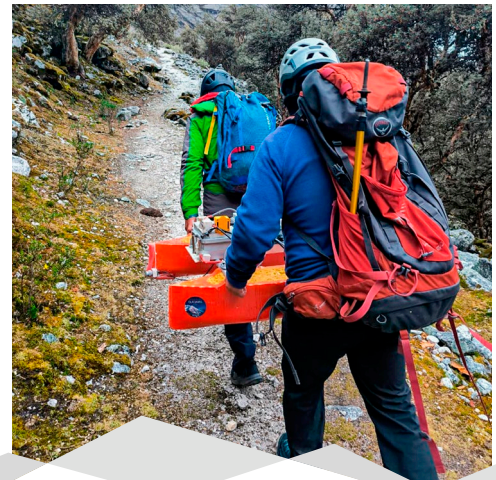
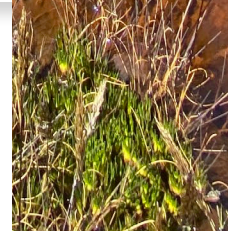
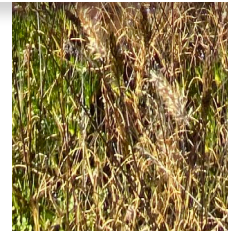
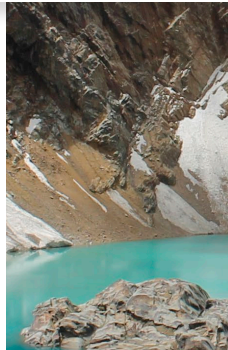
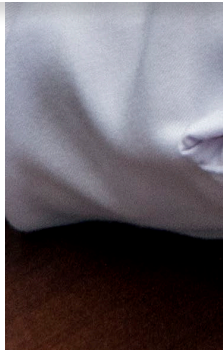


# RESUMEN DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL INAIGEM 2026-2028



## RESUMEN DEL PLAN INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN INAIGEM 2026-2028

### **Autores**

Beatriz Fuentealba Durand  
Tatiana Erika Boza Espinoza  
Hernando Tavera Huarache

### **Coautores**

Randy Muñoz Asmat  
Melissa Aranda Depaz

### **Editado por**

© Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)  
Sede central: Av. Centenario 2656 - Sector Palmira, Independencia, Huaraz - Áncash - Perú  
Teléfono: (043) 64 3460

### **Diseño y diagramación**

Joan Ramírez Romero

### **Fotografía de portada**

INAIGEM - Joan Ramírez Romero

### **Fotografías**

INAIGEM

1ra edición  
Junio 2026

Depósito legal del libro N° 2026-07649

Citar la publicación de la siguiente manera:

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (2025).  
RESUMEN DEL PLAN INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN INAIGEM 2026-2028.  
Huaraz, Perú.

# CONTENIDO

---

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>4</b>
<b>CONTEXTO GENERAL</b>	<b>5</b>
Marco Normativo e Institucional	5
Objetivos y alcance del plan de Investigación	8
<b>ENFOQUE Y ESTRUCTURA DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>9</b>
Organización de áreas y líneas de investigación	9
Estructura del Plan de Investigación	11
Áreas y líneas de Investigación	12
<b>ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>14</b>
AI 1. Criósfera: glaciares, lagunas glaciares y permafrost	14
AI2. Riesgos de origen glaciar y asociados al cambio climático	20
AI 3. Servicios ecosistémicos hídricos en zonas de montaña	27
AI 4. Sistemas socioecológicos de montaña	32
AI 5. Innovación tecnológica aplicada en zonas de montaña	40
Alineamiento con la Agenda de Investigación Ambiental	43
<b>RECURSOS ACTUALES PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>46</b>
Laboratorios especializados	46
Centros de investigación y observatorios en campo	50
Colaboraciones con entidades nacionales e internacionales	51
Ámbito de la investigación del INAI GEM	53

# PRESENTACIÓN

---

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), según su Ley de creación (Ley N° 30286) tiene por finalidad 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 las poblaciones que viven en o se benefician de dichos ecosistemas. Asimismo la Ley de Ciencia Tecnología e Innovación (Ley N° 31250) reconoce al INAIGEM como un instituto público de investigación, por ello la actividad principal de la entidad se relaciona con la producción de conocimiento y tecnología que contribuya al progreso económico y social del país, mediante investigación científica, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología.

En este sentido, en el 2024 el INAIGEM crea una Unidad Funcional para la gestión de la investigación, desarrollo e innovación (UFIDi) encargada de gestionar el sistema de gestión I+D+i institucional, y proponer planes, instrumentos y otros documentos de gestión interna que faciliten y mejoren la gestión de la I+D+i en el INAIGEM.

Para dar cumplimiento a la finalidad del INAIGEM y a las funciones asignadas a la UFIDi, se ha desarrollado este Plan de Investigación Institucional, que identifica y define los temas de investigación que se desarrollan en la entidad, brinda una línea base de la situación actual de la investigación en el INAIGEM, establece indicadores para las líneas de investigación y las metas a cumplir en los siguientes tres años (2026-2028).

Dentro del plan de investigación institucional se identifican y definen los temas de investigación que se desarrollan en la entidad. Estos han sido determinados a partir de la evaluación del marco normativo que tiene la entidad (Ley de creación y ROF) con el propósito de contribuir de manera significativa en la reducción de brechas del conocimiento en el ámbito de los glaciares y ecosistemas de montaña, y buscan tener un vínculo claro con las políticas nacionales, compromisos internacionales, y especialmente, esperan brindar alternativas para atender las principales problemáticas ambientales que se presentan en las zonas de montaña del país.

Las montañas del Perú enfrentan una serie de problemas complejos que amenazan su estabilidad ecológica, su funcionalidad como proveedores de servicios ecosistémicos y el bienestar de las comunidades que dependen de ellas. Estos problemas están íntimamente ligados al cambio climático, los procesos geodinámicos, la degradación ambiental y las transformaciones socioeconómicas y culturales. Y el INAIGEM, a través de sus investigaciones ayudan a conocer mejor esta problemática, y a identificar y proponer alternativas para enfrentar estos problemas, y promover una gestión sostenible, asegurando los beneficios que brindan los glaciares y ecosistemas de montaña a la población peruana.

El presente Resumen del Plan Institucional de Investigación INAIGEM 2026–2028 sintetiza el Plan de Investigación Institucional, elaborado durante más de un año mediante un proceso participativo con el personal técnico del INAIGEM, bajo el liderazgo de la Presidencia Ejecutiva y la Unidad Funcional de Investigación, Desarrollo e Innovación (UFIDi). Este documento presenta de manera concisa la estructura del plan, las prioridades de investigación y las capacidades institucionales para su implementación.

## CONTEXTO GENERAL

# MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL

---

La **Ley N° 31250**, Ley del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SINACTI) reconoce en su artículo 12 al INAIGEM como un Instituto Público de Investigación (IPI). Y define como IPI a una entidad pública, que tiene como finalidad o función principal, la investigación científica, el desarrollo tecnológico, innovación y transferencia de conocimiento, conforme a su norma de creación; y cuenta con la capacidad para formar investigadores. Como tal, se debe producir conocimiento y tecnología que contribuya al progreso económico y social del país, mediante investigación científica, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología.

La Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación al 2030 aprobada mediante **Decreto Supremo N° 093-2025-PCM**, establece como problema público “la insuficiencia de capacidades científicas, tecnológicas e innovadoras (CTI) necesarias para el desarrollo general y sostenible del país” y, entre otros temas, busca fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SINACTI), promoviendo la generación de conocimiento científico y tecnológico orientado a las prioridades nacionales de desarrollo. En este sentido, el INAIGEM ha comprometido el servicio de “difusión de investigaciones científicas en glaciares y ecosistemas de montaña y sus servicios ecosistémicos, de manera estandarizada, dirigido a los actores del SINACTI”.

Por su parte, el Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, aprobado mediante **Decreto Supremo N.º 014-2024-MINAM**, dispone en su artículo 50 que el Ministerio del Ambiente (MINAM) elabora y actualiza la Agenda de Investigación Ambiental con el propósito de orientar la investigación y la innovación ambiental en el marco de la Política Nacional del Ambiente. Asimismo, el MINAM promueve la articulación entre la ciencia y la política en todos los niveles de gobierno, fomentando la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones basadas en evidencia científica, así como la implementación de mecanismos de divulgación y gestión del conocimiento ambiental. El INAIGEM participa del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, y de la construcción e implementación de la Agenda de Investigación Ambiental. Aspecto que se ha tomado en cuenta para la formulación del presente documento.

**Como máxima autoridad científica en glaciares y ecosistemas de montaña, el INAIGEM orienta su trabajo a la gestión sostenible y la toma de decisiones informadas.**

La **Ley N° 30286** crea al INAIGEM, y establece que su 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 las poblaciones que viven en o se benefician de dichos ecosistemas. Asimismo, se indica que el INAIGEM es la máxima autoridad en investigación científica de los glaciares y ecosistemas de montaña, estableciendo a la investigación científica y el desarrollo tecnológico como ejes centrales del trabajo de la institución.

La misma ley establece que siete de las once funciones de la institución están directamente vinculadas con la investigación:



Generar conocimiento mediante la investigación científica y el desarrollo tecnológico en glaciares y ecosistemas de montaña.



Promover la investigación aplicada para prácticas productivas generadoras de valor que impulsen el mantenimiento de los bienes y servicios que proveen los ecosistemas de montaña.



Fomentar el conocimiento, recuperación, validación, innovación y replicación de tecnologías y prácticas tradicionales de conservación y gestión de glaciares y ecosistemas de montaña.



Estudiar y monitorear el comportamiento y evolución de los glaciares y ecosistemas de montaña, evaluando los efectos del cambio climático y otros factores de presión, y formular medidas de prevención necesarias.



Realizar cada cinco años el Inventario Nacional de Glaciares, Lagunas y Bofedales, determinando su cantidad, estado y superficie, en coordinación con entidades vinculadas.



Formular y desarrollar programas educativos para la formación y especialización de investigadores, profesionales y técnicos, en colaboración con universidades y centros de investigación nacionales e internacionales.



Investigar tecnologías para la recuperación, conservación e integración de los ecosistemas de montaña en el desarrollo de las comunidades locales

La **Resolución de Gerencia General 030-2024-INAIGEM/GG**, aprobada el 30 de mayo de 2024 crea la Unidad Funcional para la gestión de la investigación, desarrollo e innovación (UFIDi) y establece que dicha unidad depende de la Presidencia Ejecutiva, y establece entre sus funciones:

- a) Proponer los planes, instrumentos y otros documentos de gestión interna que faciliten y mejoren la gestión de la I+D+i en el INAIGEM
- c) Gestionar el Sistema de Gestión I+D+i institucional, coordinando con las áreas correspondientes el reporte de indicadores, resultados e impacto institucional.
- d) Identificar y comunicar las oportunidades de mejora en los procesos institucionales estratégicos, misionales y de soporte que permitan ampliar los resultados e impactos de la I+D+i desarrollada en el INAIGEM.
- g) Supervisar el cumplimiento de las metas vinculadas al I+D+i, incluyendo actividades de divulgación y transferencia de los resultados de la I+D+i.

El Plan Estratégico Institucional 2025 - 2030, aprobado por la **Resolución de Presidencia Ejecutiva N.o 059-2024-INAIGEM/PE**, el 27 de diciembre de 2024 establece dos Objetivos Estratégicos Institucionales (OEI) de carácter misional, y dentro de estos, Acciones Estratégicas Institucionales (AEI) directamente vinculadas con la investigación, de acuerdo al siguiente detalle:

**OEI 1. Generar y difundir conocimiento para la gestión sostenible de los glaciares y ecosistemas de montaña, en beneficio de la comunidad e instituciones involucradas.**

AEI 1.1. Estudios sobre la dinámica y evolución de los glaciares y lagunas de origen glaciar elaborados y/o difundidos oportunamente, para la comunidad y entes involucrados.

AEI 1.2. Investigación aplicada sobre la dinámica y evolución de los ecosistemas de montaña, sus servicios ecosistémicos, los sistemas socio-ecológicos y su interrelación en el ámbito del INAIGEM desarrollada oportunamente, para la comunidad y los entes involucrados

**OEI 2. Fortalecer el conocimiento y monitoreo del peligro y riesgo en el ámbito de los glaciares y ecosistemas de montaña, para uso de la comunidad y los entes involucrados.**

AEI 2.1. Estudios para caracterizar el peligro, vulnerabilidad y riesgo en ambientes glaciares y periglaciares, elaborados y/o difundidos oportunamente para la comunidad y los entes involucrados.

AEI 2.2. Investigación del drenaje ácido de roca como consecuencia del retroceso glaciar elaborada oportunamente, para la comunidad y los entes involucrados.

El plan de investigación permitirá orientar las acciones para el cumplimiento de estas AEI, entre el 2026 y el 2028.

**El PEI 2025–2030 vincula los objetivos misionales del INAIGEM con la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña.**

## CONTEXTO GENERAL

# OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN



El objetivo general de este primer plan de investigación del INAIGEM es **fortalecer la gestión de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i)** dentro de la institución. Y a través de ello, posicionar a la institución como **máxima autoridad en investigación científica de los glaciares y ecosistemas de montaña** en el país.

## ALCANCE

El plan de investigación del INAIGEM es un instrumento de gestión que debe ser implementado por toda la entidad, por lo que su alcance es institucional. Para ello, será necesario que las actividades del Plan Operativo Institucional de cada año, establezca el alineamiento entre las Actividades Operativas de investigación y el área y línea de investigación a la que contribuye.

Para ello se busca:



01

Generar una línea base, al caracterizar las condiciones actuales en las que se desarrolla la investigación en el INAIGEM.



02

Definir y caracterizar los temas de investigación que desarrolla el INAIGEM, en concordancia con la normativa interna, y los lineamientos establecidos por el CONCYTEC y el MINAM.



03

Establecer indicadores y metas a alcanzar, del 2026 al 2028, alineadas con el PEI y POI multianual, institucional.



04

Dar orientaciones para el cumplimiento de las funciones de la UFIDi.

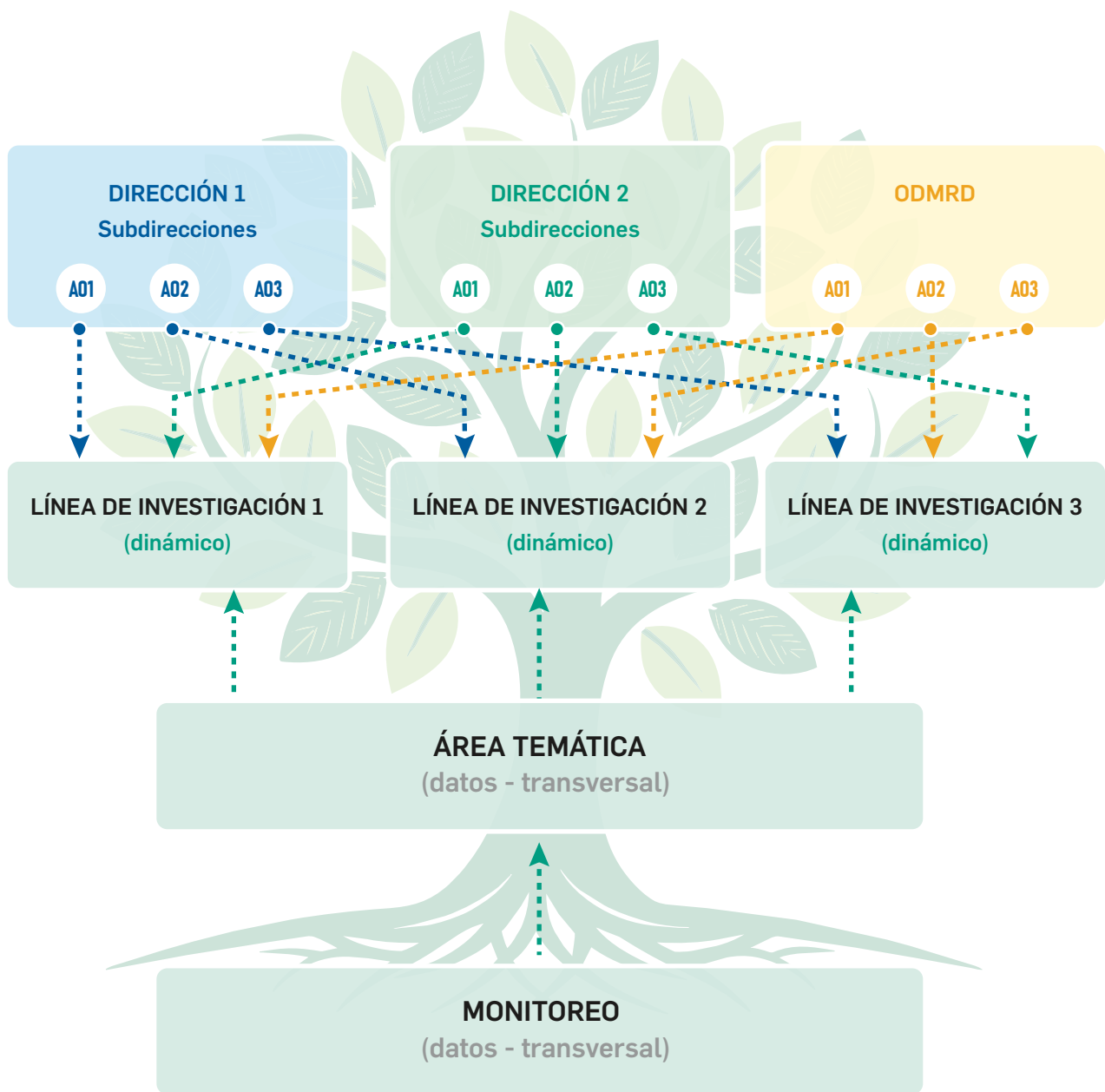
## ENFOQUE Y ESTRUCTURA DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN

# ORGANIZACIÓN DE ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El proceso de la investigación científica establece una secuencia ordenada que va desde la identificación y definición del problema respaldada en una revisión teórica que permite la formulación de hipótesis, el diseño metodológico, la recolección y análisis de datos y culmina con la elaboración de conclusiones y la difusión de resultados. Estas fases del proceso de investigación aseguran una mayor rigurosidad, consistencia, replicabilidad y solidez del conocimiento generado. Por ello en coherencia con dicho proceso, el plan de investigación del INAIGEM se fundamenta en tres enfoques estratégicos que garantizan su coherencia y flexibilidad (Figura 1):

**La investigación se estructura en áreas y líneas flexibles, articuladas con las actividades operativas del INAIGEM.**

- 1.** Las áreas y las líneas de investigación constituyen los marcos conceptuales para la generación de conocimiento, de manera transversal en la entidad, con un enfoque estratégico, orientado a abordar problemas complejos y de largo plazo.
- 2.** En lugar de concebir las áreas y sus líneas de investigación como límites rígidos, estas deben entenderse como transiciones o gradientes que conectan diversos temas y disciplinas. Este enfoque promueve la interdisciplinariedad y fomenta la colaboración, permitiendo abordar problemas desde múltiples perspectivas. Al mismo tiempo, reconoce que las direcciones y oficinas desconcentradas abarcan diversas áreas y líneas de investigación.
- 3.** Las actividades operativas que desarrollan investigación se asocian principalmente con una línea de investigación que representa el enfoque central del trabajo. Se espera que las actividades operativas respondan de manera directa a las líneas de investigación definidas, aunque contribuyen a la generación de conocimiento dentro de un marco estratégico más amplio.



**Figura 1. Esquema conceptual del enfoque que se usa para la definición de las áreas de investigación, líneas de investigación, y monitoreo en el plan de investigación, así como la relación que existe con las áreas especializadas y oficinas macro regional desconcentradas (OMRD) del INAIGEM que pueden abarcar o no más de un área y líneas de investigación.**

Los enfoques, integrales y flexibles, promueven el intercambio de datos, información, enfoques de trabajo y conocimiento entre los distintos órganos de línea del INAIGEM.

La combinación de enfoques se asemeja a un árbol (Figura 1), en el que el tronco representa al área de investigación, y las ramas representan a las líneas de investigación. Las raíces representan la captura de datos que alimentan de forma transversal a todas las áreas y líneas de investigación.

Asimismo, las áreas de investigación (tronco) se han conceptualizado para ser válidas a mediano largo/plazo pues sostienen toda la investigación. Mientras que, las líneas de investigación (las ramas) pueden permanecer por algunos años y luego paralizarse o desaparecer, y también pueden aparecer nuevas líneas de investigación, incluso, una línea de investigación puede fortalecerse y posteriormente considerarse una nueva área de investigación (nuevo tronco y árbol).

## ENFOQUE Y ESTRUCTURA DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN

# ESTRUCTURA DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN

Para implementar los enfoques estratégicos explicados, el plan de investigación se basa en tres niveles de jerarquía:



### Nivel 1: Área de investigación (AI)

Según lo define CONCYTEC, es la unidad temática del conocimiento científico o tecnológico de carácter general, de la cual se derivan las líneas de investigación.

**El INAIGEM tiene cinco áreas de investigación.**



### Nivel 2: Línea de investigación (LI)

Según lo define CONCYTEC, es un eje temático (disciplinario o interdisciplinario) lo suficientemente amplio y con orientación disciplinaria y conceptual, que se utiliza para organizar, planificar y construir, con una cierta programación, sistematización y prospectiva, el conocimiento científico en un campo específico de la ciencia y la tecnología. De las líneas de investigación se derivan los proyectos de investigación.



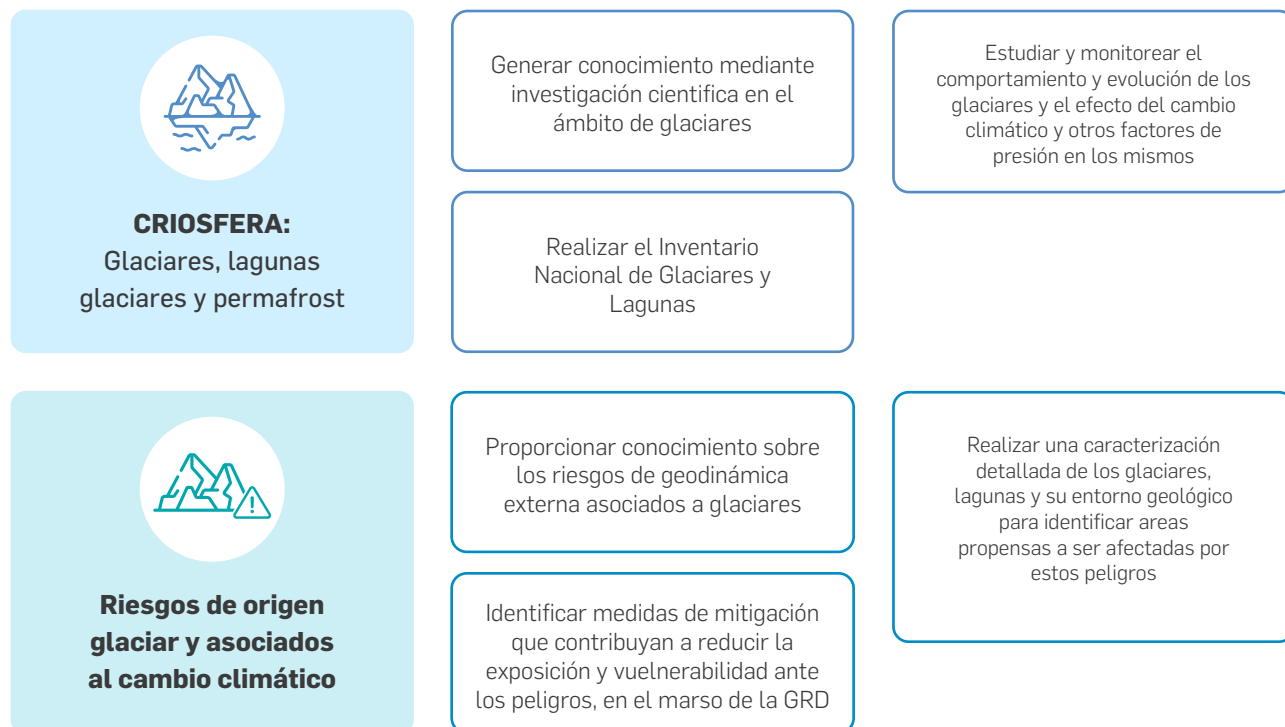
### Nivel 3: Proyecto de investigación

Es el nivel en que se implementan las acciones de investigación, se asocian a las actividades operativas del POI, y se cuenta con órganos de línea como responsables de su ejecución.

## ENFOQUE Y ESTRUCTURA DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN

# ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Se han diferenciado cinco áreas de investigación (AI) de acuerdo a las competencias y funciones del INAIGEM, y que abordan los desafíos más importantes que enfrentan los glaciares y los ecosistemas de montaña en el Perú. Estas áreas de investigación, alineadas con la normativa peruana y respaldadas por líneas de investigación (LI) estratégicamente definidas, buscan generar conocimiento científico y técnico que no solo contribuya al entendimiento de estos sistemas y sus problemáticas, sino también al diseño de estrategias innovadoras para su conservación, restauración y manejo sostenible. En la Figura 2 se puede observar las funciones del INAIGEM definidas por el Reglamento de Organización y Funciones (ROF) que se encuentran incluidas dentro de las áreas de investigación.



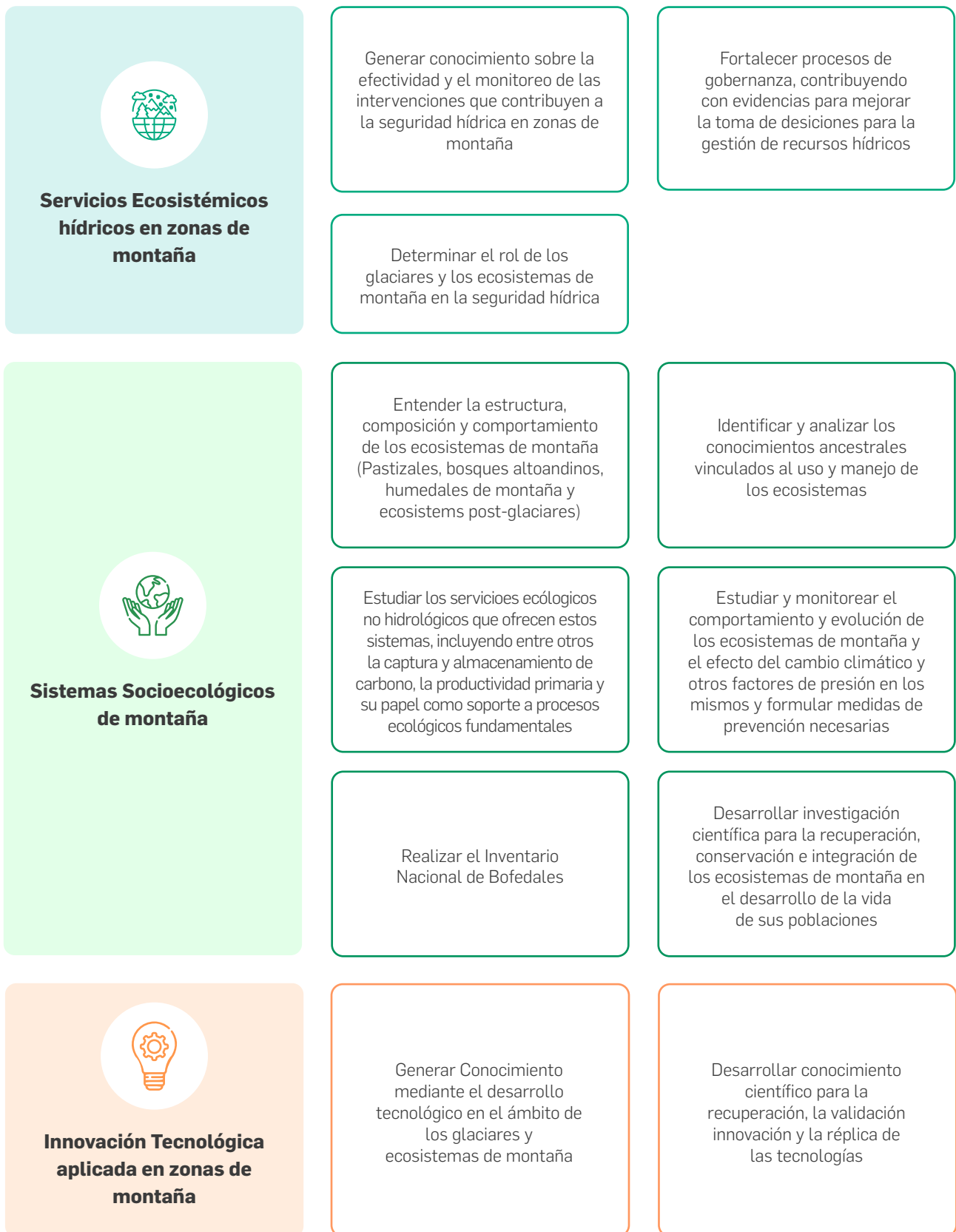
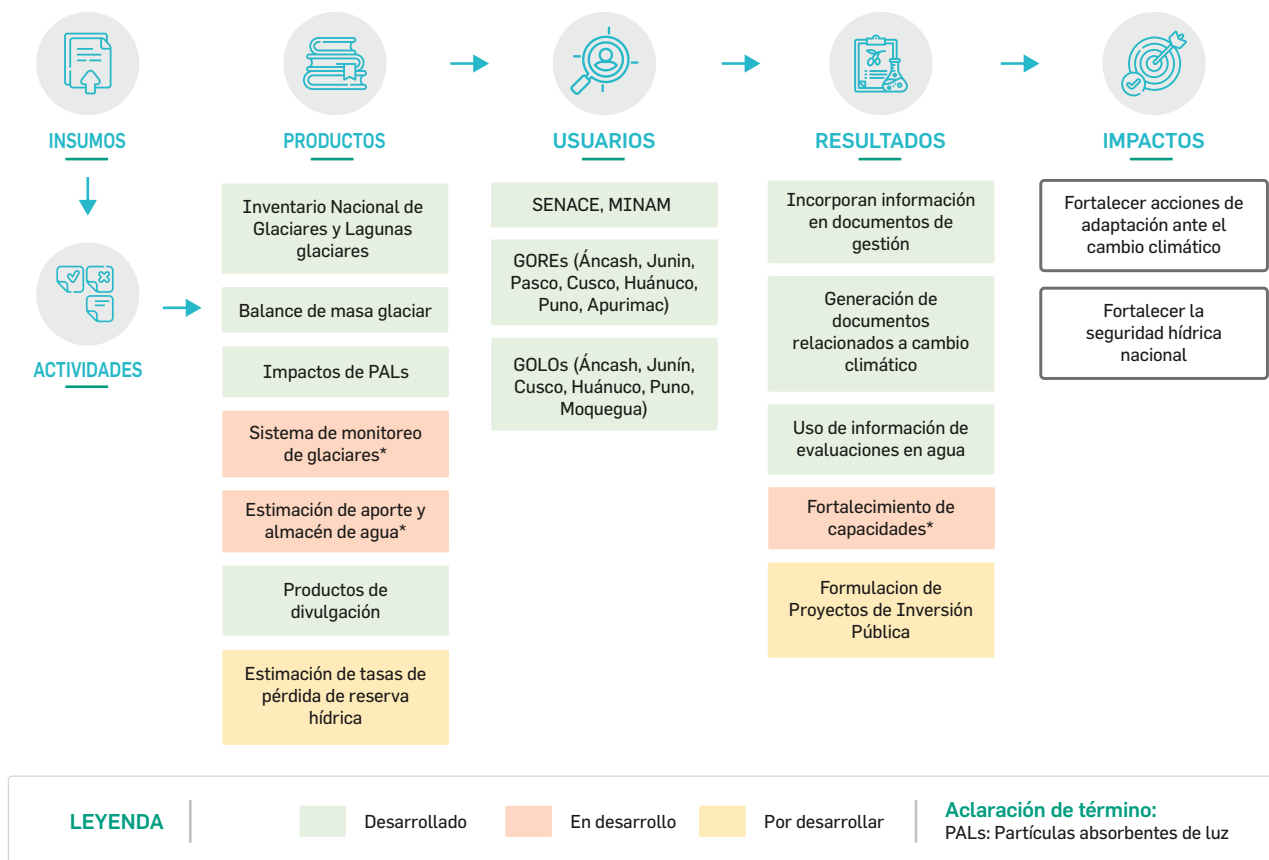


Figura 2. Esquema de las áreas de investigación y las funciones del INAIGEM de acuerdo al ROF

## ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

# AI 1. CRIÓSFERA: GLACIARES, LAGUNAS GLACIARES Y PERMAFROST

Esta área de investigación busca generar conocimiento científico detallado y aplicable sobre la evolución pasada, presente y futura de los glaciares, lagunas de origen glaciar, el permafrost, y las causas que la explican. Se enfoca en el estudio integral de estos cuerpos, abarcando sus propiedades físicas y químicas, geomorfología y dinámica interna y externa, y los factores externos que los afectan, como el cambio climático y aquellos derivados de la actividad humana. Se analiza su dinámica energética y la interacción con la atmósfera, desde el pasado reciente y más antiguo (paleo-reconstrucciones) hasta el presente, proyectando sus cambios futuros. Para ello, se analizan observaciones que se integran en modelos matemáticos y simulaciones que permiten comprender los procesos naturales que los gobiernan. En la Figura 3 se observa la cadena de valor identificada para esta área de investigación.



**Figura 3. Cadena de valor del área de investigación de Criósfera: glaciares, lagunas glaciares y permafrost<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Los procesos descritos se refieren a: insumos son los recursos necesarios para realizar la investigación; las actividades son las acciones que se llevan a cabo utilizando dichos insumos para la generación de los productos; los productos corresponden a los bienes, servicios o entregables obtenidos directamente de las actividades; los resultados representan los cambios generados en el corto y mediano plazo a partir del uso de los productos; y los impactos son las transformaciones estructurales y de largo plazo derivado de los resultados.

## Marco normativo

A nivel nacional, esta área de investigación se relaciona con la **Ley Marco sobre Cambio climático** (Ley N°30754), que promueve una gestión integral, participativa y transparente de las acciones frente al cambio climático, con el fin de reducir la vulnerabilidad del país y proteger los ecosistemas clave y frágiles como son los glaciares, por su papel fundamental en la regulación del agua y en la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades. Asimismo, se vincula con la **Ley de Recursos Hídricos** (Ley N°29338), que en el artículo 6 considera a los glaciares como bienes asociados al agua, y en el artículo 89 indica que se deben generar estrategias y planes para la prevención y adaptación ante los efectos del cambio climático y ello a su vez sobre la cantidad de agua y variaciones climáticas.

A nivel de Políticas, esta área de investigación contribuye a la implementación de la **Política nacional estrategia nacional ante el cambio climático al 2050**, cuyo objetivo principal es reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas, las poblaciones y las actividades económicas frente a los efectos adversos del cambio climático, mientras se fomenta un desarrollo sostenible y resiliente. Y desde el INAI GEM se ha comprometido el servicio “Informes y guías técnicas sobre la dinámica glaciar y respuesta de los ecosistemas de montaña en un contexto de cambio climático, de forma continua para las entidades focalizadas”. Asimismo, se aporta a la **Política Nacional del Ambiente al 2030**, que establece directrices para la conservación de los ecosistemas frágiles, la gestión integrada de los recursos hídricos y la reducción de impactos ambientales, integrando el componente climático en la planificación territorial. En este caso, desde el INAI GEM se ha comprometido el servicio “Desarrollo de investigaciones en el ámbito de glaciares y ecosistemas de montaña, accesible para las entidades públicas y privadas”. Y todas las áreas de investigación contribuyen con la implementación de la **Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación**.

**La investigación en criósfera articula ciencia, gestión del agua y adaptación climática, aportando información clave para proteger glaciares, ecosistemas frágiles y comunidades vulnerables.**



## LI 1.1. ESTUDIO DE LA DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DE LOS GLACIARES

### Descripción

Los glaciares desempeñan un papel crítico en los sistemas hidrológicos de las regiones de montaña, actuando como reservas estratégicas de agua y reguladores del flujo hídrico estacional. Sin embargo, el cambio climático está acelerando su retroceso a nivel global, con impactos significativos en los ecosistemas, las comunidades humanas que dependen de los recursos hídricos derivados de ellos, y las actividades económicas-productivas. En consecuencia, esta línea de investigación busca generar un entendimiento profundo de los procesos físicos que determinan su comportamiento, incluyendo el análisis de su estructura interna, la dinámica de flujo y las tasas de pérdida de masa, y cómo estos interactúan con factores climáticos y antropogénicos. Su alcance incluye la integración de técnicas avanzadas para la medición directa e indirecta de los glaciares, y la modelización matemática para proyectar su evolución futura bajo diferentes escenarios climáticos. Este enfoque integral permite entender el estado actual de los glaciares, así como prever sus cambios y estimar el impacto de estos en los recursos hídricos, ecosistemas y poblaciones que dependen de ellos.



Coordinadora  
de la línea de  
investigación

**Dávila Roller**  
Luzmila Rosario



[ldavila@inaigem.gob.pe](mailto:ldavila@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Generar conocimiento científico que permita comprender la dinámica de los glaciares y proyectar su evolución futura bajo diferentes escenarios climáticos, con la finalidad de aportar al entendimiento del impacto hacia los recursos hídricos y la sostenibilidad de las comunidades que dependen de ellos.

## LI 1.2. ESTUDIO DE LA DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DE LAS LAGUNAS DE ORIGEN GLACIAR

### Descripción

Las lagunas de origen glaciar son cuerpos de agua que se forman, evolucionan y, en muchos casos, desaparecen como consecuencia directa del retroceso de los glaciares y otros factores. Su estudio resulta fundamental para comprender los procesos geomorfológicos y climáticos que intervienen en la dinámica reciente de los sistemas glaciares, así como para proyectar el surgimiento de nuevas lagunas en escenarios futuros de pérdida de masa glaciar. Esta línea se enfoca en el análisis de los factores naturales que explican la génesis, evolución y persistencia de las lagunas glaciares, diferenciándolas de otras lagunas de alta montaña por su origen directamente ligado a procesos glaciológicos. El enfoque integra el estudio del volumen mediante desarrollo tecnológico y modelos de estimación; así como características físicas de las lagunas, los patrones meteorológicos que afectan su persistencia, la influencia del derretimiento glaciar y la precipitación, la dinámica sedimentaria, así como el estudio de los diques. Asimismo, se consideran los aportes hidrológicos y la evolución morfológica desde una perspectiva paleoambiental, apoyándose en el análisis de sedimentos lacustres, cronologías de formación y reconstrucciones paleoclimáticas. La investigación se enfoca en la comprensión científica de los procesos naturales que gobiernan la existencia y transformación de estas lagunas.



Coordinadora  
de la línea de  
investigación

**Celmi  
Henostroza  
Gladis Teodora**



[gcelmi@inaigem.gob.pe](mailto:gcelmi@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Generar conocimiento científico sobre los procesos físicos, geomorfológicos, hidrológicos, y de gestión que explican la formación, evolución y persistencia de las lagunas de origen glaciar en los Andes del Perú. Para ello, se propone reconstruir su historia mediante el análisis de sedimentos, identificar cambios climáticos, intervenciones humanas y eventos extremos pasados, caracterizando su dinámica en diferentes estados de evolución, y proyectar la formación de nuevas lagunas como consecuencia del retroceso glaciar bajo distintos escenarios climáticos.

## LI 1.3. ESTUDIO DE LAS PARTÍCULAS ABSORBENTES DE LUZ Y SUS EFECTOS EN LA DINÁMICA GLACIAR

### Descripción

Los glaciares, reconocidos como indicadores sensibles del cambio climático global, están experimentando transformaciones aceleradas debido no solo a factores climáticos naturales sino también por la intensificación de actividades humanas. Esta línea de investigación se centra en comprender los impactos de los contaminantes atmosféricos como forzantes positivos en el sistema glaciar, con especial énfasis en los efectos de partículas absorbentes de luz, como el hollín, polvo mineral y otros aerosoles. Estas partículas, al depositarse sobre la superficie glaciar, reducen significativamente su albedo del hielo y la nieve, es decir, reduce su capacidad de reflejar la radiación solar, lo que incrementa la absorción de calor y acelera la fusión del glaciar. La investigación incluye el análisis de fuentes de contaminantes, tanto locales como transportados a larga distancia, y su interacción con las características físicas y químicas del hielo. A través de enfoques interdisciplinarios, se integran técnicas avanzadas de monitoreo en campo, teledetección, modelación y análisis químicos, para cuantificar el alcance de estas alteraciones. Además, se evalúan las implicaciones de estos procesos en el balance energético de los glaciares, proyectando los posibles escenarios de pérdida de masa bajo diferentes condiciones ambientales.



Coordinador  
de la línea de  
investigación

**Villalobos  
Puma Elver**



[evillalobos@inaigem.gob.pe](mailto:evillalobos@inaigem.gob.pe)

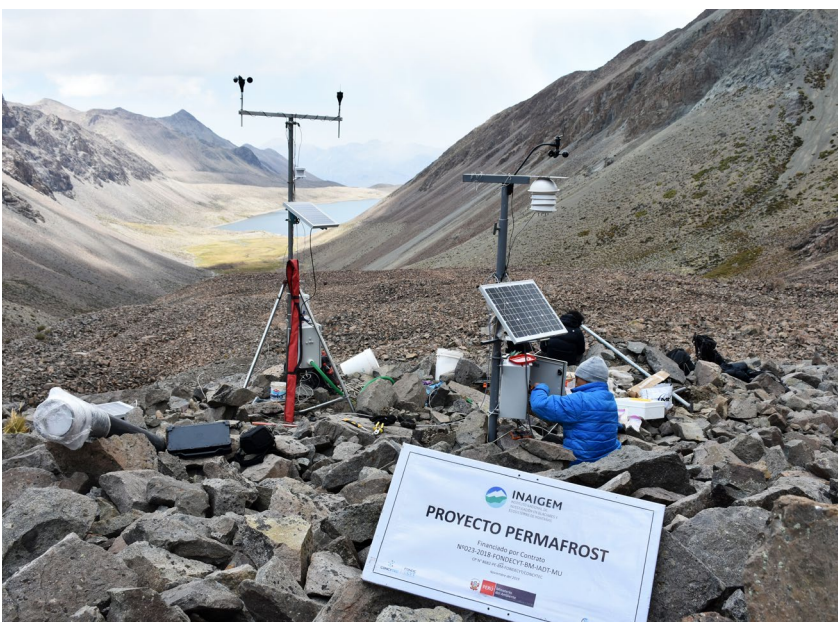
### Objetivos

Evaluar y cuantificar los impactos de las partículas absorbentes de luz y sus diferentes fuentes sobre los glaciares para proponer estrategias de mitigación y políticas de gestión ambiental que reduzcan el deterioro de estos sistemas críticos.

## LI 1.4. ESTUDIO DE LA DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DEL PERMAFROST

### Descripción

El permafrost y los glaciares rocosos representan componentes clave pero poco estudiados de la criosfera en los Andes del Perú. Estas formaciones, aunque discretas en la superficie, juegan un rol importante tanto en la estabilidad del terreno como en el almacenamiento subterráneo de agua congelada. La variabilidad térmica del suelo y las interacciones entre la atmósfera y la superficie terrestre influyen directamente en la existencia del permafrost, el calentamiento y degradación puede desencadenar movimientos en masa como deslizamientos, avalanchas de rocas o roca/hielo, lo cual a su vez puede generar Inundaciones por Desborde Violento de Lagunas Glaciares (GLOF). A pesar de su relevancia, la información sobre su distribución, evolución y dinámica sigue siendo limitada. Esta línea de investigación busca abordar esa brecha mediante el estudio sistemático del permafrost y los glaciares rocosos, integrando datos de monitoreo térmico, sensores remotos, análisis geospaciales y modelamiento físico. Además de su papel en la dinámica geomorfológica de alta montaña, el permafrost y los glaciares rocosos pueden representar una fuente adicional de agua en contextos de cambio climático. A través de observaciones locales y validaciones en campo, esta línea contribuirá a esclarecer la evolución pasada y proyectar el comportamiento futuro de estos cuerpos, así como a identificar zonas de inestabilidad potencial asociadas a su degradación.



**Coordinadora  
de la línea de  
investigación**

**Curo Rosales  
Yadira Andrea**



[ycuro@inaigem.gob.pe](mailto:ycuro@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Analizar la dinámica térmica, geomorfológica y climática del permafrost y de los glaciares rocosos en los Andes del Perú, integrando datos de sensores in situ, imágenes satelitales y simulaciones geospaciales. Comprender su evolución reciente, identificar patrones de susceptibilidad frente a eventos de movimientos en masa. Evaluar su contribución como fuente de agua en escenarios de cambio climático.

## ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

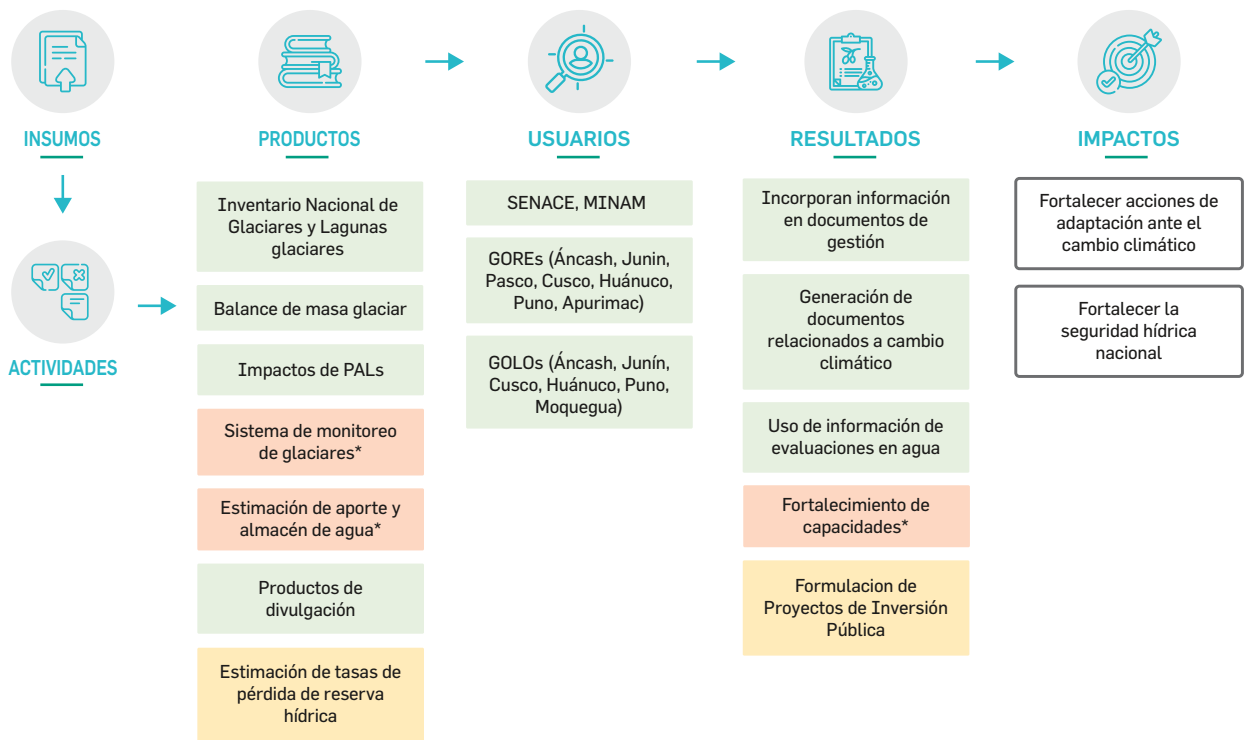
# AI2. RIESGOS DE ORIGEN GLACIAR Y ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

---

Esta área de investigación abarca una amplia variedad de peligros derivados de la interacción del entorno glaciar (que incluye a los glaciares, zonas periglaciares y lagunas de origen glaciar) con el clima y el entorno físico en un contexto de retroceso glaciar y cambio climático. Los peligros de origen glaciar se evalúan a lo largo de diversas escalas temporales, abarcando desde paleo-eventos y sucesos del pasado reciente hasta eventos y peligros actuales. El análisis de estos peligros se enmarca en la gestión del riesgo de desastres, considerando la exposición y vulnerabilidad de diversos agentes como ecosistemas, infraestructuras, comunidades y sus medios de vida.

En esta área de investigación también se incluye el estudio de riesgos asociados al cambio climático, como la generación del drenaje ácido roca y las sequías, evaluando la susceptibilidad de los ecosistemas de montaña y población a ambos problemas. Asimismo, se identifican y evalúan medidas y estrategias de gestión e infraestructura que puedan contribuir a una respuesta de adaptación al cambio climático, y de mitigación del riesgo existente robusta, factible y eficiente ante dichos peligros y riesgos. En la Figura 4 se observa la cadena de valor identificada para esta área de investigación





**LEYENDA**

- Desarrollado
- En desarrollo
- Por desarrollar

**Aclaración de término:**  
PALs: Partículas absorbentes de luz

**Figura 4. Cadena de valor del área de investigación riesgos de origen glaciar y asociados al cambio climático<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>Los procesos descritos se refieren a: insumos son los recursos necesarios para realizar la investigación; las actividades son las acciones que se llevan a cabo utilizando dichos insumos para la generación de los productos; los productos corresponden a los bienes, servicios o entregables obtenidos directamente de las actividades; los resultados representan los cambios generados en el corto y mediano plazo a partir del uso de los productos; y los impactos son las transformaciones estructurales y de largo plazo derivado de los resultados.

## Marco normativo

A nivel nacional, esta área de investigación se relaciona con la **Ley Marco sobre Cambio climático** (Ley N°30754), que en el artículo 3 establece que uno de los enfoques para la gestión integral del cambio climático es la mitigación y adaptación basada en ecosistemas, orientada a identificar e implementar acciones de protección, manejo, conservación y restauración de los ecosistemas, especialmente de aquellos considerados frágiles, como los glaciares y los ecosistemas de montaña.

A nivel de Políticas, esta área de investigación contribuye a la implementación de la **Política nacional del Ambiental** y de la **Política nacional estrategia nacional ante el cambio climático al 2050**, que incluyen aspectos de la gestión de riesgos climáticos y de origen glaciar. En el primer caso el INAIGEM ha comprometido el servicio "Monitoreo y vigilancia continua de peligros en lagunas, dirigido a las entidades competentes", y en el segundo el servicio "Estudios técnicos de peligros de origen glaciar asociados al cambio climático oportunos para las entidades focalizadas".

Asimismo, se encuentra un alineamiento con la **Política nacional de gestión del riesgo de desastres al 2050**, que establece un marco estratégico para reducir la vulnerabilidad de las personas, ecosistemas e infraestructuras frente a desastres naturales y antrópicos. Su objetivo es fortalecer las capacidades nacionales para prevenir, mitigar y responder a riesgos, promoviendo una gestión integrada y sostenible que minimice los impactos sociales, ambientales y económicos. Sin embargo, por el momento el INAIGEM no tiene comprometidos servicios específicos, algo que se debe trabajar. Y todas las áreas de investigación contribuyen con la implementación de la **Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación**.

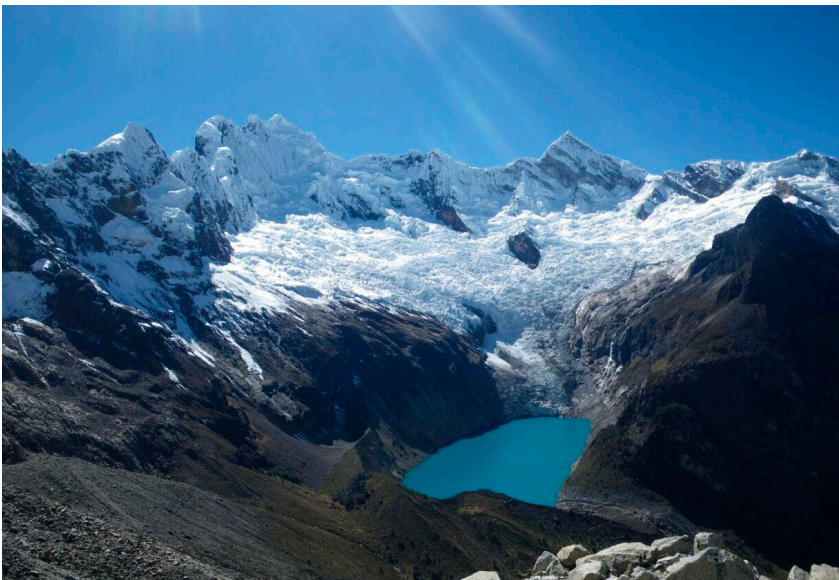
**La investigación sobre peligros de origen glaciar aporta evidencia clave para la adaptación basada en ecosistemas, la prevención de riesgos y la protección de comunidades e infraestructura expuestas al cambio climático.**



## LI 2.1. ESTUDIO DE LOS PELIGROS DE GEODINÁMICA EXTERNA ASOCIADOS A GLACIARES Y LAGUNAS GLACIARES

### Descripción

Los peligros de geodinámica externa asociados a los glaciares y las lagunas glaciares, como avalanchas y deslizamientos roca y/o hielo, y flujos por desborde (GLOFs), representan un peligro creciente debido al retroceso glaciar y a los cambios en la estabilidad del paisaje provocados por el cambio climático. En consecuencia, en esta línea de investigación, se analizan los procesos geodinámicos que generan y amplifican estos peligros. Se realiza una caracterización detallada de los glaciares, lagunas y su entorno geológico para identificar áreas propensas a ser afectadas por estos peligros. La cartografía geológica permite definir zonas de inestabilidad y evaluar cómo las condiciones topográficas y climáticas influyen en los deslizamientos, aluviones y avalanchas. Asimismo, se utilizan modelos geoespaciales para recrear escenarios de peligro que consideren diferentes variables ambientales y antropogénicas, como el retroceso glaciar. Se llevan a cabo simulaciones para proyectar la evolución de estos peligros bajo distintos escenarios climáticos. Estas simulaciones permiten identificar trayectorias probables de los flujos y cuantificar su impacto potencial. La línea también aborda el estudio e identificación de medidas de mitigación que contribuyan a reducir la exposición y vulnerabilidad ante estos peligros, en el marco de la gestión del riesgo de desastres. Asimismo, se analizan opciones de adaptación que fortalezcan la resiliencia de las comunidades y los ecosistemas de montaña frente al incremento de estos peligros en un contexto de cambio climático.



Coordinadora  
de la línea de  
investigación

**Moschella  
Miloslavich  
Paola**



[pmoschella@inaigem.gob.pe](mailto:pmoschella@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Proporcionar un conocimiento detallado sobre los riesgos de geodinámica externa asociados a glaciares para mejorar la gestión del riesgo de desastres y desarrollar estrategias preventivas y de alerta temprana que minimicen el impacto en comunidades, ecosistemas e infraestructuras vulnerables.

## LI 2.2. ESTUDIO DEL DRENAJE ÁCIDO DE ROCA DERIVADO DEL RETROCESO GLACIAR

### Descripción

Esta línea de investigación se centra en analizar las etapas de formación, evolución y distribución del DAR y sus implicaciones a nivel ambiental y social. Se investigan los procesos geológicos, químicos y biológicos que condicionan la generación del drenaje ácido de roca, incluyendo las reacciones químicas primarias, tiempo de generación y distribución en los cuerpos de agua, así como los factores ambientales que potencian el fenómeno, como la temperatura, la radiación solar, la precipitación, la humedad y la disponibilidad de oxígeno. Se examinan las interacciones entre las rocas expuestas, el agua y el entorno biológico, considerando, cómo las condiciones locales pueden modificar la intensidad y extensión del fenómeno. Se analizan las propiedades fisicoquímicas del agua, así como su composición de los sedimentos y las rocas, lo cual incluye la caracterización mineralógica de las rocas y sedimentos en las cuencas afectadas, utilizando técnicas avanzadas de análisis, esto incluye determinar las concentraciones de sulfuros en las rocas, los metales pesados y otros contaminantes. Estos estudios van a ayudar a comprender la dinámica del DAR en diferentes condiciones geográficas. Además, se investigan las interacciones entre el DAR y los ecosistemas, evaluando los efectos en las comunidades biológicas y las cadenas tróficas. Estas evaluaciones incluyen la identificación de fuentes de contaminación y la extensión del impacto ambiental, a través de técnicas de teledetección, inteligencia artificial y análisis geoespacial. También se evalúan y valoran los impactos socioeconómicos en las cuencas hidrográficas, y las respuestas de los ecosistemas y poblaciones, frente a la presencia de DAR. También se investigan estrategias de adaptación a las nuevas condiciones ambientales generadas por la presencia de DAR, con énfasis en reducir la vulnerabilidad de ecosistemas y población expuestas. Complementariamente, se desarrollan modelos que proyectan la evolución de estos procesos bajo distintos escenarios climáticos, permitiendo la identificación de áreas críticas y la planificación de medidas de mitigación, presentando a la biorremediación como una estrategia de mitigación de los impactos del DAR, evaluando el potencial de comunidades microbianas y vegetación altoandina para inmovilizar metales y restaurar la funcionalidad de los ecosistemas afectados. También se evalúan mediante soluciones tecnológicas, naturales o híbridas, en el marco de la gestión del riesgo, contribuyendo a la protección de la salud humana, los medios de vida y los servicios ecosistémicos en zonas de montaña.



Coordinadora  
de la línea de  
investigación

**Camacho  
Hernández**  
Mirtha Josefina



[mcamacho@inaigem.gob.pe](mailto:mcamacho@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Evaluar los procesos de generación, evolución y las consecuencias del drenaje ácido de roca en las áreas afectadas por el retroceso glaciar, proporcionando información útil para la identificación de medidas de adaptación y mitigación, incluyendo estrategias de biorremediación, en los ecosistemas y hacia la población.

## LI 2.3. ESTUDIO DEL IMPACTO DE LAS SEQUÍAS EN LOS SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS DE MONTAÑA

### Descripción

Las sequías constituyen una de las manifestaciones más persistentes del cambio climático, con impactos acumulativos que afectan de manera crítica a los sistemas socio-ecológicos de montaña. A diferencia de otros fenómenos extremos, las sequías en estas regiones no se manifiestan necesariamente por la falta absoluta de precipitaciones, sino por el desequilibrio prolongado entre la oferta y la demanda hídrica, exacerbado por el retroceso glaciar, el aumento de la temperatura y la reducción en la capacidad de retención de agua de los ecosistemas altoandinos. Esta línea de investigación se enfoca en analizar los impactos de las sequías en la funcionalidad ecológica de pastizales, bosques de montaña, bofedales, y otros ecosistemas de montaña, así como en los servicios ecosistémicos que estos proveen, como la regulación hídrica, la producción de forraje o la conservación de la biodiversidad. Se consideran los procesos en cascada que generan estas alteraciones, incluyendo la disminución de la cobertura vegetal, la pérdida de humedad del suelo, la migración de especies o la reducción en la disponibilidad de agua para usos humanos y ecosistémicos. A través de estudios de caso, monitoreo ecohidrológico, modelamiento espacial y análisis de vulnerabilidad, se busca identificar patrones de susceptibilidad, zonas críticas y escenarios de riesgo. Asimismo, se integran enfoques de adaptación y manejo sostenible que contribuyan a reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las comunidades locales ante este tipo de amenaza climática silenciosa. La línea también investiga opciones de adaptación específicas para fortalecer la resiliencia de los ecosistemas de montaña frente a escenarios prolongados de déficit hídrico, considerando tanto respuestas ecológicas como prácticas de manejo implementadas por las comunidades locales.



Coordinador  
de la línea de  
investigación

**Medina Castro  
Francisco**



[fmedina@inaigem.gob.pe](mailto:fmedina@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Analizar los impactos de las sequías en los sistemas socio-ecológicos de montaña y sus servicios ecosistémicos, evaluando su susceptibilidad y respuesta frente al déficit hídrico prolongado, con el fin de generar conocimiento que facilite la identificación de zonas vulnerables, comprender los procesos en cascada que se activan bajo condiciones de estrés hídrico, y orientar estrategias de adaptación y manejo sostenible frente a este tipo de peligro asociado al cambio climático hacia los actores locales y entidades públicas y privadas en el nivel subnacional y nacional.

# PROPUESTA DE LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ESTUDIO DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA MITIGACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN ZONAS DE MONTAÑA

## Descripción

En las regiones de montaña, las medidas de adaptación al cambio climático y de mitigación de riesgos están siendo implementadas con creciente urgencia frente a la aceleración de los impactos climáticos y los peligros asociados. Sin embargo, aún existe un conocimiento limitado sobre la eficacia real de estas medidas y sobre los factores que determinan su éxito, fracaso o incluso su transformación en respuestas contraproducentes (maladaptación). Esta línea de investigación se enfoca en estudiar de manera específica las medidas implementadas — para comprender cómo están contribuyendo a la adaptación de los sistemas socio-ecológicos de montaña frente a condiciones ambientales cambiantes, y cómo están mitigando los peligros generados o amplificados por el cambio climático, como incendios forestales, pérdida de biodiversidad, degradación del suelo, entre otros. Esta línea parte de las medidas ya existentes y analiza sus efectos desde una perspectiva multidimensional que incluye criterios sociales, culturales, económicos, institucionales, políticos y ecológicos. Se abordan tanto intervenciones de corto plazo, como procesos acumulativos de adaptación, evaluando cuándo estas medidas refuerzan trayectorias incrementales (adaptación acumulativa) o promueven cambios estructurales más profundos en los sistemas socio-ecológicos (adaptación transformativa). También se pone especial atención al contexto social y político de los procesos de adaptación analizando factores como acceso a los recursos, brechas de género, asimetrías de poder, marcos de gobernanza entre otros aspectos relacionados, este análisis es esencial para diseñar intervenciones que sean no solo efectivas, sino también justas y equitativas. Asimismo, se examina la capacidad de las medidas para responder a impactos en cascada y su potencial para cumplir múltiples propósitos (enfoque multipropósito), como reducir vulnerabilidades sociales, conservar funciones ecológicas, y mejorar la gobernanza territorial. Además, se analizan casos de maladaptación para identificar patrones que debilitan la resiliencia a largo plazo. En el marco de la gestión del riesgo de desastres, la línea se orienta a estudiar cómo las medidas implementadas contribuyen a mitigar los peligros derivados del cambio climático, evaluando su diseño, implementación y sostenibilidad desde una perspectiva crítica y contextualizada.



Coordinadora  
de la línea de  
investigación

**Cerdan Estrada**  
Lourdes Eliana



[lcerdan@inaigem.gob.pe](mailto:lcerdan@inaigem.gob.pe)

## Objetivos

Analizar cómo las medidas de adaptación al cambio climático y mitigación del riesgo de desastres no hidrológicos se están implementando en zonas de montaña, evaluando su efectividad, sostenibilidad y capacidad de generar cambios acumulativos o transformativos en los sistemas socio-ecológicos, a través de un enfoque que considera dimensiones sociales, económicas, ecológicas, institucionales y políticas, y que permite comprender los factores que condicionan su éxito, su fracaso o su potencial para afrontar impactos múltiples y complejos.

## ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

# AI 3. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS EN ZONAS DE MONTAÑA

Esta área de investigación se enfoca en entender el rol que desempeñan los glaciares y ecosistemas de montaña en la provisión y regulación de los recursos hídricos, que son esenciales tanto para las comunidades humanas como para los ecosistemas. Se implementa un enfoque de servicios ecosistémicos hídricos, evaluando las diversas fuentes y reservas de recursos hídricos en zonas de montaña, tales como glaciares, precipitaciones, y agua subterránea, así como la función de almacenamiento y regulación hídrica de ecosistemas clave como pastizales, bofedales, humedales, y otros ecosistemas fundamentales para la seguridad hídrica. Estas fuentes de agua se estudian tanto de manera individual como en sus interacciones.

Asimismo, se exploran mecanismos para gestionar eficazmente los recursos hídricos, contribuyendo a la seguridad hídrica (cantidad, calidad y accesibilidad) mediante el análisis de las demandas humanas y ecosistémicas. El análisis se realiza en diversas escalas temporales y espaciales, desde la parcela y el ámbito local hasta la cuenca, y bajo distintas condiciones biofísicas tanto altitudinal como latitudinalmente. En este enfoque además se incorpora la evaluación de las intervenciones humanas de infraestructura natural que buscan incrementar la seguridad hídrica en las zonas de montaña del país.





**LEYENDA**

Desarrollado

En desarrollo

Por desarrollar

**Aclaración de término:**  
IN: Infraestructura natural

**Figura 5. Cadena de valor del área de investigación de Servicios ecosistémicos hídricos en zonas de montaña<sup>3</sup>**

<sup>3</sup>Los procesos descritos se refieren a: insumos son los recursos necesarios para realizar la investigación; las actividades son las acciones que se llevan a cabo utilizando dichos insumos para la generación de los productos; los productos corresponden a los bienes, servicios o entregables obtenidos directamente de las actividades; los resultados representan los cambios generados en el corto y mediano plazo a partir del uso de los productos; y los impactos son las transformaciones estructurales y de largo plazo derivado de los resultados.

## Marco normativo

A nivel nacional, esta área de investigación se relaciona con la **Ley Marco sobre Cambio climático** (Ley N°30754), que busca implementar un enfoque para asegurar la continuidad de los servicios ecosistémicos y la preservación del ciclo hidrológico, elementos esenciales para mantener el equilibrio ambiental y garantizar el bienestar de las poblaciones. Asimismo, está inmersa en la **Ley de Recursos Hídricos** (Ley N°29338), que en el artículo 9 de esta ley se señala que se crea el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos la cual busca conducir los procesos de gestión integrada y de conservación de los recursos hídricos en los ámbitos de cuencas, de los ecosistemas que lo conforman y de los bienes asociados. Así mismo en el artículo 28 se reconoce a los glaciares, lagunas altoandinas y humedales como fuentes naturales de agua que deben ser conservadas y monitoreadas.

A nivel de Políticas, esta área de investigación contribuye a la implementación de la **Política nacional estrategia nacional ante el cambio climático al 2050**, en la que se reconoce la importancia de fortalecer la seguridad hídrica especialmente en los ecosistemas más vulnerables a los efectos del cambio climático, como acciones nacionales para enfrentar los desafíos del cambio climático. En este caso el INAIGEM ha comprometido el servicio "Informes y guías técnicas sobre la dinámica glaciar y respuesta de los ecosistemas de montaña en un contexto de cambio climático, de forma continua para las entidades focalizadas". Asimismo, se alinea con el **Plan Nacional de recursos hídricos** que establece lineamientos y acciones estratégicas para garantizar la gestión sostenible del agua como recurso esencial para el desarrollo socioeconómico y la conservación ambiental; y señala la necesidad de información precisa y actualizada para garantizar la seguridad hídrica, especialmente en regiones vulnerables donde los glaciares y ecosistemas de montaña juegan un papel clave. Y todas las áreas de investigación contribuyen con la implementación de la **Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación**.

**La investigación sobre recursos hídricos de montaña aporta información clave para fortalecer la seguridad hídrica, conservar fuentes naturales de agua y orientar la gestión sostenible de cuencas frente al cambio climático.**



## LI 3.1. ESTUDIO DE LA FUNCIÓN DE ALMACENAMIENTO Y REGULACIÓN HÍDRICA DE LOS GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

### Descripción

Los glaciares y ecosistemas de alta montaña, como los humedales de montaña, entre otros, son reservorios naturales de agua fundamentales para las regiones montañosas. Estos sistemas regulan los flujos hídricos, liberando agua en época seca y estabilizando el suministro a lo largo del año. Esta línea de investigación evalúa la capacidad de almacenamiento y regulación hídrica de estos sistemas. Se analizan procesos vinculados a la hidrología de los glaciares y ecosistemas de montaña incluyendo las características físicas y químicas y su respuesta a diferentes condiciones climáticas. Se estudia la estructura del suelo y la vegetación, su capacidad de infiltración y retención de agua, y su rol en el balance hídrico de las cuencas. En el caso de los glaciares, se evalúa su masa, tasas de derretimiento y contribución al flujo base de los ríos. Estudios de campo y laboratorio permiten estimar la capacidad de retención y liberación de agua, y analizar la calidad del agua almacenada, identificando nutrientes, metales y sedimentos.

Se exploran las relaciones entre las condiciones ecológicas y la capacidad de los ecosistemas para filtrar y purificar el agua. Además, se examinan los cambios en la dinámica hídrica bajo diferentes escenarios climáticos, incluyendo eventos extremos como sequías y precipitaciones intensas. Modelos hidrológicos proyectan cómo variaciones en la cobertura glaciaria y la funcionalidad de los ecosistemas afectarán la disponibilidad y estabilidad de los recursos hídricos en el futuro. Se desarrollan herramientas de simulación para entender cómo reaccionan estos cuerpos frente a diferentes condiciones e intervenciones.



**Coordinador  
de la línea de  
investigación**

**Mallqui Meza  
Helder Edegardo**



[hmallqui@inaigem.gob.pe](mailto:hmallqui@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Determinar el rol de los glaciares y los ecosistemas de montaña en la seguridad hídrica, evaluando los impactos del cambio climático sobre la capacidad de almacenamiento y función reguladora, con el propósito de fortalecer la planificación y gestión sostenible del agua en regiones de alta montaña.

## LI 3.2. ESTUDIO PARA LA EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LAS INTERVENCIONES QUE CONTRIBUYEN A LA SEGURIDAD HÍDRICA EN ZONAS DE MONTAÑA

### Descripción

Esta línea de investigación se centra en el análisis integral de diversas intervenciones, evaluando su impacto en la cantidad y la calidad del agua. Para ello, se consideran enfoques como el análisis de caso a escala de parcela, cuenca y regiones más amplias, evaluando los cambios en la disponibilidad y regulación del agua. Además, se realiza una evaluación de la sostenibilidad de estas intervenciones, considerando su durabilidad frente a escenarios climáticos adversos. Se examinan también aspectos, ecológicos, sociales y económicos, identificando cómo estas estrategias influyen en las comunidades locales, desde su implementación hasta su impacto a largo plazo. Para obtener los datos necesarios se realizan monitoreos ecohidrológicos que aporten insumos para fortalecer la formulación de intervenciones asociadas a la seguridad hídrica y recuperación de servicios ecosistémicos hídricos, en un contexto de cambio climático. Esta línea de investigación puede fortalecer procesos de gobernanza, contribuyendo con evidencias para mejorar la toma de decisiones para la gestión de los recursos hídricos, y la asignación de beneficios hídricos que afectan la efectividad y equidad de las intervenciones. Este enfoque holístico busca proporcionar herramientas para optimizar la gestión de los recursos hídricos teniendo como unidad de estudio la cuenca hidrográfica, priorizando las zonas de montaña y asegurando beneficios sostenibles tanto para las comunidades locales como para las tierras bajas.



**Coordinador  
de la línea de  
investigación**

**Mamani Larico  
Albert Johan**



[amamani@inaigem.gob.pe](mailto:amamani@inaigem.gob.pe)



### Objetivos

Generar conocimiento sobre la efectividad y el monitoreo de las intervenciones que contribuyen a la seguridad hídrica en zonas de montaña, evaluando su impacto en la provisión y regulación del agua en el ámbito de la cuenca hidrográfica, en un contexto de cambio climático.

## ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

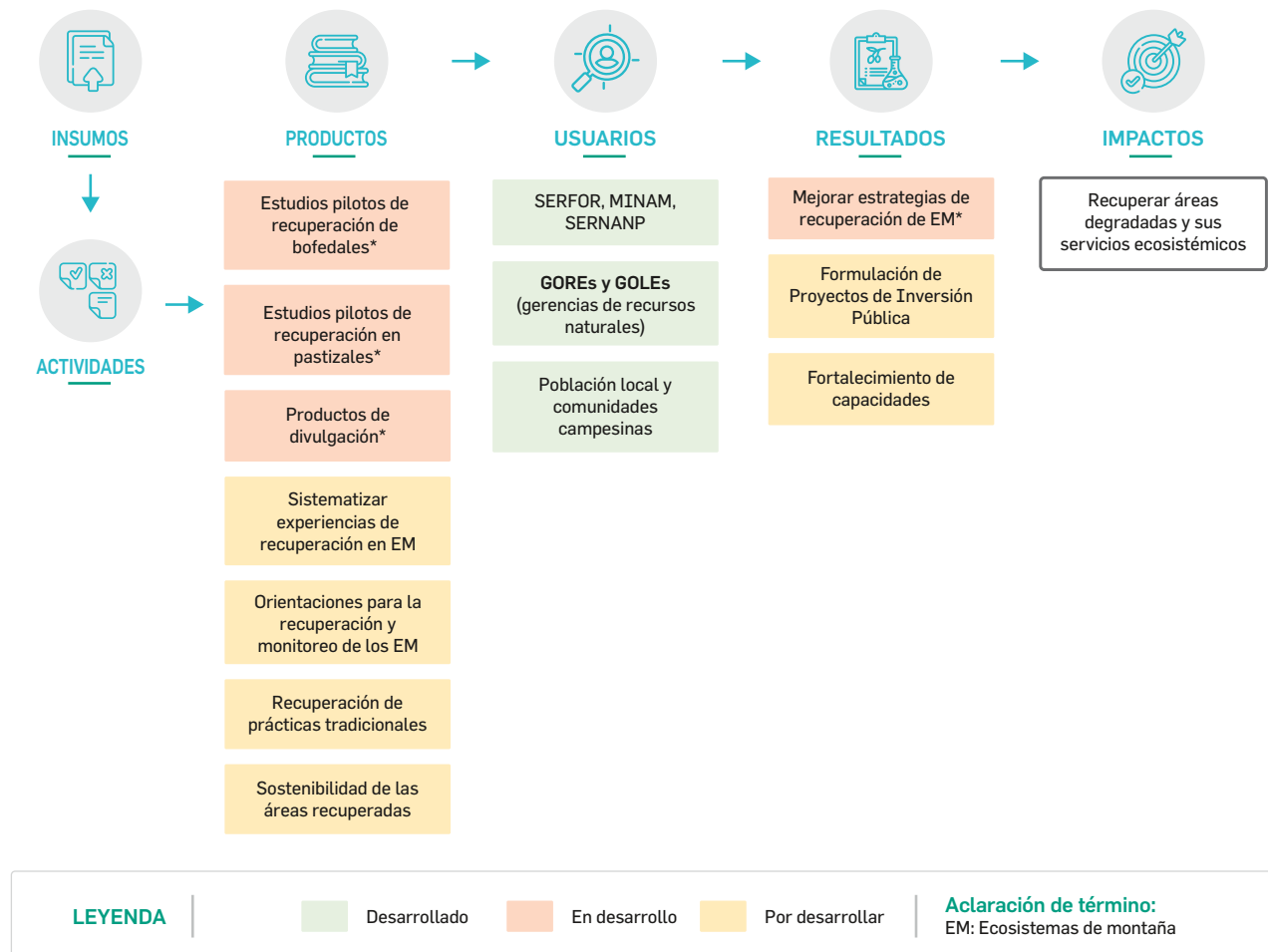
# AI 4. SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS DE MONTAÑA

---

Esta área de investigación aborda el estudio integral de los ecosistemas de montaña y su interacción con los sistemas humanos, reconociendo la coevolución entre naturaleza y sociedad como base para la comprensión de los sistemas socio-ecológicos. Se analiza la dinámica, el estado actual y la evolución de los ecosistemas de montaña como bosques altoandinos, humedales, bofedales, pastizales y áreas periglaciares frente a la variabilidad climática, y las actividades antrópicas. Esto incluye el estudio de los ecosistemas en su dimensión físico-química, biológica, social y cultural, así como los servicios ecosistémicos que proporcionan, exceptuando los de regulación hídrica, considerados en el área de investigación anterior.

Los estudios abarcan diversas escalas, desde el nivel local y de parcela, para entender procesos específicos, hasta el nivel de comunidades campesinas y cuencas, integrando dinámicas generales. En esta área de investigación en particular, se aplica un enfoque interdisciplinario que busca generar conocimiento para promover la conservación, manejo sostenible y restauración de los ecosistemas, y el desarrollo sostenible en regiones de montaña, promoviendo una gestión que evite la degradación de los ecosistemas, sin afectar la provisión de beneficios para las poblaciones locales y nacionales.

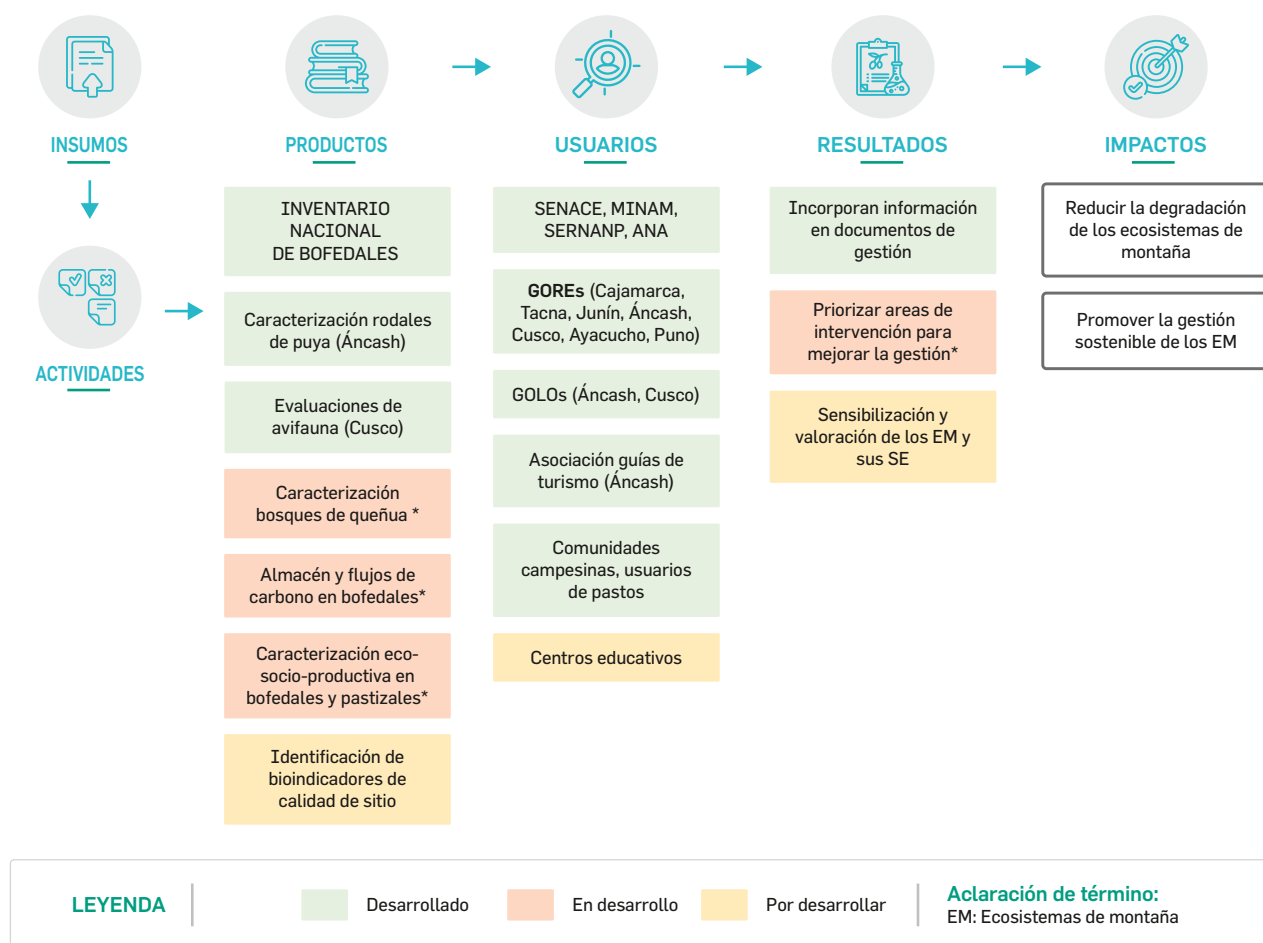




**Figura 6. Cadena de valor del área de investigación de Sistemas socio ecológicos de montaña relacionado a las líneas de investigación de Estudios del conocimiento· usos y manejo de los sistemas socio-ecológicos de montaña y Estudios para la restauración de ecosistemas de montaña<sup>3</sup>**

<sup>4</sup>Los procesos descritos se refieren a: insumos son los recursos necesarios para realizar la investigación; las actividades son las acciones que se llevan a cabo utilizando dichos insumos para la generación de los productos; los productos corresponden a los bienes, servicios o entregables obtenidos directamente de las actividades; los resultados representan los cambios generados en el corto y mediano plazo a partir del uso de los productos; y los impactos son las transformaciones estructurales y de largo plazo derivado de los resultados.

En el caso de la figura 7 la cadena de valor se relaciona con las líneas e investigación de Estudios de la estructura y composición de los ecosistemas de montaña, Estudios de los servicios ecosistémicos de montaña no hidrológicos y Estudios del conocimiento, usos y manejo de los sistemas socio-ecológicos de montaña.



**Figura 7. Cadena de valor del área de investigación de Sistemas socioecológicos de montaña relacionado a las líneas de investigación de Estudios de la estructura y composición de los ecosistemas de montaña, Estudios de los servicios ecosistémicos de montaña no hidrológicos y Estudios del conocimiento, usos y manejo de los sistemas socio-ecológicos de montaña<sup>5</sup>**

<sup>5</sup>Los procesos descritos se refieren a: insumos son los recursos necesarios para realizar la investigación; las actividades son las acciones que se llevan a cabo utilizando dichos insumos para la generación de los productos; los productos corresponden a los bienes, servicios o entregables obtenidos directamente de las actividades; los resultados representan los cambios generados en el corto y mediano plazo a partir del uso de los productos; y los impactos son las transformaciones estructurales y de largo plazo derivado de los resultados.

## Marco normativo

A nivel nacional, esta área de investigación se relaciona con la **Ley Marco sobre Cambio climático** (Ley N°30754), que en el artículo 3 establece que uno de los enfoques para la gestión integral del cambio climático es la mitigación y adaptación basada en ecosistemas, orientada a identificar e implementar acciones de protección, manejo, conservación y restauración de los ecosistemas, especialmente de aquellos considerados frágiles, como los glaciares y los ecosistemas de montaña.

A nivel de Políticas, esta área de investigación contribuye a la implementación de la **Política nacional del ambiente al 2030**, que es un instrumento estratégico que guía la gestión ambiental en el Perú, con el objetivo de garantizar la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, la protección de los ecosistemas y la promoción de un desarrollo económico compatible con la sostenibilidad ambiental. En este caso, desde el INAIGEM se ha comprometido el servicio "Desarrollo de investigaciones en el ámbito de glaciares y ecosistemas de montaña, accesible para las entidades públicas y privadas". Asimismo, se contribuye a la implementación de la **Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2050**, como herramienta fundamental para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad en el Perú, al reconocer su papel esencial en el bienestar humano, la resiliencia ambiental y el desarrollo económico. Aquí el compromiso del INAIGEM es desarrollar "Investigación aplicada, instrumentos técnicos y asistencia técnica para la conservación, recuperación y uso sostenible de los ecosistemas de montaña y sus servicios ecosistémicos para los actores identificados". Y todas las áreas de investigación contribuyen con la implementación de la **Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación**.

Hay normativas nacionales, del sector agrícola, que se relacionan con esta área de investigación, y en las que no se tienen compromisos desde el INAIGEM, por lo que será importante articular acciones previstas en este plan con la **Política nacional forestal y de fauna silvestre** que establece un marco estratégico para la gestión sostenible de los bosques y la fauna silvestre del Perú, promoviendo su conservación, recuperación y uso sostenible. Esta política busca garantizar el mantenimiento de los servicios ecosistémicos esenciales que proveen los bosques y la fauna silvestre, así como fortalecer la resiliencia de estos ecosistemas frente a presiones antrópicas y climáticas. También resalta la importancia de integrar el conocimiento local y ancestral en la gestión y conservación. Así como promover la articulación con la **Estrategia Nacional de Restauración de Ecosistemas y Tierras Forestales Degradadas (ProREST) 2021 – 2030** que es un instrumento que busca recuperar áreas degradadas para restablecer su funcionalidad ecológica, mejorar los servicios ecosistémicos y fomentar la resiliencia de los ecosistemas frente a las presiones humanas y climáticas. La estrategia prioriza la integración de soluciones basadas en la naturaleza, prácticas sostenibles y tecnologías innovadoras, promoviendo un enfoque multisectorial para la conservación y la restauración.

**La investigación en ecosistemas de montaña aporta evidencia científica para conservar la biodiversidad, recuperar ecosistemas degradados y fortalecer la resiliencia ambiental frente al cambio climático, articulando conocimiento técnico, restauración ecológica y sostenibilidad.**

### Líneas de investigación

Dentro de esta área de investigación se han diferenciado cuatro líneas de investigación. De manera transversal, en todas las líneas de investigación se trabaja en comprender procesos y factores de degradación de los ecosistemas de montaña, al implementar este plan de investigación será necesario evaluar si se requiere diferenciar este tema como una línea propia de investigación.

## LI 4.1. ESTUDIOS DE LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

### Descripción

Los ecosistemas de montaña presentan una notable heterogeneidad, resultado de la interacción entre condiciones climáticas, edáficas, altitudinales y biológicas propias de los Andes. Esta línea de investigación se enfoca en caracterizar la estructura, composición y evolución de estos ecosistemas —incluyendo pastizales, bosques altoandinos, humedales de montaña y ecosistemas post-glaciares— para comprender cómo responden a la variabilidad climática y al cambio climático, así como a presiones antrópicas crecientes. El análisis se centra en variables como la cobertura vegetal, la biomasa, la diversidad florística, faunística y otros grupos de organismos vivos, la composición funcional, la estructura del suelo y los procesos de sucesión ecológica, integrando técnicas convencionales y herramientas innovadoras como el análisis de ADN. Esta aproximación permite identificar patrones de cambio en el tiempo y el espacio, vinculando transformaciones en la estructura y composición de los ecosistemas (alteraciones fenológicas, germinación, polinización) con condiciones climáticas extremas, sequías prolongadas, cambios en la temperatura. La generación de líneas base ecológicas es clave para interpretar los procesos de reorganización ecosistémica y evaluar la estabilidad o vulnerabilidad de los sistemas frente a perturbaciones. Además, estos estudios proporcionan insumos fundamentales para otras líneas de investigación orientadas al monitoreo, la restauración ecológica o la gestión adaptativa.



**Coordinadora  
de la línea de  
investigación**

**Boza Espinoza  
Tatiana Erika**



[tboza@inaigem.gob.pe](mailto:tboza@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Entender la estructura, composición y comportamiento de los ecosistemas de montaña, evaluando sus transformaciones en el tiempo como respuesta a factores climáticos, ecológicos y antrópicos, con el fin de generar una línea base sólida que permita entender su biodiversidad, su dinámica de sucesión ecológica y los mecanismos mediante los cuales responden y se adaptan —o no— al cambio climático.

## LI 4.2. ESTUDIOS DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE MONTAÑA NO HIDROLÓGICOS

### Descripción

Los ecosistemas de montaña proporcionan múltiples funciones ecológicas esenciales para el bienestar humano y la estabilidad ambiental, más allá del almacenamiento y regulación hídrica. Esta línea de investigación se centra en el estudio de los servicios ecosistémicos no hidrológicos que ofrecen estos sistemas, incluyendo entre otros la captura y almacenamiento de carbono, la productividad primaria, la regulación de plagas, la provisión de recursos como leña y plantas medicinales, y su papel como soporte a procesos ecológicos fundamentales. Estos servicios son cruciales para mantener la funcionalidad ecológica de los sistemas socio-ecológicos de montaña y para sostener los medios de vida de las poblaciones que dependen de ellos. La investigación se orienta a entender cómo estas funciones responden a presiones ambientales como el cambio climático, el estrés bioclimático y antrópicas como el uso intensivo de la tierra. Se incluyen enfoques como la cuantificación de flujos de carbono, la evaluación de la productividad vegetal, el uso de bioindicadores para evaluar calidad ambiental, y el análisis de especies con potencial de biorremediación como base para entender la regulación natural en los ecosistemas. De igual modo, se consideran estudios orientados a la biodiversidad funcional, regulación de la erosión y estabilidad del suelo. Asimismo, se busca documentar las contribuciones materiales e inmateriales que brindan estos ecosistemas, y cómo estas funciones se ven afectadas por la transformación de los paisajes de montaña. Esta línea articula estudios especializados que complementan la caracterización estructural de los ecosistemas, permitiendo comprender su funcionalidad ecológica desde una perspectiva integrada.



**Coordinadora  
de la línea de  
investigación**

**Arroyo Alfaro  
Sandra  
Jackeline**



[sarroyo@inaigem.gob.pe](mailto:sarroyo@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Analizar las funciones ecológicas y los servicios no hidrológicos que brindan los ecosistemas de montaña, evaluando su aporte a la estabilidad ecológica y a los medios de vida locales, así como su respuesta frente al estrés bioclimático, con el fin de visibilizar y cuantificar su valor ecológico, social y estratégico para el manejo sostenible de los sistemas socio-ecológicos en escenarios de cambio global.

## LI 4.3. ESTUDIOS DEL CONOCIMIENTO, USOS Y MANEJO DE LOS SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS DE MONTAÑA

### Descripción

Las comunidades que habitan en zonas de montaña han desarrollado, a lo largo de generaciones, un conjunto de conocimientos, habilidades, creencias, tradiciones y prácticas para interactuar, aprovechar, gestionar y conservar su entorno. Este conocimiento —basado en la observación directa, y enraizado en la memoria colectiva y el manejo del paisaje— constituye un componente central de los sistemas socio-ecológicos de montaña. Sin embargo, su continuidad se ve amenazada por los cambios socioculturales, el abandono de prácticas tradicionales, la presión del mercado y la aceleración del cambio climático. Esta línea de investigación se enfoca en identificar y analizar los conocimientos ancestrales vinculados al uso y manejo de los ecosistemas, así como su vigencia, transformación y relevancia actual en la gestión del territorio. A partir del reconocimiento de la percepción local frente a los cambios ambientales, se busca comprender cómo las comunidades interpretan, adaptan o mantienen sus prácticas frente a nuevas condiciones climáticas y ecológicas y las formas de organización que adoptan para la gestión de sus recursos naturales. Desde un enfoque holístico que considera al conocimiento como proceso dinámico inmerso en un tejido social, cultural y político, se analiza variables sociales como la etnia, la cultura, el género y el acceso al poder como condicionantes de la generación, transmisión y aplicación de conocimiento local para el manejo del territorio. El estudio también incluye el análisis del rol que cumplen estos saberes en la sostenibilidad de los medios de vida, la conservación de la biodiversidad y la resiliencia frente a perturbaciones. En este marco, la investigación promueve una visión integradora que valore el conocimiento tradicional como parte del capital social y cultural para enfrentar los desafíos del cambio global en regiones de montaña.



**Coordinadora  
de la línea de  
investigación**

**Cerdan Estrada  
Lourdes Eliana**



[lcerdan@inaigem.gob.pe](mailto:lcerdan@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Identificar y analizar los conocimientos tradicionales y las formas de organización relacionadas con la gobernanza, como las normas y reglas de acceso a recursos para el manejo y la gestión de los ecosistemas desarrollado por las comunidades de montaña, evaluando su vigencia, transformación y relevancia frente al cambio climático y el contexto sociocultural y político, con el fin de integrarlos en procesos participativos de gestión sostenible y fortalecer la resiliencia social y ecológica en los Andes.

## LI 4.4. ESTUDIOS PARA LA RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

### Descripción

Los sistemas socio-ecológicos de montaña enfrentan una creciente degradación debido al cambio climático, el uso intensivo de la tierra y las prácticas humanas no sostenibles. La recuperación de estos sistemas es crucial para restaurar su funcionalidad ecológica y garantizar beneficios a largo plazo para las poblaciones y los entornos naturales que dependen de ellos. Esta línea de investigación reconoce el conocimiento ancestral para el diseño y la evaluación de estrategias de conservación y restauración que sean efectivas en las regiones de montaña. A través de un enfoque integral, se estudian métodos de restauración ecológica adaptados a las características específicas de los ecosistemas degradados. Asimismo, el estudio del componente biótico como parte fundamental en los procesos naturales de recuperación de los ecosistemas identificados, como el potencial de biorremediación de microorganismos en zonas degradadas y/o contaminadas o los efectos nodriza de plantas usadas en la restauración. La investigación se realiza en todas las escalas, desde parcelas individuales hasta cuencas completas. A nivel de parcela, se evalúan intervenciones específicas, como la identificación de microorganismos en agua y suelo para reducir la contaminación por metales pesados, la introducción de coberturas vegetales que mejoren la estabilización del terreno y la mejora de condiciones del suelo, diversidad florística, microclima y vegetación de los ecosistemas. En la escala de cuenca, se analizan los impactos acumulativos de diferentes estrategias de restauración en la funcionalidad y la conectividad ecológica, así como la conservación y recuperación de servicios ecosistémicos. Estas evaluaciones permiten identificar las combinaciones de estrategias más eficaces y sostenibles en función de las condiciones ambientales locales y las demandas sociales. Además, se investigan procesos relacionados con la dinámica de sucesión ecológica para establecer prácticas de restauración que favorezcan el retorno de especies clave y la regeneración natural de ecosistemas.



**Coordinador  
de la línea de  
investigación**

**Medina Castro  
Francisco**



[fmedina@inaigem.gob.pe](mailto:fmedina@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

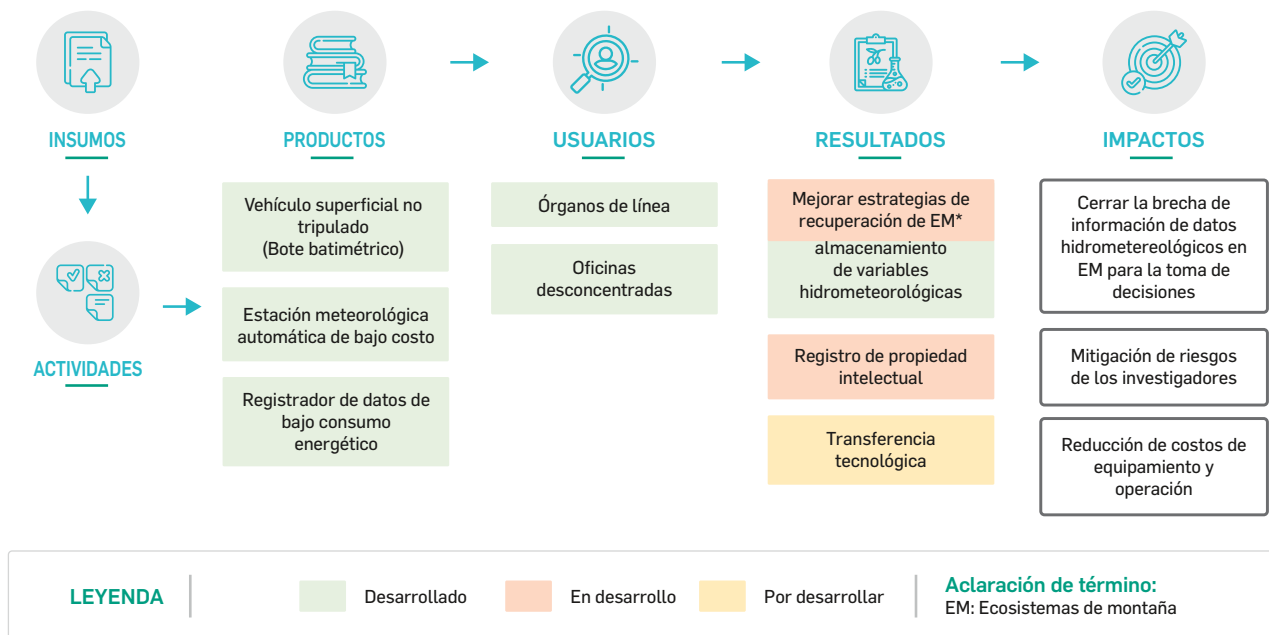
Desarrollar y promover el diseño e implementación de estrategias de conservación y restauración que aseguren los servicios ecosistémicos en áreas de montaña, a partir del conocimiento científico sobre procesos ecológicos y sociales de los ecosistemas clave, que beneficie tanto a la biodiversidad como a las comunidades humanas.

## ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

# AI 5. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA APLICADA EN ZONAS DE MONTAÑA

Esta área de investigación se orienta al desarrollo, validación y escalamiento de tecnologías, herramientas y metodologías innovadoras para su aplicación en zonas de montaña. Se busca generar productos y procesos nuevos o mejorados que difieran de manera sustancial de las soluciones previamente empleadas, y que puedan ser implementados por usuarios finales o transferidos a terceros mediante procesos formales de transferencia tecnológica. La innovación tecnológica en esta área comprende la integración de resultados de investigación con diseño e ingeniería aplicada, para producir sistemas y dispositivos que cumplan estándares técnicos y regulatorios, y que avancen en su nivel de madurez tecnológica (TRL) desde etapas iniciales de validación en laboratorio hasta entornos operativos reales.

El enfoque incluye la formulación de paquetes tecnológicos que incorporan bases científicas, manuales de uso y producción, mecanismos de protección intelectual, y análisis de factibilidad técnica, económica y operativa, garantizando que las soluciones desarrolladas sean viables, reproducibles y escalables. En la Figura 8 se observa la cadena de valor identificada para esta área de investigación.



**Figura 8. Cadena de valor del área de investigación de Innovación tecnológica aplicada en zonas de montaña<sup>6</sup>**

<sup>6</sup>Los procesos descritos se refieren a: insumos son los recursos necesarios para realizar la investigación; las actividades son las acciones que se llevan a cabo utilizando dichos insumos para la generación de los productos; los productos corresponden a los bienes, servicios o entregables obtenidos directamente de las actividades; los resultados representan los cambios generados en el corto y mediano plazo a partir del uso de los productos; y los impactos son las transformaciones estructurales y de largo plazo derivado de los resultados.

## Marco normativo

A nivel de Políticas, esta área de investigación contribuye a la implementación de **Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación**, que establece un marco estratégico para promover el desarrollo científico y tecnológico como motor de crecimiento sostenible, inclusión social y competitividad. Esta política busca fortalecer las capacidades nacionales en investigación e innovación, incentivando la generación de conocimiento, la transferencia tecnológica y la articulación entre actores académicos, gubernamentales y privados. Sin embargo, el INAIGEM ha comprometido el "Servicio de difusión de investigaciones científicas en glaciares y ecosistemas de montaña y sus servicios ecosistémicos, de manera estandarizada, dirigido a los actores del SINACTI", haciendo énfasis en las investigaciones científicas, y no el componente de innovación.

**La investigación científica y su difusión son pilares para fortalecer las capacidades nacionales de ciencia, tecnología e innovación orientadas al desarrollo sostenible.**

## Líneas de investigación

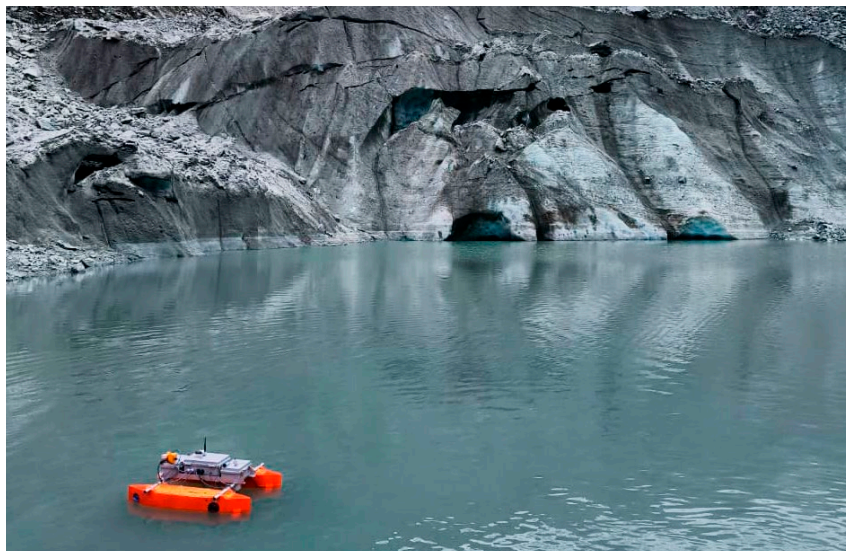
Dentro de esta área de investigación se ha diferenciado sólo una línea de investigación. Se considera que a medida que se avance con este trabajo, se requerirá la diferenciación de otras líneas de investigación.



## LI 5.1. DESARROLLO DE INNOVACIONES PARA EL MONITOREO DE GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

### Descripción

Esta línea de investigación se orienta al desarrollo, validación y escalamiento de herramientas, metodologías y tecnologías innovadoras para el monitoreo integral de ecosistemas de montaña, abarcando tanto componentes de la criósfera —glaciares, lagunas de origen glaciar y permafrost— como de los sistemas socio-ecológicos y sus servicios ecosistémicos, que han sido previamente conceptualizadas y validadas en otras áreas de investigación del INAIGEM y que presentan potencial para convertirse en innovaciones tecnológicas y paquetes de transferencia tecnológica, según los lineamientos de CONCYTEC. El enfoque se centra en llevar estas soluciones desde etapas iniciales de diseño conceptual y prototipado hasta niveles de madurez tecnológica (TRL) que permitan su aplicación operativa en entornos reales de alta montaña. Las actividades abarcan el diseño y optimización de sistemas de teledetección, sensores autónomos, plataformas de modelización remota y algoritmos de análisis de datos que integren múltiples fuentes de información en tiempo real, garantizando precisión, confiabilidad y adaptabilidad a diversos contextos geográficos y climáticos. El proceso incorpora criterios técnicos, económicos y operativos para asegurar que las soluciones sean viables, reproducibles y escalables, además de cumplir con estándares regulatorios y de calidad. Asimismo, se busca que los desarrollos generen paquetes tecnológicos completos, con documentación técnica, manuales de uso, análisis de factibilidad y mecanismos de protección intelectual, para su transferencia efectiva a usuarios finales, entidades de gestión de recursos y actores públicos o privados.



**Coordinador  
de la línea de  
investigación**

**Torres Obando  
Luis Alberto**



[ltorreso@inaigem.gob.pe](mailto:ltorreso@inaigem.gob.pe)

### Objetivos

Desarrollar, validar y escalar herramientas, metodologías y tecnologías innovadoras para el monitoreo de ecosistemas de montaña, incluyendo la criósfera y los sistemas socio-ecológicos, avanzando su nivel de madurez tecnológica hasta su implementación operativa y asegurando su potencial para ser transferidas como paquetes tecnológicos que fortalezcan la gestión, conservación y resiliencia de estos sistemas frente al cambio climático.

## ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

# ALINEAMIENTO CON LA AGENDA DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL

La **Agenda de Investigación Ambiental al 2030**, fue aprobada por Resolución Ministerial N.º 237-2023-MINAM en julio de 2023. En ella se presentan nueve ejes temáticos que abarcan las principales problemáticas ambientales del país y están alineados con los objetivos prioritarios de la Política Nacional Ambiental (PNA) al 2030. En total se presentan 48 áreas temáticas y 240 líneas de investigación.

A continuación, se presenta la relación entre las áreas y líneas de investigación del INAIGEM, con los ejes y áreas temáticas presentadas en la Agenda de Investigación Ambiental (AIA) vigente, mostrando la contribución que desde el INAIGEM se hace a la implementación de esta Agenda de Investigación Ambiental vigente.

**Tabla N° 1: Alineamiento de las líneas de investigación con la Agenda de Investigación Ambiental**

Área de investigación	Línea de investigación	Eje temático (AIA)	Área temática (AIA)
<b>AI1. Criósfera: glaciares, lagunas glaciares y permafrost</b>	1.1 Estudio de la dinámica y evolución de los glaciares	5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Conocimiento de la variabilidad y cambio climático, y procesos asociados Riesgos e impactos socioeconómicos, culturales y ecosistémicos asociados al cambio climático
	1.2 Estudio de la dinámica y evolución de las lagunas de origen glaciar	5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Conocimiento de la variabilidad y cambio climático, y procesos asociados
	1.3 Estudio de las partículas absorbentes de luz y sus efectos en la dinámica glaciar	5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático 1. Calidad ambiental	Riesgos e impactos socioeconómicos, culturales y ecosistémicos asociados al cambio climático Bases científicas para la fiscalización y control de la contaminación ambiental
	1.4 Estudio de la dinámica y evolución del permafrost	5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Conocimiento de la variabilidad y cambio climático, y procesos asociados

Área de investigación	Línea de investigación	Eje temático (AIA)	Área temática (AIA)
<b>2. Riesgos de origen glaciar y asociados al cambio climático</b>	2.1 Estudio de los peligros de geodinámica externa asociados a glaciares y lagunas glaciares	5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Conocimiento de la variabilidad y cambio climático, y procesos asociados
			Vulnerabilidad y exposición al cambio climático
	2.2 Estudio del drenaje ácido de roca derivado del retroceso glaciar	5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Riesgos e impactos socioeconómicos, culturales y ecosistémicos asociados al cambio climático
			Innovación, conocimientos ancestrales y efectividad de medidas para la adaptación al cambio climático
			Sistemas de vigilancia, monitoreo y alerta temprana
			Bases científicas para la fiscalización y control de la contaminación ambiental
2.3 Estudio del impacto de las sequías en los sistemas socio-ecológicos de montaña	5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Biología y Ecología	
		Conocimiento de la variabilidad y cambio climático, y procesos asociados	
<b>3. Servicios ecosistémicos hídricos en zonas de montaña</b>	3.1 Estudio de la función de almacenamiento y regulación hídrica de los glaciares y ecosistemas de montaña	5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Riesgos e impactos socioeconómicos, culturales y ecosistémicos asociados al cambio climático
			Conocimiento de la variabilidad y cambio climático, y procesos asociados
	3.2 Estudio para la evaluación y monitoreo de las intervenciones que contribuyen a la seguridad hídrica en zonas de montaña	5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Vulnerabilidad y exposición al cambio climático
			Innovación, conocimientos ancestrales y efectividad de medidas para la adaptación al cambio climático
			Sistemas de vigilancia, monitoreo y alerta temprana
			Vulnerabilidad y exposición al cambio climático
			Innovación, conocimientos ancestrales y efectividad de medidas para la adaptación al cambio climático

Área de investigación	Línea de investigación	Eje temático (AIA)	Área temática (AIA)
<b>4. Sistemas socio ecológicos de montaña</b>	4.1 Estudios de la estructura y composición de los ecosistemas de montaña	2. Conservación de las especies y la diversidad genética	Biología y Ecología
		3. Deforestación y degradación de ecosistemas	Herramientas geoespaciales
		6. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	Sistemas productivos sostenibles
	4.2 Estudios de los servicios ecosistémicos de montaña no hidrológicos	2. Conservación de las especies y la diversidad genética	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura y ecosistemas acuáticos
		3. Deforestación y degradación de ecosistemas	Biología y Ecología
		5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Sistemas productivos sostenibles
		6. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	Innovación, conocimientos ancestrales y efectividad de medidas para la adaptación al cambio climático
	4.3 Estudios del conocimiento, acceso, usos y manejo de los sistemas socio-ecológicos de montaña	2. Conservación de las especies y la diversidad genética	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura y ecosistemas acuáticos
		3. Deforestación y degradación de ecosistemas	Ciencias sociales y geografía humana
		5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Ecosistemas y bienestar humano
		6. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	Gestión sostenible del Paisaje
	4.4 Estudios para la restauración de los ecosistemas de montaña	3. Deforestación y degradación de ecosistemas	Sistemas productivos sostenibles
5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático		Innovación, conocimientos ancestrales y efectividad de medidas para la adaptación al cambio climático	
<b>5. Innovación tecnológica aplicada en zonas de montaña</b>	5.1 Desarrollo de innovaciones para el monitoreo de glaciares y ecosistemas de montaña	3. Deforestación y degradación de ecosistemas	Ecosistemas y bienestar humano
		5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Reforestación y recuperación de áreas degradadas
		3. Deforestación y degradación de ecosistemas	Herramientas geoespaciales
		5. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	Sistemas de vigilancia, monitoreo y alerta temprana

## RECURSOS ACTUALES PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

# LABORATORIOS ESPECIALIZADOS

El INAIGEM dispone de una infraestructura de laboratorios que permiten integrar tecnologías avanzadas y metodologías innovadoras, optimizando así la generación de conocimiento científico que responde a las necesidades críticas de las áreas de investigación.



GLACIARES

**A**

### Laboratorio de Investigación Geotécnica

Análisis de propiedades físicas, mecánicas y geoquímicas de suelos y rocas en ambientes glaciares.

**B**

### Laboratorio de Glaciología

Estudio de la dinámica glaciaria, calidad de agua, sedimentos y procesos ecológicos post-glaciares.

**C**

### Laboratorio de Ecofisiología Vegetal

Análisis de propiedades físicas, mecánicas y geoquímicas de suelos y rocas en ambientes glaciares.

**D**

### Laboratorio de Biología General – Microscopía y Herbario

Análisis de especies vegetales y colecciones botánicas para comprender sistemas socioecológicos de montaña.

**E**

### Laboratorio de Ecología Molecular y Genómica

Genética y ecología molecular para identificar especies, estudiar adaptación y apoyar la restauración ecológica.



ECOSISTEMAS DE  
MONTAÑA



INNOVACIÓN  
TECNOLÓGICA

**F**

### Laboratorio de Innovación Tecnológica Aplicada – LITA

Desarrollo de tecnologías y metodologías para monitoreo ambiental y colecta de datos en campo.

## RECURSOS ACTUALES PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

# LABORATORIOS ESPECIALIZADOS

---

**A**

### Laboratorio de Investigación Geotécnica

El Laboratorio de Investigación Geotécnica de la Dirección de Investigación en Glaciares realiza análisis especializados de las propiedades físicas, mecánicas y geoquímicas de suelos y rocas en ambientes de origen glaciar. Sus capacidades técnicas respaldan investigaciones vinculadas a la criosfera y a la evaluación de riesgos asociados a procesos de dinámica glaciar.

#### Temas clave:

Propiedades físicas y mecánicas | Geoquímica de suelos y rocas | Riesgos glaciales

**B**

### Laboratorio de Investigación Geotécnica

El Laboratorio de Glaciología de la Dirección de Investigación en Glaciares contribuye a la investigación de la dinámica de los glaciares, el impacto de la contaminación por partículas y los procesos ecológicos en áreas post-glaciares. Así en este se pueden desarrollar análisis físico químicos de agua y sedimentos para comprender las propiedades físicas y químicas de estas masas de agua, lo que aporta insumos clave para modelar su evolución bajo diferentes escenarios climáticos. Así mismo se efectúan análisis de carbono negro y otras partículas contaminantes para evaluar su impacto en el albedo glaciar y su contribución al retroceso glaciar. También se desarrollan estudios sobre líquenes y sucesión primaria en zonas post-glaciares proporcionan datos sobre la recuperación ecológica y las interacciones entre especies pioneras y su entorno.

#### Temas clave:

Dinámica glaciar | Calidad de agua y sedimentos | Contaminantes y albedo  
Líquenes y sucesión primaria



C

### Laboratorio de Ecofisiología Vegetal

El Laboratorio de Ecofisiología Vegetal de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña permite realizar análisis especializados sobre la respuesta funcional de la vegetación frente a presiones antrópicas y al cambio climático en ecosistemas de montaña. Su capacidad técnica permite analizar parámetros como biomasa, carbono orgánico, capacidad fotosintética y germinación de especies nativas, respaldando investigaciones sobre estructura, resiliencia y restauración ecológica de estos ecosistemas.

#### Temas clave:

Respuesta funcional | Biomasa y carbono orgánico | Fotosíntesis y germinación | Resiliencia y restauración

D

### Laboratorio de Biología General – Microscopía y Herbario

Este laboratorio, de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña realiza análisis especializados de especies vegetales y su diversidad en ecosistemas de montaña mediante técnicas de microscopía y la conservación de colecciones botánicas en el herbario. Sus capacidades técnicas permiten realizar las investigaciones relacionadas con la estructura y composición de los sistemas socio-ecológicos de montaña, así como el diseño y evaluación de estrategias de recuperación ecológica adaptadas a ecosistemas altoandinos.

#### Temas clave:

Diversidad vegetal | Microscopía | Herbario y colecciones | Sistemas socioecológicos

E

### Laboratorio de Ecología Molecular y Genómica

Este laboratorio de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña desarrolla análisis especializados de los componentes bióticos mediante herramientas de genética y ecología molecular, como metabarcodificación y genética de poblaciones. Sus capacidades permiten identificar especies a partir del ADN de microorganismos, plantas y animales, así como comprender sus procesos de adaptación. El estudio de genes relacionados con la resistencia al estrés y la adaptación al cambio climático brinda información clave para anticipar la respuesta de los ecosistemas de montaña frente a futuras alteraciones ambientales.

Asimismo, aporta bases científicas para el diseño, monitoreo y evaluación de estrategias de restauración ecológica, mediante la identificación de especies clave y el seguimiento genético de los procesos de recuperación en ecosistemas de montaña.

#### Temas clave:

Genética molecular | Metabarcodificación | Genética de poblaciones | Monitoreo



F

### Laboratorio de innovación tecnológica aplicada – LITA

El Laboratorio de Innovación Tecnológica Aplicada (LITA) de la Dirección de Información y Gestión del Conocimiento ofrece tecnologías avanzadas y metodologías innovadoras para la colecta de datos en campo. Su principal contribución se centra en el desarrollo de soluciones para el monitoreo de glaciares y ecosistemas de montaña mediante sensores avanzados y tecnologías emergentes de bajo costo. Actualmente se cuenta con estaciones meteorológicas automáticas y un bote batimétrico de bajo costo, y se están desarrollando pruebas para piezómetros de bajo costo.

#### Capacidades tecnológicas



##### Estaciones meteorológicas automáticas

Monitoreo continuo de variables atmosféricas para entender el clima y sus tendencias.



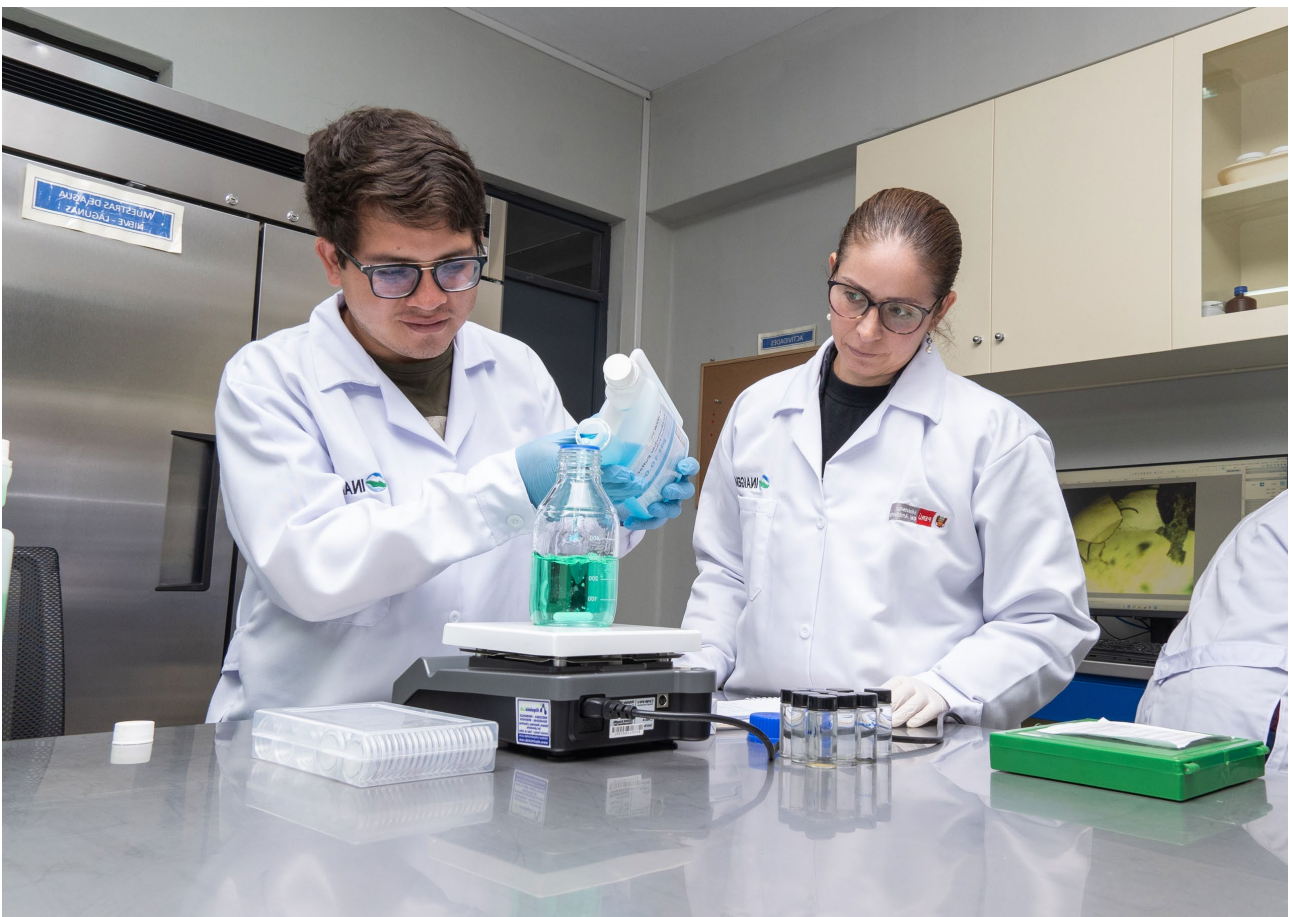
##### Bote batimétrico de bajo costo

Levantamiento batimétrico económico y eficiente para lagos y lagunas altoandinas.



##### Piezómetros de bajo costo

Monitoreo de niveles freáticos y presiones de agua en suelos y acuíferos de montaña.



## RECURSOS ACTUALES PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

# CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y OBSERVATORIOS EN CAMPO

---

Para el desarrollo de las investigaciones del INAIGEM, además de laboratorios especializados, se requiere el desarrollo de trabajos experimentales en condiciones reales de campo, así como sitios de monitoreo permanente, en el que se desarrollan investigaciones de largo plazo, que hemos llamado observatorios. Con un enfoque interdisciplinario, estos centros del INAIGEM no solo facilitan la generación de datos fundamentales, sino que también apoyan el desarrollo de aplicaciones prácticas esenciales para la gestión de recursos, la mitigación de riesgos y la restauración de ecosistemas.

### El INAIGEM cuenta con:

#### **Centro Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña - CICTEM**

Es un espacio experimental y de generación de conocimiento orientado a la conservación, recuperación y gestión sostenible de los ecosistemas altoandinos. Se ubica en un terreno de 90 hectáreas cedidas en uso por la Comunidad Campesina de Cátac, distrito de Cátac, provincia de Recuay, región Áncash.

#### **Centro de Monitoreo de Glaciares y Ecosistemas de Montaña - CEMGEM**

El CEMGEM está ubicado en el Área de Conservación Regional Huaytapallana, distrito de Huancayo, provincia de Huancayo, región de Junín. Se desarrolló a partir de un convenio de cooperación con el Gobierno Regional de Junín, apoyo de la comunidad campesina de Acopalca y financiamiento de los proyectos TAMYA, que estudió la relación entre precipitación y masa glaciar usando un radar meteorológico del IGP, y el proyecto Carbono Negro, que evaluó el efecto de partículas absorbentes de luz en el retroceso glaciar y la disponibilidad hídrica. Además, fue fortalecido a través de un proyecto de cooperación internacional entre IMELS (Italia) y el MINAM.

#### **Observatorio Quelccaya**

El glaciar Quelccaya, ubicado en la cordillera Vilcanota (Cusco-Puno), es uno de los glaciares tropicales más extensos y un referente mundial por su alta sensibilidad climática y su función hidrológica. Por ello se ha propuesto la creación del Observatorio Científico Quelccaya del INAIGEM como una plataforma multidisciplinaria para el monitoreo continuo de variables glaciológicas, hidrológicas, ecológicas, climáticas y socio ambientales, con el fin de fortalecer la investigación frente al cambio climático.

## RECURSOS ACTUALES PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

# COLABORACIONES CON ENTIDADES NACIONALES E INTERNACIONALES

Para el desarrollo de las investigaciones del INAIGEM, además de laboratorios especializados, se requiere el desarrollo de trabajos experimentales en condiciones reales de campo, así como sitios de monitoreo permanente, en el que se desarrollan investigaciones de largo plazo, que hemos llamado observatorios. Con un enfoque interdisciplinario, estos centros del INAIGEM no solo facilitan la generación de datos fundamentales, sino que también apoyan el desarrollo de aplicaciones prácticas esenciales para la gestión de recursos, la mitigación de riesgos y la restauración de ecosistemas.

## 1. INSTITUCIONES INTERNACIONALES

### IRD

*Institut de Recherche pour le Développement*

**FRANCIA**

- Análisis de carbono en bofedales y turberas andinas.
- Estudios sobre paleoeventos como avalanchas y aluviones en la Cordillera Blanca.

### UNAM

*Universidad Nacional Autónoma de México*

**MÉXICO**

- Simulación de generación de Drenaje Ácido de Rocas mediante celdas húmedas.
- Análisis sedimentológico y químico de testigos de sedimentos de las lagunas Llaca y Palcacocha.

### McMaster University

**CANADA**

- Estudio de sedimentos en las lagunas Palcacocha, Llaca y Shallap.
- Cambios en las formas de relieve glaciar en la Cordillera Blanca para comprender el registro deposicional glacial y predecir impactos del cambio climático.

### ISTA

*Institute of Science and Technology Austria*

**AUSTRIA**

- Proyecto sobre retroceso glaciar e impactos agroecológicos para reducir efectos del cambio climático y promover seguridad alimentaria y desarrollo sostenible de la agricultura y del agua.

## 2. UNIVERSIDADES NACIONALES

### UPCH

- Metabarcoding bacteriano para biorremediación, bacterias sulfato-reductoras y bioindicadores en bofedales.

### UTEC

- Validación de una Estación Meteorológica Automática de Bajo Costo —EMABC— en la unidad hidrográfica del Chicón, Cusco.

### UNCP

- Proyecto Hidro Shullcas para caracterizar el funcionamiento hidrológico de la cuenca del río Shullcas, financiado por ProCiencia.

### UNMSM

- Proyecto Hidro Shullcas para caracterizar el funcionamiento hidrológico de la cuenca del río Shullcas, financiado por ProCiencia.

## 3. INSTITUTOS PÚBLICOS, ORGANIZACIONES Y COMUNIDADES

### Institutos públicos

- **INGEMMET:** paleoeventos y DAR.
- **IPEN:** procesos hidrológicos con técnicas isotópicas.
- **IGP:** carbono negro y estación glacio-meteorológica en el glaciar Yahaucsha, Cordillera Huaytapallana.
- **SENAMHI:** evaluación de la cuenca del río Chicón.

### Organizaciones

- **CARE Perú:** piloto de restauración de bofedales altoandinos.
- **AQUAFONDO:** línea base y restauración de bofedales andinos.
- **IMA:** monitoreo eco-hidrológico.
- Recuperación del bofedal de Huacracocha con EPS SEDAM Huancayo.

### Comunidades campesinas

- **Cátac:** pilotos de restauración en pastizales y bofedales.
- **Acopalca:** restauración de bofedales y talleres sobre el mapa de peligros por desborde de la laguna Lazohuntay.
- **Comité de Gestión de la Microcuenca Piuray:** fortalecimiento de capacidades y pasantía a Curahuasi.

## RECURSOS ACTUALES PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

# ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN DEL INAIGEM

Los ámbitos de estudio de las líneas de investigación priorizadas del INAIGEM se distribuyen a lo largo de las cordilleras del Perú, reflejando una amplia diversidad de contextos ambientales y socioecológicos. Áncash concentra el mayor número de actividades por la presencia de la sede central, mientras que la Oficina Macro Región Centro atiende principalmente Lima y Junín, y la Oficina Macro Región Sur desarrolla acciones en Cusco y Puno.



### 1 Cordillera Blanca y áreas relacionadas ( Áncash)

#### Áreas de investigación

- Criósfera; riesgos de origen glaciar; servicios ecosistémicos hídricos; sistemas socioecológicos; innovación tecnológica aplicada.

#### Actividades predominantes

- Monitoreo de retroceso glaciar, evaluación de peligros geodinámicos, estudios de drenaje ácido, restauración de ecosistemas y recuperación de servicios ecosistémicos.

#### Ámbitos específicos

- Gueshgue, Raimondi, Artesonraju, Shallap, Pachacoto, Pariac-Rajucolta, Río Negro, Quillcay, Llaca, Cátac.

## 2 Cordillera Huaytapallana y Sierra Central (Junín)

### Áreas de investigación

- Criósfera; riesgos de origen glaciar; servicios ecosistémicos hídricos; sistemas socioecológicos.

### Actividades predominantes

- Evaluación de partículas absorbentes de luz, monitoreo glaciar, evaluación de peligros y regulación hídrica.

### Ámbitos específicos

- ACR Huaytapallana: glaciar Yanaucsha, laguna Lazohuntay y subcuenca Shullcas.

## 3 Cusco y áreas relacionadas (sur del Perú)

### Áreas de investigación

- Criósfera; riesgos de origen glaciar; servicios ecosistémicos hídricos.

### Actividades predominantes

- Evaluación de peligros de origen glaciar, monitoreo ecohidrológico, evaluación de infraestructura natural y caracterización de ecosistemas de montaña.

### Ámbitos específicos

- Piuray, La Raya, ACR Ausangate y Quelccaya.

## 4 Cordillera Apolobamba (Puno) y sur andino

### Áreas de investigación

- Riesgos de origen glaciar; sistemas socioecológicos de montaña.

### Actividades predominantes

- Evaluación de peligros de origen glaciar y caracterización de ecosistemas de montaña.

### Ámbitos específicos

- Inti Urmasca y CC Koriwara.

## 5 Cordillera Ampato (Arequipa)

### Áreas de investigación

- Criósfera; riesgos de origen glaciar y asociados al cambio climático.

### Actividades predominantes

- Monitoreo glaciar y estudios de riesgos asociados al cambio climático.

### Ámbitos específicos

- Coropuna.



**INAIGEM**

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y  
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA