



PERÚ

Ministerio
Ambiente

del

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

MINISTERIO DEL AMBIENTE
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS
DE MONTAÑA – INAIGEM
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES

INFORME N° 01

*INVENTARIO NACIONAL DE GLACIARES Y LAGUNAS DE ORIGEN GLACIAR – INFORME DE
AVANCE CORRESPONDIENTE A LA REGIÓN ÁNCASH*



Huaraz, diciembre del 2021



PERÚ

Ministerio
Ambiente

del

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES
Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA**

Consejo Directivo

Bram Leo Willems

Presidente

Representante del Ministerio del Ambiente (MINAM)

Hugo Edgar Carrillo Vargas

Representante del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI)

Marcela Rosa Olivas Weston

Representante del Ministerio de Cultura (MINCUL)

Nelson Santillán Portilla

Representante del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI)

Betty Gaby Millán Salazar

Representante de las universidades designado por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU)

Alta Dirección

Bram Leo Willems

Presidente Ejecutivo

Guillermo Arturo Rojas Gutiérrez

Gerente General

Directores

Ricardo Jesús Gómez López

Dirección de Investigación en Glaciares (DIG)

Beatriz Fuentealba Durand

Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM)

Santiago Madrigal Martínez

Dirección de Información y Gestión del Conocimiento (DIGC)

Yamina Silva Vidal

Oficina Desconcentrada de Coordinación Regional – Lima

Víctor Bustinza Urviola

Oficina Desconcentrada de Coordinación Regional – Cusco



ÍNDICE

SIGLAS3

1. INTRODUCCIÓN4

2. ÁREA DE ESTUDIO4

3. ANTECEDENTES4

4. METODOLOGÍA5

4.1. Recopilación de información geoespacial 5

4.2. Adecuación de la cartografía base complementaria y preprocesamiento de imágenes satelitales 6

4.3. Mapeo de glaciares y lagunas de origen glaciar 6

4.4. Caracterización de glaciares y lagunas de origen glaciar 7

4.5. Elaboración de mapas 7

5. RESULTADOS7

5.1. Resultados generales por departamento 8

5.1.1. Distribución de glaciares según tamaño y altitud media 9

5.1.2. Distribución de glaciares según tipo de cobertura glaciar 9

5.1.3. Distribución de glaciares según pendiente y tipo de cobertura 10

5.1.4. Distribución de lagunas de origen glaciar según rango altitudinal 10

5.2. Resultados por provincia y distrito 11

5.2.1. Distribución de glaciares por provincia, tamaño y altitud media 15

5.2.2. Distribución de glaciares por provincia y tipo de cobertura 17

5.2.3. Distribución de glaciares por provincias, rango de pendiente y tipo de cobertura 20

5.2.4. Superficie de lagunas de origen glaciar por provincia y cordillera 21

5.2.5. Distribución de lagunas de origen glaciar por provincia y rango altitudinal 23

5.2.6. Cantidad y altitud media de lagunas de origen glaciar según tamaño por provincia 26

6. CONCLUSIONES30

7. RECOMENDACIONES30

8. GLOSARIO32

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS32

ANEXOS34

DISTRIBUCIÓN DE GLACIARES SEGÚN CODIFICACIÓN GLIMS35

LISTADO DE GLACIARES SEGÚN PROVINCIA Y DISTRITO ¡Error! Marcador no definido.

LISTADO DE LAGUNAS SEGÚN PROVINCIA Y DISTRITO ¡Error! Marcador no definido.

MAPAS ¡Error! Marcador no definido.

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Cantidad y superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar	8
Tabla 2. Cantidad y superficie de glaciares por rango de tamaño	8
Tabla 3. Cantidad y superficie lagunas de origen glaciar según vertiente hidrográfica	8
Tabla 4. Cantidad y superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar según cordillera	9
Tabla 5. Cantidad y superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar por provincia y distrito	11
Tabla 6. Cantidad y superficie de lagunas de origen glaciar compartidas entre provincias y distritos.....	12
Tabla 7. Cantidad de población que radican en zonas con glaciares y lagunas de origen glaciar	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar según población . En azul (celeste) se ve la superficie de lagunas (glaciares) en km ² (ver eje inferior). En el cuadro blanco se indica la población beneficiada por estas reservas de agua (ver eje superior).....	8
Figura 2. Tamaño glaciar según altitud media mínima y máxima	9
Figura 3. Superficie de glaciares según tipo de cobertura	9
Figura 4. Superficie de glaciares según cordillera y tipo de cobertura	10
Figura 5. Superficie de glaciares según pendientes y tipo de cobertura.....	10
Figura 6. Superficie de lagunas de origen glaciar según rango altitudinal.....	10
Figura 7. Cantidad y superficie de lagunas de origen glaciar según altitud media	11
Figura 8. Superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar por provincia y población	15
Figura 9. Tamaño glaciar por provincia según altitud media mínima y máxima	17
Figura 10. Superficie glaciar por provincia y tipo de cobertura	18
Figura 11. Superficie glaciar por provincia, cordillera y tipo de cobertura	20
Figura 12. Superficie glaciar por provincia, rango de pendiente y tipo de cobertura	21
Figura 13. Superficie de lagunas de origen glaciar por provincia y cordillera	23
Figura 14. Cantidad y superficie de lagunas de origen glaciar por provincia y rango altitudinal.....	26
Figura 15. Cantidad y altitud media de lagunas de origen glaciar según tamaño por provincia	28

**SIGLAS**

ALOS	: Advanced Land Observation Satellite
ANA	: Autoridad Nacional del Agua
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
CONAM	: Consejo Nacional del Ambiente
COFOPRI	: Organismo de Formalización de la Propiedad Informal
CPS	: Corporación Peruana del Santa
EOS	: Earth Observing System
GDEM	: Global Digital Elevation Model
GLIMS	: Global Land Ice Measurements from Space
IGN	: Instituto Geográfico Nacional
IGP	: Instituto Geofísico del Perú
INAGGA	: Instituto Andino de Glaciología y Geoambiente
INAIGEM	: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña
LANDSAT	: Land Satellite
LISS III	: Linear Imaging Self-Scanning Sensor
MDE/DEM	: Modelo Digital de Elevación / Digital Elevation Model
NDSI	: Normalized Difference Snow Index (Índice Normalizado de Diferenciación de Nieve)
NDWI	: Normalized Difference Water Index (Índice Normalizado de Diferenciación de Agua)
PCM	: Presidencia del Consejo de Ministros.
PALSAR	: Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
SPOT	: Satellite Pour l'Observation de la Terre
UTM	: Universal Transversal de Mercator

1. INTRODUCCIÓN

Los glaciares y las lagunas que se originan en ellos constituyen reservas hídricas tanto para el consumo humano como para la agricultura de subsistencia y de gran escala, la producción hidroeléctrica, las actividades industriales, el turismo, entre otros. Conocer su ubicación, cantidad y distribución es de vital importancia para la adecuada gestión del territorio.

Siendo el Perú, el país que reúne el 68 % de glaciares tropicales del mundo (Veettil & Kamp, 2019), una de las labores más importantes que realiza el INAIGEM, a través de la Dirección de Investigación en Glaciares, es la actualización permanente del inventario nacional de glaciares y lagunas de origen glaciar

Políticamente, Ancash está conformado por 20 provincias y 166 distritos que concentran una población de 1 083 519 habitantes (INEI, 2017). Sin embargo, no todas las provincias y distritos presentan glaciares y/o lagunas de origen glaciar. Las cordilleras con cobertura glaciar y las lagunas de origen glaciar que se encuentran en el ámbito de Ancash son las siguientes: Blanca, Huayhuash y Huallanca; y sus aguas aportan a las vertientes del Pacífico y Atlántico. Estos recursos constituyen la principal fuente de agua para la población, la agricultura y la ganadería y fuente para la generación de energía hidroeléctrica, además de representar un gran atractivo turístico.

Además de conocer la distribución política de glaciares, es necesario conocer sus características en cuanto a tamaño, tipo de superficie, altitud y pendiente. Según su tamaño, un glaciar puede ser más o menos susceptible a la variabilidad del clima. El tipo de cobertura glaciar también debe analizarse para el estudio del retroceso glaciar. La altitud y la pendiente, entre otras características físicas, se asocian a los riesgos de origen glaciar y resultan de una importancia mayor si se ubican en cabeceras de cuenca con poblaciones asentadas aguas abajo.

Asimismo, es importante conocer las características de las lagunas en cuanto a su superficie, altitud y tamaño. Una manera preliminar de estimar la disponibilidad hídrica de una laguna es determinando su superficie.

Este documento sistematiza los resultados del inventario bajo una rigurosa metodología científica. El inventario de glaciares y lagunas de origen glaciar se realizó, a nivel, provincial y distrital de Ancash. Este inventario, constituye un instrumento de consulta para la gestión territorial de los recursos hídricos de la región. Además, permitirá tomar mejores decisiones a las autoridades, comunidades y sociedad en general respecto a la prevención de riesgos asociados a glaciares y lagunas de origen glaciar, la mitigación y adaptación al cambio climático y el manejo eficiente de los recursos hídricos.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio del departamento de Ancash se focaliza en las provincias que contienen en su superficie parte de las siguientes cordilleras glaciares: Huallanca, Blanca y Huayhuash. Esta zona abarca las provincias Antonio Raymondi, Asunción, Bolognesi, Carhuaz, Carlos Fermín Fitzcarrald, Corongo, Huaraz, Huari, Huaylas, Mariscal Luzuriaga, Pallasca, Pomabamba, Recuay, Sihuas y Yungay, localizadas entre las coordenadas: latitud de 8° 8'52.91"S a 10° 0'48.40"S y longitud de 77°48'8.65"O a 77° 9'54.83"O.

3. ANTECEDENTES

En Perú, el primer inventario nacional de glaciares fue publicado en 1989 por Hidrandina S.A. (para entonces, la entidad responsable de la recientemente establecida Unidad de Glaciología e Hidrología), reportando una extensión glaciar¹ de 2 041.85 km². Dicho trabajo se centró en el análisis de fotografías aéreas (de los años 1955 y 1962) de 18 cordilleras glaciares; sin embargo, la presencia de nubes limitó el mapeo completo de la cobertura glaciar.

Entre los años 1997 y 1998, el Instituto Andino de Glaciología y Geoambiente, por encargo del Consejo Nacional del Ambiente, efectuó el segundo Inventario de Glaciares del Perú. Dicho estudio se realizó de manera parcial en cuencas seleccionadas de 5 cordilleras. Esta información fue usada como base para estimar la superficie glaciar que correspondería para las 18 cordilleras. El resultado muestra un área glaciar de 1 595.59 km² (INAGGA, 1997).

En el año 2006 la Autoridad Nacional del Agua (ANA) dio inicio al tercer *Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas* en el cual, además de las dieciocho cordilleras glaciares, se incluyó la cordillera Volcánica, considerada extinta por no poseer glaciares. En este inventario se ha incorporado el análisis de imágenes de satélite Spot5, Aster, LISS III y Landsat, recopiladas desde el año 2001 al 2010. Los estudios liderados por la ANA determinaron la presencia de una superficie glaciar de 1 298.59 km², y reportaron 8 355 lagunas de origen glaciar mayores a 5 km², que cubren 916.64 km² publicado posteriormente en el inventario (ANA, 2014).

Finalmente, en el año 2018 el INAIGEM publicó el cuarto *Inventario Nacional de las Cordilleras Glaciares del Perú*. Para ello se empleó imágenes satelitales Sentinel-2 del año 2016, con mejor resolución espacial, permitiendo discriminar adecuadamente las superficies de glaciares y lagunas de origen glaciar. Los resultados mostraron que las dieciocho cordilleras al año 2016 poseían una extensión glaciar de 1 114.11 km². Asimismo, revelaron una reducción glaciar del 54 % respecto al primer inventario publicado en 1989, lo cual equivale a 1 284.95 km² de superficie glaciar perdida (INAIGEM, 2018).

Ahora presentamos un inventario resultado de un trabajo más detallado y preciso que muestra una extensión glaciar de 1 118.11 km², que abarcan las 18 cordilleras glaciares, además presentamos los resultados de las lagunas de origen glaciar, que muestran una extensión de 1 022.3 km², el cual consideró 18 cordilleras glaciares y dos cordilleras extintas. La información se encuentra distribuida a nivel provincial y distrital con la finalidad que sea de utilidad para los gobiernos regionales, locales y entidades públicas y privadas a nivel nacional. Este documento (base de datos y mapas) se puede encontrar en la página web del INAIGEM.

4. METODOLOGÍA

El mapeo y la caracterización de los glaciares y lagunas de origen glaciar se realizó siguiendo las pautas establecidas en el *Manual Metodológico del Inventario Nacional de Glaciares* (INAIGEM, 2017). De esta manera, este proceso comprendió las siguientes cinco etapas.

¹ Para completar las áreas glaciares que quedaron fuera de este primer mapeo, el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) realizó un trabajo complementario empleando imágenes Landsat de 1975, reportando un área glaciar de 2 399.06 km² (INAIGEM, 2018).

4.1. Recopilación de información geoespacial

En esta primera etapa se descargaron las imágenes satelitales obtenidas de Sentinel-2, Landsat, Google Earth, Nokia, BingMaps, entre otros, correspondientes al año 2016. Para ello, se tuvo en cuenta los criterios de nubosidad (menor a 10 %) y presencia de nieve temporal (escasa o nula); también, se utilizaron de los Modelos de Elevación Digital (MDE) del sensor ALOS-PALSAR.

La cartografía base², fue descargada de diferentes instituciones tales como Presidencia de Consejo de Ministros (PCM), la ANA, COFOPRI. Asimismo, se solicitó información a entidades como la ANA e IGN para un adecuado análisis de los glaciares y lagunas de origen glaciar.

Es importante mencionar que para el presente inventario se tuvo en cuenta el carácter referencial de la delimitación política de los departamentos, las provincias y los distritos según la quinta disposición transitoria de la Ley N° 27795, *Ley de demarcación y organización territorial* (2002) que menciona: "En tanto se determina el saneamiento de los límites territoriales, conforme a la presente Ley, las limitaciones censales y/u otros relacionados con las circunscripciones existentes son de carácter referencial".

4.2. Adecuación de la cartografía base complementaria y preprocesamiento de imágenes satelitales

La información proporcionada por las instituciones previamente mencionadas fue adaptada a una escala de trabajo 1:25 000 para el presente inventario. Esta escala de trabajo nos permitió representar de mejor manera las superficies de glaciares y lagunas de origen glaciar, entendiéndose que a mayor escala se tendrá mayor detalle. Así, por ejemplo, fue necesario adecuar las unidades hidrográficas proporcionadas por la ANA que estaba a una escala de 1: 100 000. Del mismo modo, las curvas de nivel fueron proporcionadas por COFOPRI a una escala de 1: 25 000, sin embargo, estas no cubrían la totalidad del ámbito de las cordilleras; por ello fue necesario completar en las zonas faltantes con información cartográfica del IGN y el uso de MDE para tener información topográfica homogenizada.

Por otro lado, el preprocesamiento de imágenes satelitales consistió: primero, en corregir los valores de reflectancia y de visualización dada por la presencia de nube en las imágenes satelitales Sentinel-2 y, la segunda, en homogenizar la resolución espacial (10 m) entre las bandas usadas, por ello, de la banda 11 (onda corta infrarroja) se pasó de 20 m a 10 m. Una vez corregidos los valores de reflectancia y homogenizada la resolución espacial de las bandas, se pudo aplicar el Índice Normalizado de Diferenciación de Nieve (NDSI) y el Índice Normalizado de Diferenciación de Agua (NDWI), los que permitieron detectar las coberturas de nieve y agua respectivamente. Luego de ello, se formaron mosaicos de las imágenes satelitales a fin de visualizar la superficie glaciar y las lagunas de origen glaciar por cada cordillera.

4.3. Mapeo de glaciares y lagunas de origen glaciar

Dada la alta resolución espacial de la imagen satelital Sentinel-2, se definió la escala de mapeo de la imagen satelital en 1: 25 000 y el área glaciar mínima cartografiable de 0.005 km².

Con relación al reconocimiento de glaciares, se aplicó el NDSI, índice por el cual se mide la magnitud

² Comprende los límites políticos (departamento, provincia y distrito), centros poblados, red vial, áreas naturales protegidas, unidades hidrográficas, cartografía glaciar de inventarios anteriores, curvas de nivel, ríos principales y secundarios, lagunas, cotas y señales.

relativa de la diferencia de reflectancia entre el espectro visible verde y el infrarrojo de onda corta (EOS, 2019). Para determinar el NDSI con las imágenes satelitales se emplearon las bandas 3 (10 m de resolución espacial) y 11 (reducida a 10 m de resolución espacial) y se aplicó la siguiente fórmula:

$$NDSI = \frac{Banda\ 3_{(verde)} - Banda\ 11_{(SWIR)}}{Banda\ 3_{(verde)} + Banda\ 11_{(SWIR)}}$$

Los valores de $NDSI \geq 0.4$ fueron seleccionados como indicadores de presencia de nieve para cobertura glaciar. Para evitar la sobreestimación de la cobertura glaciar debido a ocurrencia de eventos nivales temporales se aplicó análisis multitemporal empleando imágenes Sentinel-2 e imágenes de alta resolución como Google Earth y BingMaps. La digitalización de glaciares cubiertos por detritos y escombros se realizó manualmente mediante la interpretación visual de las imágenes de satélite (combinación de bandas 432 – Sentinel-2). Asimismo, se emplearon imágenes de alta resolución espacial como Google Earth, BingMaps y otros.

Por otra parte, para el proceso de mapeo de las lagunas de origen glaciar se aplicó el NDWI. El cual es una medida de la magnitud relativa de la diferencia de reflectancia entre el espectro visible verde y el infrarrojo cercano (EOS, 2019). Para ello, se emplearon las bandas 3 y 8 de la imagen satelital Sentinel-2 y se aplicó la siguiente fórmula:

$$NDWI = \frac{Banda\ 3_{(Verde)} - Banda\ 8_{(NIR)}}{Banda\ 3_{(Verde)} + Banda\ 8_{(NIR)}}$$

Los valores de $NDWI \geq 0.4$ fueron seleccionados como indicadores de presencia de superficies de agua para las lagunas de origen glaciar. Para discriminar aquellas superficies de aguas temporales o sombras se aplicó análisis multitemporal empleando imágenes Sentinel -2 e imágenes de alta resolución espacial del Google Earth, BingMaps, entre otros.

4.4. Caracterización de glaciares y lagunas de origen glaciar

Al inicio de este proceso, se hizo la individualización de la cobertura glaciar en base de los límites de las cuencas (método Strahler), a la dirección del flujo glaciar y a la cobertura de glaciares del primer inventario desarrollado por Hidrandina S.A. Seguidamente, se determinaron las áreas glaciares libres y cubiertas por detritos y escombros, y sus características tales como: la cantidad de fragmentos (número de partes en las que se dividió un glaciar respecto al inventario de 1989), altitud mínima, media y máxima, orientación, pendiente, ubicación geográfica (vertiente, cordillera, latitud y longitud) y ubicación política (departamento, provincia y distrito).

Posteriormente, para identificar cada glaciar se asignó un código nacional y otro de rango internacional. El código nacional se generó a partir del código de la unidad hidrográfica dado por el método Pfafstetter y el número asignado al glaciar. Mientras que el código internacional resultó de evaluar cada glaciar según los nueve criterios de la normativa de la Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) (Rau et al., 2005). El primer dígito GLIMS que indica el tipo de glaciar (valle, montaña, etc.). El segundo dígito indica la forma del glaciar (circo, nicho, etc.). El tercero describe las características del frente glaciar (lobulado, piedemonte, etc.). El cuarto dígito describe las características longitudinales del

glaciar (colgante, cascada, etc.). El quinto dígito indica la fuente principal de alimentación glaciar (nieve, avalanchas, etc.). El sexto dígito se relaciona con la actividad del frente glaciar (ligero o marcado retroceso). El séptimo dígito describe el tipo de morrenas próximas al glaciar (sin morrenas, laterales, de empuje, etc.). El octavo dígito indica el tipo de morrenas más alejadas del glaciar (sin morrenas, laterales, de empuje, terminales, etc.). Finalmente, el noveno dígito describe el grado de cobertura de detritos y escombros en la lengua glaciar (libre, parcial, completa, etc.).

Para el caso de las lagunas de origen glaciar se determinó el área, la altitud, el ancho máximo, el largo máximo, la distribución según rango altitudinal, la ubicación geográfica (vertiente, cordillera, latitud y longitud) y la ubicación política (departamento, provincia y distrito). Finalmente, el código nacional de cada laguna fue generado a partir del código de la unidad hidrográfica según el método Pfafstetter y el número asignado a la laguna de origen glaciar.

4.5. Elaboración de mapas

Para la presentación de glaciares y lagunas de origen glaciar inventariadas se elaboraron mapas a escala 1:40 000, siguiendo estrictamente las pautas establecidas en el *Manual Metodológico del Inventario Nacional de Glaciares* (INAIGEM, 2017). La base de datos y mapas se pueden encontrar en la página web del INAIGEM.

5. RESULTADOS

A continuación, se presenta la información del inventario a nivel departamental, indicando la cantidad y superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar, así como su distribución según cordilleras. Otros datos importantes que se pueden obtener de este inventario son la altitud y tipo de cobertura de estas superficies glaciares, así como el número de habitantes que se ve beneficiado geográficamente por estas reservas de agua.

5.1. Resultados generales por departamento

El departamento de Ancash posee 594 glaciares y 924 lagunas de origen glaciar, que benefician directa e indirectamente a 10 835 19 habitantes (Figura 1 **Figura 1.**) (INEI, 2017). Estos glaciares y lagunas de origen glaciar cubren, respectivamente, una superficie glaciar de 467.38 km² y 60.31 km², equivalente al 41.8 % y 5.9 % del total nacional (Tabla 1).

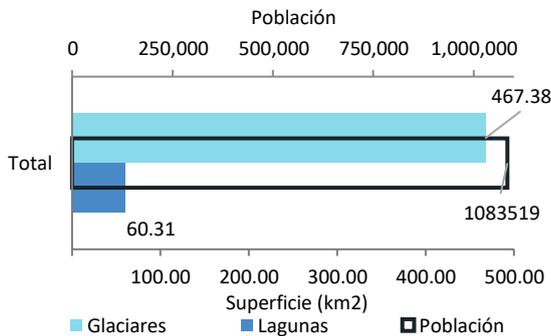
“ANCASH ES EL DEPARTAMENTO CON MAYOR SUPERFICIE GLACIAR DEL PERÚ”


Figura 1. Superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar según población. En azul (celeste) se ve la superficie de lagunas (glaciares) en km² (ver eje inferior). En el cuadro blanco se indica la población beneficiada por estas reservas de agua (ver eje superior).

Tabla 1. Cantidad y superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar

Departamento	Glaciares		Lagunas de origen glaciar	
	Cantidad glaciares	Superficie glaciar (km ²)	Cantidad lagunas	Superficie lagunas (km ²)
Ancash	594	467.38	924	60.31
Total	594	467.38	924	60.31

El departamento de Ancash se caracteriza por tener mayor cantidad de glaciares entre el rango de 0.1 – 1 km² con 261 glaciares, sin embargo, alcanza una superficie acumulada solo de 99.16 km², seguido de glaciares en el rango de tamaño entre 0.01 – 0.1 km² con 209 glaciares y superficie acumulada de 8.08 km². Por otro lado, los glaciares de mayor tamaño (entre 1 – 10 km²) son 122, alcanzan la mayor superficie acumulada de 334.63 km².

Tabla 2. Cantidad y superficie de glaciares por rango de tamaño

Departamento	Variable	Rango de tamaño (km ²)					Total
		0 - 0.01	0.01 - 0.1	0.1 - 1	1 - 10	10 - 100	
Ancash	Cantidad	0	209	261	122	2	594
	Área (km ²)	0	8.08	99.16	334.63	25.51	467.38

Además, el departamento de Ancash comparte una laguna de origen glaciar con el departamento de Huánuco, identificada con código 4989986_1, a una altitud promedio de 4 465.47 m s.n.m., la cual tiene una superficie de 0.12 km².

Es importante notar que los glaciares y lagunas de origen glaciar del departamento de Ancash aportan a las vertientes hidrográficas del Atlántico y Pacífico.

Tabla 3. Cantidad y superficie lagunas de origen glaciar según vertiente hidrográfica

Vertiente hidrográfica	Glaciares		Lagunas de origen glaciar	
	Cantidad glaciares	Superficie glaciar (km ²)	Cantidad lagunas	Superficie lagunas (km ²)
Atlántico	163	139.57	336	15.23
Pacífico	431	327.81	588	45.08
Total	594	467.38	924	60.31

De las tres cordilleras glaciares (Blanca, Huallanca y Huayhuash) que se encuentran en el territorio del departamento de Ancash, la cordillera Blanca concentra la mayor superficie glaciar (449.75 km²), seguida de Huayhuash (12.38 km²) y Huallanca (5.25 km²) (Tabla 4). Estas superficies representan el 96.23 %, 2.65 % y 1.12 % del total de la superficie glaciar de las cordilleras Blanca, Huayhuash y Huallanca respectivamente.

Por otro lado, la cordillera Blanca concentra la mayor superficie de lagunas con el (55.75 km²), seguido de Huallanca (3.19 km²) y Huayhuash (1.37 km²) (Tabla 4), representando el 92.44 %, 5.29 % y 2.27 % del total de la superficie de lagunas de origen glaciar de las cordilleras Blanca, Huallanca y Huayhuash respectivamente.

Nótese, que para el del departamento de Ancash la cordillera Blanca es la que contiene la mayor superficie glaciar y lagunas de origen glaciar y la cordillera Huallanca es la que presenta menor superficie glaciar, sin embargo, la cordillera Huayhuash presenta la menor cantidad de lagunas.

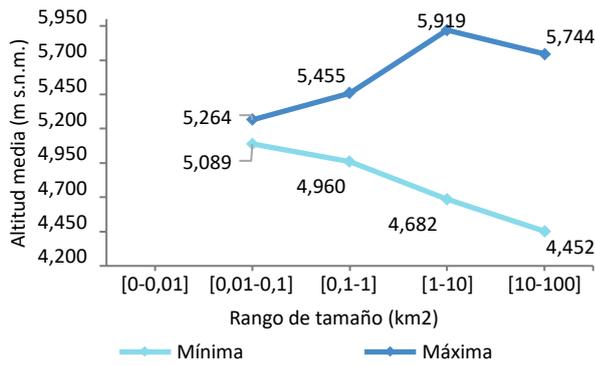
Tabla 4. Cantidad y superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar según cordillera

Cordillera	Glaciares		Lagunas de origen glaciar	
	Cantidad glaciares	Superficie glaciar (km ²)	Cantidad lagunas	Superficie lagunas (km ²)
Blanca	556	449.75	836	55.75
Huallanca	27	5.25	70	3.19
Huayhuash	11	12.38	18	1.37
Total	594	467.38	924	60.31

5.1.1. Distribución de glaciares según tamaño y altitud media

La altura del glaciar propicia condiciones favorables y desfavorables dentro de su dinámica, se espera que los glaciares de menor altitud desaparezcan antes que los glaciares ubicados en altitudes mayores, por eso es importante conocer la altitud de las superficies glaciares. A continuación, mostramos una figura que indica las cotas mínimas y máximas de los glaciares en el departamento de Ancash. Este tipo de figura permite entender el rango de altitudes a las cuales se encuentran las diferentes superficies glaciares, así como el tamaño promedio de los glaciares en la zona.

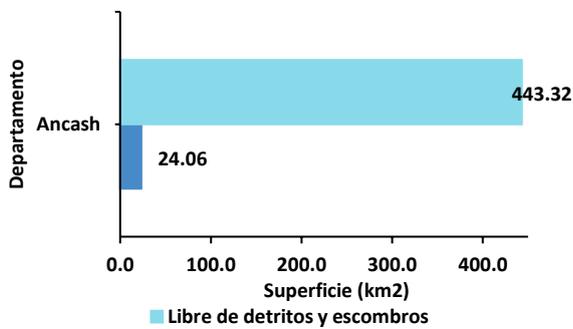
En la Figura 2. podemos observar que las superficies de glaciares más grandes se encuentran entre el rango de tamaño de 10 – 100 km² y tienen una diferencia de altura de 1 292 m, seguido del rango de tamaño de 1 – 10 km², con una diferencia de altura de 1237 m, rango de tamaño 0.1 – 1 km² con diferencia de altura de 495 m, y los rangos menores de 0 – 0.1 km² con diferencia de altura de 175 m.


Figura 2. Tamaño glaciar según altitud media mínima y máxima

5.1.2. Distribución de glaciares según tipo de cobertura glaciar

En un contexto de calentamiento global. El tipo de cobertura glaciar influirá en la fusión glaciar. En una superficie libre de detritos y escombros la fusión va a depender en su mayoría de las condiciones climáticas, mientras que en las superficies con presencia de detritos y escombros el descongelamiento estará condicionado tanto por la parte climática como por la cantidad de detritos presentes.

En el departamento de Ancash una superficie de 443.32 km² de la superficie glaciar se encuentra libre de detritos y escombros y 24.06 km² está cubierta por ellos; que representan el 95% y el 5% del total de la superficie glaciar respectivamente. Por lo tanto, la mayor parte de los glaciares se encuentran expuestos a las condiciones climáticas (Figura 3).


Figura 3. Superficie de glaciares según tipo de cobertura

“ANCASH CUENTA CON LA MAYOR RESERVA DE RECURSOS HÍDRICOS PROVENIENTE DE LOS GLACIARES. POSEE LA MAYOR SUPERFICIE GLACIAR EN EL PERÚ”

Si analizamos esto por cordilleras, la cordillera Blanca presenta mayor superficie de glaciar libre y cubierto por detritos y escombros, mientras que en las cordilleras Huallanca y Huayhuash la superficie glaciar es menor.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

del

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

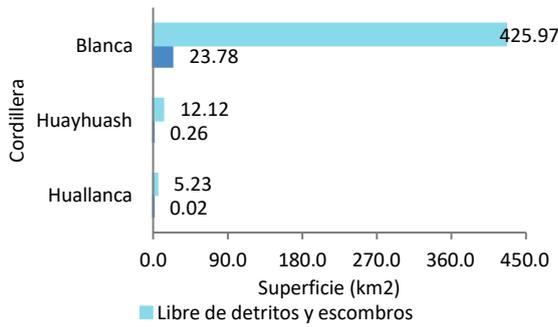


Figura 4. Superficie de glaciares según cordillera y tipo de cobertura

"LA CORDILLERA BLANCA CONCENTRA LA MAYOR SUPERFICIE GLACIAR EN EL DEPARTAMENTO DE ANCASH"

5.1.3. Distribución de glaciares según pendiente y tipo de cobertura

Conocer la pendiente de una superficie glaciar es de suma importancia, sobre todo, cuando supera los 25° (46.6 %) de inclinación porque constituye una amenaza (GAPHAZ, 2017) pues podría generar desplomes o avalanchas con repercusiones negativas de consideración para los ecosistemas y poblaciones ubicadas aguas abajo.

La pendiente predominante de la superficie glaciar libre de detritos y escombros se encuentra entre el 50 % y 75 % de inclinación.

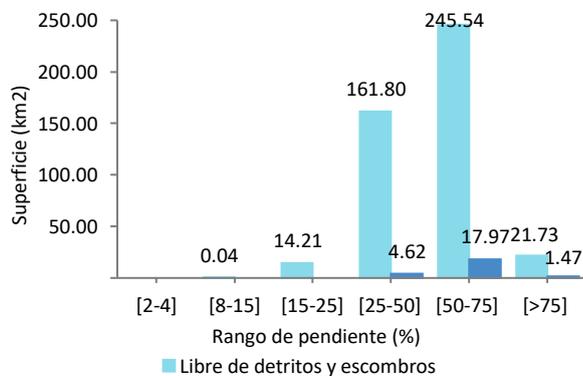


Figura 5. Superficie de glaciares según pendientes y tipo de cobertura

“ANCASH PRESENTA GLACIARES CON PENDIENTES SUPERIORES A LOS 25°, LOS CUALES PODRÍAN REPRESENTAR RIESGO DE ORIGEN GLACIAR”

5.1.4. Distribución de lagunas de origen glaciar según rango altitudinal

En el departamento de Ancash, las lagunas de origen glaciar se distribuyen desde los 2 000 m s.n.m. hasta los 5 500 m s.n.m. La mayor superficie acumulada de lagunas se encuentra en el rango altitudinal de 4 000 m s.n.m. a 4 500 m s.n.m., con un total de 40.58 km², seguido por lagunas de origen glaciar ubicadas en el rango altitudinal de 4 500 – 5 000 m s.n.m. con una superficie de 13.89 km² (Figura 6.).

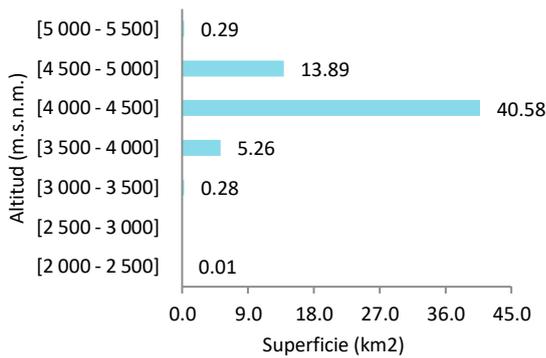


Figura 6. Superficie de lagunas de origen glaciar según rango altitudinal

Por otro lado, en Ancash la mayor altitud media la alcanzan 259 lagunas de origen glaciar con tamaños menores 0.01 km², con altitud media de 4 454 m s.n.m. Las lagunas con tamaños entre 0.01 y 0.1 km² son las que predominan en este departamento y se encuentran a una altitud media de 4 416 m s.n.m. con un total de 525 lagunas de origen glaciar. Asimismo, 135 lagunas de origen glaciar con tamaños entre 0.1 – 1 km² se encuentran a una altitud de 4 344 m s.n.m. Finalmente cinco lagunas de origen glaciar con un tamaño mayor a 1 km² se encuentran a una altitud media de 4 106 m s.n.m y son las lagunas de origen glaciar que se encuentran a menor altitud media (Figura 7.).

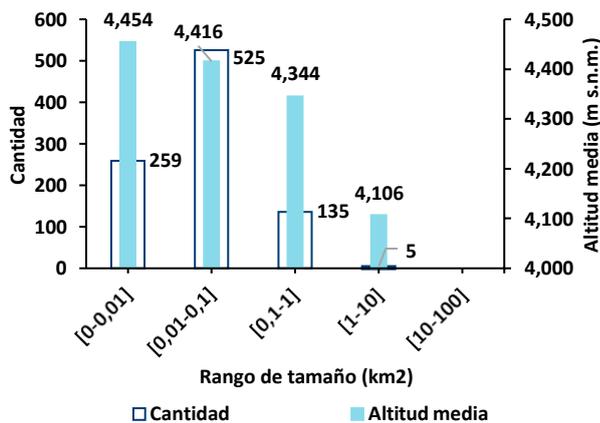


Figura 7. Cantidad y superficie de lagunas de origen glaciar según altitud media



5.2. Resultados por provincia y distrito

De las 15 provincias del departamento Ancash, 11 provincias presentan glaciares, estas son: Asunción, Bolognesi, Carhuaz, Corongo, Huaraz, Huari, Huaylas, Mariscal Luzuriaga, Pomabamba, Recuay y Yungay. Siendo la provincia de Huaylas que presenta mayor número (121 glaciares) y superficie glaciar (87.05 km²). Mientras que la provincia de Mariscal Luzuriaga presenta el menor número (5 glaciares) y menor superficie (0.33 km²).

Por otro lado, 15 provincias presentan lagunas de origen glaciar en Ancash. Las provincias con mayor cantidad de lagunas de origen glaciar son Pallasca (166 lagunas), Huaylas (111 lagunas) y Bolognesi (101 lagunas). Mientras que la provincia de Antonio Raymondi presenta la menor cantidad de lagunas de origen glaciar (cuatro lagunas).

De los 166 distritos de Ancash, 29 distritos presentan glaciares y lagunas de origen glaciar, dos distritos solo presentan glaciares, 28 distritos solo lagunas y los demás distritos no poseen glaciares ni lagunas de origen glaciar.

Tabla 5. Cantidad y superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar por provincia y distrito

Provincia/ Distrito	Glaciares		Lagunas de origen glaciar	
	Cantidad glaciares	Superficie glaciares (km ²)	Cantidad lagunas	Superficie lagunas (km ²)
Antonio Raymondi	-	-	4	0.17
Mirgas	-	-	1	0.01
San Juan de Rontoy	-	-	3	0.16
Asunción	56	55.75	58	3.63
Acochaca	3	0.55	-	-
Chacas	53	55.20	58	3.63
Bolognesi	52	21.00	101	5.03
Aquia	24	4.98	21	0.70
Huallanca	11	2.42	45	2.09
Huasta	6	1.22	17	0.86
Mangas	-	-	2	0.01
Pacllon	11	12.38	16	1.36
Carhuaz	72	80.78	29	3.16
Carhuaz	4	12.51	3	0.30
Marcara	25	26.33	3	0.47
San Miguel de Aco	23	21.99	8	0.80
Shilla	20	19.95	14	1.60
Carlos Fermín Fitzcarrald	-	-	12	0.51
San Luis	-	-	8	0.35
San Nicolas	-	-	4	0.15
Corongo	12	0.58	79	4.37
Aco	-	-	4	0.19
Bambas	-	-	1	0.02
Corongo	-	-	5	0.12
Cusca	9	0.37	62	3.91
La Pampa	3	0.21	3	0.07
Yanac	-	-	4	0.06

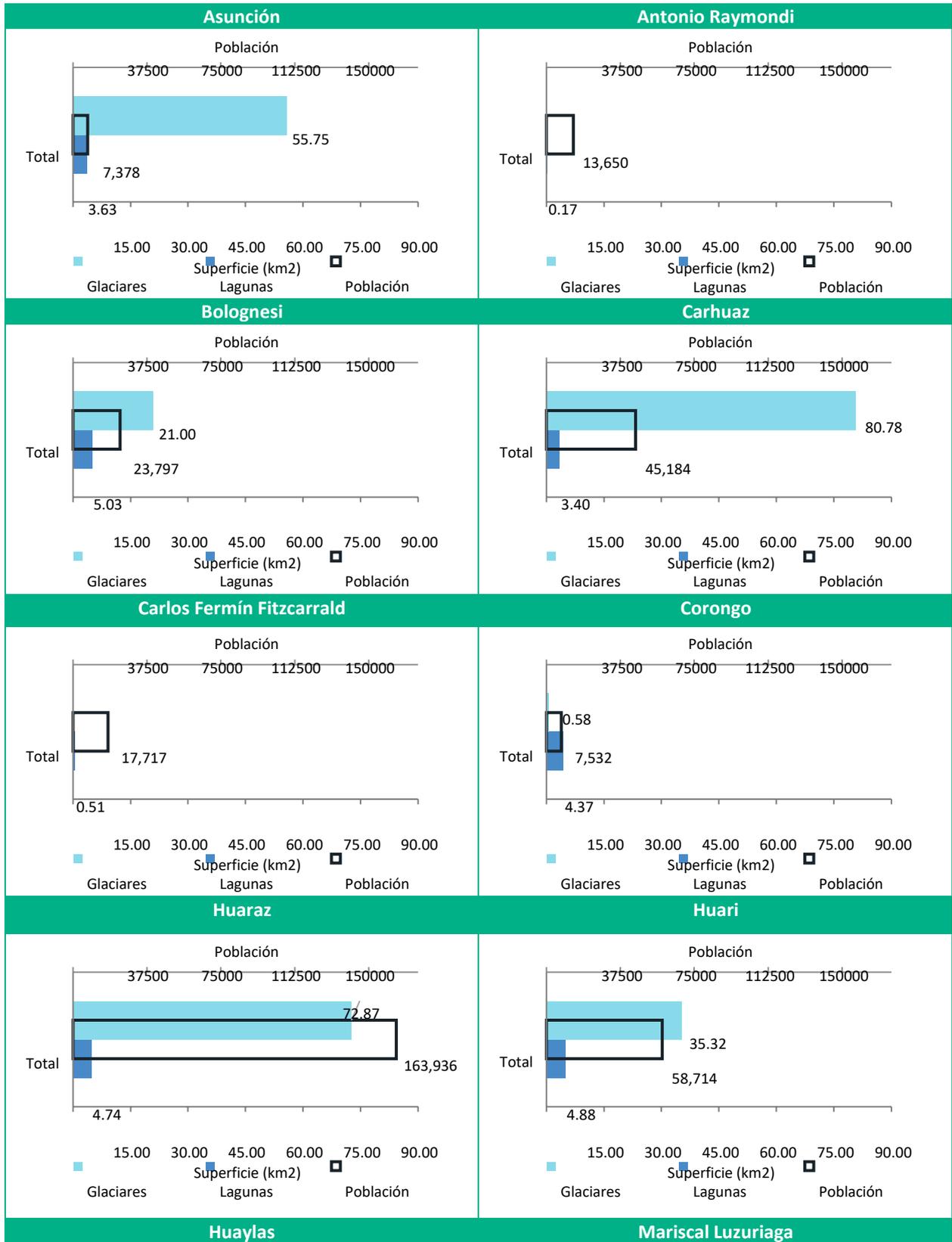
Huaraz	94	72.87	71	4.64
Huaraz	29	20.78	10	1.01
Independencia	22	24.50	23	1.90
Olleros	28	15.33	22	0.86
Tarica	15	12.26	16	0.97
Huari	54	35.32	101	4.88
Cajay	-	-	4	0.12
Chavin de Huanter	30	7.81	27	0.99
Huanter	10	7.95	16	1.32
Huari	14	19.56	54	2.45
Huaylas	121	87.05	111	8.77
Caraz	21	23.37	9	1.94
Santa Cruz	53	42.14	33	3.80
Yuracmarca	47	21.54	68	2.91
Mariscal Luzuriaga	5	0.33	21	0.64
Casca	-	-	6	0.06
Eleazar Guzmán Barrón	-	-	1	0.01
Fidel Olivas Escudero	-	-	4	0.13
Llumpa	1	0.07	4	0.07
Lucma	4	0.26	5	0.35
Musga	-	-	1	0.02
Pallasca	-	-	166	12.03
Cabana	-	-	32	3.02
Conchucos	-	-	38	3.63
Huandoval	-	-	29	1.27
Lacabamba	-	-	4	0.15
Llapo	-	-	5	0.07
Pallasca	-	-	4	0.10
Pampas	-	-	39	3.44
Tauca	-	-	15	0.36
Pomabamba	10	19.49	15	0.48
Huayllan	3	3.10	2	0.03
Pomabamba	7	16.39	13	0.46
Recuay	67	20.81	72	4.34
Catac	64	20.03	57	4.04
Recuay	-	-	4	0.11
Ticapampa	3	0.78	10	0.19
Sihuas	-	-	40	0.79

Cashapampa	-	-	4	0.03
Chingalpo	-	-	4	0.14
Huayllabamba	-	-	2	0.15
Ragash	-	-	26	0.38
San Juan	-	-	3	0.09
Yungay	51	73.40	34	2.61
Mancos	1	2.00	-	-
Yanama	27	26.26	19	1.03
Yungay	23	45.14	15	1.58
Total	594	467.38	910	56.03

Además, dentro de los distritos de Ancash existen 14 lagunas de origen glaciar que se comparten entre ellos.

Tabla 6. Cantidad y superficie de lagunas de origen glaciar compartidas entre provincias y distritos

Lagunas de origen glaciar		
Provincias/ Distritos	Cantidad	Superficie (km ²)
Carhuaz	1	0.23
San Miguel de Aco/ Marcará ²	1	0.23
Corongo/ Huaylas¹	3	0.69
La Pampa/ Yuracmarca ²	3	0.69
Corongo/ Pallasca¹	4	0.07
Corongo/ Cabana ²	1	0.01
Corongo/ Tauca ²	2	0.03
Cusca/ Cabana ²	1	0.03
Corongo/ Sihuas¹	1	0.02
Cusca/ Cashapampa ²	1	0.02
Huaylas	1	0.12
Caraz/ Santa Cruz ²	1	0.12
Recuay	1	1.44
Ticapampa/ Catac ²	1	1.44
Recuay/ Bolognesi¹	1	1.66
Catac/ Aquia ²	1	1.66
Sihuas	1	0.03
Ragash/ Cashapampa ²	1	0.03
Yungay/Asunción¹	1	0.02
Yanama/ Acochaca ²	1	0.02
Total	14	4.28



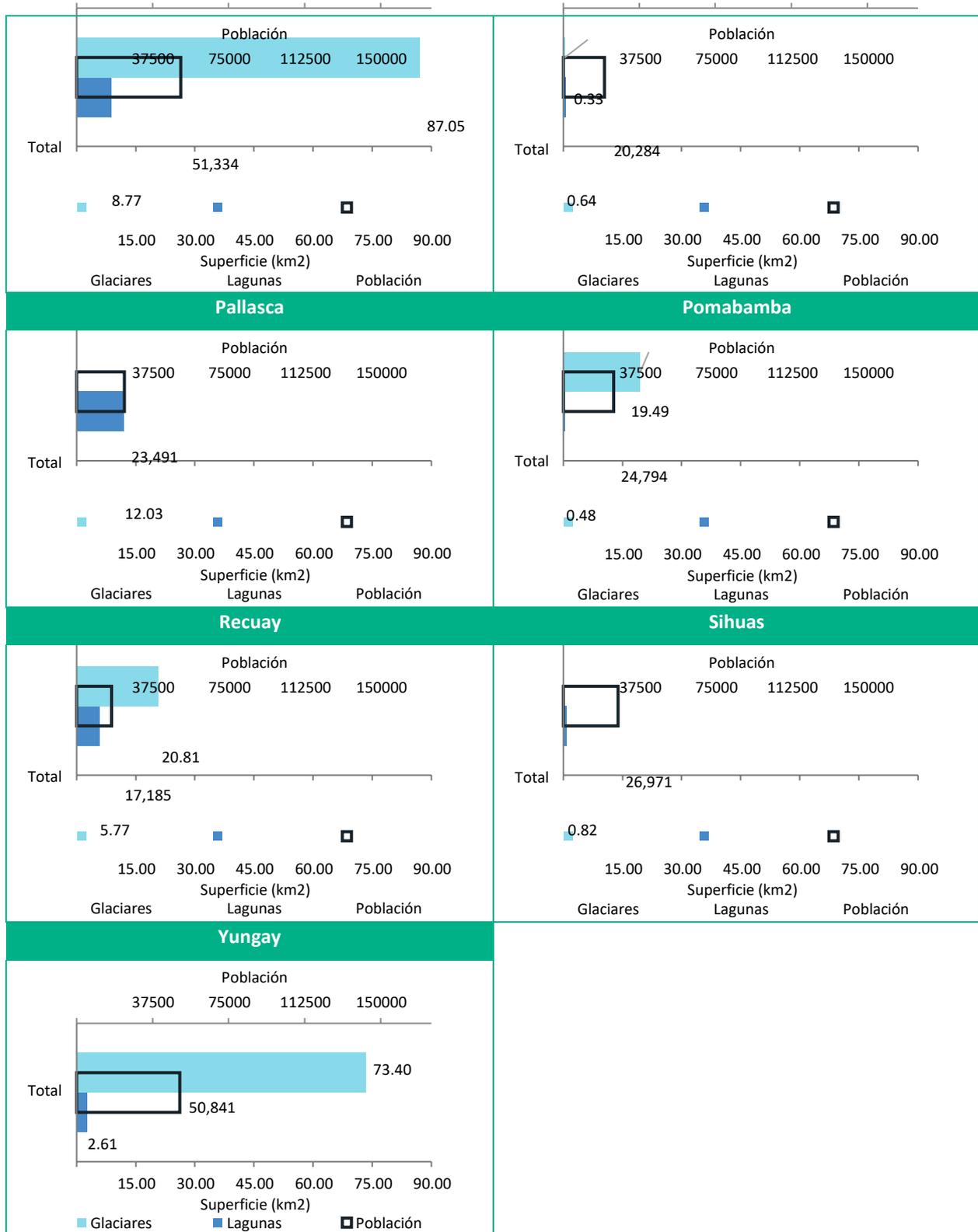


Figura 8. Superficie de glaciares y lagunas de origen glaciar por provincia y población

Figura 8. Al comparar la superficie y número de lagunas de origen glaciar con el número de habitantes de cada provincia, podemos ver que las provincias de Antonio Raymondi, Carlos Fermín Fitzcarrald, Pallasca y Sihuas

cuentan con menor presencia de glaciares y lagunas de origen glaciar en su superficie, lo que significa menor oferta hídrica altoandina.

Mientras que la provincia de Huaraz es la que concentra la mayor población (163 936 habitantes), una superficie glaciar de 72.87 km² y una superficie de lagunas de 4.74 km².

5.2.1. Distribución de glaciares por provincia, tamaño y altitud media

A continuación, se muestra una serie de figuras que indican las cotas mínimas y máximas de los glaciares en el departamento de Ancash según provincia. Podemos ver que todas las provincias presentan glaciares por encima de los 5 000 m.s.n.m y cotas mínimas a partir de los 4 600 m.s.n.m. Estos glaciares al encontrarse ubicados a mayores altitudes, mantienen la mayor superficie glaciar hoy en día. De estas provincias solo las provincias de Corongo y Mariscal Luzuriaga presentan glaciares a altitudes menores a comparación de las otras provincias, que podrían ser los más susceptibles a perder su superficie glaciar a corto plazo.

En la siguiente figura (Figura 9.) se observa que, en las provincias de Asunción, Yungay, Bolognesi, Carhuaz, Huaraz, Huari y Huaylas se encuentran los glaciares con altitudes más amplias, con cotas mínimas más bajas y cotas máximas más altas. Habiendo una diferencia de 1 100 y 1 400 m en glaciares de tamaños entre 1 a 10 km², y en los glaciares de la provincia de Asunción y Pomabamba el tamaño de los glaciares varía entre 10 a 100 km². Sin embargo, en las provincias de Recuay, Corongo y Mariscal Luzuriaga se observan altitudes de menor amplitud, con diferencia de 688 m en glaciares de la provincia de Recuay, 385m en los glaciares de la provincia de Corongo y 341m en los glaciares de la provincia de Mariscal Luzuriaga.

El departamento de Ancash se caracteriza por presentar glaciares con tamaños mayores a 0.01 km². Las únicas provincias que presentan un glaciar que supera los 10 km² son Asunción y Pomabamba. Las provincias de Corongo y Mariscal Luzuriaga presentan glaciares con tamaños entre 0.01 km² y 1 km². A excepción de la provincia de Asunción, las demás provincias con superficie glaciar se caracterizan por presentar glaciares que cuanto más grande son, se extienden desde cotas más bajas y alcanzan cotas más altas.



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

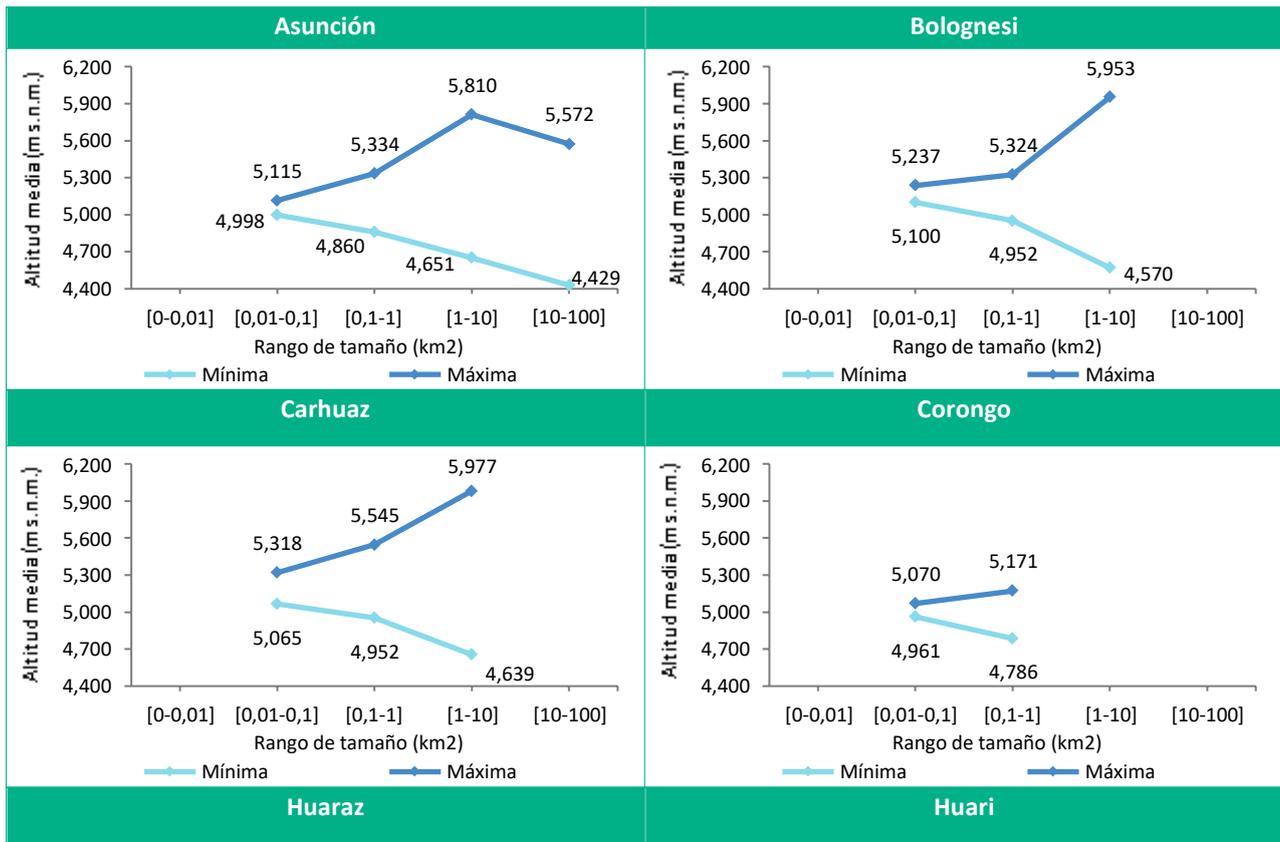




Figura 9. Tamaño glaciar por provincia según altitud media mínima y máxima

5.2.2. Distribución de glaciares por provincia y tipo de cobertura

Como vimos anteriormente, el tipo de cobertura glaciar también debe ser analizado para el estudio del retroceso glaciar. Los glaciares de las provincias de Huaylas, Carhuaz, Yungay, Huaraz, Asunción, Huari, Bolognesi, Pomabamba y Recuay presentan el mayor porcentaje de superficies glaciares libres de detritos y escombros y en su mayoría se encuentran más expuestas a las condiciones climáticas debido al tipo de cobertura (Figura 10.)

Por otro lado, si analizamos la distribución de los glaciares según cordillera podemos ver, que la cordillera Blanca cubre la mayor superficie de glaciares, sin embargo, la provincia de Bolognesi contiene glaciares de la cordillera Huayhuash con 12.12 km², Huallanca con 5.23 km² y Blanca con 3.37 km² (Figura 11).

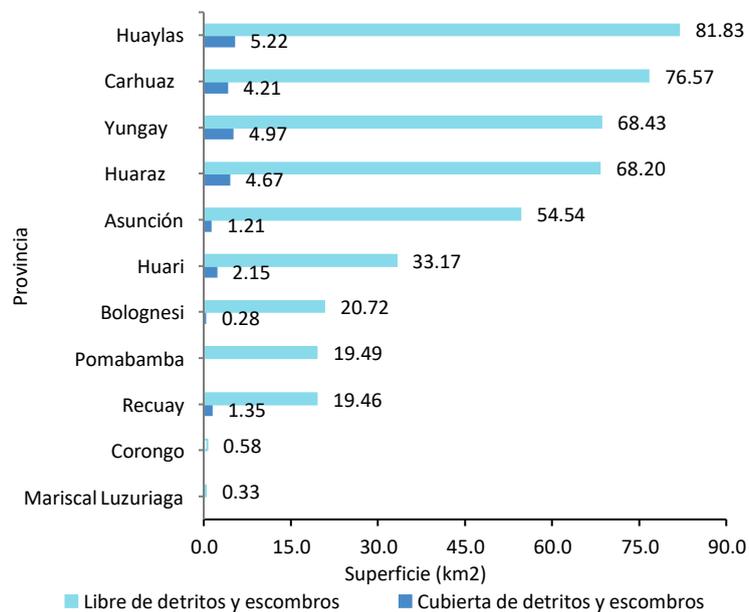


Figura 10. Superficie glaciar por provincia y tipo de cobertura



PERÚ

Ministerio
Ambiente

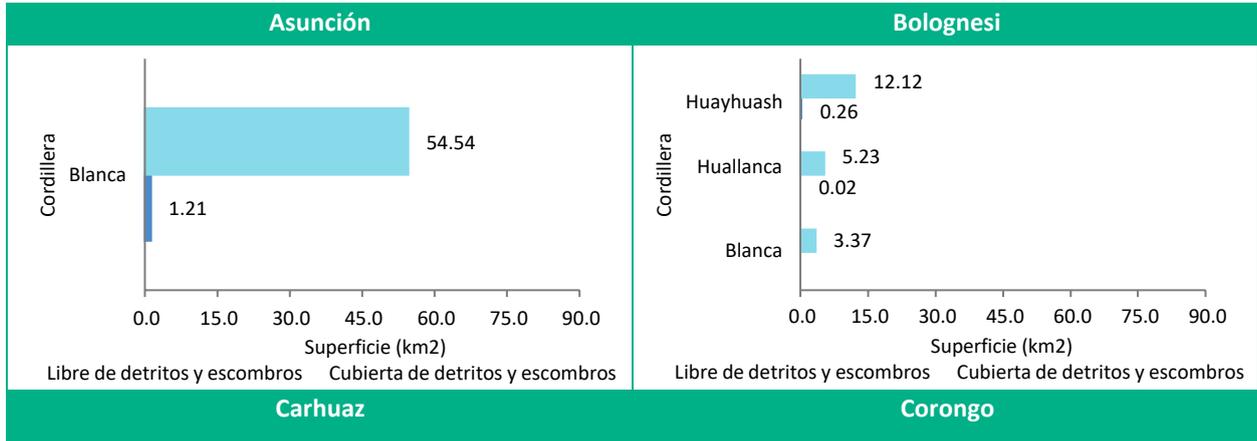
del

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

La cordillera Blanca se extiende sobre las provincias de Asunción, Bolognesi, Carhuaz, Corongo, Huaraz, Huari, Huaylas, Mariscal Luzuriaga, Pomabamba, Recuay y Yungay. Así

mismo, dentro de la provincia de Bolognesi se encuentran glaciares que pertenecen a las cordilleras de Huallanca y Huayhuash.





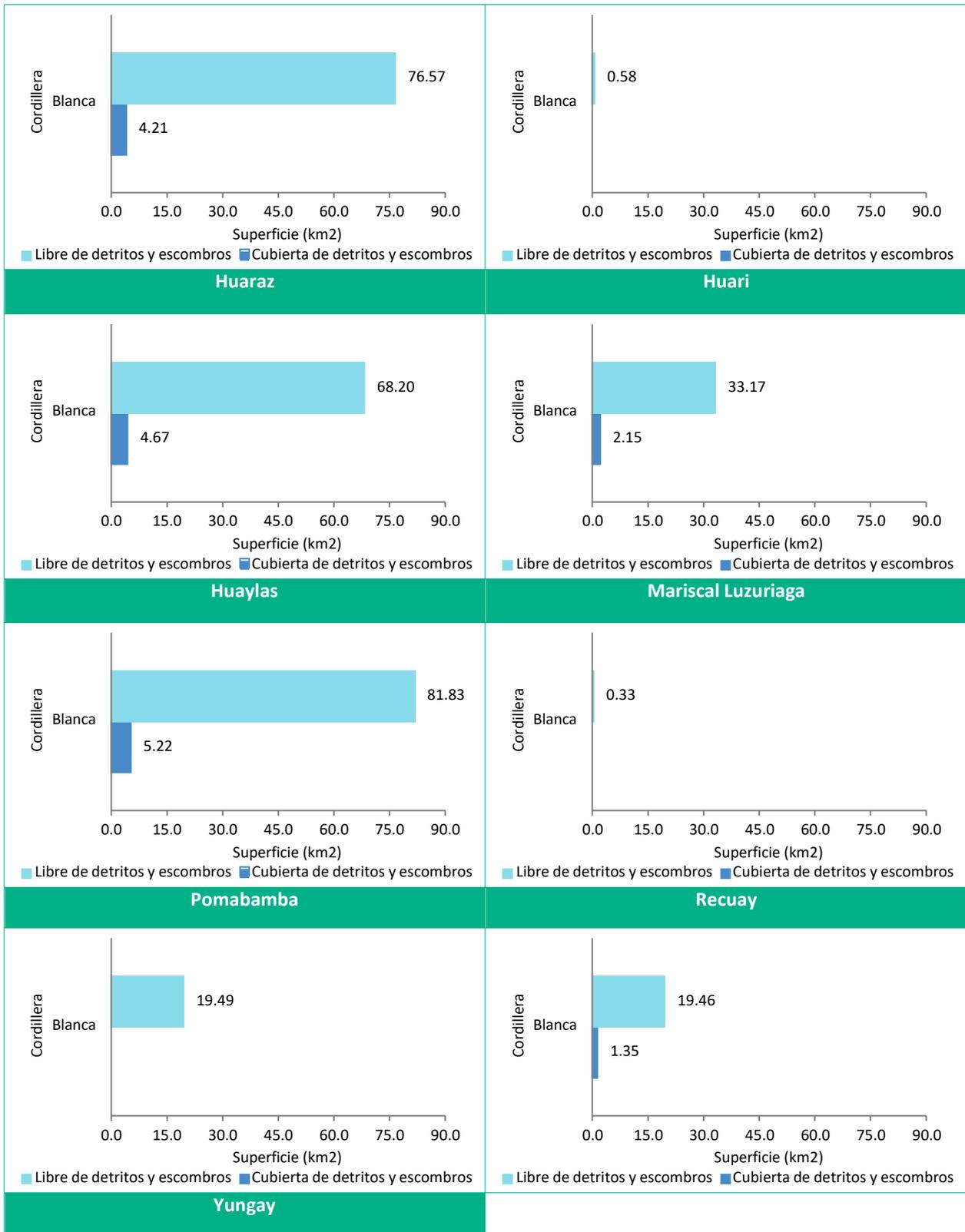
PERÚ

Ministerio del Ambiente

del

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"



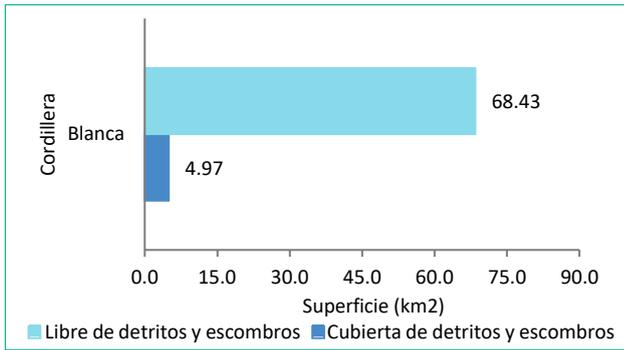


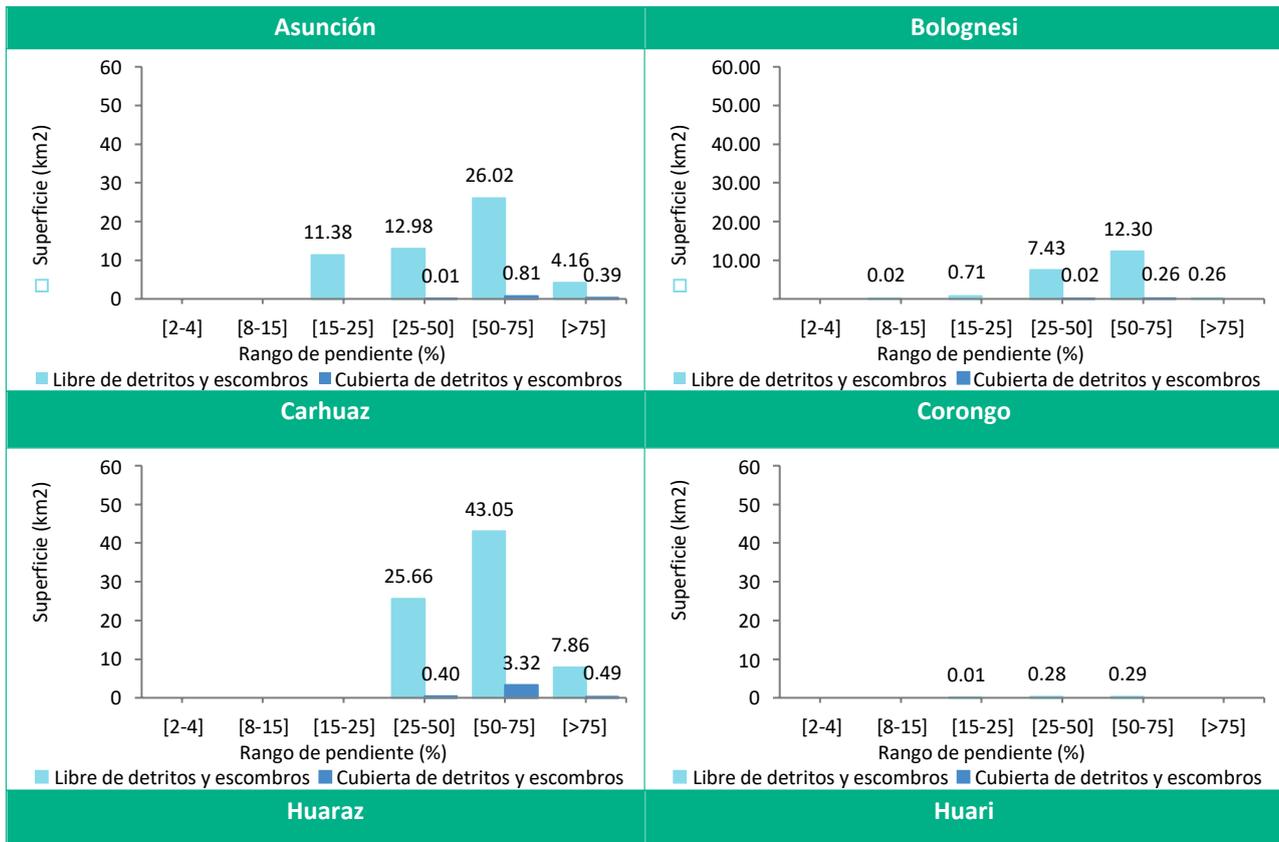
Figura 11. Superficie glaciar por provincia, cordillera y tipo de cobertura

Yungay presentan una mayor superficie glaciar en el rango de pendientes entre 50 % – 70 %, consecuentemente, los riesgos de origen glaciar podrían ser mayores.

5.2.3. Distribución de glaciares por provincias, rango de pendiente y tipo de cobertura

Las provincias de Asunción, Bolognesi, Carhuaz, Corongo, Huaylas, Mariscal Luzuriaga y

Las provincias de Huaraz, Huari, Pomabamba y Recuay presentan glaciares cuyas superficies presentan mayoritariamente rango de pendientes entre 25 % - 50 % (Figura 12).



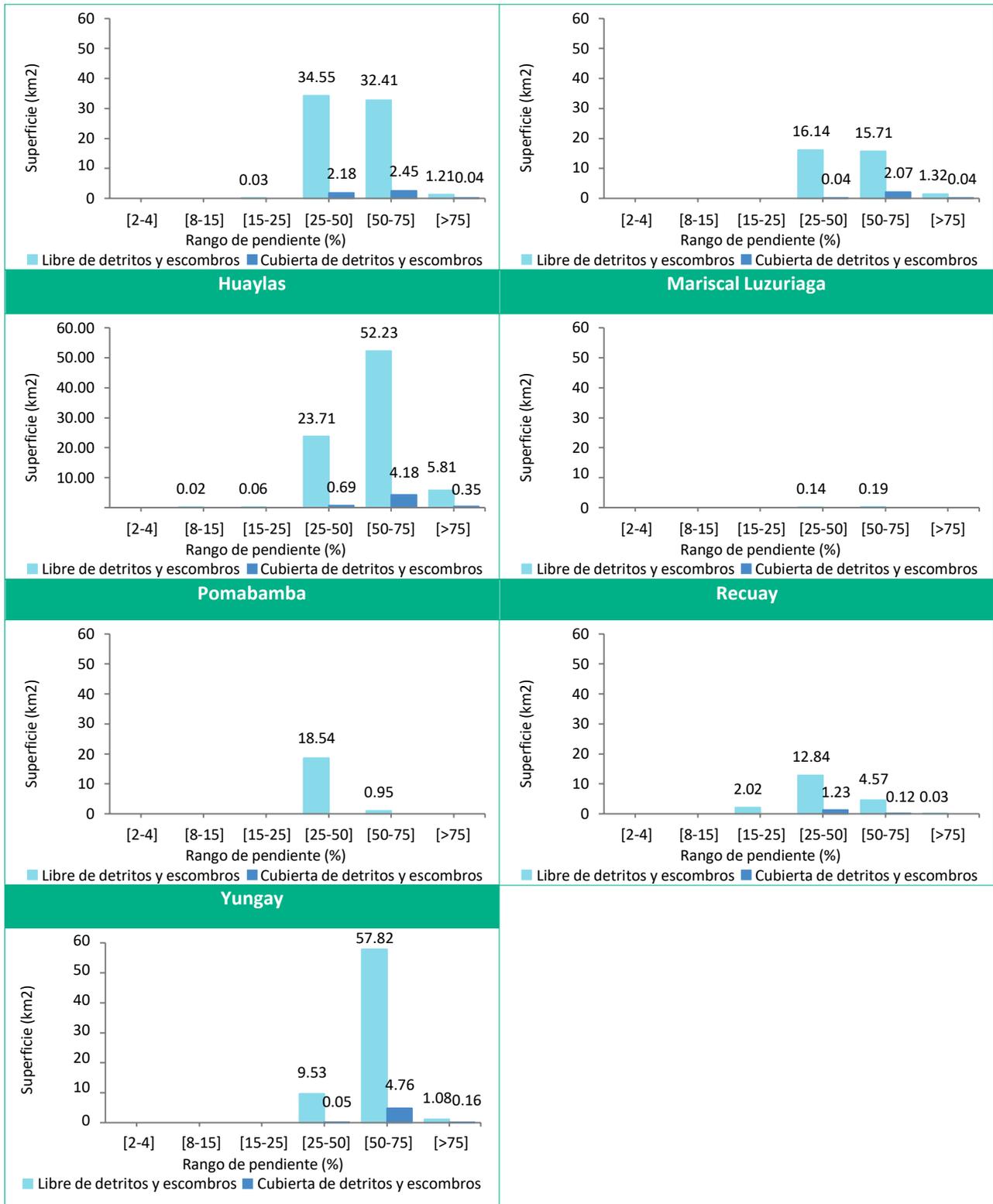
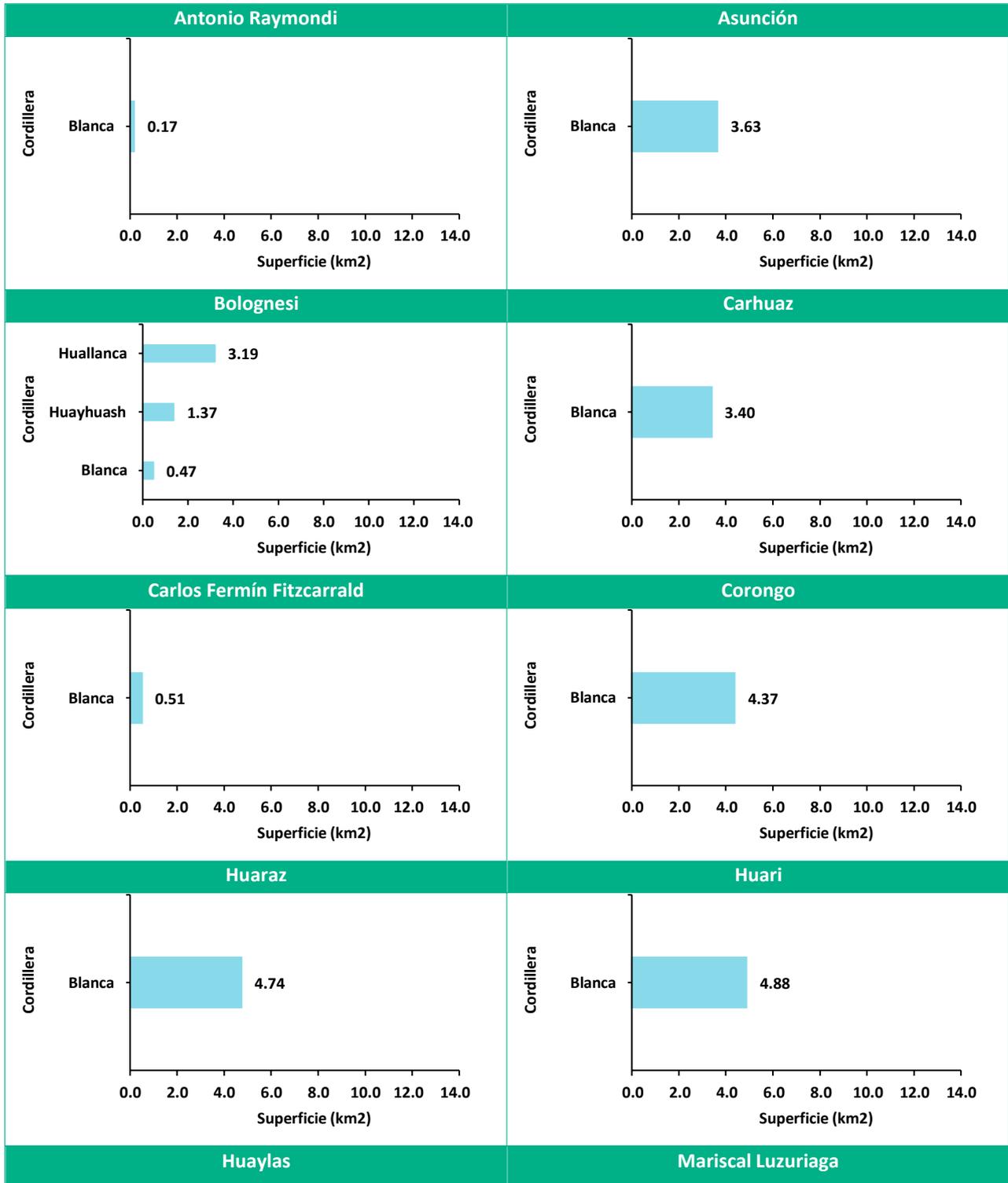


Figura 12. Superficie glaciar por provincia, rango de pendiente y tipo de cobertura

5.2.4. Superficie de lagunas de origen glaciar por provincia y cordillera

En Ancash, las lagunas de origen glaciar de la cordillera Blanca se distribuyen en las provincias de Antonio Raymondi, Asunción, Bolognesi, Carhuaz, Carlos Fermín Fitzcarrald, Corongo, Huaraz, Huari, Huaylas, Mariscal Luzuriaga, Pallasca, Pomabamba, Recuay, Sihuas y Yungay. Y las lagunas de la cordillera Huallanca con 3.19 km² y la cordillera Huayhuash con 1.37 km² se distribuyen en la provincia de Bolognesi, además de la Cordillera Blanca con 0.47 km².

Las provincias de Antonio Raymondi, Carlos Fermín Fitzcarrald, Mariscal Luzuriaga, Pomabamba y Sihuas cuentan con menor superficie de lagunas, lo que indicaría menor oferta de agua proveniente de las lagunas de origen glaciares, mientras que las provincias de Pallasca con 12.03 km², Huaylas con 8.77 km², Huari con 4.88 km², Recuay con 5.77 km² y Huaraz con 4.74 km² presentan mayor superficie de lagunas de origen glaciar (Figura 13).



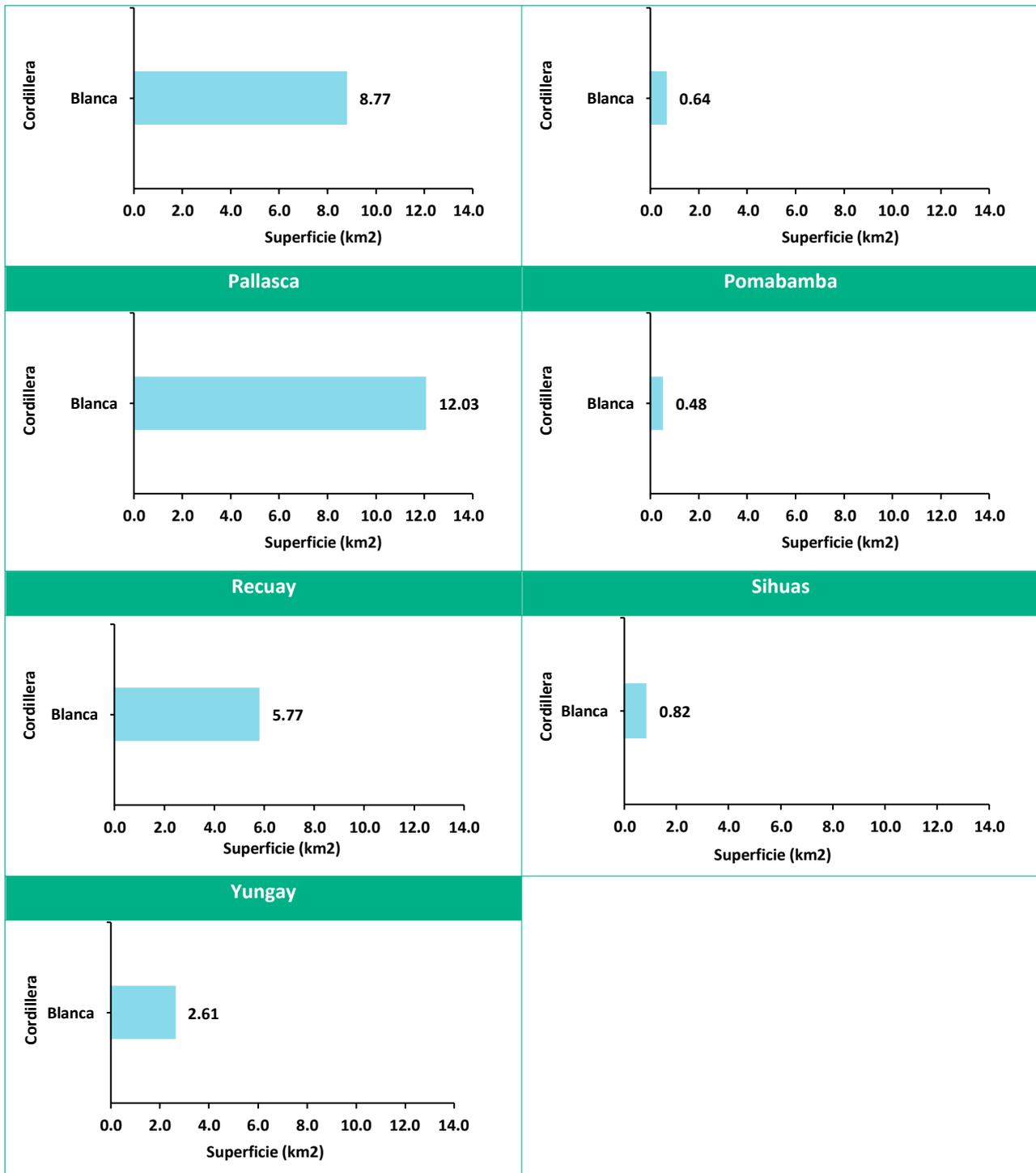


Figura 13. Superficie de lagunas de origen glaciar por provincia y cordillera

5.2.5. Distribución de lagunas de origen glaciar por provincia y rango altitudinal

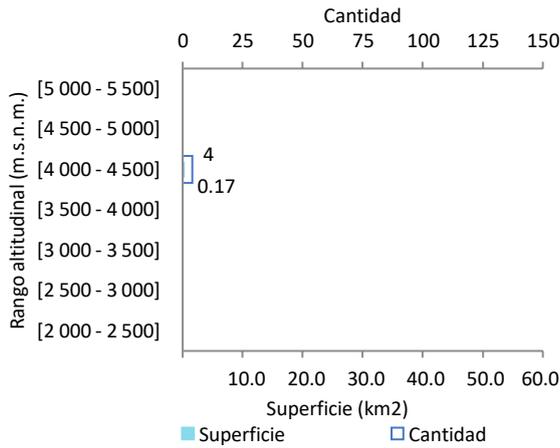
La mayor superficie acumulada de lagunas de origen glaciar en el departamento de Ancash, se encuentra entre 4 000 y 4 500 m s.n.m. Solo la

provincia de Huaraz presenta una mayor superficie acumulada de lagunas de origen glaciar en el rango altitudinal de 4 500 m s.n.m y 5 000 m s.n.m. Por otro lado, en la provincia de Huaylas la mayor cantidad de lagunas de origen glaciar se concentra entre 4 500 y 5 000 m s.n.m (Figura 14).

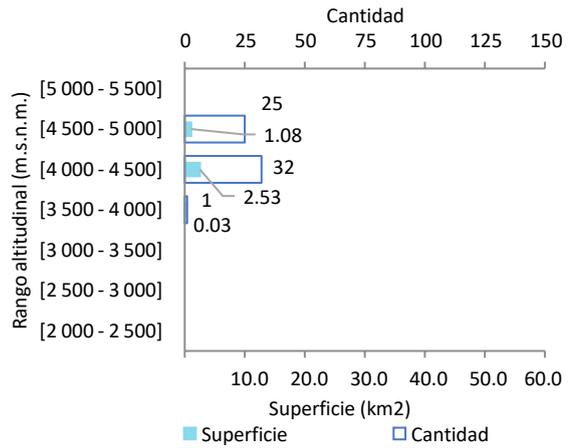


"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

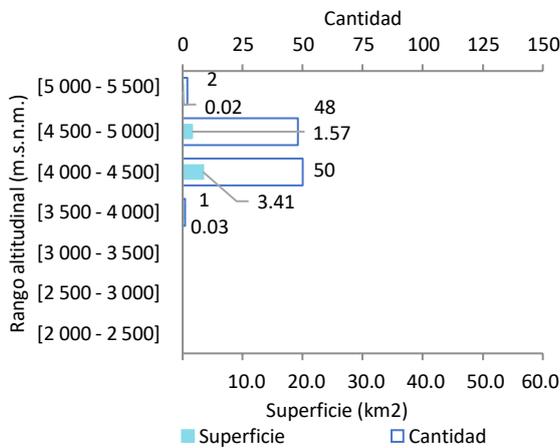
Antonio Raymondi



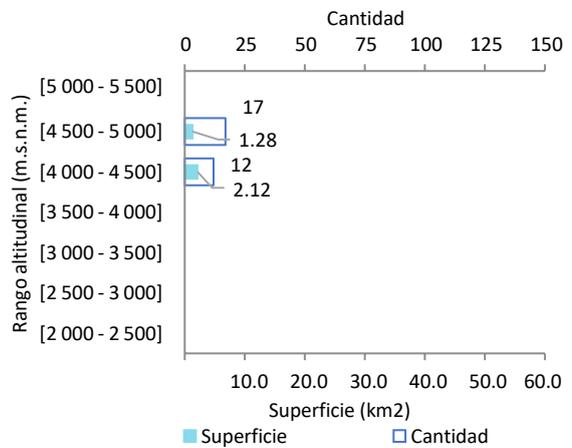
Asunción



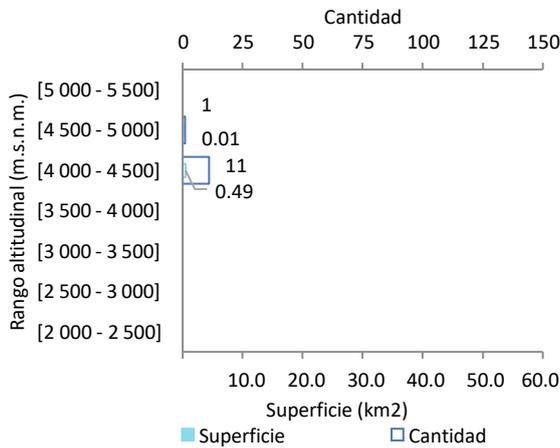
Bolognesi



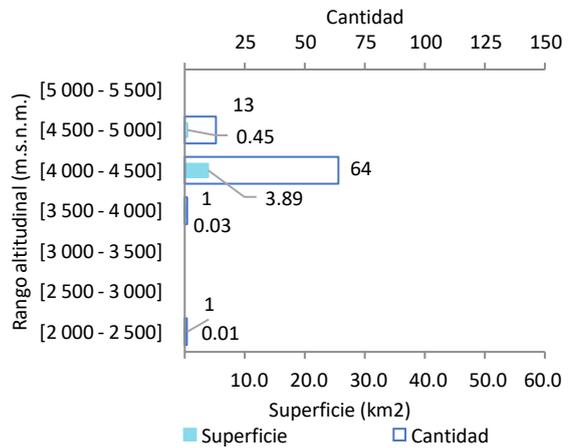
Carhuaz



Carlos Fermín Fitzcarrald

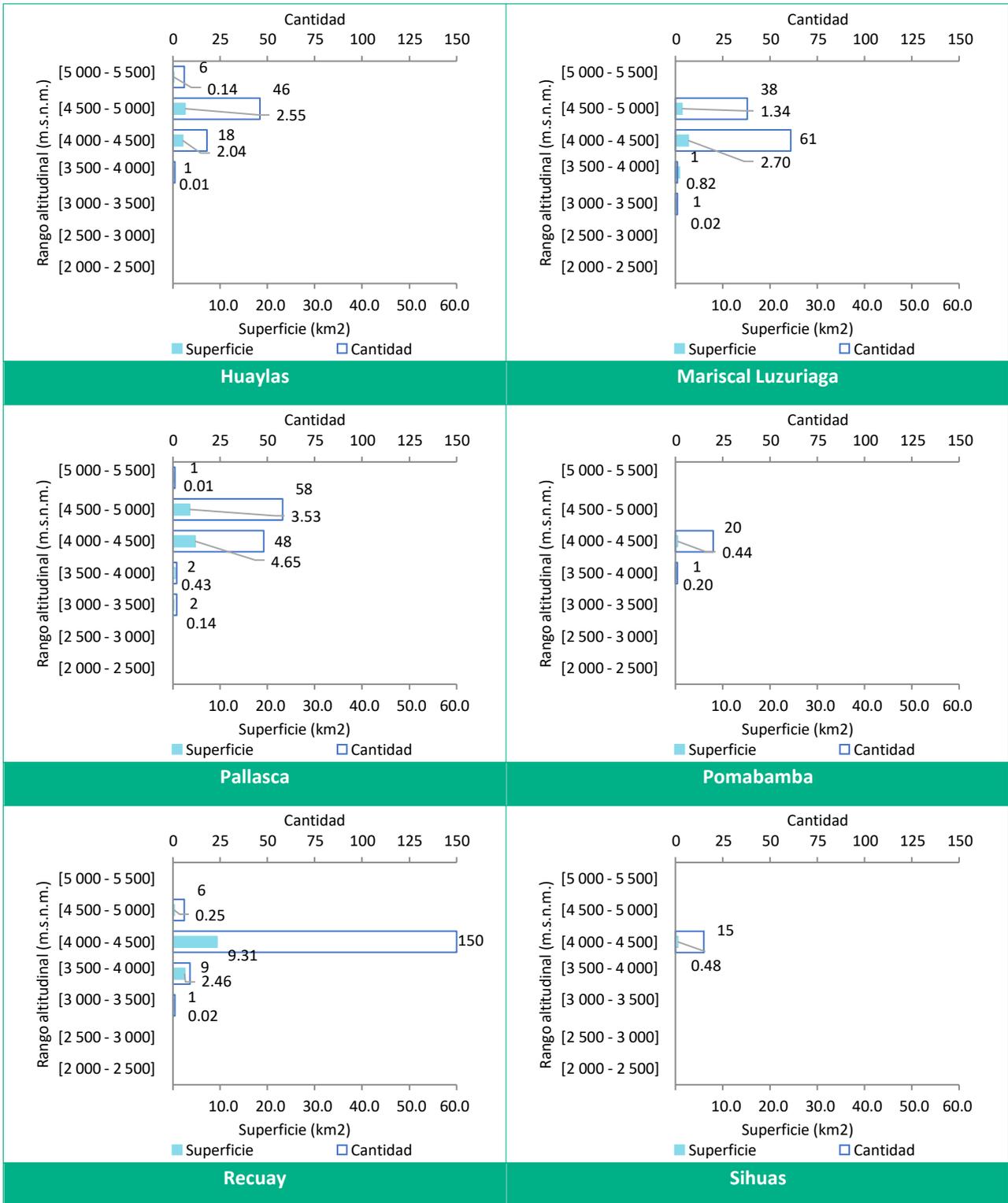


Corongo



Huaraz

Huari



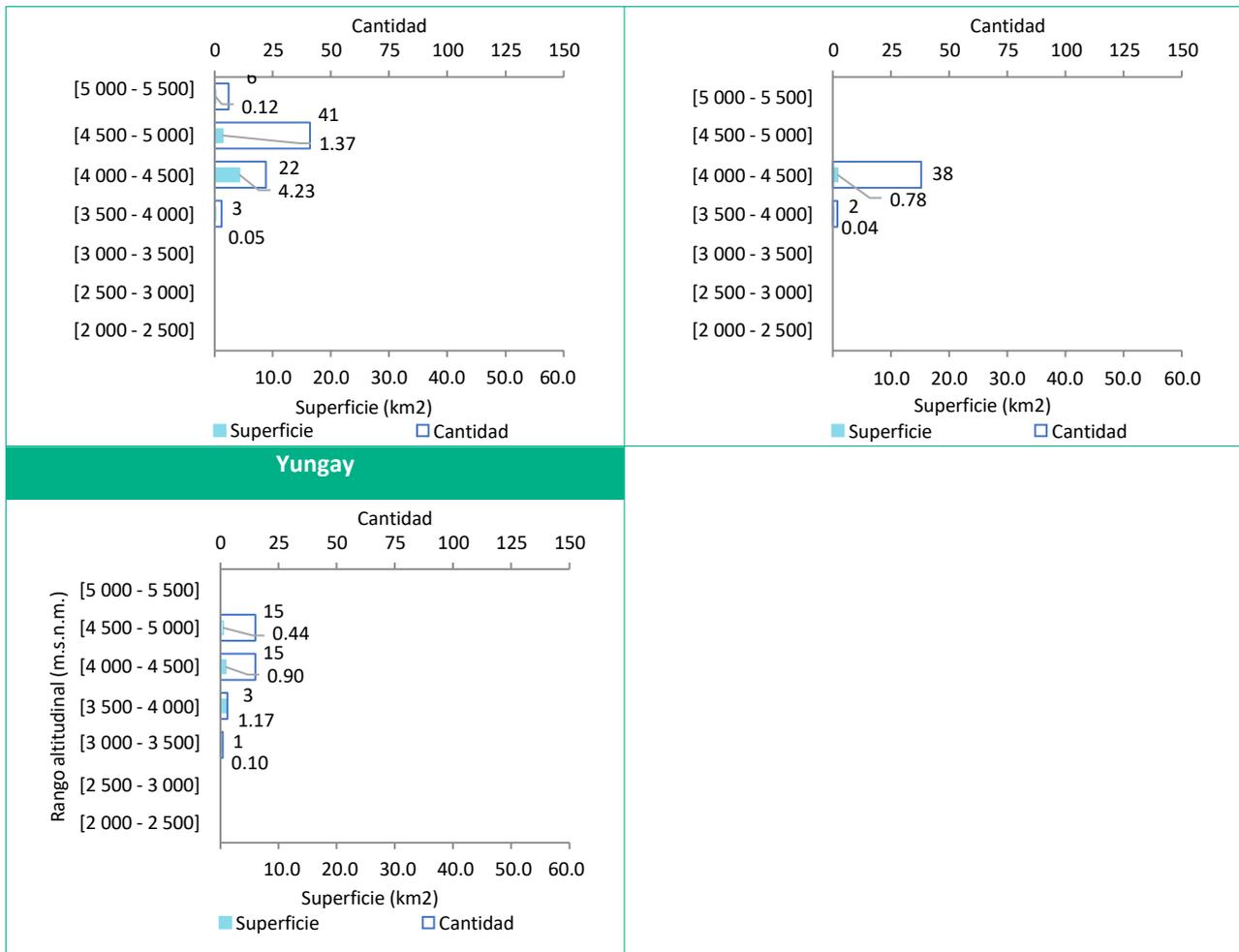
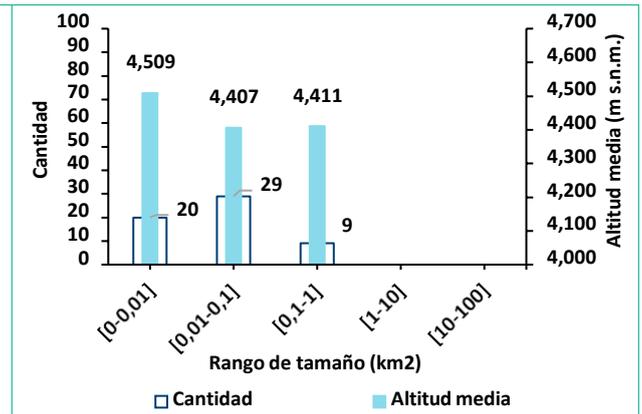
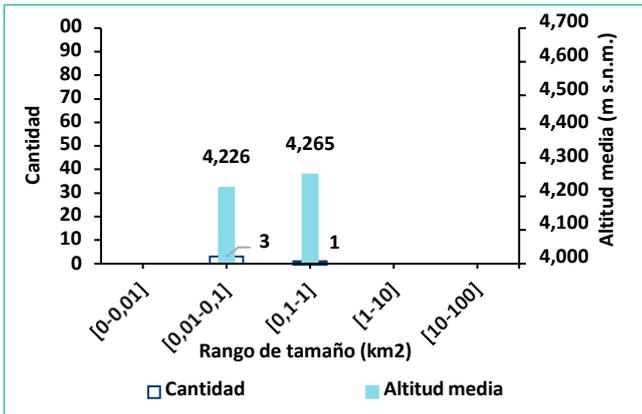


Figura 14. Cantidad y superficie de lagunas de origen glaciar por provincia y rango altitudinal

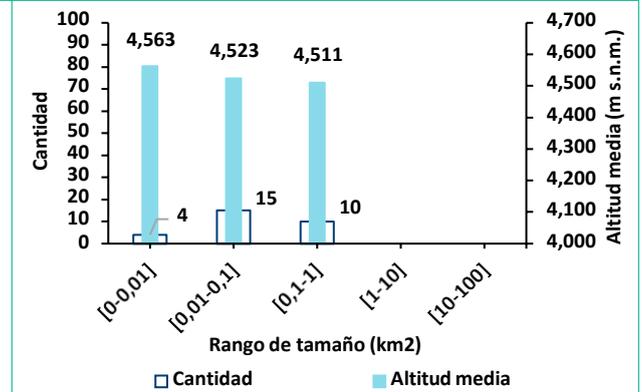
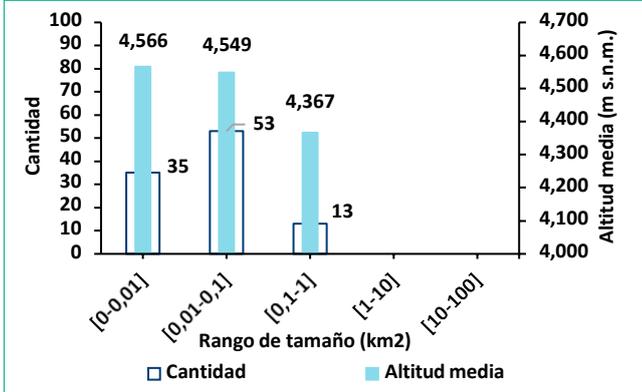
5.2.6. Cantidad y altitud media de lagunas de origen glaciar según tamaño por provincia

En la mayoría de las provincias de Ancash la cantidad de lagunas de origen glaciar predominantes se encuentran en el rango de tamaños entre 0.01 km² y 0.1 km². Habiendo en la provincia de Pallasca 96 lagunas de origen glaciar con altitud media de 4 238 m s.n.m., seguido de Huari con 62 lagunas de origen glaciar con altitud media de 4 438 m s.n.m., Huaylas con 61 lagunas

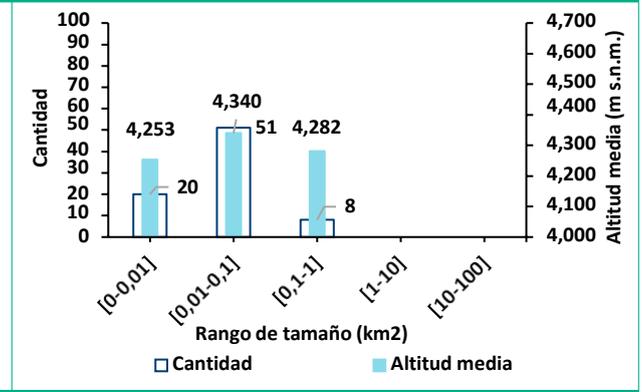
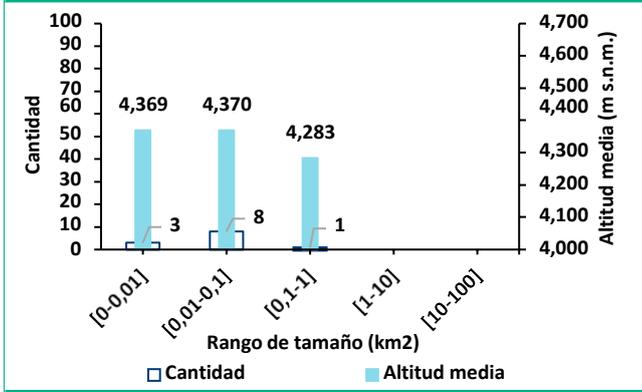
de origen glaciar con altitud media de 4 489 m s.n.m., Bolognesi con 53 lagunas de origen glaciar con altitud media de 4 549 m s.n.m., Corongo con 51 lagunas de origen glaciar con altitud media de 4 340 m s.n.m., Recuay con 45 lagunas de origen glaciar con altitud media de 4 567 m s.n.m. y Huaraz con 40 lagunas de origen glaciar con altitud media de 4 642 m s.n.m. En la provincia de Recuay se encuentran 2 lagunas de origen glaciar que se encuentran a una menor altitud media de 4 033 m s.n.m (Ver Figura 15).



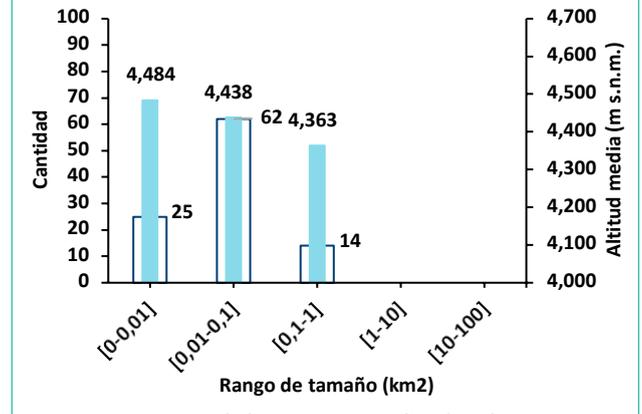
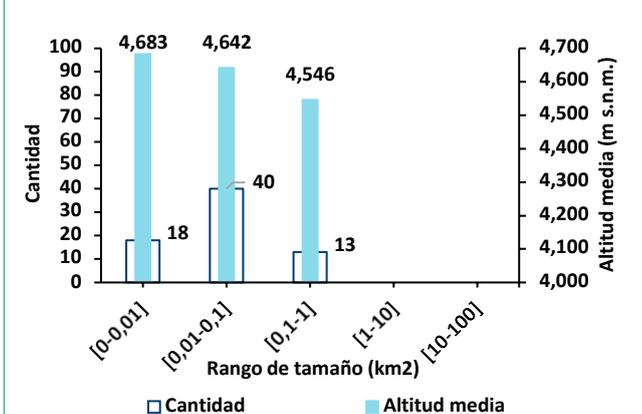
Bolognesi Carhuaz



Carlos Fermín Fitzcarrald Corongo



Huaraz Huari



Huaylas Mariscal Luzuriaga

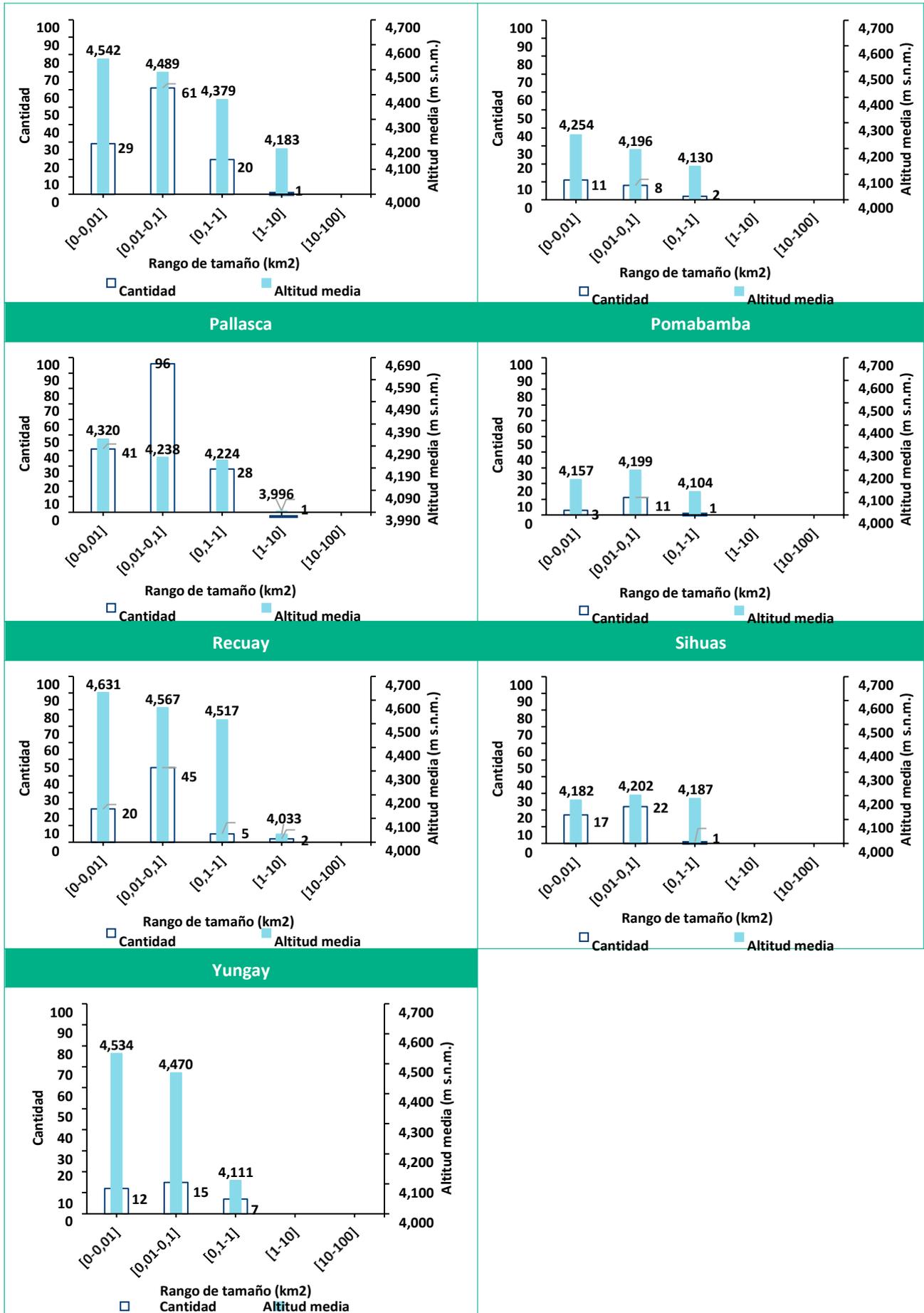


Figura 15. Cantidad y altitud media de lagunas de origen glaciar según tamaño por provincia

Finalmente, la tabla 7 muestra la población total de Ancash (10 835 19 habitantes), en relación a la población de distritos que poseen glaciares y lagunas de origen glaciar, observando que el 27.83 % radica en distritos que poseen glaciares y lagunas de origen glaciar. El 0.84 % radica en distritos que sólo poseen glaciares. El 6.82 % radica en distritos que solo poseen lagunas de origen glaciar. Finalmente, el 64.51 % vive en distritos que no poseen glaciares ni lagunas de origen glaciar.

Tabla 7. Cantidad de población que radican en zonas con glaciares y lagunas de origen glaciar

Distritos	Población (hab)	Población (%)	Superficie glaciar (km ²)	Superficie lagunas (km ²)
Con glaciares y lagunas de origen glaciar	301495	27.83	464.830	41.68
Sin glaciares ni lagunas de origen glaciar	698956	64.51	0.000	0.00
Solo glaciares	9151	0.84	2.550	0.00
Solo lagunas de origen glaciar	73917	6.82	0.000	18.63
Total	10 835 19	100	467.38	60.31

6. CONCLUSIONES

- El departamento de Ancash presenta 594 glaciares con una superficie glaciar de 467.38 km². Asimismo, presenta 910 lagunas de origen glaciar, con una superficie de 56.03 km². Siendo la provincia de Huaylas la que mayor superficie glaciar presenta (87.05 km²), mientras que la provincia de Pallasca es la que mayor superficie de lagunas de origen glaciar presenta (12.03 km²).
- El departamento de Ancash posee una laguna de origen glaciar, compartida con el departamento de Huánuco, que tiene una superficie de 0.12 km². Asimismo, también posee 10 lagunas de origen glaciar que se comparten en las provincias de Corongo, Huaylas, Pallasca, Sihuas, Recuay, Bolognesi y Asunción y Yungay con una superficie total de 2.46 km².
- De las 20 provincias de Ancash, 11 provincias poseen glaciares, y 15 provincias poseen lagunas de origen glaciar. El resto de las provincias no cuentan con glaciares ni lagunas de origen glaciar. La provincia de Pallasca es la que más lagunas de origen glaciar presenta y la provincia Huaylas la que más glaciares presenta.
- De los 166 distritos de Ancash, 29 poseen glaciares y lagunas de origen glaciar, dos distritos solo glaciares, 28 distritos solo lagunas de origen glaciar, y el resto de distritos no poseen glaciares ni lagunas. El distrito de Yuracmarca en la provincia de Huaylas es el que más lagunas de origen glaciar presenta y el distrito de Catac, en la provincia de Recuay es el que más glaciares presenta.

- De la población total de Ancash (10 835 19 habitantes), el 27.83 % radica en distritos que poseen glaciares y lagunas de origen glaciar, cuyas superficies son de 464.83 km² y 41.68 km² respectivamente. El 6.82 % radica en distritos que solo poseen lagunas de origen glaciar, cuya superficie es de 18.63 km². El 0.84 % radica en distritos que solo poseen glaciares, cuya superficie es de 2.55 km². Finalmente, el 64.51 % vive en distritos que no poseen glaciares ni lagunas de origen glaciar.
- De las tres cordilleras glaciares que se extienden sobre el departamento de Ancash, la cordillera Blanca es la que tiene la mayor superficie glaciar (449.75 km²), así como la mayor superficie de lagunas de origen glaciar (55.75 km²).
- La mayor superficie de lagunas de origen glaciar se encuentra en el rango altitudinal de 4 000 m s.n.m. a 5 000 m s.n.m. La mayor cantidad de lagunas de origen glaciar presentan tamaños entre 0.01 km² y 0.1 km².

7. RECOMENDACIONES

- Los resultados del presente inventario son información de gran utilidad para la toma de decisiones oportunas por parte de los gobiernos regionales y locales para la adecuada gestión de los recursos dentro su territorio, por ejemplo, incluir a los glaciares y lagunas de origen glaciar en los planes de gestión de recursos hídricos de cuenca como una fuente importante de recursos hídricos, considerando dichos recursos en su gestión y conservación. Asimismo, esta información es un insumo importante para estudios de Zonificación Ecológica Económica (ZEE) y con ello fortalecer el ordenamiento territorial en regiones donde se viene impulsando dichos procesos.
- Como primer inventario desarrollado hasta el nivel distrital, el presente informe constituye un documento de consulta para los gobiernos regionales y locales en relación a la cantidad y ubicación de las reservas del recurso hídrico. Aporta además información útil para la ejecución de actividades productivas tales como el saneamiento, la agricultura, la ganadería, la generación eléctrica, etc.
- Como instituto de investigación cuyo objeto de estudio incluye los glaciares y las lagunas de origen glaciar, así como los ecosistemas de montaña, el INAIGEM puede apoyar en la formulación de proyectos de investigación en estas temáticas, en coordinación con los gobiernos regionales y las entidades científicas y académicas.

6. GLOSARIO

Análisis multitemporal	Es la comparación de imágenes de satélite obtenidas a determinados intervalos de tiempo. Permite estudiar fenómenos que implican una variación temporal, como por ejemplo el proceso de retroceso glaciar.
Banda espectral	Término que designa a un intervalo de longitudes de onda con comportamientos electromagnéticos similares.
Coordenadas	Son números que pueden definirse como distancias o direcciones angulares, determinando unívocamente la posición de un punto en el espacio, respecto a un sistema de referencia, que puede consistir en tres ejes, generalmente perpendiculares entre sí.
Datum	Elipsoide usado para representar matemáticamente la superficie de la tierra
Escala	Relación que existe entre un valor de distancia entre dos puntos representado en un mapa y el valor de la realidad de manera numérica.
Fotografía aérea	La fotografía es un sistema de percepción remota que utiliza la reflexión natural del sol, obtenidas desde un avión o un satélite. Presentan variaciones de tono, textura, forma y patrones que corresponden a diferencias en rasgos y estructuras en la superficie.
Glaciar	Masa de hielo terrestre que fluye pendiente abajo (por deformación de su estructura interna y por el deslizamiento en su base), encerrado por los elementos topográficos que lo rodean, como las laderas de un valle o las cumbres adyacentes.
Glaciar libre de detritos y escombros	Son aquellos glaciares con cobertura superficial característica de nieve y hielo.
Glaciar cubierto de detritos y escombros	Son aquellos glaciares cubiertos parcial o totalmente por restos adyacentes de detritos y/o fragmentos de rocas producto de la erosión glaciar.
Imágenes de satélite	Es una representación pictórica de la medición de energía electromagnética registrada por un sensor, consisten en Ficheros ráster, formadas por una matriz regular o rejilla de celdas, a cada una de las cuales, denominada píxel (<i>Picture Element</i> , Elemento de Imagen) se le asigna un valor digital que corresponde a la reflectividad recogida por el sensor.
Laguna de origen glaciar	Se refiere a aquellas lagunas cuyo represamiento obedece a procesos glaciares actuales y/o anteriores (Iturrizaga, 2014).
Modelo Digital de Elevación (MDE)	Representación digital de la topografía de la Tierra. Los MDE permiten que la altura sea adicionada a un objetivo, lo que permite ofrecer imágenes con un efecto tridimensional.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2014). Inventario de glaciares del Perú (segunda actualización). 193 p. Constitución política del Perú, Ley de demarcación y organización territorial 27795, 25 de julio del año 2002 (Perú).
- Earth Observing System. (2019). Índice normalizado de diferenciación de nieve (NDSI). Disponible en: <https://eos.com/ndsi/es/>
- GAPHAZ (Grupo de Trabajo Permanente sobre Peligros Glaciares y Permafrost en Alta Montaña). (2017). Evaluación de peligros por glaciares y permafrost en regiones de montaña – Documento técnico de orientación. Elaborado por Allen, S., Frey, H., Huggel, C. et al. Zurich, Suiza / Lima, Perú, 72 p.
- Hidrandina S. A. (1989). Inventario de glaciares del Perú. Unidad de Glaciología e Hidrología, Huaraz.
- INAGGA (Instituto Andino de Glaciología y Geoambiente). (1997). Programa de investigaciones glaciológicas y geoambientales de la cordillera de los Andes, Lima.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2017). Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas. Disponible en: <http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>
- INAIGEM (Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña). (2017). Manual Metodológico del Inventario Nacional de Glaciares, 119 p.
- INAIGEM (Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña). (2018). Inventario Nacional de Glaciares: Las Cordilleras Glaciares del Perú, 348 p.
- Iturrizaga, L. (2014). Glacial and glacially conditioned lake types in the Cordillera Blanca, Peru: A spatiotemporal conceptual approach, *Progress in Physical Geography*, 38(5), 602–636, 10.1177/0309133314546344
- Veettil, B.K. y Kamp, U. (2019). Global Disappearance of Tropical Mountain Glaciers: Observations, Causes, and Challenges. *Geosciences* 2019, 9, 196, <https://doi.org/10.3390/geosciences9050196>
- IGP, Centros poblados, shapefile, 1:1000 000, INFRAESTRUCTURA NACIONAL DE DATOS GEOESPACIALES FUNDAMENTALES. Recuperado en setiembre del 2018, disponibles en: <https://www.geoidep.gob.pe/>
- Rau, F., Mauz, F., Vogt, S., Khalsa, S.T.S y Raup, B. (2005). Illustrated GLIMS Glacier Classification Manual. Institut für Physische Geographie, Freiburg. 36 p.



PERÚ

Ministerio
Ambiente

del

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

ANEXOS

DISTRIBUCIÓN DE GLACIARES SEGÚN CODIFICACIÓN GLIMS



Dígito 7

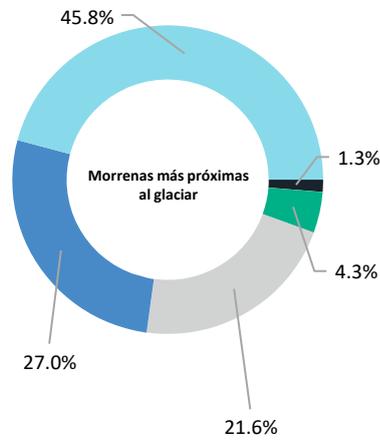
■ Morrenas terminales

■ Combinación de morrenas terminales, laterales y de empuje

■ Combinación de morrenas terminales y laterales

■ No morrenas

■ Morrenas laterales



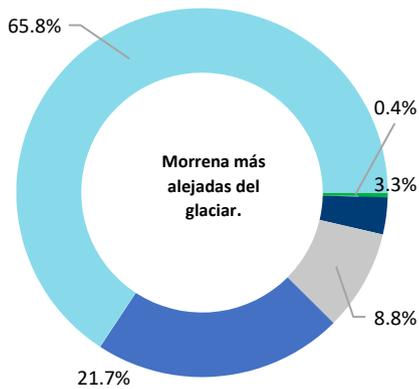
Dígito 8

■ Combinación de morrenas terminales, laterales y de empuje

■ Morrenas terminales

■ Combinación de morrenas terminales y laterales

■ No morrenas



Dígito 9

■ Mayormente cubierto de detritos

■ Completamente cubierto de detritos

■ Libre de detritos

■ Parcialmente cubierto por detritos

