

INVENTARIO NACIONAL DE GLACIARES Y LAGUNAS

GLACIARES



Autoridad Nacional del Agua



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCION DE CONSERVACION Y PLANEAMIENTO
DE RECURSOS HIDRICOS



UNIDAD DE GLACIOLOGIA Y RECURSOS HIDRICOS
UGRH – HUARAZ

INVENTARIO DE GLACIARES DEL PERU



*Glaciar Artesonraju – Cordillera Blanca
Subcuenca Lhullán*

HUARAZ, JULIO 2014

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN Y PLANEAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS
UNIDAD DE GLACIOLOGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS

Personal que intervino en el inventario de glaciares:

Ing. Arnaldo Tacsí Palacios	Responsable de inventario de Glaciares y Lagunas
Ing. Daniel Colonia Ortiz	Especialista en Teledetección
Ing. Judith Torres Castillo	Especialista SIG
Bach. Alexzander Santiago Martel	Asistente SIG

Revisado por:

Ing. Nelson Santillán Portilla (DCPRH)

Ing. Alejo Cochachin Rapre (Coordinador (e) de la UGRH)

Bach. Luzmila Dávila Roller (Responsable de Estudio de Glaciología)

PRÓLOGO

En materia de agua es primordial conocer los recursos hídricos disponibles cualitativa y cuantitativamente. Los Andes Peruanos son sistemas importantes, porque son fuentes de agua para diferentes actividades de la población. En época seca el derretimiento de los glaciares es una de las fuentes principales de agua que aporta a la disponibilidad hídrica en las cuencas Andinas.

Realizar estudios de glaciares y conocer su dinámica cobra mayor importancia e interés, más que la evaluación de los recursos hídricos, por su significado ambiental; no solo como elemento individual en vías de extinción, sino también por su importante valor como indicadores del clima que permiten evaluar y analizar el cambio climático.

En la actualidad el cambio climático, hace previsible la desaparición próxima de numerosos glaciares bajo los trópicos, e indica, que es urgente evaluar el impacto de una transformación tan rápida del medio sobre los recursos hídricos, la evidencia empírica proporciona indicios suficientes para concluir que actualmente existen mayores volúmenes de agua discurriendo cuenca abajo, a costa de la disminución de masa glaciar en los Andes. Esto alerta que en un futuro cercano los glaciares podrían reducirse considerablemente por lo que es necesario realizar una adecuada gestión del agua en las cuencas.

La presente publicación es vital para el monitoreo del sistema climático global y del impacto en la disponibilidad del recurso hídrico. Cuantificar y determinar los cambios de los glaciares en las cordilleras, como parte del inventario nacional de glaciares en las cordilleras Nevadas, tiene el fin de obtener un documento que permita conocer las posibilidades de regulación y manejo que ofrecen las diversas fuentes y reservas de agua en los Andes peruanos, ya que en las últimas décadas las variaciones de los glaciares han mostrado cambios dramáticos (Negativos), tanto en el balance de masa y energía como en superficie y volumen.

La evaluación de las condiciones y comportamiento de los glaciares que son medidas en terreno durante varios años, pueden aproximarse comparando imágenes (Fotografías de terreno, fotografías aéreas o imágenes satelitales de alta resolución) recientes y antiguas. Además, el uso de geo-tecnología permite contar con una base de datos de información espacial (Cobertura de glaciares) como información valiosa para los tomadores de decisión y el desarrollo del país. La Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos, como parte de la Autoridad Nacional del Agua, asume la responsabilidad de actualizar el inventario en el ámbito de las diferentes cordilleras nevadas del Perú con la finalidad de brindar información y conocer los cambios de los glaciares a través de la obtención de la cartografía glaciar y su caracterización morfológica.

I. 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.

Para conocer la disponibilidad hídrica a nivel de cordilleras se realiza el inventario de glaciares, siendo el primero realizado por la empresa eléctrica HIDRANDINA S.A., donde 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 2041,85 km². Cabe precisar que en la cordillera Volcánica no se realizó el inventario de glaciares y en algunos sectores de las cordilleras: Huaytapallana, Vilcabamba, Urubamba y Apolobamba, no se inventarió 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 al Sistema de Información Geográfica. Además se usó imágenes satelitales (Spot 5, Aster, Liss III y Landsat), 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 19 cordilleras nevadas del Perú, muestran un total de 2 679 glaciares con una superficie de 1298,59 km². Las cordilleras de mayor extensión son: La Cordillera Blanca (Andes del Norte), Vilcanota y Vilcabamba (Andes del Centro) con 755, 374 y 355 glaciares y superficies de 527,62; 279,40 y 129,15 km² respectivamente. En general la altitud mínima de los glaciares inventariados se ubica sobre los 4000 msnm.

Los glaciares inventariados han sufrido procesos de reducción en su geometría durante los últimos 40 años. La pérdida de superficie total de las 18 cordilleras es de 42,64% respecto al inventario de 1970. Los glaciares pequeños son los más susceptibles a los cambios de superficie, identificándose en las cordilleras un total de 2341 (87,38%) glaciares con superficie ≤ 1 km² y 338 (12,62%) glaciares con superficie > 1 km².

II. ANTECEDENTE

El gran potencial hídrico de sus cuencas hidrográficas y la gran incidencia de desastres asociados a la dinámica de los glaciares y lagunas propiciaron después del aluvión de Huaraz, el 13 de diciembre de 1941, 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.. En 1976 siendo parte del Instituto de Geología y Minería, éste departamento fue ampliada en 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.

Para el primer inventario nacional de glaciares, se consideraron fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17, 962 – 1963 y 62336-002 (44), 1955. Además se utilizó información topográfica a escala 1 / 25 000, editados por la Oficina de Catastro Rural de Ministerio de Agricultura y Carta Nacional en las escalas 1 / 50 000 y 1 / 100 000 del Instituto Geográfico Nacional. En tal sentido, se inventariaron 18 cordilleras un total de 3 044 glaciares con una superficie de 2041,85 km². Cabe precisar que en la cordillera Volcánica no se realizó el inventario de glaciares. Estos resultados, en el presente inventario permiten el contraste y la evaluación del retroceso glaciar, de tal modo que se cuantifica los cuerpos de glaciares según los cambios y procesos dados.

Es así que desde el año 2006 la Unidad de Glaciología y Recurso Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua ha realizado la segunda actualización del inventario nacional de glaciares y lagunas y continúa en el año 2014 con la tercera actualización del Inventario de los glaciares en las diferentes cordilleras del Perú, con técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica.

III. 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, Urubamba, Huanzo, Ampato y Chila, 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 proyecto Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS).

IV. AREA DE ESTUDIO

Las cordilleras nevadas se localizan en los Andes del Norte, Centrales y Sur del continente Suramericano (Figura 1) y sus límites están distribuidos en el País tal como se muestra en el Cuadro 1.



Figura 1. Cordilleras nevadas del Perú.

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las cordilleras nevadas de País.

No.	Cordillera	Lat.		Long.	
1	Blanca	7°41'	10°10'	76°54'	78°18'
2	Huallanca	9° 52'	10° 3'	76° 58'	77° 6'
3	Huayhuash	10° 12'	10° 27'	76° 52'	77° 00'
4	Raura	10° 21'	10° 36'	76° 39'	76° 52'
5	Huagoruncho	10° 29'	10° 34'	75° 50'	76° 01'
6	La Viuda	10° 33'	11° 38'	76° 09'	76° 42'
7	Central	11° 39'	12° 37'	75° 30'	76° 20'
8	Huaytapallana	11° 35'	11° 58'	74° 48'	75° 17'
9	Chonta	12° 36'	13° 13'	75° 00'	76° 00'
10	Ampato	15° 12'	15° 52'	71° 48'	73° 28'
11	Vilcabamba	13° 15'	13° 25'	72° 30'	73° 15'
12	Urubamba	13° 08'	13° 15'	72° 00'	72° 27'
13	Huanzo	14°12'	15°00'	72°11'	72°34'
14	Chila	15° 22'	15° 33'	71° 38'	72° 11'
15	La Raya	14° 20'	14° 33'	70° 57'	71° 02'
16	Vilcanota	13° 22'	14° 16'	70° 38'	71° 25'
17	Carabaya	13° 33'	14° 26'	69° 37'	70° 48'
18	Apolobamba	14° 25'	14° 44'	69° 13'	69° 32'
19	Volcánica	15° 46'	16° 51'	71° 47'	70° 33'

V. MATERIALES Y METODOS

El inventario de glaciares de las 19 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 programas ENVI+IDL, ARGIS y ERDAS

5.1 Materiales

5.1.1. Imágenes satelitales para determinar la superficie del glaciar

La cobertura de los glaciares se determinó a partir de las imágenes de satélite adquiridas por compra y convenio internacional, las cuales se mencionan según resolución espacial: SPOT 4 de 10 m, SPOT 5 de 10 y 20 m, sensor Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) de 15 m, el cual está montado a bordo del satélite Terra, operado por la National Aeronautics and Space Administration (NASA) de los EEUU, Landsat 5 TM de 30 m, obtenidas del portal web Global Visualization Viewer (GLOVIS) de la USGS e imágenes LISSIII de 23 m, obtenidos del portal web del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) de Brasil (Ver Cuadro 2). Estas imágenes de satélite se caracterizan por: fecha de tomada en estación seca (Junio-setiembre) y presencia mínima de nubes.

Cuadro 2. Imágenes satelitales utilizadas para la obtención de la cobertura glaciar.

Cordilleras	Año de imagen	Imagen	Resolución espacial m
Blanca	2001,2002,2003, 2006	Spot 4 y Aster	10,15
Huallanca	2007	Spot 5 y Aster	10
Huayhuash	2007	Spot 5 y Aster	10
Raura	2007	Spot 5 y Aster	10,15
La Viuda	2005, 2007	Spot 5 y Aster	10,15
Central	2007,2008	Aster	15
Huagoruncho	2009	Landsat	30
Huaytapallana	2009	Landsat	30
Chonta	2009	Landsat	30
Ampato	2010	Aster, LisIII	15,23
Vilcabamba	2009,2010	Aster, Landsat	15,30
Urubamba	2009,2010	Aster, Landsat	15,30
Huanzo	2010	Aster, LisIII	15,23
Chila	2010	Aster	15
La Raya	2010	LissIII	23
Vilcanota	2009,2010	Spot 4, Spot 5 y LissIII	10,20,23
Carabaya	2009,2010	Spot 4, Spot 5, LissIII y Landsat 5	10,20,23,30
Apolobamba	2010	Landsat	30
Volcánica	2009	Aster	15

5.1.2. Cartografía base

Para el inventario de glaciares, se utilizaron 136 cartas nacionales a escala 1/100 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), que sirvió para generar la cobertura cartográfica de las 19 cordilleras nevadas del País. Las mismas que se obtuvieron en formato digital vectorial (curvas de nivel, red hídrica, lagunas y cotas de altitud), adquiridas del portal electrónico del Ministerio de Educación¹, único formato cartográfico confiable y accesible del Perú. Sin embargo, para fines mejorar el inventario son recomendables las escalas cartográficas de mayor detalle.

5.2 Métodos

5.2.1 Definición del ámbito de estudio

El ámbito de estudio de las 19 cordilleras nevadas del país están ubicadas en los Andes del Norte, Central y Sur, tanto en la vertiente del Pacífico, Atlántico y la vertiente del Titicaca, haciendo uso de 136 cartas nacionales del IGN en formato digital (shapefile) como: curvas de nivel y red hidrográfica.

El ámbitos de las 19 cordilleras; algunas se ubican en el sistema de coordenadas UTM zona 17 Sur, zona 18 Sur y zona 19 Sur. En consecuencia, para mejorar el manejo de información cartográfico se uniformizo todos los ámbitos de estudio en una misma zona, por lo que todas comprenden una proyección cartográfica de Universal Transverse Mercator (UTM) y Datum WGS 84 Zona 18 Sur

5.1.3. Generación del Modelo Digital de Elevación (MDE)

En la generación del MED, se utilizaron cartas topográficas del Instituto Geográfico Nacional, a escala 1/100000 en formato digital (información vectorial), comprendiendo curvas de nivel (cada 50 m), ríos, cotas y lagunas; los vectores mencionados anteriormente pasaron por una etapa de revisión, corrección y validación de los valores de altitud y edición vectorial de puntos, líneas y polígonos según corresponda. A partir del MDE con la aplicación de 3D Analyst (ARCGIS), se obtuvieron mapas de dirección y acumulación de flujos, delimitación de cuencas según Strahler.

5.1.4. Delimitación y codificación cuencas hidrográficas según Pfafstetter

La delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas se realizaron con el método Pfafstetter a un nivel 7. Este método 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 que 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).

¹ <http://escale.minedu.gob.pe/descargas/mapa.aspx>

5.1.5. 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 y distorsiones propias de la toma de la imagen de satélite. Y así obtener el comportamiento espectral de las diferentes coberturas:

Corrección geométrica

Consiste en el posicionamiento de las imágenes de satélite ASTER, SPOT, LISSIII, RAPIDEYE y LANDSAT 5TM, 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 sean sujetas a dinamismo temporal, asimismo se usó el Modelo Digital de Elevación (MDE) como respaldo para determinar la ubicación de puntos de control en fuentes de agua y formas del relieve; considerando el valor de error medio cuadrático (RMS) menor a 2 píxeles de la resolución espacial de las imágenes satelitales, condujo a determinar cómo escala de salida la proporción de 1/75 000(Cuadro 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 en las bandas de cada una de las imágenes satelitales, según las coberturas de estudio.

5.1.6. Clasificación de superficie de Glaciares

La clasificación de superficie glaciar expuestos se realizó aplicando el Normalized Difference Snow Index (NDSI) desarrollado por Dozier (1989) con un umbral mayor a 0,4; las bandas usadas en el NDSI, fueron 1 y 4 en las imágenes ASTER y SPOT, y 2 y 5 en las imágenes LISS III y LANDSAT. Para mejorar la identificación de cobertura glaciar, se empleó capas auxiliares (sombras), procedimientos de realce espectral y combinaciones de bandas en los canales visibles (Red - Green - Blue) como composición de falso color: Aster y SPOT (RGB=321), Landsat 5 TM (RGB=543) y Liss III (RGB=542). Si bien la resolución espacial de las imágenes nos permiten discriminar áreas homogéneas a partir de 1 000 m², 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 $\geq 0,005$ km², debido a las características regionales de los glaciares dentro del ámbito de las cordilleras nevadas.

La delimitación de los posibles glaciares cubiertos no fue obtenida en su totalidad, debido a que se requiere mayor información y las imágenes de satélite usadas tienen una resolución espacial inadecuando (poco favorable) que no permite identificar los glaciares cubiertos. Por ello, se requiere evaluar con metodologías apropiadas que permitan definir las coberturas, considerando que son necesarias muchas campañas de trabajo en campo, complementadas con imágenes de alta resolución espacial. El contorno de los glaciares, se corroboró con el análisis multi-temporal que consiste en la interpretación visual de 84 imágenes de satélite LANDSAT entre los años 1985, 1986, 1995, 2005, 2006 y 2010, las cuales permitieron definir el perímetro de los glaciares entre hielo permanente y nieve temporal.

Por otro lado, se individualizó los glaciares, utilizando límites de cuencas hidrográficas y cobertura glaciar del inventario base de 1970, apoyados con imágenes LANDSAT 5 TM e imágenes de mayor resolución del Google Earth, con la finalidad de identificar los glaciares según su flujo glaciar y aporte hídrico. La naturaleza permanente o temporal de los glaciares, se corroboró con el análisis multi-temporal que consiste en la interpretación visual de las imágenes satelitales LANDSAT de años anteriores al inventario y así mejorar el contorno glaciar y discriminar la nieve temporal o neviza.

5.1.7. Características físicas de glaciares

Las características físicas de cada glaciar se clasificaron en base a dos tipos de parámetros como se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Parámetros de evaluación glaciares de acuerdo al Manual GLIMS.

Tipo	Variables
Estática	Nombre recodificado
	Ubicación política: Departamento, Provincia, Distrito
	Nombre de la cuenca, subcuenca, microcuenca
	Código de cuenca según Pfafstetter
	Pendiente predominante
	Orientación predominante
Dinámica	Superficie en km ²
	Largo máxima
	Ancho máximo
	Altitud mínima/máxima/mediana
	Distancia promedio de retroceso
	Distancia promedio del retroceso anual
	Número de fragmentos en que se divide un glaciar según inventario anterior
	Suma total en km ² 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

A continuación se describen algunos procesos para la caracterización de los glaciares:

5.1.7.1. El código nacional

Es el único código de glaciar para los glaciares del presente inventario, 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 4. Codificación nacional de glaciares según Pfafstetter.

1	3	6	4	3	7	4	-	1
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7		NUMERO DE GLACIAR

5.1.7.2. El código internacional

El código internacional reconocida a nivel mundial, está compuesto por la latitud y longitud (WGS 84), el cual representa la ubicación geográfica del glaciar (Raup y Jodha, 2007) según la codificación descrita en el manual GLIMS. Asimismo, cuando las longitudes están al oeste son convertidos al este mediante la adición de 360 grados ($-77,748 + 360 = 282,252$).

Cuadro 5. Codificación internacional de glaciares según GLIMS.

G	432862E	15399S
CONSTANTE	LONGITUD	LATTUD

5.1.7.3. Altitud, orientación y pendiente mínimas y máximas

La definición de la altitud, orientación y pendiente mínima y máxima de una unidad glaciar, se obtuvo a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) de resolución de 30 m, empleando herramientas especializadas como se muestra en el Cuadro 3.

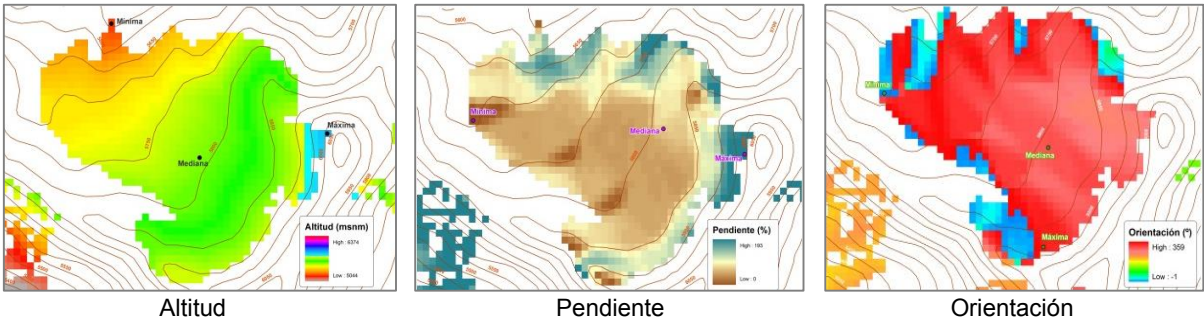


Figura 2. Altitud, pendiente y orientación de un glaciar.

5.1.7.4. Medidas morfométricas

La obtención del largo máxima al interior del glaciar, se realizó en base a la dirección del flujo glaciar partiendo desde la cota más alta hacia la cota más baja de la superficie del glaciar y el dimensionamiento de ancho máximo, se obtuvo en función a la perpendicular del largo máximo, siguiendo casi paralelamente a las curvas de nivel, de tal manera que este ancho sea el más representativo a un valor máximo.

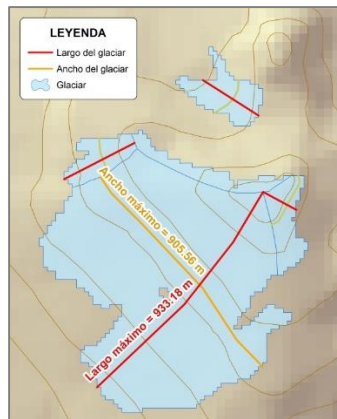


Figura 3. Largo y ancho de un glaciar.

5.1.7.5. Cálculo de centroide

Los centroides pueden determinarse mediante el software SIG, pero esta automatización se ve limitada para algunos polígonos que tienen formas irregulares, por lo tanto, lo recomendable es trabajar con la intersección del largo máxima y el ancho máximo de los glaciares, como se ha realizado en el presente inventario.

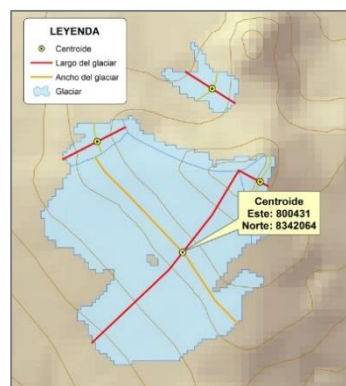


Figura 4. Centroides de un glaciar.

5.1.7.6. Determinación de la fragmentación

La determinación de la fragmentación de cada glaciar, se realizó mediante el análisis visual de las imágenes satelitales en diferentes períodos, basado con la cobertura del inventario de los glaciares de 1970 y las coberturas actuales obtenidas por inventario, como se puede observar en la Figura 5, la fragmentación y la desaparición de los glaciares.

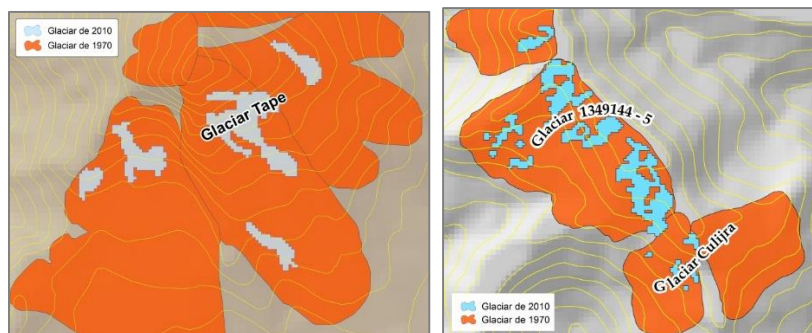


Figura 5. Fragmentación de un glaciar.

5.1.7.7. Clasificación de glaciares mediante la metodología GLIMS

En base al manual de clasificación estandarizada de GLIMS, se identificaron unidades de glaciares morfológicamente distintas, en las cordilleras nevadas se encontraron tres tipos de clasificación primaria (Figura 6), y posteriormente se determinaron otras características como forma, perfil longitudinal, fuente de alimentación y actividad frontal, que se le atribuyen a cada glaciar para obtener una codificación mundial.

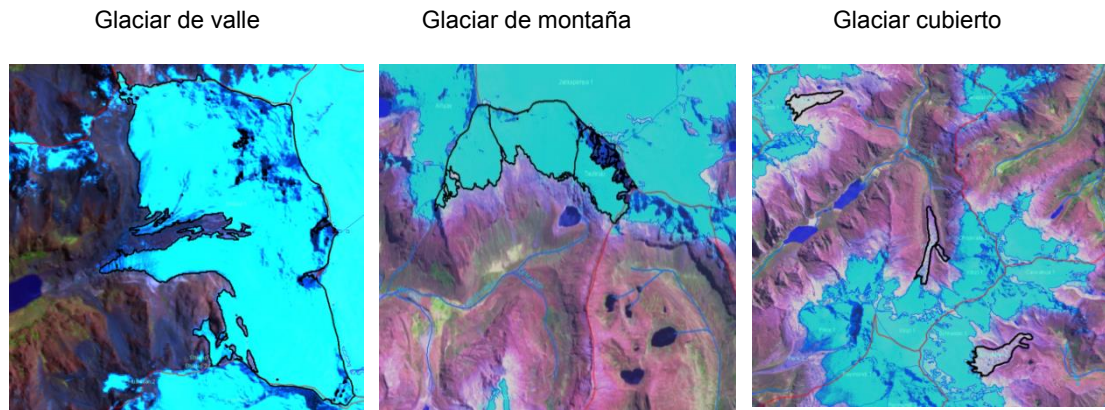


Figura 6. Determinación de la clasificación primaria de glaciares.

5.1.8. Elaboración de mapas

Los mapas del inventario de glaciares se elaboró a partir de 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 (MDE y mapa de sombras). Asimismo, el etiquetado de la información vectorial se convirtió en anotaciones para evitar la superposición y saturación de los nombres y valores numéricos.

Por otro lado, se determinó la escala de salida a 1/75 000 por utilizar las cartografías del IGN a escala 1/100 000 y la calibración geométrica de las imágenes de satélite con el error de ajuste (RMS) de menor a 2 píxeles.

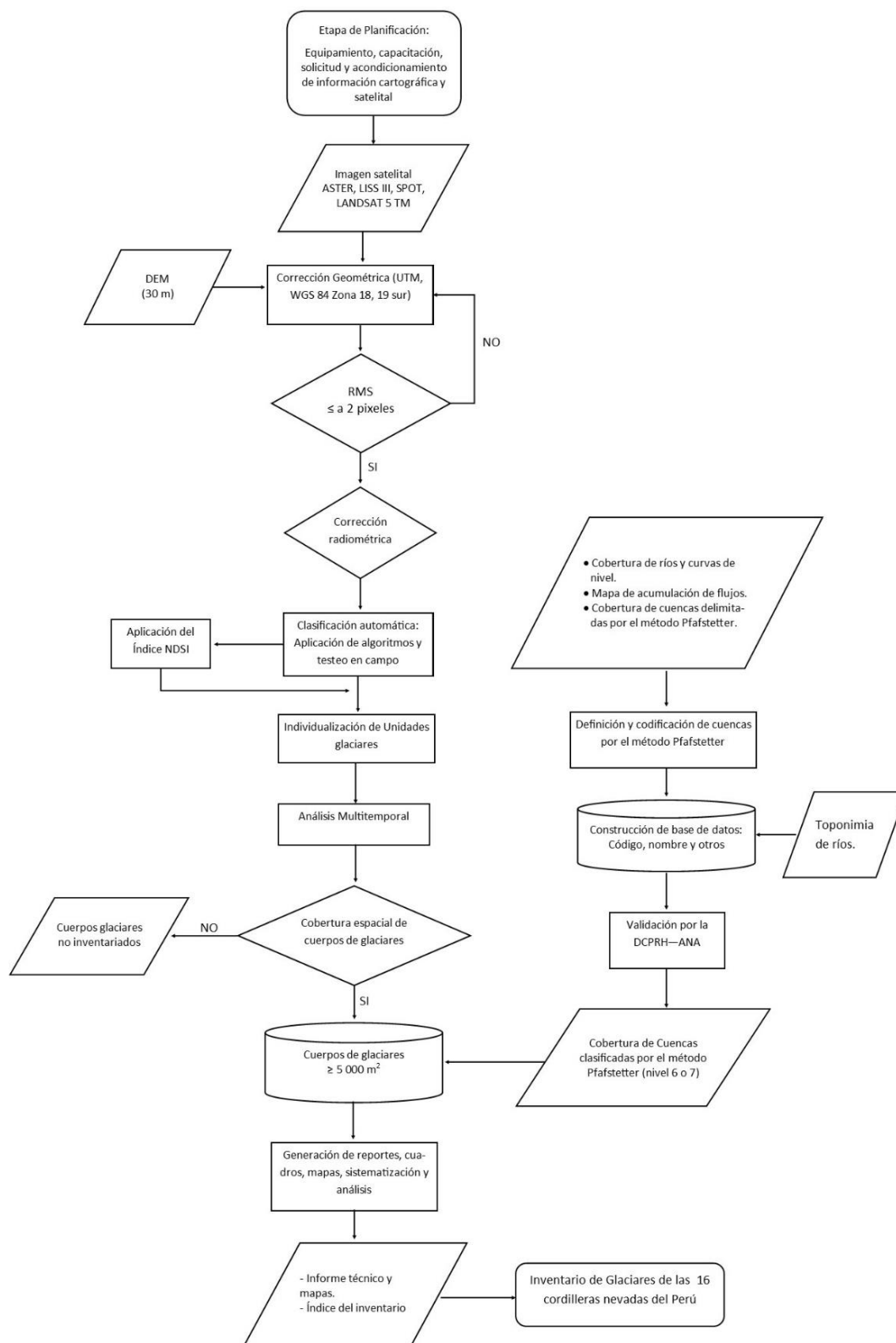


Diagrama 1. Metodología del inventario de glaciares.

VI. RESULTADOS

6.1 Cantidad y superficie de glaciares por cordilleras y altitudes

Cuadro 6.

Nº	Cordillera	Cantidad	Superficie	Año	Altitud máxima	Altitud mínima
		Nº	Km ²		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	65	60,96	2010	6374	5044
11	Urubamba	117	26,39	2009	5800	4413
12	Vilcabamba	355	129,15	2009	6200	4187
13	Huanzo	31	4,51	2010	5445	5065
14	Chila	22	0,93	2010	5855	5224
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		2 679	1 298,59			

6.2 Distribución de glaciares por vertiente y cuenca hidrográfica

Cuadro 7.

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	Pacífico	Camaná	2	0,58

		Ocoña	6	1,11
	Atlántico	Alto Apurímac	23	2,82
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
		Urubamba	194	177
	Titicaca	Azángaro	6	2,01
La Raya	Titicaca	Pucará	6	0,75
	Atlántico	Urubamba	19	2,31
Chila	Pacífico	Camaná	19	0,86
	Atlántico	Alto Apurímac	3	0,07
Ampato	Pacífico	Camaná	13	24,09
		Ocoña	41	31,83
		Quilca-Vitor - Chili	11	5,04
Volcánica	Pacífico	Quilca - Vitor - Chili	15	0,72
Total			2679	1298,59

6.3 Distribución de glaciares según rangos de tamaño

Cuadro 8.

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	≤ 1	31	4,51
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	≤ 1	22	0,93
Ampato	≤ 1	50	10,03
	1,1 - 5	12	32,46
	> 5	3	18,47
Volcánica	≤1	15	0,72

6.4 Distribución de glaciares según rangos de altitud mínima y por vertiente

Cuadro 9.

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	5 000 - 5 100	3	-	-
	5 100 - 5 200	5	5	-
	5 200 - 5 300	13	2	-
	5 300 - 5 400	2	1	-
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	5 201 - 5 300	3	-	-
	5 301 - 5 400	10	3	-
	5 401 - 5 500	6	-	-
Ampato	4 900 - 5 200	5	-	-
	5 201 - 5 500	28	-	-
	5 501 - 5 800	26	-	-

Volcánica	5 801 - 6100	5	-	-
	6101 - 6200	1	-	-
	5 501 - 5 800	10	-	-
	5 801 - 6 100	4	-	-
	> 6 100	1	-	-
Total		989	1633	57

6.5 Distribución de glaciares según Orientación

Cuadro 10.

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	1	5	6	10	18	10	10	4	1	65
Urubamba	9	14	9	17	21	17	15	12	3	117
Vilcabamba	13	42	35	56	50	64	46	49	-	355
Huanzo	1	-	1	3	8	10	6	2	-	31
Chila	-	-	-	1	7	9	2	1	2	22
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	105	270	247	367	504	448	374	346	18	2679

(*) Sin orientación predeterminada

6.6 Distribución de los glaciares según rangos de pendiente

Cuadro 11.

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	1	2	1	1	7	35	18	-	65
Urubamba	4	-	-	-	3	40	54	16	117
Vilcabamba	-	1	-	3	7	104	156	84	355
Huanzo	-	-	1	-	5	22	3	-	31
Chila	2	-	-	-	3	7	9	1	22
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	31	10	10	44	298	1167	670	449	2679

6.7 Cantidad de glaciares según su clasificación primaria basada en el proyecto GLIMS

Cuadro 12.

N°	Cordillera	Cuenca	Tipo de glaciares (cantidad)						Subtotal de glaciares
			Montaña	Valle	Cubierto	Glaciarete y campos de nieve	Flujo de hielo	Incierto o diversos	
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	La 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	Alto Apurímac	21	-	-	-	-	2	31
		Camaná	2	-	-	-	-	-	
		Ocoña	5	-	-	1	-	-	
13	Carabaya	Inambari	142	-	-	-	-	-	148
		Azángaro	-	-	-	-	-	6	
14	Vilcanota	Alto Madre de Dios	-	10	-	1	-	-	374
		Inambari	1	139	5	15	-	3	
		Urubamba	2	160	9	19	-	4	
		Azángaro	-	4	-	2	-	-	
15	La Raya	Pucará	5	-	-	1	-	-	25
		Urubamba	17	-	-	1	-	1	
16	Chila	Alto Apurímac	-	-	-	2	-	1	22
		Camaná	11	-	-	8	-	-	
17	Ampato	Camaná	10	-	-	-	-	3	65
		Ocoña	23	-	-	9	-	9	
		Quilca – Vitor - Chili	7	-	-	-	-	4	
18	Volcánica	Quilca - Vitor - Chili	-	-	-	15	-	-	15
19	Apolobamba	Inambari	36	-	-	1	-	2	69
		Suches	18	-	-	-	-	-	
		Azángaro	9	-	-	1	-	2	
Total			2122	373	43	92	1	48	2679
%			79,21	13,92	1,61	3,43	0,04	1,79	

6.8 Superficie glaciar actual con relación a la cobertura glaciar de 1970 (Pérdida de superficie glaciar)

Cuadro 13.

N°	Cordillera	Superficie glaciar			Pérdida de superficie glaciar	
		HIDRANDINA S.A. (1970)	UGRH		km²	%
		km²	km²	año		
1	Blanca	723,37	527,62	2003	195,75	27,06
2	Huallanca	20,91	7,01	2007	13,90	66,48
3	Huayhuash	84,97	55,27	2007	29,70	34,95
4	Raura	55,2	28,34	2007	26,86	48,66
5	Huagoruncho	23,4	9,71	2009	13,69	58,50
6	La Viuda	28,6	6,03	2007	22,57	78,92
7	Central	116,65	51,91	2007	64,74	55,50
8	Huaytapallana (*)	59,08	24,58	2009	34,50	58,40
9	Chonta	17,85	1,4	2009	16,45	92,16
10	Ampato	146,73	60,96	2010	85,77	58,45-
11	Urubamba(*)	41,48	15,89	2009	25,59	61,69
12	Vilcabamba(*)	37,74	15,53	2009	22,21	58,85
13	Huanzo	36,93	4,51	2010	32,42	87,79
14	Chila	33,89	0,93	2010	32,96	97,26
15	La Raya	11,27	3,06	2010	8,21	72,85
16	Vilcanota	418,43	279,4	2009	139,03	33,23
17	Carabaya	104,23	34,53	2009	69,70	66,87
18	Apolobamba (*)	81,12	44,51	2010	36,61	45,13
Total		2041,85	1171,19		870,66	42,64

(*) En este último inventario se identificó glaciares que no fueron inventariadas en 1970. Para determinar la reducción de área glaciar entre 1970 con el actual inventario, se considera solo los glaciares inventariados de ese año.

VII. BREVE DESCRIPCION DE LAS CORDILLERAS

7.1 CORDILLERA BLANCA

7.1.1 Ubicación

La Cordillera Blanca es el sistema montañoso de mayor extensión, localizado en los Andes del Norte; específicamente en el ramal occidental del sector Norte y se prolonga en dirección N30°O, desde el nevado Rajutuna hasta el nevado Pelagatos, con una longitud lineal aproximada de 210 km. Limitada entre las coordenadas paralelas de 7°41'31" a 10°10'57" Latitud Sur y 76°54'57" a 78°18'1" de Longitud Oeste. La Cordillera Blanca actúa como divisoria de aguas entre las vertientes continentales del Pacífico y del Atlántico que da origen a 3 cuencas importantes (Santa, Marañón y Pativilca).

El área de estudio comprende una superficie aproximada de 16,073 km², área definida en función de su eje, a partir del cual se prolongan los flancos de sus vertientes hacia el occidente y oriente, encontrando en ambas direcciones a los ríos Santa y Marañón como límites naturales, llegando a incluir niveles altitudinales que varían de 500 msnm (Confluencia río Tablachaca y Santa) hasta 6701 msnm (Sistema glaciar Huascarán).

7.1.2 Glaciares

Para la cordillera Blanca se inventario 755 glaciares con una extensión de 527,62 km². Los glaciares varían según su altitud por localizarse en zonas empinadas, donde la altitud mínima es 4249 msnm y la altitud máxima es 6701 msnm.

La superficie glaciar de la Cordillera Blanca se distribuye en 14 grupos de masas glaciadas que están en correspondencia con los sistemas de montaña más elevadas del ámbito de estudio. Es sobresaliente la extensión glaciar de los sistemas Chinchey, Hualcán, Santa Cruz, Huandoy, Huantsan y Huascarán, con relación a los grupos ubicados en los extremos norte (Pelagatos, Pacra, Pilanco y Champará) y sur (Caullaraju y Pongos).

Cuadro 14. Superficie glaciar según sistemas glaciares de la Cordillera Blanca.

Sistema Glaciar	Altitud Promedio (msnm)	Superficie	
		Km ²	%
Pelagatos	4 872	0,04	0,01
Pacra	4 935	0,86	0,16
Champará	5 064	9,77	1,85
Pilanco	5 103	5,43	1,03
Santa Cruz	5 195	70,78	13,41
Huandoy	5 213	62,34	11,81
Huascarán	5 338	51,35	9,73
Contrahierbas	4 988	28,48	5,40
Hualcán	5 132	83,37	15,80
Copap	5 056	27,84	5,28
Chinchey	5 350	91,53	17,35
Huantsan	5 196	54,27	10,29
Pongos	5 138	23,72	4,49
Caullaraju	5 216	17,83	3,38
Total		527,62	100,00

7.1.2.1 Orientación

La orientación predominante de los glaciares es al Sur-Oeste y Oeste según los ejes cardinales, con superficie de 32% aproximadamente y el resto están distribuidos en los diferentes ejes.

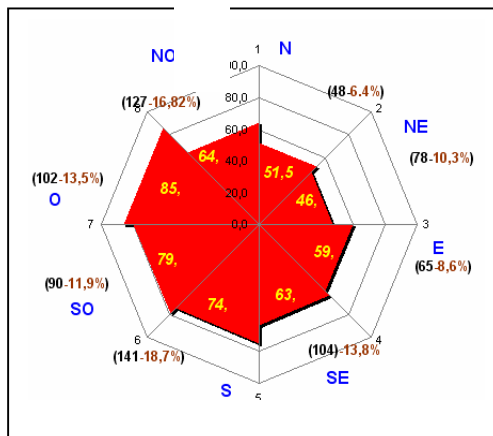


Gráfico 1. Orientación de los glaciares.

7.1.3 Dinámica en los glaciares

7.1.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

Las fluctuaciones de la cobertura glaciar en la Cordillera Blanca no han sido constantes

Cuadro 15. Cobertura glaciar según periodos de observación.

Período	Año	Superficie Estimada	Cobertura Glaciar en Km ² representativa para cada fase
1	LIA	850-900 (a)	900
2	1930	800-850 (b)	850
3 (*)	1970	660-680 (c) 723 (d)	700
4	1987	643(e)	643
5	1990	620 (f)	620
6	1996	600 (g)	600
7	2003	528 (h)	528

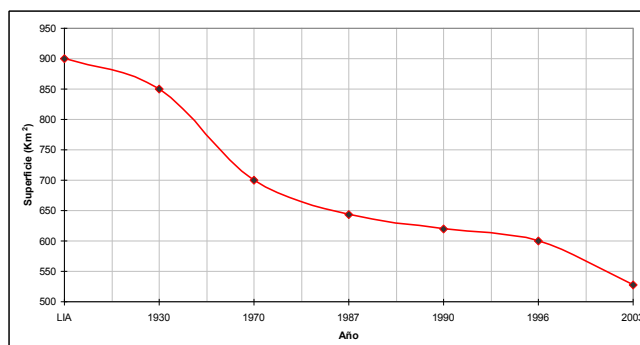


Gráfico 2. Fluctuación de la cobertura glaciar en la Cordillera Blanca desde el fin de la Pequeña Edad de Hielo.

Comparando la superficie glaciar registrada en el inventario nacional de la década de 1970 [3] y los resultados del inventario actual, la Cordillera Blanca ha perdido aproximadamente el 27% (195,75 km²) de su área glaciar total.

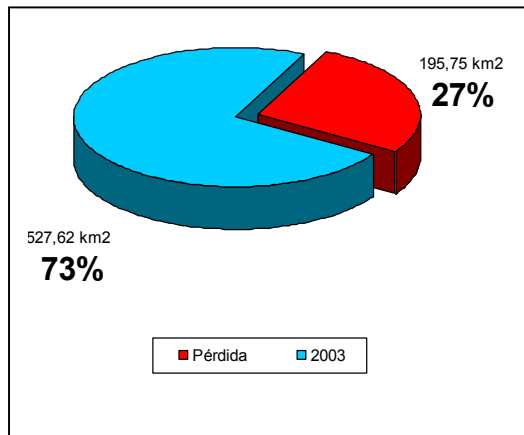


Gráfico 3. Píndida de cobertura glaciaria entre 1970 y 2003 de la cordillera Blanca.

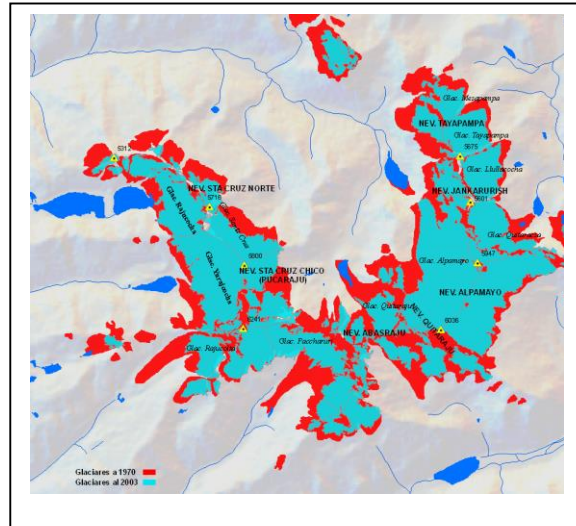


Figura 7. Vista del sistema glaciario Santa Cruz de la cobertura glaciaria de 1970 (rojo) y 2003 (celeste).

7.1.3.2 Desaparición y recesión glaciaria

Cuadro 16. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria.

Clasificación Primaria	Inventario 1970		Inventario 2003		Variación Cantidad
	Cantidad	%	Cantidad	%	
Glaciaria de Montaña	660	91,4	694	92	34
Glaciaria de Valle	61	8,5	42	6	-19
Campo de hielo	1	0,1			-1
Hielo Cubierto			19	2	19
Total	722	100	755	100	33

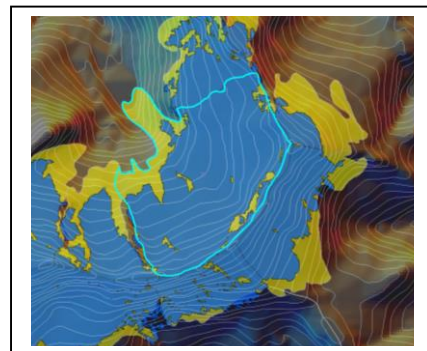


Figura 8. Retracción de un glaciaria de valle a un glaciaria de montaña.

7.2 CORDILLERA HUALLANCA

7.2.1 Ubicación

La cordillera Huallanca, se ubica en la cordillera occidental de los Andes del Norte del Perú, entre las paralelas de 9° 52' - 10° 3' latitud sur y 76° 58' - 77° 6' longitud oeste, su eje estructural se extiende con 19 km en dirección Noroeste. Esta pequeña cordillera se localiza en el departamento de Ancash y Huánuco. De la cordillera Huallanca se origina el río Pativilca por la vertiente del Pacífico y por la vertiente del Atlántico las aguas de los glaciares drenan al río Marañón.

7.2.2 Glaciares

Los glaciares identificados son 43 que presentan una superficie total de 7,01 km², distribuidos en las cuencas Pativilca y Marañón. La cuenca hidrográfica Pativilca, presenta la mayor concentración de superficie glaciaria, con 54,49 % del total. Las altitudes de los glaciares son variables, en un rango de altitud mínima y máxima con 4750 msnm y 5300 msnm respectivamente.

7.2.2.1 Orientación

La orientación predominante de los glaciares es al Este y Oeste, con superficie 2,1 y 2.04 km² respectivamente.

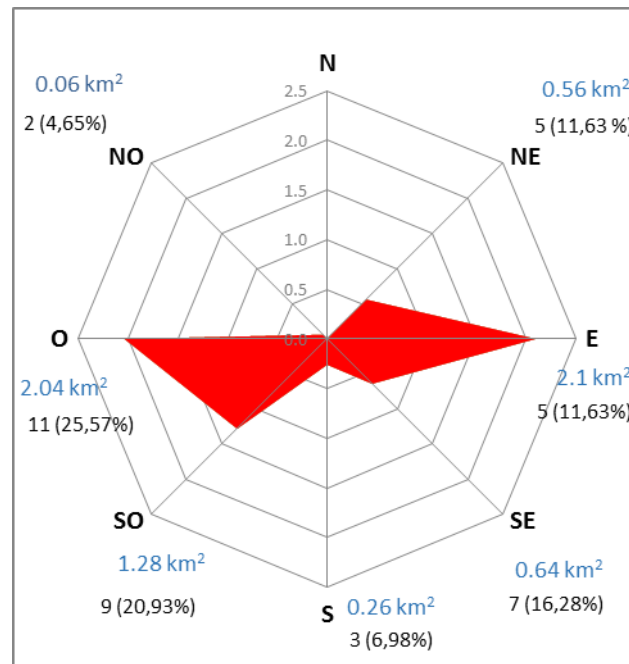


Gráfico 4. Orientación de los glaciares de la cordillera Huallanca

7.2.3 Dinámica en los glaciares

7.2.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

El resultado de este inventario muestra una pérdida de 13,96 km² de área glaciar que representa el 66,48% de la superficie determinada en el año 1970.

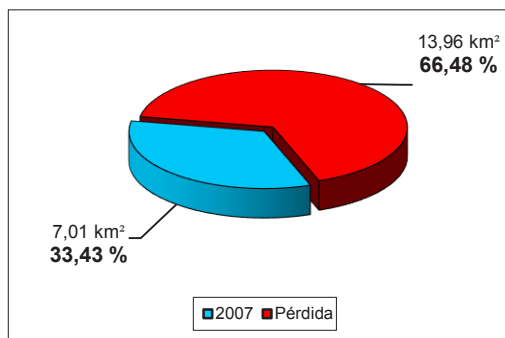


Gráfico 5. Pérdida de cobertura glaciar entre 1970 y 2007 en la cordillera Huallanca.

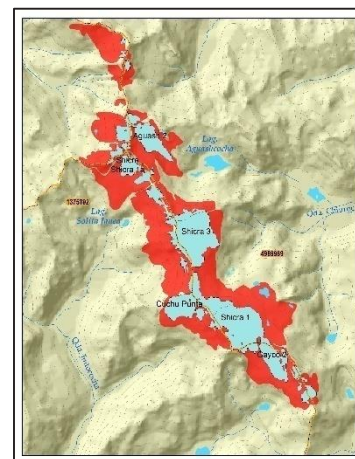


Figura 9. Vista en el sistema glaciar Chaupi Janca de la coberturas glaciar de 1970 (rojo) y 2007 (celeste).

7.2.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 37 años.

Cuadro 17. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Huallanca.

Clasificación primaria	Inventario 1970		Inventario 2007		Variación
	Cantidad	%	Cantidad	%	
Glaciar de montaña	55	98,21	42	97,67	-13
Glaciar de valle	1	1,79	1	2,33	0
Total	56	100,0	43	100,0	-13

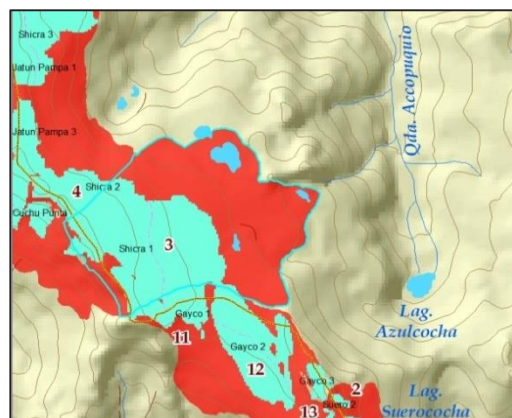


Figura 10. Retracción de un glaciar de tipo valle a un glaciar de tipo montaña en la cordillera Huallanca.

7.3 CORDILLERA HUAYHUASH

7.3.1 Ubicación

La cordillera Huayhuash se localiza en los departamentos de Ancash y Huánuco, se extiende con una longitud aproximada de 26 km entre las coordenadas paralelas de 10° 12' - 10° 27' de latitud sur y 76° 52' - 77°00' de longitud oeste. En el caso de la cordillera Huayhuash, la zona presenta numerosos picos que pasan los 6 000 msnm, como es el caso del nevado Yerupajá que tiene una altitud de 6 617 msnm y es el segundo pico más alto en el Perú después del Huascarán. Las aguas de derretimiento de los glaciares drenan al río Marañón a partir de la cuenca de Queropalca y al río Pativilca de la cuenca de Pacllón.

7.3.2 Glaciares

En el inventario se identificó 144 glaciares con 53,27 km². Las altitudes varían de una altitud mínima de 4303 msnm a una altitud máxima de 6617 msnm. La mayor número de glaciares se distribuyen en la cuenca Pativilca con una superficie de 35.63 km².

7.3.2.1 Orientación

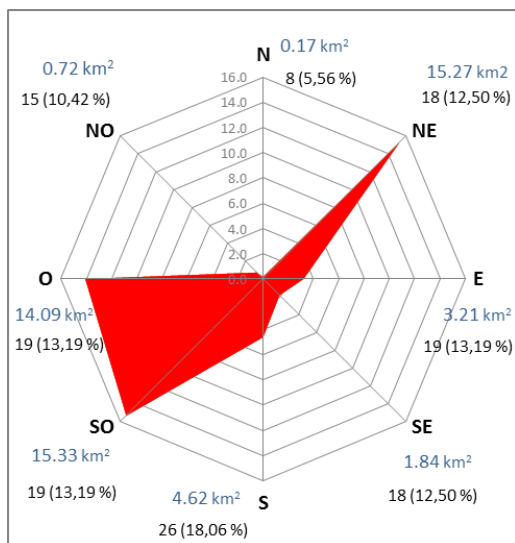


Gráfico 6. Orientación de los glaciares de la cordillera Huayhuash

7.3.3 Dinámica de los glaciares

7.3.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

El resultado muestra la pérdida de 29,70 km² (34,95%) del total de la superficie glaciar determinada en 1970.

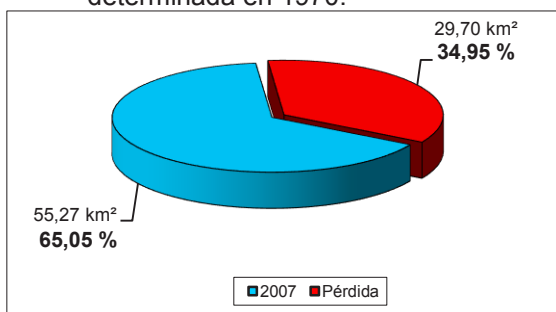


Gráfico 7. Pérdida de cobertura glaciar entre 1970 y 2007 en la cordillera Huayhuash

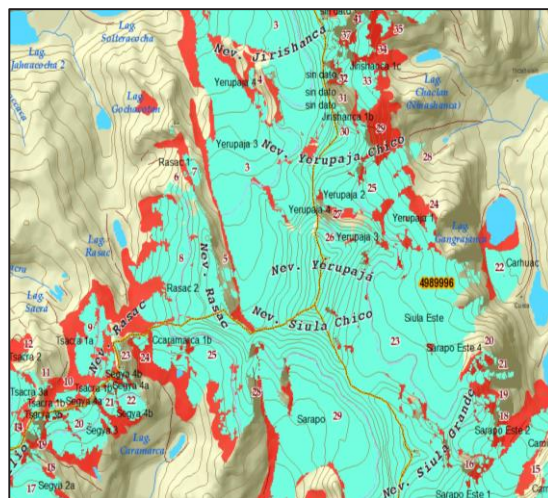


Figura 11. Vista del sistema montaña Yerupajá de las coberturas glaciar de 1970 (rojo) y 2007 (celeste).

7.3.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 37 años.

Cuadro 18. Variación de las características de los glaciares, según la clasificación primaria en la cordillera Huayhuash.

Clasificación Primaria	Inventario 1970		Inventario 2007		Variación
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Glaciar de montaña	112	95,73	139	96,53	27
Glaciar de valle	4	3,42	4	2,78	0
Campo de hielo	-	-	-	-	-
Roca glaciar	1	0,85	-	-	-1
Hielo cubierto	-	-	1	0,69	1
Total	117	100,0	144	100,0	27

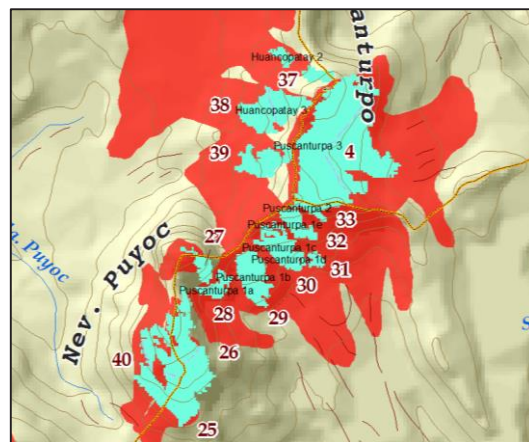


Figura 12. Retracción del glaciar de tipo valle a un glaciar de tipo montaña en la cordillera Huayhuash.

7.4 CORDILLERA RAURA

7.4.1 Ubicación

La cordillera Raura, constituye la divisoria de aguas continentales y está ubicada en los departamentos de Huánuco, Pasco y Lima, en el nacimiento del ramal occidental de los Andes del norte, su extensión es de 20 km aproximadamente, en dirección Noroeste entre las coordenadas paralelas 10° 21' - 10° 36' de latitud sur y 76° 39' - 76° 52' de longitud oeste, desde la altura de la hoya del río Llamac al norte hasta el nevado de Puscanturpa al sur. La cordillera Raura nace en el río Huaura, que fluye hacia el

Occidente hasta desembocar en el Pacífico. Así mismo es el origen de uno de los más grandes ríos del Perú, el río Marañón que se inicia en la pequeña laguna Niñococha.

7.4.2 Glaciares

Los glaciares identificados son 102 con una superficie de 28,34 km². Los glaciares varían según su altitud entre los rangos de altitud mínima de 4620 msnm y altitud máxima de 5701 msnm. La mayor distribución de glaciares se localiza en la cuenca Marañón con 36,06%.

7.4.2.1 Orientación

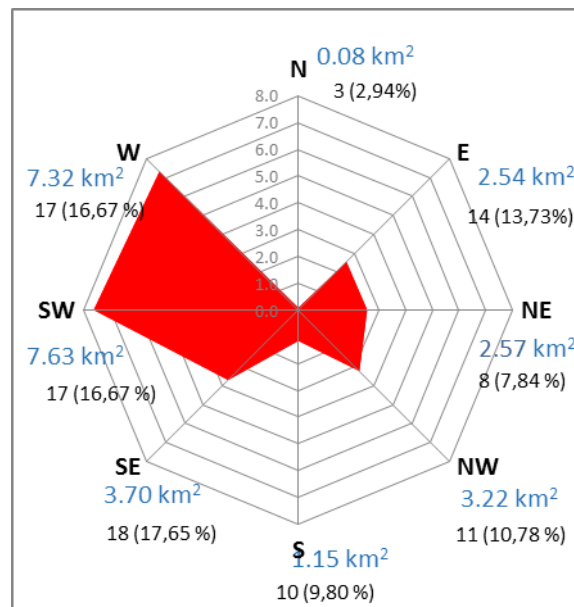


Gráfico 8. Orientación de los glaciares de la cordillera Raura

7.4.3 Dinámica en los glaciares

7.4.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

La pérdida de superficie glaciar con respecto al inventario de 1970 es de 26,86 km² que representa 49%, el área actual de la cordillera Raura es de 28,34 km².

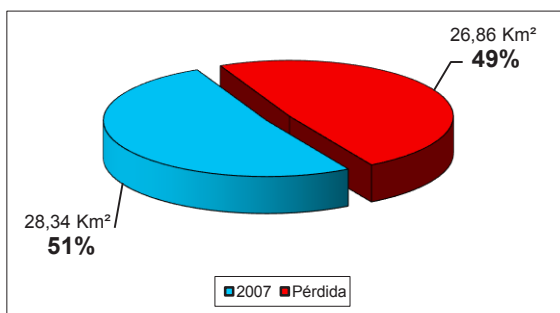


Gráfico 4. Pérdida de cobertura glaciar entre 1970 y 2007 en la cordillera Raura.

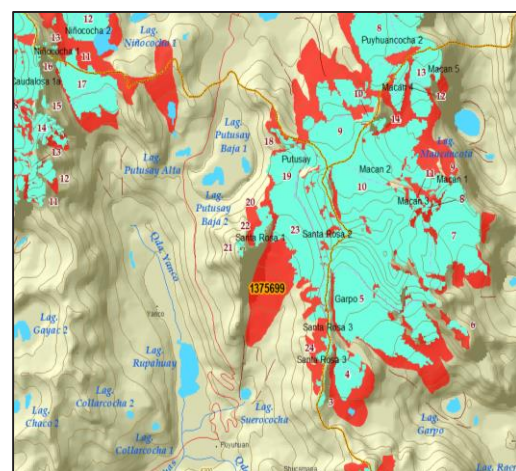


Figura 13. Vista en el sistema montaña Santa Rosa de la coberturas glaciar de 1970 (rojo) y 2007 (celeste)..

7.4.3.2 Desaparición y recesión glacial

La variación de las superficies glaciares en los últimos 37 años.

Cuadro 19. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Raura.

Clasificación Primaria	Inventario 1970		Inventario 2007		Variación
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Glaciar de montaña	87	94,57	99	97,06	12
Glaciar de valle	5	5,43	3	2,94	-2
Total	92	100,0	102	100,0	10

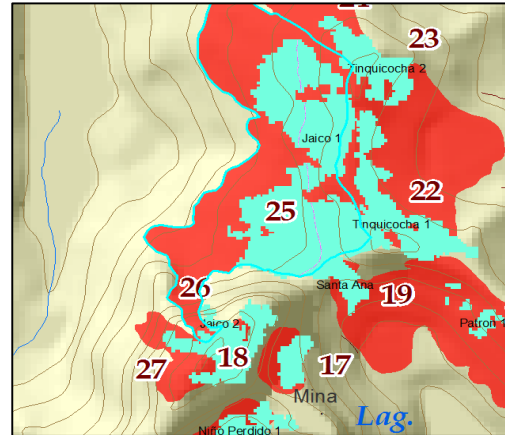


Figura 14. Retracción de un glaciar de tipo valle a un glaciar de tipo montaña en la cordillera Raura.

7.5 CORDILLERA LA VIUDA

7.5.1 Ubicación

La cordillera La Viuda es una de las divisorias de agua entre las hoyas del Pacífico y el Atlántico. Se extiende alrededor de 130 km con orientación Noroeste, formada por grupos pequeños y dispersos de montañas nevadas que forman parte del Pacífico de los Andes del Centro, estos se encuentran ubicados entre las coordenadas 10° 33' - 11° 38' de latitud sur y 76° 09' - 76° 42' de longitud oeste, en los departamentos de Lima, Pasco y Junín. Las aguas de esta cordillera desembocan hacia el Pacífico por medio de los ríos Huaura, Chancay, Chillón y Rímac, mientras que hacia el Oriente fluyen hacia los ríos Huallaga y Mantaro.

7.5.2 Glaciares

En el inventario se identificó 65 glaciares con 6,03 km². Las altitudes varían de una altitud mínima de 4892 msnm a una altitud máxima de 5406 msnm. El mayor número de glaciares se distribuyen en la cuenca Mantaro con una superficie de 2,92 km² (48,42%).

7.5.2.1 Orientación

La orientación predominante de los glaciares es al Suroeste y Sur con superficie de 2,64 km² y 1,83 km², respectivamente.

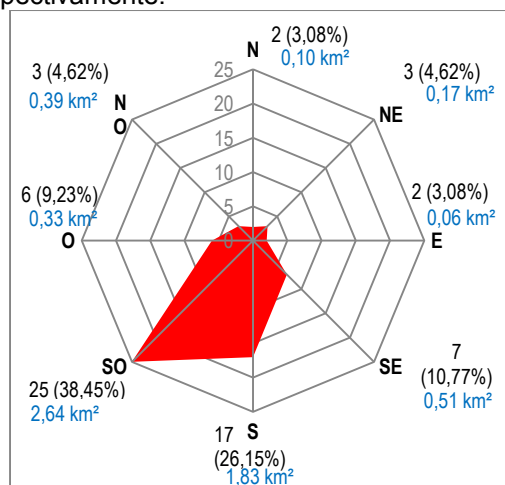


Gráfico 5. Orientación de los glaciares según rango de tamaño.

7.5.3 Dinámica en los glaciares

7.5.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

La pérdida de superficie glaciar con respecto al inventario de 1970 es de 22,57 km² que representa en porcentaje 78,92 %; la superficie actual de la cordillera la Viuda es de 6,03 km².

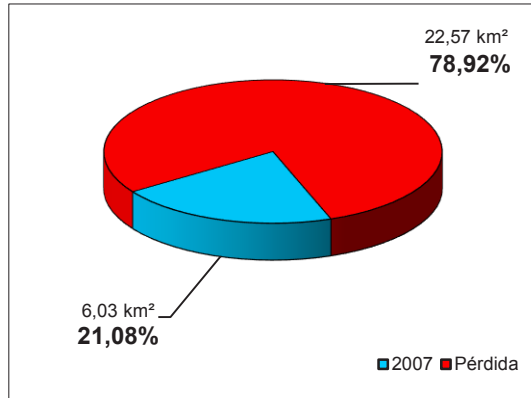


Gráfico 6. Pérdida de cobertura glaciar entre 1970 y 2007 en la cordillera La Viuda.

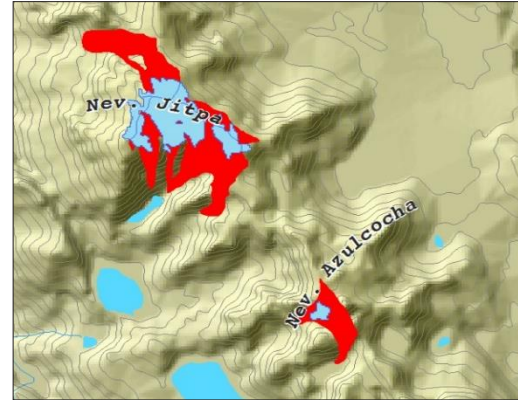


Figura 15. Vista de nevados Jipta y Azulcocha de las coberturas glaciar de 1970 (rojo) y 2007 (celeste).

7.5.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 37 años.

Cuadro 20. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera La Viuda

Clasificación primaria	Inventario				Variación
	1970		2007		
	Cantida d	%	Cantida d	%	Cantidad
Glaciar de montaña	129	100,0 0	64	98,46	-65
Flujo de hielo	-	-	1	1,54	1
Total	129	100,0 0	65	100,0 0	-64

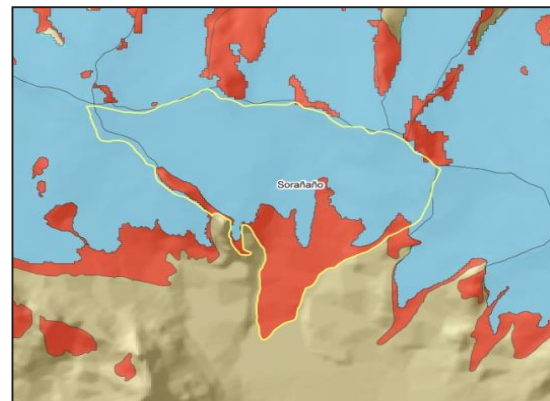


Figura 16. Retracción del glaciar Alcay

7.6 CORDILLERA CENTRAL

7.6.1 Ubicación

La cordillera Central se encuentra entre las coordenadas 11° 39' - 12° 37' de latitud sur y 75° 30' - 76° 20' de longitud oeste de los Andes del Centro, en los departamentos de Lima y Junín. Es la divisoria entre las vertientes del Pacífico y Atlántico. Se extiende en dirección Norte por aproximadamente 60 km.

7.6.2 Los Glaciares

La cordillera Central tiene 174 glaciares y una superficie glaciar de 51,91 km², la mayor extensión glaciar se ubica en la cuenca Mantaro con 39,41% de la superficie total, pero la de menor extensión se ubica en la cuenca Rímac con el 6,11%.

7.6.2.1 Orientación

La orientación predominante de los glaciares es al Sur y Suroeste, concentrando así la mayor superficie con 12,66 y 11,30 km².

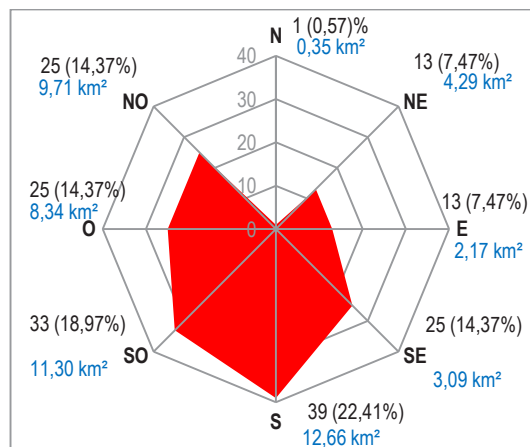


Gráfico 7. Orientación de los glaciares según rango de tamaño

7.6.3 Dinámica en los glaciares

7.6.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

La pérdida de superficie glaciar entre 1970 a 2009 es de 64,74 km², que representa 55,50%, el área glaciar actual en la Cordillera Central es de 51,91 km².

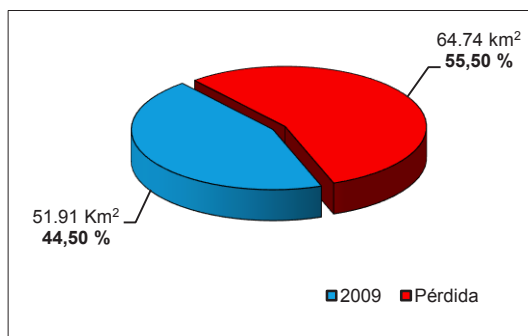


Gráfico 8. Pérdida de cobertura glaciar entre 1970 y 2007 en la cordillera Central

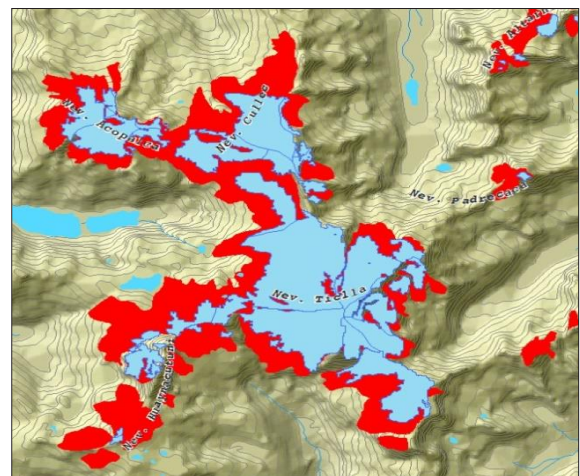


Figura 17. Reducción de la superficie glaciar 1970 y 2007 vista en los nevados Tielia y Cullec.

7.6.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 37 años.

Cuadro 21. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Central.

Clasificación primaria	Inventario				Variación
	1970		2007		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Glaciar de montaña	233	98,73	169	97,13	-64
Glaciar de valle	3	1,27	2	1,15	-1
Glaciarete y campos de nieve	-	-	3	1,72	3
Total	236	100,00	174	100,00	-62

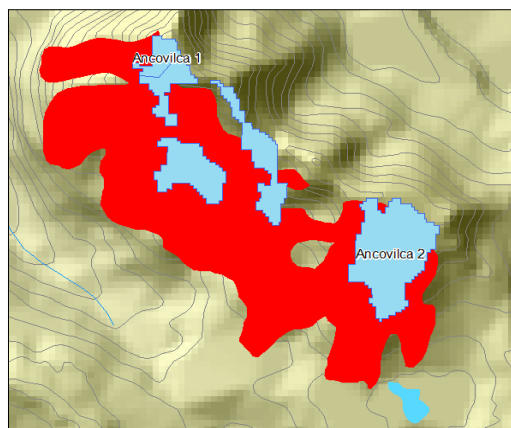


Figura 18. Retracción del glaciar Ancovilca.

7.7 CORDILLERA HUAGORUNCHO

7.7.1 Ubicación

La cordillera Huagoruncho se ubica en los departamentos de Huánuco y Pasco, formando parte del nudo de Pasco en su extremo Noreste y el nacimiento de la parte Atlántico de los Andes del Norte. Se extiende a lo largo de 27 km en dirección Este-Oeste, entre las coordenadas 10° 29' - 10° 34' de latitud sur y 75° 50 - 76° 01' de longitud oeste. Además, se localiza dentro del sistema hidrográfico del Amazonas. Los cursos del río que nacen en los nevados drenan hacia los ríos Perené y Pachitea.

7.7.2 Glaciares

En la cordillera Huagoruncho se determinó 41 glaciares y superficie glaciar de 9,71 km², cuya mayor superficie glaciar se ubica en la cuenca Perené, con 87,02%, pero en la cuenca Huallaga se concentra la menor superficie glaciar con 0,21%

7.7.2.1 Orientación

La orientación predominante de los glaciares es al Noroeste y Suroeste, con superficies de 3,24 y 2,21 km².

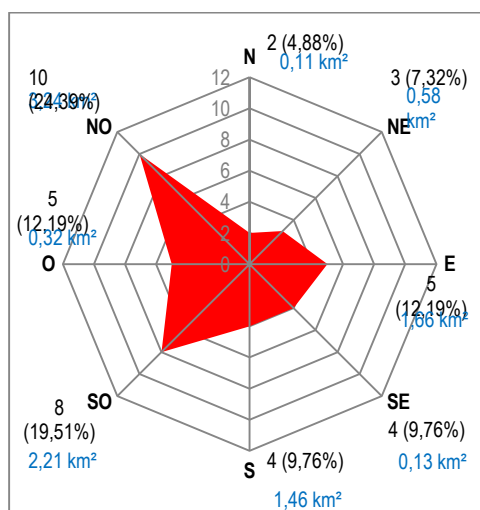


Gráfico 9. Orientación de los glaciares según rango de tamaño.

7.7.3 Dinámica en los glaciares

7.7.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

El resultado del inventario 2009 muestra una pérdida de 13,69 km² de área glaciar que representa el 58,50% de 23,40 km² según la cobertura de 1970 (Hidrandina S.A., 1989).

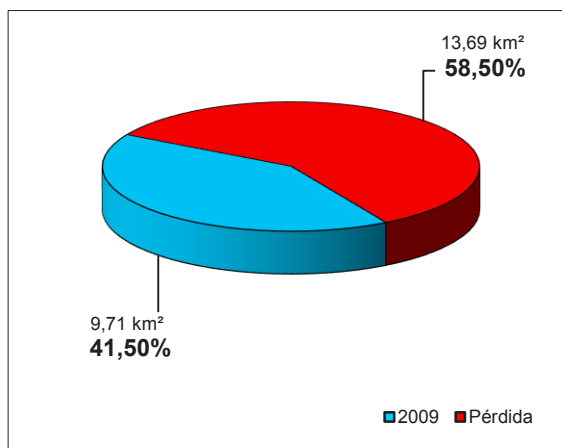


Gráfico 10. Pérdida de superficie glaciar entre 1970 y 2009 en la cordillera Huagoruncho.

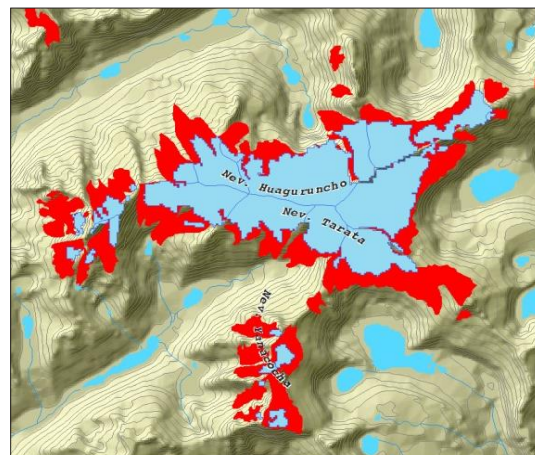


Figura 19. Reducción de la superficie glaciar entre 1970 y 2009 vista de los nevados Huagoruncho y Tarata.

7.7.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 39 años.

Cuadro 22. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Huagoruncho.

Clasificación primaria	Inventario				Variación
	1970		2009		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Glaciar de montaña	80	100,00	37	90,24	-43
Glaciarete y campos de nieve	-	-	4	9,76	4
Total	80	100,00	41	100,00	-39

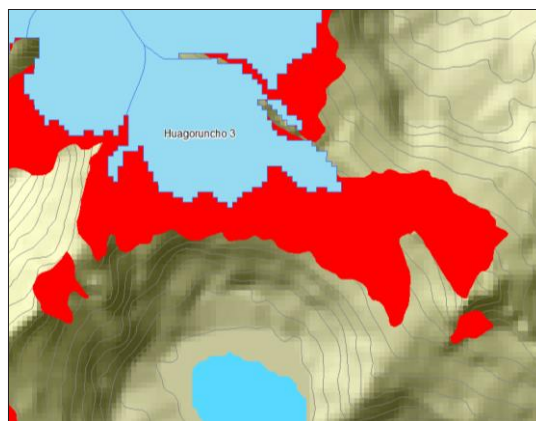


Figura 20. Retracción del glaciar Tello y Huagoruncho 3.

7.8 CORDILLERA HUAYTAPALLANA

7.8.1 Ubicación

La cordillera Huaytapallana se ubica en la parte central de los Andes Centrales dentro del departamento de Junín, entre las coordenadas 11° 35' - 11° 58' de latitud sur y 74° 48' - 75° 17' de longitud oeste. Drenan íntegramente a la hoya amazónica por medio de los ríos Mantaro y Perené.

7.8.2 Glaciares

La cordillera Huaytapallana presenta 105 glaciares y una superficie de 26,40 km², destacando la cuenca Mantaro por presentar la mayor superficie glaciaria con el 80,19%. Posiblemente la mayor área glaciaria hacia la vertiente del Atlántico de la cordillera, se vincula con la presencia de montañas y picos de gran elevación en la cuenca Mantaro.

7.8.2.1 Orientación

Orientación y tamaño. La orientación de los glaciares predominan al Este y Sureste; sin embargo, la superficie glaciaria es menor al Sureste con 3,88 km², en comparación con las orientaciones Sur y Suroeste, con 3,95 km² y 4,79 km² respectivamente.

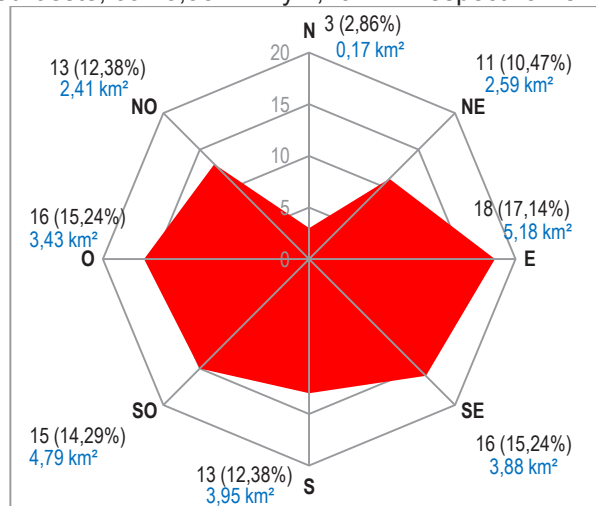


Gráfico 11. Orientación de los glaciares según rango de tamaño

7.8.3 Dinámica en los glaciares

7.8.3.1 Cambio de la cobertura glaciaria

El resultado de este inventario muestra una pérdida de 34,50 km² de área glaciaria que representa el 58,40% de 59,08 km² según la cobertura de 1970 (Hidrandina S. A., 1989).

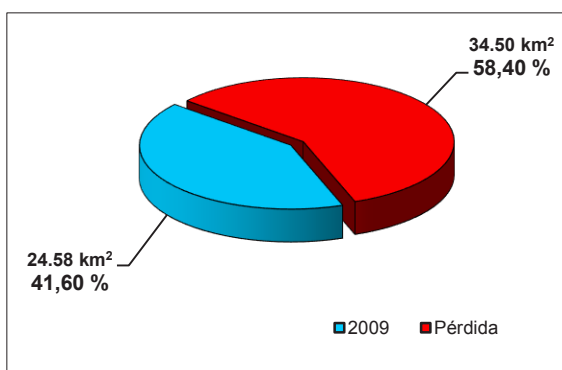


Gráfico 12. Pérdida de superficie glaciaria entre 1970 y 2009 en la cordillera Huaytapallana.

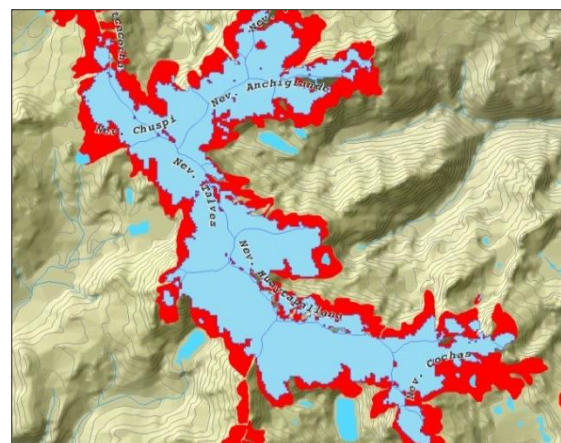


Figura 21. Reducción de la superficie glaciaria entre 1970 y 2009 vista de los nevados Tales, Chuspi, Anchigrande, Huaytapallana y Cochac.

7.8.3.2 Desaparición y recesión glacial

La variación de las superficies glaciares en los últimos 39 años.

Cuadro 23. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Huaytapallana.

Clasificación primaria	Inventario				Variación
	1970		2009		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Glaciar de montaña	151	99,34	95	90,48	-56
Glaciar de valle	1	0,66	4	3,81	3
Glaciarete y campos de nieve	-	-	6	5,71	6
Total	152	100,00	105	100,00	-47

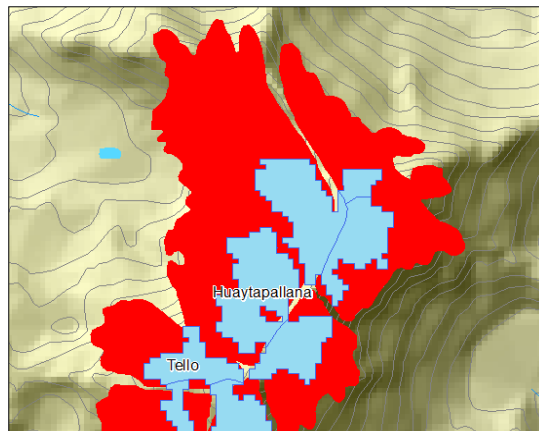


Figura 22. Retracción del glaciar Tello y Huaytapallana.

7.9 CORDILLERA CHONTA

7.9.1 Ubicación

La cordillera Chonta ubicada en la parte Pacífico de los Andes del Centro, formando la divisoria de aguas continental; entre las coordenadas 12° 36' - 13° 13' de latitud sur y 75° 00' - 76° 00' de longitud oeste. Se extiende con una orientación Noroeste en aproximadamente 90 km, en los departamentos de Huancavelica y Junín. El sistema hidrográfico está conformado por los ríos Pisco y Chíncha que fluyen hacia el Pacífico; y por el lado Atlántico, los ríos Pampas y Mantaro.

7.9.2 Los Glaciares

La cordillera Chonta presenta 29 glaciares y cubre una superficie total de 1,40 km², distribuida en 3 cuencas hidrográficas principales, de las cuales la cuenca del río Mantaro contiene mayor superficie glacial con el 95,71%

7.9.2.1 Orientación

La orientación predominante de los glaciares es al Sur y Suroeste al igual que las concentraciones de sus área, con 0,16 y 0,43 km² respectivamente.

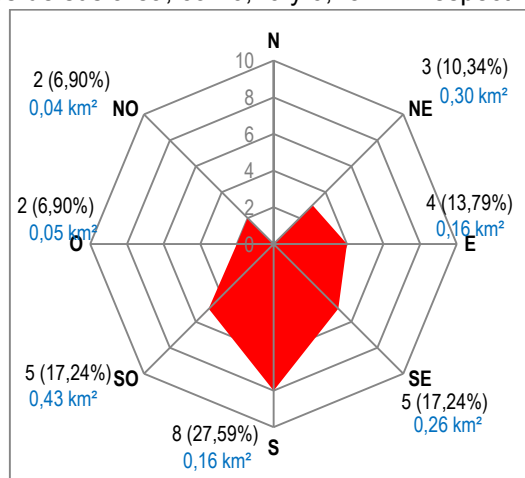


Gráfico 13. Orientación de los glaciares según rango de tamaño.

7.9.3 Dinámica en los glaciares

7.9.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

La Cambio de la superficie glaciar de 1970 y 2009, muestra una pérdida de superficie glaciar de 16,45 km² equivalente al 92,16% con respecto a 17,85 km². (Hidrandina S.A., 1989).

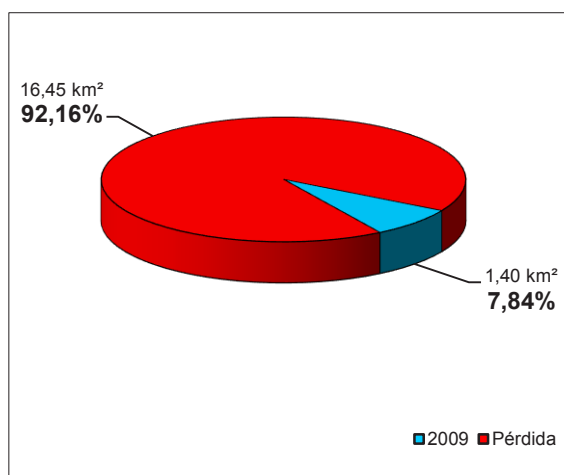


Gráfico 14. Pérdida de superficie glaciar entre 1970 y 2009 en la cordillera Chonta.

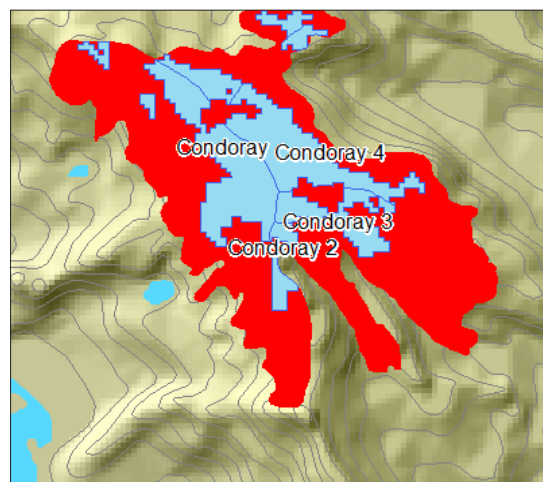


Figura 23. Reducción de la superficie glaciar entre 1970 y 2009 vista en el glaciar Condoray.

7.9.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 39 años.

Cuadro 24. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Chonta.

Clasificación primaria	Inventario				Variación
	1970		2009		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Glaciar de montaña	95	100,00	29	100,00	-66
Total	95	100,00	29	100,00	-66

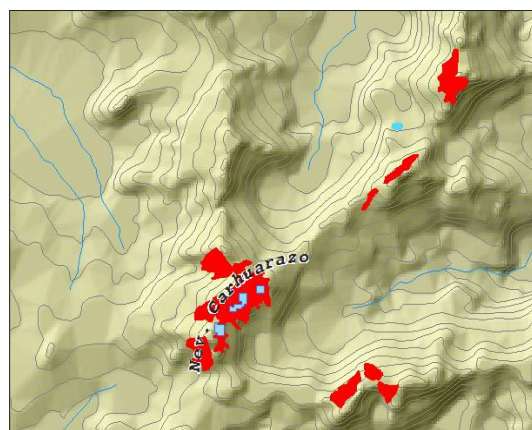


Figura 24. Reducción el nevado Carhuarazo.

7.10 CORDILLERA AMPATO

7.10.1 Ubicación

La cordillera Ampato, se encuentra localizada dentro de los Andes occidentales del sur del Perú.

La cordillera Ampato, se caracteriza por su actividad volcánica, su geología está compuesta de basalto, capas de carbonilla y aluvión, la cordillera tiene tres volcanes de

las cuales Ampato con 6 200 msnm es el más referente, además de Coropuna y Solimana. Cada uno es considerado como nevado, ya que sus cumbres están cubiertas de un manto de nieve. Se ubica sobre el ramal occidental de los Andes, extendiéndose en 180 km aproximadamente en dirección noroeste, el grupos de glaciares se distribuyen entre las coordenadas geográficas de 15° 12'-15° 52' de latitud sur y 71° 48'-73° 28' de longitud oeste, comprende los departamentos de Arequipa y Ayacucho, el sistema hidrográfico de esta cordillera drena hacia la vertiente del Pacífico. Las lagunas Parinacochas, Mucurca, Tintarcocha y Apalcocha son las más extensas superficialmente.

7.10.2 Los Glaciares

La cordillera Ampato presenta 65 glaciares y una superficie de 60,96 km², obtenida a partir de las imágenes del sensor Aster y Liss III. En la cuenca Ocoña, existe la mayor superficie, donde hay más del 50% y la cuenca Quilca - Vitor - Chili contiene la menor superficie con 8,28% del total. Cabe mencionar que en la cuenca alta del río Ocoña la disponibilidad de agua es vital, porque los glaciares son la fuente hídrica principal para los sistemas de riego en los valles interandinos, siendo un riesgo significativo la disminución de la superficie glaciar (Comunidad Andina, 2009).

7.10.2.1 Orientación

Considerando las condiciones de altitud y azimut solar propias del hemisferio sur, el mayor grupo de glaciares se encuentran orientados entre Sureste y Suroeste.

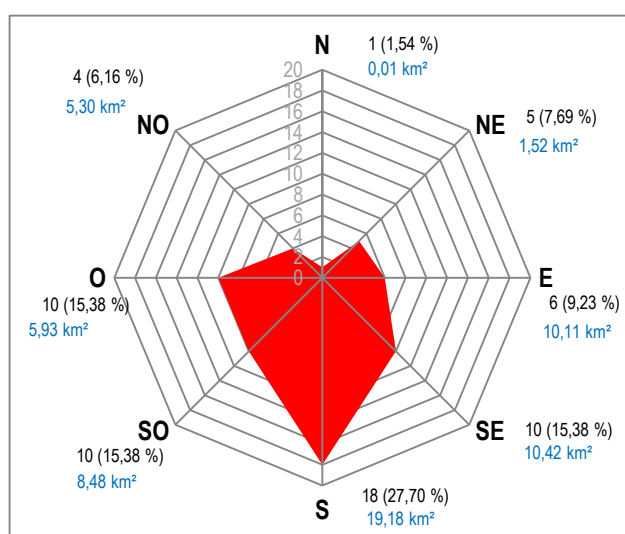


Gráfico 15. Orientación de los glaciares según rango de tamaño en la cordillera Ampato.

7.10.3 Dinámica en los glaciares

7.10.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

En general la cordillera Ampato ha disminuido su superficie de 146,73 km² (1970) a 60,96 km² (2010) con una pérdida de superficie total de 58,45%. (Hidrandina S.A., 1989).

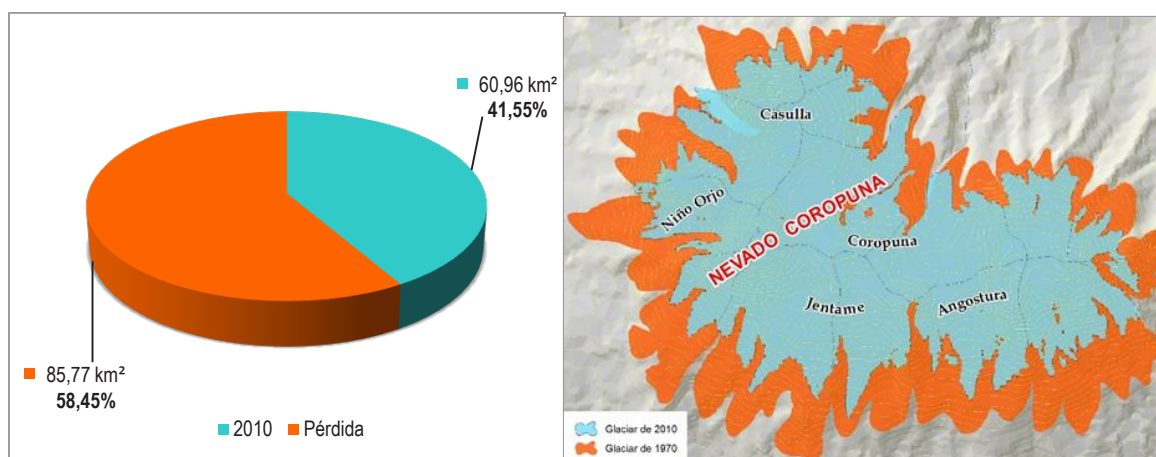


Gráfico 16. Pérdida de superficie glaciar entre 1970 y 2010 en la cordillera Ampato.

Figura 25. Reducción de la superficie glaciar entre 1970 y 2010 en el nevado Coropuna.

Cuadro 25. Superficie glaciar del nevado Coropuna, según observaciones.

Periodo	Año	Superficie (km²)
1 (c y d)	1955	122,70
2 (b)	1970	82,60
3 (c)	1980	80,14
4 (c)	1996	65,50
5 (d)	2003	56,86
6 (a)	2010	49,02

(a) UGRH; (b) Hidrandina S.A., 1989; (c) Peduzzi et al., 2010; (d) Bernex y Tejada, 2010.1.

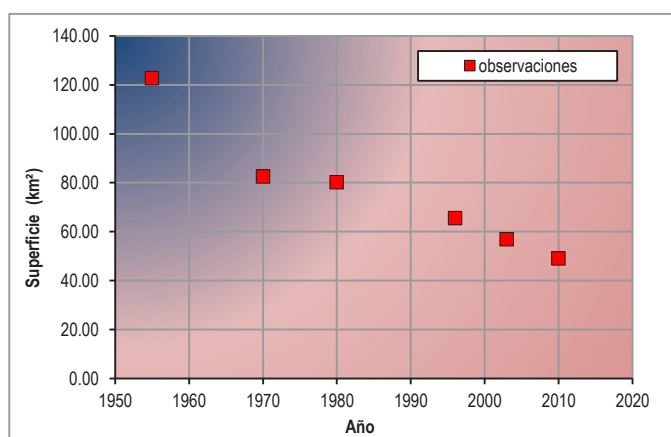


Gráfico 17. Reducción de la superficie glaciar en el nevado Coropuna, según periodos de observación.

7.10.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 40 años.

Cuadro 26. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Ampato.

Clasificación Primaria	Inventario				Variación
	1970		2010		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Incierto o diversos	-	-	16	24,61	16
Glaciar de montaña	93	100,00	40	61,54	-53
Glaciarete y campos de nieve	-	-	9	13,85	9
Total	93	100,00	65	100,00	-28

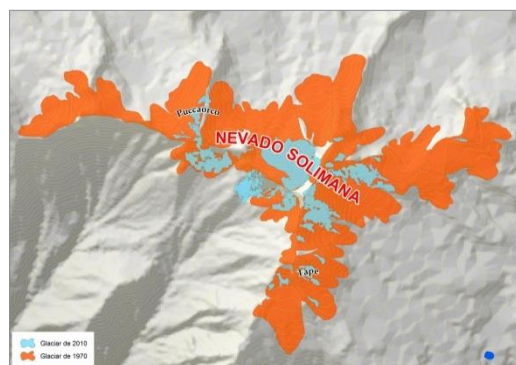


Figura 26. Retracción y desaparición de glaciares de montaña en el nevado Solimana.

7.11 CORDILLERA VILCABAMBA

7.11.1 Ubicación

Las cordillera Vilcabamba, se encuentran localizada dentro de las cordilleras de los Andes Centrales y Sur del país.

La cordillera Vilcabamba, forma el ramal oriental de la cordillera de los Andes Centrales del Perú, ubicados en los departamentos de Cusco y de Apurímac, se encuadra entre las coordenadas geográficas de 72° 30' 00" - 73° 15' 00" de longitud oeste y 13° 15' 00" - 13° 25' 00" de latitud sur. Las elevaciones fluctúan entre los 4 000 a 6 000 msnm, encontrando el pico más alto denominado Salcantay con 6 200 msnm.

7.11.2 Los Glaciares

La cordillera Vilcabamba, presenta una 355 glaciares y superficie glaciár total de 129,15 km², encontrándose distribuidos en 3 cuencas hidrográficas principales, de las cuales la cuenca Urubamba, perteneciente a la vertiente del Atlántico, presenta la mayor superficie con el 52,03% del total.

7.11.2.1 Orientación

Las orientaciones predominantes de los glaciares de la cordillera Vilcabamba son hacia el Suroeste y Sureste, y en menor cantidad algunos glaciares están orientados hacia el Norte.

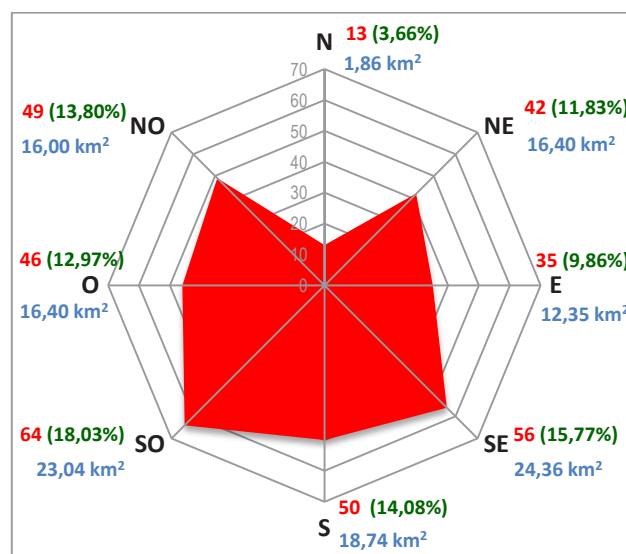


Gráfico 18. Orientación de los glaciares según rango de tamaño.

7.11.3 Dinámica en los glaciares

7.11.3.1 Cambio de la cobertura glaciár

La Cambio de la superficie glaciár al 2009. Según la cobertura obtenida parcialmente en 1970, se ha perdido el 22,21 km² (58,85%) de 37,74 km². (Hidrandina S.A., 1989).

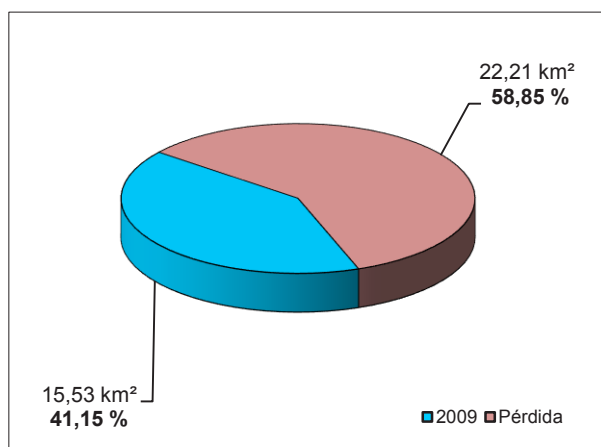


Gráfico 19. Pérdida de superficie glaciar entre 1970 y 2009 en la cordillera Vilcabamba.

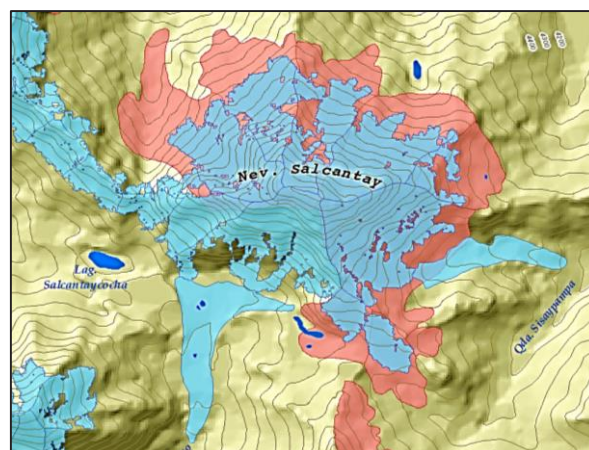


Figura 27. Reducción de la superficie glaciar entre 1970 y 2009 en el nevado Salcantay.

7.11.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 39 años.

Cuadro 27. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Vilcabamba.

Clasificación primaria	Inventario				Variación
	1970		2009		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Incierto o diversos	0	0,00	3	4,84	3
Glaciar de valle	4	4,08	0	0,00	-4
Glaciar de montaña	94	95,92	59	95,16	-35
Total	98	100,00	62 (*)	100,00	-36

(*) Cantidad de glaciares para la comparación, no representa el total de glaciares inventariados al 2009.

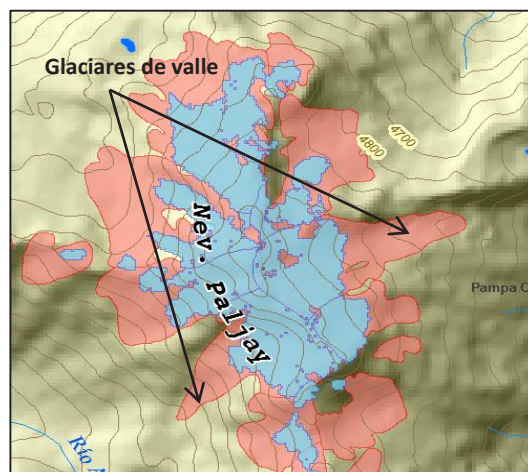


Figura 28. Retracción de un glaciar de valle a un glaciar de montaña en la cordillera Vilcabamba.

7.12 CORDILLERA URUBAMBA

7.12.1 Ubicación

Las cordilleras Urubamba, se encuentra localizada dentro de las cordilleras de los Andes Centrales y Sur del país.

La cordillera Urubamba, está situada en el ramal oriental de los Andes Centrales, se extiende aproximadamente en 40 kilómetros en dirección noroeste, con ubicación geográfica de 13° 08' - 13° 15' de latitud sur y 72° 00' - 72° 27' de longitud oeste, en esta cordillera, son afluentes del río Yanatili por la vertiente norte y del río Alto Urubamba por el flanco sur, formando la cuenca hidrográfica del Urubamba y de la hoya amazónica.

7.12.2 Los Glaciares

La cordillera Urubamba presentan 117 glaciares y una superficie total de 26,39 km², en base a dos imágenes como ASTER y LANDSAT 5 TM, y los glaciares en su totalidad se encuentran solamente en la cuenca Urubamba. Además, estos glaciares son la principal fuente de agua para los centros poblados que se ubican sobre la zona intermedia y baja de la cuenca.

7.12.2.1 Orientación

Las orientaciones predominantes de los glaciares de la cordillera Urubamba se encuentran al Sur y Suroeste y en menor cantidad algunos glaciares están orientados hacia el Norte

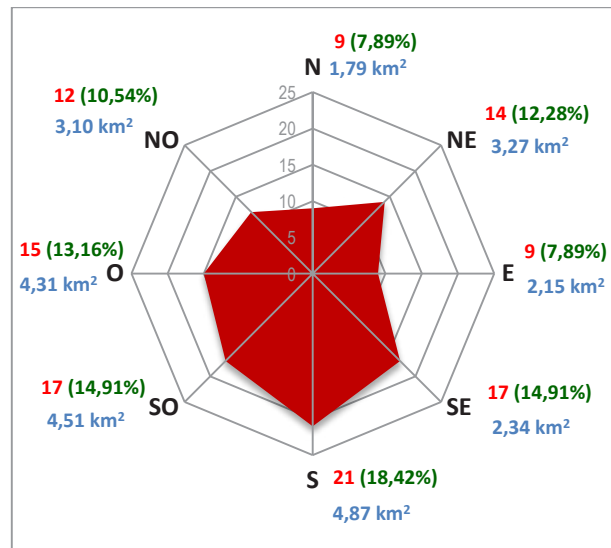


Gráfico 20. Orientación de los glaciares según rango de tamaño.

7.12.3 Dinámica en los glaciares

7.12.3.1 Cambio de la cobertura glaciár

La Cambio de la superficie glaciár del año 2009 con relación a la cobertura obtenida parcialmente en el año 1970. Se ha perdido el 25,59 km² (61,69%) en base a la cobertura de 1970, inventariada parcialmente con 41,48 km².

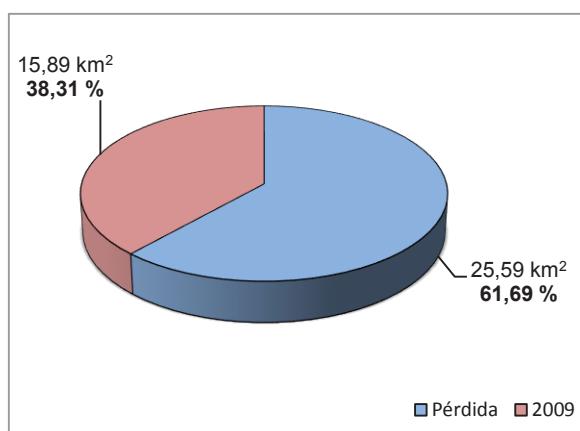


Gráfico 21. Pérdida de superficie glaciár entre 1970 y 2009 en la cordillera Urubamba

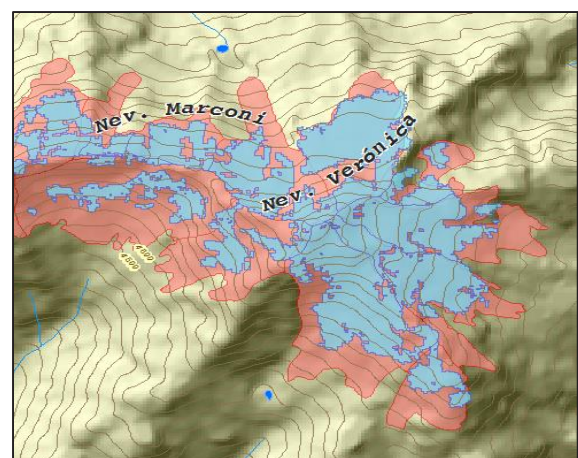


Figura 29. Reducción de la superficie glaciár entre 1970 y 2009 en los nevados Marconi y Verónica

7.12.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 39 años.

Cuadro 28. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Urubamba.

Clasificación primaria	Inventario				Variación
	1970		2009		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Incierto o diversos	-	-	2	3,51	2
Glaciarete y campos de nieve	-	-	2	3,51	2
Glaciar de montaña	90	100,00	53	92,98	-37
Total	90	100,00	57(*)	100,00	-33

(*) Cantidad para la comparación, no representa el total de glaciares inventariados al 2009

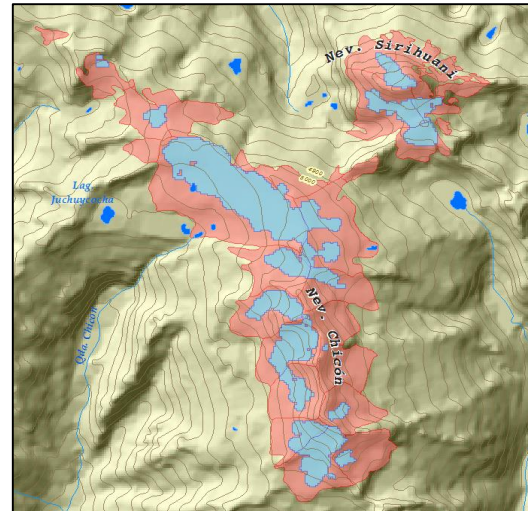


Figura 30. Retracción y desaparición de glaciares de montaña en la cordillera Urubamba.

7.13 CORDILLERA HUANZO

7.13.1 Ubicación

Las cordillera Huanzo, se encuentran localizada dentro de los Andes occidentales del sur del Perú.

El ámbito de la cordillera Huanzo, se ubica sobre los departamentos de Arequipa, Cusco, Apurímac y Ayacucho, entre las coordenadas 14°12'-15°00' de latitud sur y 72°11'-72°34' de longitud oeste, su eje estructural está entre los pequeños grupos de principales nevadas y se extiende en 57 km aproximadamente, además define la divisoria de la vertiente hidrográficas del Pacífico y el Atlántico (INRENA, 2007). Por el flanco noreste los ríos Collpa y Chaccha son tributarios al río Apurímac el cual vierte sus aguas al Atlántico y por suroeste los ríos Huarcaya y Masapuquio fluyen sus aguas hacia los ríos Ocoña y Majes, los que luego desembocan al océano Pacífico; el glaciar Chancoaña (4999498-6) es el más alto con 5 445 msnm dentro de esta cordillera, los nevados más representativos son: Chancoaña, Huayrahuiri y Huaytane, la laguna Machucocha con 8,23 km² es la más extensa.

7.13.2 Los Glaciares

La cordillera Huanzo, considera como parte de los Andes Centrales del Perú, contiene una superficie total de 4,51 km² al año 2010 en base a las imágenes satelitales LISS III y ASTER. Se registraron los porcentajes de superficie, distribuidas en 3 cuencas hidrográficas, donde el mayor almacenamiento de agua sólida se ubica en cuenca de Alto Apurímac con un 62,53% que equivale al 2,82 km² de superficie total.

7.13.2.1 Orientación y tamaño

La orientación predominante de los glaciares de Sur a Suroeste con más del 50,00%.

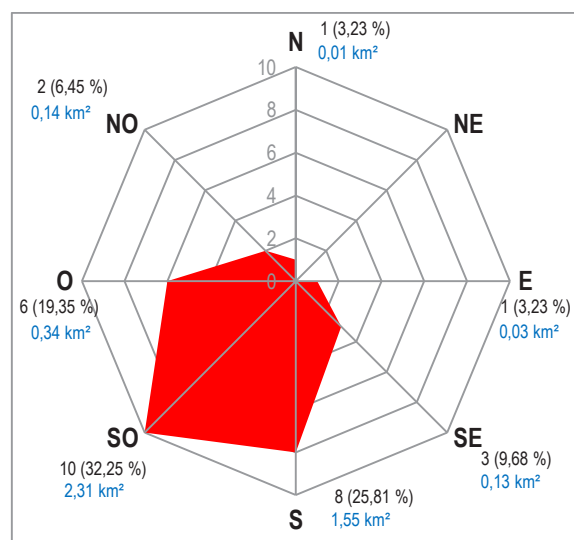


Gráfico 22. Orientación de los glaciares según rango de tamaño en la cordillera Huanzo.

7.13.3 Dinámica en los glaciares

7.13.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

El retroceso entre 1970 al 2010 en la cordillera Huanzo, presenta una pérdida de superficie glaciar de 87,79%, llegando a reducir la superficie de 36,93 km² a 4,51 km². (Hidrandina S.A., 1989).

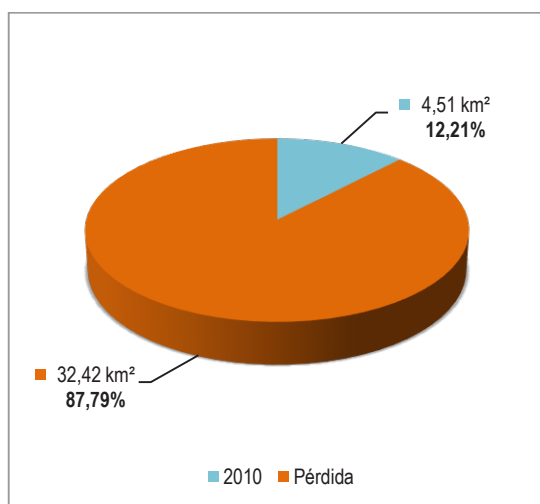


Gráfico 23. Pérdida de superficie glaciar entre 1970 y 2010 en la cordillera Huanzo.

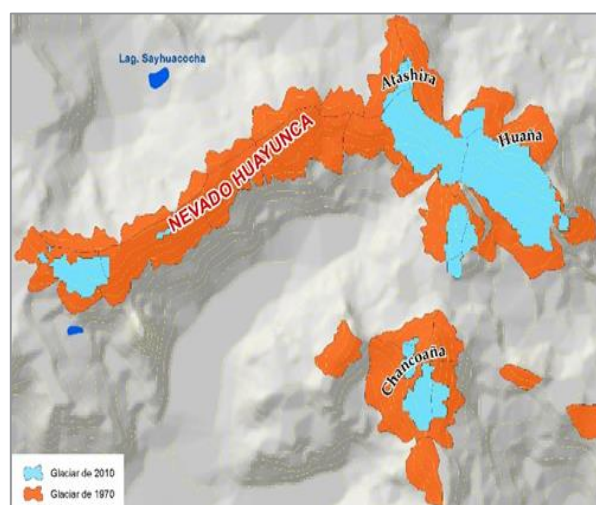


Figura 31. Reducción de la superficie glaciar entre 1970 y 2010 en el Nevado Huayunca.

7.13.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 40 años

Cuadro 29. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Huanzo.

Clasificación Primaria	Inventario				Variación
	1970		2010		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Incierto o diversos	-	-	2	6,45	2
Glaciar de montaña	115	100,00	28	90,32	-87
Glaciarete y campos de nieve	-	-	1	3,23	1
Total	115	100,00	31	100,00	-84

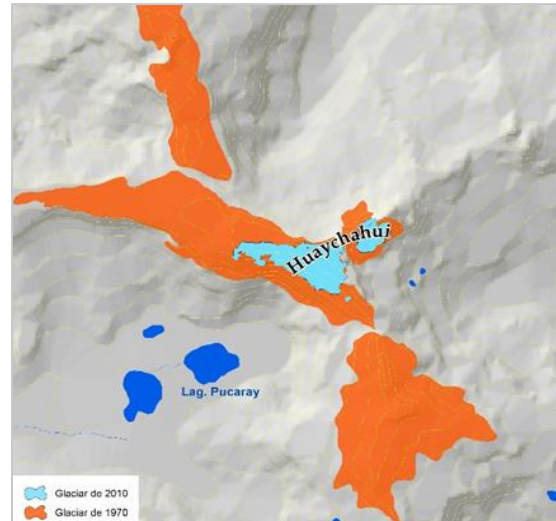


Figura 32. Retracción y desaparición de los glaciares de montaña en la cordillera Huanzo.

7.14 CORDILLERA CHILA

7.14.1 Ubicación

La cordillera Chila, se encuentra localizada dentro de los Andes occidentales del sur del Perú; es una de las más pequeñas de la cordillera occidental extendiéndose en dirección noroeste-sureste y está ubicada en la naciente de la rama occidental de los Andes Centrales; el grupo de glaciares están entre las coordenadas geográficas 15° 22'-15° 33' de latitud sur y 71° 38'-72° 11' de longitud oeste, está localizada netamente en el departamento de Arequipa, sus glaciares desempeñan un papel destacado ya que en ella tienen origen la fuente a partir de la cual se genera la red que forma el río Amazonas y actúa como divisoria de aguas continentales. Esta cordillera presenta el glaciar Chila Pillune como el más representativo, con 5 655 msnm y las lagunas de mayores superficies son el Huarhuarco, Lorocca, De Chachas y San Félix.

7.14.2 Los Glaciares

La cordillera Chila, presenta un total 22 glaciares y de superficie glaciar de 0,93 km², que está distribuida en 2 cuencas hidrográficas como son Camaná y Alto Apurímac, siendo la cuenca Camaná parte de la vertiente del Pacífico con la mayor superficie glaciar equivalente al 92,47% del total.

7.14.2.1 Orientación y tamaño

Las orientaciones predominantes de los glaciares en la cordillera Chila son hacia el Suroeste y Sur.

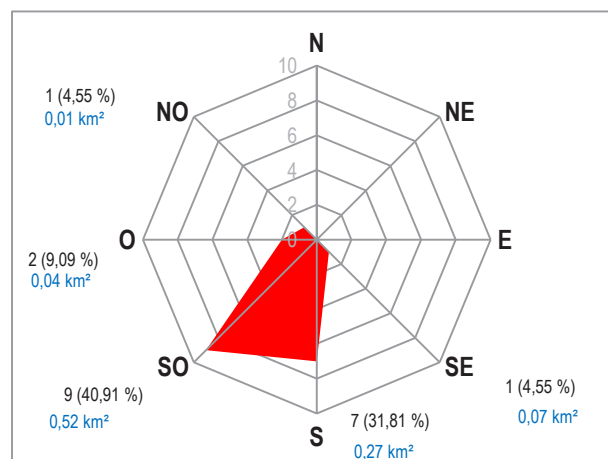


Gráfico 24. Orientación de los glaciares según rango de tamaño en la cordillera Chila.

7.14.3 Dinámica en los glaciares

7.14.3.1 Cambio de la cobertura glaciár

La superficie glaciár al 2010 en comparación a la cobertura obtenida parcialmente en 1970, perdió el 97,26% de 33,89 km², con un retroceso anual promedio de 0,82 km²/año.

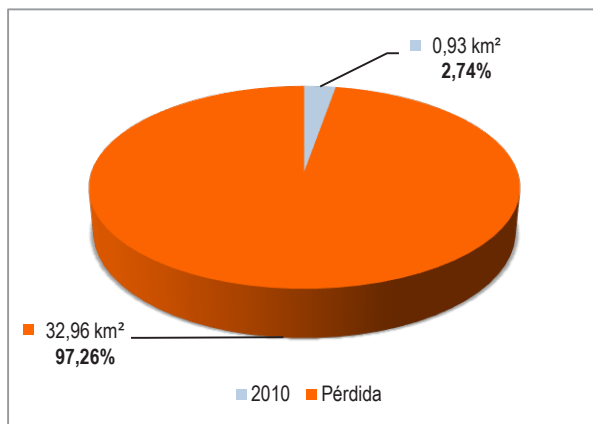


Gráfico 25. Pérdida de superficie glaciár entre 1970 y 2010 en la cordillera Chila.

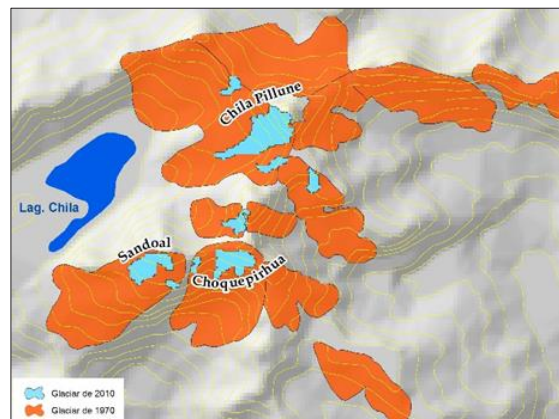


Figura 33. Reducción de la superficie glaciár entre 1970 y 2010 en el nevado Chila Pillune.

7.14.3.2 Desaparición y recesión glaciár

La variación de las superficies glaciáres en los últimos 40 años.

Cuadro 30. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Chila.

Clasificación Primaria	Inventario				Variación
	1970		2010		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Incierto o diversos	-	-	1	4,55	1
Glaciár de montaña	87	100,00	11	50,00	-76
Glaciárete y campos de nieve	-	-	10	45,45	10
Total	87	100,00	22	100,00	-65

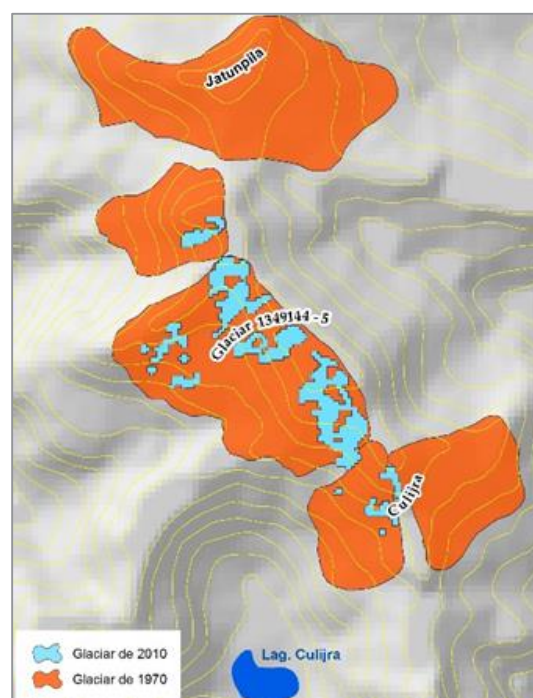


Figura 34. Retracción y desaparición de un glaciár de montaña en cordillera Chila.

7.15 CORDILLERA LA RAYA

7.15.1 Ubicación

La cordillera La Raya, se encuentra localizada dentro de las cordilleras de los Andes Centrales y Sur del país; es la más pequeña de todas las cordilleras del sur. Está situada en el extremo noroeste del nudo de Vilcanota; se extiende aproximadamente en 10 km de longitud, en dirección noreste, se encuentra entre las divisorias de Puno y Cusco, se encuadra entre 14° 20' -14° 33' de latitud sur y 70° 57' - 71° 02' de longitud oeste.

7.15.2 Los Glaciares

La cordillera La Raya, presenta 25 glaciares y una superficie de 3,06 km², con una mayor concentración en la cuenca del Urubamba, representando el 75,49%, estas superficies fueron obtenidas en base a la imagen satelital LISS III de 2010.

7.1.1.1. Orientación y tamaño

Orientación y tamaño. La orientación predominante de los glaciares es al Sur y Suroeste, representando el 72,00% en conjunto del total.

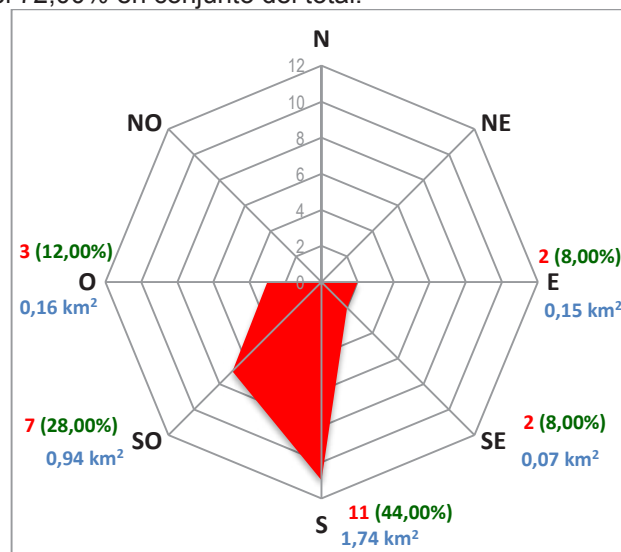


Gráfico 26. Orientación de los glaciares según rango de tamaño.

7.1.2. Dinámica en los glaciares

7.15.2.1 Cambio de la cobertura glaciar

La Cambio de la superficie glaciar en relación a las coberturas obtenidas en la década 1970 y 2010 de la cordillera La Raya. Indican que se ha perdido el 72,85% de superficie en relación a 11,27 km², obtenida en la década de 1970, quedando al 2010 un área de 3,06 km² con 25 glaciares.

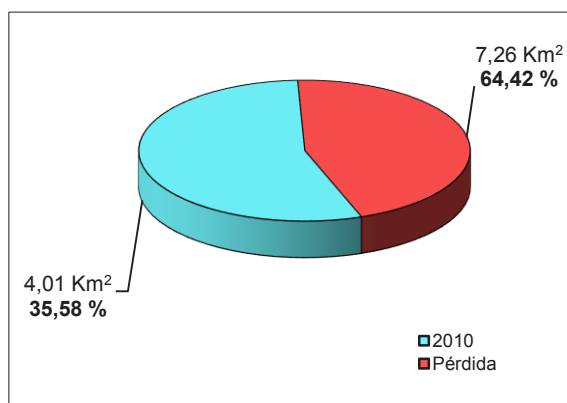


Gráfico 27. Pérdida de superficie glaciar entre 1970 y 2010 en la cordillera La Raya.

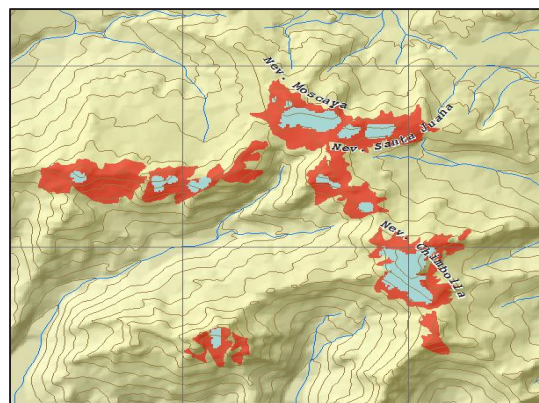


Figura 35. Reducción de la superficie glaciar entre 1970 y 2010 en los nevados Moscaya, Santa Juana y Chimbolla.

7.15.2.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 40 años.

Cuadro 31. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera La Raya.

Clasificación primaria	Inventario				Variación
	1970		2010		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Glaciar de montaña	48	100,00	22	88,00	-26
Glaciarete y campos de nieve	-	-	2	8,00	2
Incierto o diversos	-	-	1	4,00	1
Total	48	100,00	25	100,00	-23

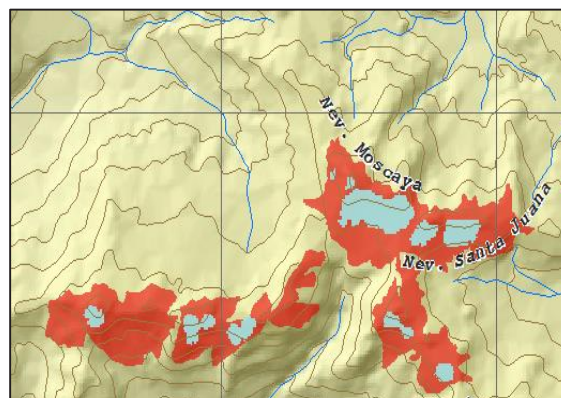


Figura 36. Retracción y desaparición del glaciar de montaña en la cordillera La Raya.

7.16 CORDILLERA VILCANOTA

7.16.1 Ubicación

La cordillera Vilcanota se localiza en los Andes del Sur del continente Sudamericano, comprendidos entre las coordenadas de 13° 22' 48,96" a 14° 26' 11,80" latitud sur y 69° 37' 16,10" a 71° 25' 51,15" de longitud oeste; se encuentra en el ramal del nudo de Vilcanota del sector sur, prolongándose en dirección N 40° O desde el Nevado Jarupata hasta el Nevado Miñasnioc, con una longitud lineal aproximada de 93 km. Además es la segunda cordillera nevada de mayor concentración de glaciares del Perú, con 374 glaciares en una superficie de 279,40 km²; identificándose el glaciar Osjollo Anante como el más extenso de la cordillera, con 6,5 km² y el nevado Quelccaya como el más conocido.

7.16.2 Glaciares

La cordillera Vilcanota presenta 374 glaciares y una superficie glaciaria total de 279,40 km² y dentro de ella la cuenca hidrográfica Urubamba es la que tiene una mayor concentración de 177,00 km², ocupando el 63,35% del área total.

7.16.2.1 Orientación y tamaño

La orientación predominante de los glaciares es al Sur con una superficie de 63,47 km².

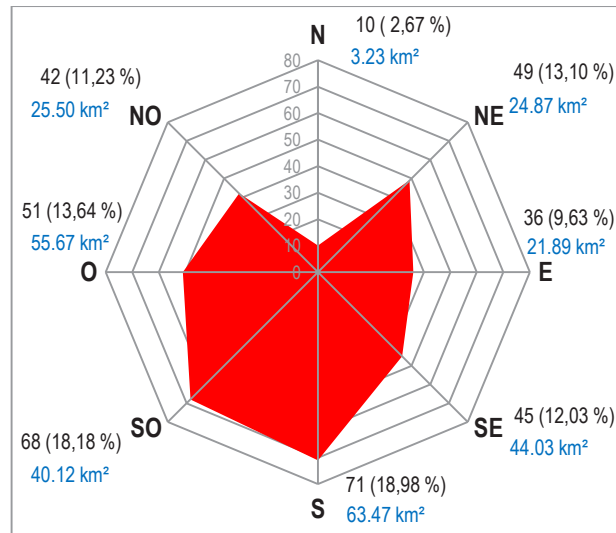


Gráfico 28. Orientación de los glaciares según rango de tamaño.

7.16.3 Dinámica en los glaciares

7.16.3.1 Cambio de la cobertura glaciaria

La Cambio de la superficie glaciaria comparados entre las fotos aéreas de 1970 del primer inventario de glaciares del Perú y las imágenes satelitales del 2009, muestran una pérdida de 139,03 km² de área glaciaria que representan el 33,23% de 418,43 km² (HIDRANDINA S.A., 1989).

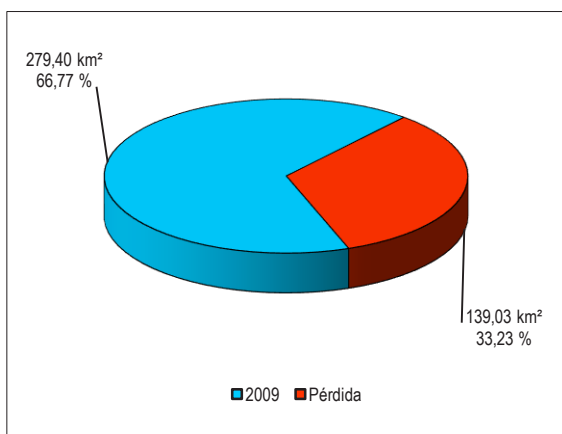


Gráfico 29. Pérdida de superficie glaciaria entre 1970 y 2007 en la cordillera Vilcanota.

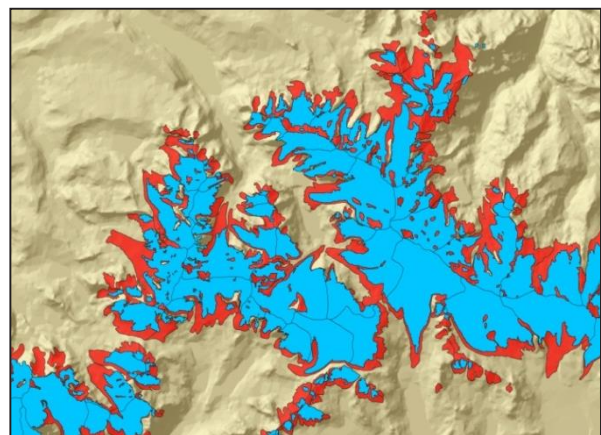


Figura 37. Reducción de la superficie glaciaria entre 1970 y 2007 en los nevados Vilcanota.

7.16.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares desde los últimos 39 años.

Cuadro 32. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Vilcanota.

Clasificación primaria	Inventarios				Variación
	1970		2009		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Incierto o diversos	-	-	7	1,87	7
Glaciar de valle	15	3,22	3	0,80	-12
Glaciar de montaña	451	96,78	313	83,69	-138
Glaciarete y Campos de nieve	-	-	37	9,89	37
Hielo cubierto	-	-	14	3,75	14
Total	466	100,00	374	100,00	-92

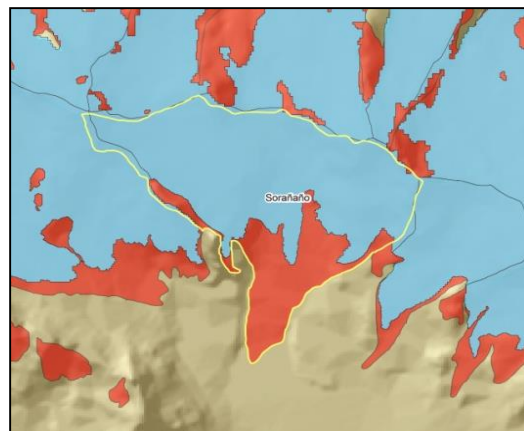


Figura 38. Retracción de un glaciar de tipo valle a un glaciar de tipo montaña en la cordillera Vilcanota.

7.17 CORDILLERA CARABAYA

7.17.1 Ubicación

La cordillera Carabaya se localiza en los Andes del Sur del continente Sudamericano, comprendidos entre las coordenadas de 13° 22' 48,96" a 14° 26' 11,80" latitud sur y 69° 37' 16,10" a 71° 25' 51,15" de longitud oeste; en el ramal oriental del sector sur, prolongándose en dirección N 40° O, desde el glaciar Jalahuana hasta el glaciar Cerceyac, con una longitud lineal aproximada de 146 km. Esta cordillera presenta 148 glaciares con una superficie de 34,53 km²; siendo el glaciar Huaman Lipani el más extenso de la cordillera con 1,88 km² y el más alto el glaciar **G28958E1391S** (Nevado Allin Ccapac), con una altitud de 5 804 msnm.

7.17.2 Glaciares

La cordillera Carabaya presenta 148 glaciares y una superficie glaciar de 34,53 km², con una mayor concentración de superficie glaciar en la cuenca hidrográfica Inambari, con 92,96%.

7.17.2.1 Orientación y tamaño

La orientación predominante de los glaciares es al Sur con una superficie de 6.13 km².

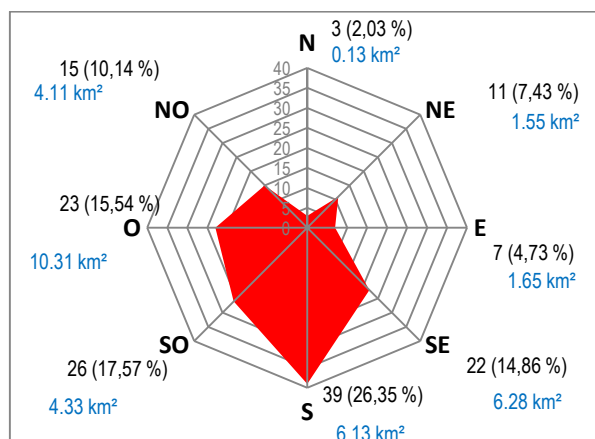


Gráfico 30. Orientación de los glaciares según rango de tamaño.

