

# Reserva hídrica en los **GLACIARES DEL PERÚ**



**ÁREA DE EVALUACIÓN DE  
GLACIARES Y LAGUNAS**



**PERÚ**

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

 **ANA**  
Autoridad Nacional del Agua



1941 - 2021

El Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas (ex Unidad de Glaciología) es una oficina especializada de la Autoridad Nacional del Agua, responsable de evaluar la dinámica de la reserva hídrica en los glaciares y lagunas de los Andes peruanos, generando información para los usuarios del agua, población en situación de riesgo, tomadores de decisiones, comunidad científica y público en general.

La Unidad de Glaciología inicia sus acciones en 1941, a raíz del aluvión ocurrido en Huaraz (Áncash - Perú) producto de la caída de un bloque de hielo a la laguna Palcacocha (Cordillera Blanca). Ya son ocho décadas de esta oficina pionera de la glaciología en el Perú, dedicada al seguimiento de los cambios en lagunas y glaciares, poniendo a disposición del país y el mundo la información generada. Desde su creación ha transitado por diversas instituciones gubernamentales; a partir del 2009 es parte de la Autoridad Nacional del Agua.

Su trayectoria registra momentos trascendentales para la glaciología del país: evaluación de la laguna Palcacocha (1941 hasta la actualidad); inventario e identificación de lagunas peligrosas en la Cordillera Blanca (1942-1950); registro aerofotográfico de lagunas en la Cordillera Blanca junto al Servicio Aerofotográfico Nacional (1948); inicio de ejecución de obras de seguridad en 35 lagunas de la Cordillera Blanca (1950); elaboración del Primer Inventario de Lagunas de la Cordillera Blanca (1953); inicio del monitoreo de glaciares (1970); inicio de la evaluación del glaciar Pastoruri (1980); publicación del primer Inventario de Glaciares del Perú (1989); se amplía la evaluación de glaciares a nivel nacional (2010); publicación del Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas del Perú (2014); inicio del monitoreo del glaciar Znosko en la Antártida (2015); uso de escáner terrestre para la evaluación de glaciares (2017); publicación del libro inédito 'Retrosceso glaciar en la cordillera Blanca 1948-2018' (2019).

La historia se sigue escribiendo...

Reserva hídrica en los glaciares del Perú/ Autoridad Nacional del Agua. Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas.- 1a. ed. Huaraz: ANA, 2021.  
40 páginas.  
1. Glaciares 2. Reserva hídrica 3. Cambio climático

Ministro de Desarrollo Agrario y Riego  
Federico Tenorio Calderón

Jefe de la Autoridad Nacional del Agua  
Roberto Salazar Gonzales

Gerente General de la Autoridad Nacional del Agua  
Tulio Eduardo Santoyo Bustamante

Responsable Nacional de Glaciares y Lagunas  
Nelson Santillán Portilla

Director de la Autoridad Administrativa del Agua Huarmey - Chicama  
Roberto Suing Cisneros

Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas:

Coordinador  
Alejo Cochachin Rapre

Equipo técnico de elaboración  
Arnaldo Aldo Tacsí Palacios Geomática  
Renzo Guerra Oruna Teledetección  
Walter Sánchez León Teledetección  
Tulio Chávez Espíritu SIG  
Maik Jamanca Carbajal SIG  
Flor Daga Rodríguez Practicante  
Cristian Jamanca Yauri Practicante  
Jhon Macedo Tolentino Practicante

Especialista en Información y Comunicación  
Mariluz Romero Castillo

Diseño y diagramación: Carlos Cueva García

Editado por Autoridad Nacional del Agua - Calle Diecisiete N° 355, Urb. El Palomar, San Isidro/Lima, Perú.  
Teléfono: (511)-2243298

Elaborado por: Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas - Av. Confraternidad Internacional Oeste 167,  
Independencia, Huaraz / Áncash, Perú. Teléfono: (511) 043 - 421601

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2021 - 03477

Primera Edición, febrero 2021  
Tiraje: 1200 ejemplares

Se terminó de imprimir en marzo de 2021  
Imprenta & Editora Artigraphics S.A.C. - Jr. Simón Bolívar 683, Huaraz/Áncash, Perú

El contenido de esta publicación solo podrá ser reproducido con autorización de la Autoridad Nacional del Agua,  
incluyendo autoría y fuente de información. Prohibida su venta.

# CONTENIDO

6	Presentación
7	Antecedentes
8	Mapa de las 18 cordilleras nevadas
14	Ubicación de las cordilleras nevadas
17	Cantidad y superficie de glaciares en el Perú
18	Glaciares por cuencas y vertientes
19	Glaciares por región
20	Cantidad de glaciares según clasificación GLIMS
22	Reserva hídrica glaciar por cordillera
	Reserva hídrica glaciar por Autoridad Administrativa del Agua
23	Reserva hídrica glaciar por cuenca
	Reserva hídrica glaciar mayor a 1 000 hm <sup>3</sup> en subcuencas
24	Reserva hídrica glaciar por región
26	Pérdida de superficie glaciar
29	Caso: Reducción del glaciar Ananea, cordillera Apolobamba 1962 - 2017
30	Metodología
34	Cuadro resumen: Reserva hídrica glaciar por cordilleras
35	Conclusiones
36	Bibliografía

# PRESENTACIÓN

Los glaciares son reservas de agua dulce que proveen este líquido elemento a diversas cuencas para el aprovechamiento en diferentes usos, como el consumo humano, agricultura, energía eléctrica e industria. Pero también, son ecosistemas muy susceptibles a los efectos del cambio climático. El registro del comportamiento de los glaciares, en las últimas décadas, muestra que el proceso de deglaciación se ha acelerado; en consecuencia, en un momento los glaciares han aportado agua incrementando el caudal de los ríos, pero a medida que la superficie glaciar ha venido reduciéndose y su frente situándose cada vez en niveles más altos en las montañas donde la temperatura aún es baja, el aporte de agua hacia las cuencas ha disminuido, siendo más notorio en los meses de temporada seca.

Con el fin de seguir de cerca la evolución de estas reservas de agua sólida, la Autoridad Nacional del Agua a través del Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas (ex Unidad de Glaciología), en cumplimiento de las funciones que le otorga la Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y su reglamento, ha ejecutado la actividad de cuantificación de la disponibilidad del recurso hídrico en los glaciares, utilizando como insumo principal imágenes de satélite de mediana resolución tomadas en época seca que corresponden a meses donde la nieve temporal se ha fusionado y puede delimitarse cada cuerpo glaciar identificado por microcuencas glaciares. Para el procesamiento se utilizó programas especializados, los cuales han permitido obtener resultados de caracterización de los glaciares, previo a ello, se ha definido la delimitación de las microcuencas, subcuencas y cuencas con el objetivo de generar información a este nivel. Como resultado se tiene: superficie glaciar, longitud máxima, ancho máximo, centroide, pendiente, orientación, volumen expresado en hectómetros cúbicos de agua y altitud máxima, mínima y media. Información valiosa para la planificación en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) en cuencas con cobertura glaciar, por tanto, en beneficio para la subsistencia de las comunidades andinas y grandes proyectos de la costa del Perú.

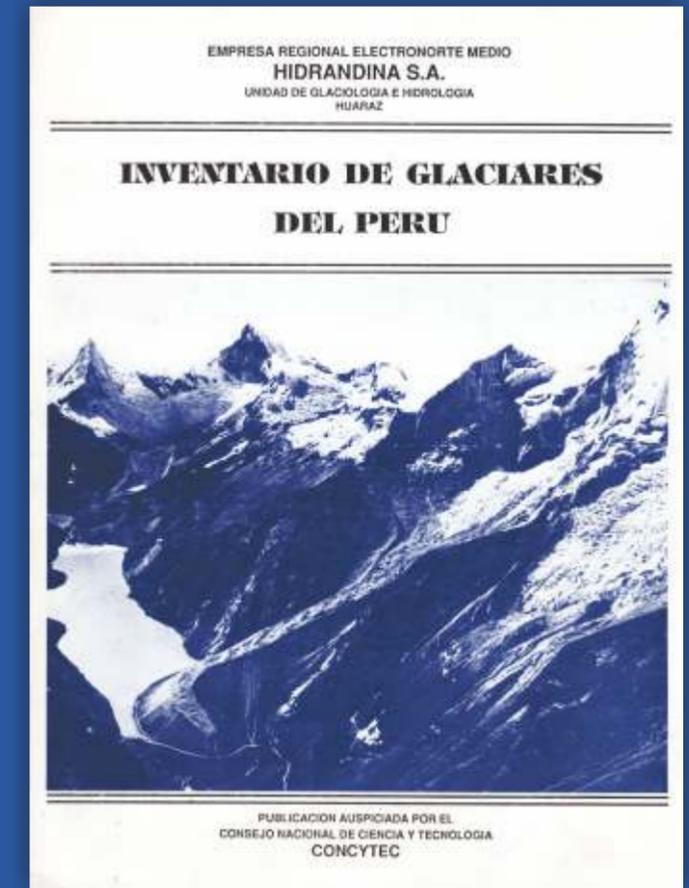
En ese sentido, la presente publicación: 'Reserva hídrica en los glaciares del Perú', es el resultado de un trabajo articulado con los cooperantes internacionales como IRD de Francia, Universidad de Zurich (Suiza) y la Universidad de OHIO (USA), que han permitido fortalecer las capacidades técnicas del equipo profesional responsable e innovar los procesos metodológicos mediante la aplicación de técnicas espaciales en los glaciares del Perú. Además, este documento cumple con las directivas técnicas internacionales de la WGMS (The World Glacier Monitoring Service) y GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space).

Ponemos a disposición de los actores que conforman el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos del país, la caracterización de unidades glaciares de las 18 cordilleras del Perú. La información de cada unidad glaciar se puede obtener en formato digital en el Geoportal de la Autoridad Nacional del Agua.

## Antecedentes

Es importante mencionar que la Unidad de Glaciología elaboró el primer Inventario Nacional de Glaciares del Perú, publicado en 1989, donde se utilizó fotografías aéreas del Proyecto N° AF-60-17, 1962 – 1963 y 62336-002 (44), 1955. Además, 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; insumos que permitieron registrar un total de 3 044 glaciares que cubrían una superficie de 2 041,85 km<sup>2</sup> en las 18 cordilleras nevadas. Estos resultados sirven de base para el presente estudio, en el contraste y la evaluación del retroceso glaciar, de tal modo que, nos permite conocer la evolución de cada cuerpo glaciar en el tiempo.

En el año 2006, la Unidad de Glaciología, ahora Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas de la Autoridad Nacional del Agua, inicia las actividades de actualización del Inventario de Glaciares a nivel nacional, incluyendo la cordillera Volcánica; para lo cual, se utilizaron imágenes de satélite proporcionadas en el marco del convenio internacional con el IRD de Francia y Ohio de Estados Unidos. Para el procesamiento de las imágenes se utilizaron técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG), obteniendo como resultado el registro de un total de 2 679 glaciares con una superficie de 1 298,6 km<sup>2</sup>. La publicación se realizó el 2014, siendo el segundo Inventario Nacional de Glaciares (ANA, 2014).



## Mapa de las 18 cordilleras nevadas



## CORDILLERA BLANCA

Corresponde a la cadena occidental de los Andes del Norte. Está situada en la parte central de la región Áncash con una extensión glaciaria de 195 km en dirección N23°O, desde el sistema Caullaraju hasta el sistema Pacra. La cordillera actúa como divisoria de aguas entre las vertientes continentales del Pacífico y el Atlántico que aportan agua a tres cuencas: Santa, Marañón y Pativilca. Aquí se ubica el nevado más alto del Perú, el Huascarán con 6 744 m s. n. m. En esta cordillera, la ANA evalúa siete glaciares que son parte de la Red de Glaciares Monitoreados en Latinoamérica.



## CORDILLERA HUALLANCA

Se ubica en el ramal occidental de los Andes del Norte en la región Áncash; con una extensión glaciaria de 20 km en dirección noroeste. Esta pequeña cordillera da origen al río Pativilca por la vertiente del Pacífico y, por la vertiente del Atlántico, las aguas de los glaciares drenan al río Marañón. Sus glaciares más representativos y altos son: Burro (5 263 m s. n. m.), Shicra 3 (5 253 m s. n. m.) y Shicra Shicra 2 (5 253 m s. n. m.).



## CORDILLERA HUAYHUASH

Se ubica en la naciente del ramal occidental de los Andes del Norte. Se encuentra en los límites territoriales de las regiones Áncash, Lima y Huánuco; con una extensión glaciaria de 26 km. Presenta numerosos picos que superan los 6 000 m s. n. m. como el caso del nevado Yerupajá que tiene una altitud de 6 610 m s. n. m. siendo el segundo pico más alto del Perú, después del Huascarán. Además, es el punto más alto del sistema de drenaje de la cuenca del Amazonas.



## CORDILLERA RAURA

Constituye la divisoria de aguas continentales y está ubicada en las regiones Huánuco, Pasco y Lima, en el inicio del ramal occidental de los Andes del Norte. Su extensión glaciaria es de 21 km, desde la altura de la hoya del río Llamac al norte, hasta el nevado Puscanturpa al sur. La cordillera da origen a uno de los más grandes ríos del Perú, el Marañón, que se inicia en la pequeña laguna Niñococha.



## CORDILLERA HUAGORUNCHO

Se ubica en las regiones Huánuco y Pasco, formando parte del nudo de Pasco en su extremo noreste en el inicio del ramal oriental de los Andes del Norte. Su extensión glaciaria es de 18 km en dirección noroeste. Además, se localiza dentro del sistema hidrográfico del Amazonas; sus aguas drenan por los ríos Perené y Pachitea.



## CORDILLERA LA VIUDA

Forma parte de los Andes centrales. Se ubica en las regiones Lima, Pasco y Junín, con una extensión glaciaria de 124 km, con nieve escasa y pocos picos cubiertos. 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 por los ríos Huallaga y Mantaro.



## CORDILLERA CENTRAL

Se ubica en el ramal occidental de los Andes del Centro del Perú, en los límites de las regiones Lima y Junín, con una extensión glaciaria de 108 km. Es la divisoria entre las vertientes del Pacífico y el Atlántico. En esta cordillera, la ANA evalúa el glaciar Chuecón que es parte de la Red de Glaciares Monitoreados en Latinoamérica.



## CORDILLERA HUAYTAPALLANA

Se ubica en los Andes del Centro dentro de la región Junín. Tiene una extensión glaciaria de 60 km con orientación noreste. Drena, íntegramente, a la cuenca del Amazonas a través de los ríos Mantaro y Perené. En esta cordillera, la ANA evalúa el glaciar Yanaucsha que es parte de la Red de Glaciares Monitoreados en Latinoamérica.



## CORDILLERA CHONTA

Se ubica en el ramal occidental de los Andes del Centro, con una extensión glaciaria de 5,5 km entre las regiones Huancavelica y Junín. En esta cordillera nacen los ríos Chíncha, Pisco e Ica que fluyen hacia el Pacífico y Pampas al Atlántico; además, es afluente al río Mantaro.



## CORDILLERA AMPATO

Se caracteriza por su actividad volcánica. Ampato, Coropuna y Solimana son considerados nevados porque sus cumbres están cubiertas de hielo. Se ubica en las regiones Arequipa y Ayacucho, con una extensión glaciaria de 177 km. Su sistema hidrográfico drena hacia la vertiente del Pacífico. En esta cordillera, la ANA evalúa los glaciares Tuailqui y Cavalca que son parte de la Red de Glaciares Monitoreados en Latinoamérica. Ambos glaciares son parte del nevado Coropuna, masa tropical más grande de la Tierra.



## CORDILLERA HUANZO

Se ubica en las regiones Arequipa, Apurímac y Cusco con una extensión glaciaria de 90 km. Define la divisoria de las vertientes hidrográficas del Pacífico y el Atlántico; por el flanco noreste el río Apurímac vierte sus aguas al Atlántico y por el suroeste, los ríos Ocoña y Majes desembocan al Pacífico. Chancoña es el glaciar más alto con 5 499 m s. n. m.



## CORDILLERA CHILA

Se ubica, netamente, en la región Arequipa con una extensión glaciaria de 54 km. Como nacimiento del ramal occidental de los Andes centrales, en esta cordillera nace el río Amazonas desde la montaña Mismi y actúa como divisoria de aguas continentales. Su glaciar más representativo es Chila Pillune con 5 659 m s. n. m.



## CORDILLERA VILCABAMBA

Se encuentra en los Andes Centrales del Sur, en los departamentos Cusco y Apurímac. Se extiende en una longitud glaciaria de 93 km. Las altitudes mínima y máxima, en esta cordillera, fluctúan entre los 4 296 m s. n. m. a 6 274 m s. n. m. siendo el Salkantay el nevado más alto con 6 274 m s. n. m.



## CORDILLERA URUBAMBA

Está situada en el ramal oriental de los Andes del Sur, en la región Cusco, con una extensión glaciaria de 50 km. Esta cordillera es afluente del río Yanatili por la vertiente norte y del río Vilcanota por el flanco sur, formando la cuenca hidrográfica del Urubamba y de la Hoya Amazónica. El nevado Verónica es el pico más elevado de este sistema con 5 829 m s. n. m.



## CORDILLERA VILCANOTA

Es la segunda cordillera más extensa y con mayor número de glaciares, después de la Cordillera Blanca. Está ubicada en el nudo de Vilcanota, entre las regiones Cusco y Puno, con una extensión glaciaria de 89 km. Su pico más elevado es el nevado Ausangate con 6 373 m s. n. m. En esta cordillera, la ANA evalúa los glaciares Quisoquipina y Suyuparina que son parte de la Red de Glaciares Monitoreados en Latinoamérica.



## CORDILLERA LA RAYA

Es la más pequeña de todas las cordilleras del sur del Perú. Está situada en el extremo noroeste del nudo de Vilcanota, entre las regiones Cusco y Puno, con una extensión glaciaria de 31 km. El glaciar representativo de esta cordillera es el Chinchina.



## CORDILLERA CARABAYA

Está ubicada en el ramal oriental de los Andes del Sur en las regiones Cusco y Puno. Tiene una extensión glaciaria de 142 km, con cobertura glaciaria dispersa en un grupo de montañas. La cumbre más elevada de esta cordillera es el nevado Allin Cápac que alcanza 5 842 m s. n. m.



## CORDILLERA APOLOBAMBA

Se ubica en el ramal oriental de los Andes del Sur en la región Puno, con una extensión glaciaria de 34 km desde la frontera con Bolivia hasta las inmediaciones del inicio de la cordillera Carabaya. La cumbre más elevada de esta cordillera es el nevado Sorapata que alcanza 6 080 m s. n. m. Es la divisoria de aguas entre las cuencas hidrográficas del Atlántico y el Titicaca.



## UBICACIÓN DE LAS CORDILLERAS NEVADAS

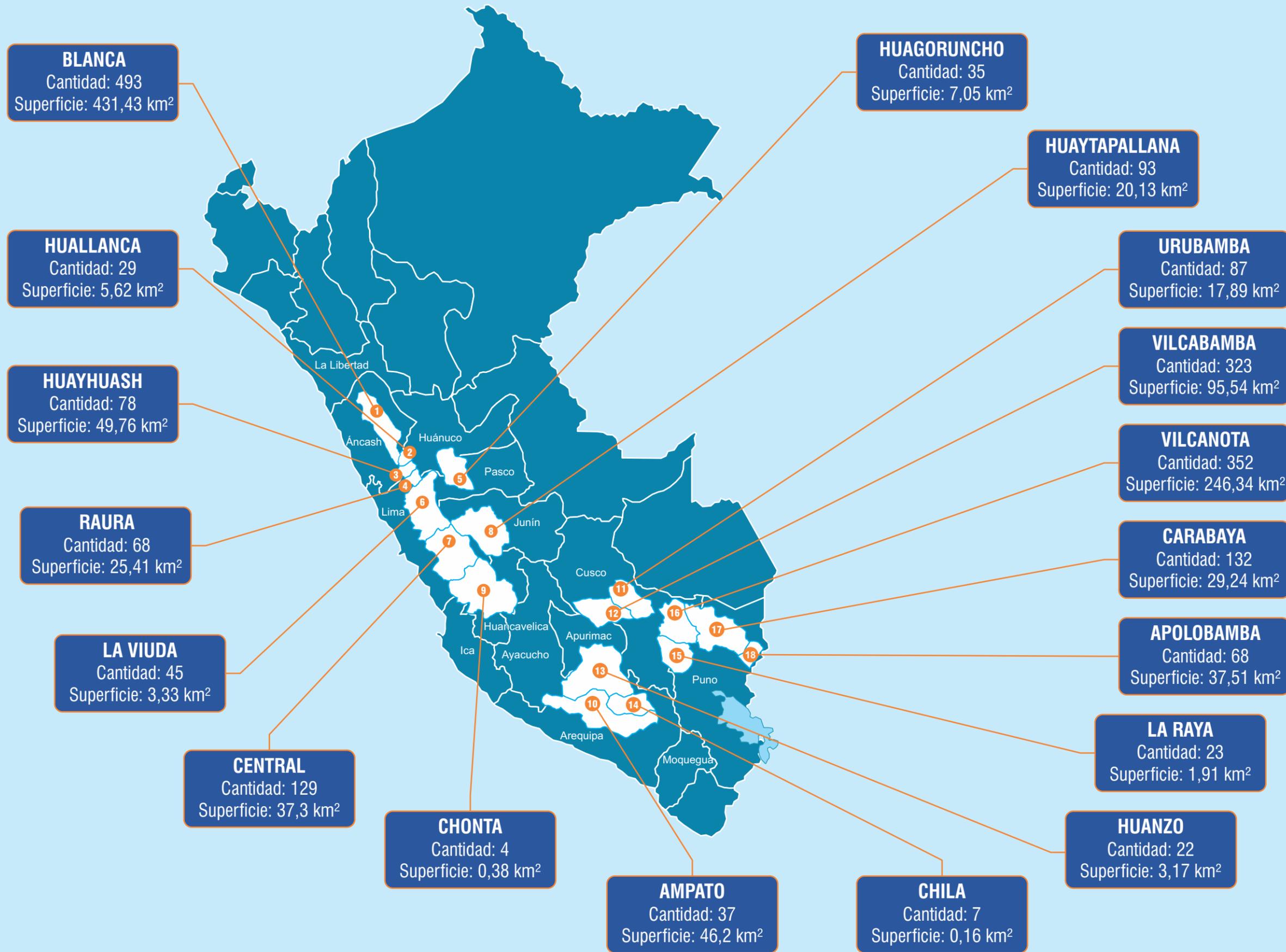
N°	Cordillera	Latitud		Longitud	
1	Blanca	8° 23'	10° 20'	77° 10'	77° 52'
2	Huallanca	9° 52'	10° 03'	76° 58'	77° 06'
3	Huayhuash	10° 12'	10° 27'	76° 52'	77° 00'
4	Raura	10° 21'	10° 53'	76° 42'	76° 51'
5	Huagoruncho	10° 25'	10° 34'	75° 52'	76° 01'
6	La Viuda	10° 35'	11° 38'	76° 14'	76° 42'
7	Central	11° 41'	12° 35'	75° 38'	76° 11'
8	Huaytapallana	11° 26'	11° 57'	74° 48'	75° 12'
9	Chonta	12° 37'	12° 38'	75° 25'	75° 28'
10	Ampato	15° 19'	15° 50'	71° 51'	73° 26'
11	Huanzo	14° 12'	14° 59'	72° 12'	72° 30'
12	Chila	15° 24'	15° 31'	71° 41'	72° 10'
13	Vilcabamba	13° 09'	13° 34'	72° 42'	73° 16'
14	Urubamba	12° 57'	13° 15'	71° 58'	72° 26'
15	Vilcanota	13° 27'	14° 05'	70° 44'	71° 19'
16	La Raya	14° 20'	14° 33'	70° 49'	71° 02'
17	Carabaya	13° 34'	14° 20'	69° 43'	70° 47'
18	Apolobamba	14° 34'	14° 44'	69° 13'	69° 32'

AL 2019, EL PERÚ REGISTRA  
**2 025 GLACIARES**  
DISTRIBUIDOS EN  
**11 REGIONES**



Glaciar Shicra - cordillera Huallanca

# CANTIDAD Y SUPERFICIE DE GLACIARES EN EL PERÚ

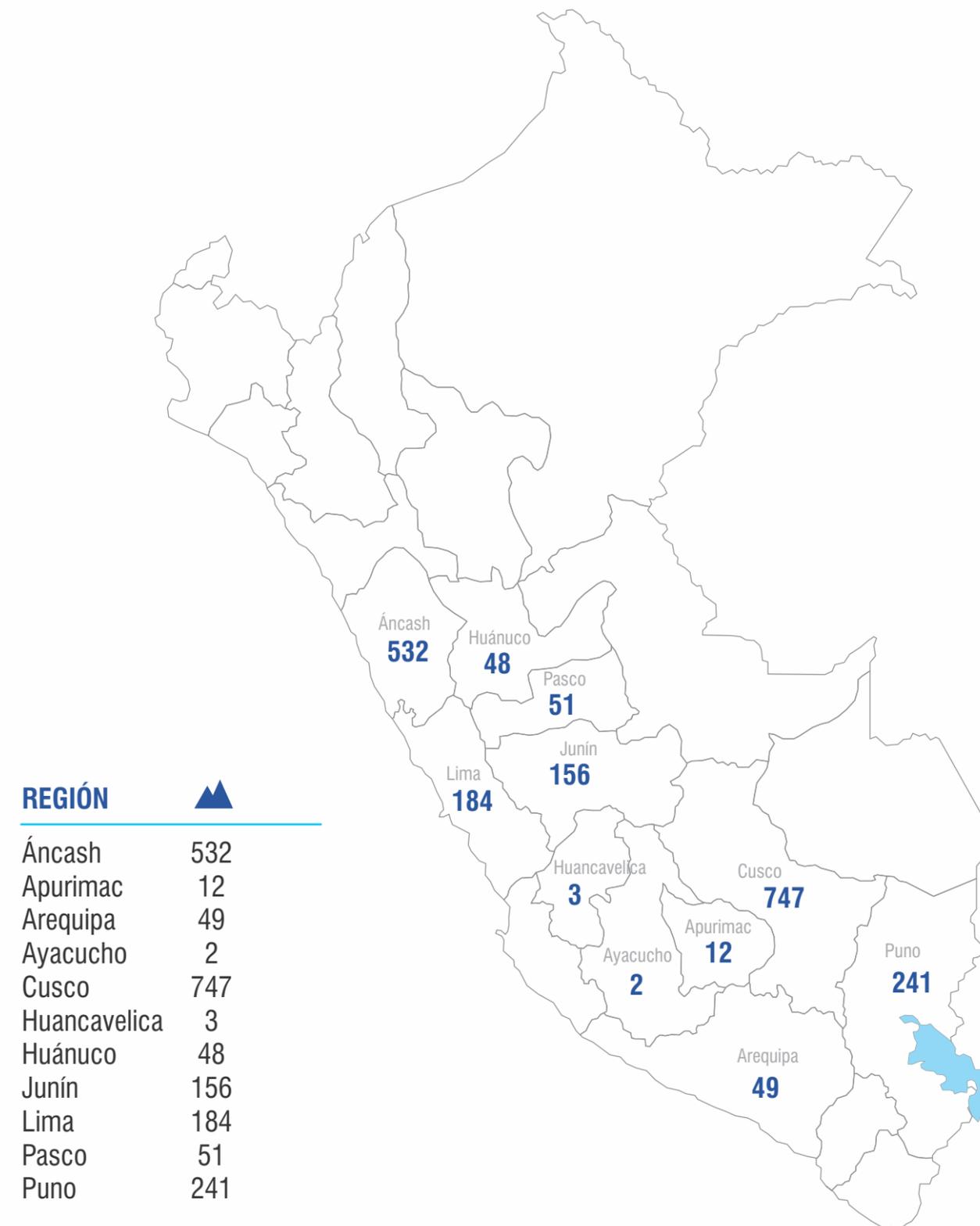


- Cordilleras nevadas
1. Blanca
  2. Huallanca
  3. Huayhuash
  4. Raura
  5. Huagoruncho
  6. La Viuda
  7. Central
  8. Huaytapallana
  9. Chonta
  10. Ampato
  11. Urubamba
  12. Vilcabamba
  13. Huanzo
  14. Chila
  15. La Raya
  16. Vilcanota
  17. Carabaya
  18. Apolobamba

## GLACIARES POR CUENCAS Y VERTIENTES

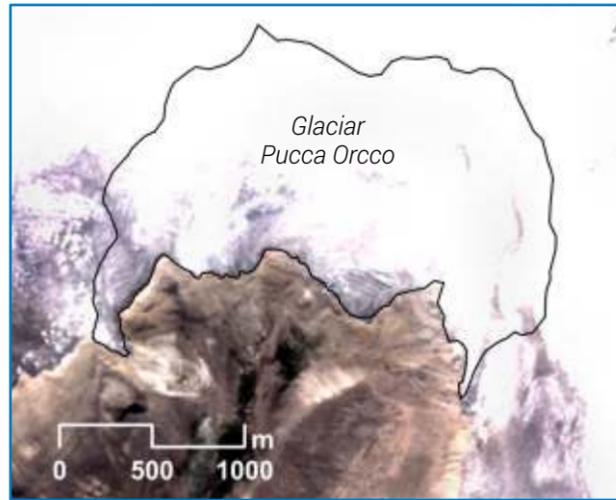
Cordillera	Vertiente	Cuenca	Cantidad	Superficie km <sup>2</sup>
Blanca	Pacífico	Santa	348	297,31
		Pativilca	6	1,43
Huallanca	Atlántico	Marañón	139	132,69
	Pacífico	Pativilca	16	2,96
Huayhuash	Atlántico	Marañón	13	2,66
	Pacífico	Pativilca	60	32,86
Raura	Pacífico	Huaura	22	7,84
		Pativilca	9	3,24
	Atlántico	Huallaga	9	5,71
		Marañón	28	8,62
Huagoruncho	Atlántico	Huallaga	1	0,01
		Pachitea	7	0,7
		Perené	27	6,34
La Viuda	Pacífico	Rímac	8	0,16
		Chillón	4	0,29
		Chancay-Huaral	5	0,51
		Huaura	6	0,24
	Atlántico	Huallaga	5	0,28
		Mantaro	17	1,85
Central	Pacífico	Cañete	54	11,77
		Mala	18	8,34
		Rímac	6	2,22
Huaytapallana	Atlántico	Mantaro	51	14,97
		Perené	33	3,53
Chonta	Atlántico	Mantaro	60	16,6
Ampato	Atlántico	Mantaro	4	0,38
		Camaná	12	19,36
		Ocoña	19	25,34
Urubamba	Pacífico	Quilca-Vitor-Chili	6	1,5
		Urubamba	87	17,89
		Alto Apurímac	138	42,44
Vilcabamba	Atlántico	Bajo Apurímac	31	5,28
		Urubamba	154	47,82
		Alto Apurímac	16	2,04
Huanzo	Atlántico	Alto Apurímac	16	2,04
	Pacífico	Camaná	1	0,37
Chila	Pacífico	Ocoña	5	0,76
La Raya	Pacífico	Camaná	7	0,16
	Atlántico	Urubamba	18	1,5
Vilcanota	Titicaca	Pucará	5	0,41
		Alto Madre de Dios	10	5,27
		Inambari	152	81,15
Carabaya	Atlántico	Urubamba	185	158,33
		Azángaro	5	1,59
		Inambari	119	27,54
Apolobamba	Titicaca	Azángaro	13	1,7
		Inambari	38	18,32
Apolobamba	Titicaca	Azángaro	12	2,56
		Suches	18	16,63
<b>TOTAL</b>			<b>2025</b>	<b>1058,37</b>

## GLACIARES POR REGIÓN



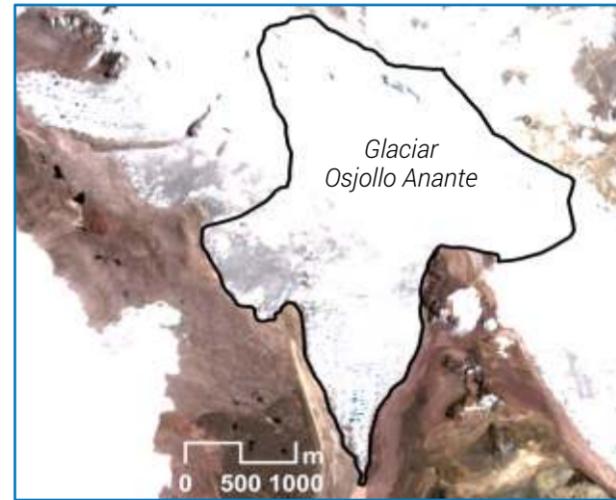
## GLACIARES SEGÚN CLASIFICACIÓN GLIMS

Glaciar de Montaña



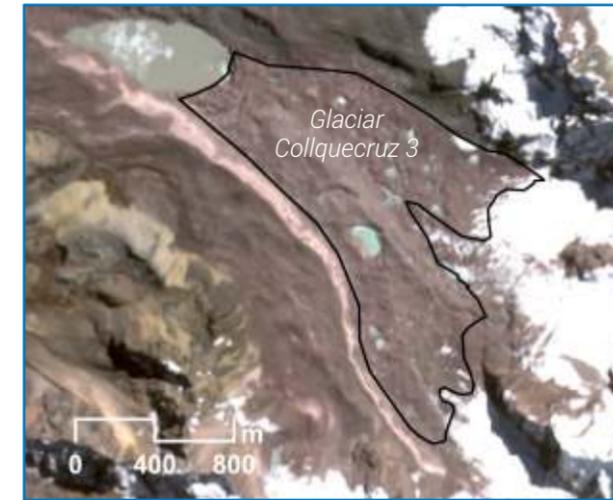
Cordillera	Nº	km <sup>2</sup>
Blanca	462	329,96
Huallanca	28	5,27
Huayhuash	73	31,56
Raura	65	20,08
Huagoruncho	31	6,89
La Viuda	45	3,33
Central	127	32,74
Huaytapallana	88	17,5
Chonta	2	0,34
Ampato	28	45,92
Urubamba	86	17,68
Vilcabamba	311	86,56
Huanzo	21	3,16
Chila	5	0,13
La Raya	21	1,88
Vilcanota	290	201,48
Carabaya	132	29,24
Apolobamba	68	37,51
<b>TOTAL</b>	<b>1,883</b>	<b>871,23</b>
<b>%</b>	<b>93,00</b>	<b>82,32</b>

Glaciar de Valle



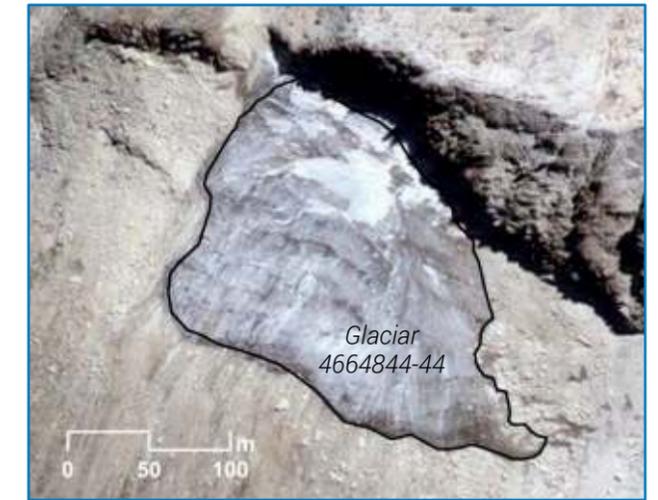
Cordillera	Nº	km <sup>2</sup>
Blanca	31	101,47
Huallanca	1	0,35
Huayhuash	4	18,18
Raura	3	5,33
Central	2	4,56
Huaytapallana	4	2,61
Vilcabamba	4	4,41
Vilcanota	9	39,86
<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>176,77</b>
<b>%</b>	<b>2,86</b>	<b>16,70</b>

Glaciar tipo Hielo Cubierto



Cordillera	Nº	km <sup>2</sup>
Urubamba	1	0,21
Vilcabamba	8	4,57
Vilcanota	7	3,44
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>8,22</b>
<b>%</b>	<b>0,79</b>	<b>0,78</b>

Glaciar tipo Glaciarete y campos de nieve

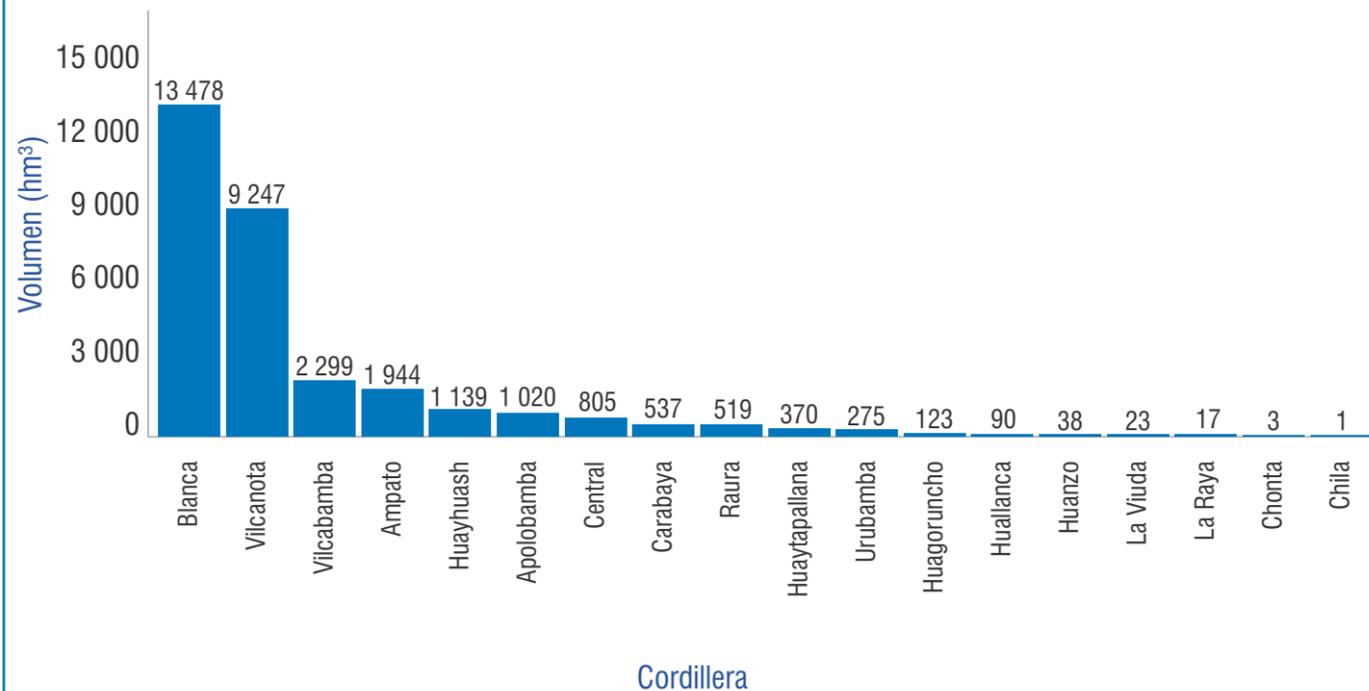


Cordillera	Nº	km <sup>2</sup>
Huayhuash	1	0,02
Huagoruncho	4	0,16
Huaytapallana	1	0,02
Chonta	2	0,04
Huanzo	1	0,01
Chila	2	0,03
La Raya	1	0,01
Vilcanota	46	1,56
<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>1,85</b>
<b>%</b>	<b>2,86</b>	<b>0,17</b>

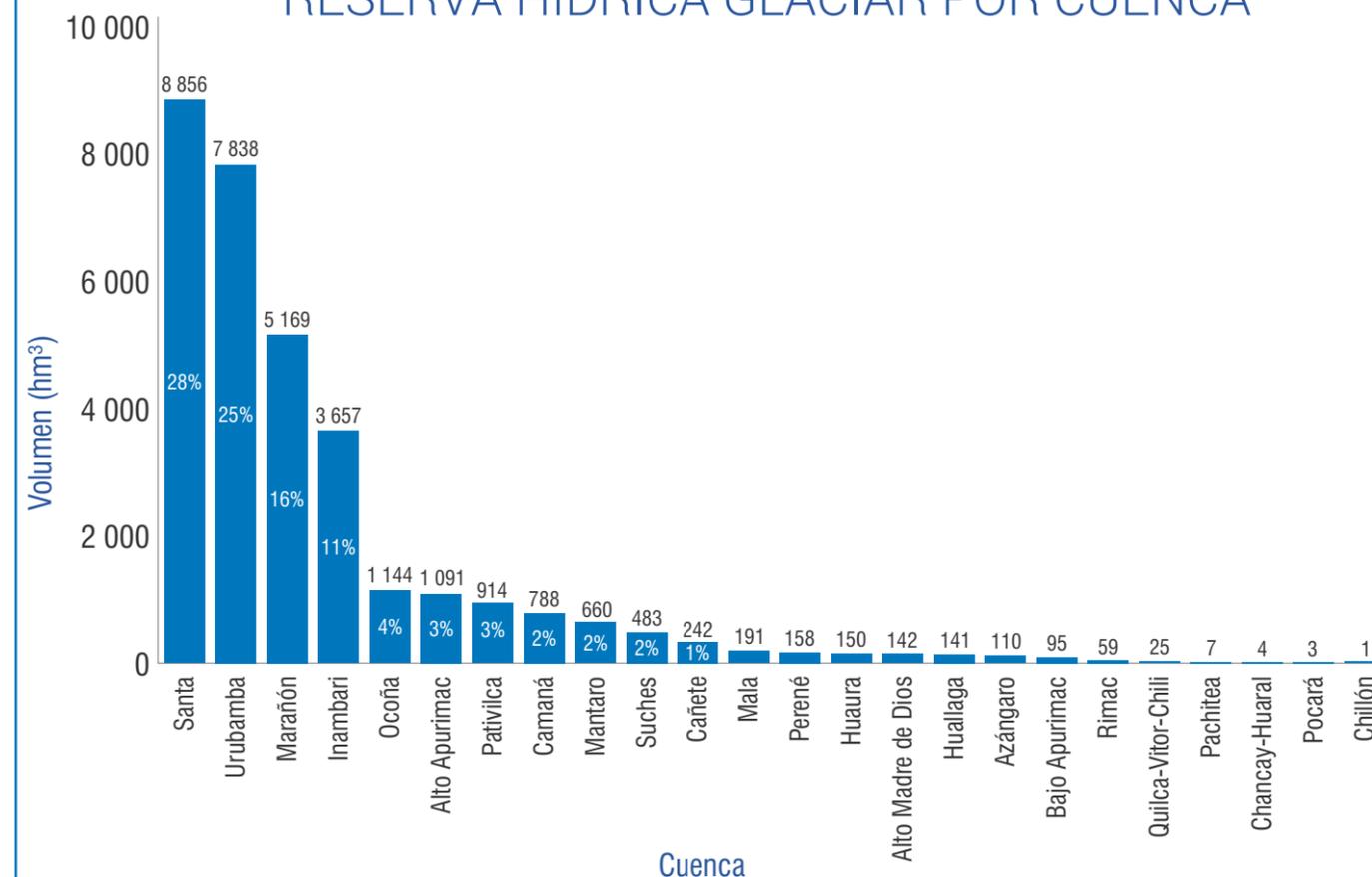
Glaciar Incierto o Diverso

Cordillera	Incierto o diverso	
	Nº	km <sup>2</sup>
Ampato	9	0,28
La Raya	1	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>0,3</b>
<b>%</b>	<b>0,49</b>	<b>0,03</b>

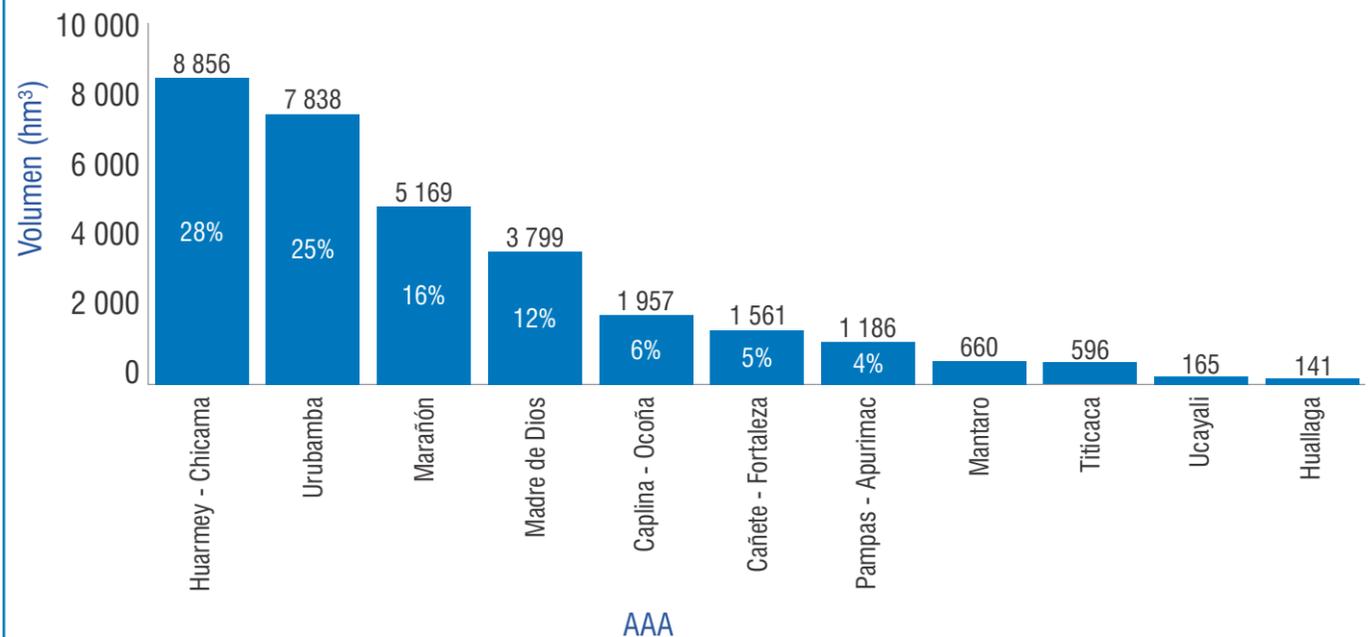
### RESERVA HÍDRICA GLACIAR POR CORDILLERA



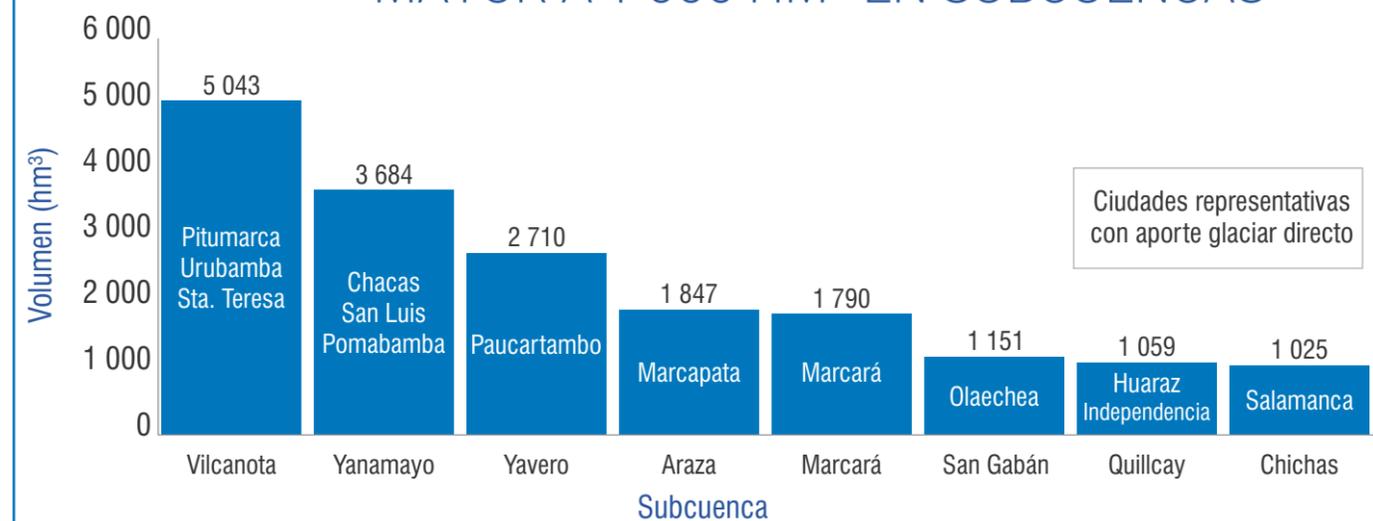
### RESERVA HÍDRICA GLACIAR POR CUENCA



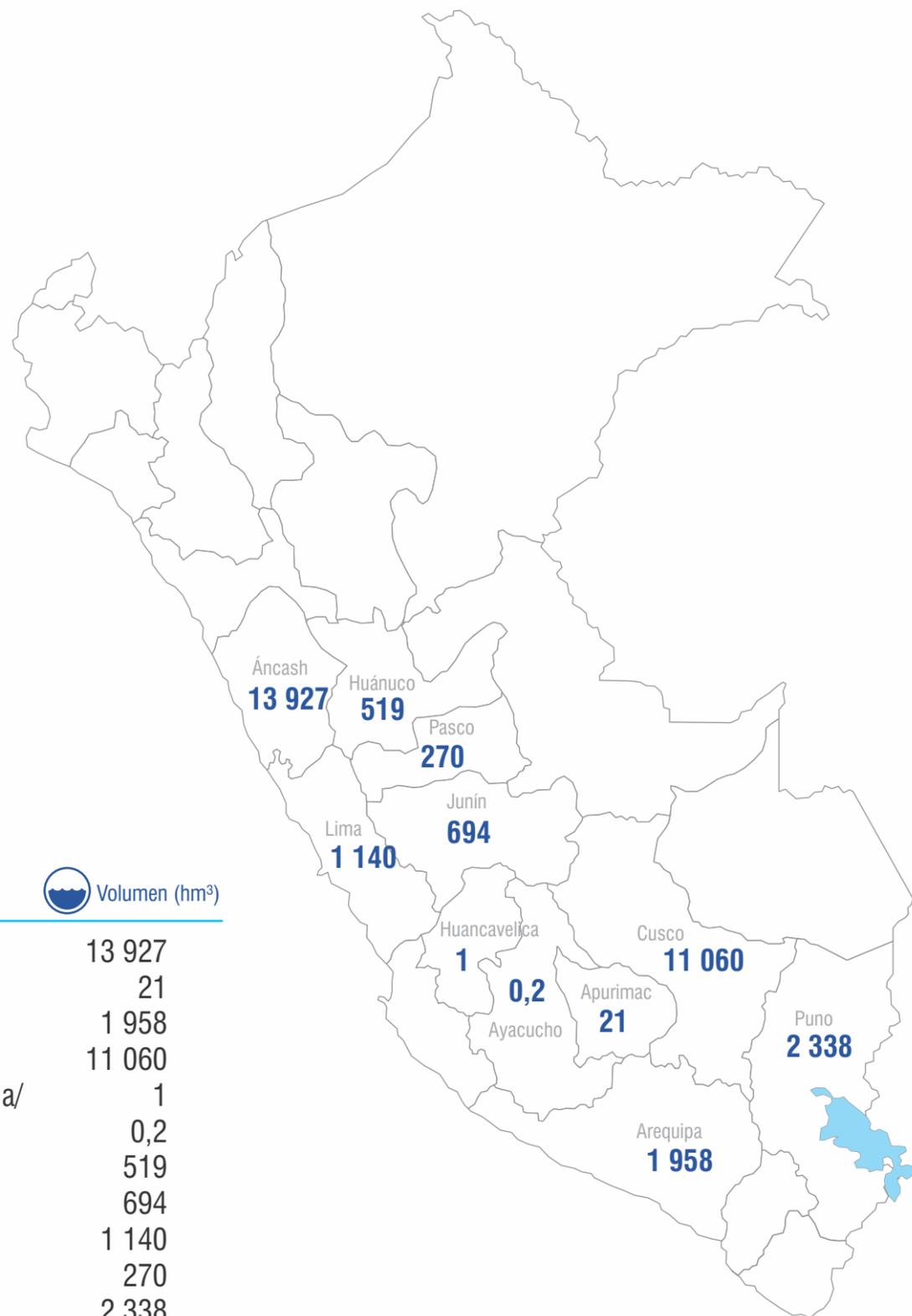
### RESERVA HÍDRICA GLACIAR POR AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA



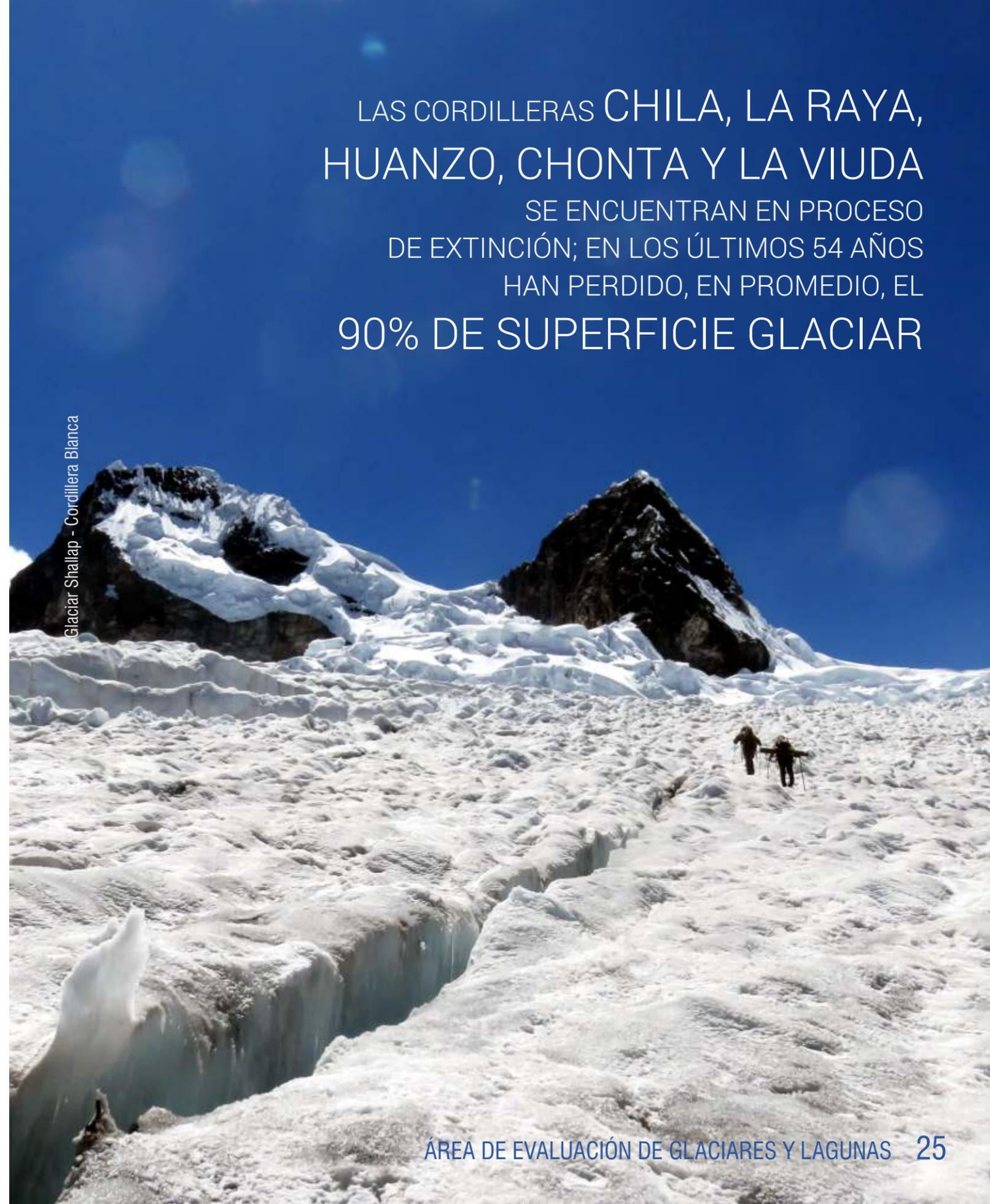
### RESERVA HÍDRICA GLACIAR MAYOR A 1 000 HM³ EN SUBCUENCAS



## RESERVA HÍDRICA GLACIAR POR REGIÓN



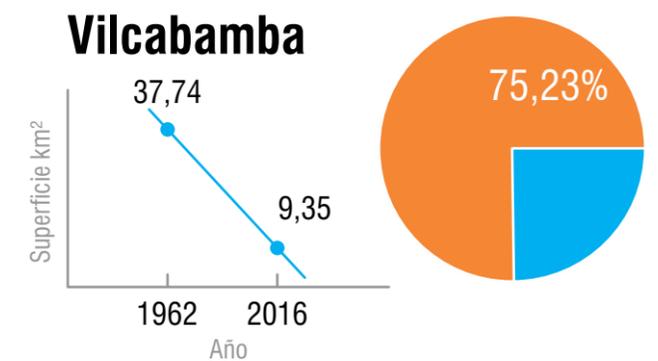
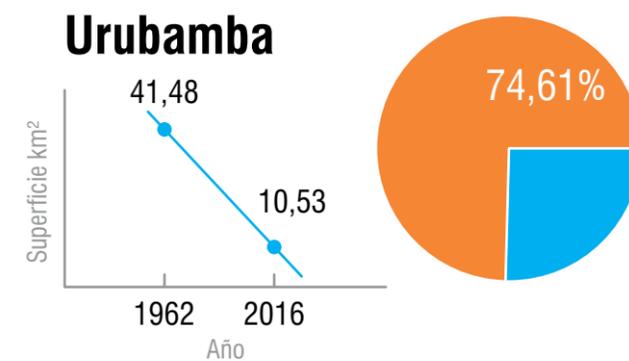
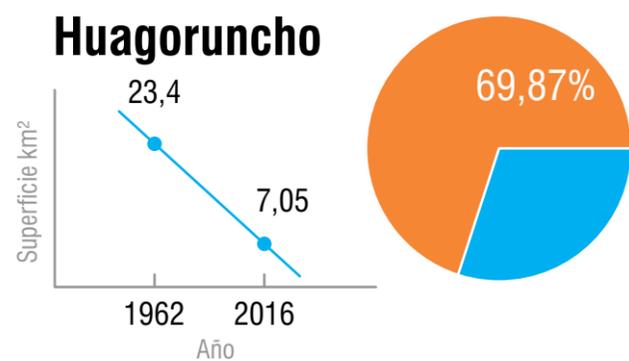
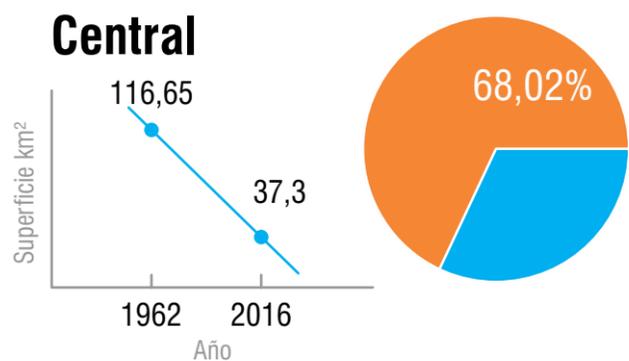
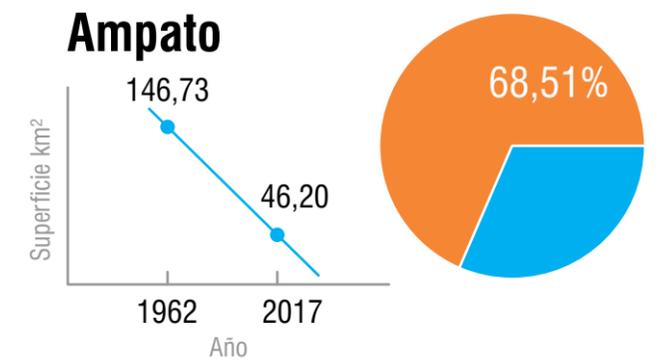
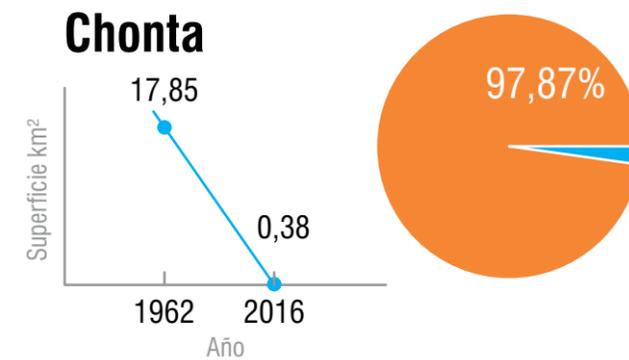
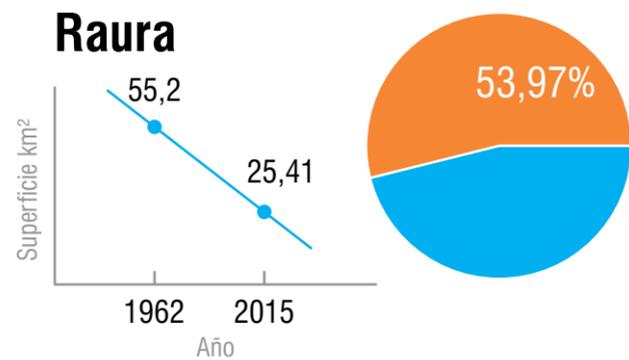
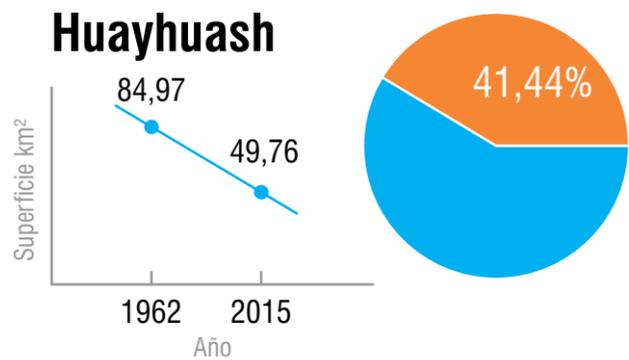
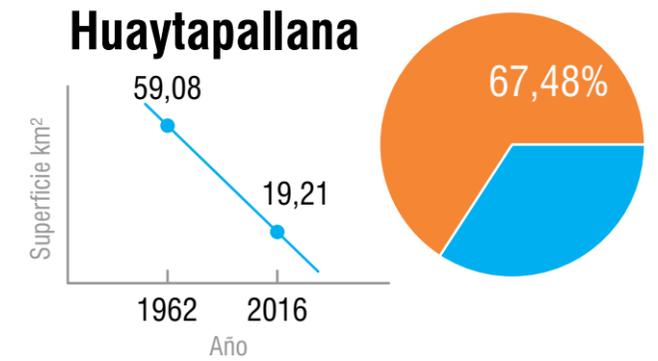
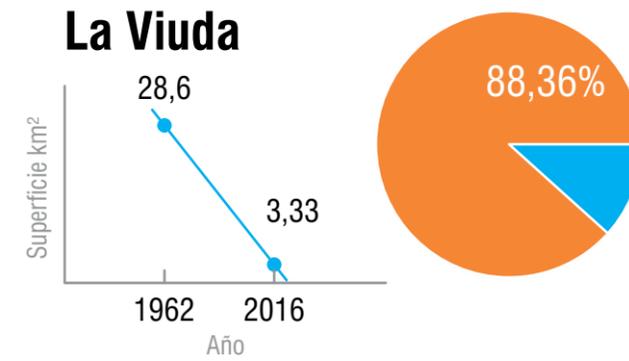
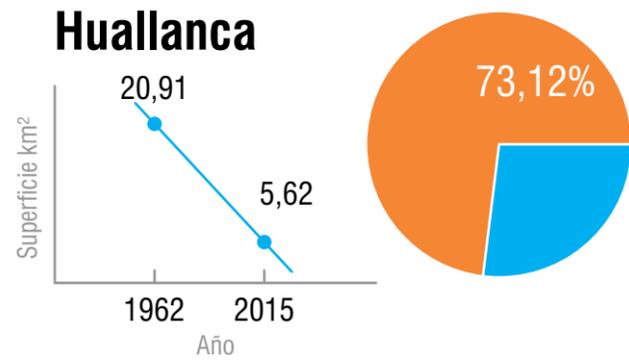
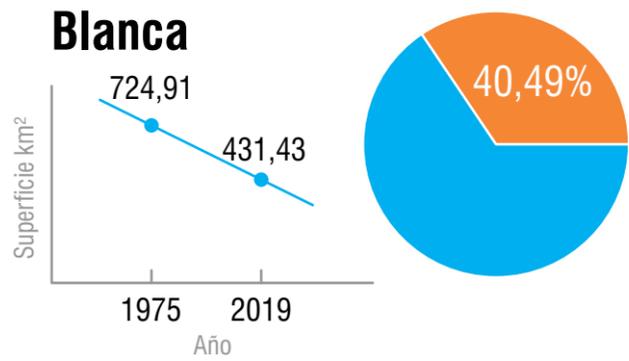
LAS CORDILLERAS CHILA, LA RAYA, HUANZO, CHONTA Y LA VIUDA SE ENCUENTRAN EN PROCESO DE EXTINCIÓN; EN LOS ÚLTIMOS 54 AÑOS HAN PERDIDO, EN PROMEDIO, EL 90% DE SUPERFICIE GLACIAR

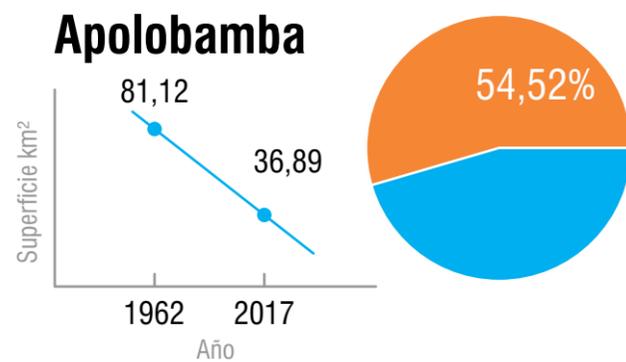
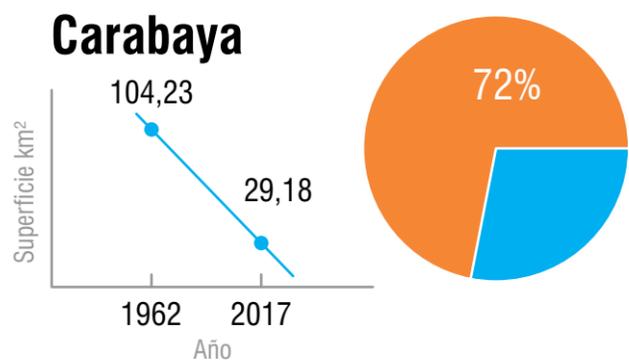
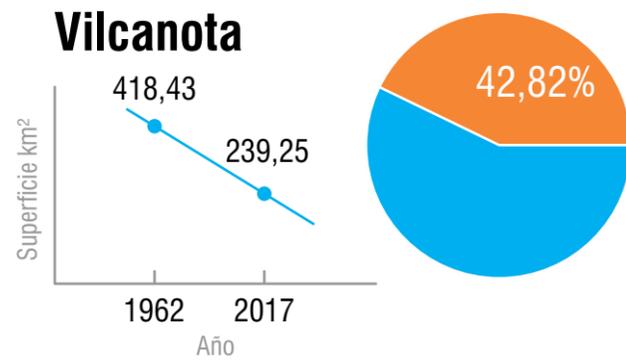
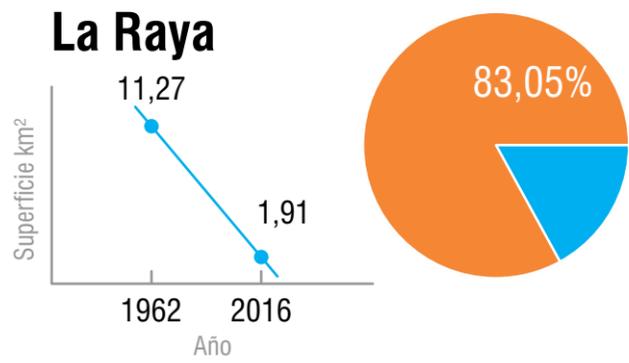
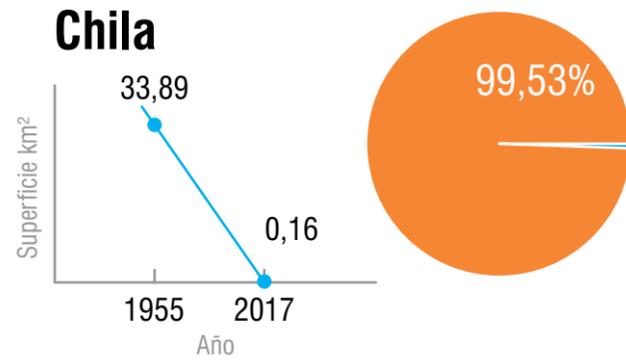
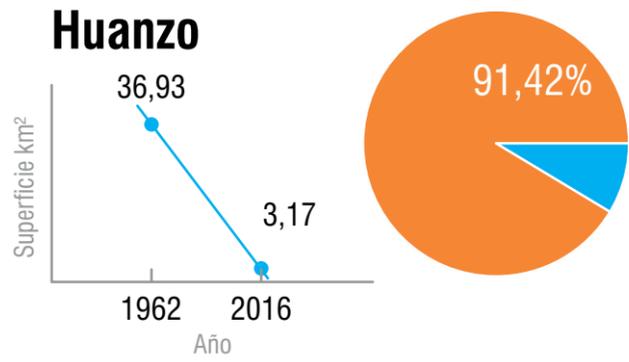


Glaciar Shallap - Cordillera Blanca

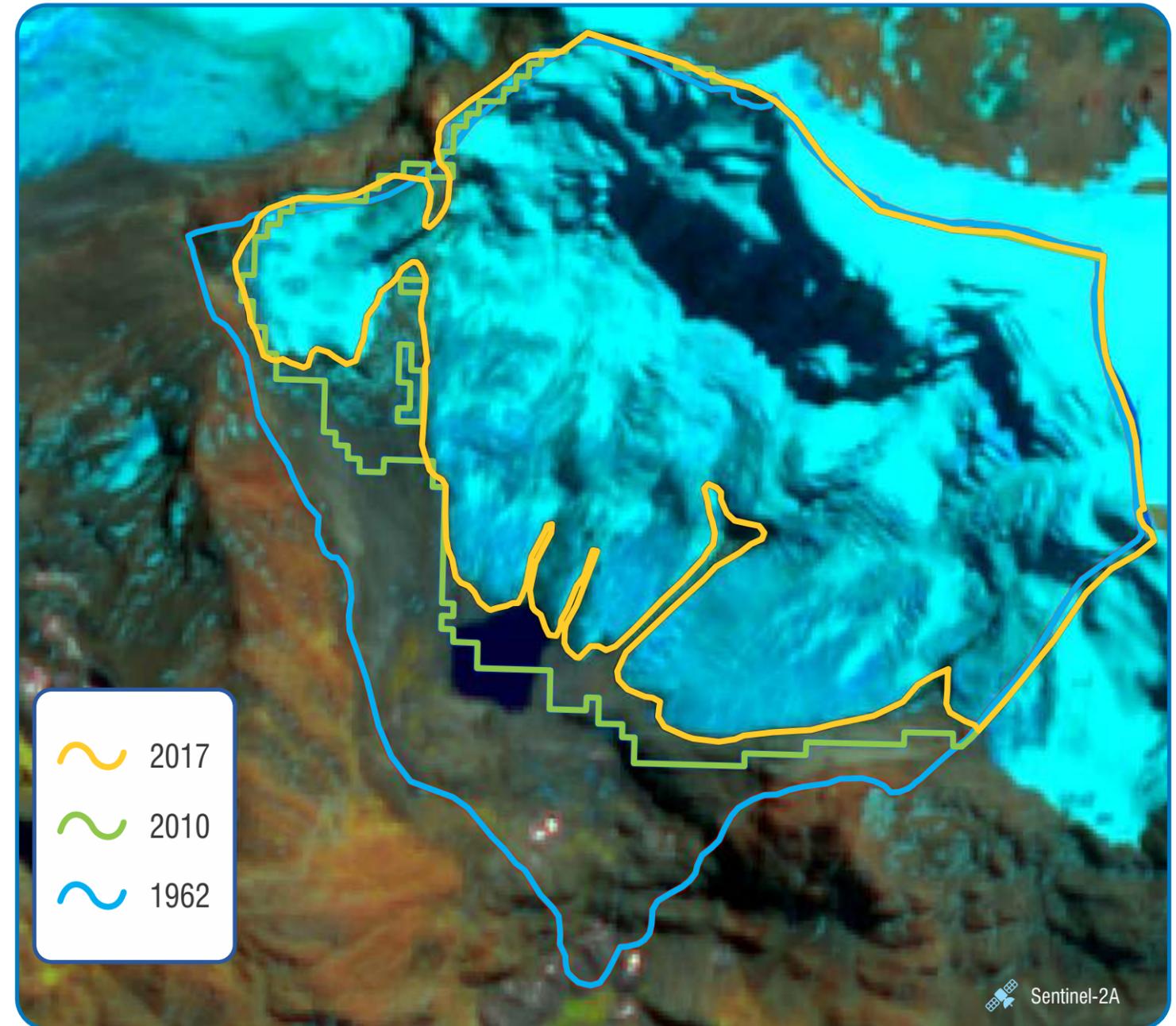
# PÉRDIDA DE SUPERFICIE GLACIAR

\*En 1962, la superficie glaciar en el Perú era de 2 043 km<sup>2</sup>; al 2019, registra 1 058 km<sup>2</sup>, representando una pérdida del 53%





Caso: Reducción del glaciar Ananea, cordillera Apolobamba 1962 - 2017



\* Para determinar la pérdida de superficie glaciar en el Perú, se tiene como base los glaciares inventariados en 1962; la diferencia de valores con la superficie actual, es debido a que, con imágenes de satélite, se han identificado unidades glaciares no inventariadas en el año base.

# METODOLOGÍA

**Basada en la instrucción del manual de WGI (World Glacier Inventory) y GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space) adoptado por Rau et al. (2005).**

Con la finalidad de determinar el estado actual de los glaciares en el Perú y evaluar la tendencia de los cambios físicos, teniendo como base la información obtenida en el año 1962, se aplica la metodología en las 18 cordilleras por cuencas hidrográficas, utilizando el sistema de codificación Pfafstetter y cuerpos glaciares de superficies mayores o igual a 5 000 m<sup>2</sup>.

## A) Información base

Se acopia la información existente sobre cuantificación de glaciares en formato raster, vector y manuscrito de fuentes nacionales e internacionales; luego, son procesadas en el sistema de información geográfica y teledetección.

Información	Disponible	Características
Landsat 5, 7, 8 Sentinel-2A,2B Spot 5,6,7 Aster LISIII	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> <a href="https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2">https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2</a> . Donación IRD – Francia y CONIDA <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> <a href="http://www.dgi.inpe.br/CDSR/">http://www.dgi.inpe.br/CDSR/</a>	Imagen satelital óptica multiespectral tomadas en estación seca (mayo a octubre), libre de nubosidad. La resolución espacial es de mediana a alta de varias bandas.
DEM ALOS Río, curva, poblado Vial Limite político Cuenca Pfafstetter Cuenca Strahler Lagunas	<a href="https://www.asf.alaska.edu/">https://www.asf.alaska.edu/</a> <a href="http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/">http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/</a> . <a href="https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html">https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html</a> <a href="http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/">http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/</a> . <a href="https://www.ana.gob.pe/portal/snirh">https://www.ana.gob.pe/portal/snirh</a> <a href="https://www.ana.gob.pe/portal/snirh">https://www.ana.gob.pe/portal/snirh</a> <a href="https://www.ana.gob.pe/portal/snirh">https://www.ana.gob.pe/portal/snirh</a>	Disponible más actual al año de evaluación. Carta Nacional de IGN a escala 1:100000. Vial a nivel nacional, regional, vecinal. Límite de región, provincia, distrito. Límite de cuencas a nivel 7. Límite de cuenca, subcuenca, microcuenca. Lagunas de origen glaciar del Minagri-ANA.
Glaciar de 1962/1955/ 1970 (referencia)	Oficina AEGL-ANA, sede Huaraz-Ancash.	Documento Técnico - Hidrandina S.A de Minagri-ANA.
Imagen SAS Planet, Google Earth	<a href="http://www.sasgis.org/download/">http://www.sasgis.org/download/</a> <a href="http://www.googleearth.com">www.googleearth.com</a>	Imagen satelital de alta resolución -casi reciente- para evaluar cambios temporales.

## B) Identificación de glaciares en imagen satelital

Las imágenes de satélite han sido posicionadas y georreferenciadas en base a la cartografía nacional del IGN, utilizando puntos fijos comunes identificables, sin considerar cuerpos glaciares que presentan cambios continuos en el tiempo (McFadden et al., 2011).

Las imágenes Sentinel-2A de nivel 1C (L1C), Landsat 8 OLI de nivel L1T son corregidas en su geometría a la posición cartográfica y georreferenciadas; mientras, las imágenes Spot 5, Landsat 5, Aster y LISSIII son sometidas a corrección geométrica identificando puntos de control en común, el error máximo a obtener en la media cuadrática debe ser menor a 2 píxeles.

Finalmente, las imágenes de satélite han sido estandarizadas al Sistema Geodésico Mundial (WGS84), zona 18 Sur en una proyección cartográfica de Universal Transverse Mercator (UTM).

En la identificación de glaciares se aplicaron diferentes métodos según las imágenes de satélite. En las imágenes de Sentinel-2A, Landsat 8 y Spot 5, se aplicó el método de “Ratio” y “NDSI”, con un umbral mayor a 2.5 y 0.4 – 0.6, respectivamente.

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Banda NIR}}{\text{Bandas SWIR}}$$

$$\text{NDSI} = \frac{\text{Banda Verde} - \text{Banda SWIR}}{\text{Banda Verde} + \text{Banda SWIR}}$$

Mientras, en las imágenes de satélite Spot 6 sin banda SWIR se aplica la clasificación supervisada que permite obtener el perímetro de los glaciares de manera semiautomática. Los glaciares cubiertos con escombros se delimitaron de forma manual utilizando imágenes de alta resolución SAS Planet y Google Earth 3D, lo cual facilita la discriminación de la nieve estacional (Guo et al., 2015). Para evitar la sobreestimación de la cobertura glaciar a consecuencia de nevizas, se realiza el análisis multitemporal con distintas imágenes de satélite tomadas en diferentes fechas, también se apoya con datos de campo determinados con GPS, el límite glaciar y glaciares cubiertos (detritos).

## C) Caracterización de glaciares

Actualización de los límites de la cuenca en la zona glaciar utilizando el Modelo Digital de Elevación (DEM), luego se procede a la determinación de cuerpos glaciares que son individualizados en una unidad en base a lo identificado en los años 1962/1955/1970 (Hidrandina, 1989). Cada unidad glaciar es codificada, ubicada y caracterizada con las variables que se muestran en los cuadros.

### Características físicas del glaciar

Tipo	Variables	Descripción
Estática	Nombre	Obtenido de documento de Hidrandina, 1989.
	Ubicación política	Región, provincia, distrito.
	Ubicación hidrográfica	Cuenca, subcuenca, microcuenca.
	Código Nacional	Identificado del código de cuenca de nivel 7 y número glaciar.
	Código Internacional	ID_GLIMS de coordenadas geográficas del centroide del glaciar.
Dinámica	Superficie	Calculado con ArcGIS.
	Largo máximo	La mayor longitud en el eje de línea del flujo de deshielo.
	Ancho máximo	La mayor longitud paralela a las curvas de nivel.
	Altitud mínima, media y máxima	Altitudes de glaciar según DEM ALOS.
	Pendiente promedio	Pendiente según DEM ALOS y clasificado en: casi nivel, ligeramente inclinada, moderada, moderada empinada, empinada, muy empinada y extremadamente empinada.
Orientación predominante	Obtenido de DEM ALOS que representan en ocho direcciones cardinales: N, NE, E, SE, S, SO, O, NO.	
Volumen y espesor de hielo	Calculado con el modelo GlabTop utilizando el DEM, red de deshielo y contorno glaciar (Linsbauer et al., 2012).	

### Evolución del glaciar

Tipo	Variables	Descripción
Dinámica	Pérdida de superficie glaciar	Comparación de superficie del glaciar referencia y actual.
	Desaparición de glaciar	Comparación de cantidad del glaciar referencia y actual.
	Variación de altitud mínima	Comparación de altitud mínima del glaciar referencia y actual.
	Índice de recesión	Grado de reducción de la superficie glaciar en el tiempo.
		$IR = 1 - \left[ \frac{\text{Superficie actual}}{\text{Superficie base}} \right]$
		Definido en: crítico, elevado, moderado, inapreciable.
	Fragmentación	División de unidad glaciar de referencia en dos o más pequeñas masas con áreas reducidas.
	Retroceso de frente glaciar	La longitud en el eje de drenaje de agua entre la altitud mínima del glaciar referencia y actual.

### Clasificación glaciar según GLIMS

Dígito	Clasificación	Parámetros*
1	Clasificación primaria	Incierto (0), valle (5), montaña (6), glaciarete (7), cubierta (11).
2	Forma	Incierto (0), cuenca compuesta (2), cuenca simple (3), circo (4), nicho (5), guardahielos (7), grupos (8), resto (9).
3	Características frontales	Normal (0), pie monte (1), expandido (2), lobulado (3), desprendido a laguna (4), unión (5), desprendido y pie monte (10), desprendido a tierra (15).
4	Características longitudinales	Incierto (0), uniforme (1), colgante (2), cascada (3), caída de hielo (4), interrumpido (5).
5	Fuente principal de alimentación	Nieve (1), avalancha (2),
6	Actividad de la lengua	Incierto (0), retroceso marcado (1), ligero retroceso (2), estacionario (3).
7	Morrenas cercanas a glaciar	No morrena (0), morrena terminal (1), morrena lateral (2), combinación 1 y 2 (4).
8	Morrenas alejadas a glaciar	No morrena (0), morrena terminal (1), morrena lateral (2), combinación 1 y 2 (4).
9	Lenguas cubiertas de desechos	Libre de desechos (1), parcialmente con desechos (2).

\*Códigos de parámetros identificados en glaciares del país.

Todas las variables y parámetros de caracterización son almacenados en la tabla de atributos de la base de datos de la cobertura glaciar.

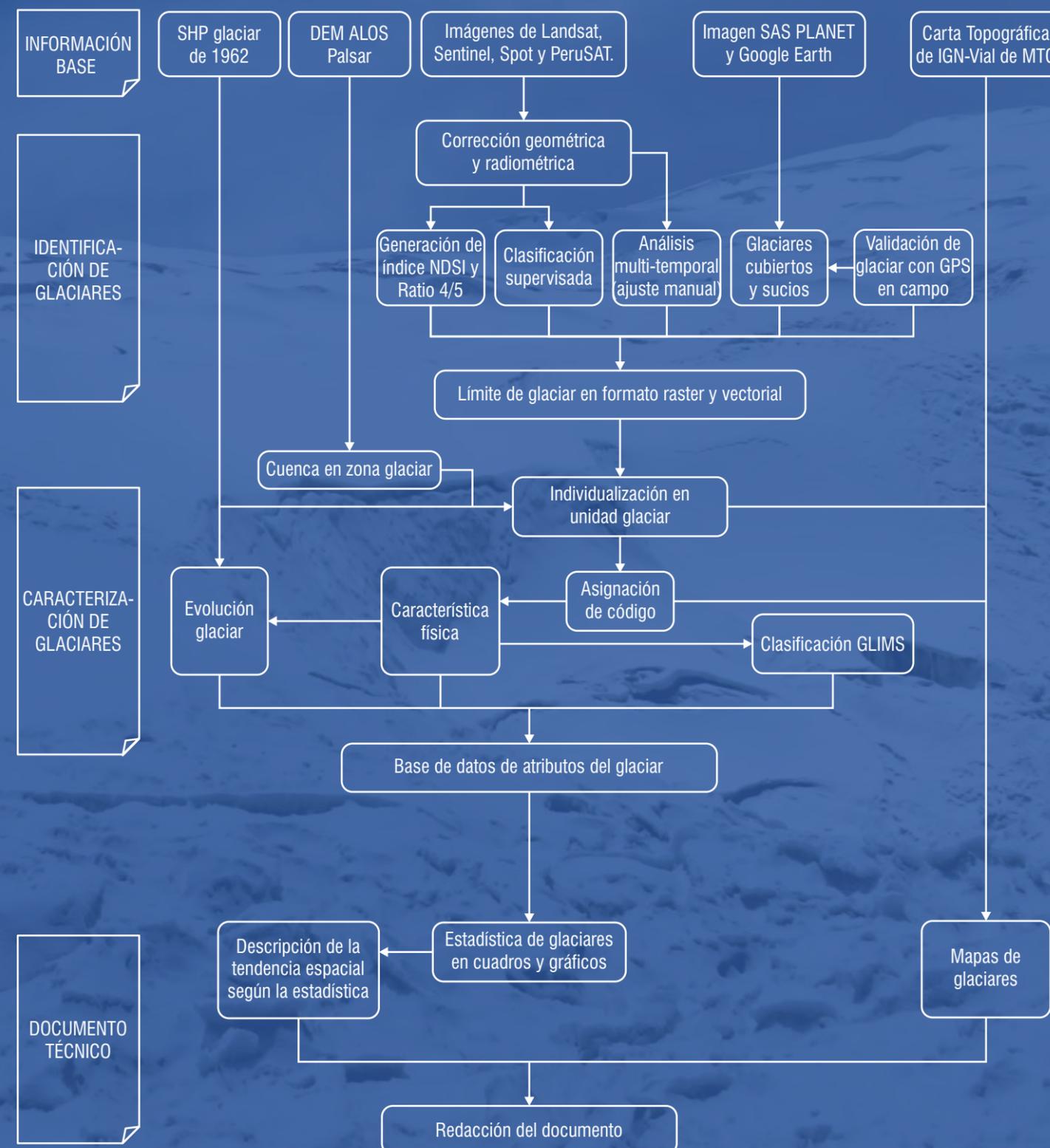
#### D) Documento técnico

Los resultados obtenidos de la caracterización de las unidades glaciares son analizados utilizando la estadística cualitativa y cuantitativa a nivel de cuencas hidrográficas. La presentación final se muestra en cuadros, gráficos y figuras; también se elaboran mapas glaciares georreferenciados, identificados con código, límite de cuenca Pfafstetter e insertados en la cartografía nacional.

La metodología se resume en el Flujograma de Procesos para la cuantificación de la disponibilidad del recurso hídrico en glaciares de las cordilleras nevadas del Perú.

### ACTIVIDAD

### FLUJO DE PROCESOS



## CUADRO RESUMEN: RESERVA HÍDRICA GLACIAR POR CORDILLERAS

N°	Cordillera	Cantidad N°	Superficie km <sup>2</sup>	Volumen hm <sup>3</sup>	Año de imagen
1	Blanca	493	431,43	13 478	2019
2	Huallanca	29	5,62	90	2015
3	Huayhuash	78	49,76	1 139	2015
4	Raura	68	25,41	519	2015
5	Huagoruncho	35	7,05	123	2016
6	La Viuda	45	3,33	23	2016
7	Central	129	37,3	805	2016
8	Huaytapallana	93	20,13	370	2016
9	Chonta	4	0,38	3	2016
10	Ampato	37	46,2	1 944	2017
11	Urubamba	87	17,89	275	2016
12	Vilcabamba	323	95,54	2 299	2016
13	Huanzo	22	3,17	38	2016
14	Chila	7	0,16	1	2017
15	La Raya	23	1,91	17	2016
16	Vilcanota	352	246,34	9 247	2017
17	Carabaya	132	29,24	537	2017
18	Apolobamba	68	37,51	1 020	2017
<b>TOTAL</b>		<b>2 025</b>	<b>1 058.37</b>	<b>31 928</b>	

## CONCLUSIONES

1. En las 18 cordilleras nevadas del Perú, se identificaron un total de 2 025 glaciares que cubren una superficie de 1 058 km<sup>2</sup> con un volumen de 31 928 hm<sup>3</sup>; siendo la Cordillera Blanca la que posee mayor cantidad y superficie, con 493 glaciares y 431 km<sup>2</sup>, respectivamente. Seguida por Vilcanota con 352 glaciares y Vilcabamba con 323.
2. Las cuencas con más cobertura glaciar son: Santa con 297 km<sup>2</sup>, Urubamba 226 km<sup>2</sup>, Marañón 161 km<sup>2</sup> e Inambari con 127 km<sup>2</sup>.
3. La mayor reserva hídrica glaciar se encuentra en la Cordillera Blanca con 13 478 hm<sup>3</sup> de agua en estado sólido, seguida de la cordillera Vilcanota con 9 247 hm<sup>3</sup>; Vilcabamba con 2 299 hm<sup>3</sup>; y, Ampato con 1 944 hm<sup>3</sup>. Mientras que, las cuencas con más reserva hídrica son: Santa y Urubamba, con 8 856 hm<sup>3</sup> y 7 838 hm<sup>3</sup>, respectivamente.
4. El 67,2% de las unidades glaciares se concentran en la vertiente del Atlántico, 30,2% en la vertiente del Pacífico y 2,6% en la cuenca endorréica del lago Titicaca. En consecuencia, la mayor reserva de agua glaciar se encuentra distribuida hacia el lado Atlántico con 18 958 hm<sup>3</sup>, seguido del Pacífico con 12 374 hm<sup>3</sup> y hacia el Titicaca con 596 hm<sup>3</sup>.
5. Según la clasificación GLIMS, el 93% de las unidades glaciares identificadas en las 18 cordilleras del Perú son de tipo Montaña, 2,86% de Valle, 2,86% Glaciarete, 0,79% Hielo Cubierto y 0,49% Incierto. La mayoría de los glaciares de Valle se encuentran en la Cordillera Blanca.
6. En los últimos 50 años, la superficie glaciar en el territorio peruano se ha reducido en 53%, evidenciando que los glaciares son ecosistemas muy sensibles a los cambios de clima que se vienen registrando en el planeta; es decir, un incremento de la temperatura de 1 o 2 °C podría acelerar, aún más, su proceso de deglaciación, reduciendo la vida de los glaciares.
7. Las cordilleras que poseen glaciares pequeños son los más afectados por el cambio climático, siendo el caso de: Chila que ha perdido el 99,5% de su superficie glaciar; Chonta 97,9 %; Huanzo 91,4%; La Viuda 88,4%; y, La Raya 83 %.
8. El 86% de los glaciares del Perú posee una superficie menor a 1 km<sup>2</sup>, siendo los más susceptibles a los efectos del cambio climático.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANA. (2014). Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/199/ANA0000015.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Hidrandina, S. A. (1989). Inventario de Glaciares del Perú. Lima-Perú. Concytec, 173p.
- Guo, W., Liu, S., Xu, J., Wu, L., Shangguan, D., Yao, X., ... Jiang, Z. (2015). The second Chinese glacier inventory : data , methods and results. *Journal of Glaciology*, 61(226), 357–372. <https://doi.org/10.3189/2015JoG14J209>
- Linsbauer, A., Paul, F., & Haeberli, W. (2012). Modeling glacier thickness distribution and bed topography over entire mountain ranges with GlabTop: Application of a fast and robust approach. *Journal of Geophysical Research*. <https://doi.org/10.1029/2011JF002313>
- McFadden, E. M., Ramage, J., & Rodbell, D. T. (2011). Landsat TM and ETM+ derived snowline altitudes in the Cordillera Huayhuash and Cordillera Raura, Peru, 1986–2005. *The Cryosphere*, 5(2), 419–430. <https://doi.org/10.5194/tc-5-419-2011>
- Rau, F., Mauz, F., Vogt, S., Khalsa, S., & Raup, B. (2005). Illustrated GLIMS glacier classification manual. Institut Fr Physische ..., 1–36. Retrieved from [http://www.glims.org/MapsAndDocs/assets/GLIMS\\_Glacier-Classification-Manual\\_V1\\_2005-02-10.pdf](http://www.glims.org/MapsAndDocs/assets/GLIMS_Glacier-Classification-Manual_V1_2005-02-10.pdf)





Nevado Coropuna - cordillera Ampato



[www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana)

 Autoridad Nacional del Agua del Perú

 ANA Perú

 @ANAPeru

 Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas - ANA

 Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas - ANA