca, Vilcanota y Vilcabamba. Estas cuencas representan una fuente importante de agua dulce para la gestión de los recursos Hídricos.
- Los glaciares predominantes en las cordilleras nevadas corresponden a superficie ≤ 1 km², representando el 87,39% (2238) de la cantidad total de los glaciares inventariados con 448,85 km² (36,43 %), esto evidencia que el incremento de los glaciares de menor tamaño es indicador que los glaciares reducen su superficie considerablemente como es el caso de las cordilleras Chonta, La Raya y la Viuda, que en su totalidad son los glaciares con superficies inferiores a 1 km².
- La distribución de los glaciares en las 16 cordilleras nevadas ha variado por el acelerado retroceso glaciario, localizándose entre las altitudes mínimas de 4 500 y 5 500 msnm, con pendientes superiores a 25 % con 2191 glaciares (85,55%), demostrando que los glaciares se ubican cada vez más a altitudes elevadas, donde la topografía es abrupta. Y el 34.75% de glaciares se encuentran orientados al Sur y Suroeste.
- En las 16 cordilleras nevadas según su clasificación primaria, el 79,77% de los glaciares son de tipo montaña, 14,56% de tipo valle, 2,81 % de tipo Glaciarete y campos de nieve, 1,68% tipo hielo cubierto, 1,13% de tipo incierto o diversos y el 0,04% de glaciario de flujo. Resultando notable la concentración de glaciares de tipo valle y hielos cubiertos en la cuenca del río Santa (cordillera Blanca) y los ríos Inambari y Urubamba (cordillera Vilcanota), debido al declive suave del sector occidental de los Andes del Norte y oriental en los Andes del Sur de las cordilleras.
- En las 4 últimas décadas las 16 cordilleras nevadas ha experimentado grandes cambios y procesos físicos (recesión, fragmentación y extinción de glaciares) que han provocado la pérdida progresiva de la superficie glaciaria total en 39% (717, 69km²). Siendo los glaciares pequeños (≤ 1 Km²) los que han mostrado mayor dinámica en su estructura, sus características morfométricas y su permanencia en los últimos 40 años, y por ende han sido los más vulnerables y continúan siendo los mejores indicadores a la variabilidad climática.



Autoridad Nacional del Agua