7.17.3 Dinámica en los glaciares

7.17.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

La Cambio de la superficie glaciar comparados con las fotos aéreas de 1970 y las imágenes satelitales del 2009, éstos últimos muestran una pérdida de 69,70 km² de área glaciar que representan el 66,87% de 104,23 km² (Hidrandina S.A., 1989).

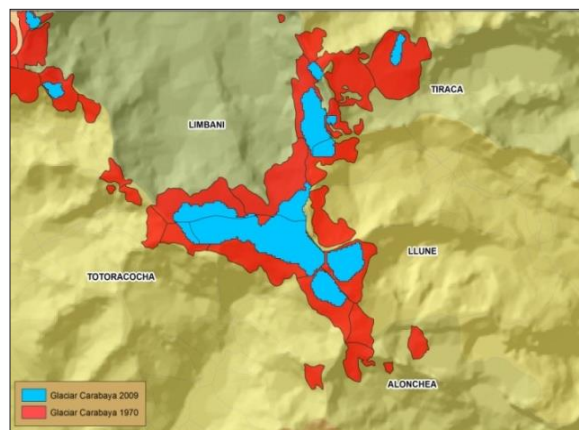
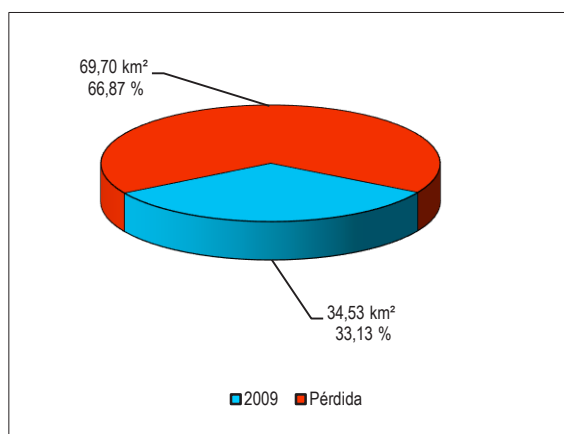


Gráfico 31. Pérdida de superficie glaciar entre 1970 y 2009 en la cordillera Carabaya.

Figura 39. Reducción de la superficie glaciar entre 1970 y 2009.

7.17.3.2 Desaparición y recesión glaciar

Las variaciones de las superficies glaciares en los últimos 39 años.

Cuadro 33. Variación de las características de los glaciares, según la clasificación primaria en la cordillera Carabaya.

Clasificación primaria	Inventarios				Variación
	1970		2009		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Incierto o diversos	-	-	6	4,05	6
Glaciar de valle	2	0,78	-	-	-2
Glaciar de montaña	254	99,22	142	95,95	-112
Total	256	100,00	148	100,00	-108

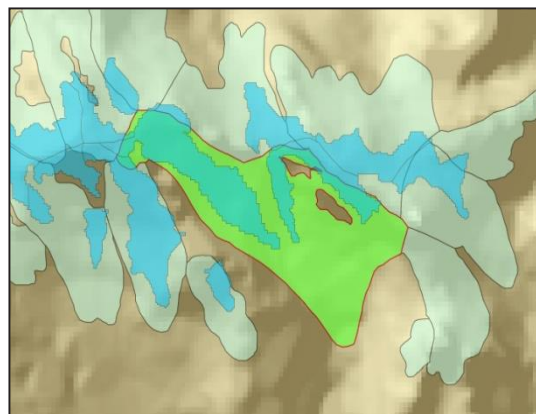


Figura 40. Retracción del glaciar de tipo valle a un glaciar de tipo montaña en la cordillera Carabaya.

7.18 CORDILLERA APOLOBAMBA

7.18.1 Ubicación

Las cordilleras Apolobamba, se encuentra localizada dentro de las cordilleras de los Andes Centrales y Sur del país, en el departamento de Puno, entre las coordenadas 14° 25' - 14° 44' de latitud sur y 69° 13' - 69° 32' de longitud oeste, se extiende con una longitud lineal aproximadamente de 40 km aproximadamente desde la frontera con la Republica de Bolivia hasta las inmediaciones de la cordillera Carabaya. Además, La cordillera Apolobamba es la divisoria de aguas entre las cuencas hidrográficas del

Atlántico y del Lago Titicaca. Por la vertiente noreste, drena hacia el río Huari Huari, que es un tributario del río Inambari. Por el flanco sur sus aguas fluyen hacia el Lago Titicaca por medio de los ríos Carabaya por una parte y Trapiche hacia el sur. El nevado más alto es Sorapata, con 5 950 msnm.

7.18.2 Glaciares

Un total de 69 glaciares y 45,25 km² de superficie glaciar se inventariaron para la cordillera Apolobamba en base a una imagen Landsat 5 TM de agosto 2010, de las cuales en la cuenca Inambari se concentra la mayor superficie, con 22,64 km², representando el 50,03%, seguidamente la cuenca Suches, con 19,67 km², que es equivalente al 43,47 % del total y en menor área se encuentra en la cuenca Azángaro.

7.18.2.1 Orientación y tamaño

Debido a las condiciones de altitud y azimut solar propias del hemisferio sur, la orientación predominante de los glaciares es al Sur y Suroeste, presentando en conjunto un 42,65% del total del inventario.

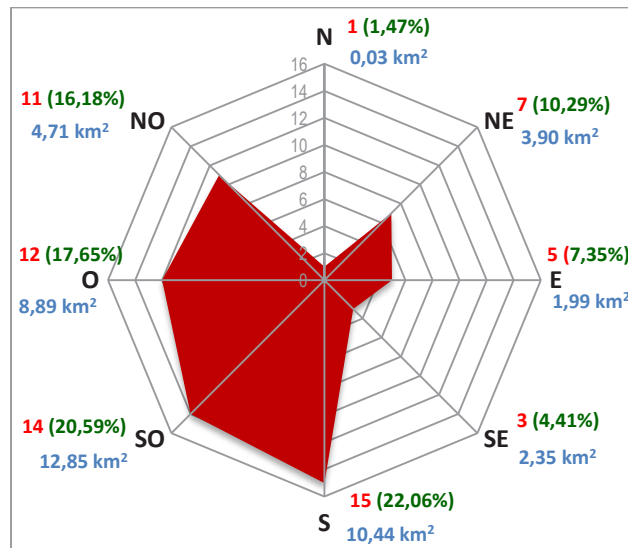


Gráfico 32. Orientación de los glaciares según rango de tamaño

7.18.3 Dinámica en los glaciares

7.18.3.1 Cambio de la cobertura glaciar

En la cordillera Apolobamba, se ha perdido el 45,43% en relación a 81,12 km² de la cobertura glaciar de 1970; según el resultado del presente inventario se tiene una superficie de 44,51 km² al año 2010 (Hidrandina S.A., 1989).

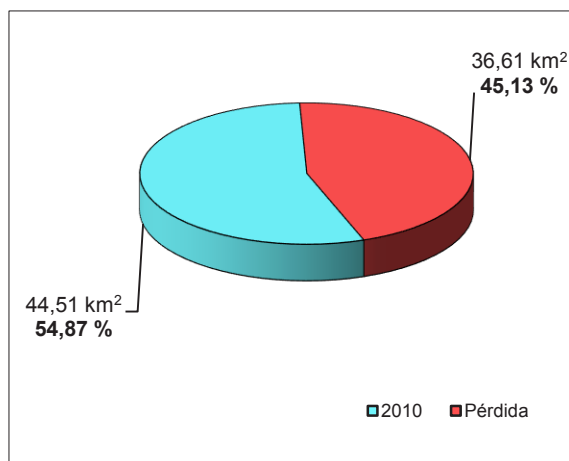


Gráfico 33. Pérdida de superficie glaciar entre 1970 y 2010 en la cordillera Apolobamba.

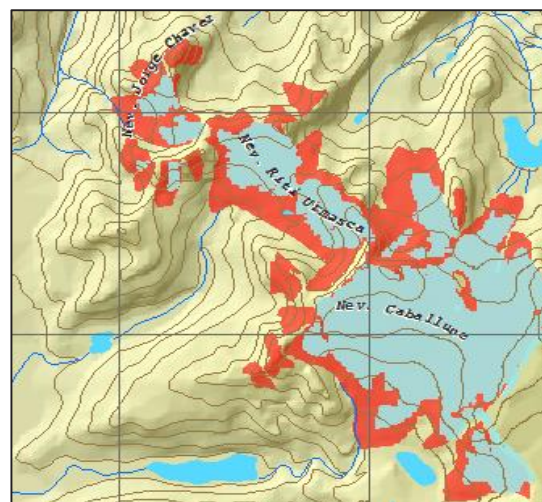


Figura 41. Reducción de la superficie glaciar entre 1970 y 2010 en los nevados Jorge Chavez, Riti Urmasca y Caballuno.

7.18.3.2 Desaparición y recesión glaciar

La variación de las superficies glaciares en los últimos 40 años.

Cuadro 34. Variación de las características de los glaciares, según su clasificación primaria en la cordillera Apolobamba.

Clasificación primaria	Inventario				Variación
	1970		2010		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Glaciar del montaña	109	100,00	63	91,30	-46
Glaciarete y campos de nieve	-	-	2	2,90	2
Incierto o diversos	-	-	4	5,80	4
Total	109	1000	69	100,00	-40

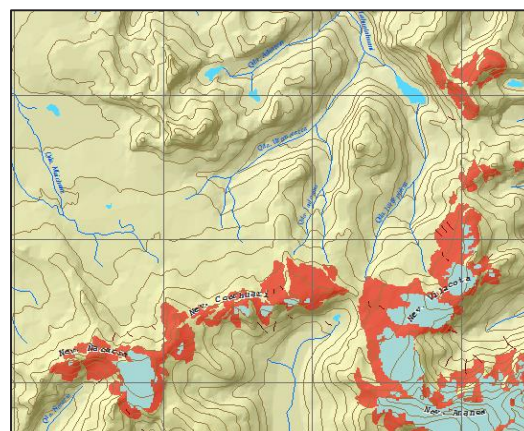


Figura 42. Retracción y desaparición de los glaciares de montaña en la cordillera Apolobamba.

7.19 CORDILLERA VOLCANICA

7.19.1 Ubicación

Las cordillera Volcánica, se encuentra localizada dentro de las cordilleras de los Andes Centrales y Sur del país, entre los límites de los departamentos de Arequipa y Moquegua, provincias de Caylloma, General Sánchez Cerro y Arequipa; distritos de Puquina, Omate, Coalaque, San Juan de Tarucani, Yanque y San Antonio de Chuca, con ubicación geográfica de 15° 46' 4,8" - 16° 51' 36,7" de latitud sur y 71° 47' 27,45" - 70° 33' 47,36" de longitud oeste.

7.19.2 Glaciares

La cordillera Volcánica presenta 15 glaciares y una superficie glaciaria total de 0,72 km² en base a una imagen ASTER de 2009, con la concentración de las superficies glaciares en la cuenca Quilca – Vitor – Chili ubicada en la vertiente del Pacífico.

7.19.2.1 Orientación y tamaño

La orientación predominante de los glaciares es desde el Sureste y Oeste.

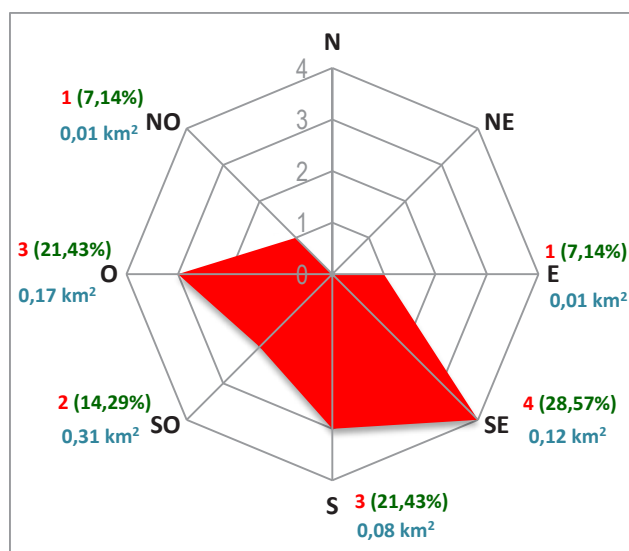


Gráfico 34. Orientación de los glaciares según rango de tamaño.

Cuadro 35. Cantidad de glaciares por altitud mínima y rangos de superficie en la cordillera Volcánica.

Rangos altitud mínima (msnm)	≤1 km ²		Total
	Nº	%	
5 501 - 5 800	10	66,67	10
5 801 - 6 100	4	26,66	4
> 6 100	1	6,67	1
Total	15	100,00	15

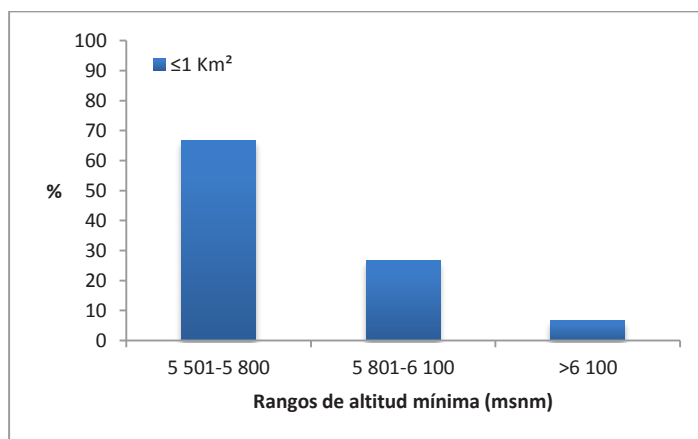


Gráfico 35. Distribución de glaciares según altitud mínima en la cordillera Volcánica.

VIII. CONCLUSIONES

- En las 19 cordilleras se inventariaron 2 679 glaciares con una superficie total de 1 298,59 km², siendo la cordillera Blanca la que concentra la mayor superficie glaciar con 40,63% (527,62 km²) y 28,18% (755) de la cantidad total de glaciares.
- El mayor potencial hídrico se ubica en las cuencas del Santa, Marañón, Inambari y Urubamba, porque agrupan la mayor superficie glaciar con 359,62 km² (27,69 %), 165,29 km² (12,73%), 94,02 km² (7,24%) y 67,20 km² (5,17%) respectivamente, pertenecientes a las cordilleras Blanca (cuencas del Santa y Marañón), Vilcanota y Vilcabamba. Estas cuencas representan una fuente importante de agua dulce para la gestión de los recursos Hídricos.
- Los glaciares predominante en las cordilleras nevadas corresponden a superficie ≤ 1 km², representando el 87,38% (2 341) de cantidad con superficie de 464,32 km² del total de los glaciares inventariados, esto evidencia que el incremento de los glaciares de menor tamaño es un 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 los glaciares poseen superficies inferiores a 1 km².
- La distribución de los glaciares en las 19 cordilleras nevadas ha variado por el acelerado retroceso glaciar, localizándose entre las altitudes mínimas de 4 500 y 5 500 msnm, con pendientes superiores a 25% con 2 286 glaciares (85,33%), demostrando que los glaciares se ubican cada vez más a altitudes elevadas, donde la topografía es abrupta. Y el 35,54% de glaciares se encuentran orientados al Sur y Suroeste.
- En las 19 cordilleras Nevadas según su clasificación primaria, el 79,21% de los glaciares son de tipo montaña; 13,92% de tipo valle; 3,43 % de tipo Glaciarrete y campos de nieve; 1,61% tipo hielo cubierto; 1,79% de tipo incierto o diversos y el 0,04% de glaciar de flujo. Resultando notable la concentración de glaciares de tipo valle y hielos cubiertos en la cuenca del Santa (cordillera Blanca) y en las cuencas de 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 18 cordilleras nevadas han experimentado grandes cambios y procesos físicos (recesión, fragmentación y extinción de glaciares) que han provocado la pérdida progresiva de la superficie glaciar total en 42,64% (870,66 km²). 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 son los más vulnerables y continúan siendo los mejores indicadores a la variabilidad climática.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Ames A. 1989. Inventario de Glaciares del Perú. Hidrandina S.A. 1a Parte. Huaraz, 1988; 173 p.
2. Ames, A. y Francou, B. 1995. "Cordillera Blanca. Glaciares en la Historia". Bull. Inst. Fr. Études andines. 24(1): 37-64.
3. Ames, Alcides (1989). Inventario de Glaciares del Perú. 1era Parte. Cordilleras: Blanca, Huallanca, Huayhuash, Raura, La Viuda, Huagoruncho, Central, Huaytapallana, y Chonta.
4. Kääb, Andreas.; Manley Bill.; Paul Frank.; Raup Bruce. 2002. GLIMS Algorithm document.
5. Andreas Kääb, Bill Manley, Frank Paul, Bruce Raup. GLIMS Algorithm document.
6. <http://www.geo.unizh.ch/~kaeaeb/glims/algor.html>.
7. Comunidad Andina (2007). ¿El fin de las cumbres nevadas?. Glaciares y cambio climático en la Comunidad Andina. 103p.
8. Dozier, J., 1989. Spectral signature of Alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper. Remote Sensing of Environment, 28, 9-22.
9. Georges, Christian (2004). 20th-Century Glaciar Fluctuation in the tropical Cordillera Blanca, Perú. Artic, Antarctic, and Alpine Research, Vol. 36, No. 1, 2004, pp.100-107.
10. HIDRANDINA S.A. 1989. Inventario de Glaciares del Perú. 2^{da} Parte. CONCYTEC. 105 p.
11. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. Houghton J. T; Ding, Y; Griggs, D.J; Noguer, M; van der Linden, P. J & Xiasou, D. Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report. Cambridge Univ. Pressw, Cambridge, UK, 944 p.
12. Thompson, LG; et al. 1993. "Recent warming": ice core evidence from tropical ice cores with emphasis on Central Asia. Global and Planetary, Change, 7 (1- 3): 145 -156.
13. Úbeda J. 2007. Caracterización Geomorfológica del sector septentrional de la Zona Volcánica Central de los Andes Centrales. Planteamiento de un caso de estudio: el sistema glaciar del complejo volcánico nevado Coropuna. Trabajo de investigación para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España), 312 p.
14. Veliz J; Zamora M. 1974. Reconocimiento Geológico Glaciológico de la Cordillera Raura. ELECTROPERÚ, Glaciología y Seguridad de Lagunas, pp.43.
15. Vuille M ; Francou B ; Wagnon P ; Juen I ; Kaser G ; Mark GB ; Bradley SR. Climate Change and Tropical Andean Glaciares: Past, present and future. Earth Science Reviews 89. 2008. 79-96.
16. Vuille, Mathias, et al. (2008). Climate Change and Tropical Andean Glaciares: Past, present and future. Earth Science Reviews. pp. 79-96.
17. Zapata, Marco (2002). La dinámica glaciar en lagunas de la Cordillera Blanca. En: Acta Montana IRMS AS CR. Ser. A. Geodynamic. No. 19 (123), pp 37-60.



Autoridad Nacional del Agua