

RESUMEN PARA TOMADORES
DE DECISIÓN

**ESTUDIOS EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN LA
CORDILLERA HUAYTAPALLANA**

2025



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



INAIGEM

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA



ESTUDIOS EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN LA CORDILLERA HUAYTAPALLANA

Autores:

Tatiana Erika Boza Espinoza
Alberto Castañeda Barreto
Roque Vargas Huamán
Albert Johan Mamani Larico
Elver Villalobos Puma

Colaboradores:

Viankcor Cashpa Carrion
Syntia Huisa Maquera
Ciprian Laura Oscco
Roger Chuquizuta Chuecha
Andrea Miranda Corzo
Alexzander Santiago Martel

Editado por:

© Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

Diseño y diagramación:

Joan Ramírez Romero
Leslie Arestegui Saldaña

Oficina Desconcentrada Macrorregión Centro:

Av. Antonio Miroquesada N.º 457, 4to. piso
Magdalena del Mar - Lima - Perú

Fotografías de portada e interiores: Archivo ODMRC - INAIGEM

Citar la publicación de la siguiente manera:

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (2025). RESUMEN PARA TOMADORES DE DECISIÓN - ESTUDIOS EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN LA CORDILLERA HUAYTAPALLANA. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM).

1ra edición
Octubre 2025

Tiraje 1000 ejemplares

Depósito legal del libro N° 2025-11134

Se terminó de imprimir en:

JONATHAN ROJAS TORRES – RUC: 10461040123
JR. MOQUEGUA N° 113 - JUNIN-HUANCAYO-HUANCAYO

ESTUDIOS EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN LA CORDILLERA HUAYTAPALLANA

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), a través de la Oficina Desconcentrada Macrorregión Centro (ODMRC), viene realizando investigaciones en la cordillera Huaytapallana, ubicada en la zona central del país, en el departamento de Junín.

Es importante resaltar que la cordillera Huaytapallana ha perdido el 72 % de su superficie glaciar en las últimas seis décadas. Ante esta situación, es necesario reducir las emisiones de contaminantes que afectan directamente a los glaciares, como la quema de combustibles y los incendios forestales, e intensificar los esfuerzos para mitigar el cambio climático. De igual modo, es fundamental incrementar la conservación de bofedales para minimizar el impacto del retroceso glaciar en la disponibilidad de agua.

Las áreas temáticas en las que la ODMRC desarrolla investigación científica son:

- 1. Dinámica del sistema glaciar Huaytapallana**, para comprender la evolución y los cambios que ocurren en los glaciares, los factores que contribuyen a su derretimiento y los impactos que estos generan cuencas abajo.
- 2. Partículas absorbentes de luz (PAL)**, para monitorear el transporte y la deposición de estas partículas en zonas de alta montaña, analizar su dinámica espacial y temporal, y evaluar su impacto en el retroceso glaciar.
- 3. Evaluación de peligros de origen glaciar en la subcuenca Shullcas**, para identificar y evaluar los peligros y riesgos asociados a los glaciares, además de proponer medidas de mitigación que brinden seguridad a las poblaciones vulnerables.
- 4. Estado de conservación de bofedales**, para caracterizar su funcionamiento e identificar las mejores estrategias de recuperación a partir del análisis de los diferentes factores de degradación.
- 5. Evaluación de procesos hidrológicos de montaña**, para evaluar y valorar el aporte hídrico que brindan los glaciares y los ecosistemas andinos, y plantear estrategias que contribuyan a fortalecer la seguridad hídrica.

Complementariamente, en la cordillera Huaytapallana, a 4710 m de altitud, se ha implementado el Centro de Monitoreo de Glaciares y Ecosistemas de Montaña (CEMGEM), que registra variables meteorológicas, hidrológicas y de aerosoles atmosféricos, para contribuir al entendimiento integral de los procesos que afectan al sistema glaciar y los ecosistemas de alta montaña. El CEMGEM refuerza las investigaciones en la cordillera Huaytapallana, donde se han identificado las principales fuentes de carbono negro atmosférico y los niveles de concentración a escala horaria, diaria y mensual. Se evidencia así la contribución de las actividades humanas, tanto locales como regionales, en la generación de partículas contaminantes.

El presente documento, elaborado por el equipo de la ODMRC, compila el conocimiento generado a lo largo del desarrollo de las investigaciones. Los resultados obtenidos buscan contribuir al fortalecimiento de las capacidades de las autoridades, al proporcionar información científica relevante para la toma de decisiones orientadas a la gestión estratégica de los glaciares y ecosistemas de alta montaña, implementando proyectos de prevención y mitigación del riesgo, así como acciones de información y sensibilización dirigidas a la población vulnerable, protegiendo sus medios de vida.

HUAYTAPALLANA: INTEGRANDO CONOCIMIENTOS PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA

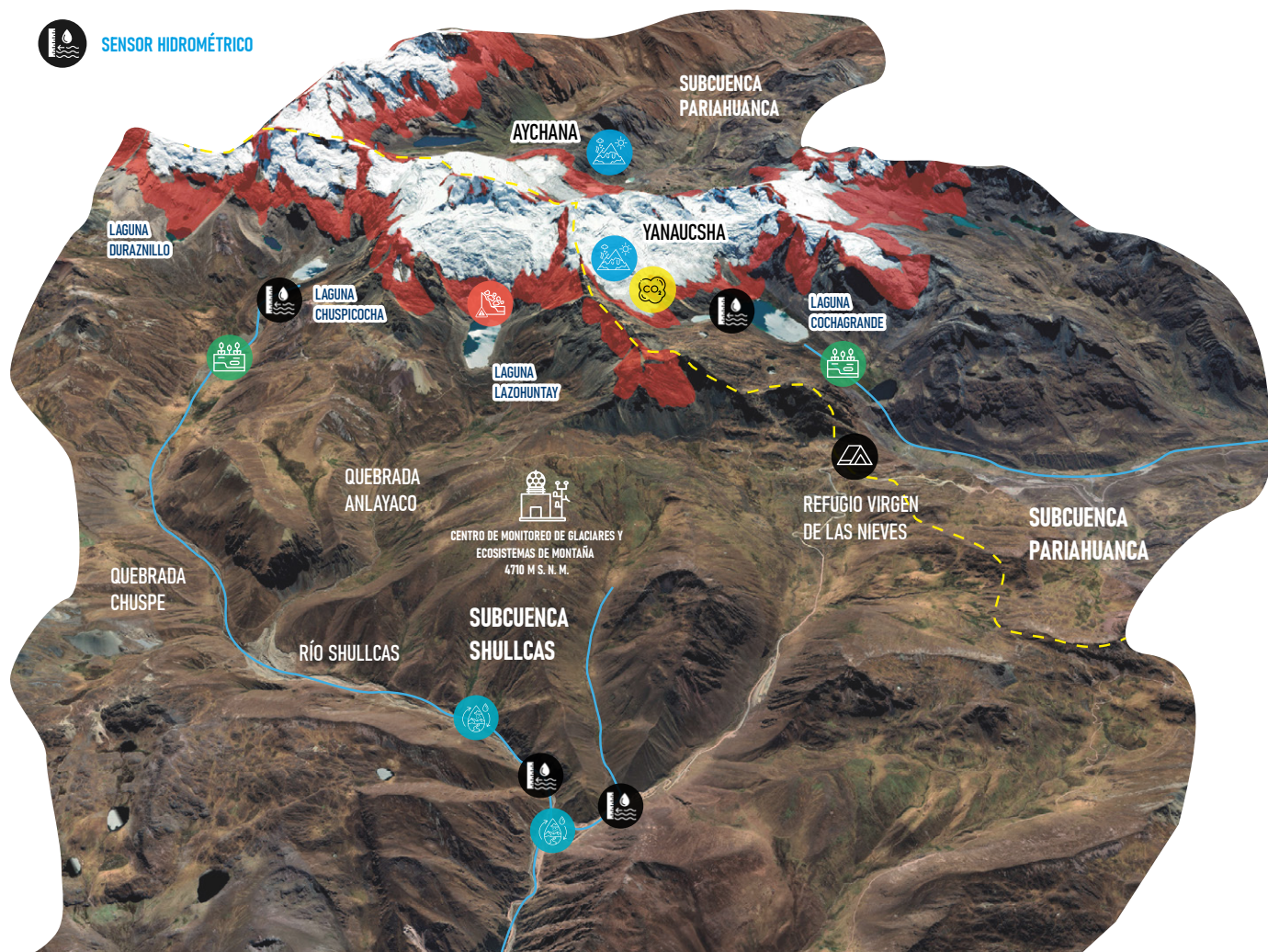
La ODMRC desarrolla investigaciones para determinar los cambios en la disponibilidad hídrica de los glaciares y bofedales en las subcuencas Shullcas y Pariahuanca (Huancayo, Junín), a fin de que los tomadores de decisión adopten medidas para la gestión adecuada del recurso hídrico en un contexto de cambio climático.

LEYENDA

- 
DINÁMICA GLACIAR
 Monitoreo de la zona de ablación de dos glaciares prioritarios, empleando tecnologías RPAS (drones) para determinar la pérdida glaciar y su impacto en el aporte hídrico.
- 
PARTÍCULAS ABSORBENTES DE LUZ
 Monitoreo del transporte y la deposición de partículas absorbentes de luz en el glaciar, análisis de su dinámica espacial y temporal, y evaluación de sus impactos.
- 
PELIGROS DE ORIGEN GLACIAR
 Estudios de batimetría, fotogrametría, geotecnia y prospección geofísica para determinar el peligro y riesgo por aluvión en las lagunas Lazohuntay y Chuspicocha.
- 
EVALUACIÓN DE BOFEDALES
 Evaluación del estado de conservación de bofedales, considerando los criterios de acumulación de carbono, nivel de agua subterránea y estado de la vegetación.
- 
EVALUACIÓN DE PROCESOS HIDROLÓGICOS DE MONTAÑA
 Determinación del aporte hídrico de los glaciares, lagunas, bofedales y pajonales a la subcuenca.
- 
SENSOR HIDROMÉTRICO



 **COMUNIDAD DE AYCHANA**

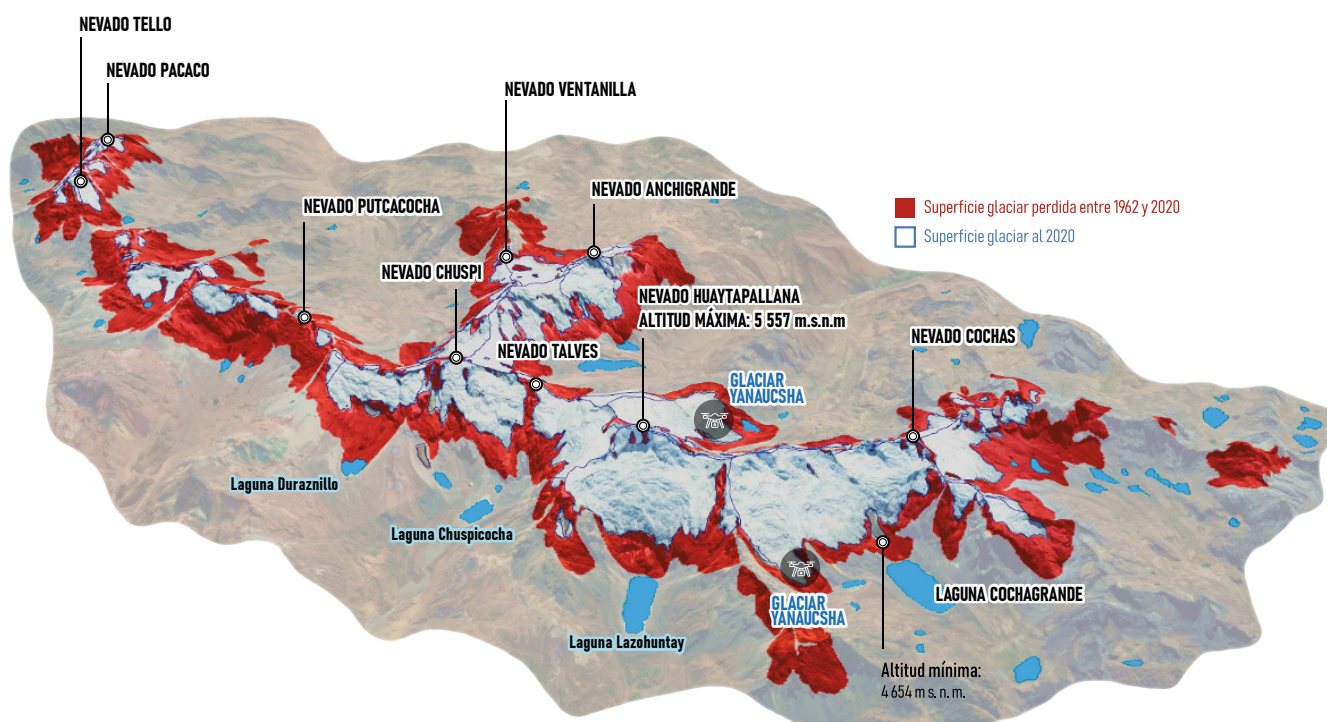


 **COMUNIDAD DE ACOPALCA**

DINÁMICA GLACIAR DE LA CORDILLERA HUAYTAPALLANA

CONTEXTO

En la parte alta de la ciudad de Huancayo se encuentran los nevados Pacaco, Anchigrande, Huaytapallana y Cochass, que forman parte de la cordillera Huaytapallana. Estos dan origen a importantes lagunas como el Chuspicocha, Lazohuntay, Cochagrande y Pumacocha (Verdiscocha), las cuales abastecen de agua a las poblaciones y ecosistemas de las subcuencas Shullcas y Pariahuanca. Sin embargo, en las últimas seis décadas, esta cordillera ha evidenciado un retroceso glaciar del 72 %, con una pérdida de superficie 48,76 km², como consecuencia del cambio climático y otros factores asociados.



OBJETIVO

Evaluar el retroceso glaciar y su impacto en el aporte hídrico de los glaciares de la cordillera Huaytapallana como consecuencia del cambio climático y otros factores asociados. La información generada contribuirá a la formulación de políticas orientadas a la gestión adecuada de este recurso, a fin de garantizar la seguridad hídrica en la región.

ACCIONES Y RESULTADOS

El estudio de la dinámica glaciar comprende la estimación del balance de masa (cambios de superficie y la ganancia/pérdida del volumen de hielo almacenado), para lo cual, se emplean las siguientes metodologías:

1. MÉTODO GEODÉSICO

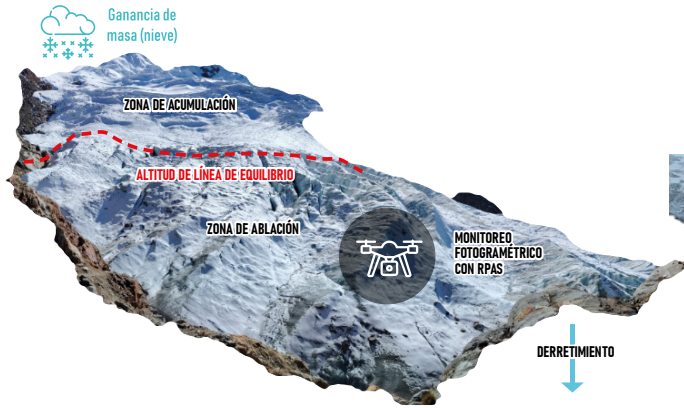
Comprende el uso de tecnología RPAS (drone) y el análisis de los cambios en la topografía glaciar para estimar la ganancia o pérdida de masa glaciar. Durante el primer año de estudio (2023 – 2024) se evidenció que el glaciar Aychana, ubicado en el flanco oriental de la cordillera Huaytapallana, presentó una mayor pérdida de agua, en comparación con el glaciar Yanaucsha, situado en el flanco occidental. Estos resultados respaldan la necesidad de continuar con el monitoreo y el estudio de los glaciares a fin de evaluar los cambios que experimentarán y su impacto en la disponibilidad hídrica, en los próximos años.

RETROCESO EN LOS FRENTE GLACIARES 2023 - 2024

ZONA DE ABLACIÓN

	Retroceso superficial	Volumen de agua perdido
Aychana	10.7 % (5 915 m ²)	-463 522 m ³
Yanaucsha	5.8 % (7 982 m ²)	-396 835 m ³

GLACIAR YANAUCSHA



DERRETIMIENTO

GLACIAR AYCHANA



DERRETIMIENTO

2. MÉTODO ENERGÉTICO

La dinámica glaciar está estrechamente vinculada a las condiciones climáticas y al cambio climático, y el método energético constituye una herramienta fundamental para analizar esta interacción con alta resolución temporal. Para su aplicación, se implementó instrumentación específica que permitió la ejecución y validación de esta metodología. Como resultado, se determinó que, entre octubre de 2023 y septiembre de 2024, a una altitud de 4960 m, el balance de energía superó los 100 W/m², alcanzando sus valores máximos durante la temporada de transición de húmeda a seca (Figura A). Este excedente energético generó un balance de masa negativo de hasta 6 m de agua equivalente, identificándose los meses de abril y mayo como el periodo de mayor pérdida glaciar (Figura B). Cabe señalar que este intervalo de análisis coincidió con la ocurrencia del fenómeno El Niño en la región 3.4, el cual posiblemente influyó en los principales parámetros que regulan la interacción glaciar-atmósfera.

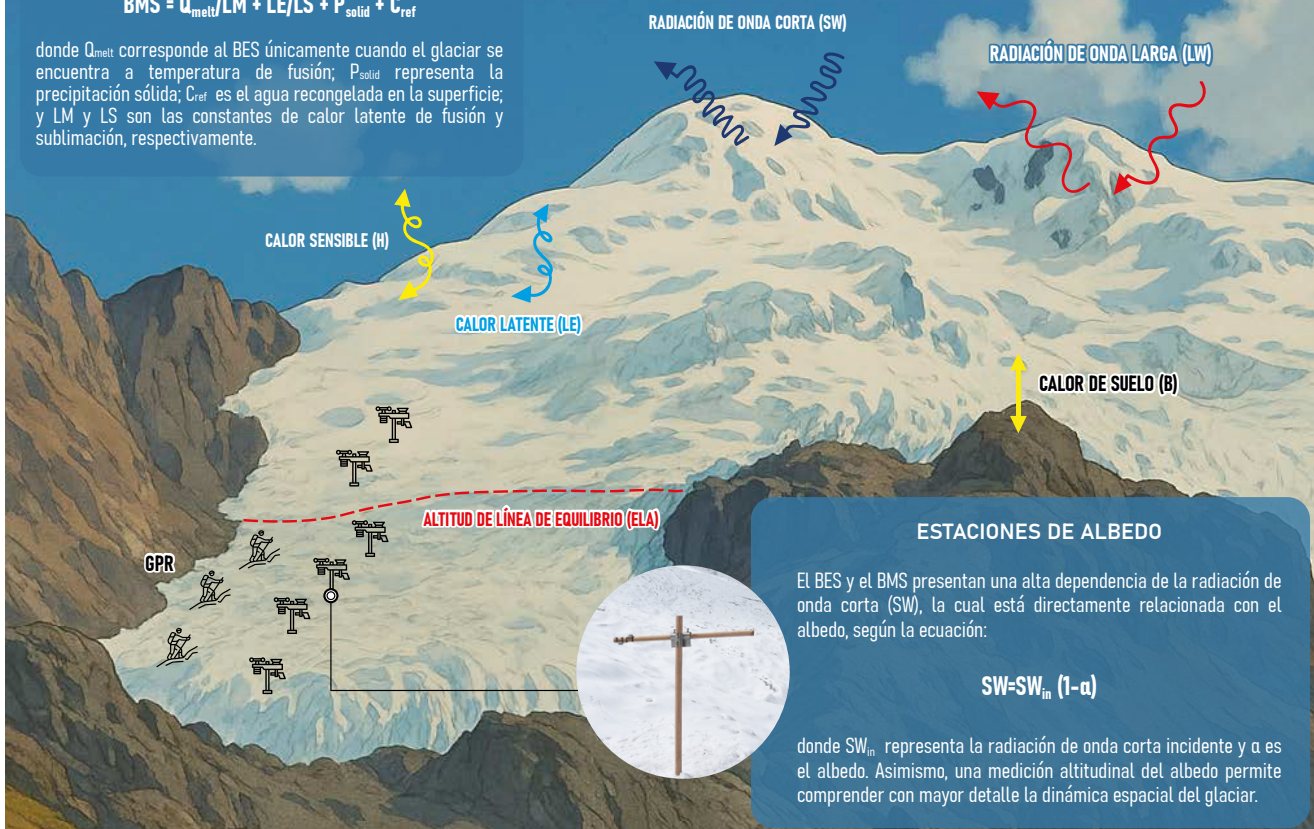
El Balance de Energía Superficial (BES) se estima mediante la siguiente ecuación:

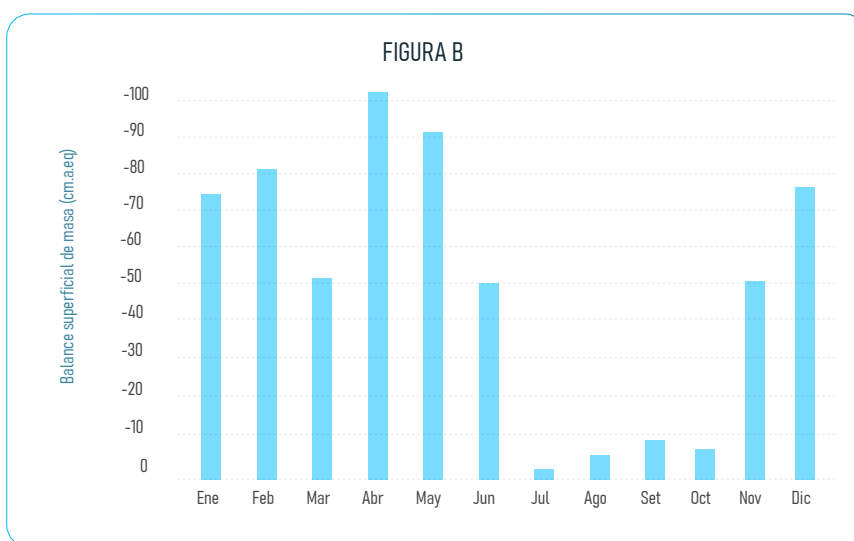
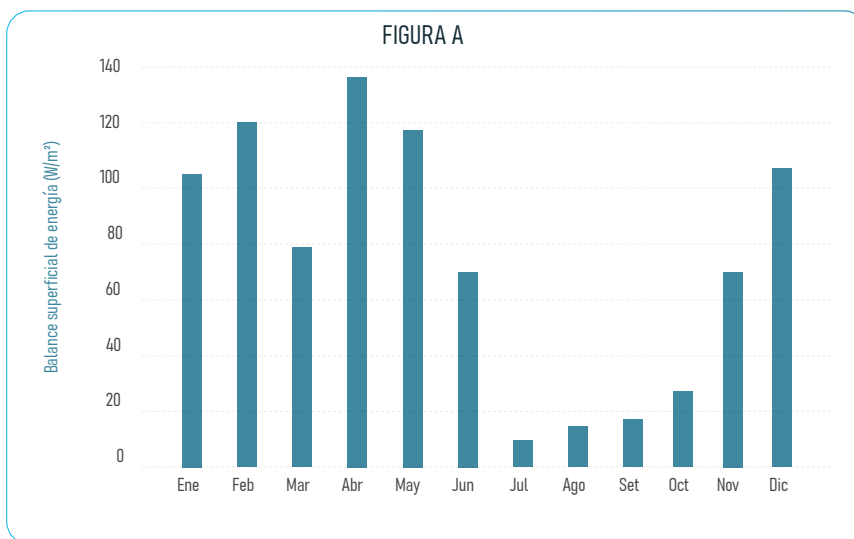
$$BES = SW + LW + H + LE + B$$

El Balance de Masa Superficial (BMS) se calcula a partir de:

$$BMS = Q_{melt}/LM + LE/LS + P_{solid} + C_{ref}$$

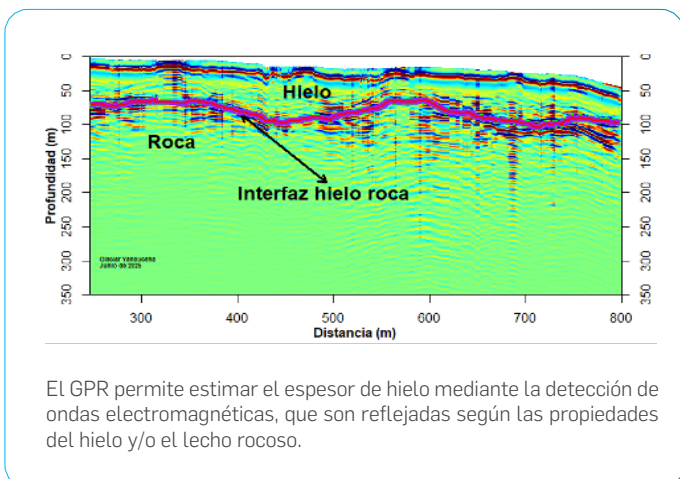
donde Q_{melt} corresponde al BES únicamente cuando el glaciar se encuentra a temperatura de fusión; P_{solid} representa la precipitación sólida; C_{ref} es el agua recongelada en la superficie; y LM y LS son las constantes de calor latente de fusión y sublimación, respectivamente.





3. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS - ESTIMACIÓN DEL ESPESOR DE HIELO

En 2025 se inició el estudio del espesor de hielo del glaciar Yanaucsha, mediante el uso de un equipo GPR (Ground Penetrating Radar), con el fin de evaluar el volumen de hielo almacenado. Los resultados preliminares indican un espesor promedio de 64 m para la trayectoria presentada.





Laguna Cochagrande

PARTÍCULAS ABSORBENTES DE LUZ (PAL)

CONTEXTO

El acelerado retroceso de los glaciares en los Andes centrales del Perú constituye una manifestación crítica del cambio climático, con efectos directos sobre la disponibilidad de recursos hídricos, la resiliencia de los ecosistemas de montaña y la sostenibilidad de las comunidades que dependen del deshielo estacional. Aunque el aumento sostenido de la temperatura media ha sido identificado como el principal impulsor de esta pérdida de masa glaciar, investigaciones recientes indican que la deposición de PAL, principalmente el carbono negro asociado a compuestos orgánicos e inorgánicos procedentes de fuentes antropogénicas como los incendios forestales y las emisiones urbanas, amplifica de manera significativa el proceso de deshielo. Al reducir el albedo de la superficie glaciar, estas partículas incrementan la absorción de radiación solar, lo que acelera la fusión de nieve y hielo.

OBJETIVO

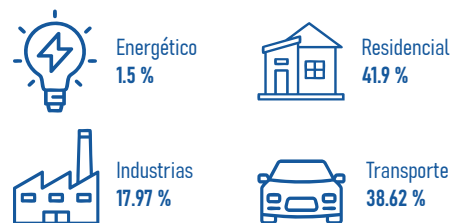
Brindar nuevos conocimientos sobre el impacto de las PAL en la dinámica glaciar de los Andes peruanos, mediante la identificación de sus principales fuentes de emisión y el análisis de sus efectos en el sistema criosférico, como la aceleración del derretimiento de nieve y hielo, y la alteración de las propiedades físicas y ópticas de los glaciares. Los resultados de este estudio podrán contribuir a la toma de decisiones orientadas a reducir y mitigar las emisiones de PAL, y mejorar la protección de los recursos hídricos de alta montaña.

¿QUÉ SON LAS PAL?

Las partículas absorbentes de luz (PAL) son partículas minúsculas suspendidas en la atmósfera, caracterizadas por su alta capacidad para absorber la radiación solar. Su principal componente es el **carbono negro**, cuyas fuentes pueden ser tanto de origen antropogénico, producto de actividades humanas, como de origen natural.

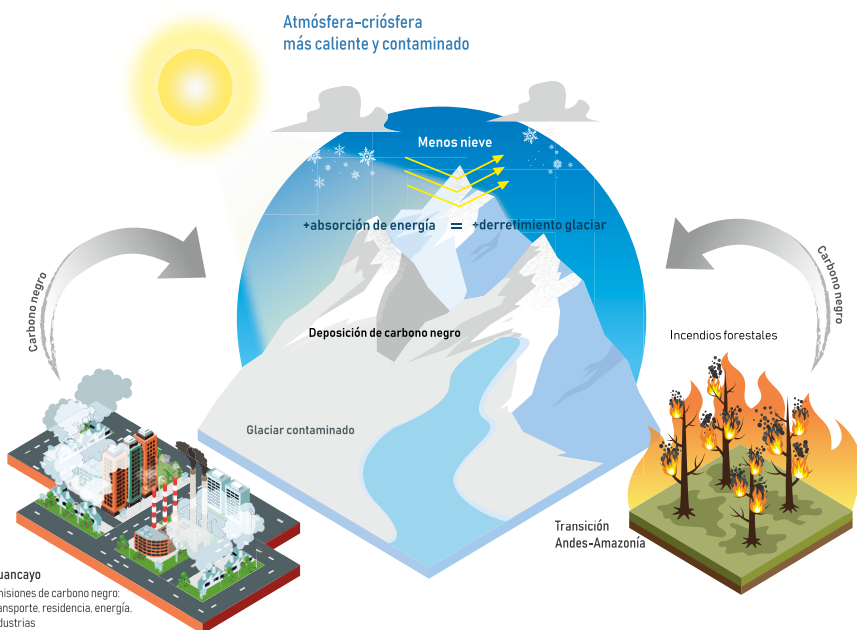
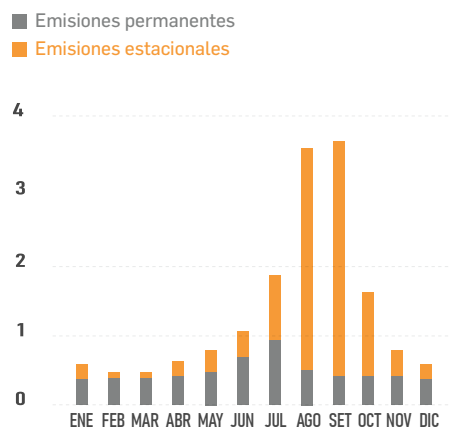
¿CUÁLES SON LOS SECTORES CLAVES?

De las emisiones permanentes, la mayor contribución se da por el sector **residencial** (42 %) y transporte (39 %).



¿CUÁNTO SE EMITE POR MES?

Unidad de medida: gigagramos (Gg)
1 Gg = 10⁶ kg



EMISIONES PERMANENTES

Emisiones por industrias, transporte, residenciales y energía, que están presentes en todos los meses.

EMISIONES ESTACIONALES

Emisiones por quema de pastizales, incendios forestales, que están presentes en algunos meses.

¿DE DÓNDE PROVIENE?

10 %
Del sureste

15 %
Del suroeste*

75 %
Del norte - noroeste

*La ciudad de Huancayo se ubica al suroeste de Huaytapallana, y se destaca como fuente **permanente** con **aporte** significativo a lo largo del año.

CONSECUENCIAS IDENTIFICADAS EN ÁREAS GLACIARES POR LA PRESENCIA DE PAL



-16 %
Reducción de albedo

La mayor absorción de energía conduce al calentamiento y al aumento de la temperatura glaciar.



+10 W/m²
Ganancia de energía

La mayor absorción de energía conduce al calentamiento y al aumento de la temperatura glaciar.



-50 cm.a.eq
Pérdida glaciar

El glaciar sufre una pérdida superficial sostenida durante todo el año.



EVALUACIÓN DE PELIGROS EN LA SUBCUENCA SHULLCAS

CONTEXTO

Ante el acelerado retroceso de los glaciares y el impacto del cambio climático, que incrementa la probabilidad de ocurrencia de aluviones en el ámbito de la cordillera Huaytapallana, es necesario realizar el monitoreo continuo y la evaluación de peligros de origen glaciar, como una herramienta importante para la gestión del riesgo y la protección de las poblaciones ubicadas en la parte baja de la subcuenca Shullcas.

En los últimos años, se han registrado dos aluviones de gran magnitud en la subcuenca del río Shullcas, ocurridos en los años 1969 y 1990, que causaron graves daños en las comunidades locales, la ciudad de Huancayo y la infraestructura física existente.

OBJETIVO

Elaborar una herramienta de gestión para la subcuenca del río Shullcas que facilite la toma de decisiones en la gestión del riesgos de desastres con el fin de prevenir daños a la población y a sus medios de vida.

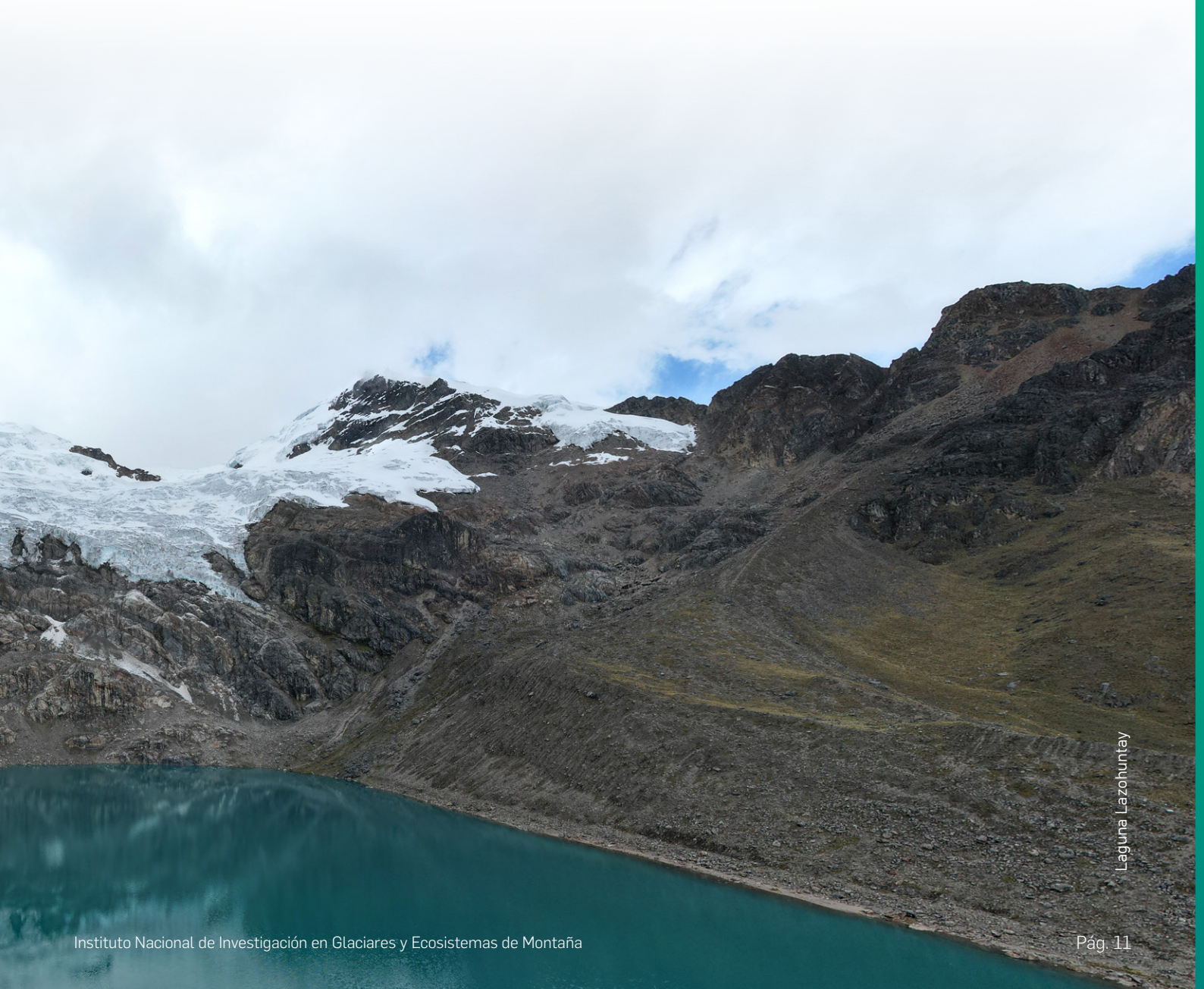
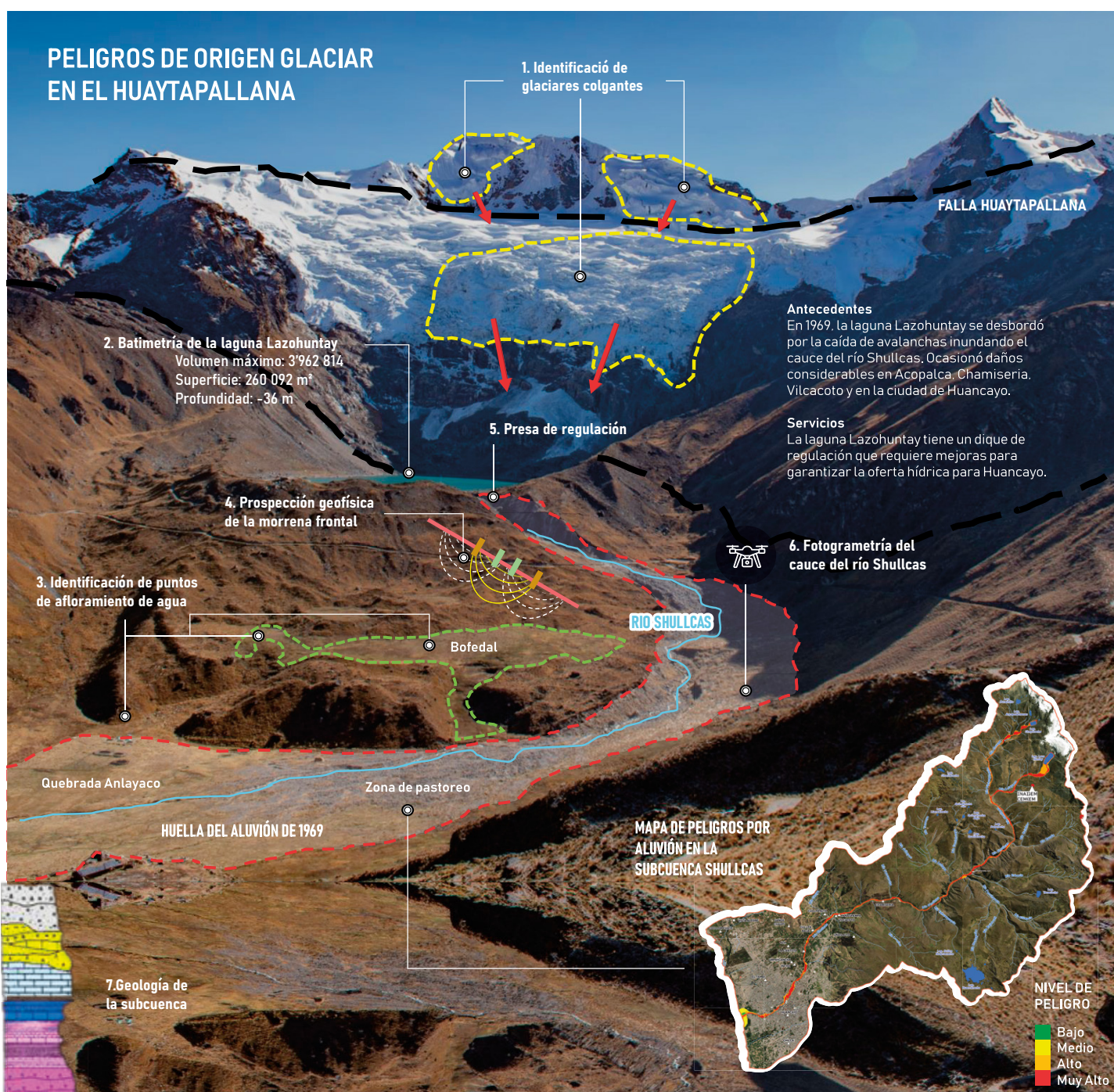


Tabla 1. Batimetría de las lagunas Lazohuntay, Chuspicocha y Duraznillo

Características físicas	Lazohuntay	Chuspicocha	Duraznillo	Observaciones
Volumen máximo proyectado (m³)	3'962 814 (*)	1'216 618	203 782	(*) Dique de regulación
Nivel del espejo del agua (m s. n. m.)	4652 (*)	4637	4 757	(*) Cota de nivel de rebose del dique
Área de la laguna (m²)	260 092	101 105	65 808	
Largo máximo (m)	873	447	280	
Ancho máximo (m)	343	261	292	
Profundidad máxima (m)	-36	-25	-7	



ACCIONES Y RESULTADOS

1. BATIMETRÍA

Se realizó la batimetría en las lagunas Lazohuntay, Chuspicocha y Duraznillo, ubicadas en subcuenca Shullcas, a una altitud que varía de 4650 y 4770 m s. n. m.; teniendo como objetivo el levantamiento topográfico y batimétrico de las tres lagunas, para conocer las características físicas.

La laguna Lazohuntay, se encuentra controlada por un dique artificial de regulación, mientras que las lagunas Chuspicocha y Duraznillo tienen muros de mampostería de piedra, construidos con la finalidad de almacenar agua para mejorar la oferta hídrica para la ciudad de Huancayo.

Utilizando un bote de goma con motor fuera de borda, se realizó el recorrido de forma transversal cada 20 y 25 m de separación entre líneas, para obtener la profundidad de la laguna cada 5 segundos de tiempo. En sentido longitudinal, se mantuvo una separación de 90/100 m, en relación a las líneas de control establecidas previamente.

2. GLACIARES COLGANTES

Para estimar el cálculo de espesores y volúmenes de glaciares colgantes, se utilizó la herramienta "Glacier Bed Topography" (GLABTOP) con el GIS.

Debido a que el nevado Huaytapallana presenta laderas con pendientes empinadas, limita la formación de glaciares suspendidos o colgantes; sin embargo, se han identificado hasta 5 glaciares con fracturas (crevasses) y seracs que aceleran su movimiento.

El glaciar 1 se encuentra inmediatamente por encima de la laguna Lazohuntay, con espesores de 40 m.

El glaciar 2 se encuentra en la parte alta de la laguna Chuspicocha, con una lengua muy corta que se encuentra colgada, alcanzando su mayor altura hacia el sureste con 44 m de espesor aproximadamente.

El glaciar 3 desemboca sus aguas en la laguna Chuspicocha, este es el glaciar más pequeño en área superficial.

El glaciar 4 es el tercer glaciar que aporta agua a la laguna Chuspicocha y no registra espesores altos ni extensos.

El glaciar 5 presenta dos áreas muy marcadas con espesores entre 35 y 38 metros. El resto del área del glaciar no presenta espesores pronunciados o apreciables.

También se ha calculado el volumen total de todo el conjunto de glaciares, obteniendo un volumen total de hielo equivalente a los 64,5 millones de metros cúbicos, convertido a valores de agua llega a los 59,1 millones de metros cúbicos.

3. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

Esta evaluación ha determinado que la cordillera Huaytapallana es la que presenta condiciones de mayor susceptibilidad ante la ocurrencia de peligros relacionados con avalanchas y desborde de lagunas, debido a la extensión de su cobertura glaciar, cantidad de lagunas potencialmente peligrosas y antecedentes históricos registrados.

Las lagunas de origen glaciar como Lazohuntay, Chuspicocha, Ancapuachanan y Duraznillo, se encuentran limitadas por depósitos glaciáricos en forma de morrenas que actúan como embalse natural, y por afloramientos rocosos en zonas cercanas a estas.

Los depósitos inconsolidados, son generalmente inestables y generan caída de materiales en sus laderas. Los afloramientos rocosos están constituidos por rocas metamórficas con discontinuidades claramente marcadas, observando inestabilidad en sus laderas. Es por estas características y por los antecedentes catastróficos registrados que se vuelve necesario realizar un monitoreo constante.

4. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

La prospección geofísica de la morrena frontal de la laguna Lazohuntay, se realizó con la finalidad de investigar las características físicas del subsuelo y detectar estructuras a partir de sus propiedades eléctricas y magnéticas, midiendo la velocidad de ondas de compresión y velocidad de ondas superficiales de los materiales que conforman el subsuelo, relacionando los niveles de compactación, los tipos de materiales y los niveles de saturación de agua.

Los valores de ondas de corte obtenidos mediante el método sísmico, determinaron el comportamiento de los materiales de tipo suelo, que va desde suelo firme en superficie (material morrenico), hasta suelo muy denso y/o roca muy alterada (rocas metamórficas) a partir de los 35 m de profundidad aproximadamente. Este método ha permitido ver los cambios de velocidades de suelo denso a materiales de tipo roca por debajo de los 36 y 80 m de profundidad, determinando, además, la posible filtración de agua proveniente de la laguna Lazohuntay por debajo de los 25 m de profundidad.



Laguna Carhuacocha

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE BOFEDALES

CONTEXTO

Los ecosistemas de montaña de la subcuenca Shullcas brindan diversos servicios ecosistémicos como la captura de carbono, regulación hídrica y hábitat de diferentes especies. En esta subcuenca, los pajonales de puna son el ecosistema dominante, mientras que los bofedales abarcan solo un 3 % del área total y se ubican en la parte media y alta. Los bofedales son muy importantes por su influencia en la regulación hídrica, el suministro de alimento para el ganado y su rol en la captura de carbono. Sin embargo, requieren estrategias de conservación que garanticen su resiliencia y aprovechamiento sostenible.

OBJETIVO

Determinar el estado de conservación y la variación temporal de bofedales en función de los usos y condiciones naturales existentes.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA CONSERVACIÓN DE LOS BOFEDALES?

Por sus servicios ecosistémicos que son:

1 Alta biodiversidad

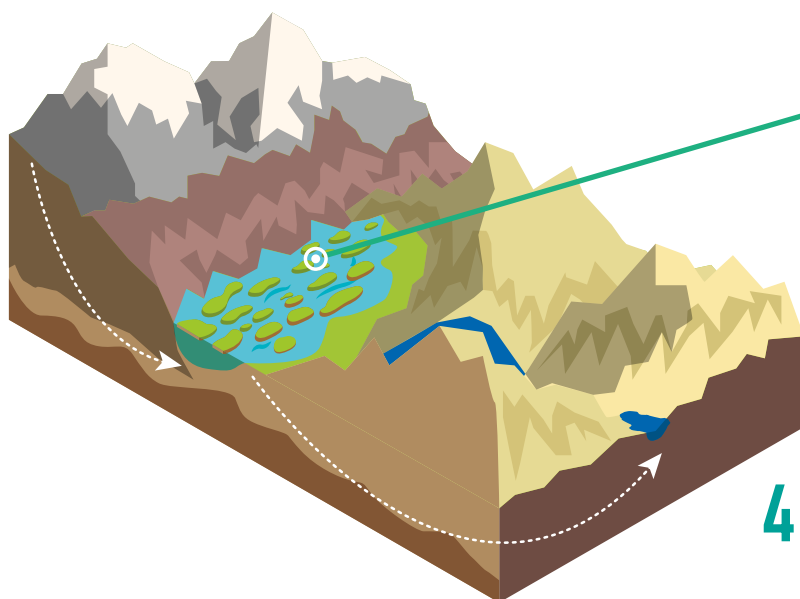


2 Captura de carbono



3 Suministro de forraje para la ganadería

4 Influencia en la regulación hídrica



ACCIONES Y RESULTADOS

El INAIGEM realiza la caracterización de estos ecosistemas, con énfasis en los bofedales, por ser los más vulnerables a presiones naturales (variabilidad climática y retroceso glaciar) y antrópicas (sobrepastoreo). Se ha evaluado el estado de conservación de tres bofedales en el entorno glaciar de la subcuenca Shullcas, dentro del Área de Conservación Regional Huaytapallana. Con base en criterios de profundidad de turba, el nivel de agua subterránea y el estado de la vegetación, se identificaron áreas en estado bueno, regular y degradado. Esta información resulta importante para la gestión de estos ecosistemas vulnerables y sirve como punto de partida para su monitoreo.

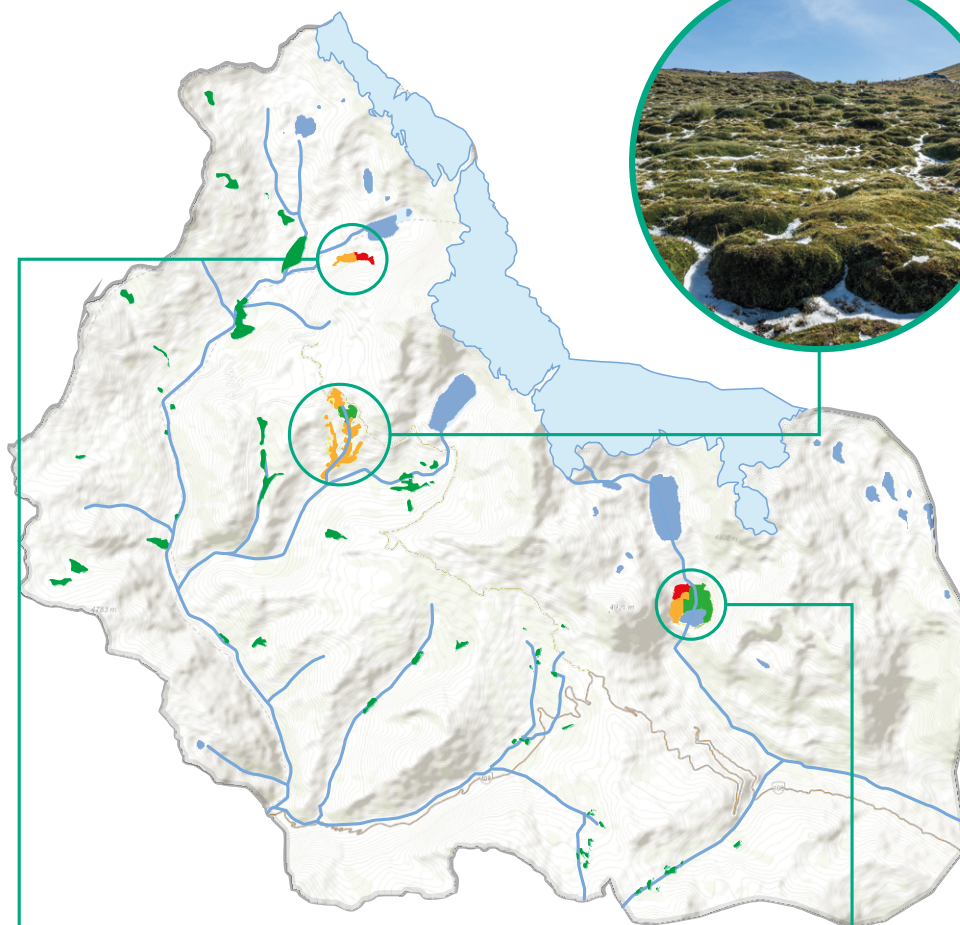


El aprovechamiento de los bofedales para la crianza de alpacas y ganado vacuno influyen en diferentes grados en su estado de conservación.

Bofedal Lazohuntay



78 %
REGULAR
22 %
BUENO



DEGRADADO
REGULAR
BUENO



41 %
DEGRADADO
59 %
REGULAR

Bofedal Chuspicocha



13 %
DEGRADADO
24 %
REGULAR
63 %
BUENO

Bofedal Carhuacocha

PROCESOS HIDROLÓGICOS EN LA SUBCUENCA SHULLCAS

CONTEXTO

La subcuenca Shullcas presenta un área de 250 km² y es la principal fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Huancayo, que alberga alrededor de 450 000 habitantes. Sin embargo, el retroceso glaciar, los cambios en la cobertura vegetal y la variabilidad climática amenazan con disminuir la capacidad de almacenamiento de agua en la subcuenca.

El sistema glaciar Huaytapallana viene enfrentando un retroceso con una tasa de 0.65 a 1 km²/año. Además, el aumento de la temperatura y los cambios en la cobertura vegetal han generado alteraciones en el régimen hidrológico.

Para evitar estos cambios no deseados, iniciativas como el Área de Conservación Regional Huaytapallana, los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MERESE) y los proyectos de represamiento buscan mantener la capacidad de almacenamiento del agua en la subcuenca. No obstante, se desconoce el rol que cumple el sistema glaciar Huaytapallana y cada ecosistema en el régimen hidrológico de la subcuenca Shullcas.



GLACIARES

Los frentes glaciares de la cordillera Huaytapallana que abastecen a la subcuenca Shullcas presentan un área de 3.7 km² y forman lagunas represadas.



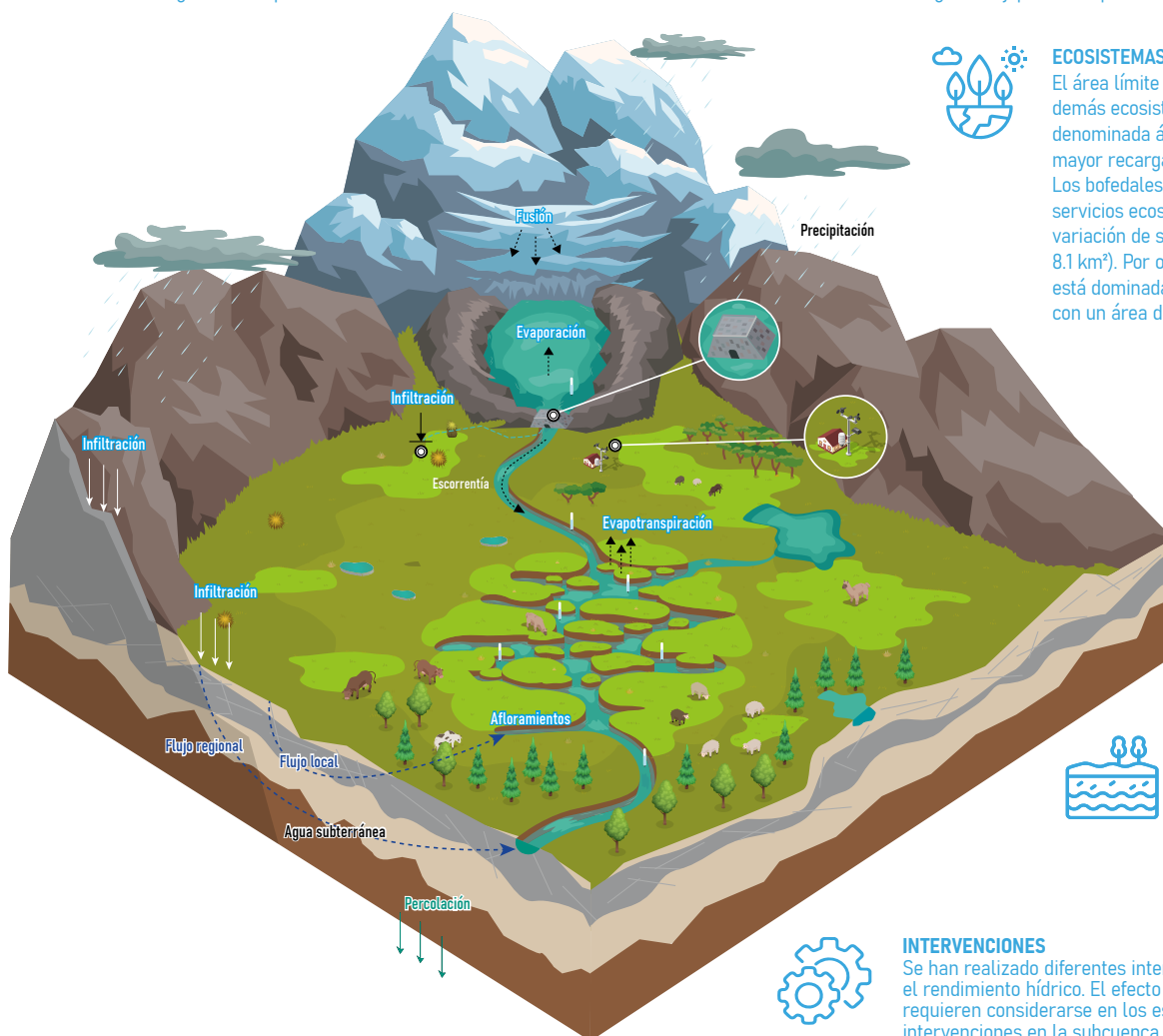
LAGUNAS

Se cuenta con 4 lagunas glaciares (con un área total de 0.38km²) y 12 lagunas pluviales (con un área total de 1 km²). La laguna glaciar Lazohuntay se caracteriza por su alto volumen y peligrosidad. Por otra parte, la laguna pluvial Huacracocho es la más grande y presenta problemas de eutrofización.



ECOSISTEMAS

El área límite entre la zona glaciar y los demás ecosistemas es de 8.3 km². Esta zona denominada área periglacial presenta la mayor recarga hídrica y escasa vegetación. Los bofedales destacan por sus múltiples servicios ecosistémicos y el de mayor variación de su estado y área (área total de 8.1 km²). Por otro lado, la subcuenca Shullcas está dominada por pajonales altoandinos con un área de 143 km².



AGUA SUBTERRÁNEA

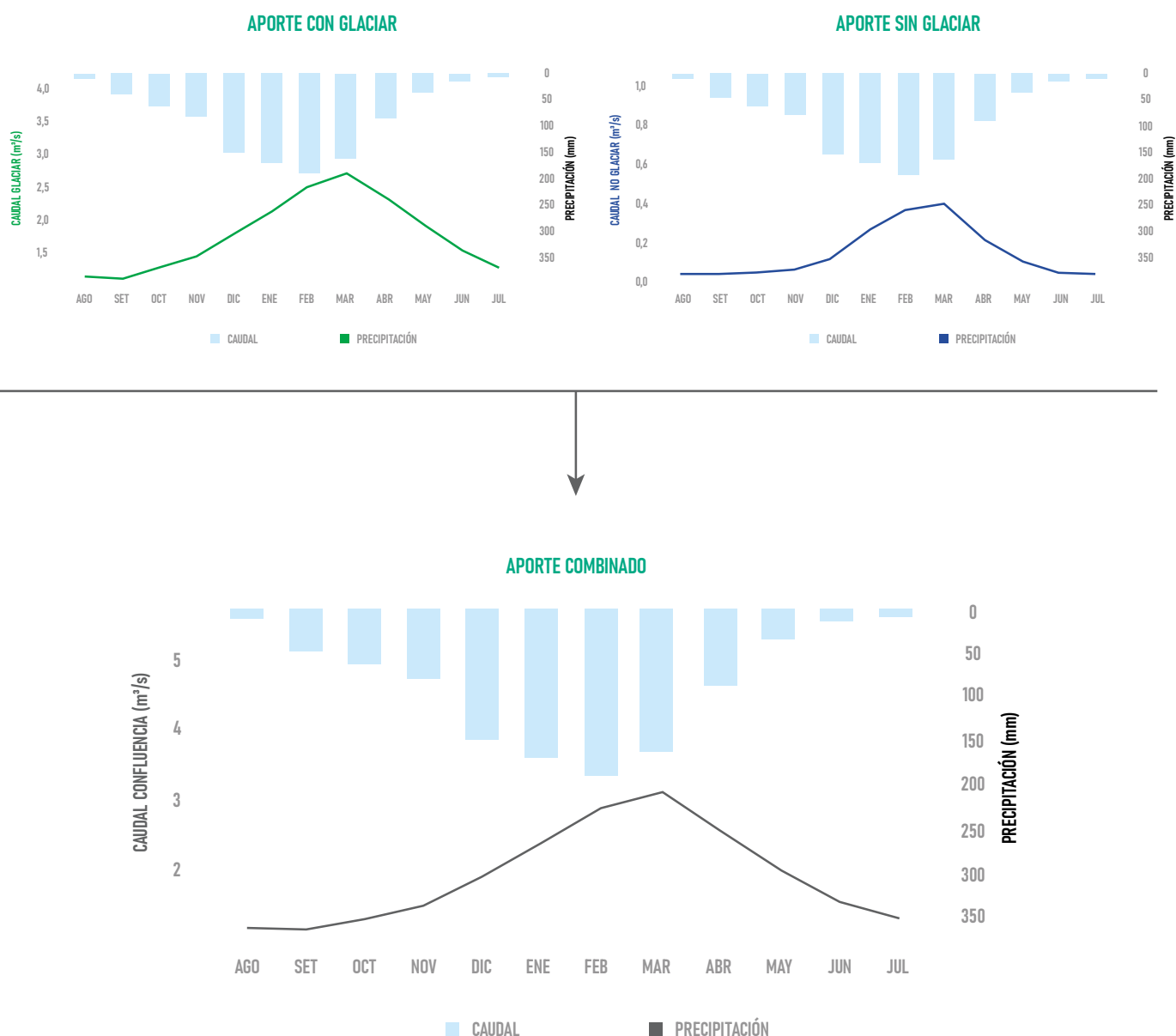
La recarga hídrica del bloque de montaña de la subcuenca Shullcas contribuye al acuífero aluvial del valle del Mantaro, el cual aporta el 60 % del agua para consumo humano.



INTERVENCIONES

Se han realizado diferentes intervenciones con el fin de mejorar el rendimiento hídrico. El efecto de estas intervenciones requieren considerarse en los estudios hidrológicos. Las intervenciones en la subcuenca Shullcas son: zanjas de infiltración, forestación, conservación de bofedales, diques de almacenamiento y trasvases planificados.

CAUDAL Y PRECIPITACIÓN



OBJETIVO

Comprender y representar los procesos hidrológicos que dominan el movimiento y almacenamiento de agua en la subcuenca Shullcas, orientado a la toma de decisiones.

ACCIONES Y RESULTADOS

Desde el INAIGEM se vienen estudiando los procesos hidrológicos de cada componente crítico de la subcuenca Shullcas, como los glaciares, las lagunas, los bofedales, los pajonales y el flujo subterráneo. Para ello, se ha instrumentado la subcuenca con diferentes sensores hidrometeorológicos, cuya información permitirá realizar balances hídricos; análisis de sensibilidad ante factores de degradación, cambio climático e intervenciones antrópicas; y finalmente, desarrollar la modelación hidrológica para la toma de decisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Centro Nacional de Estudios Espaciales de Francia [CNES]. Google Earth Pro (s.f.). Catálogo de imágenes Airbus de la cordillera Huaytapallana 2023.

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM]. (2023). Memoria descriptiva del Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas de Origen Glaciar del Perú. Dirección de Investigación en Glaciares (DIG). Huaraz - Perú. Acceso en línea: <https://repositorio.inaigem.gob.pe/items/7029db53-5118-4e93-8b2a-71e6e26db5f6>

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM]. (2025). Geoportal INAIGEM. Acceso en línea: <https://visor.inaigem.gob.pe/>

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM). (2023). Memoria descriptiva: Inventario Nacional de Bofedales del Perú 2023 [Libro electrónico]. INAIGEM. Publicado el 22 de mayo de 2023. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/items/61d605a3-5bba-4357-a1fc-a716d595af8a>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019, 30 de noviembre). Guía de evaluación del estado del ecosistema de bofedal [PDF]. SINIA MINAM. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-estado-ecosistema-bofedal>

Somers, L. D., & McKenzie, J. M. (2020). A review of groundwater in high mountain environments. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 7(6), e1475. <https://doi.org/10.1002/WAT2.1475>

van Tiel, M., Stahl, K., Freudiger, D., & Seibert, J. (2020). Glacio-hydrological model calibration and evaluation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 7(6), e1483. <https://doi.org/10.1002/WAT2.1483>

Ontiveros-Gonzalez, G., Carrillo, A., Davila, L., Muñoz, C., Calvo, D. K., Garcia, R., & Rueda, L. F. (2025). Concentration of Black Carbon (BCe) in snow, glacier ice, and glacier water from high mountains in central Mexico and central Andes (Peru and Bolivia). *Journal of South American Earth Sciences*, 105668.

Villalobos-Puma, E., Suarez, L., Gillardoni, S., Zubieta, R., Martinez-Castro, D., Miranda-Corzo, A., ... & Silva, Y. (2024). Atmospheric black carbon observations and its valley-mountain dynamics: Eastern cordillera of the central Andes of Peru. *Environmental Pollution*, 355, 124089.

Bond, T. C., Doherty, S. J., Fahey, D. W., Forster, P. M., Berntsen, T., DeAngelo, B. J., ... & Zender, C. S. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of geophysical research: Atmospheres*, 118(11), 5380-5552.



INAIGEM

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA