



Informe de la Situación de los Glaciares  
y Ecosistemas de Montaña

2018



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



**INAIGEM**

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y  
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Informe de la Situación de los Glaciares y Ecosistemas de Montaña en el Perú  
2018

PhD. Gisella Orjeda Fernández  
Presidenta Ejecutiva

Abg. Marita Mercado Zavaleta  
Gerenta General

Directores

Ing. Jesús Gómez López

Director de Investigación en Glaciares (DIG)

PhD. Beatriz Fuentealba Durand

Directora de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM)

PhD. José Herrera Quispe

Director de Información y Gestión del Conocimiento (DIGC)

Ing. Víctor Bustinza Urviola

Oficina Desconcentrada Macro Región Sur

Editado por:

© Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña  
Dirección de Información y Gestión del Conocimiento

Direcciones

Sede Central:

Jr. Juan Bautista N° 887 Huaraz, Ancash, Perú

Teléfono: (043) 22-1766 / (043) 45-6234

Oficina de contacto en Lima:

Av. Del Pinar N° 134, Of. 804 Santiago de Surco, Lima, Perú

Teléfono: (511) 288-3477

Oficina Desconcentrada Macro Región Sur:

Granja Kayra - UNSAAC

Distrito de San Jerónimo, Cusco, Perú

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

Marzo 2019

Foto de portada (Nevado Chacraraju, lado oeste, Huaylas, Áncash. Foto A. Santiago)  
e interiores: INAIGEM

---

## Contenido

Presentación	i
1.Situación de los glaciares y ecosistemas de montaña del Perú	1
1.1. Glaciares	1
1.1.1.Inventario Nacional de Glaciares	1
1.1.2.Inventario Nacional de Lagunas	7
1.1.3.Monitorio anual de glaciares priorizados	12
1.1.4.Situación de los glaciares en el Perú	18
1.2. Ecosistemas de montaña	30
1.2.1.Ecosistema humedal	31
1.2.2.Ecosistema pastizal natural o pajonales	32
1.2.3.Ecosistema bosque andino	33
1.2.4.Plantaciones forestales	34
2. Acciones adoptadas	36
2.1. Glaciares	36
2.1.1.Investigaciones geológicas en subcuencas de origen glaciar	36
2.1.2.Investigaciones geomorfológicas en subcuencas de origen glaciar	38
2.1.3.Investigaciones geotécnicas en subcuencas de origen glaciar	41
2.1.4.Investigaciones sobre peligros asociados a glaciares	43
2.1.5. Evaluaciones sobre riesgos asociados a glaciares	45
2.1.6.Sistema de monitoreo de laguna Palcacocha	66
2.1.7.Estudio geomático	68
2.1.8.Estudios hidrometeorológicos	72
2.1.9.Desarrollo tecnológico en sensoramiento	75
2.1.10. Acciones de difusión	83
2.2. Ecosistemas de montaña	90
2.2.1.Ámbito	90
2.2.2.Instalación de parcelas de investigación	91
2.2.3.Centro de investigación en ecosistemas de montaña	95
2.2.4.Caracterización de ecosistemas por subcuenca	99
2.2.5.Investigaciones realizadas	101
2.2.6.Generación de Drenaje de Ácido de Roca (DAR)	102
2.2.7.Desarrollo de capacidades institucionales	104
2.2.8.Transferencia de resultados	106
2.2.9.Acciones de difusión	106
2.2.10.Experiencia en la recuperación de servicios ecosistémicos en microcuenca Piuray	107
2.3. Cooperación internacional	116

2.3.1. Convenios suscritos	116
2.3.2. Proyectos	116
2.3.3. Presencia internacional	117
2.4. Política institucional	120
2.4.1. Lineamientos para la formulación de la propuesta de Política Nacional.	120
2.4.2. Encuentro Regional “Experiencias y desafíos en la región andina para la formulación de políticas públicas en materia de glaciares y ecosistemas de montaña”	121
2.4.3. Sistematización de evidencias para el diagnóstico de la etapa de diseño de la política nacional de glaciares y ecosistemas de montaña	122
Conclusiones	123
Recomendaciones	126
Bibliografía	128
Anexo	129

Informe de la Situación de los Glaciares y Ecosistemas de Montaña en el Perú  
2018

# Presentación

---

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) es un organismo técnico especializado adscrito al Ministerio del Ambiente, regulado mediante Ley N° 30286 (Ley de Creación del INAIGEM), cuya finalidad es fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en el ámbito de los glaciares y los ecosistemas de montaña, promoviendo su gestión sostenible en beneficio de la población.

El objetivo del Informe 2018 es presentar, en concordancia con la Quinta Disposición Complementaria Final de la Ley N° 30286, la situación anual de los glaciares y ecosistemas de montaña en el país, como eje de los procesos de cambio climático, así como las acciones adoptadas por la entidad al respecto.

Se presentan dos secciones: la primera describe la situación de los glaciares, y la segunda presenta las acciones adoptadas por el Instituto.

INAIGEM

---

# 1. Situación de los glaciares y ecosistemas de montaña del Perú

## 1.1. Glaciares

---

### 1.1.1. Inventario Nacional de Glaciares

---

Para mejorar el estudio de los glaciares, se realizó el Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas por subcuencas del Perú. Se trabajó en 20 cordilleras: 18 con superficie glaciar y dos extintas que han perdido la totalidad de su superficie glaciar, pero albergan lagunas alimentadas por nieve de temporada en sus partes altas.

A diferencia de los inventarios anteriores, se trabajó a una escala 1:25,000 para lograr mayor detalle en la individualización de glaciares. Para ello, se hizo la adecuación y corrección de la información cartográfica oficial a escalas de 1:50,000 y 1:100,000. El trabajo se centró en zonas con glaciares y lagunas de origen glaciar. Para la definición de la delimitación de cuencas, se utilizó el método Pfafstetter (hasta el nivel 7 para glaciares y 5 para lagunas); para la individualización de glaciares, se utilizó el método Strahler para las 18 cordilleras glaciares. Para las extintas, se generó información base. Asimismo, se usaron imágenes Sentinel-2.

El inventario de glaciares y lagunas se hizo con técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica programadas en Python. Se trataron imágenes satelitales para la obtención de índices de agua. La caracterización de las lagunas y glaciares se complementó con algunas actividades de manera manual. Finalmente, se elaboraron mapas temáticos y documentos técnicos.

#### Resultados:

- Cartografía base adecuada y corregida de las zonas glaciares y lagunas de origen glaciar de 20 cordilleras de estudio a escala 1:25,000, con fines de visualización.
- Mapas en formato *shapefile* de las lagunas de origen glaciar de las 20 cordilleras del Perú (véase Tabla 1).
- Publicación del Inventario Nacional de Glaciares “Las Cordilleras Glaciares del Perú”, hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2018-07425.
- Se elaboró y publicó un *brochure* didáctico en idioma inglés y español denominado “National Inventory of Glaciers and Glacial Lakes in Peru”, donde se plasman, en forma resumida, la metodología y los resultados del inventario de glaciares y lagunas.
- Se elaboró y publicó un mapa a escala 1:300,000 denominado “Mapa de las Cordilleras Blanca, Huallanca, Huayhuash y Raura”, en colaboración con el SERNANP, la Dirección Desconcentrada de Cultura – Ancash y la Casa de Guías de Huaraz, donde se muestra información de glaciares, ecosistemas, cultura y turismo, rangos altitudinales, entre otros.
- Los glaciares y lagunas inventariados e individualizados fueron los con áreas mayores o iguales a 5000 m<sup>2</sup>. Los glaciares se clasifican en libres de detritos y escombros, cubiertos de detritos y escombros, y de roca (véase Figura 3).
- La caracterización individual de los glaciares en las 18 cordilleras generó una capa vectorial con 85 campos (pendiente, orientación, ubicación política, geográfica e hidrográfica, código, nombre, tipo, GLIMS, etc.). La caracterización de las lagunas en las 20 cordilleras generó una capa vectorial con 30 campos, entre los que destacan numeración, nombre, código, área, perímetro, ubicación política, geográfica e hidrográfica, volumen y altitud.
- Se elaboraron 20 hojas de cálculo donde se muestran los resultados de los glaciares individualizados en función a su tipo, rango altitudinal, superficie, pendiente, orientación, fragmentación y volumen estimado; y de las lagunas de origen glaciar en función a la cantidad, superficie y volumen estimado; y según límites políticos e hidrográficos. Además, se confeccionaron 14 mapas temáticos (formatos JPG y PDF) por departamentos (véase Figura 1, un ejemplo representativo de los mapas, y Tabla 2).
- Para la optimización de los procesos, se desarrollaron programas en Python y se generaron herramientas en ModelBuilder.
- Se elaboraron plantillas de las 20 cordilleras que incluyen la visualización de las lagunas (enumeradas y clasificadas por tipos), las morrenas, los glaciares (enumerados y clasificados por tipo), cumbres, cotas, límite de cordillera, límite de departamento, límite de las áreas naturales protegidas, ríos, curvas de nivel, vías y códigos (véase Figura 2).

Tabla 1. Número de glaciares inventariados.

Cordilleras	Departamentos	Glaciares
Blanca	Ancash	556
Huallanca	Ancash	27
Huayhuash	Ancash, Huánuco y Lima	96
Raura	Huánuco, Lima y Pasco	83
Huagoruncho	Huánuco y Pasco	40
La Viuda	Junín, Lima y Pasco	50
Central	Junín y Lima	137
Huaytapallana	Junín	94
Chonta	Huancavelica y Junín	6
Ampato	Arequipa	60
Vilcabamba	Cusco	340
Urubamba	Cusco y Apurímac	111
Huanzo	Arequipa, Apurímac y Cusco	20
Chila	Arequipa	6
La Raya	Cusco y Puno	24
Vilcanota	Cusco y Puno	394
Garabaya	Puno y Cusco	153
Apolobamba	Puno	77
Total de glaciares		2274

Tabla 2. Departamentos y sus cordilleras.

N°	Departamento	Cordilleras dentro de los límites políticos
1	Ancash	Blanca, Huallanca y Huayhuash
2	Lima	Huayhuash, Raura, La Viuda y Central
3	Pasco	Raura, Huagoruncho y La Viuda
4	Huánuco	Huayhuash, Raura y Huagoruncho
5	Junín	La Viuda, Central, Huaytapallana y Chonta
6	Huancavelica	Chonta
7	Ayacucho	Chonta, Ampato y Huanzo
8	Apurímac	Urubamba y Huanzo
9	Puno	La Raya, Vilcanota, Carabaya, Apolobamba y Barroso
10	Moquegua	Volcánica y Barroso
11	Tacna	Barroso
12	Cusco	Vilcabamba, Urubamba, Huanzo, La Raya, Vilcanota y Carabaya
13	Arequipa	Ampato, Huanzo, Chila y Volcánica

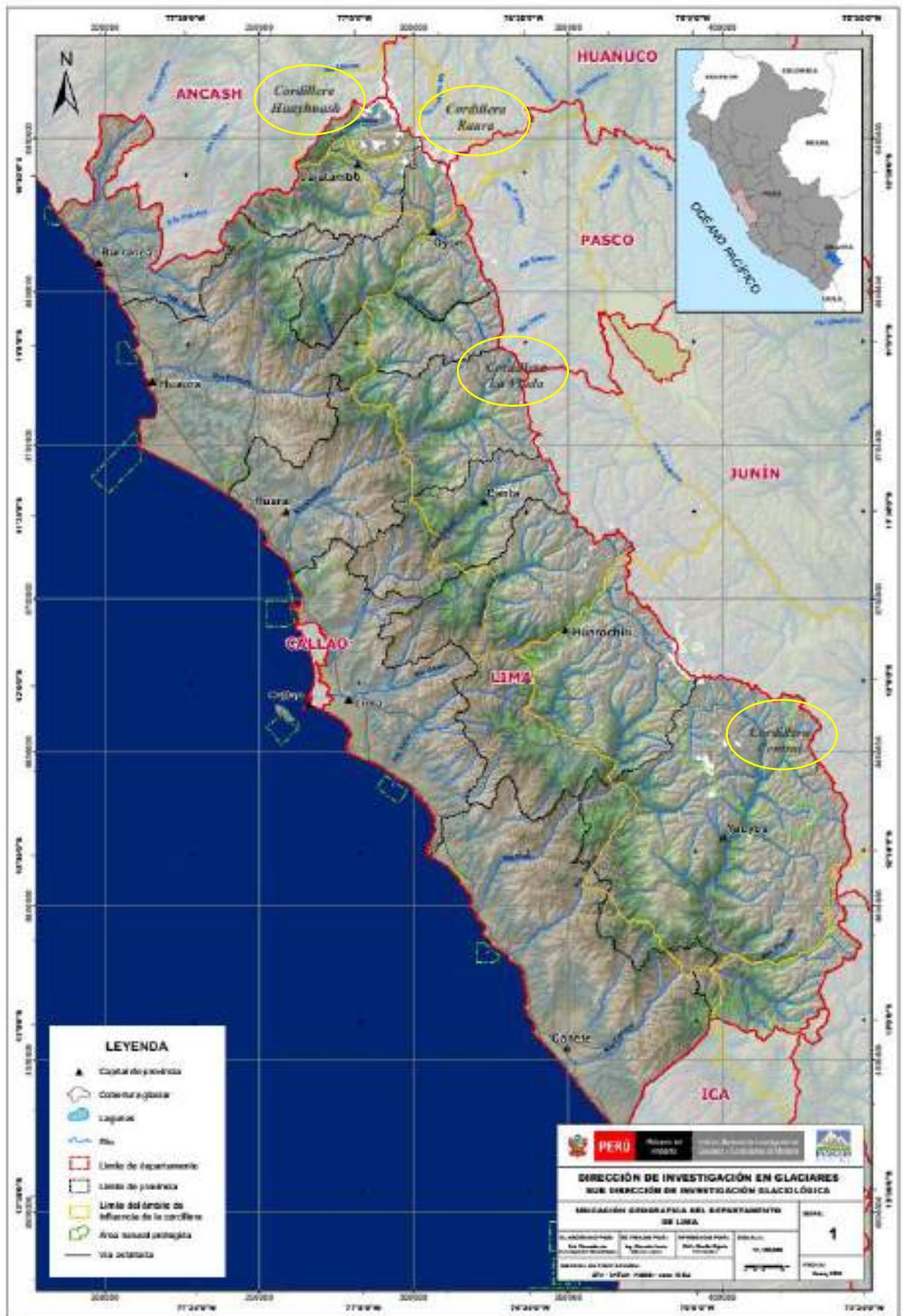


Figura 1. Cordilleras del departamento de Lima.

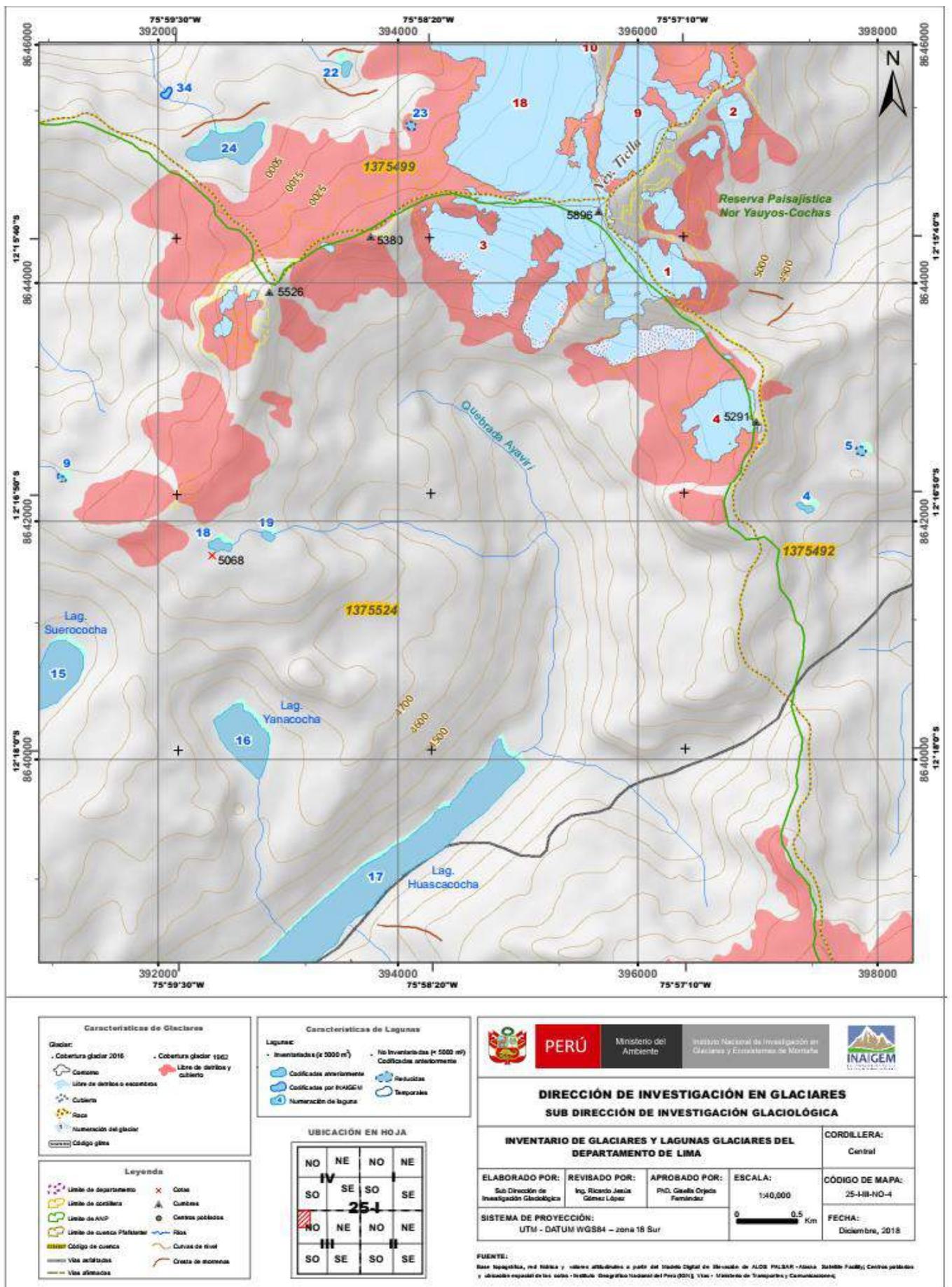


Figura 2. Plantilla que muestra las lagunas y glaciares de una parte del departamento de Lima.

La importancia de los resultados generados a partir del inventario de glaciares y lagunas de origen glaciar es brindar información a las autoridades correspondientes y a la población en general sobre la variación de las características morfológicas, como área, volumen estimado, etc. Son datos que permitirán estimar cuánta agua se encuentra almacenada en las zonas glaciares y de alta montaña. El agua que discurre de los glaciares es una fuente importante de abastecimiento y sostiene diversos usos a través de los servicios ecosistémicos que brindan a la población y sus actividades económicas.

El inventario de glaciares y lagunas de origen glaciar es una herramienta que puede coadyuvar a una mejor gestión de los recursos hídricos y que se pone a disposición en diversos niveles, desde la población que debe mantenerse informada acerca de los impactos del cambio climático en los glaciares y lagunas, del cual va a depender la disponibilidad hídrica para sus usos cotidianos, hasta los gobiernos locales, regionales y nacionales, quienes, en los últimos años, han venido impulsando la gestión integral de cuencas en diversas regiones del país, siendo su instrumento principal para lograr dicho fin el Plan de Gestión de Recursos Hídricos de Cuenca. Asimismo, los datos generados y publicados por diversos medios ayudan a gestionar de manera más adecuada el recurso hídrico para consumo, actividades agrícolas, hidroeléctricas, mineras e industriales, las cuales dependen de la oferta de agua que proviene de los glaciares.

## 1.1.2. Inventario Nacional de Lagunas

---

Las cordilleras glaciares del Perú son nuestras principales reservas de agua dulce en estado sólido, y al pie de estos se formaron, y todavía existen, varias lagunas que son reservorios de aguas naturales y nacientes de ríos que mantienen un gran número de ecosistemas altoandinos, como los bofedales y pajonales.

Estos ecosistemas altoandinos, con una geomorfología que ha dado lugar a que se formen lagunas glaciares, evidencian el cambio climático que estimula el retroceso glaciar y la formación de nuevas lagunas en concavidades dejadas por la masa de hielo.

Los resultados obtenidos corresponden al inventario de lagunas de las 20 cordilleras del Perú. Se han registrado un total de 8568 lagunas con una superficie de 1013.38 km<sup>2</sup> (véase Tablas 3 y 5).

Tabla 3. Cordilleras y sus lagunas.

Cordilleras	Departamentos	Lagunas
Blanca	Ancash	836
Huallanca	Ancash	71
Huayhuash	Ancash, Huánuco y Lima	101
Raura	Huánuco, Lima y Pasco	176
Huagoruncho	Huánuco y Pasco	621
La Viuda	Junín, Lima y Pasco	773
Central	Junín y Lima	818
Huaytapallana	Junín	948
Chonta	Huancavelica y Junín	708
Ampato	Arequipa	101
Vilcabamba	Cusco	165
Urubamba	Cusco y Apurímac	303
Huanzo	Arequipa, Apurímac y Cusco	501
Chila	Arequipa	65
La Raya	Cusco y Puno	203
Vilcanota	Cusco y Puno	561
Carabaya	Puno y Cusco	1337
Apolobamba	Puno	212
Volcánica	Arequipa y Moquegua	15
Barroso	Moquegua, Puno y Tacna	53
Total de lagunas		8568

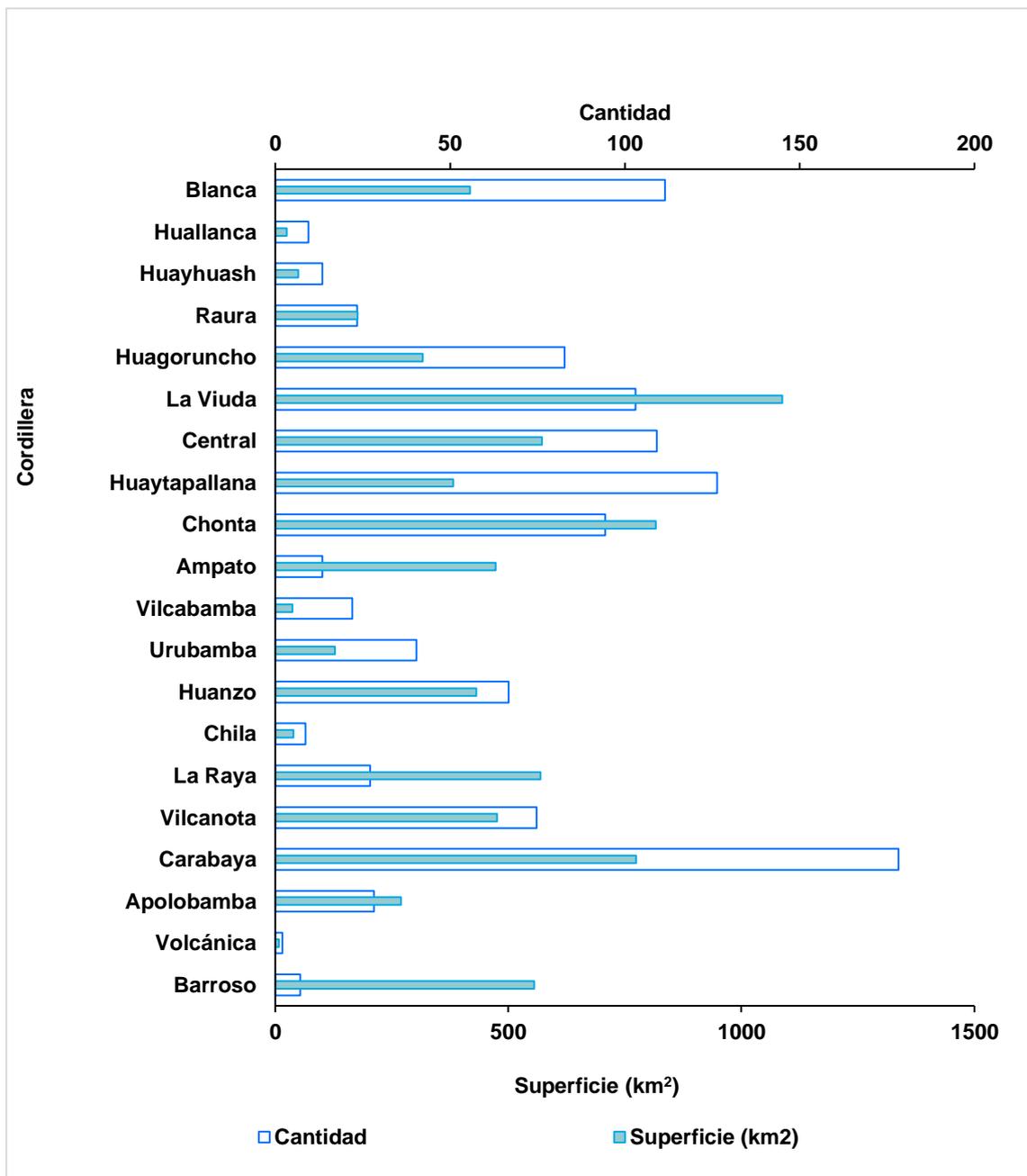


Figura 3. Distribución de lagunas las cordilleras del Perú.

El inventario revela que la mayor cantidad de lagunas se encuentran en la vertiente del Atlántico, representando un volumen que dobla aproximadamente a las de la vertiente del Pacífico. En la vertiente del Titicaca la reserva de agua de lagunas es mucho menor (véase Tabla 4 y Figura 4).

Tabla 4. Superficie y volumen de las reservas de agua.

Vertiente	Lagunas	Superficie (km <sup>2</sup> )	Volumen (Mm <sup>3</sup> )
Pacífico	2048	315.93	7,857
Atlántico	6193	622.46	14,702
Titicaca	327	74.98	1928
Total	8568	1013.38	24,487

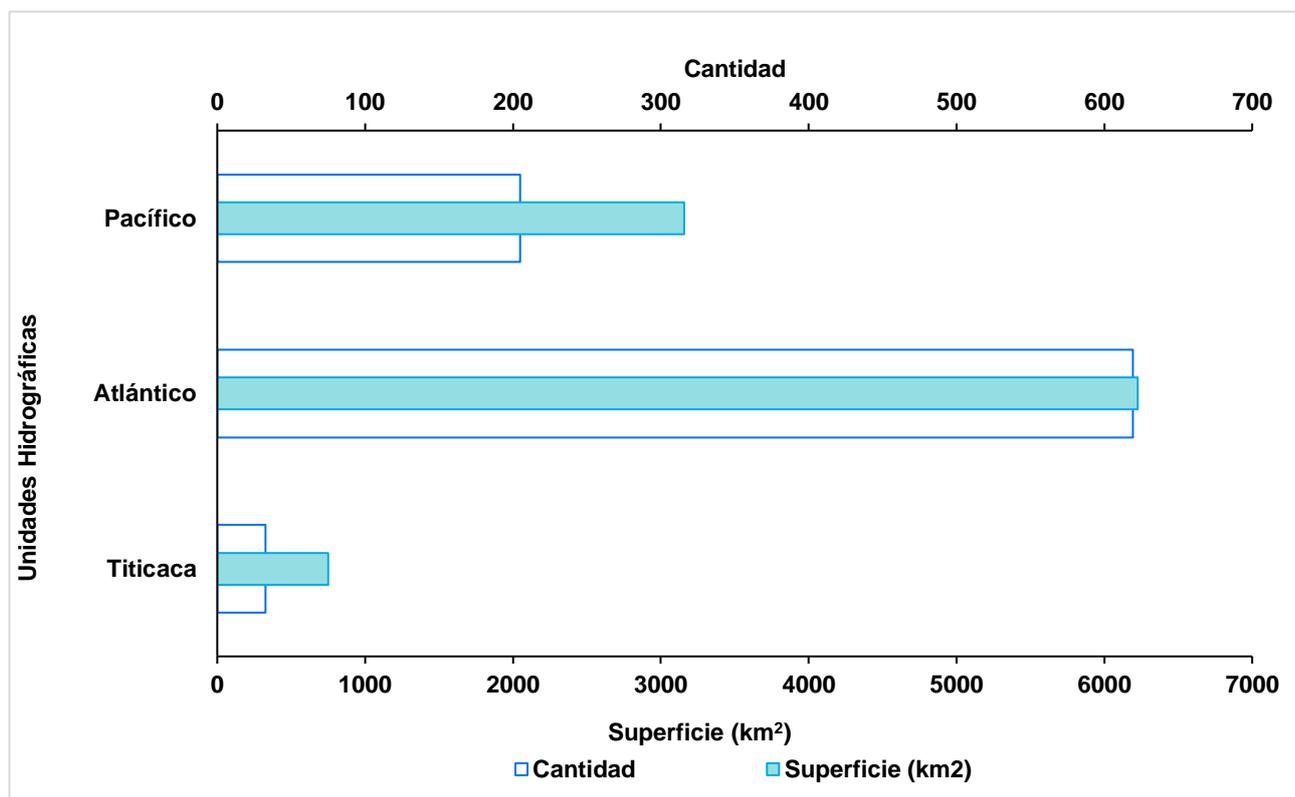


Figura 4. Distribución de lagunas por unidad hidrográfica.

Tabla 5. Inventario de lagunas por departamento.

Departamentos	Lagunas	Superficie (km <sup>2</sup> )	Volumen estimado (Mm <sup>3</sup> )	Altitud media (m s.n.m.)
Ancash	924	60.31	1307.23	3670
Ancash/Huánuco	1	0.12	2.85	4465
Apurímac	199	8.64	166.52	4250
Arequipa	365	58.63	1468.18	3721
Ayacucho	132	59.51	1577.48	4125
Cusco	1294	164.65	4046.09	4372
Cusco/Puno	1	0.01	0.04	4810
Huancavelica	621	93.55	2334.37	4238
Huancavelica/Junín	2	0.15	3.33	4651
Huánuco	444	41.77	961.84	4156
Ica	1	0.04	0.71	4485
Junín	1442	133.87	3101.21	4035
Lima	971	82.40	1876.94	3032
Lima/Huancavelica	1	0.01	0.02	4740
Lima/Junín	4	0.05	0.19	4775
Moquegua	25	27.28	735.02	4725
Pasco	574	98.08	2448.50	4128
Puno	1543	164.12	3915.93	4154
Tacna	24	20.18	540.57	4133
<b>Totales</b>	<b>8568</b>	<b>1013.36</b>	<b>24,487.02</b>	

## 1.1.3. Monitoreo anual de glaciares priorizados

---

En el 2018 se realizó el monitoreo de dos cordilleras del país: Cordillera Blanca (glaciar Huillca) y Cordillera Central (glaciar Sullcón). El balance de masa se calcula para el periodo correspondiente al año hidrológico, y no es otra cosa que determinar el resultado de lo que gana o pierde un glaciar en términos de equivalente de agua (véase Figura 5).

También se realizaron trabajos de expedición científica en el volcán glaciar Coropuna de la cordillera Ampato. La misión científica permitió estudiar la dinámica de los glaciares ubicados sobre él, llegándose a identificar glaciares cubiertos por detritos y escombros. Además, se hizo la identificación de los posibles agentes causantes del proceso acelerado de retroceso glaciar en un contexto de cambio climático.

### a) Cordillera Blanca

Glaciar Huillca: Se realiza el monitoreo del glaciar Huillca anualmente. La finalidad es determinar cuál es su comportamiento en relación con el cambio climático y cuánto es el aporte en términos de equivalente de agua hacia el valle aguas abajo. Se usa el método glaciológico directo, que consiste en la instalación de una red de balizas en la zona de ablación, la misma que es medida en dos periodos del año y proporciona información sobre cuánto hielo se pierde en un determinado punto. Para la zona de acumulación, se realizan perforaciones en distintos puntos para determinar la densidad de nieve acumulada en los periodos de monitoreo. Los resultados de las estimaciones realizadas en ambas zonas proporcionan el balance de masa de dicho glaciar expresado en mm de equivalente de agua.

Este tipo de estudio también aporta con información sobre la disponibilidad del agua a una escala anual, lo cual beneficia a toda una cadena de usuarios que van desde los agricultores y ganaderos de las mismas quebradas hasta el uso poblacional y para actividades económicas como la generación de energía eléctrica, llegando a suministrar agua para los proyectos de irrigación como Chavimochic y Chincas.



a



b



c



d



e

Figura 5. Actividades realizadas para el monitoreo glaciológico: (a) perforación en la zona de ablación e instalación de balizas de madera de 1" x 1" x 2 m, (b) toma de muestras en la zona de acumulación para determinar la densidad de nieve acumulada, (c) levantamiento topográfico del perímetro y superficie glaciar, (d) personal de apoyo recorriendo el perímetro glaciar para el levantamiento topográfico, (e) aforo con el correntómetro para medir el caudal de desagüe de la laguna.

## b) Cordillera Central

**Glaciar Sullcón:** Se efectuaron trabajos de monitoreo glaciológico e hidrológico en dos periodos del año hidrológico que servirán para estudiar la ablación glaciar. En cada periodo se realizaron trabajos de perforación en las zonas de ablación y acumulación, además de trabajos de levantamiento topográfico de la superficie glaciar.

Es importante realizar el balance de masa para conocer el aporte hídrico del glaciar Sullcón, ya que sus aguas tributan a dos cuencas:

A la cuenca del Rímac, a través de la subcuenca Santa Cruz, que desemboca en la vertiente del Pacífico en mínima cantidad. Estas aguas benefician a los agricultores y ganaderos de la misma quebrada, a los comités de usuarios y, también, a las empresas Sociedad Minera Corona S.A. (Central Hidroeléctrica Huanchor y Tamboraque), Minera Lizandro Proaño S.A. (Central Hidroeléctrica Tamboraque I), EDEGEL S.A.A. (Central Hidroeléctrica Matucana, Huampaní) y a SEDAPAL, al brindar servicios de agua potable a la provincia de Lima, Callao y Huarochirí, a través del almacenamiento de sus aguas en la represa Yuracmayo.

A la cuenca del Mantaro, a través de la subcuenca Yauli, el cual desemboca en la vertiente del Atlántico. Estas aguas benefician a los agricultores y ganaderos de la misma quebrada, a los comités de usuarios y a la empresa Electroandes S.A. (Central Hidroeléctrica Pachachaca 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, La Oroya, Malpaso y Mantaro).

**Glaciar Ticlla:** Se realizaron trabajos de monitoreo glaciológico e hidrológico hasta el mes de mayo de 2018. En este periodo se realizaron trabajos de perforación en las zonas de ablación y acumulación y trabajos de levantamiento topográfico de la superficie glaciar. Las aguas provenientes del glaciar Ticlla tributan a la cuenca de Cañete, cuyas aguas alimentan la vertiente del Pacífico. Es importante realizar el balance de masa permanente para conocer el aporte hídrico del glaciar Ticlla, ya que sus aguas benefician a las actividades económicas como la agricultura y ganadería de la quebrada, a los comités de usuarios, a la empresa CELEPSA con la central Hidroeléctrica el Platanal, donde fue represada la laguna Paucarcocha. Es importante mencionar que estas aguas también son aprovechadas para la crianza de truchas en jaulas flotantes, proyectos vitivinícolas, actividades turísticas y deportivas en Lunahuaná.



Figura 6. Registro de posicionamiento satelital en la cumbre del volcán glaciar Coropuna.

### c) Cordillera Ampato

**Glaciar Coropuna:** El volcán glaciar Coropuna forma parte de la cordillera Ampato. Hidrográficamente, el Coropuna vierte sus aguas en las cuencas de Ocoña y Camaná de la vertiente del océano Pacífico.

En el 2018, se realizó una misión científica a través de trabajos con GPR (*ground-penetrating radar*), fotogrametría para la identificación de glaciares cubiertos y medición de la altitud de la cumbre del volcán con GPS diferencial (véase Figura 6), y se recolectaron muestras para el análisis del carbono negro.

### d) Cordillera Apolobamba

Durante la expedición del 2018, se realizaron actividades de geodesia, topografía y batimetría, glaciología, geología, geomorfología y ecosistemas en la cuenca de Occoruruni, ubicada en el distrito Sina, provincia de San Antonio de Putina, Puno.

Los glaciares en la cuenca Occoruruni son principalmente de tipo montaña, con su frente situado en la cota más baja a 4849 m s.n.m. Se identificó también glaciares cubiertos por detritos y escombros en los glaciares Soropata, Vizcachani 1, Vizcachani 2 y Caballune.

Se realizaron mediciones de profundidad y volumen de agua que almacena la laguna Soropata (véase Figura 7). Se evaluó la situación actual de las lagunas glaciares en formación (Soropata y Vizcachani).

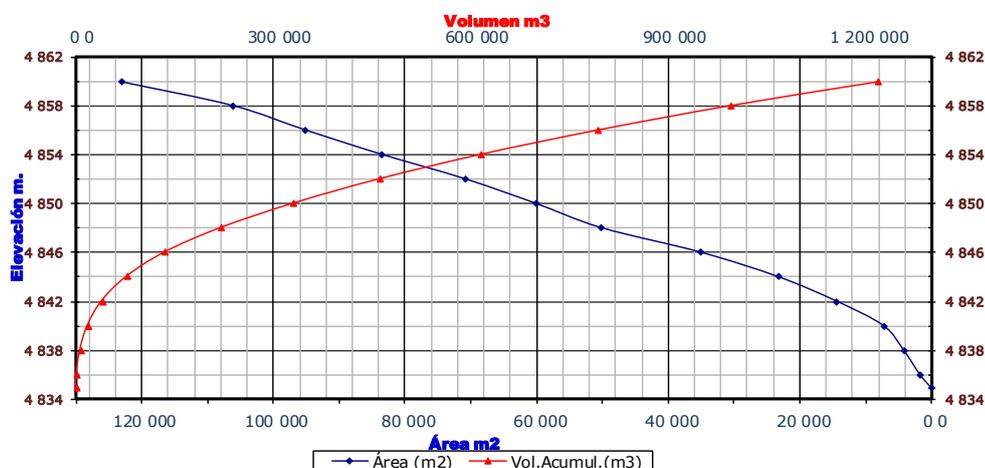


Figura 7. Curva área - volumen acumulado laguna Soropata.

La **laguna Soropata** está emplazada a los 4859 m s.n.m., entre los nevados Soropata y Vizcachani. La cubeta que la sostiene es de material predominantemente morrénico, con flancos bien definidos, en especial en el lado izquierdo, en la zona de arranque, donde se observa fuerte inestabilidad del talud interno de la morrena.

La **laguna Vizcachani**, emplazada a 4849 m s.n.m. y ubicada en la base del glaciar proveniente del nevado del mismo nombre, está en proceso de desarrollo.

#### Resultados:

- Los resultados procesados del monitoreo glaciológico de la lengua del glaciar Huillca (Cordillera Blanca) y Sullcón (Cordillera Central), en dos periodos del año hidrológico, muestran que el balance neto específico del glaciar Huillca, durante el periodo setiembre 2017-setiembre 2018, es de 220.3 mm.w.eq, masa que después se dirigirá casi en su totalidad a la vertiente del Pacífico, discurriendo por la subcuenca de Quitaracsa hasta llegar a la cuenca del río Santa. Por otro lado, el balance neto específico del glaciar Sullcón durante el periodo octubre 2017-setiembre 2018, es de -83.9 mm.w.eq, el cual se dirige casi en su totalidad a la vertiente del Atlántico, dejando un caudal de 0.3 m<sup>3</sup>/s para la cuenca del Rímac, por lo que es conveniente desarrollar proyectos de aprovechamiento hídrico de este glaciar para la vertiente del Pacífico.
- En 61 años, desde 1955 hasta 2016, el volcán glaciar Coropuna tiene una pérdida de 39.97 km<sup>2</sup> de superficie glaciar, que representa un 48.09% y cuenta con 5.30 km<sup>2</sup> de superficie de glaciar cubierta por detritos y escombros (13.26%). En la expedición realizada, se obtuvo que la cumbre del volcán glaciar Coropuna tiene una máxima altitud de 6423.516 m s.n.m.
- Los resultados de la expedición de octubre 2018 a la cuenca Occoruruni (Cordillera Apolobamba) reportan que la laguna Soropata mide 507 m de largo y 346 m de ancho, almacena 1,217,580 m<sup>3</sup> de agua y su profundidad máxima es de 25 m. Mientras que la laguna Vizcachani mide 510 m de largo y 318 m de ancho, almacena 1,149,165 m<sup>3</sup> de agua y su profundidad máxima es de 27 m. Es importante tener en cuenta que, al encontrarse en proceso de formación, el volumen de agua de estas lagunas incrementa continuamente, por lo que es necesario tomar medidas de prevención.

El estudio de carbono negro en los glaciares Yanapaccha y Shallap (ubicados en la Cordillera Blanca, véase Figura 8) comprendió la evaluación *in situ* de las características de la cobertura de nieve con la finalidad de conocer el impacto del carbono negro en la fusión de los glaciares.

Los resultados muestran que la concentración de carbono negro en un año hidrológico normal es mayor durante la estación de estiaje (mayo – agosto), mientras que, durante la estación húmeda (septiembre – abril), las concentraciones son mínimas.

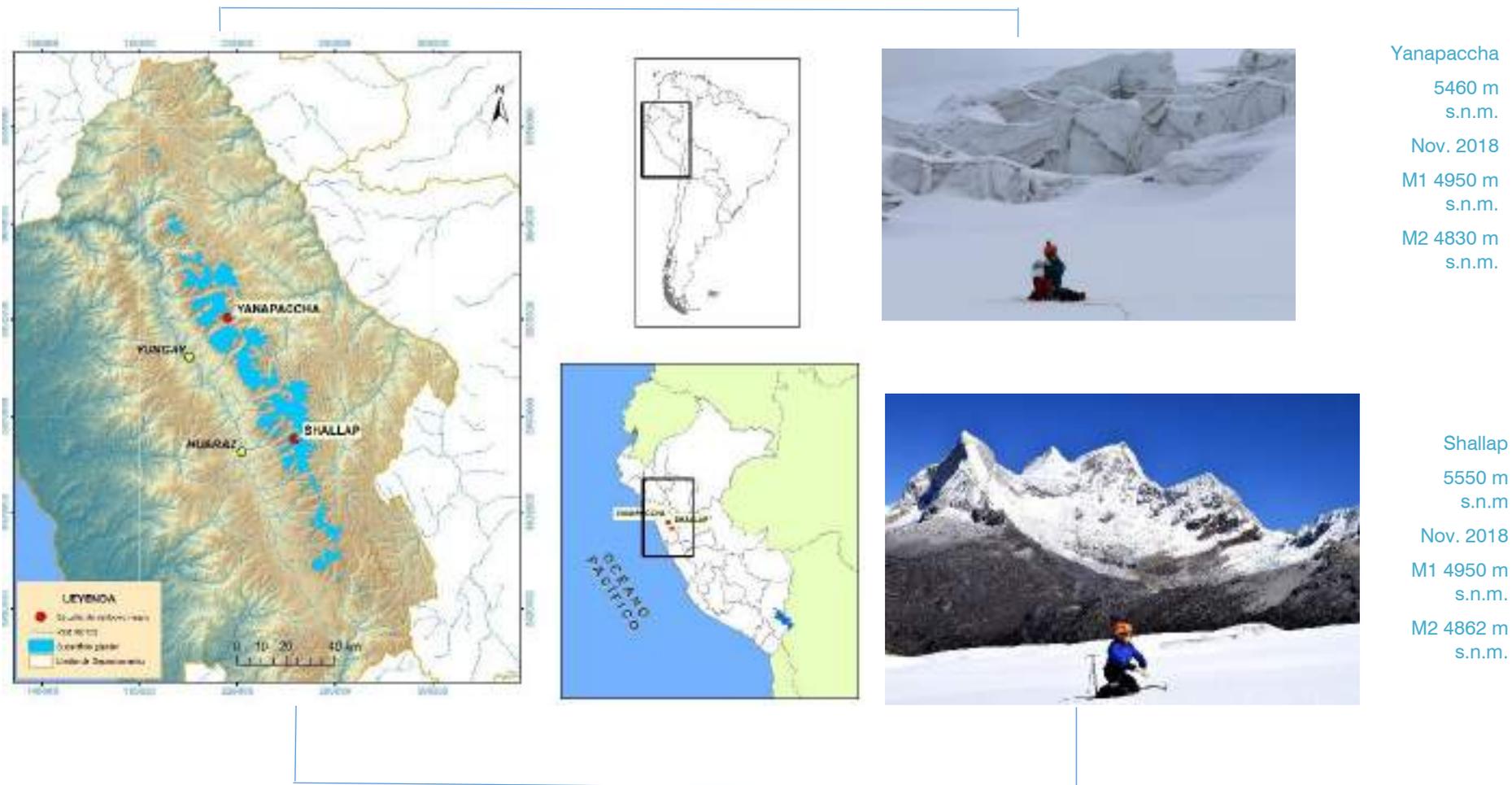


Figura 8. Ubicación de los glaciares Yanapaccha y Shallap.

Resultados:

- La concentración de carbono negro en el año 2018 es mayor en el glaciar Shallap en comparación al glaciar Yanapaccha. En ambos, la concentración del carbono negro es mayor en la zona de ablación, presentando una mínima concentración en la zona de acumulación.
- En los meses de alta precipitación, las concentraciones de carbono negro son mínimas (0.72 y 0.58 ng/g), especialmente en marzo; mientras que, en la temporada seca, las concentraciones alcanzan sus valores máximos en ambos glaciares, con 165.57 ng/g en noviembre y 405.23 ng/g en junio.
- La nieve caída durante los meses de alta precipitación funciona como una capa protectora para el glaciar, persistiendo hasta el final de la temporada húmeda (mayo). Los estudios muestran que la alta radiación, la falta de precipitaciones sólidas y la dinámica de vientos influyen en el aumento de las concentraciones de carbono negro en los glaciares Yanapaccha y Shallap.
- Elaboración y publicación de un artículo denominado “Partículas absorbentes de luz durante El Niño y El Niño Costero en los glaciares de la Cordillera Blanca, Perú” en la *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*. Año 3, N° 4, junio 2018, Huaraz.

## 1.1.4. Situación de los glaciares en el Perú

---

### a) Riesgos asociados a glaciares

En 2018, se han efectuado estudios de evaluación de riesgo por aluvión de tres subcuencas de origen glaciar para tomar medidas de prevención en el marco del Sistema Nacional de la Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), con calidad y oportunidad. Además de la evaluación de las obras de seguridad construidas para conocer su estado actual y generar las recomendaciones del caso, se ha incorporado la subcuenca del río Llullán – Parón, donde se han realizado las investigaciones geológicas, geomorfológicas y geotécnicas para obtener el Mapa de Peligros por movimientos en masa.

### e) Evaluación sobre el estado actual de las obras de seguridad existentes en lagunas de origen glaciar

Se realizó la evaluación de 21 lagunas ubicadas en seis subcuencas de origen glaciar, realizando una evaluación a nivel superficial del estado actual de las obras de seguridad y las condiciones geológicas y geotécnicas, a nivel preliminar, del entorno de la laguna. Las obras de seguridad inspeccionadas en las lagunas se mencionan en la Tabla 6.

Tabla 6. Situación actual de las obras de seguridad en lagunas inspeccionadas en la Cordillera Blanca.

N°	LAGUNA	COTA (*) (m s.n.m.)	CUENCA	SUBCUENCA	PROVINCIA	OBRAS DE SEGURIDAD		Nivel de peligrosidad en vaso de la laguna
						Obras de Seguridad Existentes	Estado	
1	Yanaraju	4142	Marañón	Yanamayo	Asunción	Tajo Abierto	Regular	Alto
2	Allicocha	4543	Marañón	Yanamayo	Asunción	Dique de Tierra Revestido / Conducto y Canal de Salida	Regular	Alto
3	Cancaracá Grande	4631	Marañón	Yanamayo	Asunción	Tajo Abierto	Regular	Alto
4	Cancaracá Chico	4620	Marañón	Yanamayo	Asunción	No presenta	-	Bajo
5	Huallcacocha	4355	Santa	Buin	Carhuaz	Dique de Tierra Revestido / Conducto y Canal de Salida	Regular	Alto
6	Artesa	4300	Santa	Buin	Carhuaz	Dique de Tierra Revestido / Conducto y Canal de Salida	Regular	Bajo
7	513	4431	Santa	Hualcán	Carhuaz	Túnel de Descarga	Regular	Alto
8	Rajupaquinán	4150	Santa	Hualcán	Carhuaz	Tajo Abierto	Regular	Bajo
9	Cochca	4538	Santa	Hualcán	Carhuaz	Tajo Abierto	Regular	Alto
10	Akilpo	4704	Santa	Marcará	Carhuaz	Dique de Tierra Revestido / Conducto y Canal de Salida	Regular	Bajo
11	Pucaranracocha	4390	Santa	Marcará	Carhuaz	Tajo Abierto (Canal)	Regular	Bajo
12	Pacliascocha	4590	Santa	Marcará	Carhuaz	Canal de Mampostería de Piedra	Regular	Bajo
13	Paccharuri,	4470	Santa	Marcará	Carhuaz	Dique de Tierra Revestido / Conducto y Canal de Salida	Regular	Medio
14	Lejjacocha	4607	Santa	Marcará	Carhuaz	Dique de Tierra Revestido / Conducto y Canal de Salida	Regular	Medio
15	Pucacocha	4433	Santa	Quitaracsa	Huaylas	Dique de Tierra Revestido / Conducto y Canal de Salida	Regular	Bajo
16	Llullacocha,	4662	Santa	Quitaracsa	Huaylas	Tajo Abierto (Canal)	Regular	Bajo
17	Quitaracsa,	4662	Santa	Quitaracsa	Huaylas	Tajo Abierto (Canal)	Regular	Bajo
18	Safuna Alta	4360	Santa	Quitaracsa	Huaylas	Conductos de Salida	Regular	Alto
19	Safuna Baja,	4275	Santa	Quitaracsa	Huaylas	No presenta	-	Bajo
20	Yuracocha	4618	Santa	Quitaracsa	Huaylas	Dique de Tierra Revestido / Conducto de Salida	Regular	Medio
21	Huandoy	4747	Santa	Llullán Parón	Huaylas	No presenta	-	Bajo

(\*) Cotas medidas por la UGRH - ANA

A continuación, se muestran vistas fotográficas de las obras de seguridad de las lagunas de origen glaciar evaluadas en el año 2018 (Figuras 9 a 28).



Figura 9. Laguna Yanaraju, Asunción, Ancash. Se desagua por filtración.



Figura 10. Dique de tierra revestido, conducto y canal de salida de la laguna Allicocha, Asunción, Ancash.



Figura 11. Laguna Cancaracá Grande, Asunción, Ancash. Se desagua por filtración.



Figura 12. Laguna Cancaracá Chico, Asunción, Ancash. No presenta obra de seguridad.



Figura 13. Dique de tierra revestido, conducto y canal de salida de la laguna Huallcacochoa, Carhuaz, Ancash.

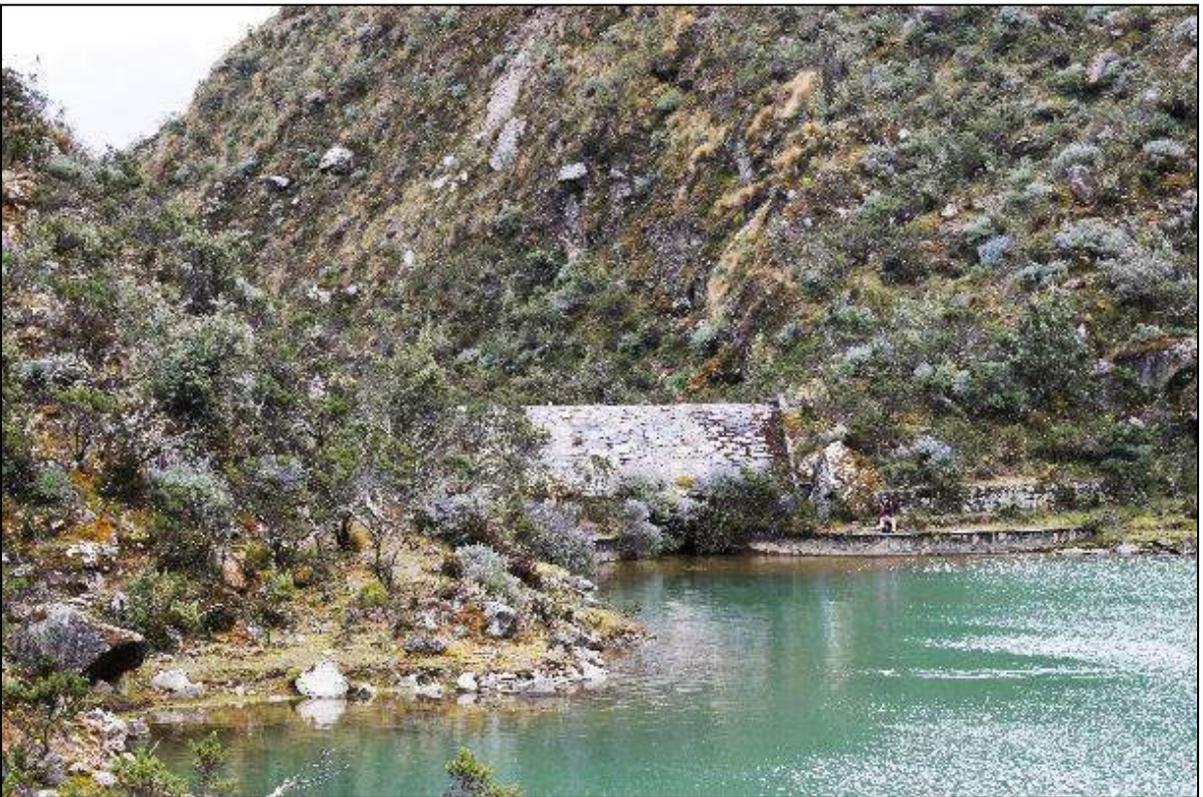


Figura 14. Dique de tierra revestido, conducto y canal de salida de la laguna Artesa, Carhuaz, Ancash.



Figura 15. Salida del túnel de descarga de la laguna 513, Carhuaz, Ancash.



Figura 16. Tajo abierto por donde discurren las aguas de la laguna Rajupaquinán, Carhuaz, Ancash.



Figura 17. Tajo abierto por donde discurren las aguas de la laguna Cochca, Carhuaz, Ancash.



Figura 18. Dique de tierra revestido, conducto y canal de salida de la laguna Akilpo, Carhuaz, Ancash.



Figura 19. Tajo abierto en la zona de salida de la laguna Pucaranracocha, Carhuaz, Ancash.



Figura 20. Canal de mampostería de piedra de la laguna Pacliascocha, Carhuaz, Ancash.



Figura 21. Dique de tierra revestido, conducto y canal de salida de la laguna Paccharuri, Carhuaz, Ancash.



Figura 22. Dique de tierra revestido, conducto y canal de salida de la laguna Lejiacocha, Carhuaz, Ancash.



Figura 23. Dique de tierra revestido, conducto y canal de salida de la laguna Pucacocha, Huaylas, Ancash.



Figura 24. Tajo abierto por donde discurren las aguas de la laguna Lullacocha, Huaylas, Ancash.



Figura 25. Tajo abierto por donde discurren las aguas de la laguna Quitarcasa, Huaylas, Ancash.



Figura 26. Conducto y canal de salida en la morrena frontal de la laguna Safuna Alta, Huaylas, Ancash.



Figura 27. Dique de tierra revestido, conducto y canal de salida de la laguna Yuracocha, Huaylas, Ancash.



Figura 28. Laguna Huandoy, Huaylas, Ancash. No presenta obra de seguridad.

## 1.2. Ecosistemas de montaña

---

La importancia de los ecosistemas de montaña se basa en su amplia biodiversidad, su endemismo y su provisión de servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica y del clima, además de importantes productos para la alimentación humana, del ovino y vacuno, los principales medios de vida de la población altoandina.

Entendemos por ecosistema al sistema natural de organismos vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico, y que son fuente de servicios ecosistémicos. El ámbito de nuestro trabajo se concentra en aquellos ecosistemas, que llamamos de montaña, que se presentan por encima de los 3500 m s.n.m., en las vertientes occidental y oriental de la Cordillera de los Andes. Doce por ciento de la población mundial vive en los ecosistemas de montaña y más del 50% depende directa o indirectamente de estos ecosistemas, que abarcan el 24% de la superficie total del planeta y proporcionan el 80% de los recursos de agua dulce de la Tierra.

En el Perú, es importante reconocer los ecosistemas de montaña como sistemas socio-ecológicos, integrando los aspectos sociales y naturales, y entendiéndolos como una unidad (Postigo y Young, 2016). Los ecosistemas de montaña han sido habitados y moldeados por el ser humano hace más de tres mil años, por lo que son el resultado histórico y viviente de largas trayectorias de vinculación entre los seres humanos y su entorno (Herrera y Lane, 2006).

Actualmente, INAIGEM viene trabajando en tres tipos de ecosistemas de montaña (véase Tabla 7): humedales, pastizales naturales o pajonales y bosques andinos. Asimismo, se están haciendo evaluaciones en áreas de plantaciones forestales y sus impactos en los ecosistemas naturales por cambio de uso de la tierra. Queda pendiente iniciar el trabajo en los otros tipos de ecosistemas, como lo son el matorral andino y la zona periglacial.

Tabla 7. Superficie de los ecosistemas seleccionados.

ID	Región	Ecosistemas (propuesta INAI GEM)	Ecosistemas (MINAM, 2018)	Área (ha)
1			Bofedal	541,277
2		Humedales	Humedales (lagos/lagunas, manantiales o puquios)	755,218
3			Páramo	14,653
4			Pajonal de puna húmeda	15,547,732
5		Pastizales naturales o pajonales	Pajonal de puna seca	1,155,384
6			Jalca	1,111,180
7	Yunga - Andina		Bosque relictó altoandino	155,123
8		Bosques andinos	Bosque relictó mesoandino	10,733
9			Bosque relictó montano de vertiente occidental	303
10			Bosque altimontano de Yunga	153,898
11		Matorrales	Matorral andino	2,198,992
12		Zonas periglaciares	Zona periglaciár	2,762,354
13		Plantaciones forestales	Plantación forestal	33,719
TOTAL				24,440,566

Fuente: Elaborado tomando como base el mapa de ecosistemas (MINAM, 2018).

## 1.2.1. Ecosistema humedal

Los humedales son “las extensiones o superficies cubiertas o saturadas de agua, bajo un régimen hídrico natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, y que albergan comunidades biológicas características, que proveen servicios ecosistémicos” (MINAM, 2015). En ese sentido, se consideran humedales andinos los siguientes: lagos, lagunas, bofedales, manantiales, puquios, turberas, humedales de páramos y kársticos andinos.

En el 2018 se trabajó los siguientes ecosistemas:

**Bofedales (u oconales):** Son un tipo de humedal propio de las regiones altoandinas, ubicados generalmente por encima de los 3500 m s.n.m. Son un ecosistema andino hidromórfico con vegetación herbácea de tipo hidrófila, que se presenta en los Andes sobre suelos planos, en depresiones o ligeramente inclinados, permanentemente inundados o saturados de agua corriente (mal drenaje), con vegetación densa y compacta siempre verde, de porte almohadillado o en cojín. La vegetación predominante consiste en herbazales de 0.1 a 0.5 metros. Los suelos orgánicos pueden ser profundos (turba). Este tipo de ecosistema es considerado un humedal andino (MINAM, 2018a). Los bofedales son importantes reservas de agua y carbono, además de una fuente de alimento para el ganado. Se debe reconocer la importancia de la población altoandina en su creación, mantenimiento y ampliación.

**Lagos y lagunas:** Los lagos y lagunas son ecosistemas muy importantes por ser considerados como reservorios de agua y por proveer recursos importantes para las poblaciones locales y cumplir diversas funciones ecosistémicas. Según el Mapa de Humedales del Perú (MINAM y ANA, 2012), se reportan en todo el territorio nacional un estimado de 27,390 lagos, lagunas y cochas, con una extensión aproximada de 944,134 ha, equivalente al 11.88% del total de humedales, los cuales están distribuidos, principalmente, en la región andina y amazónica (véase Figura 29).



Figura 29. Humedal de Patococha en la subcuenca Pachacoto, Recuay, Ancash.

## 1.2.2. Ecosistema pastizal natural o pajonales

Los pajonales son ecosistemas altoandinos con vegetación herbácea que puede ocupar terrenos planos u ondulados o colinas de pendiente suave a moderada (MINAM, 2018b). Los pastos naturales de la sierra albergan casi a la totalidad de la población ganadera nacional: 70% de los vacunos, 97% de los ovinos y el 100% de los camélidos sudamericanos (alpacas, llamas, vicuñas). Dichas especies se alimentan permanentemente de los forrajes naturales procedentes de los pastizales naturales (Miranda y Ccana, 2014).

En el Perú, la superficie de pastos naturales abarca cerca de 18 millones de hectáreas (MINAM, 2018) y en la década de 1990 el 58% se encuentra en condición pobre (Flores, 1996). La capacidad de carga actual es de siete millones de UA/año, siendo la demanda ganadera de ocho millones de UA/año, cuyo déficit se traduce en una baja productividad animal.

En las últimas décadas, las zonas ocupadas por el ecosistema de pastizales naturales han sido reemplazadas fundamentalmente por agricultura y forestaciones (Durán et al., 2011). Como ejemplo tenemos la Comunidad Campesina de Cátac que posee 66,000 ha, de las cuales 34,934 hectárea son pastos naturales (véase Figura 30). En los últimos diez años, a nivel comunal, sembraron 68 hectáreas de pasto mejorado y 257.6 hectáreas de plantaciones forestales; además, 135 hectáreas de pastos están destinadas para uso familiar.

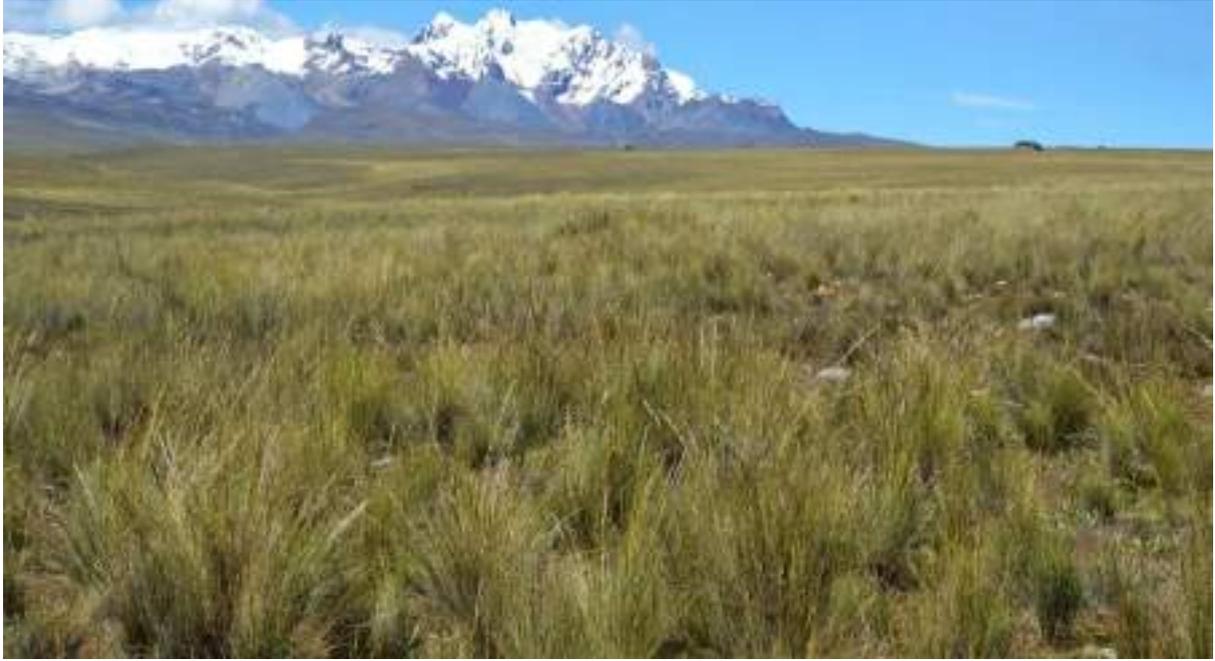


Figura 30. Pastizal natural o pajonal, Cátac, Recuay, Ancash.

### 1.2.3. Ecosistema bosque andino

---

Según el mapa nacional de cobertura vegetal, los bosques naturales en el Perú representan el 56.09% del territorio nacional, pero los bosques andinos representan solo un 0.17% de la cobertura nacional.

Los bosques naturales andinos son: relicto mesoandino, relicto mesoandino de coníferas, montano occidental andino y relicto altoandino.

En la vertiente occidental, los bosques andinos se presentan como relictos de su distribución original, ahora ubicados en áreas de difícil acceso. La mayoría de estos bosques está dominada por alguna de las 26 especies de árboles o arbustos del género *Polylepis* (Rosaceae), llamados localmente: “queñua”, “quenual” o “quinual”. De estas especies, trece se encuentran en estado de amenaza mundial. Los *Polylepis* han mostrado una gran capacidad de adaptación a las condiciones climáticas extremas, ya que pueden crecer entre los 3500 y 4800 m s.n.m, donde ninguna otra especie arbórea puede crecer (véase Figura 31).

La *Puya raimondii*, “cahua”, “titanka” o “santon”, es la especie de la familia Bromeliaceae de mayor tamaño en la zona altoandina. Es considerada como un “relicto fósil”. Tiene una inflorescencia con más de 10,000 flores que producen más de 11,000,000 de semillas. Atrae un gran número de especies de insectos polinizadores, así como a mamíferos y aves, constituyendo un eslabón fundamental de la cadena trófica de la puna, lo que le proporciona un alto valor estético y científico. De acuerdo con la legislación peruana, es una especie amenazada, y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) la considera dentro del listado de su libro rojo como una especie en peligro de extinción. Los rodales de puya se encuentran distribuidos en el Perú desde los 3200 a 4800 m s.n.m. en los departamentos de Puno, Cusco, Apurímac, Junín, Ayacucho, Huancavelica, Lima, Ancash y La Libertad.



Figura 31. Bosques andinos (bosque relicto de *Polylepis* sp.), quebrada Cojup, Huaraz.

## 1.2.4. Plantaciones forestales

---

Se refiere a plantaciones de especies forestales, nativas o introducidas, realizadas por el humano, con fines de producción de madera o productos forestales no maderables, de protección, de restauración ecológica, de recreación, de provisión de servicios ambientales o cualquier combinación de los anteriores. No son considerados como plantaciones forestales los cultivos agroenergéticos ni agroindustriales, de acuerdo con el artículo 11 de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763.

INAIGEM estudia el pino (*Pinus radiata*) y quenual (*Polylepis* spp.), instalados principalmente con fines de producción de madera y de provisión de otros servicios ecosistémicos como sumidero de carbono, alimento y mejorador de suelo (véase Figura 32).



Figura 32. Plantaciones de *Pinus radiata* (5 años) y *Polylepis* sp. (18 años).

# 2. Acciones adoptadas

## 2.1. Glaciares

---

El INAIGEM es la institución encargada de realizar investigaciones y estudios que permitan determinar los peligros naturales y riesgos asociados a glaciares, a fin de recomendar medidas de prevención y reducción en los ámbitos de las cuencas y subcuencas priorizadas a nivel nacional. En ese contexto, las acciones adoptadas el 2018 fueron: la “evaluación del estado actual de las obras de seguridad de 21 lagunas y las condiciones geológicas, geomorfológicas, geotécnicas y glaciológicas de su entorno”, el “mapa del nivel de susceptibilidad por movimientos en masa en la subcuenca del río Lullán-Parón, distrito de Caraz y provincia de Huaylas, departamento de Ancash” y la “evaluación de riesgo por aluvión de las subcuencas de los ríos Quillcay, Pariac-Rajucolta y Santa Cruz, departamento de Ancash”. A continuación, se detallan las acciones.

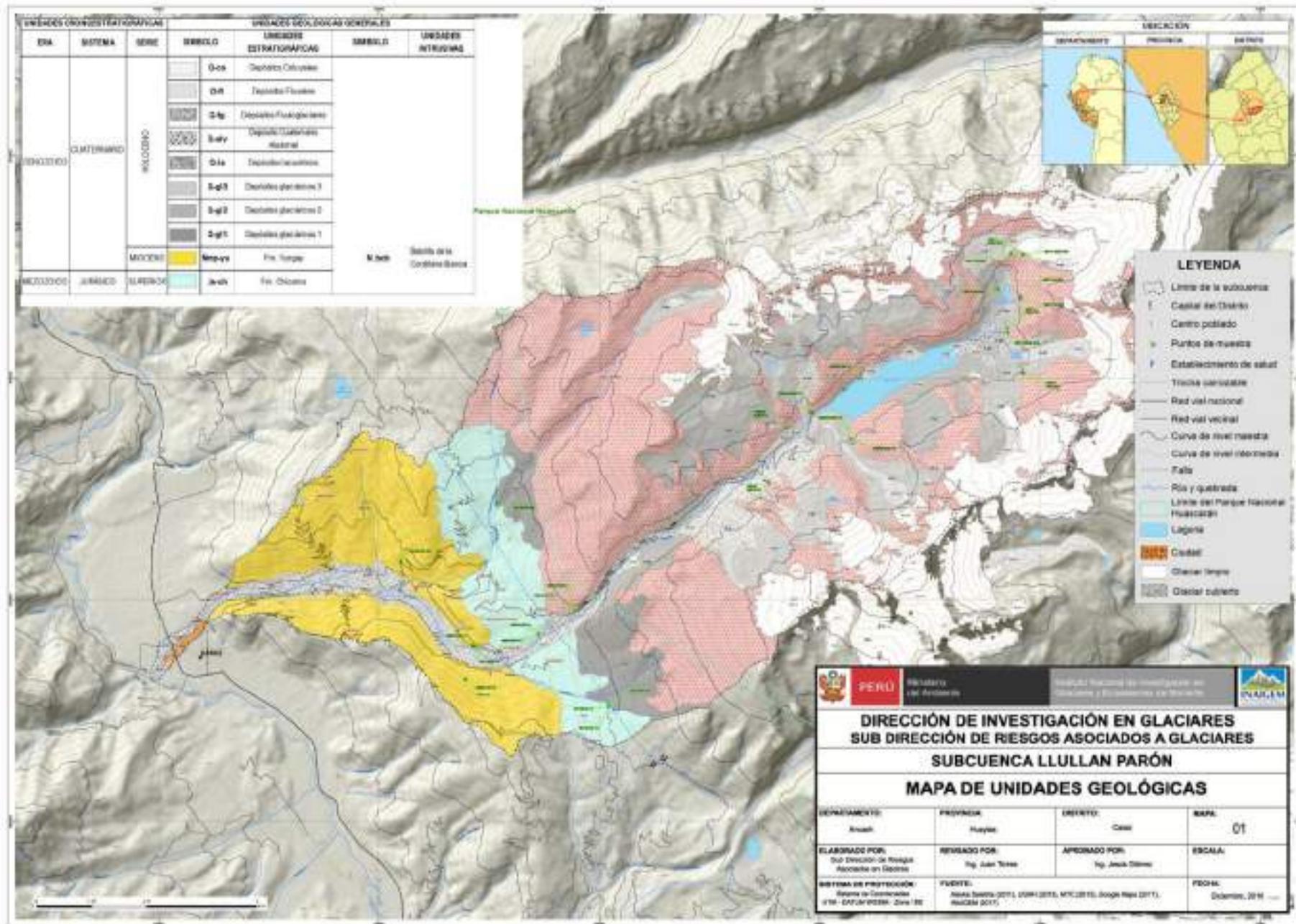
### 2.1.1. Investigaciones geológicas en subcuencas de origen glaciar

---

Para obtener el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en la subcuenca del río Lullán-Parón, se realizaron investigaciones geológicas para obtener el mapa de unidades geológicas a escala (1:25,000 o mayor).

Resultados:

Se han identificado once (11) unidades geológicas, desde la unidad más antigua a la más reciente: una (1) unidad geológica sedimentaria compuesta por la Formación Chicama (Js-ch), una (1) unidad geológica intrusiva conformada por el Batolito de la Cordillera Blanca (Nm-bcb), una (1) unidad geológica volcánica sedimentaria compuesta por la Formación Yungay (Nmp-yu) y ocho (8) unidades geológicas cuaternarias conformadas por depósitos glaciáricos tipos 1 (Q-gl1), 2 (Q-gl2) y 3 (Q-gl3), depósitos lacustrinos (Q-la), depósitos aluviales (Q-alc), depósitos fluvio-glaciares (Q-fg), depósitos fluviales (Q-fl) y depósitos coluviales (Q-co) (véase Mapa 1).



Mapa 1. Unidades geológicas de la subcuenca Lullán – Parón, escala 1:25,000.

## 2.1.2. Investigaciones geomorfológicas en subcuencas de origen glaciar

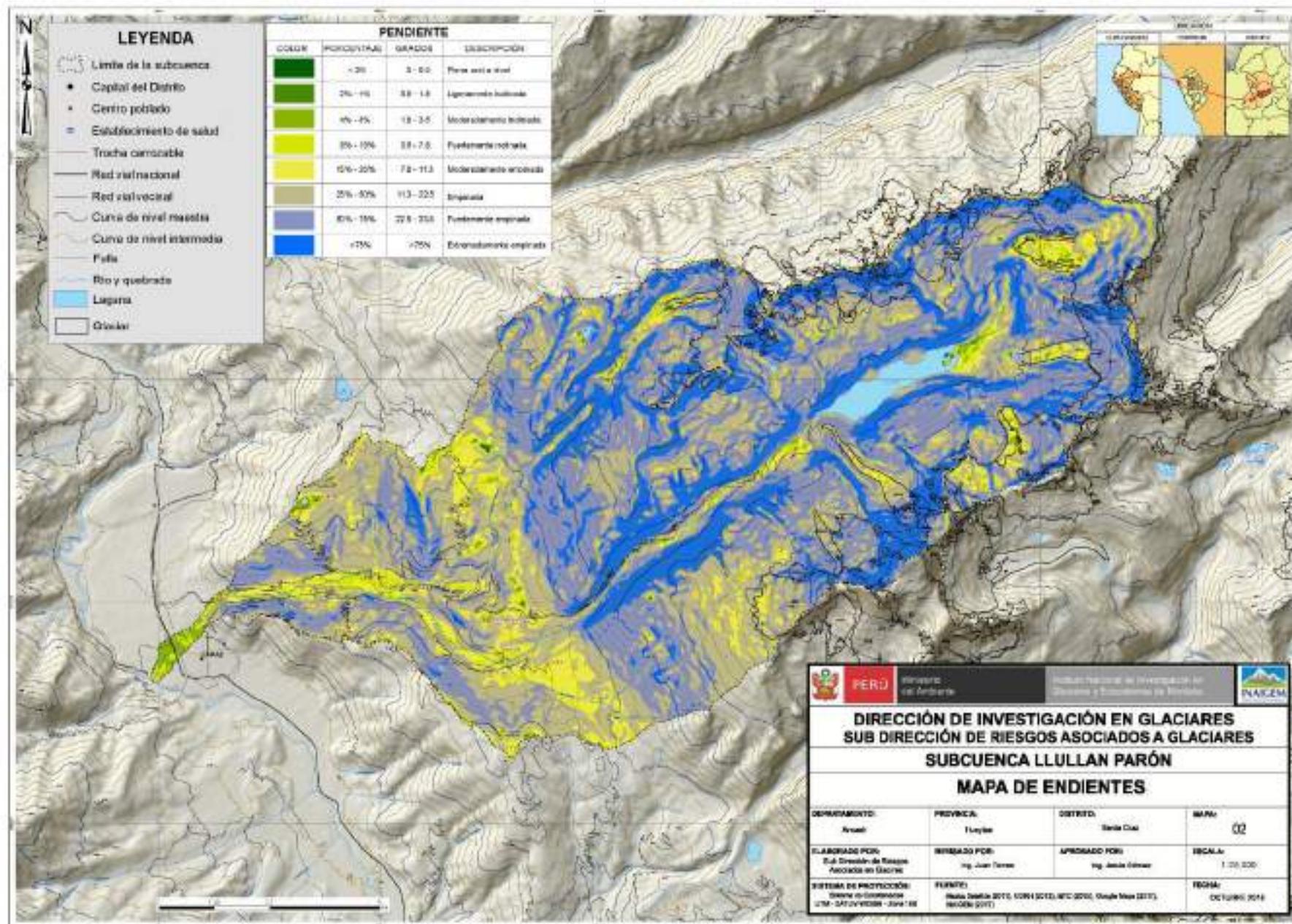
---

Para elaborar el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en la subcuenca del río Lullán – Parón, se realizaron investigaciones geomorfológicas para levantar los mapas de pendientes y de unidades geomorfológicas a escala adecuada (1:25,000 o mayor) en el ámbito de estudio.

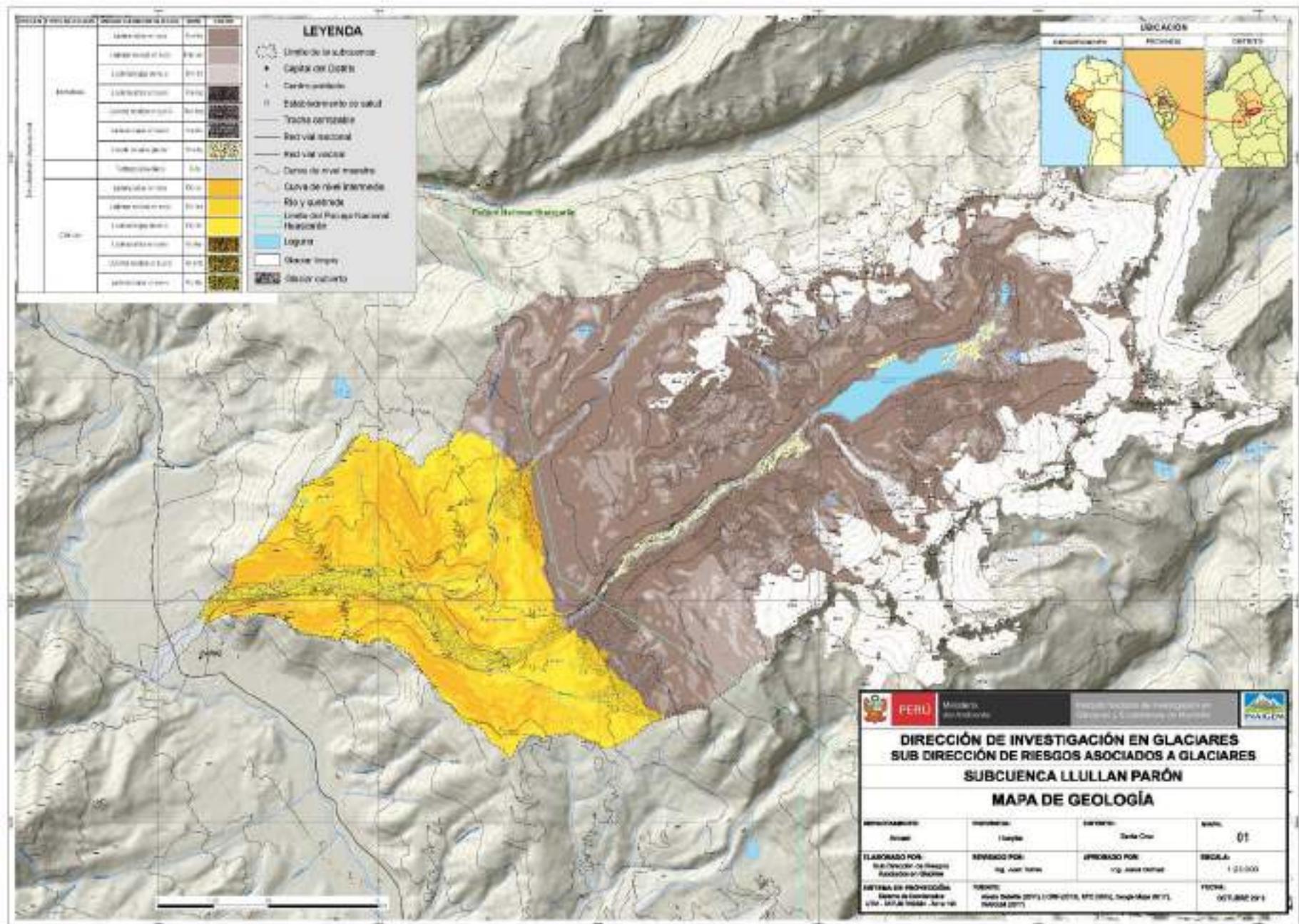
Resultados:

Se han identificado ocho (8) unidades de pendientes: plana o casi a nivel (menor a 2%), ligeramente inclinada (2-4%), moderadamente inclinada (4-8%), fuertemente inclinada (8-15%), moderadamente empinada (15-25%), empinada (25-50%), muy empinada (50-75%) y extremadamente empinada (mayor a 75%) (véase Mapa 2).

Además, se han identificado catorce (14) unidades geomorfológicas: siete (7) unidades geomorfológicas degradacional tipo montañoso, compuestas por laderas altas en roca (Rm-lar), laderas medias en roca (Rm-lmr), laderas bajas en roca (Rm-lbr), laderas altas en suelo (Rm-las), laderas medias en suelo (Rm-lms), laderas bajas en suelo (Rm-lbs) y fondo de valle glaciar (Rm-fvg); seis (6) unidades geomorfológicas degradacional tipo colinoso, compuestas por laderas altas en roca (Rc-lar), laderas medias en roca (Rc-lmr), laderas bajas en roca (Rc-lbr), laderas altas en suelo (Rc-las), laderas medias en suelo (Rc-lms) y laderas bajas en suelo (Rc-lbs); y una (1) unidad geomorfológica agradacional compuesta por terraza aluvial (R-ta) (véase Mapa 3).



Mapa 2. Unidades de pendientes de la subcuenca Lullán – Parón, escala 1:25,000.



Mapa 3. Unidades geomorfológicas de la subcuenca Lullán – Parón, escala 1: 25,000.

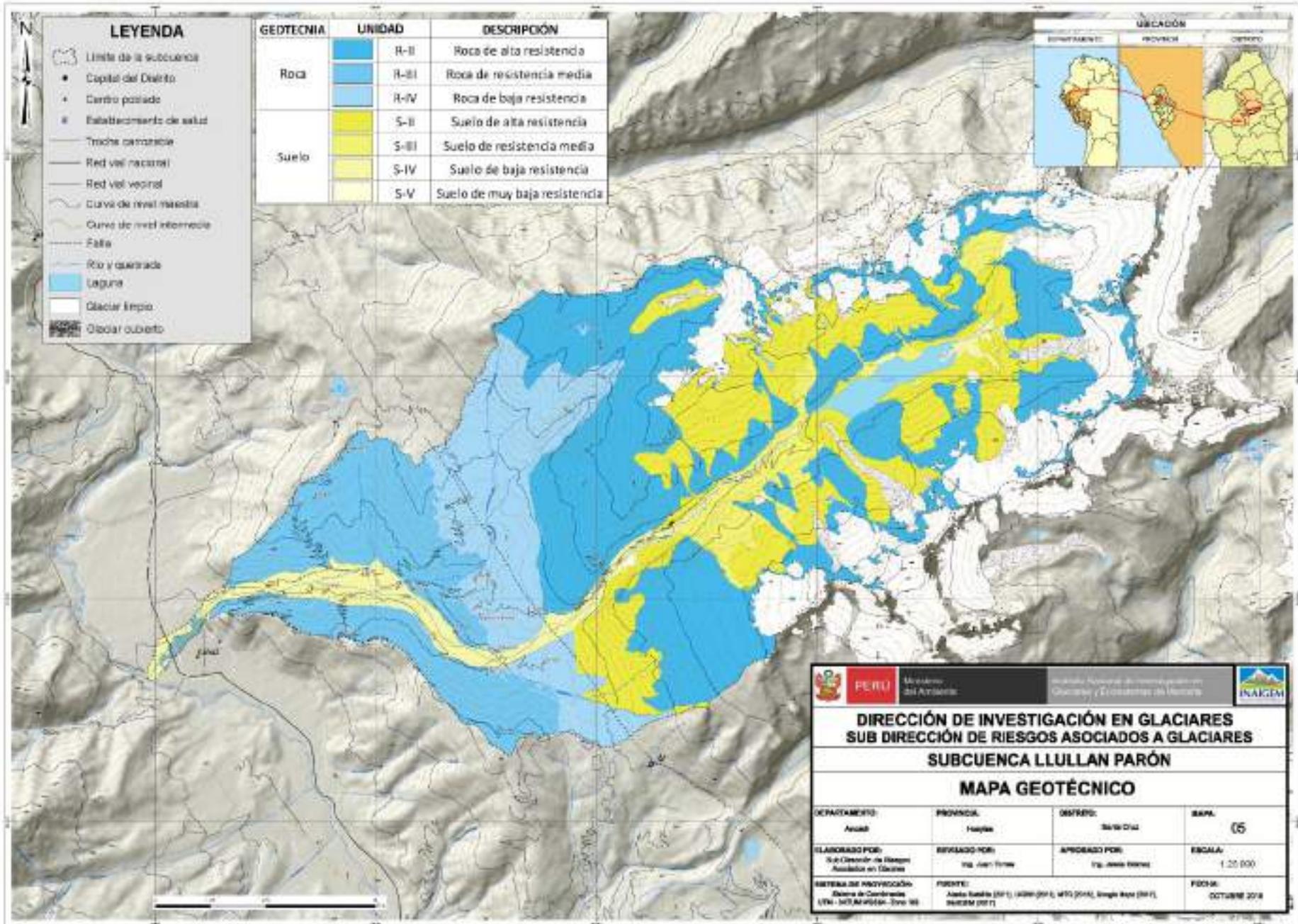
## 2.1.3. Investigaciones geotécnicas en subcuencas de origen glaciar

---

Como una segunda parte de la elaboración del mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en la subcuenca del río Lullán – Parón, se realizaron investigaciones geotécnicas superficiales para levantar el mapa de unidades geotécnicas a escala adecuada (1:25,000 o mayor) en el ámbito de estudio.

Resultados:

Se han identificado siete (7) unidades geotécnicas: roca de alta resistencia (R-II), roca de resistencia media (R-III), roca de baja resistencia (R-IV), suelo de alta resistencia (S-II), suelo de resistencia media (S-III), suelo de baja resistencia (S-IV), suelo de muy baja resistencia (S-V) (véase Mapa 4).



Mapa 4. Unidades geotécnicas de la subcuenca Lullán - Parón, escala 1:25,000.

## 2.1.4. Investigaciones sobre peligros asociados a glaciares

---

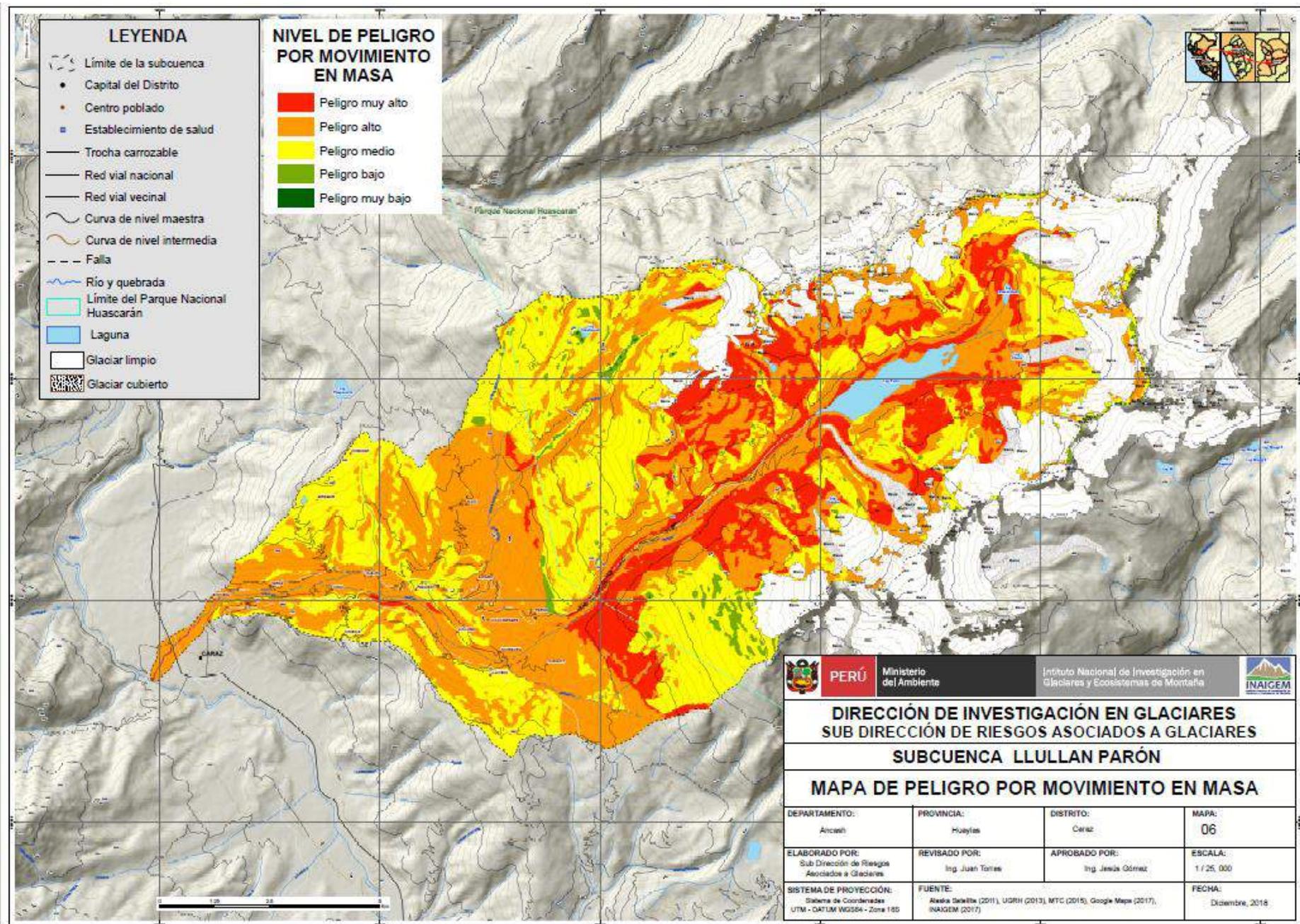
Como parte de estas investigaciones, y en base a las investigaciones geológicas, geomorfológicas, geotécnicas, se ha realizado la evaluación del nivel de susceptibilidad por movimientos en masa en la subcuenca del río Lullán-Parón, distrito de Caraz y provincia de Huaylas, departamento de Ancash. De acuerdo con los parámetros evaluados a lo largo de la subcuenca, se identificó que, en las zonas bajas de la subcuenca, predominan los niveles de peligro alto y muy alto. Se puede observar esta situación en el entorno de la laguna Parón, donde se presenta un nivel de peligro alto por las características físicas de los materiales que circundan la laguna.

### a) Evaluación del nivel de susceptibilidad por movimientos en masa en la subcuenca del río Lullán-Parón

En la subcuenca del río Lullán – Parón, se realizó la evaluación de susceptibilidad por movimientos en masa, aplicando un análisis multivariable, considerando los aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos y de pendientes. Esta evaluación permitió la determinación de los niveles de peligro o susceptibilidad por movimientos en masa en términos de muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto (véase Mapa 5).

De acuerdo con la evaluación, se identificó que en las zonas bajas de la subcuenca predominan los niveles de peligro alto y muy alto. Esta situación se observa en el entorno de la laguna Parón, donde se presenta un nivel de peligro alto debido a las características físicas de los materiales circundantes. De otra parte, se notan niveles de peligros muy altos en las laderas medias de la subcuenca. El nivel de peligro disminuye a medida que se sube en altura.

La peligrosidad de la laguna Parón, según el mapa de susceptibilidad, varía de moderada a muy alta. Se puede explicar esta situación desde dos aspectos. Primero, hay una lengua glaciar de considerable dimensión ubicada en la parte baja de la laguna Artesoncocha Alta (laguna en formación), desde donde podrían caer avalanchas, debido a que la pendiente entre el glaciar y la laguna es aproximadamente de 32 %. Una avalancha grande podría causar el desborde de la laguna en formación, produciendo un aluvión que caería sobre la laguna Artesoncocha Baja. Esta laguna podría afectar la estabilidad de la laguna Parón, generando un proceso en cadena de aluviones y la consecuente afectación considerable de las poblaciones en la parte baja de la subcuenca Lullán-Parón y en la ciudad de Caraz. El segundo aspecto de peligrosidad es el gran volumen de agua almacenado en la laguna Parón que supera los 79 Mm<sup>3</sup> (según un estudio batimétrico de la laguna hecho en 2006 por la UGRH del INRENA). Además, el sistema de regulación de inundaciones no está siendo controlado técnicamente.



Mapa 5. Peligro por movimientos en masa de la subcuenca Lullán – Parón

## 2.1.5. Evaluaciones sobre riesgos asociados a glaciares

---

### 2.1.5.1. Evaluación de riesgo por aluvión

---

La evaluación de riesgo por aluvión consiste en determinar el impacto que tendría dicho evento en la parte baja de la subcuenca, identificando el nivel de vulnerabilidad de los elementos expuestos, tales como la población, las viviendas y las estructuras importantes (puentes, canales, estadios, mercados, instituciones educativas y otros) en caso de un aluvión. Posterior a la evaluación, se recomendará la adopción de medidas estructurales y no estructurales que permitirán a las poblaciones gestionar adecuadamente el riesgo a través de sus autoridades regionales y locales.

Es de resaltar que las evaluaciones de riesgo son realizadas por el INAIGEM en base a la normativa nacional que establece el Centro Nacional de Estimación y Prevención del Riesgo de Desastres (CENEPRED) en el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, que se enmarca dentro de la gestión Prospectiva y Correctiva y dentro del Proceso de Estimación del Riesgo. Además, la huella de inundación del potencial aluvión, tomada como referencia para los estudios, fue resultado de la modelización computacional usando HEC-RAS 5.03 como el escenario más pesimista. Los estudios ejecutados y los resultados preliminares corresponden a una línea base sobre la población expuesta al peligro por aluvión y los daños económicos potenciales.

#### a) Evaluación de riesgo por aluvión en la subcuenca del río Quillcay

Este estudio sirve para conocer el impacto que podría ocasionar un aluvión en la subcuenca del río Quillcay, determinando el nivel de vulnerabilidad de los elementos expuestos, como son la población, las viviendas y las estructuras importantes, y definiendo su nivel de riesgo. Posterior a la evaluación, se recomendará la adopción de medidas estructurales y no estructurales que permitirán a las poblaciones gestionar adecuadamente el riesgo a través de sus autoridades regionales y locales. Con relación a la vulnerabilidad de los elementos expuestos, se realizó la separación entre las poblaciones y viviendas y las estructuras. En el análisis de las poblaciones y viviendas, se evalúan las dimensiones sociales, físicas, económicas y ambientales; y, en el caso de las estructuras, se evalúa solo la dimensión física.

Se desarrolló la evaluación de riesgo por separado para la parte baja de la subcuenca y la ciudad de Huaraz, a pesar de que la ciudad corresponde geográficamente a la parte baja de la subcuenca. Debido a que la población de la ciudad se estima en 114,416 personas (censo INEI, 2017), implica una evaluación de riesgo a detalle del impacto que tendría un aluvión en la población y en sus medios de vida. A continuación, se detallan los resultados de las evaluaciones de riesgo.

- Evaluación de los riesgos por aluvión en la zona baja de la subcuenca Quillcay

El análisis de vulnerabilidad fue realizado a las poblaciones y viviendas, separadas de las estructuras, porque en el análisis de las poblaciones y viviendas se utilizan las dimensiones sociales, físicas, económicas y ambientales, mientras que, en el de estructuras, solo se utiliza la dimensión física.

Se han identificado los elementos expuestos conformados por 765 personas, 326 viviendas y seis estructuras de importancia local, donde el peligro se calificó en los niveles muy alto, alto, medio y bajo, de acuerdo con el grado de exposición al peligro por aluvión.

En el área de estudio se determinó que el 1% de las viviendas tiene vulnerabilidad muy alta, el 84% alta, el 14% media y el 1% baja. De otra parte, el 17% de las estructuras posee vulnerabilidad muy alta, 50% alta y 33% media.

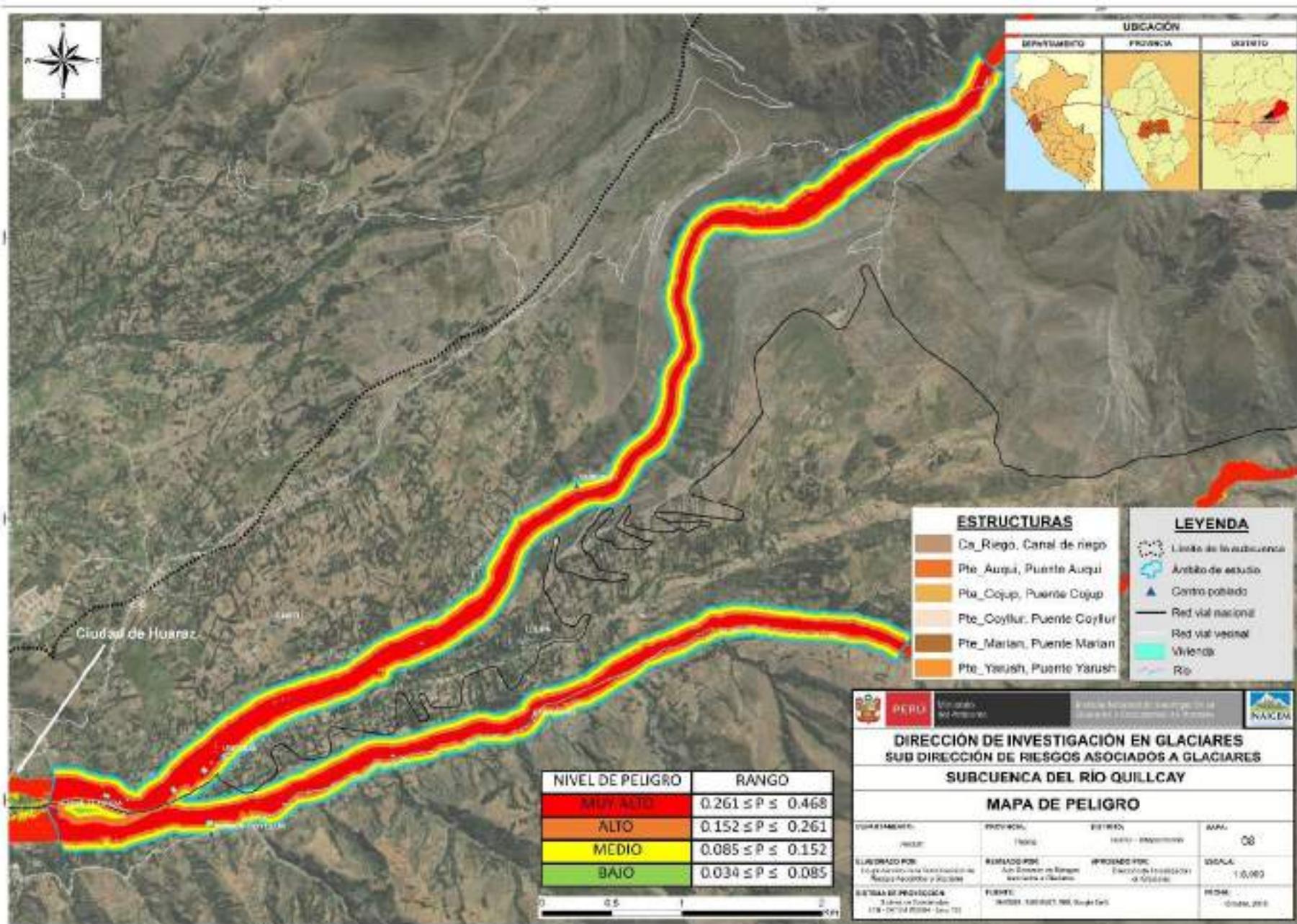
En relación con los niveles de riesgo, se determinó que el 10% de las viviendas tienen niveles de riesgo muy alto, 52% alto, 37% medio y 1% bajo. En cuanto a las estructuras, el 86% posee niveles de riesgo muy alto y 14% alto.

Ante un aluvión en la parte baja de la subcuenca Quillcay, el valor de los efectos probables ha sido estimado en S/. 2,813,897.55, incluyendo los costos de afectación a las viviendas e infraestructura. Para el cálculo de daños probables se ha considerado la afectación de 326 viviendas con un costo de S/. 1,869,213.50 y seis estructuras con un costo de S/. 944,684.05.

El cálculo del control de riesgos determina que el nivel de consecuencia y daños es alto. El nivel de aceptabilidad y/o tolerancia indica que se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos.

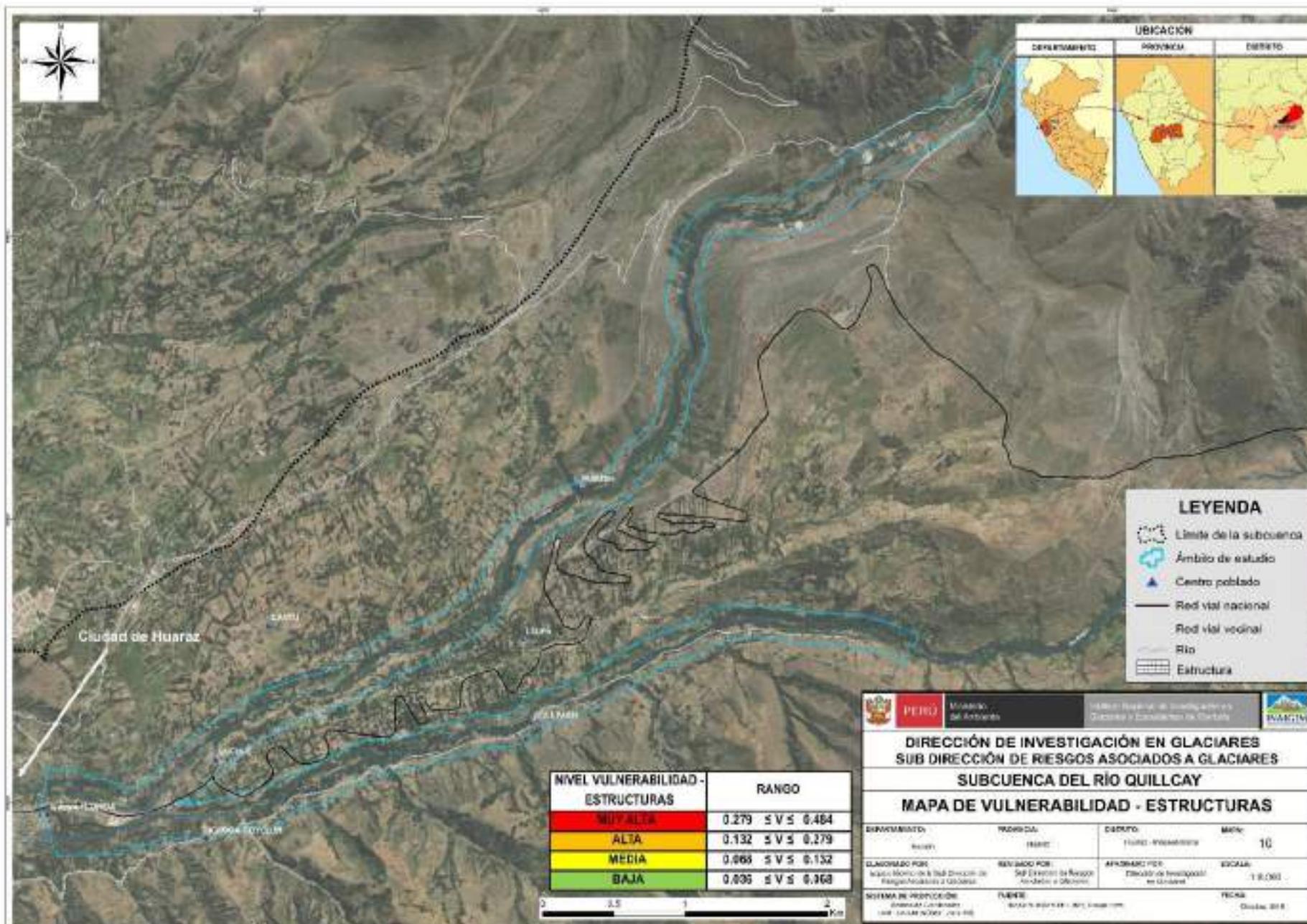
La evaluación del riesgo por aluvión en la parte baja de la subcuenca Quillcay muestra que los niveles de riesgo son predominantemente alto y medio para viviendas, y muy alto y alto para estructuras. Si bien el peligro también es muy alto y alto dadas las condiciones del territorio, la vulnerabilidad puede modificarse y reducirse mejorando sus condiciones sociales, físicas, económicas y ambientales.

A continuación, se muestran los mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo de la subcuenca (véase Mapas 6, 7, 8 y 9).

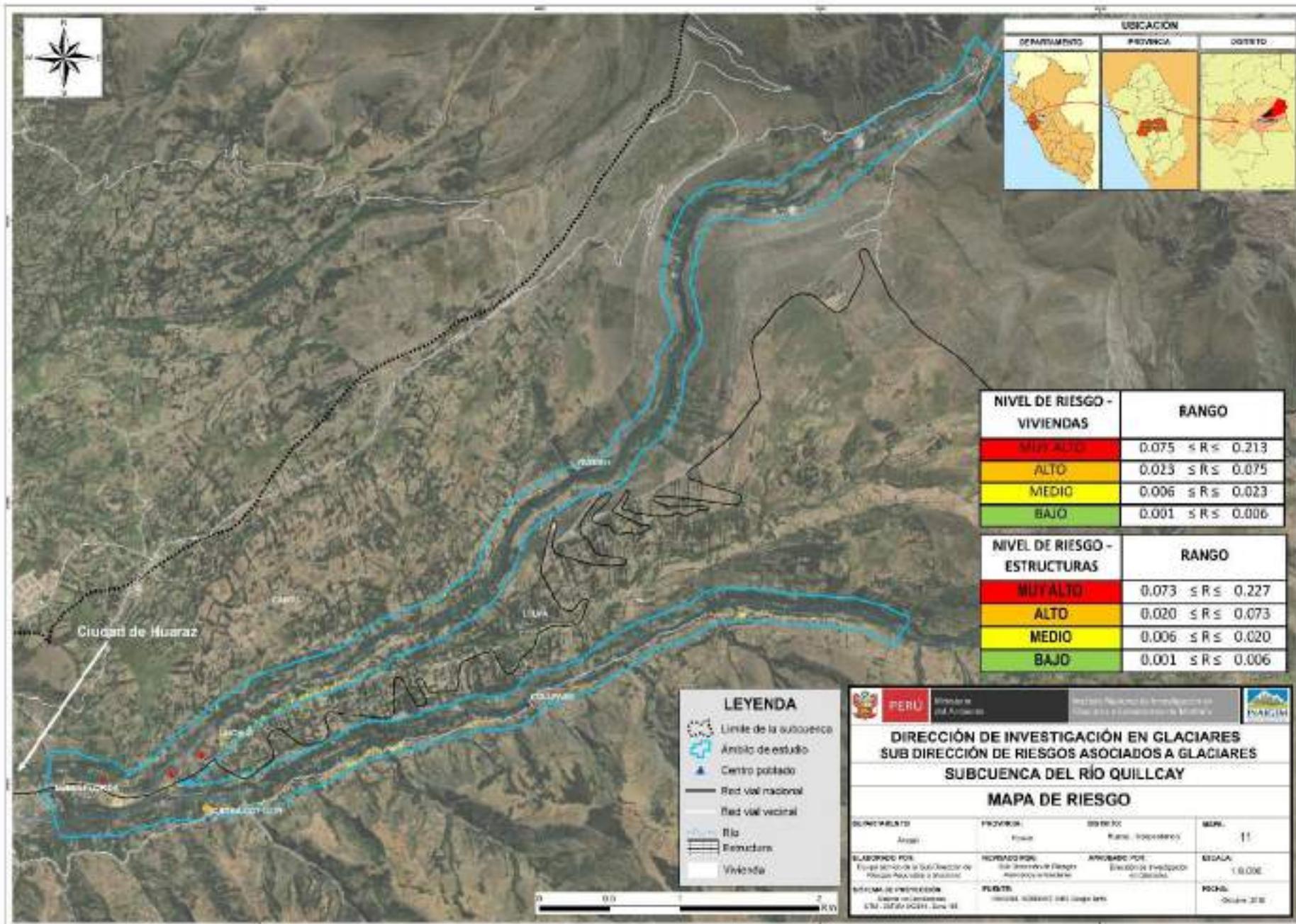


Mapa 6. Peligros, parte baja de la subcuenca del río Quillcay, Huaraz, Ancash.





Mapa 8. Vulnerabilidad de estructuras, parte baja de la subcuenca del río Quillcay, Huaraz, Ancash.



Mapa 9. Riesgo de parte baja de la subcuenca del río Quillcay, Huaraz, Ancash.

- Evaluación del riesgo por aluvión en la ciudad de Huaraz

Las zonas urbanas de los distritos de Huaraz e Independencia conforman la ciudad de Huaraz, capital del departamento de Ancash, donde se ha realizado la evaluación de riesgo por aluvión para conocer las poblaciones e infraestructura expuestas al peligro, y los impactos, los niveles de riesgo de la ciudad y la propuesta de control de riesgo a ser ejecutada por los decisores.

Se han identificado los elementos expuestos conformados por 27,407 personas, 6583 viviendas y 68 estructuras de importancia local, donde el peligro se calificó en los niveles muy alto, alto, medio y bajo, de acuerdo con el grado de exposición de peligro por aluvión.

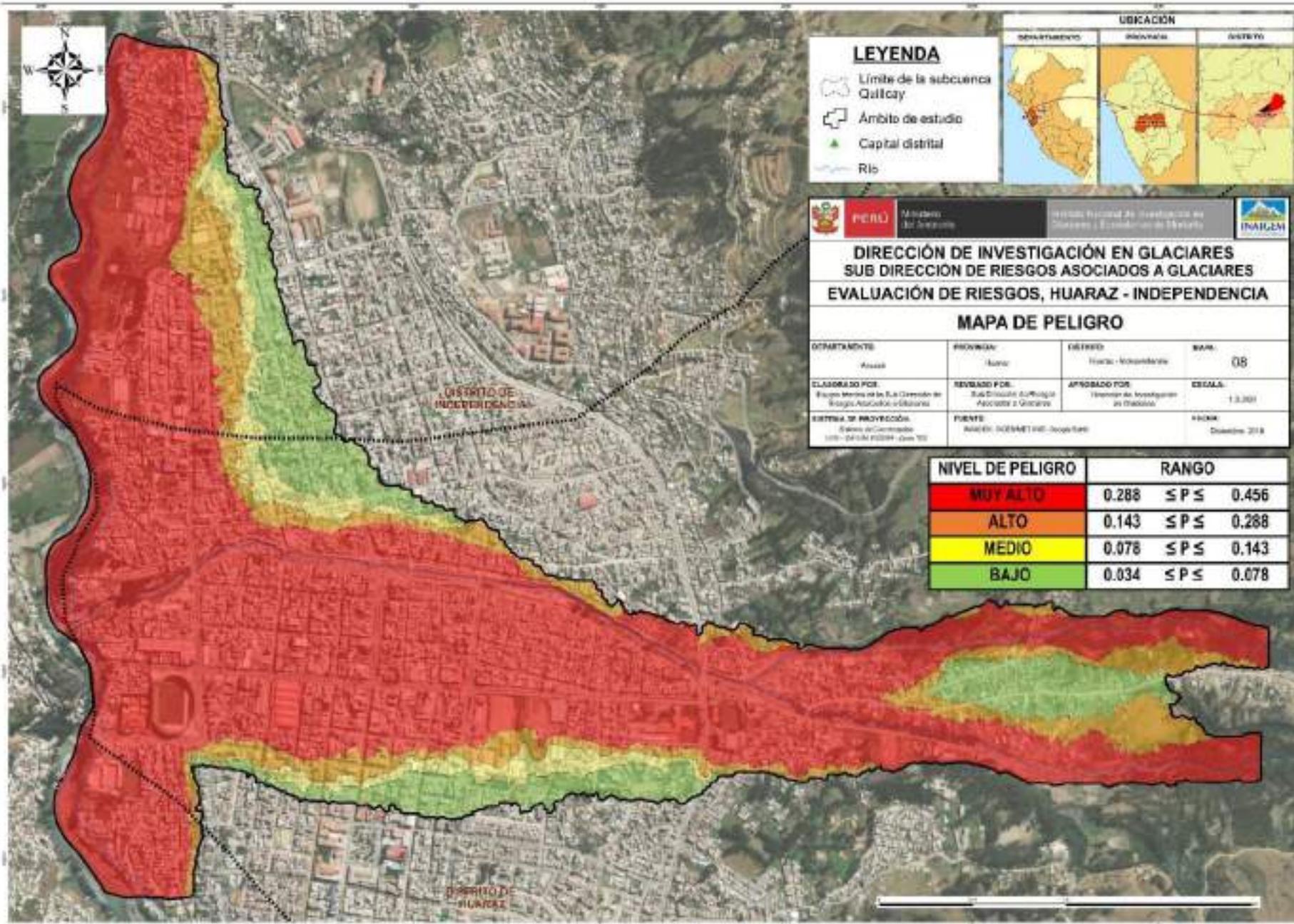
En relación con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, se identificó que el 81% de viviendas tienen una vulnerabilidad muy alta, 8% alta y 11% media. En cuanto a las estructuras, el 3% tiene una vulnerabilidad muy alta, 26% alta, 60% media y 11% baja.

Con relación a los niveles de riesgo, se determinó que el 88% de las viviendas tiene riesgo muy alto, 5% alto y 7% medio. El 16% de las estructuras tiene riesgo muy alto, 19% alto, 63% medio y 2% bajo.

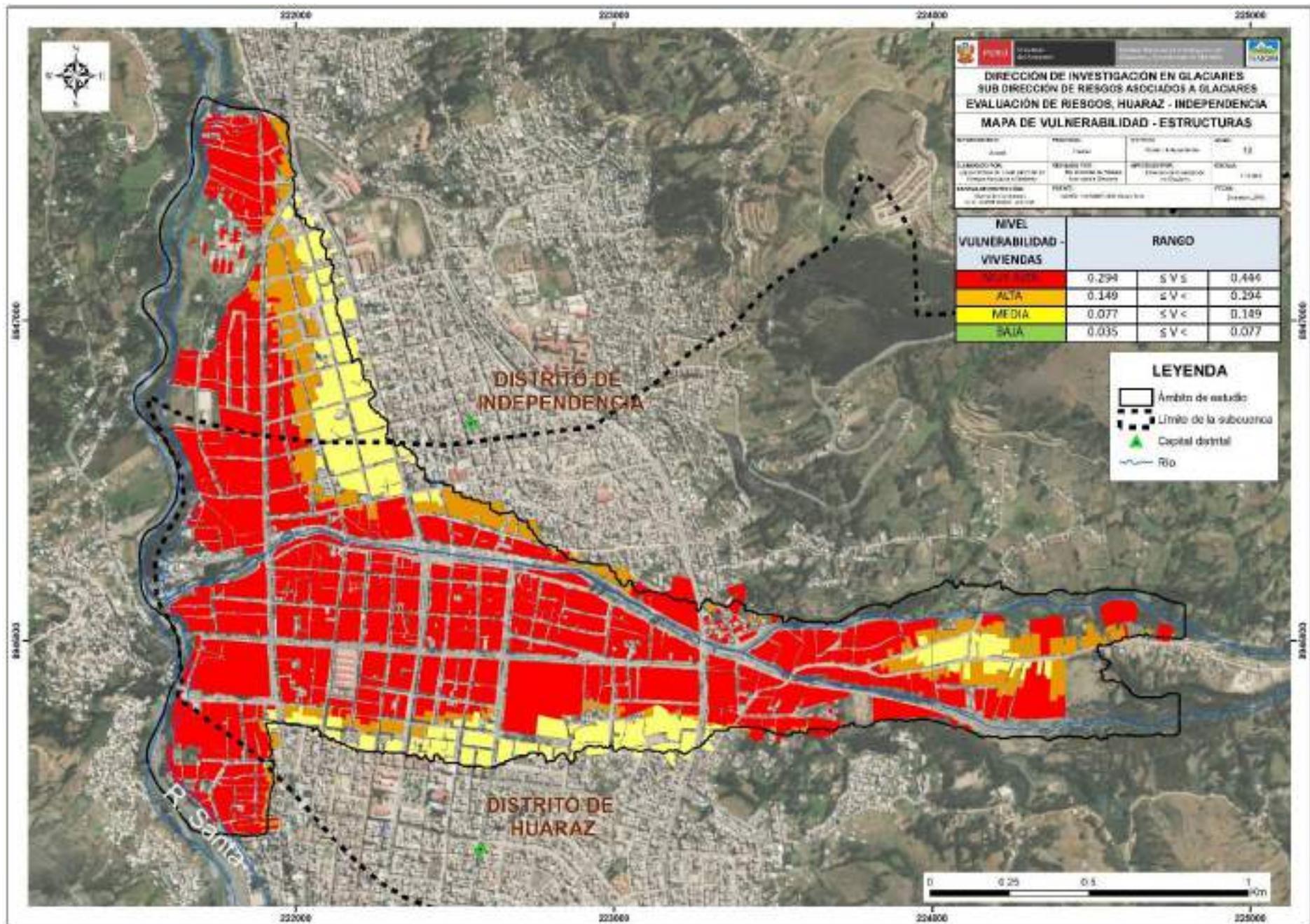
Ante un probable aluvión que afecte a la ciudad de Huaraz, el costo de los efectos probables ha sido estimado en S/. 701,274,343, incluyendo los costos de afectación a las viviendas e infraestructura. Para el cálculo de daños probables se ha considerado la afectación de 6583 viviendas, con un costo de S/. 255,941,947 y 68 estructuras, con un costo de S/. 445,332,396

El cálculo del control de riesgos determina que el nivel de consecuencia y daños es MUY ALTO; el nivel de aceptabilidad y/o tolerancia indica que es INADMISIBLE, donde se deben aplicar inmediatamente medidas de CONTROL FÍSICO y, de ser posible, transferir inmediatamente los riesgos.

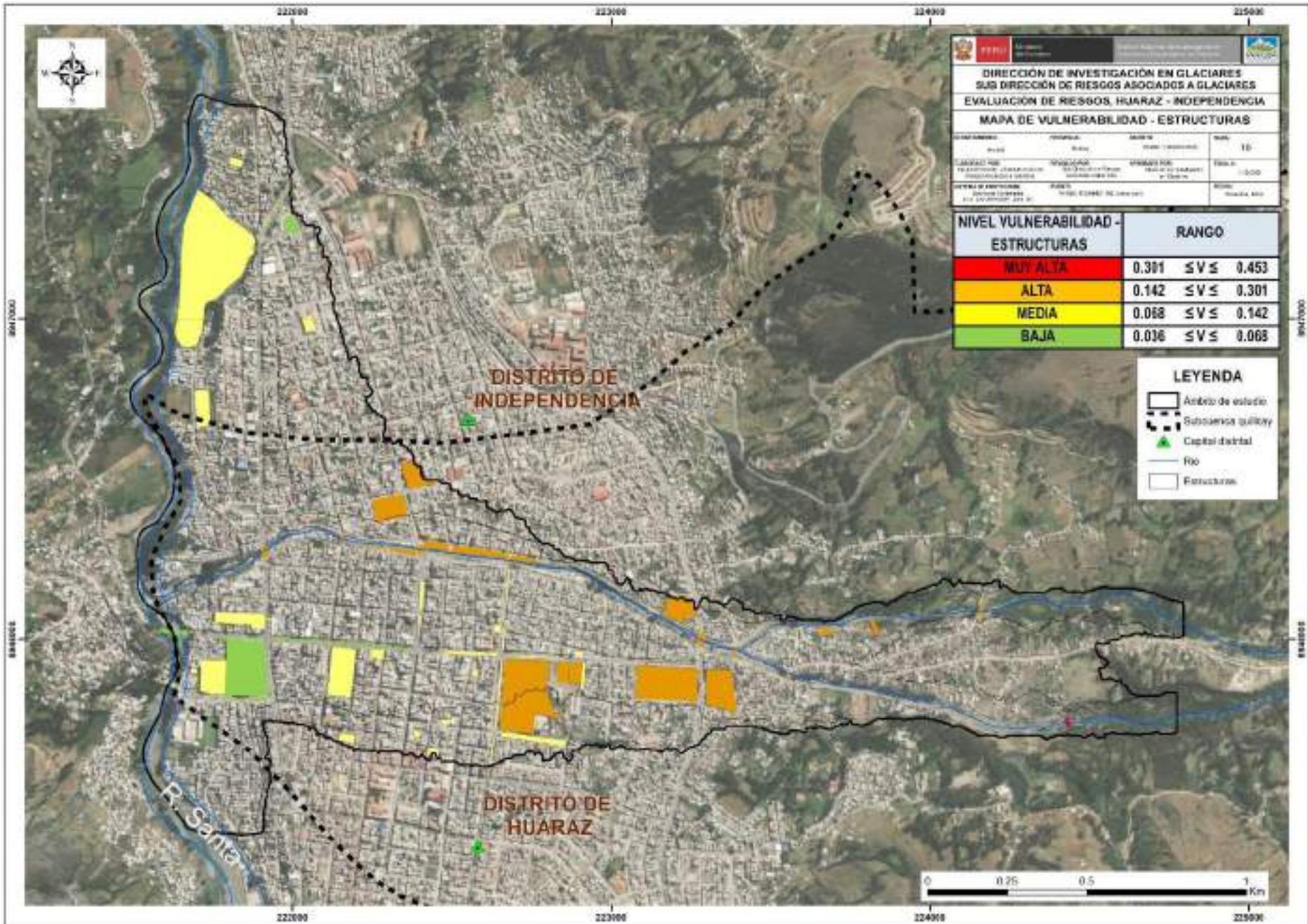
De acuerdo con la Evaluación del Riesgo por Aluvión, será necesaria la adopción de medidas estructurales y no estructurales, así como la renovación del compromiso con la Gestión del Riesgo de parte del gobierno central, gobierno regional y los gobiernos locales. A continuación, se muestran los mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo de la subcuenca (véase Mapas 10, 11, 12 y 13).



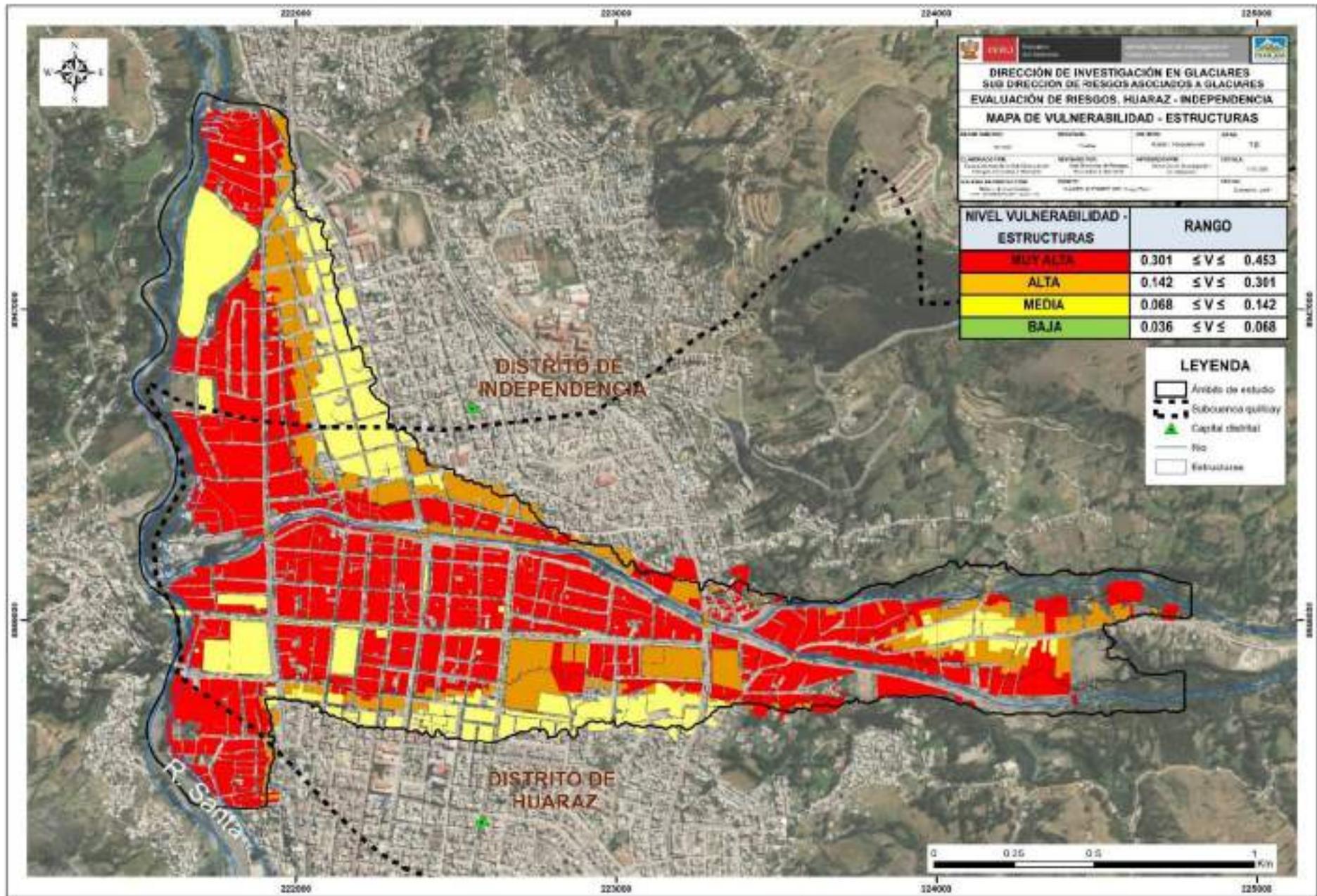
Mapa 10. Peligros de la ciudad de Huaraz, Ancash.



Mapa 11. Vulnerabilidad de viviendas de la ciudad de Huaraz, Ancash.



Mapa 12. Vulnerabilidad de estructuras de la ciudad de Huaraz, Ancash.



Mapa 13. Riesgo de la ciudad de Huaraz, Ancash.

## b) Evaluación de riesgo por aluvión en la subcuenca del río Pariac - Rajucolta

La evaluación de riesgo en esta subcuenca permite conocer el impacto que podría ocasionar un aluvión en ella, basado en los peligros existentes y en el nivel de vulnerabilidad en que se encuentran los elementos expuestos (población, viviendas y estructuras importantes). A partir de los resultados, se recomiendan las medidas estructurales y no estructurales que permitirían que la población pueda gestionar adecuadamente el riesgo, a través de sus autoridades regionales y locales. A continuación, se detallan los resultados de la evaluación de riesgos en la subcuenca del río Pariac-Rajucolta.

En la evaluación realizada a la subcuenca se ha priorizado el estudio de la parte baja donde se localizan los elementos expuestos, conformado por 678 personas, 356 viviendas y 19 estructuras de importancia local, donde el peligro es expresado en los niveles muy alto, alto, medio y bajo, de acuerdo con el grado de exposición al peligro por aluvión.

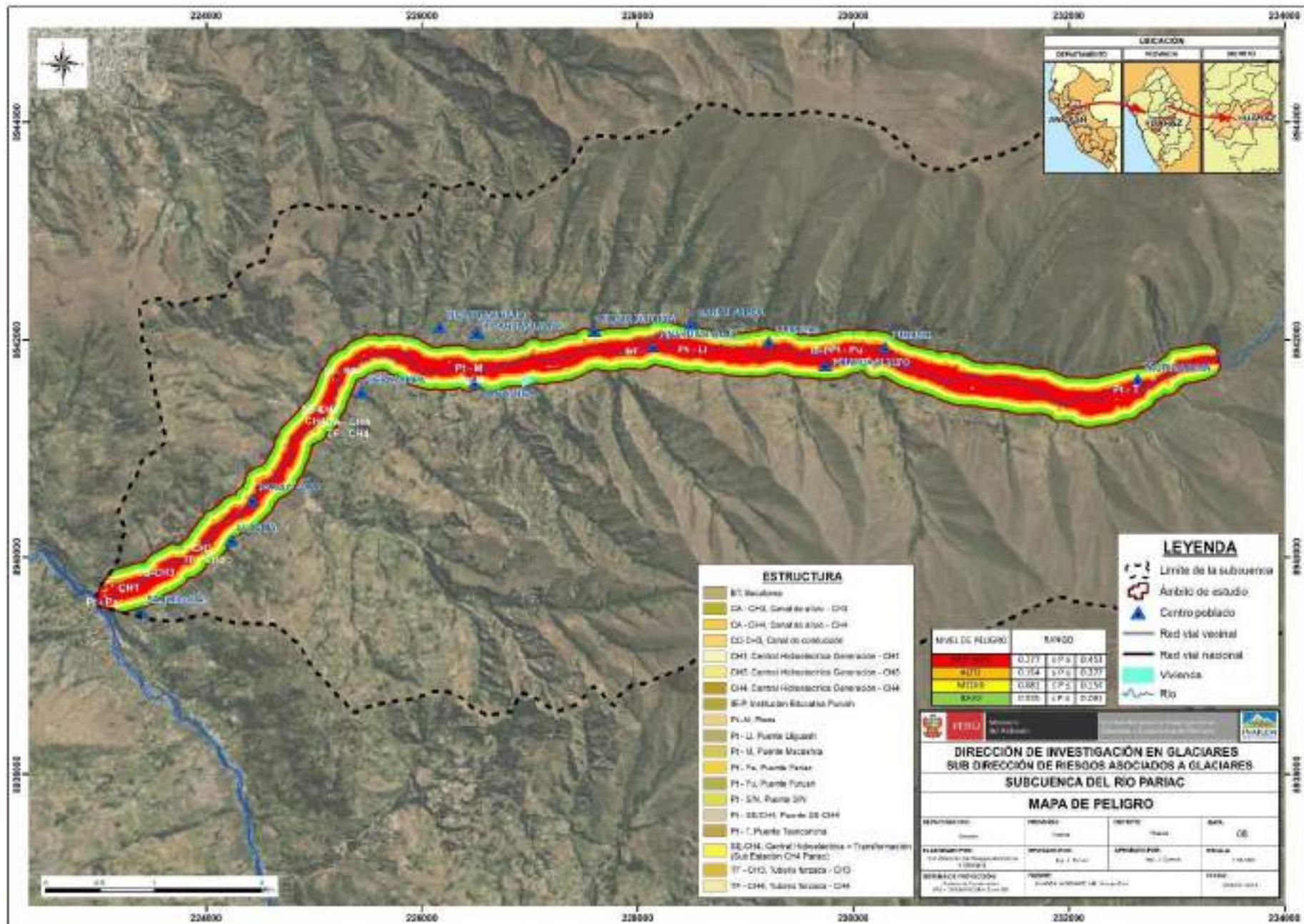
El análisis de vulnerabilidad fue realizado separando las poblaciones y viviendas de las estructuras, debido a que, en el análisis de las poblaciones y viviendas, se utilizan las dimensiones sociales, físicas, económicas y ambientales, mientras que, en el de estructuras, solo la dimensión física. Se ha determinado que, en el área de estudio, el 1% de las viviendas posee vulnerabilidad muy alta, el 93% alta y el 6% media. Además, el 5% de las estructuras posee vulnerabilidad muy alta, 53% alta, 32% media y 10% baja.

En relación con el riesgo, se determinó que el 40.7% de las viviendas presenta riesgo muy alto, 44.1% alto y 15.2% medio. El 62% de las estructuras posee riesgo muy alto, 32% alto y 6% bajo.

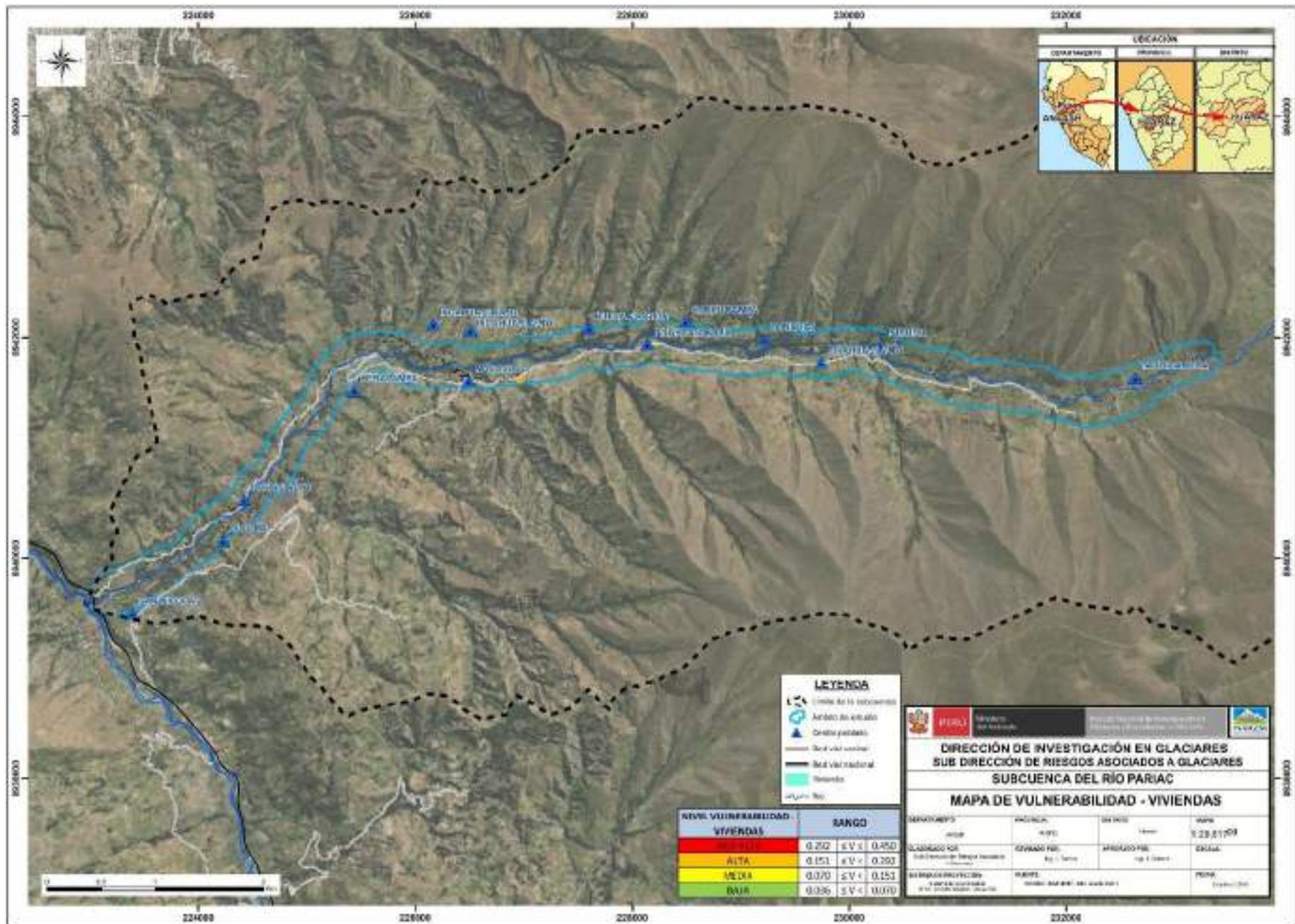
Ante un aluvión que afecte la parte baja de la subcuenca Pariac, los efectos probables han sido estimados en S/. 17,817,546, incluyendo los costos de afectación a las viviendas e infraestructuras. Para el cálculo de daños probables se ha considerado la afectación de 356 viviendas, con un costo de S/. 1,868,872 y 19 estructuras con un costo de S/. 15,948,673.

El cálculo del control de riesgos determina que el nivel de consecuencia y daños es alto y el nivel de aceptabilidad y/o tolerancia indica que se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos.

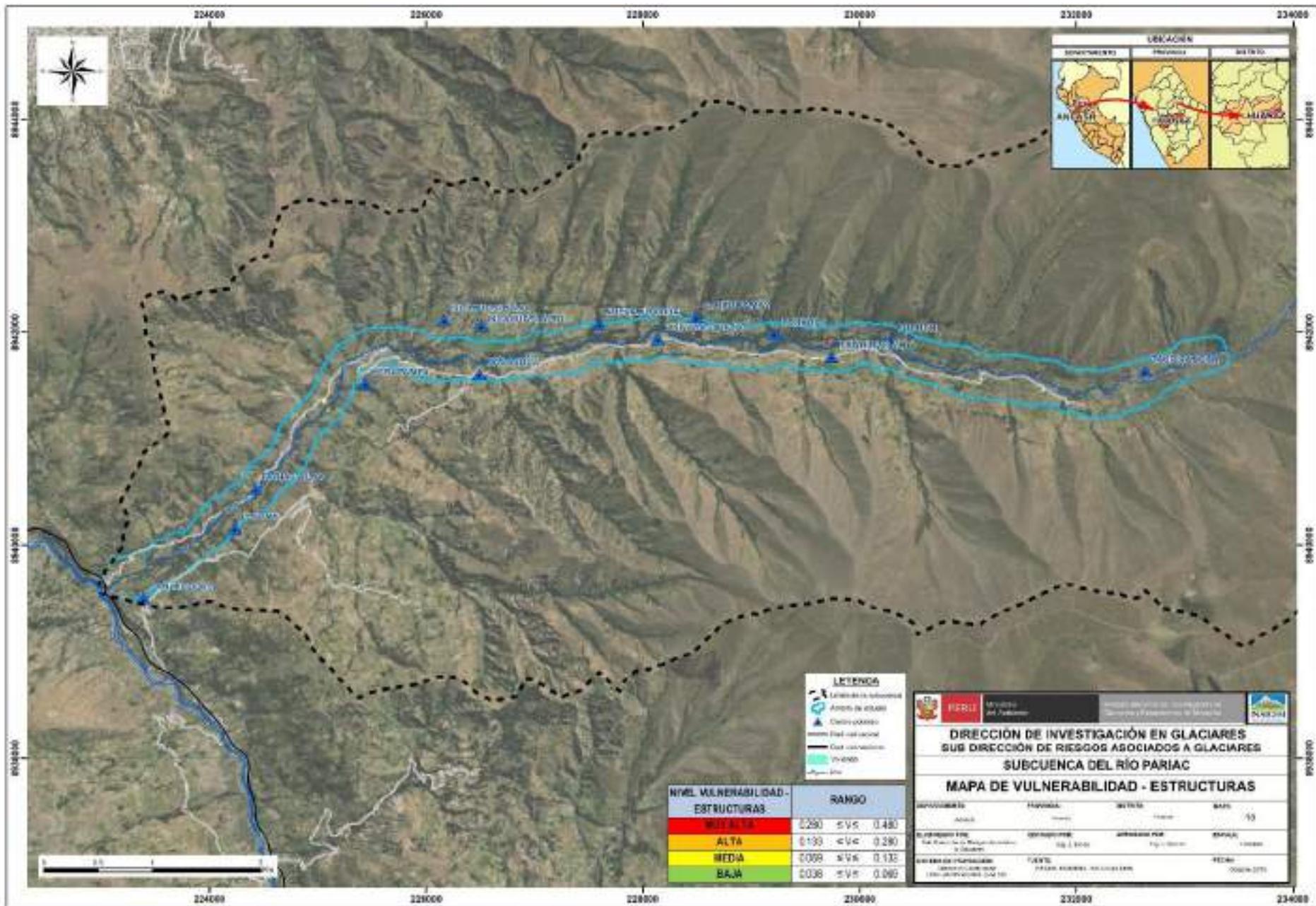
La evaluación del riesgo por aluvión en la parte baja de la subcuenca Pariac muestra que los niveles de riesgo son predominantemente medio y alto para viviendas y estructuras. Si bien el peligro también es muy alto y alto dadas las condiciones del territorio, la vulnerabilidad puede modificarse y reducirse mejorando sus condiciones sociales, físicas, económicas y ambientales. A continuación, se muestran los mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo de la subcuenca (véase Mapas 14, 15, 16 y 17).



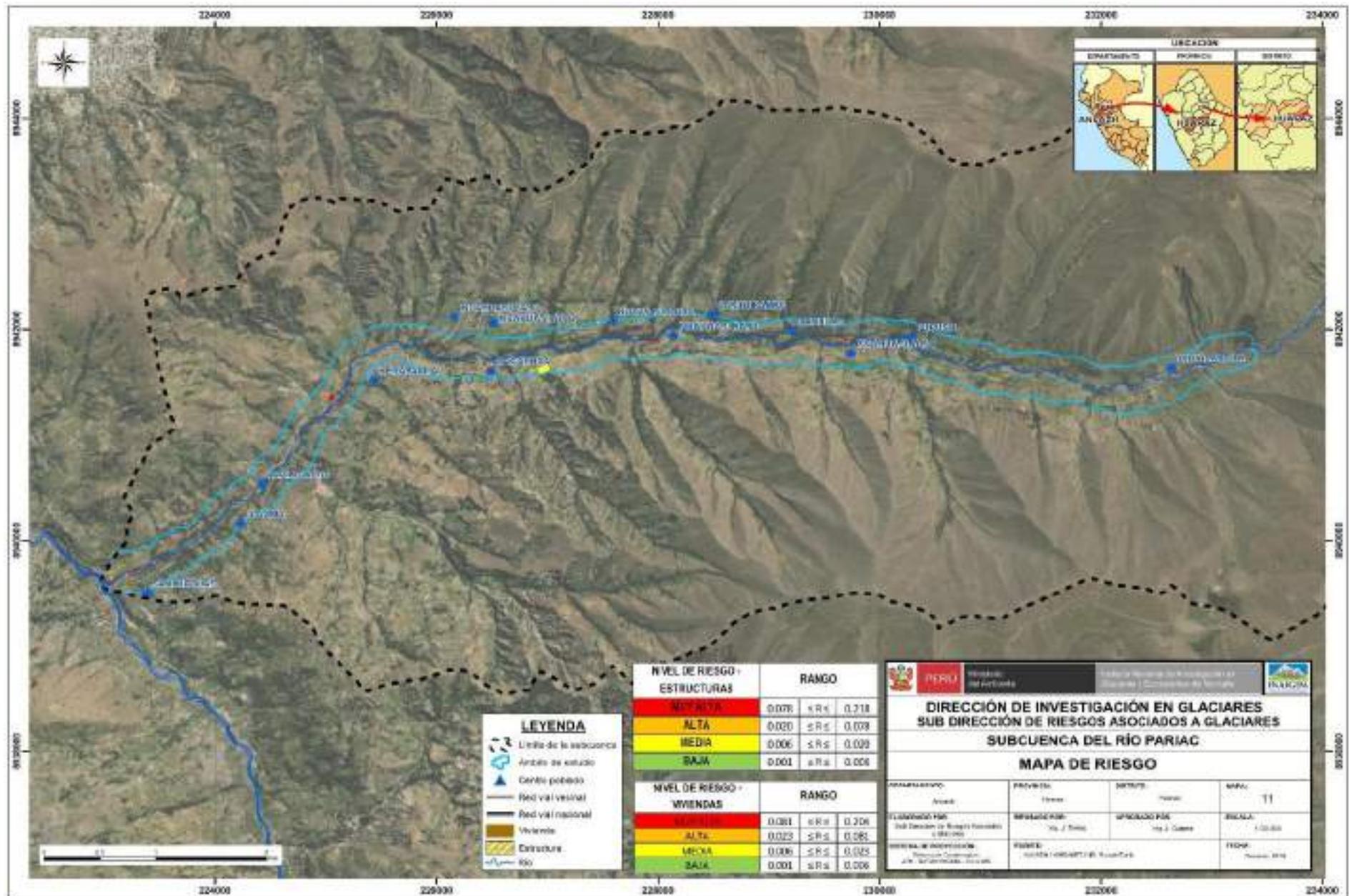
Mapa 14. Peligros de parte baja de la subcuenca del río Pariac – Rajucolta, Huaraz, Ancash.



Mapa 15. Vulnerabilidad – viviendas, parte baja de la subcuenca del río Pariac – Rajucolta, Huaraz, Ancash.



Mapa 16. Vulnerabilidad – estructuras, parte baja de la subcuenca del río Pariac – Rajucolta.



Mapa 17. Riesgo de parte baja de la subcuenca del río Pariac – Rajucolta, Huaraz, Ancash

### c) Evaluación de riesgo en la subcuenca Santa Cruz

La evaluación de riesgo en esta subcuenca permite conocer el impacto que podría ocasionar un aluvión en ella. Su nivel de riesgo se define basado en los peligros existentes y en el nivel de vulnerabilidad en el que se encuentran los elementos expuestos, como población, viviendas y estructuras importantes. A continuación, se detallan los resultados de la evaluación de riesgos en la subcuenca del río Santa Cruz.

En la subcuenca Santa Cruz, en el distrito de Santa Cruz, provincia de Huaylas, departamento de Ancash, se ha priorizado el estudio de la parte baja de la subcuenca porque es ahí donde se localizan los elementos expuestos, conformados por 525 personas, 234 viviendas y 12 estructuras de importancia distrital, donde el peligro es expresado en los niveles muy alto, alto y bajo, de acuerdo con el grado de exposición al peligro por aluvión.

El análisis de vulnerabilidad se ha realizado separando las poblaciones y viviendas de las estructuras, debido a que, en el análisis de las poblaciones y viviendas, se han utilizado las dimensiones sociales, físicas, económicas y ambientales, mientras que, en el de estructuras, solo la dimensión física. Se ha determinado que, en el área de estudio, el 7.5% de las viviendas posee vulnerabilidad alta y el 92.5% media. En cuanto a las estructuras, el 50% posee vulnerabilidad muy alta, 17% alta y 33% media.

Con relación al riesgo, se ha determinado que la zona baja de la subcuenca Santa Cruz presenta los siguientes niveles de riesgo en viviendas: 5% riesgo muy alto, 6% alto y 89% bajo. Para las estructuras, el 30% posee riesgo muy alto, 22% alto, 26% medio y 22% bajo.

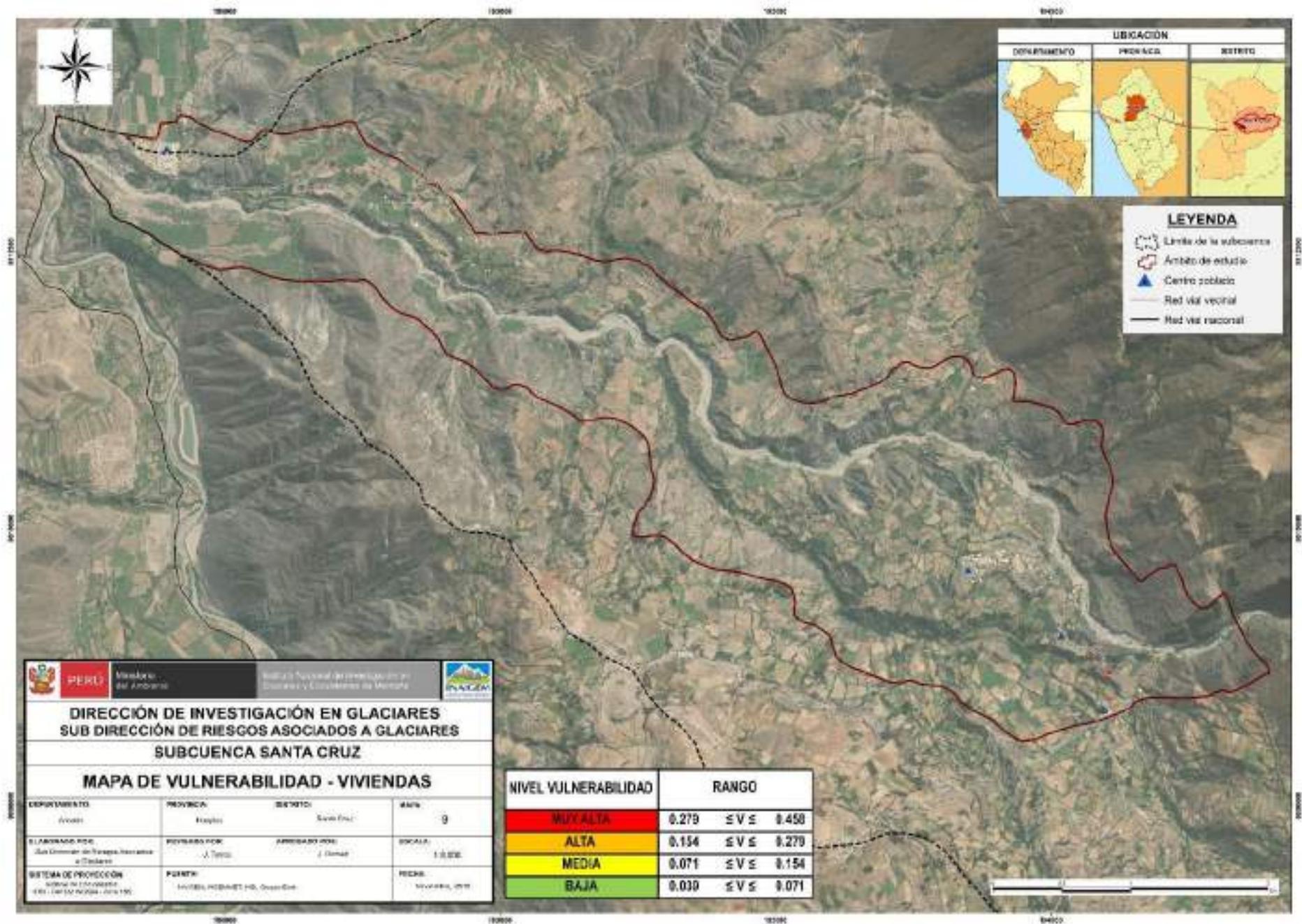
Ante un aluvión en la parte baja de la subcuenca Santa Cruz, los efectos probables han sido estimados en S/. 18,955,000. Este monto comprende los daños y las pérdidas probables. Para el cálculo de daños probables se ha considerado la afectación de 26 viviendas y seis estructuras, lo que haría un total de S/. 18,590,000, y las pérdidas probables serían de S/. 365,000.

El cálculo del control de riesgos determina que el nivel de consecuencia y daños es alto, mientras que el nivel de aceptabilidad y/o tolerancia indica que se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos.

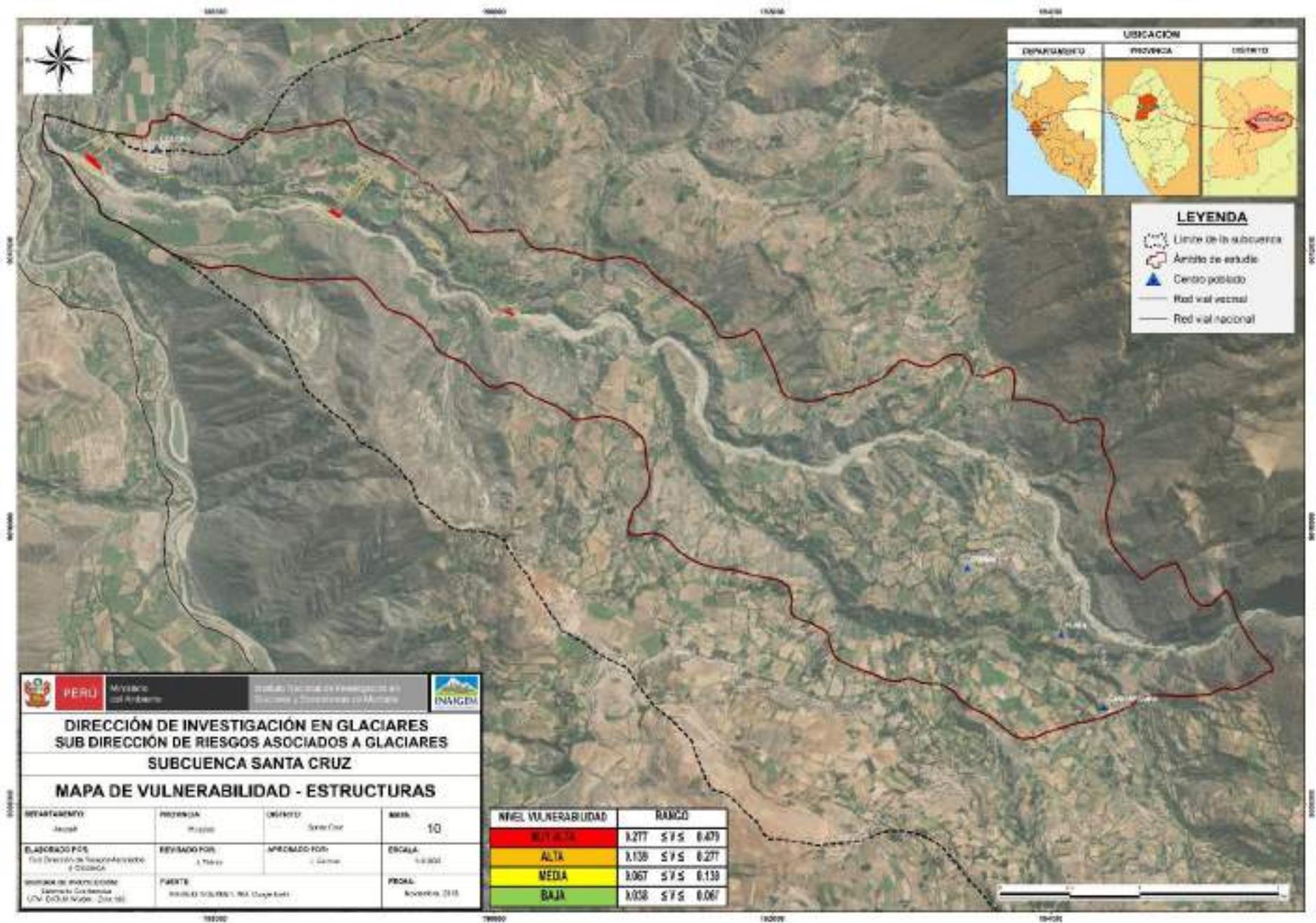
La evaluación del riesgo por aluvión en la parte baja de la subcuenca Santa Cruz muestra que el nivel de riesgo es mayormente bajo para viviendas y muy alto para estructuras. Cabe precisar que, si bien el peligro es muy alto y alto, dadas las condiciones del territorio y las sociales, físicas, económicas y ambientales de los medios de vida, el riesgo puede reducirse.

A continuación, se muestran los mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo de la subcuenca Santa Cruz (véase Mapas 18, 19, 20 y 21)

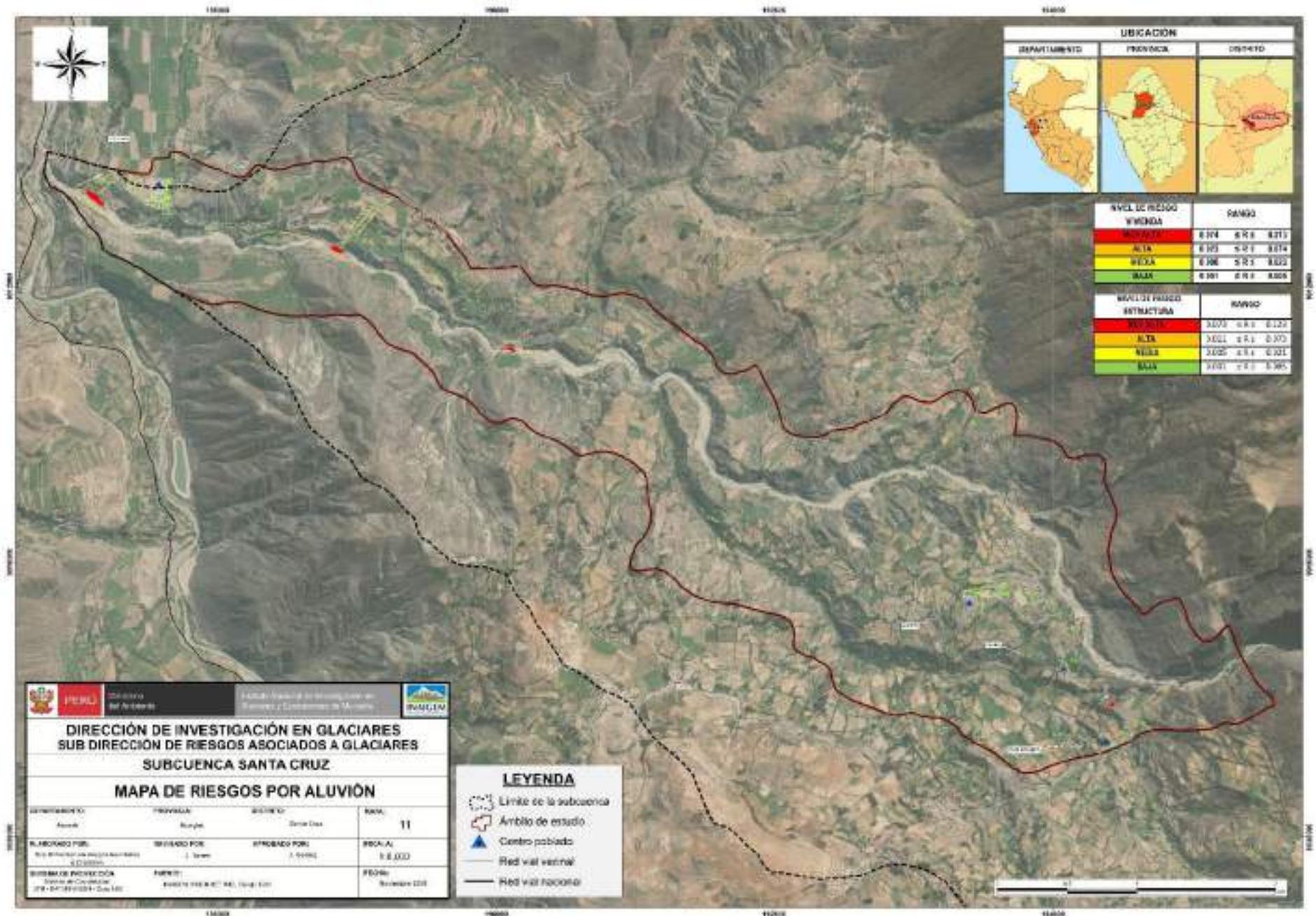




Mapa 19. Vulnerabilidad - viviendas, parte baja de la subcuenca Santa Cruz.



Mapa 20. Vulnerabilidad - estructuras, parte baja de la subcuenca Santa Cruz.



Mapa 21. Riesgos en arte baja de la subcuenca Santa Cruz.

## 2.1.6. Sistema de monitoreo de laguna Palcacocha

En 2018 se continuó con el monitoreo de la laguna Palcacocha mediante la vigilancia con video en tiempo real. Las acciones fueron la medición del rendimiento y desempeño. Se determinó el número de incidentes de interrupción de servicio. Para el análisis se consideraron factores como el tiempo de inactividad, posibles causas y frecuencia de ocurrencia.

Desde diciembre de 2017 (el inicio a las actividades del sistema), hasta el cierre del mes de septiembre 2018, se detectó un total de nueve incidencias de corte, de los cuales el 70% fueron producidas por problemas eléctricos en la sede central (cortes de energía) y el 30% restante por errores de *software* (véase Figura 33).



Figura 33. Caídas del Sistema

La capacidad de transmisión y recepción varía entre 191-196 Mbps. Sin embargo, se realizaron pruebas de operación cambiando el ancho de banda de 20 a 30 MHz, consiguiendo duplicar la capacidad de la red, lo que muestra una estabilidad en la velocidad de operación del sistema (véase Figura 34).



Figura 34. Gráfico de performance.

## a) Difusión de contenidos

Durante el mes de septiembre, se hizo entrega de información ambiental consistente en imágenes del estado de la laguna Palcacocha (véase Figura 35). Dicha información fue requerida por la Universidad de Zúrich y, en el futuro, se espera efectuar trabajos conjuntos en el ámbito de los glaciares y ecosistemas de montaña. La información se encuentra disponible en:

<https://drive.google.com/open?id=1nXlpGKGww3wvNc8AGd7PPf7U50-coYZ9>

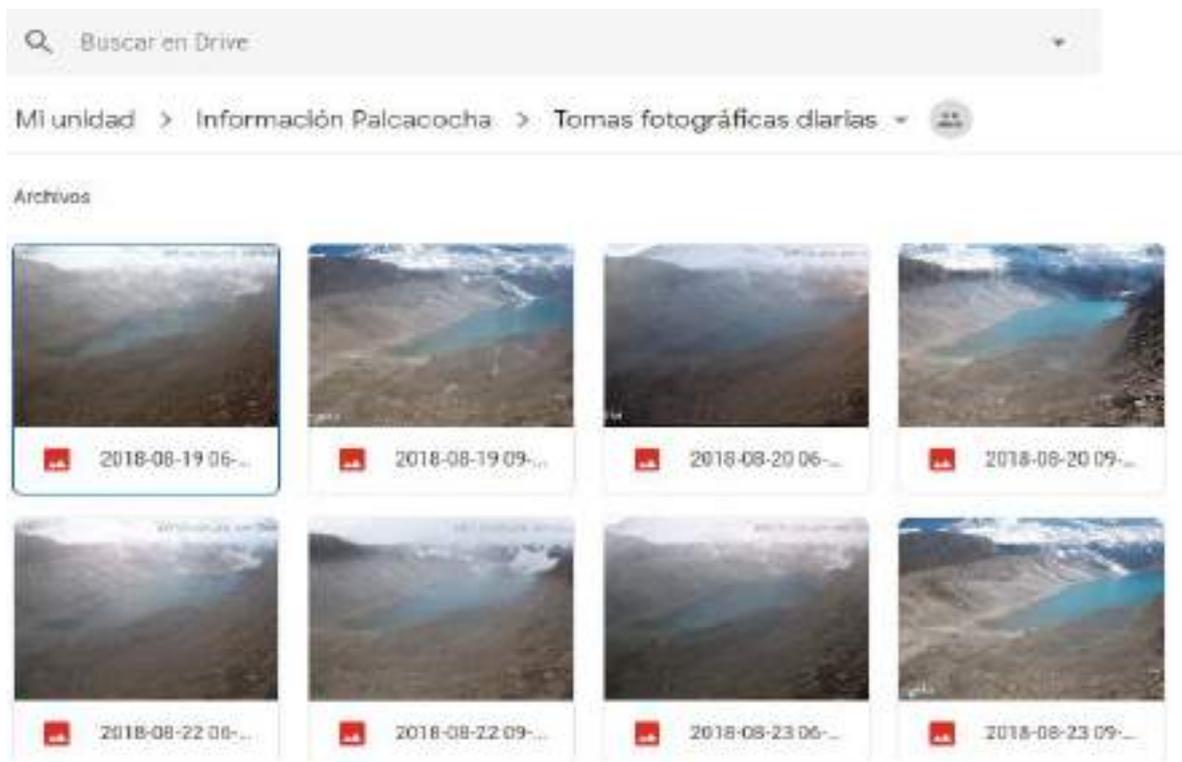


Figura 35. Recortes fotográficos del sistema de monitoreo de la laguna Palcacocha

## 2.1.7. Estudio geomático

Los estudios en geomática se desarrollan en los ámbitos de glaciares y ecosistemas de montaña para la obtención de información detallada (resolución espacial menor a un metro) y de precisión (margen de error menor a 10 milímetros), para su interpretación y análisis. Las principales actividades geomáticas que se desarrollan son: trabajo fotogramétrico empleando tecnología VANT (véase Figura 36), registro de puntos de control con GPS diferencial, trabajos cartográficos y obtención de imágenes satelitales.

Durante el año 2018 se realizaron trabajos fotogramétricos en las áreas glaciares y ecosistemas de montaña que se detallan en la Tabla 8.

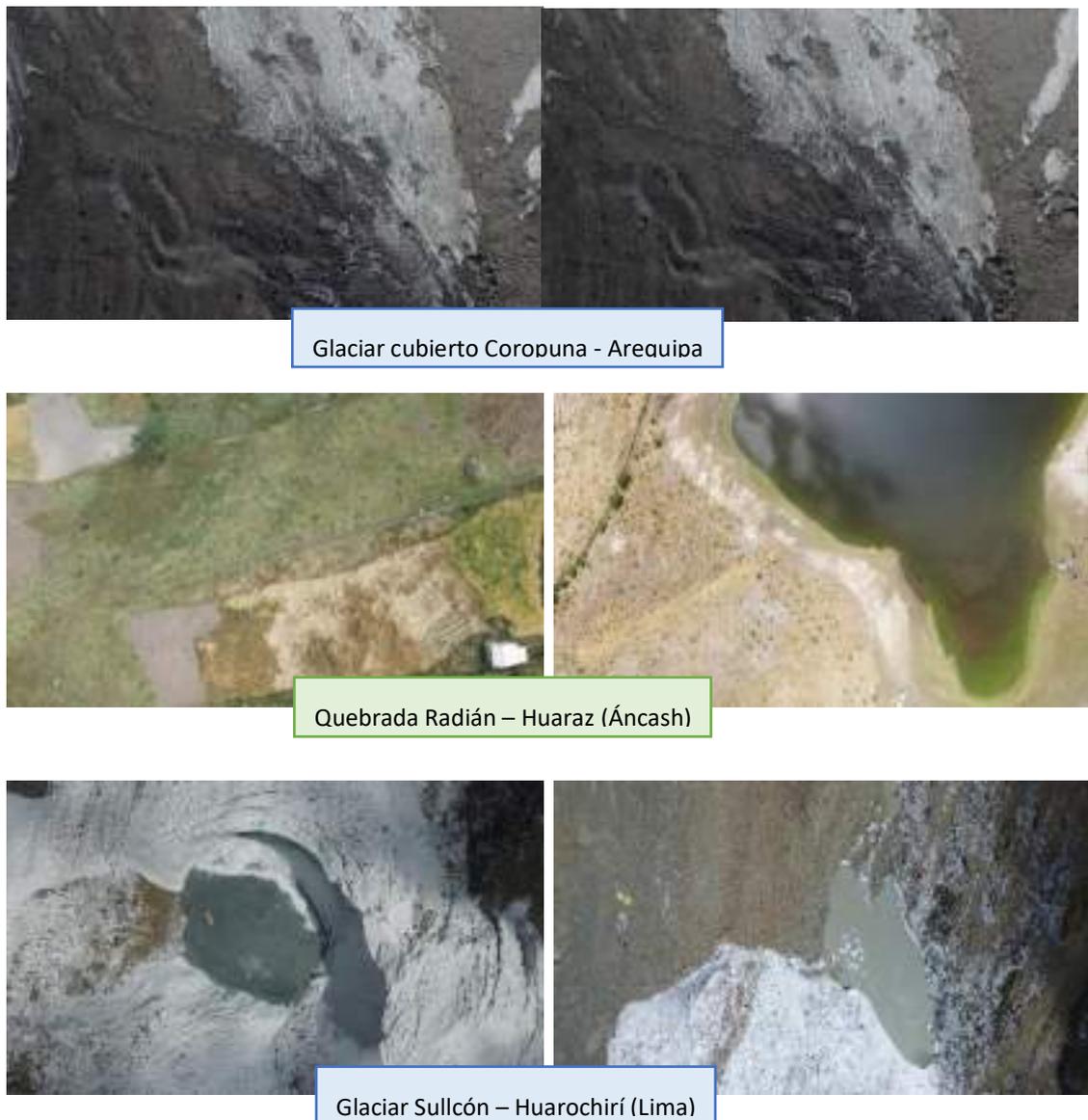


Figura 36. Registro fotogramétrico en el periodo 2018.

Tabla 8. Trabajos fotogramétricos en glaciares y ecosistemas de montaña.

Usuario	Ubicación	Actividad Fotogramétrica
Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña	Cordillera Blanca	Centro experimental de Mesapampa - Cátac
Dirección de Investigación en Glaciares	Cordillera Blanca	Glaciar Huilca
	Cordillera Chila	Glaciares de roca - Cordillera Chila
	Cordillera Ampato	Glaciar cubierto Coropuna
	Cordillera Central	Glaciar Sullcón
	Cordillera Blanca	Laguna Yanaraju
		Quebrada Río Seco
Quebrada Radian		
Quebrada Pariac		
Río Santa		
	Laguna Safuna Alta y Baja	

Las acciones, además, comprenden el procesamiento de la información fotogramétrica y, como resultado, se obtienen ortofotos y un modelo digital de superficie que son insumos para las investigaciones del INAIGEM.

#### a) Puntos de control

En los trabajos empleando GPS diferencial se obtuvo información del nevado Coropuna (cumbre), glaciar Pisco (cumbre) y toma de puntos de control colindantes al nevado Huascarán (véase Figura 37). La información registrada será de uso masivo de las diversas áreas y/o decisores, para realizar diversas actividades como catastro urbano, ajuste de información satelital, trabajos en temas glaciológicos, riesgos, ecosistemas de montaña, etc.

Ocupaciones GPS									
Nombre Punto	Nombre Original	Tipo de Antena	Altura de Antena (m)	Método Altura Ant	Hora Inicio	Tiempo Stop	Duración	Intervalo (msec)	Receptor
base Yungay	21564bas_1121n_GGZU	GR-S/Antas	1.256	Vertical	21/11/2018 8:14:50 a.	21/11/2018 3:00:45 p.	06:45:55	5000	U0E2293GGZU
Huashao log1121n_NPCA		GR-S/Antas	1.448	Vertical	21/11/2018 8:38:52 a.	21/11/2018 10:51:14 a.	02:12:22	1000	U12RV69NPCA

Resumen Punto							
Nombre	Coord Norte Cuadrícula (m)	Coord Este Cuadrícula (m)	Elevación (m)	Latitud	Longitud	Altura Elip (m)	
Huashao	8992366.022	204524.722	3398.243	9°08'20.46947"S	77°41'17.09666"W	3422.664	
base Yungay	8988589.773	196288.554	2519.647	9°08'21.76411"S	77°44'42.11700"W	2543.965	

Figura 37. Reporte del procesamiento de los puntos de control.

#### d) Actividad cartográfica

La actividad consistió en la transformación de información ráster a vector, consiguiendo información cartográfica oficial y de mayor detalle en el ámbito de las cordilleras glaciares. Durante el año se trabajaron diez cartas topográficas a escala 1/25,000, correspondientes a la zona sur del país (cordillera Carabaya), transformándose la información ráster a vector de curvas de nivel (con valor altitudinal), ríos y lagunas (véase Figura 38).

#### e) Adquisición de imágenes satelitales

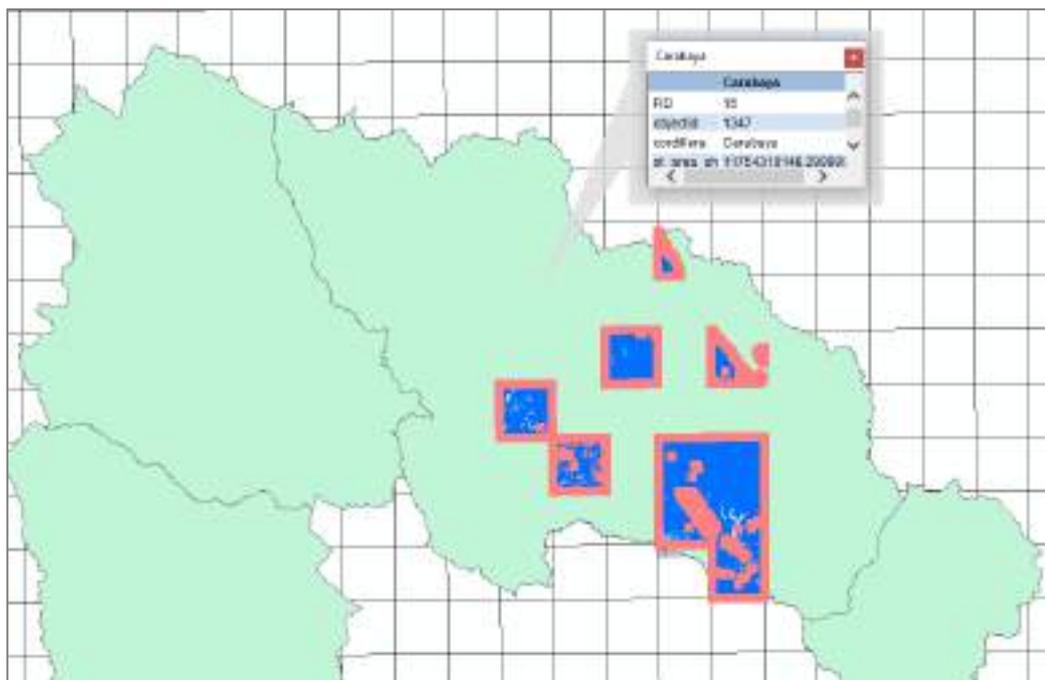


Figura 38. Área abarcada en el trabajo topográfico.

La adquisición de las imágenes se da por el convenio entre el INAIGEM y CONIDA. Para ello, se realiza la verificación en la plataforma COF, identificando las imágenes de importancia y realizando la solicitud respectiva. Para mayor detalle, ingresar a <http://www.conida.gob.pe/cof/pasos.php>. En el año 2018 se realizó la adquisición de las imágenes satelitales indicadas en la Tabla 9.

Tabla 9. Imágenes satelitales obtenidas durante el 2018.

Imágenes	Ámbito
Ds_spot7_201608231507525_ps1_ps1_ps1_ps1_w078s09_01871	
Ds_spot7_201608231507525_ps1_ps1_ps1_ps1_w078s09_01871	
Ds_spot7_201608231507217_ps1_ps1_ps1_ps1_w078s09_01871	Huascarán
Ds_spot7_201608231507525_ps1_ps1_ps1_ps1_w078s09_01871	
Ds_spot7_201608231507217_ps1_ps1_ps1_ps1_w078s09_01871	
lmg_per1_20180818144756_ort_ms_000041	
lmg_per1_20180818144756_ort_ms_000659	Apolobamba
lmg_per1_20180818144756_ort_ms_001055	
lmg_per1_20180626154338_ort_ms_000317	
lmg_per1_20180626154338_ort_ms_000927	Huascarán
lmg_per1_20180618150703_ort_ms_000148	
lmg_per1_20180618150703_ort_ms_000766	Coropuna
lmg_per1_20180618150703_ort_ms_001265	
lmg_per1_20180626154338_ort_ms_000041	
lmg_per1_20180626154338_ort_ms_000659	Huascarán
lmg_per1_20180626154338_ort_ms_000976	
lmg_spot7_pms_001_a	
lmg_spot7_pms_001_a	
lmg_spot6_pms_001_a	
lmg_spot6_ms_001_a	Cordillera blanca - estéreo
lmg_phr1a_p_001	
lmg_phr1a_ms_001	
lmg_phr1a_p_001	
lmg_phr1a_ms_001	
lmg_per1_20180530150223_ort_ms_000058	
lmg_per1_20180530150223_ort_ms_000676	Laguna piuray - cusco
lmg_per1_20180530150223_ort_ms_001294	
lmg_per1_20180530150223_ort_ms_001365	

## 2.1.8. Estudios hidrometeorológicos

### a) Generación de pronósticos

Se generaron pronósticos meteorológicos para la zona sierra del departamento de Ancash, donde se muestran las regiones involucradas según la magnitud del evento pronosticado. También se difundieron los pronósticos de las ciudades principales (SENAMHI) y el monitoreo hidrometeorológico de la laguna Palcacocha (INAIGEM), los cuales son difundidos todos los lunes a través de la emisora radial “Radio Chévere” y en el programa televisivo “El Informativo” (véase Figuras 39, 40 y 41).

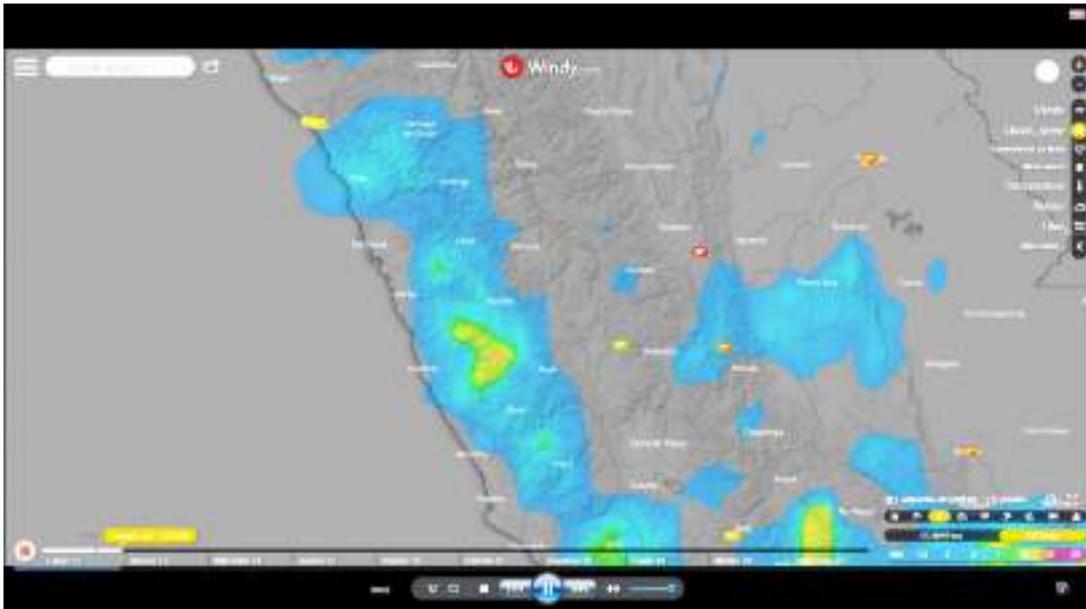


Figura 39. Imagen tomada del visualizador WindyTy que se muestra en el programa televisivo.



Figura 40. Pronóstico del tiempo de las ciudades principales.

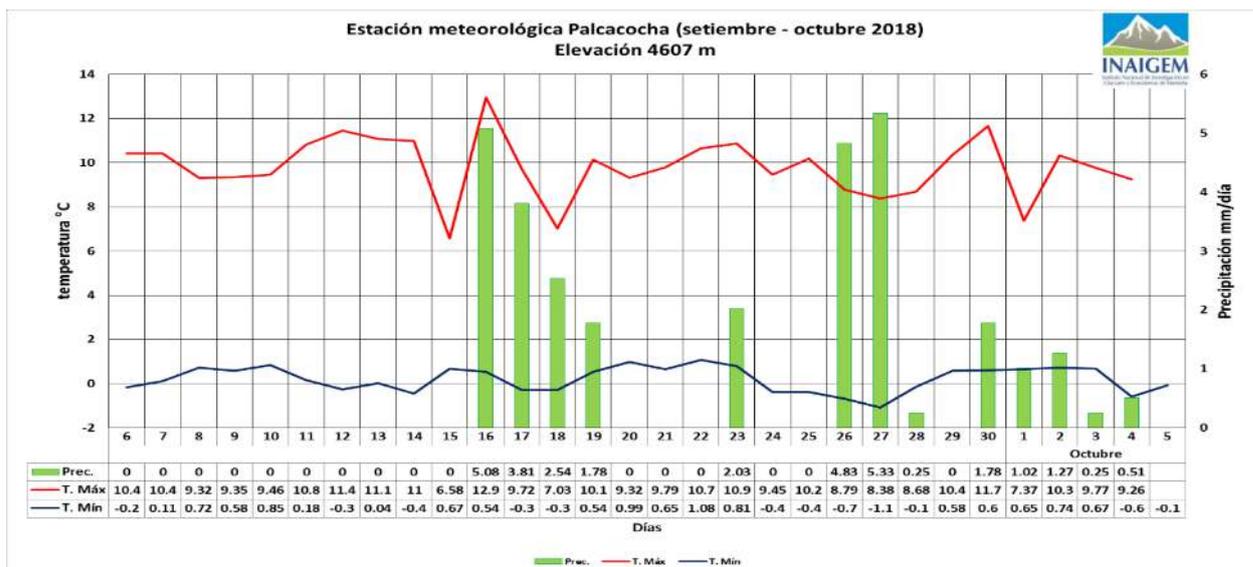


Figura 41. Información del monitoreo meteorológico difundido en el programa.

Para la elaboración de estos pronósticos se utilizaron las siguientes fuentes:

- Red de estaciones meteorológicas automáticas del proyecto CIAD-UNASAM, distribuidas en toda la región Ancash, obtenidas de la web: <http://www.ciad.org/unesco/monitoreo/monitoreo.php>, donde se pueden visualizar diversas variables meteorológicas, como temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación.
- Imágenes satelitales obtenidas de la web: <http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic;jsessionid=B3E9155470A74FACB2E11546DFD67076>, de donde se realizan análisis a mayor escala (escala sinóptica).
- Modelo ETA, originario de Yugoslavia, y que fue implementado para el Perú a través del SENAMHI en 1999. En él se puede graficar y observar la interacción que tienen las variables meteorológicas en los diversos estratos que presenta la atmósfera. Se puede acceder a esta información a través de la web: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-numerico>.

## b) Monitoreo hidrometeorológico de la laguna Palcacocha

En febrero del 2017 se instaló una estación meteorológica automática portátil de marca Campbell, por convenio con la UNASAM (Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo), en la morrena frontal de la laguna Palcacocha. Variables como temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima y precipitación se registran cada cinco minutos (véase Figura 42). También se instalaron reglas limnimétricas, con lo que se obtiene el nivel de la laguna a través de la inspección visual (véase Figura 43) y se realizan aforos semanales a la salida del sistema de sifonaje (véase Figura 44).

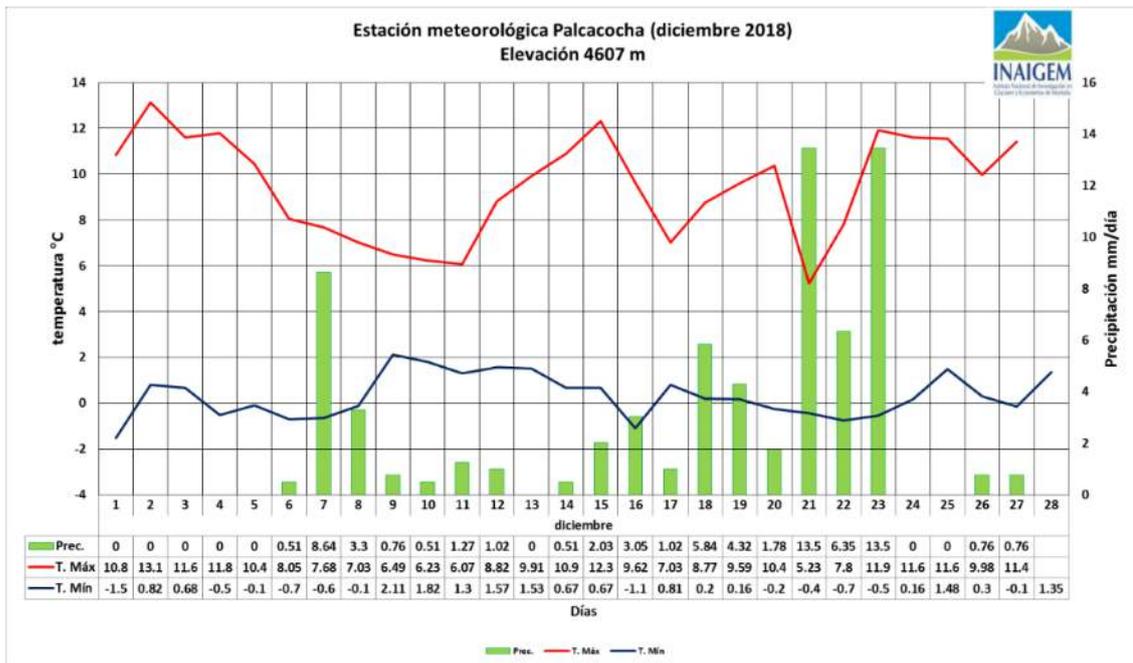


Figura 42. Monitoreo diario de temperatura máxima, mínima y precipitación para el mes de diciembre.

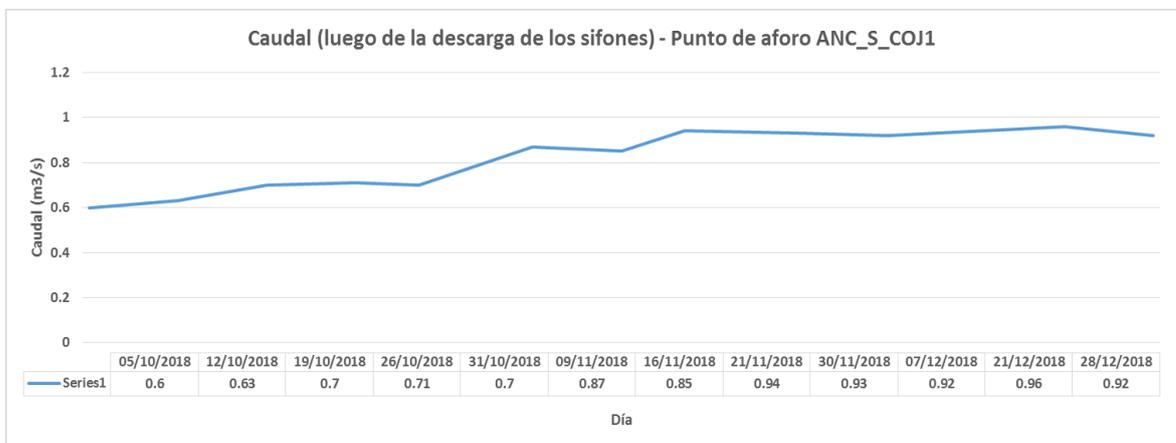


Figura 43. Monitoreo diario del nivel del espejo de agua de la laguna Palcacocha para el mes de diciembre.

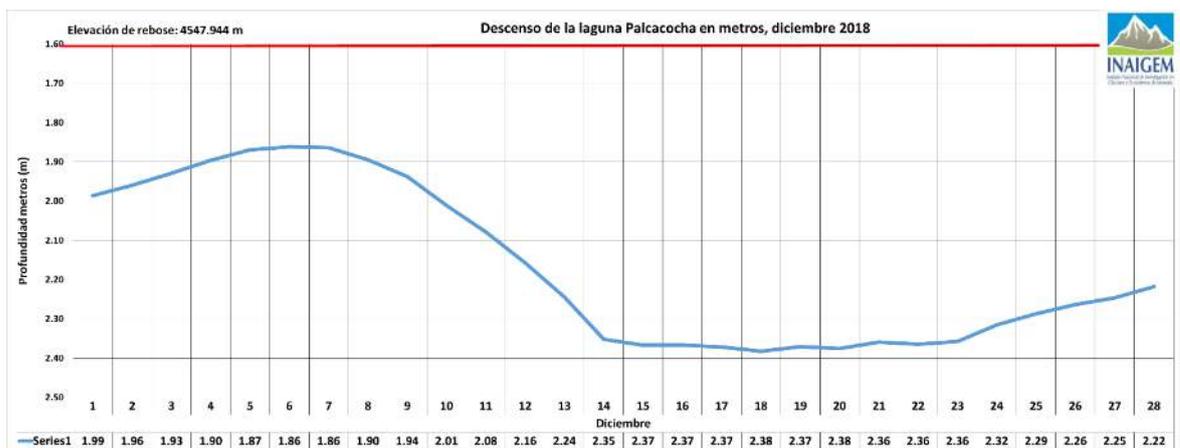


Figura 44. Caudales obtenidos a la salida de los sifones.

## 2.1.9. Desarrollo tecnológico en sensoramiento

---

### a) Construcción e instalación de equipos a bajo costo desarrollados con Arduino

Se desarrollaron una estación meteorológica (véase Figura 45) y cinco limnigrafos de bajo costo en la plataforma Arduino. Estos últimos se instalaron en los puntos donde se realizan las campañas de aforo (véase Figuras 46-50).



Figura 45. Estación meteorológica elaborada con Arduino, instalada en la morrena frontal de la laguna Palcacocha. Desde agosto del 2018 registra las variables de temperatura, humedad relativa y precipitación cada cinco minutos.

Los limnigrafos portan un sensor ultrasónico que registra el nivel del agua, con el cual se estima el caudal. Durante el 2019 estarán en proceso de calibración.



Figura 46. Limnógrafo instalado a la salida del sistema de sifonaje de la laguna Palcacocha.



Figura 47. Limnógrafo instalado en la quebrada Cojup.



Figura 48. Limnógrafo instalado en el río Quillcay.



Figura 49. Limnógrafo instalado en la subcuenca Pariac.



Figura 50. Limnógrafo instalado en la subcuenca Llaca.

El sensor de nivel de laguna 2, en adelante **NL2** (véase Figura 51), constituye uno de los componentes electromecánicos diseñados y desarrollados por el INAIGEM para la automatización de procesos relacionados a la recolección de datos ambientales.

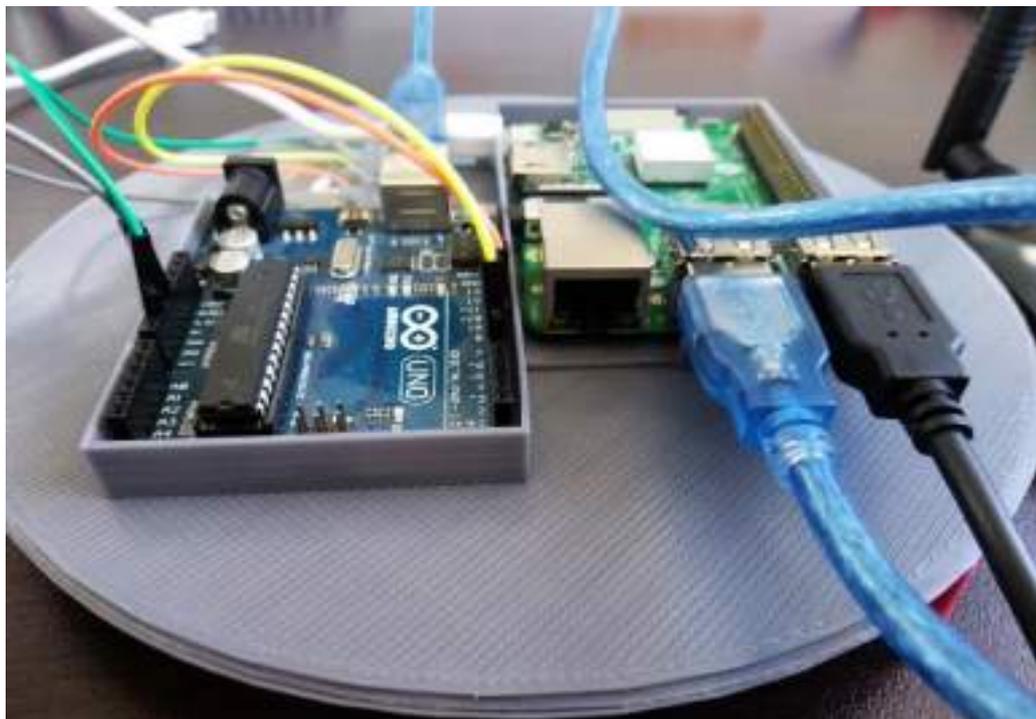


Figura 51. Versión inicial del sensor de nivel de laguna 2.

El sensor **NL2** fue diseñado con el objetivo de realizar la medición de la variación del nivel superficial de un determinado cuerpo de agua. Inicialmente se tomó la laguna Palcacocha como ámbito de estudio (véase Figura 52), donde se desarrollaron las pruebas de operación y funcionamiento. Para el desarrollo del sensor se emplearon elementos electrónicos de bajo costo y herramientas de *software* de libre distribución. Es preciso mencionar que para la construcción del contenedor del *hardware* se empleó una impresora 3D.

En general, el sensor se desenvuelve bajo un procesador de placa reducida denominado comercialmente Raspberry Pi Modelo B. Para la medición del espejo de agua se emplea un sensor ultrasónico modelo "HC-SR04", el cual se integra a través de conexiones digitales al procesador Raspberry Pi. El tratamiento de los datos se realiza empleado un lenguaje de programación de código abierto (Python 2.7 y 3.5). Finalmente, los datos se almacenan y, simultáneamente, son transmitidos vía wifi hasta la sede del INAIGEM.

Las pruebas de campo se desarrollaron bajo condiciones controladas, sobre el emplazamiento del sensor NL1 situado en la laguna Palcacocha. Los parámetros técnicos que se midieron fueron los siguientes: la ganancia de señal (dBi) desde la torre de transmisión hasta el sensor de NL2, la recolección de datos desde el sensor ultrasónico hasta el controlador principal (Raspberry Pi) y la gestión de los datos a nivel del *software*.



Figura 52. Practicante sosteniendo el prototipo del Sensor NL2.

Los resultados mostraron una conexión inalámbrica estable entre el sistema de transmisión de datos con la antena wifi del controlador principal. Esta articulación permitió probar la transmisión de datos desde el sensor hasta la ciudad de Huaraz. Además, se verificó el funcionamiento del controlador principal y su operación en el proceso de recolección y almacenamiento de datos.

Culminadas las pruebas de campo, se procedió a diseñar y desarrollar el lugar del emplazamiento para el sensor NL2. La estructura de soporte está elaborada en base a hierro galvanizado, con una altura y extensión de tres y cuatro metros respectivamente (véase Figura 53). En general, la estructura no sobrepasa los 10 kg de peso y su maleabilidad se adapta a los procesos de instalación.



Figura 53. Diseño preliminar de la estructura de soporte para el sensor NL2.

El diseño original del NL2 varió en su modelo del contenedor para tener así dos módulos, uno con el sensor de ultrasonido y el otro con el microcontrolador y el suministro de energía. La estructura presenta la funcionalidad de rotación que facilita las labores de mantenimiento (véase Figura 54).



Figura 54. Estructura de soporte del sensor NL2.

## 2.1.10. Acciones de difusión

---

### 2.1.10.1. Difusión por medios impresos y otros en el 2018.

---

En el ejercicio 2018 se han puesto a disposición de las autoridades de los tres niveles de gobierno, la comunidad científica y académica y el público en general los siguientes medios de difusión:

#### a) Revista Especializada en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Se recopilaron artículos de colaboradores institucionales, nacionales e internacionales. Se trabajó la corrección de estilo y los machotes entraron al proceso de diseño e impresión. Se terminó con la impresión de los números 4 y 5 de la Revista. Así mismo y se iniciaron las diferentes actividades de coordinación para la elaboración de la revista N° 6.

Considerando que la Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña del INAIGEM es una publicación científica que cumple con los requisitos necesarios de revistas indizadas, y considerando que ya existen cinco números publicados, se recomendó que se proceda con las gestiones para su incorporación en el Sistema Latindex y, posteriormente, en SciELO Perú. En marzo del 2018 se formalizó una solicitud para la incorporación de la Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña del INAIGEM en el Sistema Latindex por medio de la página web. Estamos a la espera de la respuesta.

Para ser calificada y luego indizada en SciELO, una nueva revista requiere dos años de existencia y cinco números publicados.

#### b) Boletín hidrometeorológico

En el 2018 se emitieron los boletines hidrometeorológicos N° 13, 14, 15, 16, 17 y 18, elaborados con datos de variables meteorológicas provistas por las dieciséis estaciones meteorológicas de la red CIAD-UNASAM distribuidas en la región Ancash. En la generación de los boletines, se realizó el análisis de tres principales variables: temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación para cada una de las dieciséis estaciones meteorológicas en cada mes de estudio. También se añadió, en cada número, un análisis bimestral del monitoreo hidrometeorológico de la laguna Palcacocha.

- Metodología

Se descargó la información registrada por las dieciséis estaciones meteorológicas del proyecto CIAD-UNASAM del enlace [http://www.ciidaders.com/goes/select\\_reporte.php](http://www.ciidaders.com/goes/select_reporte.php). En la Tabla 10 se pueden ver las ubicaciones.

Tabla 10. Ubicación de las estaciones meteorológicas.

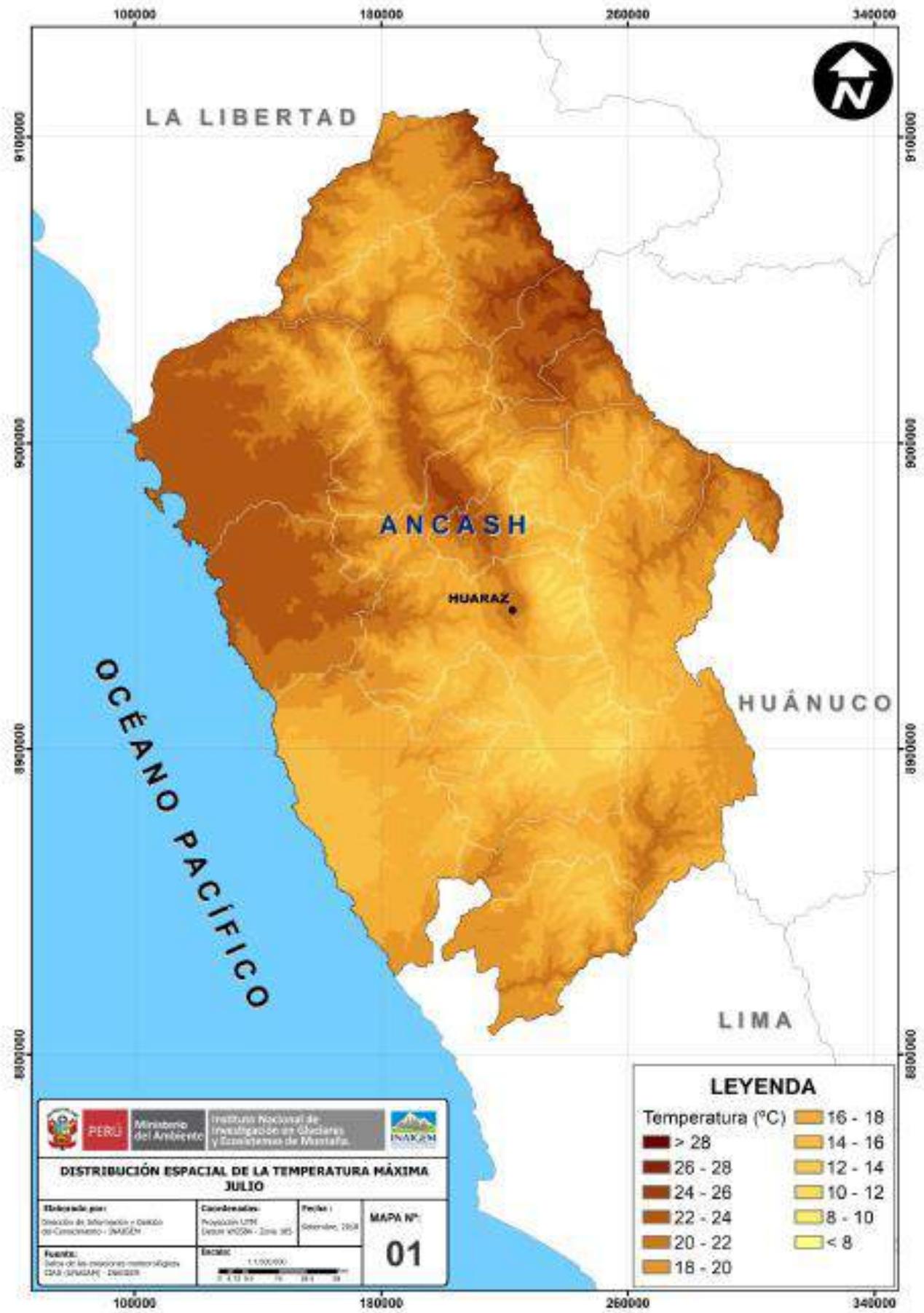
ID	Nombre Estación	Altitud m s.n.m	Latitud Datum WGS84	Longitud Datum WGS84
EM-01	EM01-Ocros	2814	S 10° 24' 18.1"	W 77° 23' 52.5"
EM-02	EM02-Chacas	3560	S 10° 24' 18.1"	W 77° 26' 55.9"
EM-03	EM03-Chiquián	3300	S 10° 09' 09.9"	W 77° 09' 10.3"
EM-04	EM04-Casma	158	S 09° 28' 35.52"	W 78° 14' 7.38"
EM-05	EM05-Shilla	3133	S 09° 14' 03.1"	W 77° 37' 29.3"
EM-06	EM06-Corongo	2729	S 08° 33' 57.2"	W 77° 54' 12"
EM-07	EM07-San Nicolás	2386	S 08° 58' 49.4"	W 77° 11' 5.1"
EM-08	EM08-Cañasbamba	1942	S 09° 05' 50.76"	W 77° 46' 13.14"
EM-09	EM09-Purhuay	3357	S 09° 18' 53.5"	W 77° 12' 22.1"
EM-10	EM10-Shancayán	2652	S 09° 30' 59.5"	W 77° 31' 29.6"
EM-11	EM11-Huarmey	31	S 10° 03' 53.58"	W 78° 08' 8.76"
EM-12	EM12-Pomabamba	2553	S 08° 48' 48"	W 77° 28' 2.3"
EM-13	EM13-Pastoruri	4125	S 09° 53' 21.1"	W 77° 18' 15.6"
EM-14	EM14-Nepeña	136	S 09° 10' 46.2"	W 78° 22' 15.3"
EM-15	EM15-Tingua	2118	S 09° 13' 20.82"	W 77° 41' 18"
EM-16	EM16-Quillcayhuanca	3688	S 09° 29' 53.5"	W 77° 24' 59.8"

Luego de procesar los datos se obtiene el consolidado que se muestra en la Tabla 11, que es el insumo que servirá para elaborar los mapas para el Boletín Hidrometeorológico N° 16 como ejemplo.

Tabla 11. Consolidado de las variables meteorológicas para el mes de junio.

Estaciones	T. máxima promedio	T. mínima promedio	HR. Máxima promedio	HR. Mínima promedio	Precipitación acumulada mensual
Purhuay	18.7	6.4	93	44	6.0
Shancayán	20.8	4.7	87	29	0.2
Huarmey	16.0	10.4	85	62	0.0
Pomabamba	24.8	8.9	92	30	14.7
Pastoruri	12.9	-2.4	89	27	2.0
Nepeña	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Tingua	25.5	8.7	77	18	0.1
Quillcayhuanca	12.5	-1.9	99	41	16.2
Ocros	15.9	6.5	65	31	2.0
Chacas	15.0	1.5	91	37	16.9
Chiquián	19.6	6.0	63	18	4.2
Casma	23.5	14.3	99	66	0.0
Shilla	21.7	6.0	80	21	0.9
Corongo	18.0	3.6	88	31	2.1
San Nicolás	18.7	6.2	73	22	0.5
Cañasbamba	S/D	S/D	75	19	0.0

Una vez procesados los datos, se elaboran los mapas mensuales del conjunto de estaciones y se realiza el análisis diario de cada estación. Un ejemplo de mapa elaborado con los datos procesados se muestra en el Mapa 22.



Mapa 22. Distribución espacial de la temperatura máxima de Ancash para el mes de julio.

También se realiza un análisis bimestral diario para cada estación, como se muestra en la Figura 55.

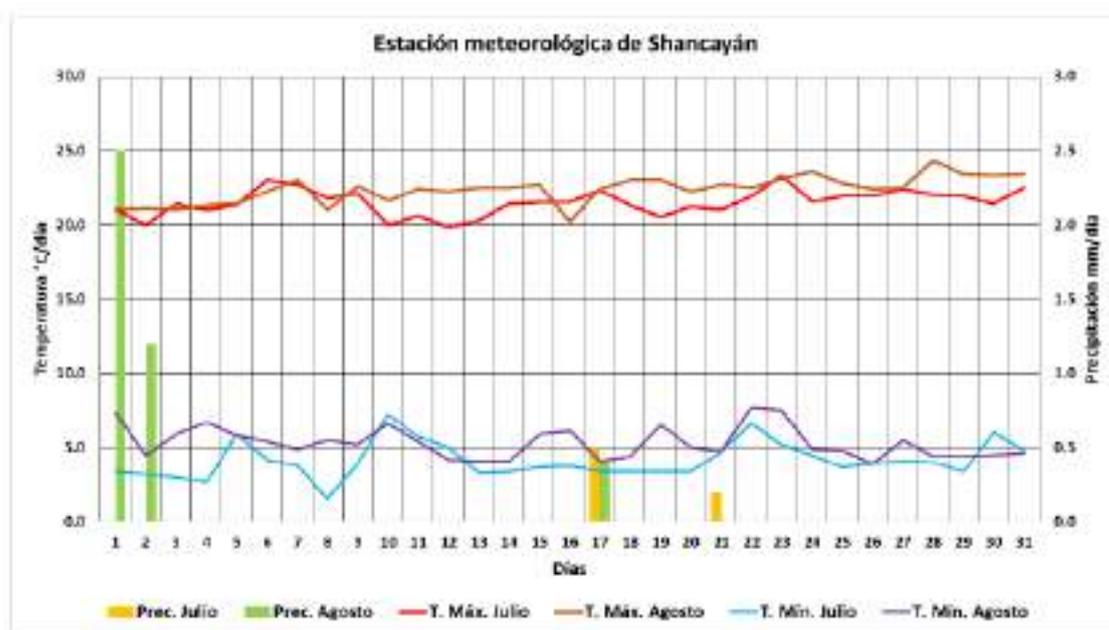


Figura 55. Análisis bimestral diario de la estación meteorológica ubicada en Shancayán.

### c) Boletín institucional

Se ha realizado la impresión de los boletines 4 y 5, este último en un formato nuevo.

### d) Videos, paneles y afiches

Se han ejecutado las siguientes acciones (véase Figura 56):

Monitoreo para la culminación, presentación y entrega del minidocumental de la Dirección de Ecosistemas de Montaña, “Los servicios ecosistémicos en alta montaña”. Afiche con el mapa de riesgos asociados a glaciares, panel informativo del inventario de glaciares, entre otros documentos de difusión.



Figura 56. Videos, paneles y afiches.

e) **Presentación del Inventario Nacional de Glaciares**

Se publicó y se expuso en diversas regiones el Inventario Nacional de Glaciares, documento de 364 páginas.

f) **Desarrollo de cursos de capacitación interna**

Desde el Área de Publicaciones se ha promovido la realización de los cursos de redacción científica, redacción general y fotografía.

## 2.1.10.2. Gestión de la Biblioteca Física y Virtual.

---

### a) Procesamiento de la información: colección bibliográfica

Se han clasificado, catalogado e indizado 178 obras (libros, informes, artículos, tesis, entre otros). Sus registros bibliográficos han sido ingresados al sistema automatizado Koha.

### b) La Biblioteca Digital o Repositorio Institucional

Se ha logrado digitalizar 22 documentos, entre libros, artículos y tesis (1795 páginas), los cuales se encuentran en formato digital a texto completo (PDF).

Los materiales bibliográficos, como parte del patrimonio físico del INAIGEM, requieren también un control cuantitativo, por lo que se ha procedido a realizar los inventarios según su tipología y uso.

## 2.2. Ecosistemas de montaña

---

Uno de los más serios problemas que enfrenta la conservación de los ecosistemas de montaña es la falta de información técnica y científica y la poca investigación que se genera, además de la falta de difusión de los resultados, favoreciendo que, en muchos casos, haya duplicidad de esfuerzos en dichos estudios.

Las acciones realizadas en ese contexto son:

- (1) Conservación y recuperación de los ecosistemas de montaña y los servicios ecosistémicos.
- (2) Evaluación de riesgos en los ecosistemas de montaña, asociados al cambio climático.
- (3) Generación de información para la gestión del recurso hídrico en subcuencas glaciares.

Para ello, se establecieron parcelas de investigación, un centro de investigación y un sistema de monitoreo de calidad de agua. Luego se promovió la elaboración de tesis y el análisis de la información generada.

### 2.2.1. Ámbito

---

Se han priorizado, como ámbito de intervención, ocho subcuencas en el departamento de Ancash, una en el departamento de Cusco y otra en el departamento de Arequipa. Estas subcuencas abarcan una superficie total de 14,817 km<sup>2</sup> y una población de 896,684 habitantes (véase Tabla 12).

Tabla 12. Ámbito de las parcelas de investigación a nivel de departamento, cuenca y subcuenca.

DEPARTAMENTO	CUENCA	SUBCUENCA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	MICROCUENCA	POBLACIÓN POR SUBCUENCA
Ancash	Santa	Quillcay	249.93	Quillcayhuanca Cojup y Shallap	113,556
		Casca	51.86	Llaca	4388
		Pachacoto	216.85	-	2395
		Santa Cruz	234.88	Santa Cruz	2631
	Huarmey	Santiago	47.65	Wehuash	1212
	Culebras	Huanchay	34.41	Uliuran	448
		Acray	69.47	-	-
	Casma	Vado	172.81	Puru	1043
Cusco	Urubamba	Vilcanota	12,901.97	Piuray, 4 Lagunas, Maras, Chicón, La Raya	767,241
Arequipa	Camaná	Capiza	836.72	Llacllajo	3770
TOTAL	14,816.55		896,684		

Elaboración: DIEM. Fuente: INEI - Censo Nacional de Población y Vivienda del 2007, proyectado al 2015.

## 2.2.2. Instalación de parcelas de investigación

Se han establecido parcelas de investigación, previo acuerdo con las comunidades campesinas locales, usuarios, y autoridades correspondientes. La mayoría de estas han sido clausuradas usando postes de eucalipto y un cercado eléctrico alimentado por paneles solares. A la fecha, se han instalado un total de 27 parcelas de investigación (véase Tabla 13): 21 en el departamento de Ancash (véase Figura 57), cinco en el departamento de Cusco y una en el departamento de Arequipa (véase Figura 58). En total, se tienen 863 ha: 192 hectáreas representan ecosistemas de humedal (incluyendo áreas de bofedal y lagunas), 322 hectáreas de ecosistemas de pajonal, 211 hectáreas de bosques relictos (incluyendo bosques ribereños, xéricos y altoandinos, dominados por *Polylepis*, *Gynoxis* y *Puya raimondii*) y 138 hectáreas de plantaciones forestales (pino y queñual).

Tabla 13. Parcelas de investigación instaladas por ecosistema a nivel de subcuenca.

Región	Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	N° de parcelas	Áreas cercadas por ecosistemas (ha)				Total
					Humedales	Pajonales	Bosques andinos	Plantación forestal	
Ancash	Santa	Quillcay	Quillcayhuanca	2	4.0	2.0	9.0	49.0	64.0
			Churup	1	-	-	-	20.0	20.0
			Cojup	2	-	-	49.0	-	49.0
		Santa Cruz	Santa Cruz	2	60.0*	-	-	-	60.0
			Casca	2	2.0	3.0	52.0	-	57.0
		Pachacoto	Pachacoto	5	30.0	150.0	-	60.0	240.0
			Carpa	2	13.0	-	20.0	-	33.0
		Casma	Vado	1	-	-	36.0	-	36.0
		Culebras	Huanchay	3	60.0	10.0	-	9.0	79.0
			Acray	1	-	-	25.0	-	25.0
		Cusco	Urubamba	Vilcanota	Sunco	1	-	11.0	-
La Raya	2				3.0	10.0	-	-	13.0
Piuray	1				-	136.0	-	-	136.0
Huatanay	1				-	-	20.0	-	20.0
Llajlajo	1				20.0	-	-	-	20.0
Total				27	192.0	322.0	211.0	138.0	863.0

\* Actualmente, todo el ecosistema natural de la quebrada Santa Cruz se encuentra enterrado por el sustrato arrastrado por un aluvión que ocurrió en el año 2012.

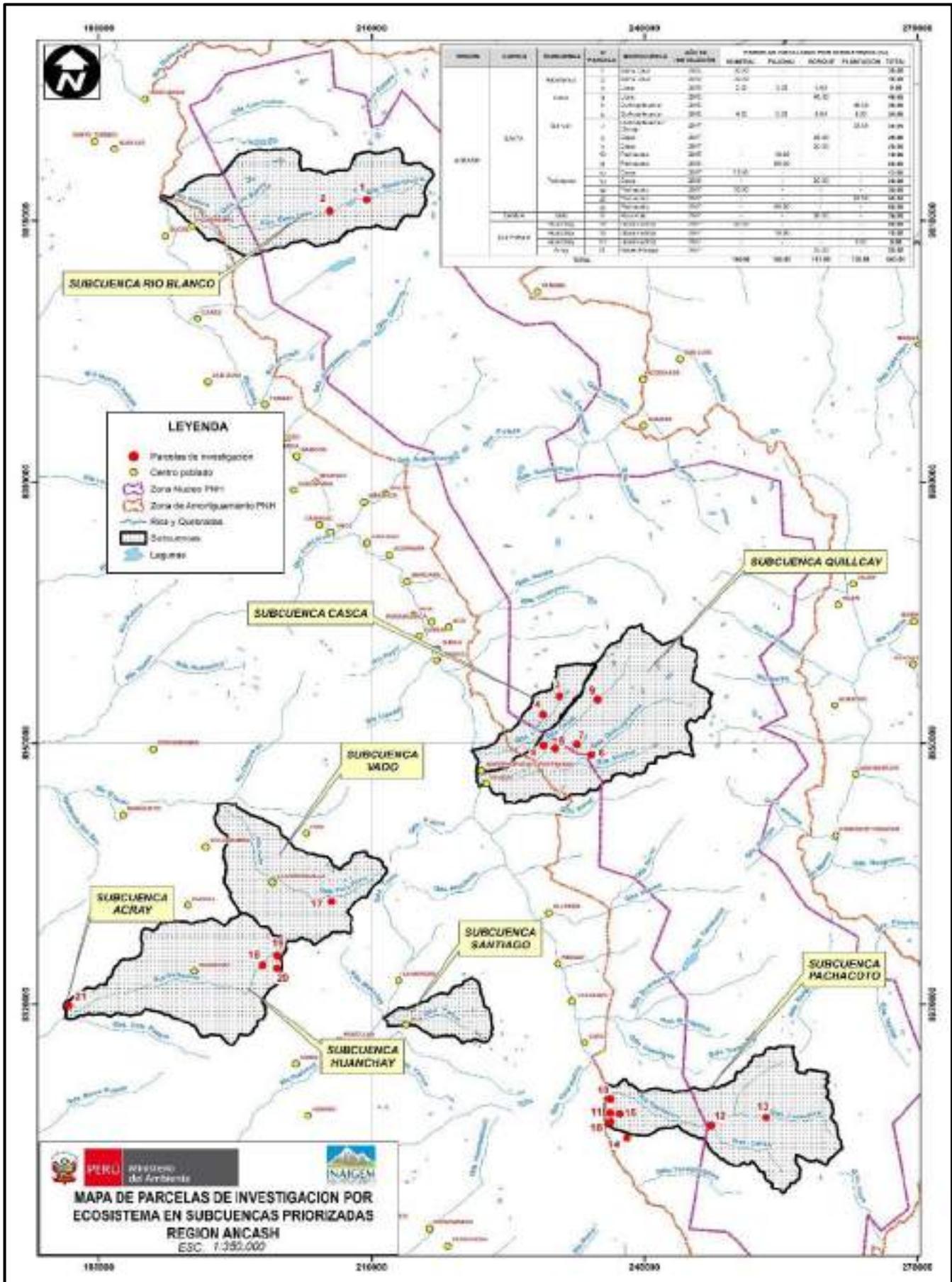


Figura 57. Ubicación de las parcelas de investigación en la región Ancash.

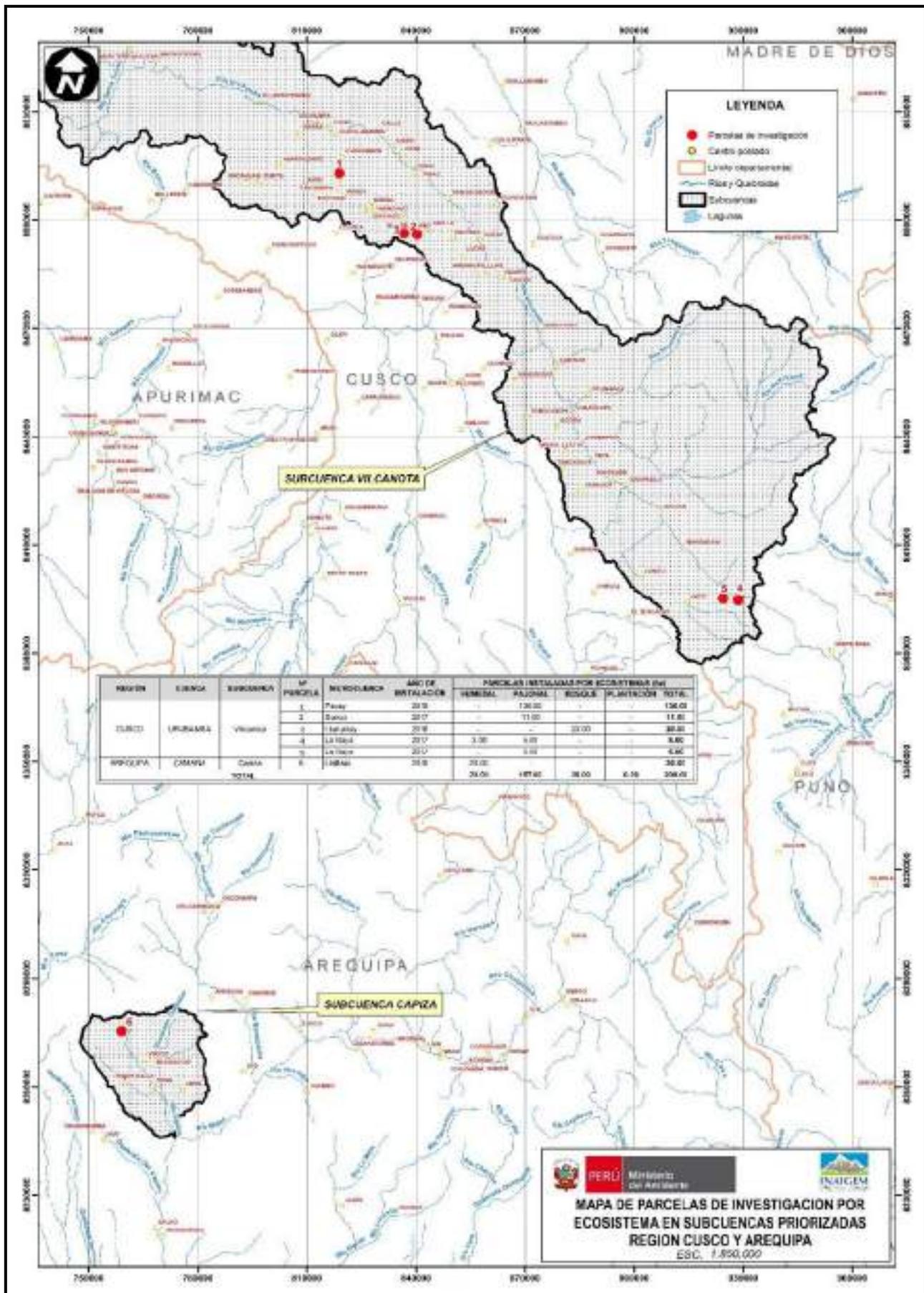


Figura 58. Ubicación de las parcelas de investigación en las regiones Cusco y Arequipa.

## 2.2.3. Centro de investigación en ecosistemas de montaña

---

En el año 2016, en acuerdo con la Comunidad Campesina de Cátac, se creó el Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas (CICTEM) con la finalidad de desarrollar investigación en ecosistemas de montaña, determinar el impacto del cambio climático en estos ecosistemas, promover actividades productivas sostenibles y transferir conocimiento científico y tecnológico a la sociedad local, regional, nacional e internacional.

El CICTEM cuenta con 90 hectáreas de extensión, que incluyen un auditorio, una oficina, un almacén, un invernadero de 102 m<sup>2</sup> y un área usada por la comunidad para la inseminación artificial de su ganado ovino. Hace 20 años, el uso de 30 hectáreas fue cambiado con cultivos de trigo invernal y cebada cervecera por la Universidad Agraria la Molina, y en los últimos 10 años, con pasto mejorado por la Comunidad Campesina de Cátac. A la fecha son 10 hectáreas en las que se realiza la evaluación del impacto por el cambio de uso de suelo, la rotación de cultivos, la conservación y evaluación de accesiones de nativas de papa y chocho o tarwi. Las 60 hectáreas restantes son pajonales, y se vienen realizando prácticas de clausura, evaluación de tipos de labranza orientados a la recuperación y la regeneración natural de pastos nativos, y su efecto sobre los servicios ecosistémicos. Los principales logros del año 2018 se muestran a continuación.

### 2.2.3.1. Investigación de los efectos sobre los servicios ecosistémicos por el cambio de uso del suelo con pastos mejorados en un ecosistema pajonal

---

Se obtuvieron los resultados de la evaluación del segundo periodo de rotación de cultivos en 16 parcelas de rotación y una parcela testigo en las variables de compactación del suelo y las características físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que permitió la evaluación intermedia de la respuesta de los siguientes indicadores:

El pH del suelo, en todas las parcelas (16), presenta valores superiores, en relación con el testigo, de 3.7 a 5.5 como resultado de la actividad antrópica de encalado ejecutado. Asimismo, la rotación cultivo entre haba-pasto presenta mayor incremento. Respecto a la materia orgánica, la rotación de cultivo contribuyó a la acumulación, principalmente en la rotación de cultivos de quinua-haba, de 2.2 a 10.69%. Respecto al monocultivo que se ve agotado, la reserva de materia orgánica creció de 2.24 a 5.4%. La propiedad biológica en comunidad de lombrices supera los valores de 100 individuos por metro cuadrado, representando la calidad biológica como buena. En cuanto a la compactación del suelo, las parcelas de rotación con avena son las que presentan menores valores de resistencia (500 a 1500 kPa). Los mayores valores de resistencia se encuentran a profundidades de 10 a 12.5 cm.

Para la evaluación del 2019 se instaló la tercera rotación de cultivos en ocho parcelas (cuatro de haba/tarwi y cuatro de pasto), lo que permitirá registrar información para la evaluación final, en el 2020, que evidenciará la degradación, deterioro de propiedades y características edáficas por el cambio de uso del suelo.

## 2.2.3.2. Conservación y evaluación de accesiones de papa nativa

- Se evaluaron 17 accesiones de papa nativa en cinco localidades, instaladas a una altitud de 3500 a 3800 m s.n.m., respecto a la respuesta frente a los factores bióticos y abióticos de los periodos 2017 y 2018. Se utilizó el método de evaluación visual, el cual determina el daño ocasionado por las heladas de -0.5 a -1.18 °C presentadas en la etapa de crecimiento e inicio de floración (véase Figura 59). Se evaluaron los indicadores agronómicos de número de tubérculos y peso.

Los resultados muestran que las accesiones de mayor respuesta son la accesión INAIGEM 400 (Peruanita) con 8469 kg/ha; la accesión INAIGEM 096 (Huayro Rojo), con 7734 kg/ha; accesión INAIGEM 005 (Auquish), con 7594 kg/ha; la accesión INAIGEM 016 (Ankjo), con 7583 kg/ha; y la accesión INAIGEM 039 (Colegiala), con 7406 kg/ha.

Las accesiones de menor respuesta son la accesión INAIGEM 123 (Chaucha roja) y la accesión INAIGEM 127 (Buen Cholo), con 4234 kg/ha; la accesión INAIGEM 074 (Amarilla Tumbay), con 4125 kg/ha; la accesión INAIGEM 051 (Amarillo ecotipo (7)), con 4063 kg/ha; la accesión INAIGEM 018 (Kjachachaj), con 3813 kg/ha; y la y la accesión INAIGEM 247 (Amarillo ecotipo (9)), con 3500 kg/ha.

En cuanto a la respuesta por localidades, la zona con baja condición para las accesiones es el centro poblado de Cashapampa, en el distrito de Santa Cruz, localizado a 3600 m s.n.m. Por su relieve, es accidentado, tiene un suelo con baja conservación y un clima templado, lo que confirma que la papa nativa se desarrolla en suelos húmidos, sueltos y oscuros; y que durante el periodo vegetativo requiere de horas de frío.



Figura 59. Respuesta de las accesiones de papa nativa a factores abióticos (heladas).

- Para el monitoreo de la respuesta genética de accesiones de papa nativa ante el estrés térmico en el 2019, se instalaron 13 accesiones tolerantes a la helada que permitieran evaluar las variables dependientes de  $X_1 =$  Daño foliar por heladas,  $X_2 =$  Vigor de la planta,  $X_3 =$  Número de tubérculos y  $X_4 =$  Peso de tubérculos por selección. El diseño experimental empleado es el de bloques completamente al azar DBCA, con un modelo aditivo lineal  $Y_{ij} = \mu + i + \beta_j + \epsilon_{ij}$  con tres repeticiones. La unidad de evaluación es de una accesión con cinco tubérculos, instalados entre plantas a 0.35 m y entre surco a 0.95 m. Se fertilizó con 50 g de guano de las islas por planta.

- Disponibilidad de material genético de investigación ante las variaciones del clima frente al cambio climático en la que se conservan *in situ* 465 accesiones con 4571 tubérculos y 343 kilos de tubérculos sembrados en un área de 0.22 hectáreas.

### 2.2.3.3. Evaluación biométrica y de caracterización de germoplasma de variedades de tarwi

La Ing. Amelia Huaranga, de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en su tesis de doctorado en Agricultura Sostenible de la Escuela de Postgrado, evaluó la respuesta biométrica y las características de 186 accesiones de tarwi (véase Figura 60) frente a las condiciones del clima. El material de estudio fue germoplasma de tarwi de Cuzco (96 entradas), del Programa de Leguminosas de Grano de la Universidad Nacional Agraria La Molina (32 y 63 entradas), haciendo un total de 191 entradas, instalándose el mes de noviembre del 2017 en un área de 1400 m<sup>2</sup> a una densidad de siembra de 0.6 m entre plantas y 1 m entre surcos, con calles de acceso de 1 m.

Fueron cuatro evaluaciones biométricas a las 109 accesiones de tarwi, según el descriptor para tarwi (International Board for Plant Genetic Resources, 1981), a los niveles de floración y forma y tamaño de vainas, precocidad de las accesiones, disposición de las hojas, tamaño de planta y nodulación en relación con los cambios de clima.



Figura 60. Evaluación biométrica de 186 accesiones de chocho o tarwi.

Los resultados muestran, en el germoplasma de Cuzco, que las accesiones 37, 73, 74, 93 y 95 no presentaron un número suficiente de plantas para poder realizar evaluaciones. El resto (91 accesiones) tienen cinco o más plantas por accesión. Para el germoplasma de INIA + colectas de Amelia Huaranga Joaquín, las accesiones de tarwi que cuentan con plantas para evaluar son las accesiones 53, 51, 47, 45, 44, 42, 37, 27, 25, 23, 21, 20, 16, 10, 9, 8, 7 y 3 (en total, 18). El resto (45 accesiones) no tienen

o no cuentan con plantas de tarwi necesarias para ser evaluadas, por fallas en germinación y daños. En las accesiones del PLGO 16, ninguna accesión tiene o cumple con el número de plantas necesarias para la realización de evaluaciones. Para el desarrollo del experimento se llegó a contar con 109 accesiones de tarwi evaluadas.

### 2.2.3.4. Recuperación de ecosistema pajonal y sus servicios

Para la evaluación de la respuesta de las acciones de clausura y prácticas de labranza en la recuperación de los servicios ecosistémicos se viene evaluando la investigación de tipos de labranza (véase Figura 61) en la recuperación de los servicios que consisten en cuatro tratamientos aplicados en unidades de evaluación de 560 m<sup>2</sup> (24 x 24 m): (T1) labranza con arado cincel, (T2) labranza con racuana por golpes, (T3) labranza cero con rastrillo y (T4) testigo. Las variables de evaluación son la compactación, la cobertura vegetal, la biomasa y la infiltración. En todas las unidades de evaluación, se aplicó cal agrícola y se sembró pasto mejorado asociado (*rye grass* inglés, *rye grass* italiano, *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens*, el trébol blanco) en una densidad de 48 a 52 kg/ha. La evaluación del ensayo se realizará a 1, 1.5 y 2 años después de aplicada la labranza y siembra de pastos.



Figura 61. Investigación de tipos de labranza en la recuperación del ecosistema pajonal.

### 2.2.3.5. Otras actividades

---

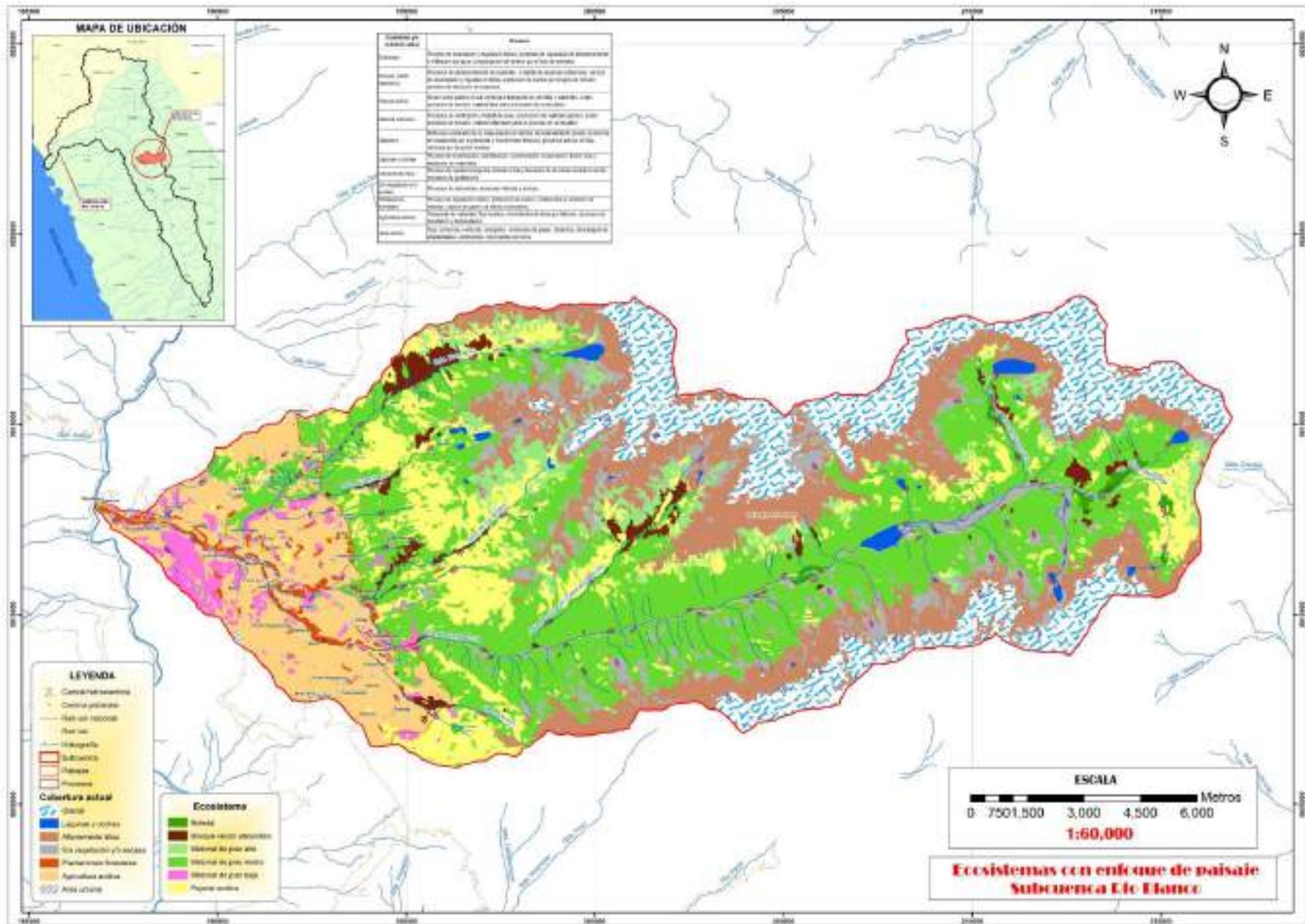
- Cumplimos con el proyecto PNIA con la instalación de dos hectáreas de pasto asociado y dos eventos de capacitación especializada en instalación de pasto asociado y en la elaboración de compost del Proyecto Servicios de Extensión titulado “Evaluación de protocolos de congelación de semen de ovino de la raza Dohne para el mejoramiento de la producción de carne y lana de ovino a través de la inseminación artificial intrauterina por la parascopia en las Comunidades Campesinas de Catac, Llacuash y Corazón de Jesús de Utupampa, distritos de Cátac y Huallanca en el departamento de Ancash”.
- Transferencia de tecnología mediante la capacitación a comunidades campesinas, asociación de productores, instituciones públicas y privadas, ONG y universidades.
- El 7 de noviembre del 2018, la Presidencia Ejecutiva, juntamente con la Alta Dirección, inspeccionaron la parcela de investigación de producción de *Nostoc* sp. y el CICTEM.

## 2.2.4. Caracterización de ecosistemas por subcuenca

---

Se ha desarrollado mediante técnicas de geomática y trabajo de campo desde el 2017 con información cartográfica de detalle a escala 1:25,000. En el año 2018 se han caracterizado los ecosistemas de montaña con enfoque de paisaje de tres subcuencas de la Región Ancash –Santa Cruz, Quillcay y Pachacoto-, donde se han utilizado variables como la fisiografía, hidrografía, clima, cobertura actual, tipo de vegetación, fauna, áreas urbanas, usos y actividades productivas, distribución política y accesos. En este mapa se aprecia la distribución espacial de ecosistemas como humedales (lagunas, cochas, ríos, bofedales), pradera natural o pajonal (pajonales, césped de puna, matorrales), bosques andinos (relictos de *Polylepís* y *Gynoxis*), además de la cobertura que conforma el paisaje, siendo estas los glaciares, afloramientos líticos, suelos de escasa o nula vegetación, agricultura andina, plantaciones forestales, zonas urbanas/rurales y condiciones histórico-culturales, sobre las que se ejercen diversos procesos y flujos tanto de materia como de energía. En el Mapa 23 se aprecia la distribución de los ecosistemas de la subcuenca Santa Cruz en la Región Ancash.

Otra acción del 2018 ha sido el avance en el desarrollo de la metodología para el análisis de riesgo en ecosistemas de montaña, que se ha orientado bajo la articulación de información desde la perspectiva técnico-científica y de conocimientos locales. La primera se ha realizado a través del análisis multicriterio de información georreferenciada (peligros geológicos, hidrometeorológicos y análisis de vulnerabilidad) con validación en campo. Desde la perspectiva social, se han realizado talleres y entrevistas a líderes locales de las subcuencas Santa Cruz, Quillcay y Pachacoto con el objetivo específico de identificar indicadores de riesgo.



Mapa 23. Distribución de los ecosistemas de la subcuenca Santa Cruz.

## 2.2.5. Investigaciones realizadas

Se han finalizado cuatro tesis y nueve se encuentran en desarrollo. Los especialistas han culminado dos investigaciones.

### a) Investigaciones realizadas por tesis

De las tesis finalizadas (véase Tabla 14), las tres primeras corresponden de manera específica al ecosistema humedal. Así, se presenta el siguiente detalle:

Tabla 14. Tesis finalizadas en el 2018.

Título de la tesis	Tesista	Carrera profesional	Universidad
Evaluación de la producción de <i>Nostoc</i> sp. (cushuro) en cochas construidas a diferentes profundidades dentro de un ecosistema de humedal en el sector Carpa, distrito de Cátac - Ancash, 2017-2018	Bach. Adrián Rubio, Rodrigo	Ingeniería Ambiental	Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo
Estudio de la influencia de los componentes del balance hídrico de un pajonal altoandino en la dinámica del agua edáfica de un bofedal en la quebrada Llaca, Parque Nacional Huascarán - Ancash 2016-2017.	Bach. Jiménez García, Yenifer Liliana	Ingeniería Ambiental	Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo
Determinación de la cobertura vegetal mediante el índice de vegetación de diferencia normalizada en la subcuenca Pachacoto, Cátac – Ancash	Bach. Arteaga Pérez, María Paz	Ingeniería Ambiental	Universidad Cesar Vallejo
Impacto del drenaje ácido de roca generado por el retroceso del glaciar en los medios de vida de la población rural en Perú	Bach. Paardenkooper, Amber	Desarrollo Rural e Innovación	Universidad de Ciencias Aplicadas- Van Vel Larenstein en Velp- Holanda

### b) Investigaciones realizadas por personal del INAIGEM

Se terminaron dos investigaciones, en términos de generar un artículo con los avances obtenidos al año 2018 (continúan en desarrollo) (véase Tabla 15).

Tabla 15. Investigaciones realizadas por personal INAIGEM en el 2018.

Título de la investigación	Responsable de la investigación	Ámbito geográfico	
		Cuenca	Subcuenca
Recuperación de servicios ecosistémicos de áreas afectadas por aluvión en la microcuenca Santa Cruz, Ancash	Ing. Rosario Guerrero, Ana Marlene	Santa	Santa Cruz
Variación del pH en aguas superficiales debido a drenaje ácido de roca en la subcuenca Quillcay, Huaraz, Ancash	Ing. Martel Valverde, Gabriel Armando	Santa	Quillcay

### c) Investigaciones especializadas

Se ha realizado la “Evaluación de la recuperación de la infraestructura natural mediante la siembra inducida de cuatro especies arbustivas en áreas de deslizamiento - Rampac” con el trabajo iniciado con apoyo de la Embajada de la República Checa.

Logros: Elaboración del mapa de peligro de deslizamiento en Rampac Grande – Hornuyoc, en la provincia de Carhuaz.

- Implementación de letrero y señales informativas en relación con el Mapa de Peligro de deslizamiento en Rampac Grande - Hornuyoc.

## 2.2.6. Generación de Drenaje de Ácido de Roca (DAR)

Durante el 2018 se identificaron dos áreas en las que se presenta el problema de generación de Drenaje Ácido de Roca y se iniciaron los estudios geológicos para su caracterización. Estas áreas se encuentran en Quillcayhuanca y Pachacoto, subcuencas de la Cordillera Blanca (véase Figura 62). En estas subcuencas, el INAIGEM lleva tres años monitoreando la concentración de metales, evaluando la calidad y cantidad de agua disponible.

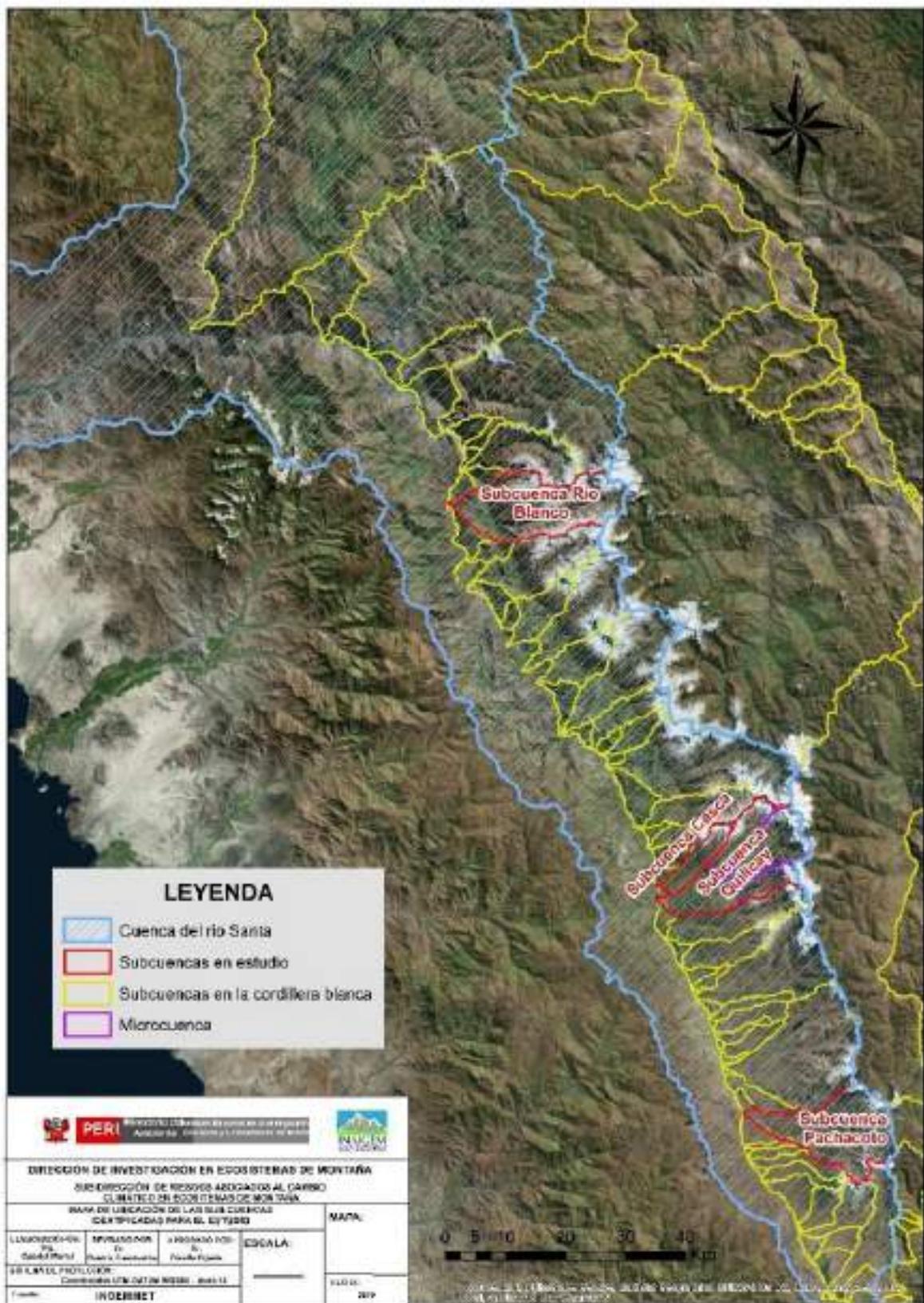


Figura 62. Subcuencas en estudio en la Cordillera Blanca.

El proceso de generación de drenaje ácido de roca es producto del congelamiento y descongelamiento de la lámina de agua que rodea los minerales cautivos en las rocas que se encuentran debajo de los glaciares que cubren zonas mineralizadas con sulfuros, generando procesos de lixiviación y oxidación de los minerales, pasando de estado sólido a líquido (véase Figura 63). Este proceso se agrava cuando

los minerales presentes derivan sulfuros como la pirita ( $\text{FeS}_2$ ), el más común en la naturaleza, encontrándose en formaciones de rocas ígneas y depósitos sedimentarios.



Figura 63. Procesos de lixiviación y oxidación de los minerales en la cabecera de la microcuena Quillcayhuanca - Cordillera Blanca.

El monitoreo de calidad de agua realizado ha mostrado que en Quillcayhuanca hay valores muy bajos de pH y altas concentraciones de cadmio. En Pachacoto y Casca se detectan excedentes de cadmio; en Shallap, pH muy bajos; y en río Santa Cruz o Yuracmayo, un exceso de cadmio y arsénico.

## 2.2.7. Desarrollo de capacidades institucionales

---

### a) Participación en capacitaciones internacionales

Se participó en el curso de “Evaluación de los ecosistemas por las variaciones del clima en el siglo XXI”, en el marco del Proyecto “Monitoreo de la biodiversidad” que desarrolla el Grupo Técnico de Cooperación de la Alianza del Pacífico (GTC). El evento se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Ciencias Forestales de la Universidad de Chile - Santiago de Chile (Figura 64).

Se capacitó al personal en el uso de metodologías para proyectar el posible nivel de estrés que podrían generar los nuevos escenarios climáticos en los ecosistemas. Esto a través de la combinación de información sobre los *downscaling* climáticos, con los perfiles bioclimáticos actuales de los ecosistemas o las especies, de modo que se puedan establecer las posibles fuentes de estrés que

podrían contribuir a su degradación o extinción. La delegación peruana estuvo representada por un profesional de cada una de las siguientes instituciones: SENAMHI, SERFOR, SERNANP, IIAP e INAIGEM. Resultados: Se elaboraron modelos espaciales de niveles de estrés para el escenario RPC8.5, tanto en el contexto climático actual como en el futuro, para los años 2050 y 2070. Con estos resultados se realizó un análisis de las áreas de distribución que estarían más amenazadas por el cambio climático y que requerirán acciones de protección focalizada en el Perú a nivel de biomas.

Compromisos: Contar con un artículo científico para el año 2019 en el cual se emplee la metodología propuesta por la Universidad de Chile a un nivel más detallado para el Perú, esto es, con la determinación del estrés bioclimático a nivel de ecosistemas.



Figura 64. Participación del INAIGEM en el curso internacional “Evaluación de los ecosistemas por las variaciones del clima en el siglo XXI” - Santiago de Chile.

## b) Alianzas estratégicas

Para la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña es necesaria la generación de conocimientos científicos y tecnológicos, la cual se fortalece con la confluencia e integración de los actores involucrados. Esta integración permite la expansión y aplicación a mayor escala de los conocimientos generados y contribuye con el desarrollo local y nacional. Para consolidar las alianzas estratégicas se ha logrado firmar los siguientes convenios:

- Convenio marco y específico de cooperación interinstitucional entre el proyecto especial CHAVIMOCHIC y el INAIGEM, firmado el 20 de febrero de 2018. El objetivo es la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña en las partes altas de las subcuencas del río Santa.
- Convenio marco interinstitucional con el Proyecto Especial Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente PER IMA, del Gobierno Regional del Cusco, firmado el 23 de marzo de 2018. El objetivo es la investigación científica referente a la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña.
- Convenio marco con la Empresa Prestadora de Servicios EPS SEDACUSO, firmado el 23 de marzo de 2018. El objetivo es priorizar investigaciones relacionadas con el Plan de Afianzamiento Hídrico de la Microcuenca Piuray.
- Convenio de cooperación interinstitucional con la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS – Cusco, firmado el 5 de junio de 2018. El objetivo es la implementación de los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos – MERESE.

## 2.2.8. Transferencia de resultados

---

La transferencia de resultados se realiza en dos momentos. El primero durante las investigaciones al público objetivo directo e indirecto identificado por el INAIGEM (organizaciones propietarias de las parcelas, decisores, academia y población). Para ello se hace uso de estrategias como la organización de eventos de capacitación, participación en plataformas relacionados a la gestión de ecosistemas de montaña y recurso hídrico, generación de alianzas públicas y otros. En esta tarea las parcelas de investigación se promueven como espacios de articulación entre científicos, estudiantes, decisores y población. El segundo momento es la aplicación de los resultados de las investigaciones a una escala mayor para ser validados. Esto se realiza a nivel de familias, organizaciones de base, instituciones o empresas. En este caso la función del INAIGEM es solo de asistencia técnica. Se han realizado estas actividades en las subcuencas de Huantay (mapa de riesgos a deslizamientos), Yanayacu, Shiqui (producción de cushuro a nivel familiar, en base a referencias del estudio de investigación) y Huamanhueque (recuperación de pastos mejorados en base a las experiencias de las investigaciones de Cátac y Llaca).

## 2.2.9. Acciones de difusión

---

### a) Fortalecimiento de la investigación

Formación y planificación de los núcleos de investigación con los estudiantes de las escuelas de postgrado de las universidades nacionales. Inicialmente se procedió a visitar y coordinar con las autoridades de las diferentes escuelas de postgrado de las universidades nacionales y particulares para conformar núcleos de investigación con los alumnos que se encuentran en elaboración de proyectos de tesis, y así poder facilitar toda la información técnica especializada con la que cuenta el INAIGEM, siendo el principal fin promover y expandir la investigación científica en los ámbitos de los glaciares y ecosistemas de montaña.

Se formaron dos núcleos de investigación con los alumnos de la Maestría en Gestión Ambiental tanto de la Universidad Nacional del Santa, en Chimbote, y la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo – UNASAM de Huaraz (véase Figura 65).



Figura 65. Especialistas del INAIGEM socializando las bondades de conformar núcleos de investigación con alumnos de maestría.

## 2.2.10. Experiencia en la recuperación de servicios ecosistémicos en microcuenca Piuray

---

Para la población de la ciudad del Cusco, aproximadamente el 31% de la producción neta de agua potable tiene como insumo el agua de la laguna Piuray, y se constituye como la segunda zona proveedora de agua después del sistema Vilcanota.

En el año 2013 se suscribe un Convenio Tripartito de Cooperación Interinstitucional entre la EPS SEDACUSCO S.A., la Municipalidad Distrital de Chinchero y el Comité de Gestión de la Microcuenca Piuray – Ccorimarca – Chinchero. En este convenio se establecen los compromisos y mecanismos de coordinación para realizar, de forma conjunta, acciones destinadas a proteger, conservar, restaurar, financiar o compensar los servicios ambientales hídricos que brinda la Microcuenca Piuray – Ccorimarca a la población de la ciudad del Cusco y a las comunidades situadas en dicha microcuenca.

La suscripción del convenio tripartito permitió la creación de un Fondo Fideicomiso denominado “Fideicomiso Proyecto Piuray – EPS SEDACUSCO – BN”, cuya finalidad, a cumplir por el fiduciario (Banco de la Nación), con cargo al Patrimonio Fideicometido, es atender los pagos o transferencias de dinero instruidas por el fideicomitente (EPS SEDACUSCO S.A.) para financiar la ejecución de proyectos.

Mediante este Mecanismo de Retribución de los Servicios Ecosistémicos (MRSE), la EPS SEDACUSCO viene implementando la recuperación de los servicios ecosistémicos para la regulación hídrica en la microcuenca Piuray.

## 2.2.10.1. Estudios formulados en la microcuenca Piuray

---

Existen abundantes estudios en la microcuenca Piuray, desde 1990 hasta la actualidad. El Instituto de Manejo del Agua y Medio Ambiente (IMA) del Gobierno Regional del Cusco y el Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS) realizaron estudios con financiamiento del Banco Mundial y, desde la Cooperación Internacional, la Asociación Arariwa. En el presente informe desarrollamos un resumen de los dos últimos estudios vinculados a la gestión del agua y a la recuperación de los servicios ecosistémicos.

### a) El plan de gestión integral de los recursos hídricos de la microcuenca de la laguna Piuray.

Realizado en el año 2013 por el Centro de Educación y Comunicación Guamán Poma de Ayala, tiene como propósito buscar la sostenibilidad de la gestión de los recursos hídricos a través de la participación de la población, incorporando los intereses y la percepción de los actores para resolver las deficiencias y problemas de la gestión, así como definir los compromisos institucionales y financieros que deberán asumir las entidades públicas y privadas que interactúan en la microcuenca. Se propone la gestión de recursos hídricos, con énfasis en la gestión de la oferta y la demanda, la preservación del medio ambiente y la recuperación de la calidad del agua de la laguna.

Este estudio es un diagnóstico completo. El Tomo I desarrolla la caracterización de la microcuenca Piuray, aspectos económicos, sistemas ecológicos y diversidad biológica, aspectos climáticos, geología, geomorfología, geodinámica, hidrología, hidrogeología, modelamiento hidrológico y el balance hídrico. El Tomo II es el diagnóstico participativo y comprende el diagnóstico temático participativo y el diagnóstico participativo de la gestión de los recursos hídricos de la microcuenca Piuray. El Tomo III desarrolla las propuestas de solución – alternativas, la visión compartida y el objetivo general; además de la definición, evaluación y selección de propuestas de solución, programas de actuación, costos, componentes y actividades del plan de gestión. El Tomo IV es el Plan de Gestión, en el cual se analizan las brechas de gestión de recursos hídricos, los programas de actuación y líneas de acción del plan, análisis del efecto de las intervenciones, la programación de la ejecución de las actividades, costos de los programas, componentes y actividades.

En este plan de gestión se establecen las acciones que se deben ejecutar y se señalan prioritariamente: mejorar la organización local para la gestión del agua; formalizar licencias de agua para uso poblacional y de riego; mejorar el conocimiento de las características hidrológicas, hidrogeológicas, geológicas, ambientales, económicas y sociales de la microcuenca; mejorar el abastecimiento de agua potable y servicios de saneamiento para todos los centros poblados; promover la cultura del agua; retomar las prácticas de protección de suelos y cobertura vegetal; proteger las fuentes de agua y atenuar los efectos del cambio climático.

### b) El plan de afianzamiento hídrico de la microcuenca Piuray.

Es un estudio formulado en el año 2017 y elaborado sobre la base del estudio “Plan de Gestión Integral de los Recursos Hídricos de la Microcuenca de la Laguna Piuray”.

El Plan de Afianzamiento Hídrico de la Microcuenca Piuray propone la recuperación de los servicios ecosistémicos para la regulación hídrica en nueve quebradas de la microcuenca, en un área de 1886 hectáreas. Cada una de las quebradas es un proyecto de inversión que debe ser implementado en el marco del sistema de inversión Invierte.pe. El año 2018 se ejecutó el proyecto de recuperación de los servicios ecosistémicos en la quebrada Can Can, y el año 2019 se ejecutará el proyecto en la quebrada Millpu.

Se esperan los siguientes resultados del plan de afianzamiento hídrico:

**Resultado 1, Infraestructura Verde:** Acciones orientadas a la regulación de escorrentía, mediante la construcción de diques para el almacenamiento de agua, zanjas de infiltración, canales de desviación, recuperación de la cobertura vegetal mediante la siembra y resiembra de pastos naturales, instalación de áreas de exclusión, forestación y reforestación con especies nativas.

**Resultado 2, Gestión de la Información:** Implementación de la gestión de la información hidrometeorológica y análisis multitemporal de la cobertura vegetal en el área de tratamiento, instalación de instrumentos para la medición del nivel freático, aforadores con sensores, pluviometría, temperatura y humedad relativa.

**Resultado 3, Fortalecimiento de Capacidades:** Fortalecimiento de capacidades organizacionales de los actores involucrados en la gestión del agua, fortalecimiento organizacional del Comité de Gestión de la microcuenca Piuray, fortalecimiento de capacidades sobre GIRH a comités de regantes y organizaciones JASS, intercambio de saberes y pasantías a experiencias exitosas en la retribución de servicios ecosistémicos.

**Resultado 4, Investigación:** Hidrología isotópica, flujos y direcciones de agua, trazadores ambientales, balance hídrico. Sobre la base del monitoreo hidrometeorológico, se plantea la investigación acerca de la efectividad de las prácticas de recuperación de los servicios ecosistémicos en la regulación hídrica de la microcuenca.

## 2.2.10.2. El trabajo concertado en el monitoreo hidrometeorológico en la microcuenca Piuray

La EPS SEDACUSCO tiene el propósito de implementar proyectos de recuperación de servicios ecosistémicos para regulación hídrica en los espacios territoriales donde se ubican las fuentes de agua, para el abastecimiento de agua potable a la población de la ciudad del Cusco. Son cinco, como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Producción neta de agua potable EPS SEDACUSCO.

N°	Sistemas	l/s	%
1	Piuray	223.00	30.99
2	Korkor	50.39	7.00
3	Jaquira	12.70	1.76
4	Salkantay	28.59	3.97
5	Vilcanota	404.78	52.26
Total, producción neta		719.46	100.00

Fuente: Memoria Anual 2018, EPS SEDACUSCO.

La primera experiencia en la recuperación de los servicios ecosistémicos es la microcuenca Piuray, a través de un plan de afianzamiento hídrico. Este plan propone la recuperación de los servicios ecosistémicos en nueve quebradas y en un total de 1886 hectáreas. En el año 2018 se ha ejecutado esta actividad en la quebrada Can Can, y el año 2019 se prevé la ejecución del proyecto en la quebrada Millpu. Cada una de las quebradas es un proyecto de inversión en el marco del sistema de inversión Invierte.pe.

El INAIGEM inicia sus acciones en Cusco el 5 de octubre de 2017, logrando un acercamiento con los representantes de la EPS SEDACUSCO que luego se convierte en reuniones de trabajo entre su equipo técnico y el del INAIGEM, cuyos resultados permiten la suscripción de un Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional, realizada el 23 de marzo de 2018.

En este convenio marco de cooperación se establece que la forma de implementarlo será mediante convenios específicos entre las partes. Después de varias reuniones de trabajo, los equipos técnicos de ambas instituciones llegan a acuerdos específicos de responsabilidades, que se establecen en un Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional suscrito el 11 de diciembre de 2018 entre la Dra. Gisella Orjeda Fernández, como Presidente Ejecutiva del INAIGEM, y el Ing. José Luis Becerra Silva, como Gerente General de la EPS SEDACUSCO (véase Figura 66).

El convenio específico tiene por objeto definir las bases de colaboración técnica y científica para la implementación de la gestión de la información hidrometeorológica y el análisis multitemporal de la cobertura vegetal para la recuperación de los servicios ecosistémicos orientados a la regulación hídrica, en el marco del Plan de Afianzamiento Hídrico de la Microcuenca Piuray – Cusco.

Los compromisos que asumen las partes, en atención a este convenio específico, son los siguientes:

La EPS SEDACUSCO se compromete a realizar proyectos de inversión pública para la recuperación de los servicios ecosistémicos para la regulación hídrica, en el marco de la implementación del Plan de Afianzamiento Hídrico de la Microcuenca Piuray, que comprende los siguientes componentes:

- Infraestructura verde.
- Gestión de la información hidrometeorológica y biodiversidad en flora.
- Fortalecimiento de capacidades y organizacionales.
- Investigación.

El segundo componente, gestión de la información hidrometeorológico y biodiversidad en flora, tiene incorporada la instrumentación para el monitoreo y comprende la adquisición de equipos, cuyo presupuesto total asciende a la suma de S/. 1,512,040.17.

El **INAIGEM** realizará la investigación vinculada a la recuperación de los servicios ecosistémicos, valorará la efectividad de las prácticas ejecutadas en el marco de la implementación del Plan de Afianzamiento Hídrico de la Microcuenca Piuray y se centrará en la realización de los estudios e investigaciones que aparecen a continuación:

- Mapas de cobertura vegetal de las nueve quebradas de la microcuenca Piuray. Para el año 2018 se priorizará las quebradas de Millpu, Can Can y Cusiqocha.
- Elaboración del análisis multitemporal en base a los mapas de cobertura vegetal de las nueve quebradas de la microcuenca Piuray, con imágenes satelitales de 1980, 1990, 2000, 2010, 2015 y 2017.
- Elaboración del estudio de línea de base de diversidad biológica en las nueve quebradas de la microcuenca Piuray.
- Investigación en la evolución de los efectos e impactos de las prácticas de conservación y recuperación de praderas naturales en los nueve ecosistemas de la microcuenca Piuray.
- Evaluación de la recuperación de los servicios ecosistémicos en las nueve quebradas de la microcuenca Piuray.
- Realización de talleres para socializar los resultados de las investigaciones con los contribuyentes y retribuyentes de la microcuenca Piuray.
- Realización de talleres para contribuir con la SEDACUSCO, para rendición de cuentas y transparencia sobre el uso de los mecanismos de retribución de los servicios ecosistémicos.

El aporte del INAIGEM asciende a la suma de S/. 782,331, que será implementado en el periodo de vigencia del convenio específico, que es por tres años: 2019, 2020 y 2021.

El costo total de las acciones a desarrollar para los efectos de la ejecución del presente convenio específico es de S/. 2,294,371, de los cuales la EPS SEDACUSCO asume S/. 1,512,040, que representa el 65.9% del total, y el INAIGEM asume la suma de S/. 782,331, que representa el 34.1% del total.



Figura 66. Suscripción del Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional entre el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM, representado por la Dra. Gisella Orjeda Fernández, y la EPS SEDACUSCO S.A., representada por el Ing. José Luis Becerra Silva.

### 2.2.10.3. Plan de monitoreo hidrometeorológico de la microcuenca Piuray

---

El monitoreo hidrometeorológico de la microcuenca Piuray es parte de los estudios e investigaciones que implementará el INAIGEM en el que, de acuerdo con el compromiso de las partes, la EPS SEDACUSCO adquiere toda la instrumentación y el INAIGEM realiza el recojo de la información, procesamiento, interpretación y socialización de los resultados. En el Mapa 24 se observa la delimitación física del área de monitoreo, así como la ubicación de las estaciones hidrometeorológicas. Como parte de la implementación de la gestión de la información hidrometeorológica, que aparece de forma explícita en el objeto del convenio específico, el INAIGEM viene implementando el Plan de Monitoreo Hidrometeorológico de la Microcuenca Piuray – Ccorimarca, cuya propuesta se resume en la infografía adjunta en las Figuras 67 y 68 del presente documento.

## 2.2.10.4. Perspectivas de trabajo en los próximos años

---

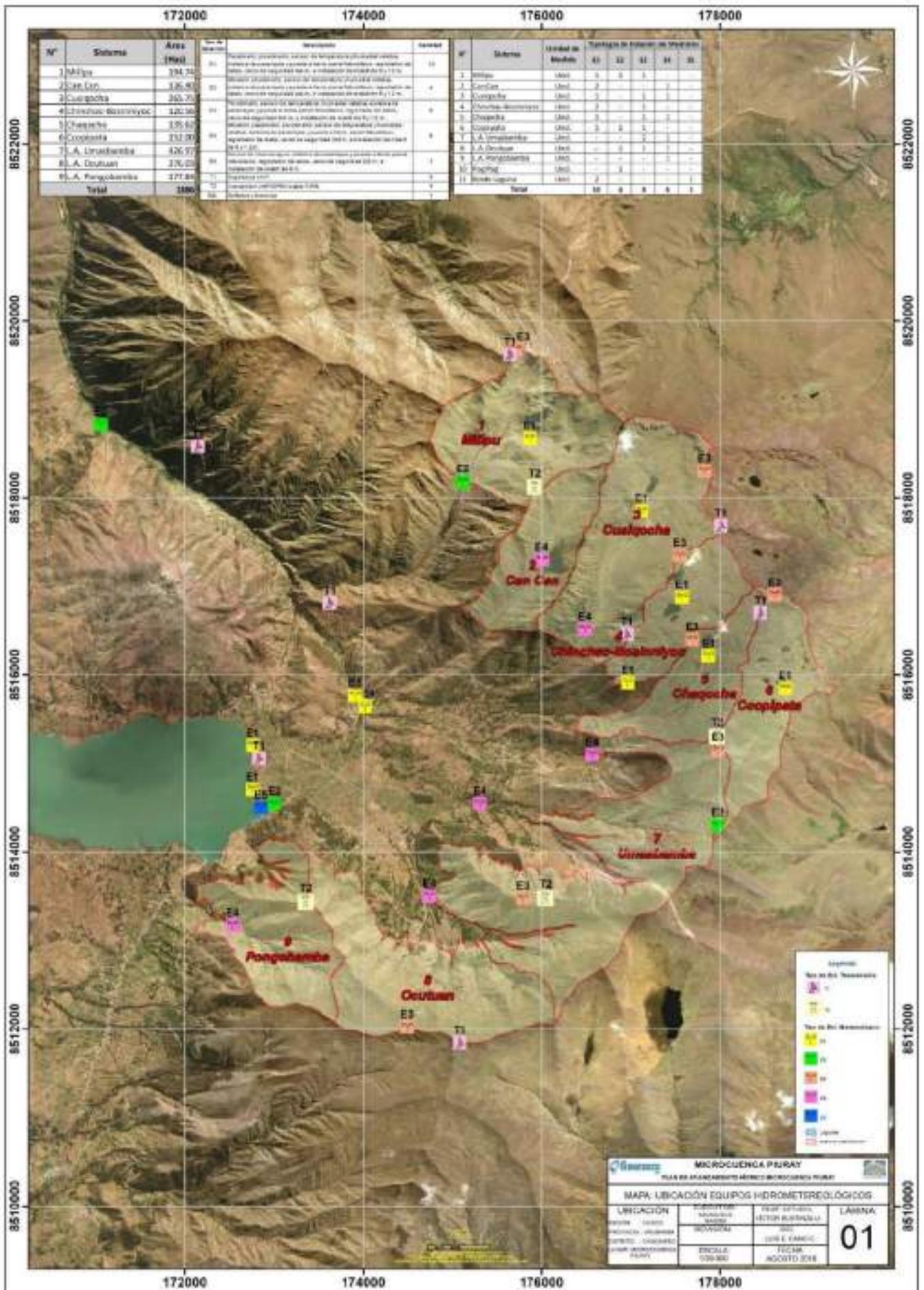
El convenio específico de cooperación interinstitucional entre el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM, y la EPS SEDACUSCO S.A., tiene una vigencia de tres años: 2019, 2020 y 2021.

Las investigaciones prioritarias, en torno a las cuales se pueden generar otras investigaciones más específicas, están orientadas a:

- Investigación en la evolución de los efectos e impactos de las prácticas de conservación y recuperación de praderas naturales en los nueve ecosistemas de la microcuenca Piuray.
- Evaluación de la recuperación de los servicios ecosistémicos y la regulación hídrica en las nueve quebradas de la microcuenca Piuray.

El insumo importante en estas investigaciones es el monitoreo hidrometeorológico, el cual viene implementándose de forma eficiente, con calidad de datos y registro de información oportuno, y que debe ser socializado periódicamente con los contribuyentes y los retribuyentes como una forma de rendición de cuentas y transparencia.

Los hallazgos y resultados de las investigaciones deben ayudar a la toma de decisiones en la gestión del agua, en la priorización de proyectos de inversión orientados a la recuperación de los servicios ecosistémicos y en la mejora de la cultura del agua en un contexto de cambio climático.



Mapa 24. Ubicación de las estaciones E1, E2, E3, E4, E5, T1 y T2, instrumentación para el monitoreo hidrometeorológico.

# PLAN DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO DE LA MICROCUENCA PIURAY - CCORIMARCA



Figura 67. Plan de monitoreo hidrometeorológico de la microcuenca Piuray – Ccorimarca.

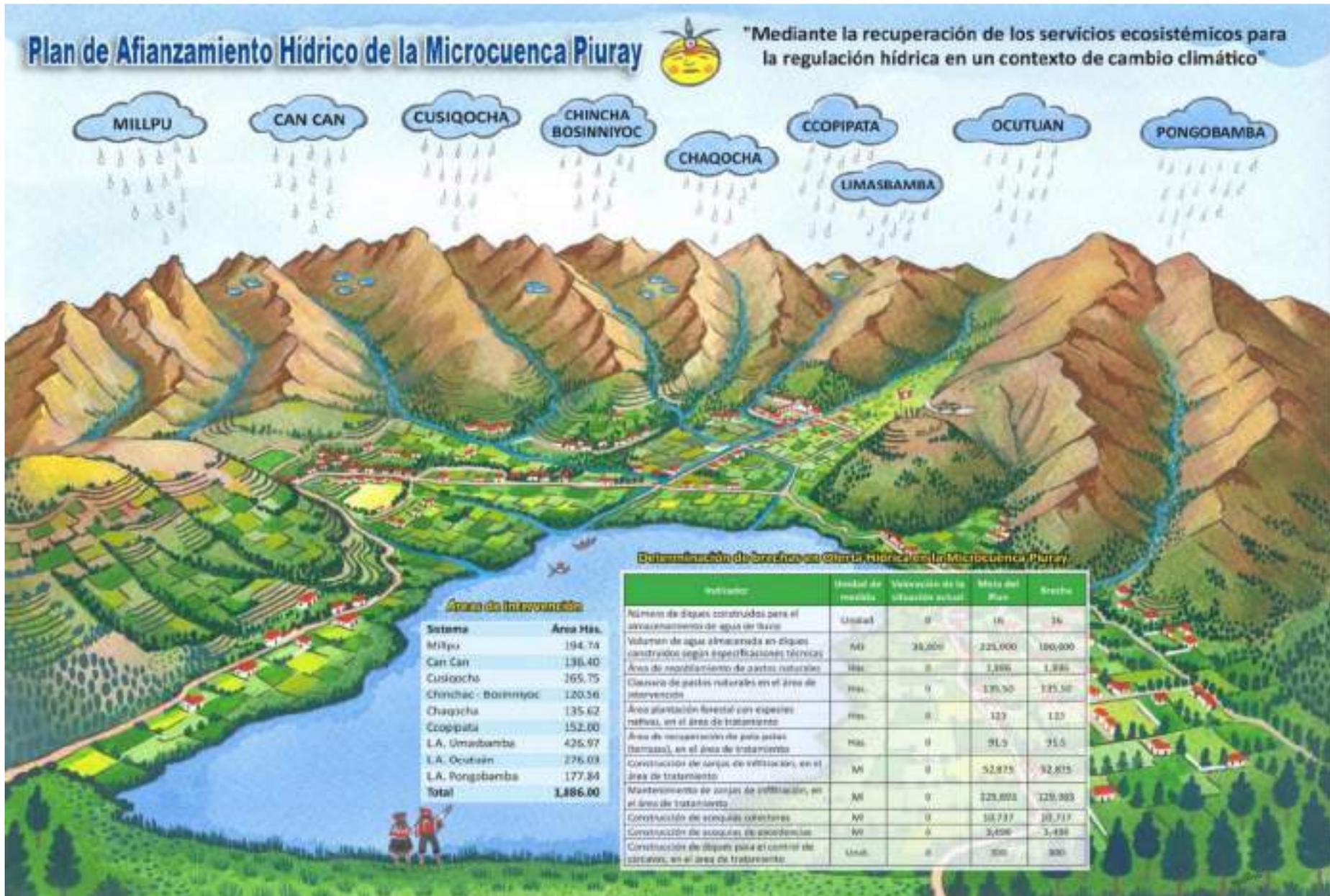


Figura 68. Plan de afianzamiento hídrico de la microcuenca Piuray.

## 2.3. Cooperación internacional

---

### 2.3.1. Convenios suscritos

---

Con la finalidad de promover la investigación científica y la generación de conocimiento de alto nivel, a lo largo del 2018 el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) suscribió un total de 12 documentos con otras entidades, tanto nacionales como internacionales. Dichos documentos se reparten en las siguientes categorías: siete (7) convenios marco, tres (3) convenios específicos, un (1) convenio de cooperación y un (1) memorándum de entendimiento.

Entre las nuevas alianzas establecidas a través de la suscripción de los mencionados convenios destacan las que se instauraron con entidades extranjeras de educación superior, gracias a las cuales el INAIGEM recibió en 2018 una tesista de pregrado de la Universidad de Ciencia Aplicada Hochschule Wismar (Alemania).

Por otro lado, es oportuno resaltar las colaboraciones que se formalizaron con otras entidades públicas, en especial el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y el Ministerio de Relaciones Exteriores (MRE), las cuales permitirán implementar en el 2019 proyectos y actividades en conjunto con las mencionadas entidades en temas de interés común.

Finalmente, uno de los resultados más importantes es la firma del convenio específico entre INAIGEM y la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Pública de Accionariado Municipal SEDACUSCO S.A. (SEDACUSCO), cuyo objeto es definir las bases de colaboración técnica y científica para la implementación de la gestión de la información hidrometeorológica y análisis multitemporal de la cobertura vegetal, para la recuperación de los servicios ecosistémicos orientados a la regulación hídrica, en el marco del Plan de Afianzamiento Hídrico de la Microcuenca Piuray - Cusco. Para ese fin, se prevé la compra de equipo para realizar el monitoreo hidrometeorológico por un monto total de S/. 1,512,000.

### 2.3.2. Proyectos

---

Entre los mayores logros del 2018 se pueden mencionar las cinco propuestas del INAIGEM que resultaron ganadoras de las siguientes convocatorias del Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT): “Movilización en Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – Pasantías” (un proyecto aprobado), “Círculos de Investigación en Glaciares” (dos proyectos aprobados) y “Subproyectos de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico” (dos proyectos aprobados).

El financiamiento que se recibirá a través de estos proyectos suma aproximadamente S/. 3,715,000 y permitirá ampliar las redes científicas del INAIGEM, así como implementar investigaciones de gran impacto y contribuir al posicionamiento internacional de nuestra institución.

En el 2018 se confirmó también la participación del INAIGEM en la ejecución del plan de trabajo que deriva del “Memorandum of Understanding of Cooperation in the Field of Climate Change Vulnerability, Risk Assessment, Adaptation and Mitigation”, suscrito entre el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM) y el Ministerio del Ambiente, Territorio y Mare de Italia (IMELS), cuya finalidad es lograr un cambio real fomentando el uso de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) como herramienta para promover el desarrollo resiliente y bajo en carbono.

### 2.3.3. Presencia internacional

---

En lo que concierne a la presencia del INAIGEM en foros e instancias internacionales, se sigue participando en las actividades de la Iniciativa Andina de Montaña (IAM), plataforma regional de trabajo en la cual realiza sus aportes en calidad de Punto Focal Técnico para Perú. Es oportuno recordar que la IAM tiene el objetivo principal de brindar un espacio donde los siete países miembros (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) puedan compartir sus experiencias y conocimientos con la finalidad de diseñar e implementar políticas integrales en beneficio de los ecosistemas de montaña. En este contexto, en noviembre del 2018 se participó en la reunión anual de la Asamblea de los Países Miembros, realizando una presentación país de los avances en el desarrollo de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

En la Tabla 17 se presentan los convenios suscritos por el INAIGEM durante el 2018

Tabla 17. Lista de los convenios suscritos.

N.º	Título	Fecha de suscripción	Objetivos
1	Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el Proyecto Especial Chavimochic y el INAIGEM	20/2/2018	Establecer las bases de la colaboración entre CHAVIMOCHIC y el INAIGEM que permitan la gestión e implementación de acciones conjuntas relativas a la investigación científica, así como a la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña y los servicios ecosistémicos que estos brindan en beneficio de la población.
2	Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional entre el Proyecto Especial Chavimochic y el INAIGEM	20/2/2018	CHAVIMOCHIC asume el costo de la producción de 160,000 plantones de especies forestales. INAIGEM realizará el levantamiento planímetro y distribución de los espacios de la producción
3	Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el Proyecto Especial Regional Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente y el INAIGEM	23/3/2018	Establecer relaciones de colaboración técnica y científica entre PER IMA y el INAIGEM que permitan la gestión e implementación de acciones conjuntas relativas a la investigación científica referentes a la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña y servicios ecosistémicos de regulación hídrica en cuencas en beneficio de la población.
4	Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre la EPS SEDACUSCO S.A. y el INAIGEM	23/3/2018	Establecer las bases de la colaboración técnica y científica entre SEDACUSCO y el INAIGEM que permitan la gestión e implementación de acciones conjuntas relativas a la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de la población en general.
5	Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre la Unidad de Gestión Educativa de Yungay y el INAIGEM	30/5/2018	Establecer mecanismos de cooperación, propiciando las condiciones de apoyo y asistencia técnica para incorporar la temática relacionada a glaciares y ecosistemas de montaña en los contenidos temáticos y procedimientos pedagógicos del Proyecto Educativo Local de la provincia de Yungay, mejorando las competencias y fortaleciendo las capacidades de los docentes y estudiantes, con orientación hacia la toma de conciencia crítica sobre la problemática ambiental, la conservación y sostenibilidad de la biodiversidad del territorio y el cambio climático global.
6	Convenio de Cooperación Interinstitucional que celebran la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento y el INAIGEM	5/6/2018	El INAIGEM se compromete a apoyar en la elaboración del diagnóstico hídrico rápido y facilitar información cartográfica de 1/250,000 de monitoreo de agua y de cobertura vegetal de las subcuencas donde el INAIGEM y la SUNASS hayan identificado intervenciones de MRSE.
7	Memorándum de Entendimiento celebrado entre INAIGEM y Stichting Deltares, Países Bajos	2/7/2018	Establecer una colaboración con el fin de promover programas, proyectos y actividades de investigación aplicada, enfocados al manejo y recuperación de los ecosistemas degradados en los ecosistemas de montañas, inventario y monitoreo de glaciares y manejo y conservación del agua superficial y subterránea.

8	Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el INAIGEM y la Universidad de Ciencias Aplicadas Hochschule Wismar	4/7/2018	Establecer alianzas de trabajo para promover programas, proyectos y actividades educativas y de investigación aplicada enfocadas en la conservación de los ecosistemas de montaña y su manejo sostenible en beneficio de la población.
9	Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el INAIGEM y la Universidad de Ciencias Aplicadas Ernst-Abbe-Hochschule Jena.	23/7/2018	Establecer alianzas de trabajo para promover programas, proyectos y actividades educativas y de investigación aplicada enfocadas en la conservación de los ecosistemas de montaña y su manejo sostenible en beneficio de la población.
10	Convenio Especifico de Cooperación Interinstitucional entre el SENAMHI y el INAIGEM	26/11/2018	Establecer relaciones de cooperación interinstitucional que permitan consolidar y articular el trabajo que vienen realizando las partes en el departamento de Ancash, facilitándoles el uso de las instalaciones del INAIGEM en la provincia de Huaraz, para que el SENAMHI implemente una oficina de enlace en esta ciudad, lo que repercutirá en el fortalecimiento de ambas instituciones.
11	Convenio Especifico de Cooperación Interinstitucional entre la EPS SEDACUSCO S.A. y el INAIGEM	11/12/2018	Definir las bases de colaboración técnica y científica para la implementación de la gestión de la información hidrometeorológica y análisis multitemporal de la cobertura vegetal para la recuperación de los servicios ecosistémicos orientados a la regulación hídrica en el marco del Plan de Afianzamiento Hídrico de la Microcuenca Piuray – Cusco.
12	Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el Ministerio de Relaciones Exteriores y el INAIGEM	21/12/2018	Establecer el marco general de cooperación interinstitucional que permita el desarrollo de actividades tendientes a mejorar y optimizar el Programa Nacional Antártico del Perú, en materia de ciencia y tecnología, mediante el impulso y desarrollo de proyectos de investigación en y sobre la Antártida que contribuyan a su conocimiento.

## 2.4. Política institucional

---

Durante el año 2018 se continuó con las actividades conducentes a la formulación de la Política Nacional, a través de lo siguiente.

### 2.4.1. Lineamientos para la formulación de la propuesta de Política Nacional.

---

Esta actividad se realizó con la colaboración de CARE Perú y la Universidad de Zúrich, quienes financiaron la realización de dicho estudio.

Para definir los lineamientos se realizaron una serie de entrevistas a personal del INAIGEM y a personalidades externas a la entidad con trayectoria en materia de glaciares y ecosistemas de montaña. Asimismo, se realizaron encuestas al público alrededor de Huaraz, específicamente a comunidades, sobre sus preocupaciones en relación con los problemas asociados a los glaciares y ecosistemas de montaña.

En base a las entrevistas y encuestas realizadas se definieron lineamientos que fueron analizados técnicamente y relacionados con las normativas vinculadas a la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas, como lo son la Ley de Recursos Hídricos y la Ley Marco sobre Cambio Climático, entre otros. Esto se realizó con la finalidad de asegurar que los lineamientos propuestos sean coherentes con las normativas existentes, así como con otros documentos de gestión en materia del ámbito de las competencias del INAIGEM.

Así también, se relacionaron los lineamientos planteados con la normativa internacional, tomando en cuenta la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas, Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, entre otros.

El resultado obtenido fue un documento en el que se definieron lineamientos preliminares para orientar la elaboración de la propuesta de la Política Nacional, definiendo algunas problemáticas y grandes temáticas de intervención. Este documento, junto con otros elaborados anteriormente, constituye un punto de partida para construir una base analítica, técnica y cualitativa para el desarrollo de la Política Nacional.

## 2.4.2. Encuentro Regional “Experiencias y desafíos en la región andina para la formulación de políticas públicas en materia de glaciares y ecosistemas de montaña”

---

El INAIGEM con el apoyo de la Fundación Konrad Adenauer, en el marco del Programa Regional de Seguridad Energética y Cambio Climático en América Latina (EKLA-KAS), organizó un Encuentro Regional en agosto 2018. La finalidad de este evento fue fortalecer las capacidades de los actores locales involucrados en la formulación de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña de Perú, así como la cooperación entre los países de la región andina para el diseño de lineamientos de políticas e instrumentos normativos en materia de glaciares y ecosistemas de montaña.

Un objetivo específico del INAIGEM al realizar este encuentro fue hacer incidencia en el uso y aplicación de la investigación como eje transformador que permita generar conocimiento útil para el diseño de políticas públicas en glaciares y ecosistemas de montaña.

A través de este evento, se creó un espacio de acercamiento, diálogo y retroalimentación entre decisores, investigadores y especialistas de Argentina, Chile, Bolivia, Ecuador, Colombia y Perú, involucrados en las temáticas del ámbito de intervención del INAIGEM. Asimismo, se logró identificar retos y desafíos en común y oportunidades de mejora para el diseño e implementación de políticas públicas en materia de glaciares y ecosistemas de montaña.

El encuentro se realizó durante dos días y se trataron las siguientes temáticas:

- Políticas adoptadas y marco normativo en materia de glaciares y ecosistemas de montaña en los países de la región andina. Se compartió información sobre el marco normativo vigente y la institucionalidad en materia de glaciares y ecosistemas de montaña de cada uno de los países participantes.
- Retos nacionales en los países de la región andina: interfaz ciencia-política.
- Cada país habló sobre los roles de las entidades nacionales en el diseño, formulación e implementación de políticas públicas, así como los instrumentos técnicos empleados como soporte de políticas públicas.

Los organismos gubernamentales y centros de investigación que participaron del Encuentro Regional fueron los siguientes:

- **Argentina:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable; Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA).
- **Bolivia:** Ministerio de Medio Ambiente y Agua; Instituto de Investigaciones Geológicas y del Medio Ambiente (IGEMA) de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA); Instituto Boliviano de la Montaña.
- **Chile:** Ministerio de Relaciones Exteriores, Dirección de Medio Ambiente y Asuntos Oceánicos; Ministerio de Obras Públicas, a través de la Unidad de Glaciología y Nieves de la Dirección General de Aguas; Centro de Estudios Científicos de Valdivia (CECs)-Laboratorio de Glaciología; Universidad de Magallanes, Dirección de Programas Antárticos y Subantárticos.
- **Colombia:** Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- **Ecuador:** Ministerio del Ambiente; Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).
- **Perú:** Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM).

## 2.4.3. Sistematización de evidencias para el diagnóstico de la etapa de diseño de la política nacional de glaciares y ecosistemas de montaña

---

Durante los dos últimos años se han realizado diversos estudios con dinero de la entidad y de la cooperación internacional, en los que se han podido identificar diversas problemáticas y actores involucrados en materia de glaciares y ecosistemas de montaña. Frente a ello, se vio necesario realizar una sistematización de toda la documentación que permita identificar si se cuenta con la información suficiente para iniciar el proceso de definición de la problemática general, así como sus causas y, finalmente, definir los lineamientos específicos de la Política Nacional.

Durante este proceso se tomó en cuenta toda la información levantada, tanto primaria como secundaria, de los actores clave identificados y de la población potencialmente afectada en el ámbito de intervención de los glaciares y ecosistemas de montaña.

Con la información con la que se cuenta se realizó un diagnóstico preliminar que será el punto de partida de la Política. Se identificó información suficiente para el ámbito de glaciares, pero no para los ecosistemas de montaña. Es por ello que será necesario realizar más estudios específicos respecto a este último tema.

De esta sistematización se ha obtenido un primer gran insumo para la Política, en el cual se ha propuesto un árbol de problemas, así como lineamientos específicos. Sin embargo, luego de realizar el estudio complementario de diagnóstico sobre los ecosistemas de montaña, ambos insumos deberán ser revisados e integrados de modo coherente.

# Conclusiones

## 1. En relación con los glaciares:

- Se elaboró el inventario nacional de glaciares a una escala de 1:25,000. Se registraron 2274 glaciares distribuidos entre 18 cordilleras.
- La superficie total de cobertura glaciar en el Perú es 1114 km<sup>2</sup>, considerando todos los glaciares con una superficie cartografiada mínima de 5000 m<sup>2</sup>.
- Se encontraron 8568 lagunas de origen glaciar con una superficie mayor a los 5000 m<sup>2</sup>, distribuidas entre 20 cordilleras y abarcando 13 departamentos del país.
- Los resultados muestran que existen 1278 lagunas consideradas nuevas en comparación con el inventario anterior realizado por el ANA en 2014, y 501 lagunas en procesos de eutrofización y evaporación o que están pasando por cambios climáticos extremos que afectan seriamente los ecosistemas de su entorno.

## 2. En relación con los riesgos:

- La evaluación de las obras de seguridad y las condiciones geológicas y geotécnicas, a nivel preliminar, del entorno de las 21 lagunas inspeccionadas permitió determinar el estado actual de las obras, así como el nivel de peligrosidad que presenta su entorno. Se identificaron 18 lagunas que poseen diques de tierra y canales o túneles de descarga en regular estado de conservación. En contraste, las lagunas Cancarcá Chico, Safuna Baja y Huandoy no poseen obras de seguridad, y las lagunas Yanaraju, Allicocho, Cancarcá Grande, Hualcacocha, 513, Cochca y Safuna Alta poseen vasos de almacenamiento de alta peligrosidad, debido a sus características físicas.
- La evaluación del nivel de susceptibilidad por movimientos en masa en la subcuenca del río Lullán-Parón, distrito de Caraz, provincia de Huaylas, departamento de Ancash, fue realizada considerando aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos y de pendientes. Las condiciones de susceptibilidad de la laguna Parón van de moderadas a muy altas, debido a la presencia de una lengua glaciar de considerable dimensión ubicada en la parte baja de la laguna Artesoncocha Alta (laguna en formación), y el gran volumen almacenado en el vaso de la laguna superior a 79 millones de metros cúbicos (según el Estudio Batimétrico de la laguna Parón hecho en 2006 por la UGRH del INRENA), siendo la laguna más grande de origen glaciar en la Cordillera Blanca, con un sistema de regulación que no está siendo controlado técnicamente.
- Las evaluaciones de riesgo por aluvión realizadas por la SDRAG en las subcuencas de los ríos Quillcay, Santa Cruz y Pariac, bajo la normativa del CENEPRED, se enmarcan dentro de la gestión prospectiva y correctiva y dentro del proceso de estimación del riesgo. Las huellas de inundación referenciales de los potenciales aluviones fueron resultado de la modelización computacional de los flujos de aluvión en los escenarios más desfavorables con el uso del programa HEC-RAS 5.03.
- En la zona baja de la subcuenca del río Quillcay se identificaron como elementos expuestos 765 personas, 326 viviendas y seis estructuras de importancia local, donde el peligro alcanza los niveles muy alto, alto, medio y bajo, de acuerdo con el grado de exposición. En relación con la vulnerabilidad de dichos elementos expuestos, el 1% de viviendas posee vulnerabilidad muy alta, el 84% alta, el 14% media y el 1% baja; también, el 17% de las estructuras posee vulnerabilidad muy alta, el 50% alta y el 33% media. Finalmente, se determinó que los niveles de riesgo en el área de estudio son muy altos en 10% de las viviendas, altos en 52%, medios en 37% y bajos en 1%. El 86% de las estructuras posee niveles de riesgo muy alto y 14% riesgo alto. La estimación económica de los probables daños de un eventual aluvión en la parte baja de la subcuenca del río Quillcay corresponde a S/. 2,813,897.55, considerando la afectación de 326 viviendas y seis infraestructuras importantes. En general, el nivel de

riesgo es alto dadas las condiciones del territorio, pero la vulnerabilidad puede reducirse mejorando las condiciones sociales, físicas, económicas y ambientales del territorio.

- La zona urbana de la ciudad de Huaraz, en el área de estudio, posee elementos expuestos consistiendo en 27,407 personas, 6,583 viviendas y 68 estructuras de importancia local. De dichos elementos, se identificó que el 81% de viviendas posee vulnerabilidad muy alta, 8% alta y 11% media. Además, el 3% de estructuras posee vulnerabilidad muy alta, 26% alta, 60% media, 11% baja. En relación con los niveles de riesgo de la ciudad de Huaraz, en el área de estudio, se determinó que el 88% de las viviendas posee riesgo muy alto, 5% alto y 7% medio. De otra parte, el 16% de las estructuras posee riesgo muy alto, 19% alto, 63% medio y 2% bajo. Ante un eventual aluvión que afecte a la ciudad de Huaraz, los valores de los efectos probables serían de S/. 701,274,343, correspondientes a la afectación a las viviendas e infraestructuras.
  - En la parte baja de la subcuenca del río Pariac se han identificado como elementos expuestos 678 personas, 356 viviendas y 19 estructuras de importancia local, donde el peligro alcanza los niveles muy alto, alto, medio y bajo de acuerdo con el grado de exposición del peligro por aluvión. En relación con la vulnerabilidad, se ha determinado que, en el área de estudio, el 1% de las viviendas posee vulnerabilidad muy alta, el 93% alta y el 6% media. El 5% de las estructuras posee vulnerabilidad muy alta, 53% alta, 32% media y 10% baja. En relación al riesgo de la subcuenca del río Pariac, se determinó que el 40.7% de las viviendas presenta riesgo muy alto, 44.1% alto y 15.2% medio. El 62% de las estructuras posee riesgo muy alto, 32% alto y 6% bajo. Ante un aluvión que afecte la parte baja de la subcuenca Pariac, los daños estarían valorados en S/. 17,817,546, lo que incluiría la afectación de viviendas e infraestructuras.
  - En la parte baja de la subcuenca Santa Cruz se han identificado como elementos expuestos 525 personas, 234 viviendas y 12 estructuras de importancia distrital, donde el peligro se expresa en los niveles muy alto, alto y bajo de acuerdo con el grado de exposición del peligro por aluvión. La vulnerabilidad es alta para el 7.5% de las viviendas y media para el 92.5%. El 50% de las estructuras posee vulnerabilidad muy alta, 17% alta y 33% media. La zona baja de la subcuenca Santa Cruz presenta los siguientes niveles de riesgo en viviendas: 5% riesgo muy alto, 6% alto y 89% bajo. El 30% de las estructuras posee riesgo muy alto, 22% alto, 26% medio y 22% bajo. Ante un aluvión que afecte la parte baja de la subcuenca Santa Cruz, el valor de los efectos probables serían de S/. 18,955,000.
3. En ecosistemas de montaña:
- Al 2018, como ámbito de intervención en ecosistemas de montaña, el INAIGEM ha priorizado ocho subcuencas de la región Ancash, una de la región Cusco y una en la región Arequipa. Estas subcuencas abarcan una superficie total de 14,817 km<sup>2</sup> y una población de 894,053 habitantes.
  - El CICTEM (Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas), ubicado en terrenos de la Comunidad Campesina de Cátac, Recuay, Ancash, se extiende en 90 hectáreas clausuradas con cerco eléctrico. En 30 hectáreas se viene investigando el cambio de uso del suelo, rotación de cultivos, germoplasma de especies nativas de papa nativa y chocho y el manejo óptimo del agua. Las 60 hectáreas restantes son exclusivas para la investigación del ecosistema de pajonal o pradera nativa, mediante tipos de labranza, regeneración natural de pastos nativos y semillero de pastos nativos.
  - Se realizó la identificación espacial y caracterización de ecosistemas dentro de tres subcuencas mediante técnicas de geomática y trabajo de campo. Se han caracterizado los ecosistemas de montaña con enfoque de paisaje de tres subcuencas de la Región Ancash: Santa Cruz, Quillcay y Pachacoto, donde se han utilizado variables como la fisiografía, hidrografía, clima, cobertura actual, tipo de vegetación, fauna, áreas urbanas, usos y actividades productivas, distribución política y accesos.
  - Para abordar el problema de la generación de Drenaje Ácido de Roca (DAR) y evaluar el rol de los ecosistemas en la mejora de la calidad de agua en las cabeceras de cuenca, se han realizado monitoreos de calidad de agua en ocho microcuencas pertenecientes a las seis subcuencas priorizadas, con 95 estaciones de monitoreo. De estas, 72 se ubican en Ancash y 23 en Cusco. En cada estación se realizaron tres monitoreos de caudal y calidad de agua por año en la época seca y el periodo de lluvias. Esta es una actividad permanente que permitirá conocer el comportamiento hídrico superficial y poder contar con historiales que se puedan relacionar con el comportamiento de los ecosistemas y el cambio climático.

- Los monitoreos se desarrollan con base en un Programa de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial de las subcuencas y de acuerdo con los procedimientos establecidos por la Ley General de Aguas. Los parámetros de campo fueron recogidos con el Multiparámetro marca HANNA. La presencia de metales se determinó mediante el análisis en el laboratorio Metales por ICP (EPA Method 200.7).
  - Se han concluido seis investigaciones: cuatro realizadas por tesis universitarias y dos por especialistas. Además, existen 11 en desarrollo.
  - Personal de la DIEM participó en el curso “Evaluación de los ecosistemas por las variaciones del clima en el siglo XXI” en el marco del Proyecto “Monitoreo de la Biodiversidad” que desarrolla el Grupo Técnico de Cooperación de la Alianza del Pacífico (GTC), llevado a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Ciencias Forestales de la Universidad de Chile - Santiago de Chile. También participaron en el III Curso Internacional “La restauración de paisajes” del 11 al 22 de junio del 2018 en Costa Rica.
  - Cuatro (4) convenios fueron gestionados y firmados: Convenio marco y específico con Chavimochic; Proyecto Especial Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente PER IMA del Gobierno Regional del Cusco; Convenio marco con la Empresa Prestadora de Servicios EPS SEDACUSO; y Convenio de cooperación interinstitucional con la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass) - Cusco.
  - Transferencia de los resultados de las investigaciones a una escala mayor para validarlos. Esto se realiza a nivel de familias, organizaciones de base, instituciones o empresas. En este caso, la función del INAIGEM es solo de asistencia técnica. Entre estas investigaciones tenemos las de las subcuencas Huantay, Yanayacu, Shiqui y Huamanhueque.
4. En políticas:
- Se debe realizar el proceso de formulación de la política con legalidad y legitimidad. Se deben integrar las necesidades de la población para que adopten como suya la política.
  - La política debe tener repercusión social. Las montañas en el Perú tienen gran presencia de poblaciones altoandinas con tradiciones culturales ancestrales. Estas deben ser consideradas e integradas en el diseño de la política. Las decisiones que se tomen incidirán directamente en la vida de estas poblaciones.
  - La institucionalidad es un factor que debe tomarse en cuenta. El Perú tiene una institucionalidad bastante más diversa que la mayoría de sus países vecinos, y es importante que exista una adecuada articulación entre las instituciones relacionadas, respetando las competencias y asegurando que la política de los glaciares y ecosistemas de montaña sea conducida con una gestión coherente y efectiva.
  - En general, se nota la ausencia de la preocupación por el cambio climático. Durante el intercambio de experiencias, una gran ausente ha sido la discusión sobre el cambio climático, que, en el caso del Perú, es prioritaria. Salvo con relación a Bolivia, con el caso del agua en la ciudad de La Paz, este tema no ha estado presente, y debemos lograr una mirada y reflexión propia profunda. Este tema está relacionado con los riesgos de desastres que sí han sido mencionados en este intercambio de experiencias.
  - Presupuesto y financiamiento: Todos los países coinciden en la necesidad de considerar el financiamiento requerido para implementar la política y los instrumentos que de ella se deriven. Muchos incluso plantean que este tema debe constituirse en un eje.
  - Liderazgo. Una de las conclusiones más fuertes es la necesidad de un liderazgo institucional. En el caso de Chile, el Ministerio de Relaciones Exteriores es el mejor ejemplo de una institución articuladora a nivel nacional. En el Perú, luego del diálogo, se considera que el INAIGEM tenga un liderazgo técnico y que el liderazgo político esté a cargo del Ministerio del Ambiente.

# Recomendaciones

## 1. En glaciares:

- El Perú ha perdido más del 50% de su cobertura glaciar desde el anterior inventario realizado por el ANA. Se recomienda difundir esta información de forma adecuada para que sea tomada en cuenta por los decisores políticos a nivel de regiones, provincias y distritos.

## 2. En ecosistemas de montaña

- Realizar la evaluación del riesgo por desborde de laguna en la parte alta de las subcuencas de los ríos Quillcay, Pariac y Santa Cruz, con la finalidad de incorporar el análisis del peligro, la vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas y el control del riesgo con propuestas de medidas estructurales a un mayor detalle. Asimismo, realizar la evaluación del riesgo en la zona de confluencia de los ríos Quillcay, Pariac y Santa Cruz con el río Santa con la finalidad de determinar el impacto que tendría un eventual aluvión en áreas fuera del ámbito de la subcuenca para cuantificar los posibles daños a la población expuesta y sus medios de vida.
- Realizar la evaluación del riesgo por aluvión en la parte baja de la subcuenca del río Parón-Llullán, con la finalidad de conocer los elementos expuestos, grado de vulnerabilidad y el riesgo de la ciudad de Caraz y sus alrededores, donde se deberá contener propuestas de medidas estructurales y no estructurales. Así mismo, es necesario realizar la evaluación del riesgo por desborde de laguna en la parte alta de la subcuenca del río Parón-Llullán con la finalidad de incorporar el análisis del peligro en la parte alta, la vulnerabilidad de las obras de infraestructuras expuestas y la incorporación del control del riesgo con propuestas de medidas estructurales como obras de infraestructura a un mayor detalle. También realizar la evaluación del riesgo en la zona de confluencia del río Parón-Llullán y el río Santa con la finalidad de determinar el impacto que tendría un eventual aluvión en áreas fuera del ámbito de la subcuenca para cuantificar los posibles daños a la población expuesta y sus medios de vida.
- Realizar el monitoreo periódico del estado de las obras de seguridad y las condiciones geológicas y geotécnicas del entorno de las 21 lagunas inspeccionadas el año 2018, de peligro alto (Yanaraju, Cancaracá Grande, Huallcacocha, 513, Safuna Alta, Safuna Baja) con más frecuencia, de peligro medio (Allicocha, Rajupaquinan, Cochca, Akilpo, Pucaranracocha, Pacliascocha, Paccharurí, Lejiacocha, Yuracocha) con frecuencia media, y de bajo peligro (Cancaracá Chico, Artesa, Pucacocha, Lliullacocha, Quitaracsa y Huandoy) de manera esporádica; y de nueve lagunas inspeccionadas del 2017, de peligro alto (Palcacocha, Cuchillacocha, Tullparaju, Arhuaycocha, Jatuncocha y Rajucolta) y de peligro medio (Artizón Alto, Artizón Bajo y Taullicocha).
- Realizar el monitoreo en tiempo real de las lagunas Arhuaycocha, Rajucolta, Jatuncocha, Parón y los glaciares circundantes con sensores de medición del nivel del espejo de agua de la laguna, sensores de detección de movimientos en masa, medidores de caudal de salida, medición de parámetros meteorológicos, además de un sistema de comunicación de alta tecnología ante la necesidad de tener información y visualizar un control sobre el comportamiento de su entorno.
- Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) en las subcuencas de los ríos Quillcay, Pariac y Santa Cruz que considere el monitoreo de las lagunas Palcacocha, Cuchillacocha y Tullparaju (subcuenca Quillcay), Rajucolta (subcuenca Pariac-Rajucolta) y Arhuaycocha, y Jatuncocha (subcuenca Santa Cruz), y los glaciares circundantes. La implementación del SAT debe articularse con la elaboración e implementación del Plan de Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres de cada subcuenca.
- Realizar la construcción de una presa de seguridad que contenga la altura de ola a ser formada por una posible avalancha y que soporte el volumen de masa que generaría un eventual aluvión. De otra parte, es necesario la construcción de un sistema de estructuras de protección de las márgenes de los ríos Quillcay, Paria y Auqui, considerando las zonas críticas cercanas a las zonas pobladas (previo informe

de campo), a fin de disipar la energía de la masa aluviónica y evitar que esta afecte a la infraestructura y sus habitantes.

- Implementar medidas estructurales y no estructurales indicadas en las evaluaciones de riesgo de la parte baja de las subcuencas de los ríos Quillcay, Pariac y Santa Cruz, necesarias, por parte de las autoridades, a fin de poner en salvaguarda a la población expuesta y sus medios de vida. Considerando a los gobiernos locales, en coordinación con el gobierno regional de Ancash a través de su Gerencia de Infraestructura; y en relación con los actores sociales, deberán prohibir futuras construcciones y las habilitaciones urbanas de las viviendas en las franjas marginales de los ríos con la finalidad de evitar su exposición al peligro.
- Mejorar la articulación de la plataforma de Defensa Civil, el Centro de Operaciones de Emergencia Local (COEL) de Huaraz, Centro de Operaciones de Emergencia Local (COEL) Independencia y el Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) de Ancash, con la finalidad de proporcionar información primaria sobre un posible aluvión y/o movimiento en masa en la subcuenca Quillcay.

# Bibliografía

- Durán, A., Morrás, H. J. M., Studdert, G. A. y Xiaobing, L. (2011). Distribution, properties, land use and management of Mollisols in South America. *Chinese Geographical Science*, 21(5), 511-530.
- Herrera W., A. y Lane, K. J. (2006). La complejidad social en la arqueología de la sierra de Ancash. En Herrera, A., Orsini, C. y Lane, K. (Eds.). *La complejidad social en la Sierra de Ancash: Ensayos sobre paisaje, economía y continuidades culturales*, vii-xix. Milán, Civiche Raccolte d'Arte Applicata del Castello Sforzesco – Raccolte Extraeuropee; Lima, Punku, Centro de Investigación Andina.
- MINAM y ANA. (2012). *Mapa de Humedales del Perú*. Lima, Ministerio del Ambiente (MINAM) y Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- MINAM. (2014). Estrategia nacional de humedales (documento para consulta pública). Lima, Ministerio del Ambiente (MINAM).
- MINAM. (2018a). *Definiciones conceptuales de los ecosistemas del Perú*. Lima, Ministerio del Ambiente (MINAM).
- MINAM. (2018b). Mapa nacional de ecosistemas del Perú: Memoria descriptiva. Lima, Ministerio del Ambiente (MINAM).
- Miranda, F. y Ccana, E. (2014). *Manejo de praderas altoandinas y cosecha de agua*. Lima, Soluciones Prácticas. Recuperado de [www.solucionespracticas.org.pe](http://www.solucionespracticas.org.pe)
- Postigo, J. C. y Young, K. R. (Eds.). 2016. *Naturaleza y sociedad: Perspectivas socio-ecológicas sobre cambios globales en América Latina*. Lima, Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo (desco), Instituto de Estudios Peruanos (IEP) e Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables, Pontificia Universidad Católica del Perú (INTE-PUCP).

# Anexo

## Argentina

Nº	Institución	Función	Nombre del documento	Acceso	Resumen	Definiciones	Criterio de protección <sup>1</sup>	Comentario adicional
1	Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA)	Responsables de la elaboración del Inventario Nacional de Glaciares según la Ley 26.639, "Ley de Glaciares"	Inventario Nacional de Glaciares	<a href="http://www.glaciaresargentinos.gov.ar/">http://www.glaciaresargentinos.gov.ar/</a>	Argentina cuenta con 16,968 cuerpos glaciares (16,078 glaciares en la Cordillera de los Andes y 890 en las Islas del Atlántico Sur); lo que equivale a 8484 km <sup>2</sup> de superficie cubierta de hielo. El IANIGLA utilizó una metodología avalada por organismos y lineamientos científicos internacionales que incluye solo los cuerpos glaciares mayores a una hectárea de superficie.		Protección directa, a través de la Ley 26,639 = "Glaciares > 1 ha de superficie". El resumen ejecutivo no lo dice explícitamente, pero se entiende que, al no estar inventariados, es responsabilidad de cada estado federal su protección interna.	El ING es una herramienta fundamental para la aplicación de la Ley; posibilitará el adecuado control y monitoreo de los glaciares y permitirá verificar los cambios en su superficie. No obstante, la Ley 26.639 no precisa un mecanismo que brinde los recursos suficientes al IANIGLA para cumplir su misión en los plazos razonables y si las provincias colaborarán en esta tarea.

2	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sustentable	Desde la Secretaría de Política Ambiental, Cambio Climático y Desarrollo Sustentable, se ha promovido el desarrollo del Inventario Nacional de Glaciares, brindando su total respaldo a la metodología empleada por el IANIGLA. Asimismo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable es la máxima autoridad nacional en la República Argentina para la implementación de la Ley de Glaciares.	Ley Nº 25.675 - Política ambiental nacional	<a href="https://drive.google.com/open?id=1OPSPJttawuP4ITSTd8fu930z6kZoAcJ">https://drive.google.com/open?id=1OPSPJttawuP4ITSTd8fu930z6kZoAcJ</a>	Ley marco para "asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como culturales, en la realización de las diferentes actividades antrópicas".	No precisa definiciones para "glaciar" o "ecosistemas de montaña".	No precisa
			Ley Nº 22.351 - Parques Nacionales	<a href="https://drive.google.com/open?id=119oXBWjibU4Nlx6g3HeT7tVfiZyLoFTL">https://drive.google.com/open?id=119oXBWjibU4Nlx6g3HeT7tVfiZyLoFTL</a>	Ley para la creación de Parques Nacionales, Monumentos Naturales o Reservas Nacionales en Argentina. Prohíbe toda actividad de explotación económica con excepción de aquellas vinculadas al turismo, las inspecciones oficiales e investigaciones científicas. A través de este mecanismo, 726.927 hectáreas de superficie glaciar se encuentran protegidos al ser categorizados como Parque Nacional "Los Glaciares" en la provincia de Santa Cruz.	No precisa definiciones para "glaciar" o "ecosistemas de montaña"	Indirecto.
			Ley Nº 26.639 - Régimen de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial	<a href="https://drive.google.com/open?id=1wXnbNiCV86w4RmAS1E-85mjMd4XrOPni">https://drive.google.com/open?id=1wXnbNiCV86w4RmAS1E-85mjMd4XrOPni</a>	El objeto de la ley es preservar los glaciares y ambientes periglaciares; prohíbe, entre otras actividades, la instalación de industrias o desarrollo de obras/actividades industriales, y la exploración, explotación minera e hidrocarburífera (incluyendo las que se desarrollen en el ambiente periglacial). Reconoce, además, como principal instrumentos de gestión e implementación de la Ley, es el Inventario Nacional de Glaciares; la ley delega la función de su desarrollo al IANIGLA.	"(...), glaciar toda masa de hielo perenne estable o que fluye lentamente, con o sin agua intersticial, formado por la recristalización de nieve, ubicado en diferentes ecosistemas, cualquiera sea su forma, dimensión y estado de conservación. Son parte constituyente de cada glaciar, el material detrítico rocoso y los cursos internos y superficiales de agua".  "(...) ambiente periglacial, área con suelos congelados que actúa como regulador del recurso hídrico. En la media y baja montaña al área que funciona como regulador de recursos hídricos con suelos saturados en hielo."	Directo.
			Decreto 207/2011 - Reglamentación del Régimen de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial.	<a href="https://drive.google.com/open?id=1114VpBkcCr8UrJQZ4hV6D0kHCN96fiZ">https://drive.google.com/open?id=1114VpBkcCr8UrJQZ4hV6D0kHCN96fiZ</a>	Entre otros aspectos importantes, este reglamento establece que se utilizará un sistema de información "online" para organizar la base de datos del ING, que será de libre acceso (programa de difusión de la información); y establece un sistema integrado de observaciones de "cuerpos de hielo/clima".	"Datos abiertos y de libre acceso".	

Chile

Nº	Actor clave	Perfil	Nombre del documento	Acceso	Resumen	Definiciones	Criterio de protección <sup>1</sup>	Comentario adicional
1	Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Unidad de Glaciología y Nieves	Se creó a través de la Resolución DGA N° 1043 del 30 de abril de 2008. Es el primer órgano estatal dedicado al estudio glaciológico. Se encargan del monitoreo de glaciares y el análisis del comportamiento de masas de hielo. Es la entidad encargada de desarrollar un Inventario Público de los glaciares ubicados en el territorio chileno.	Política para la Conservación de los Glaciares.	<a href="https://www.preventionweb.net/files/28726_polticaparalaproteccinyc_onservacind.pdf">https://www.preventionweb.net/files/28726_polticaparalaproteccinyc_onservacind.pdf</a>	Sancionada por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) el 2008. En ella se adopta la definición científica de Lliboutry, para quien un glaciar es "toda masa de hielo perenne, formada por acumulación de nieve, cualesquiera que sean sus dimensiones y sus formas". La política ha sido objeto de críticas por las siguientes razones: 1. Por considerar a los glaciares como recursos naturales <i>renovables</i> . 2. Por tomar la definición de Lliboutry para el término "Glaciar" que excluye a otros tipos de glaciares como los rocosos y cubiertos. 3. Por no contemplar ningún mecanismo o medida para disminuir las amenazas de la minería sobre los glaciares.	Glaciar: "toda masa de hielo perenne, formada por acumulación de nieve, cualesquiera que sean sus dimensiones y sus formas".	La definición excluye a otros tipos de glaciares, como los rocosos y cubiertos.	1. No existe una reglamentación especial que regule el uso o aprovechamiento de los glaciares. 2. Los glaciares presentes en alguna categoría de protección del SNASPE o en los Santuarios de la Naturaleza gozan de una <i>protección legal indirecta</i> . Sin embargo, hay legislaciones que violan esta protección como: el Código de Aguas, y el Código de Minería. 3. Los glaciares situados en el norte y centro de Chile no se encuentran protegidos por el SNASPE debido a la baja representatividad de este sistema en estas regiones.
			Reglamento del Catastro Público de Aguas (Decreto 1220)	<a href="http://www.dga.cl/legislacion/normas/normas/Reglamentos/DTO-1220_25-JUL-1998.pdf">http://www.dga.cl/legislacion/normas/normas/Reglamentos/DTO-1220_25-JUL-1998.pdf</a>	El Catastro Público de Aguas está constituido, entre otros instrumentos, por un Inventario Público de Glaciares (sección II, Título I, numeral 15), Artículo 29 bis.- En el Inventario Público de Glaciares se incluirá la información relativa a los glaciares del territorio nacional. La información que deberá contener será la que se determine por resolución del Director General de Aguas.			
			Contenidos del Inventario Público de Glaciares (Resolución DGA N° 1851 del 22 de junio de 2009)	<a href="https://drive.google.com/open?id=0B7BRShyU3IK7UVRUMVBzQzQ2VvZLEURyQnV30DdGbVq2c2Rn">https://drive.google.com/open?id=0B7BRShyU3IK7UVRUMVBzQzQ2VvZLEURyQnV30DdGbVq2c2Rn</a>	Se resuelve el formato básico del Inventario Público de Glaciares, y la inclusión de información complementaria.			En julio de este año, la Cámara de Diputados aprobó con 142 votos la moción parlamentaria para modificar el Código de Aguas y así impedir la constitución de derechos de aprovechamiento de agua sobre glaciares.
			Glacier inventory and recent glacier variation in the Andes of Chile, South America	<a href="https://drive.google.com/file/d/0B7BRShyU3IK7LW9nSEIGVXdHY3RaMkdOLUhNaEV2YW5FYzJn/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/0B7BRShyU3IK7LW9nSEIGVXdHY3RaMkdOLUhNaEV2YW5FYzJn/view?usp=sharing</a>	El primer inventario satelital de glaciares y glaciares de roca en Chile, creado a partir de imágenes Landsat TM / ETM +. El área glaciar chilena es de 23,708 ± 1185 km <sup>2</sup> , incluyendo ~3200 km <sup>2</sup> de glaciares cubiertos de escombros y glaciares de roca. El inventario contiene 24,005 cuerpos de hielo. La distribución de los glaciares varía como resultado de los gradientes climáticos con latitud y elevación 1. Un 0.8% en los Andes del Desierto (17° 30'-32° S);			

					2. 3.6% en los Andes Centrales (32-36 ° S), 6.2% en el Distrito de Lagos y Provincia de Palena (36-46 ° S), 3. y 89.3% en Patagonia y Tierra del Fuego (46-56 ° S). Respecto al umbral mínimo del inventario, se usaron imágenes de tamaño Landsat de 30 m de pixel, y se tomó la recomendación de un umbral mínimo de 0.01 km <sup>2</sup> (1 hectárea) para la identificación de glaciares.			
			Código de Aguas (1981)	<a href="https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605">https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605</a>	Derecho de aprovechamiento de aguas	Título II: del dominio y aprovechamiento de las aguas  "Art. 5: Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente código"	Vacío respecto al art. 5, ya que no existe ninguna ley que prohíba constituir derechos de aprovechamiento de agua sobre glaciares.	
2	Centro de Estudios Científicos de Valdivia (CECs), Laboratorio de Glaciología	Autores de la Estrategia Nacional de Glaciares elaborada para la Dirección general de Aguas de Chile. Autores de numerosas publicaciones glaciológicas sobre Chile y Antártica	Estrategia Nacional de Glaciares. SIT 205, DGA-MOP, Chile	<a href="http://documentos.dga.cl/GLA5194v1.pdf">http://documentos.dga.cl/GLA5194v1.pdf</a>	La Estrategia Nacional de Glaciares es una hoja de ruta para el estudio de estos sistemas a largo plazo; define metodologías y modelos básicos aplicables, así como su posible manejo frente a escenarios futuros de cambio climático. Su objetivo general consiste en definir a los glaciares, evaluarlos, identificar sus funciones y características, con el fin de analizar su comportamiento actual y así poder modelar las respuestas futuras de los ventisqueros ante los efectos adversos del cambio climático y la progresiva intervención del hombre sobre estos cuerpos de hielo. Asimismo, busca ser una guía para las futuras políticas públicas y orientar los esfuerzos de la DGA y otras instituciones estatales relacionadas con la materia (Herr. L., 2014).	Glaciar: "toda superficie de hielo y nieve permanente generada sobre suelo, que sea visible por períodos de al menos 2 años y de un área igual o superior a 0.01 km <sup>2</sup> (una hectárea). O cualquier superficie rocosa con evidencia superficial de flujo viscoso, producto de un alto contenido de hielo actual o pasado en el subsuelo".		
			Investigaciones en materia de glaciares	<a href="http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia_es/publicacion.php?idPublicacion=&amp;init=">http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia_es/publicacion.php?idPublicacion=&amp;init=</a>	Base de datos de investigaciones desarrolladas por el CECs.			

3	Ministerio de Relaciones Exteriores	El Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile preside el Comité Nacional para las Montañas (CNM), oficializado en el 2014 mediante Decreto N° 108, como un comité asesor. Entre abril y noviembre de 2016, el CNM trabajó la formulación de un primer documento borrador de la Política para la Gestión Sostenible de las Montañas.	Política Nacional para la Gestión Sustentable de las Montañas en Chile. Comité Nacional para las Montañas	<a href="https://drive.google.com/open?id=1ks9EUNzwA5VYZPsTzJkMMBZRcq5CRMKu">https://drive.google.com/open?id=1ks9EUNzwA5VYZPsTzJkMMBZRcq5CRMKu</a>	<p>1. Comité Nacional para las Montañas: Presidido por el Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile y el Ministerio del Medio Ambiente en calidad de Secretaría Técnica. Conformado, además, por otras 13 instituciones públicas.</p> <p>2. Proceso de elaboración de la política: El CNM formuló un primero documento borrador que se puso a consulta pública en diciembre de 2016. Se llegó a recopilar 865 registros con más de 3500 observaciones, recomendaciones y comentarios de la ciudadanía.</p>			
			Borrador Política Nacional para la gestión sustentable de la montaña en Chile y Plan de Acción al 2030	<a href="http://www.cem-fundacion.cl/wp-content/uploads/2017/05/Borrador-politica-monta%C3%B1a-1.pdf">http://www.cem-fundacion.cl/wp-content/uploads/2017/05/Borrador-politica-monta%C3%B1a-1.pdf</a>	<p>Se presentan cinco objetivos, 16 lineamientos estratégicos, acciones y responsables:</p> <p>1. Fortalecer el conocimiento y valoración intercultural de las montañas, incluyendo el de los pueblos indígenas en Chile.</p> <p>2. Sensibilizar acerca de la importancia internacional, nacional, regional y local de las montañas.</p> <p>3. Promover la protección de las montañas, adoptando las medidas necesarias para mantener sus servicios ambientales.</p> <p>4. Fomentar el desarrollo económico sustentable en las montañas.</p> <p>5. Educar y propiciar un acceso responsable e inclusivo para el disfrute de las montañas.</p>			

Colombia

N°	Actor clave	Perfil	Nombre del documento				
1	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM	Entidad encargada de monitorear y estudiar los ecosistemas presentes en el territorio colombiano. Los glaciares en Colombia son interpretados como ecosistemas-geosistemas de alta montaña que generan diversos servicios ecosistémicos; por lo que la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental lidera el <i>monitoreo</i> de	Información de monitoreo de variables hidrometeorológicas	<a href="http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares-colombia">http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares-colombia</a>			
			Impactos económicos del cambio climático en Colombia. Recurso Hídrico	<a href="https://drive.google.com/open?id=1G1FDn5J3ZdU-NEXDXUCiInrOVztiP2z2">https://drive.google.com/open?id=1G1FDn5J3ZdU-NEXDXUCiInrOVztiP2z2</a>	Documento técnico para la evaluación de los posibles impactos del cambio climático en el recurso hídrico a partir de la estimación de costos por el impacto que genera el calentamiento del clima; por otro lado, se presenta la metodología y la fuente de información empleadas para analizar el cambio que han sufrido 3 cuencas a causa del calentamiento. Modelo hidrológico SWAT.		Según el último reporte del IDEAM, publicado en julio de este año, el área glaciar para Colombia al 2017 es de 37 km². En el periodo 2016-2017 se redujo un 5.8%. El caso más alarmante es el volcán nevado Santa Isabel, ubicado en el Parque Nacional Natural Los Volcanes, que desde 2016 a febrero de 2018, perdió el 37% de su superficie glaciar.

		los seis "grandes" glaciares de Colombia. La información que se genera es de corte técnico-científico (balance de masa, cálculo de áreas glaciares, medición de variables hidrometeorológicas, entre otras) y está al servicio de los decisores, comunidad académica, entidades territoriales y demás que requieran de esta información	Análisis multitemporal del retroceso glaciar de la sierra nevada del Cocuy ubicada en los departamentos de Boyacá y Arauca entre los años 1992, 2003 y 2014.	<a href="https://drive.google.com/open?id=1DeelToLqxlK9P4en8tWLRQSGPdQvcLsM">https://drive.google.com/open?id=1DeelToLqxlK9P4en8tWLRQSGPdQvcLsM</a>	Proyecto de investigación enfocado al análisis del comportamiento del glaciar del PNN Sierra Nevada del Cocoy para hacer una evaluación de la pérdida del glaciar a partir de imágenes satelitales Landsat obtenidas para los años 1992, 2003 y 2014, permitiendo hacer un análisis de la regresión del glaciar en un periodo de 22 años.			
			Estimación del volumen de los glaciares Antisana 12 y 15 mediante el método geofísico de radar de penetración del suelo (GPR).	<a href="https://drive.google.com/open?id=1Mp6OpauSPfPGBGfed8WjldNc_q5Y5M4">https://drive.google.com/open?id=1Mp6OpauSPfPGBGfed8WjldNc_q5Y5M4</a>	Documento de investigación que expone una nueva metodología para la estimación del volumen glaciar, mediante el uso de un radar de penetración, de suelo, y modelos volumétricos.			
2	Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN)	Entidad encargada de proteger y conservar de manera sostenible-sustentable las áreas protegidas categorizadas como Parques Nacionales Naturales (en donde están incluidos todos los glaciares colombianos). Todos los Parques Nacionales Naturales están en la obligación de generar instrumentos de gestión y conservación para la biota-ecosistemas-geosistemas, que son llamados Planes de Manejo (uno para cada parque). 56 PNN en Colombia	Reglamento del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Decreto N° 2372)	<a href="https://drive.google.com/file/d/1R805E20f6ZB0A5dxtBbEWNJtt7KitC/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1R805E20f6ZB0A5dxtBbEWNJtt7KitC/view?usp=sharing</a>	"Las áreas protegidas que integran el SINAP responden en su selección, declaración y manejo a unos objetivos de conservación (...)", entre ellos, la de conservar áreas que contengan manifestaciones de especies silvestres, agua, gea o combinación de éstas, que se constituyen en espacios únicos, raros o de atractivo escénico especial, debido a su significación científica, emblemática o que conlleven a significados tradicionales especiales para las culturas del país.	"Los Parques Naturales son inalienables, imprescriptibles e inembargables". El SINAP es el conjunto de las áreas protegidas, los actores sociales e institucionales y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan (artículo 3).		
			Reglamento parcial: Capítulo V, Título II, parte XIII Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974, sobre Sistema de Parques Nacionales, Ley 23 de 1973 y Ley 2 de 1959 (Decreto 622 de 1977)	<a href="https://drive.google.com/file/d/1vnhR612M709hmv4qzXF9mZbCqZM6ifx/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1vnhR612M709hmv4qzXF9mZbCqZM6ifx/view?usp=sharing</a>	Reglamenta de forma técnica el manejo y uso de las áreas que integran el Sistema de Áreas Naturales Protegidas.	Se identifican siete zonas para los Parques Nacionales Naturales, donde se encuentran todos los glaciares de Colombia.		
			Planes de Manejo	<a href="https://storage.googleapis.com/pnn-web/uploads/2017/03/Plan-de-manejo-NEVADOS-Marzo_2017-1.pdf">https://storage.googleapis.com/pnn-web/uploads/2017/03/Plan-de-manejo-NEVADOS-Marzo_2017-1.pdf</a>	Parque Nacional Natural Los Nevados; comprende al nevado del Ruiz (con sus cráteres La Olleta y La Piraña), Nevado de Santa Isabel y Nevado del Tolima.	-		

				<a href="https://storage.googleapis.com/pn-website/uploads/2013/12/PlandeManejoPNNElCocuy.pdf">https://storage.googleapis.com/pn-website/uploads/2013/12/PlandeManejoPNNElCocuy.pdf</a>	Parque Nacional Natural El Cocuy: Tiene el glaciar más grande de Colombia, el límite inferior de la nieve es 4800 m de altura. Son 18 los picos de la sierra.	-		
				<a href="http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/12/parqueSierraNevadadeSantaMarta.pdf">http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/12/parqueSierraNevadadeSantaMarta.pdf</a>	Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta: Esta PNN alberga a los Tayrona, una civilización indígena. Asimismo, es la formación montañosa litoral más elevada, con dos picos de 5775 m de altitud; el pico Cristóbal Colón y el pico Simón Bolívar.	-		
				<a href="http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/12/NevadodelHuila.pdf">http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/12/NevadodelHuila.pdf</a>	Parque Nacional Natural Nevado del Huila: Comprende el volcán nevado del Huila, el segundo glaciar más alto de Colombia después del Cocuy. Es considerada estratégica ya que abastece las dos cuencas más importantes de Colombia (Cuenca alta del Río Magdalena y Cuenca alta del Río Cauca).	-		
3	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible	Rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.	Glaciares de Colombia, más que montaña con hielo.	<a href="https://drive.google.com/open?id=1F_OU6K7sEVXo41vrlrFCQVYlqXXlqW4">https://drive.google.com/open?id=1F_OU6K7sEVXo41vrlrFCQVYlqXXlqW4</a>	Estado del arte sobre la historia, geografía, percepciones humanas; así como las técnicas y resultados de una observación científica a partir del monitoreo de los últimos nevados nacionales.	-		
			Definición de criterios para la delimitación de páramos del país y lineamientos para su conservación.	<a href="https://drive.google.com/open?id=1WoX2i9NePF7EPzW0eq-g90hq4rRYIMUC">https://drive.google.com/open?id=1WoX2i9NePF7EPzW0eq-g90hq4rRYIMUC</a>	Documento técnico que da muestra del progreso en el diseño de protocolos de información de los indicadores preliminares del Sistema Nacional de Indicadores para la Adaptación al Cambio Climático			

			Resolución N° 886 de 2018.	<a href="https://drive.google.com/open?id=1jnEmUKiRWQfLWJOeip_dPIVgm3vUSHUP">https://drive.google.com/open?id=1jnEmUKiRWQfLWJOeip_dPIVgm3vUSHUP</a>	Se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramo delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y otras determinaciones.	Se identifican 3 categorías de zonificación: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona en tránsito a la reconversión y sustitución</li> <li>- Zona prioritaria para la restauración ecológica</li> <li>- Área prioritaria para preservación</li> </ul>		
			Proyecto de Ley 45 de 2014, por el cual se dictan normas para la conservación de ecosistemas de páramos y humedales	<a href="https://drive.google.com/open?id=1snxj0L3c2jM27CqYM2Uxv9DKLOE-1e6W">https://drive.google.com/open?id=1snxj0L3c2jM27CqYM2Uxv9DKLOE-1e6W</a>	Proyecto de ley que determina que en los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias, ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales, ni construcción de refinerías de hidrocarburos. Para humedales, se propone restringir parcial o totalmente las actividades agropecuarias, de exploración y explotación; para ellos será necesario estudios técnicos del MADS.	Uso de definiciones técnicas contenidas en la cartografía del Atlas de Páramos del Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt.	Directa.	
			Ley de Páramos	Sin acceso.	Dispone como ecosistemas estratégicos los páramos y fija las directrices que propendan por su integralidad, preservación y restauración.	Para Colombia, en las culminaciones altitudinales de las montañas se encuentran los pisos bioclimáticos glacial (nieves perpetuas, zonas nevadas o nivales), páramo y altoandino, los cuales coinciden aproximadamente con los pisos morfogénicos de la alta montaña: glaciario, periglaciario, modelado glaciario heredado y montaña altoandina inestable (MADS, 2018).	Enfoque socio ecosistémico e integral que contempla, tanto la información técnica de la definición y delimitación de estos ecosistemas, como la inclusión y participación de las comunidades paramunas.  La delimitación está a cargo del Ministerio de Ambiente y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Humboldt.	Colombia aprobó, en julio de este año, la Ley de Páramos, un ecosistema de alta montaña que, dada su importancia en la estabilidad de los ciclos climáticos y la regulación hídrica de las zonas bajas, viene siendo afectada por las actividades antrópicas que ahí se desarrollan. El principal reto está en definir, hasta noviembre, la delimitación de estos ecosistemas; en la actualidad se han identificado 2,906,137 hectáreas de ecosistemas paramunos, que equivale alrededor del 2.5% del territorio nacional.

## Ecuador

Nº	Actor clave	Perfil	Nombre del documento	Acceso	Resumen	Definiciones	Criterio de protección <sup>1</sup>	Comentario adicional
1	Ministerio del Ambiente	Organismo del Estado ecuatoriano encargado de diseñar las políticas ambientales y coordinar las estrategias, los proyectos y programas para el cuidado de los ecosistemas y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Propone y define las normas para conseguir la calidad ambiental adecuada, con un desarrollo basado en la conservación y el uso apropiado de la biodiversidad y de los recursos con los que cuenta nuestro país.	Guía informativa: Áreas Naturales Protegidas de Ecuador.	<a href="http://suia.ambiente.gob.ec/documentos/10179/242901/GUIA_PARQUEES_2014.pdf/787b7250-aff2-40b0-a681-9bfebc51b6f?version=1.0">http://suia.ambiente.gob.ec/documentos/10179/242901/GUIA_PARQUEES_2014.pdf/787b7250-aff2-40b0-a681-9bfebc51b6f?version=1.0</a>	El Sistema de Áreas Protegidas de Ecuador representa el 20% del territorio nacional.	Alrededor del 70% de los sistemas montañosos del Ecuador se encuentran dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.  Los glaciares dentro de las AP son el Antisana, Chimborazo, Cotopaxi, Cayambe, Altar y Carihuayrazo.	Indirecto	Según Cáceres B., (2010), autor de estudios fotogramétricos sobre el Cotopaxi, el Chimborazo (y Carihuayrazo) y el Antisana, los volcanes de Ecuador han perdido el 38% de sus superficies desde 1976.  Ecuador, forma parte de la Iniciativa Andina de Montañas, y se encuentran en proceso de conformar un Comité Nacional de Montañas que impulse el desarrollo de una legislación especial para este tipo de ecosistemas.
2	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)	Estudia los glaciares en el sentido de estudio del agua en general (considerada como criófera).	Información meteorológica hidrológica	<a href="http://www.serviciometeorologico.gob.ec/geoinformacion-hidrometeorologica/">http://www.serviciometeorologico.gob.ec/geoinformacion-hidrometeorologica/</a>	Base de datos de estaciones meteorológicas en glaciares.	-	-	

## Bolivia

Nº	Actor clave	Perfil	Nombre del documento	Acceso	Resumen	Definiciones	Criterio de protección <sup>1</sup>	Comentario adicional
1	Ministerio del Medio Ambiente y Agua	Formular políticas y normas, establecer y estructurar mecanismos para la conservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, agua, conservación y protección del medio ambiente (...).	Constitución Política del Estado.	<a href="https://www.oas.org/dil/esp/Constitucion_Bolivia.pdf">https://www.oas.org/dil/esp/Constitucion_Bolivia.pdf</a>	Ley Fundamental del nuevo Estado Unitario Social de Derecho Plurinacional Comunitario, descentralizado y con autonomías. Promulgada en la ciudad de El Alto el 7 de febrero de 2009.	Art. 33: Las personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado (...). Art. 374, inciso III: Las aguas fósiles, glaciares, humedales, subterráneas, minerales, medicinales y otras, son prioritarias para el Estado, que deberá garantizar su conservación, protección, preservación, restauración, uso sostenible y gestión integral (...).	Directa.	En el 2016, el MMAyA, formuló un proyecto de Ley de Protección de Glaciares, que, "declaraba de carácter estratégico e interés nacional la gestión integral de los glaciares y ambientes periglaciares del Estado Plurinacional de Bolivia y establecer su régimen jurídico".

	<p>Formular y ejecutar una política integral de los recursos hídricos, para garantizar el uso prioritario del agua para la vida gestionando, protegiendo, garantizando y priorizando el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos para el consumo humano, la producción alimentaria, y las necesidades de preservación y conservación de los ecosistemas acuíferos, y la biodiversidad, respetando los usos y costumbres de las organizaciones indígena originario campesinas, en aplicación de los principios de solidaridad, reciprocidad, complementariedad, equidad, diversidad, sostenibilidad y con participación social.</p>	<p>Ley N° 300, Ley de 15 de octubre de 2012. Ley Marco de la madre tierra y desarrollo integral para vivir bien.</p>	<p><a href="http://www.mmaya.gob.bo/uploads/Ley_N_300-Ley_Marco_de_la_Madre_Tierra.pdf">http://www.mmaya.gob.bo/uploads/Ley_N_300-Ley_Marco_de_la_Madre_Tierra.pdf</a></p>	<p>Establece la visión de los fundamentos del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra para Vivir Bien, garantizando la continuidad de la capacidad de regeneración de los componentes y sistemas de vida de la Madre Tierra, recuperando y fortaleciendo los saberes locales y conocimientos ancestrales, en el marco de la complementariedad de derechos, obligaciones y deberes; así como los objetivos del desarrollo integral como medio para lograr el Vivir Bien, las bases para la planificación, gestión pública e inversiones y el marco institucional estratégico para su implementación.</p>	<p>Art. 27 (Agua): Las bases y orientaciones del Vivir Bien a través del desarrollo integral en agua son: Garantizar la conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral de las aguas fósiles, glaciales, humedales, subterráneas, minerales, medicinales y otras, priorizando el uso del agua para la vida.</p>	<p>Indirecta.</p>	
		<p>Política Plurinacional de Cambio Climático. Resolución Ministerial N° 060, de 15 de marzo de 2016</p>	<p><a href="https://encuentroboliviacc.files.wordpress.com/2015/09/04-presentacion3b3n-vidal-apmt-lineamientos-ppcc.pdf">https://encuentroboliviacc.files.wordpress.com/2015/09/04-presentacion3b3n-vidal-apmt-lineamientos-ppcc.pdf</a></p>	<p>Documento cuyos lineamientos están orientados a la implementación de los mecanismos de i) adaptación, ii) mitigación y iii) adaptación y mitigación para el manejo integral y sustentable de los bosques y sistemas de vida.</p>			<p>Experiencia en el proceso de formulación de los lineamientos de política.</p>



**INAIGEM**

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y  
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA