



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de
Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña - INAIGEM



SITUACIÓN DE LOS GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN EL PERÚ

Informe anual 2016

SITUACIÓN DE LOS GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN EL PERÚ

INFORME ANUAL 2016

HUARAZ

Situación de los glaciares y ecosistemas de montaña en el Perú: Informe anual 2016

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Presidente Ejecutivo

Ing. Benjamín Morales Arnao

Secretario General

Sr. Jorge Rojas Fernández

Directores

Ing. César Portocarrero Rodríguez

Director de Investigación en Glaciares (DIG)

Ing. David Ocaña Vidal

Director de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM)

Ing. Ricardo Villanueva Ramírez

Director de Información y Gestión del Conocimiento (DIGC)

Editado por:

©Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Dirección de Información y Gestión del Conocimiento

Biblioteca y Publicaciones

Jr. Juan Bautista Mejía 887, Huaraz, Ancash, Perú

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

Web: www.inaigem.gob.pe

Primera edición, diciembre de 2017

Tiraje: 500 ejemplares

Impreso en diciembre de 2017

En: Corporación Globalmark SAC - Parque Ginebra 630 - Huaraz - Ancash

Ficha bibliográfica

**333.70985 Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña
159**

Situación de los glaciares y ecosistemas de montaña en el Perú : informe anual 2016 /
Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Huaraz:
INAIGEM, 2017.

102 p. : il. tab. fot. graf.

1. Memoria 2. Institutos de Investigación 3. Medio Ambiente 4. Glaciares 5. Ecosistemas
de Montaña 6. Perú

I. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

II. Título.

ÍNDICE GENERAL

1. Resumen ejecutivo	07
2. Introducción	11
3. Antecedentes de la investigación en los glaciares y ecosistemas de montaña del Perú	15
3.1. Investigación en glaciares	15
3.2. Investigación en ecosistemas de montaña	17
3.3. Desarrollo institucional para la investigación en glaciares y ecosistemas de montaña en el Perú	18
3.4. Vulnerabilidad al cambio climático en glaciares y lagunas glaciares	18
3.5. Impactos relevantes del cambio climático en glaciares	21
3.6. Impactos del cambio climático en los ecosistemas de montaña	28
3.7. Riesgos asociados a glaciares y los ecosistemas de montaña	29
3.8. Situación actual de las obras de seguridad de lagunas consideradas peligrosas	30
3.9. Estrategias de la investigación en glaciares y ecosistemas de montaña	35
4. Situación de los glaciares y los ecosistemas de montaña del Perú al 2016	41
4.1. Glaciares	41
4.2. Ecosistemas de montaña	49
4.3. Avances en la producción de información y gestión del conocimiento	61
5. El INAIGEM como máxima autoridad de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña	77
5.1. Oportunidades y dificultades identificadas	78
5.2. Propuesta de medidas de mitigación y/o adaptación al cambio climático en glaciares y ecosistemas de montaña	79
5.3. Resultados de la participación institucional del INAIGEM	80
5.4. Líneas de investigación y actividades para el 2017	84
5.5. Perspectivas y desafíos del INAIGEM	85
5.6. Implementación y posicionamiento institucional del INAIGEM	86
5.7. Mecanismos de articulación interinstitucional	88
5.8. Acciones en curso	89
6. Conclusiones	93
Referencias bibliográficas	99
Relación de mapas	99
Relación de cuadros	99
Relación de figuras	100
Relación de fotografías	101



RESUMEN EJECUTIVO



1. RESUMEN EJECUTIVO

El Instituto de Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, en su primer año de actividades, cumple con lo dispuesto en su Ley de creación, Ley N° 30286 que, en la disposición complementaria quinta, señala que “El ministro del Ambiente presenta anualmente al Congreso de la República el informe elaborado por el INAIGEM, sobre la situación de los glaciares y ecosistemas de montaña en el país, como eje de los procesos de cambio climático en el país, así como las acciones adoptadas por esta entidad al respecto”.

En tal sentido, y en cumplimiento del mandato de la Ley, se pone a disposición del Congreso de la República el presente informe, que principalmente responde a lo encomendado por el Estado Peruano al INAIGEM, en el sentido de generar tecnología e información científica aplicada sobre glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de la población, efectuando además los estudios para tomar medidas de prevención de los riesgos en el marco del cambio climático con calidad y oportunidad.

A continuación, se describe brevemente las acciones más importantes realizadas por el INAIGEM y sus implicancias para la sociedad peruana.

Se ha avanzado con la evaluación de las lagunas consideradas peligrosas en la Cordillera Blanca, la más importante del Perú, entre las que se encuentran: Palcacocha, Cochca, Cancaracá, Laguna 513, Arhuaycocha, Rajucolta, Tullparaju, Cuchillacocha, Safuna Alta, Hualcacocha, Ocshapalca, Allicocha, Artesoncocha Alta, Yanaraju, Mullaca y Llaca.

Se viene realizando el Inventario de Glaciares a nivel nacional; y ya se han evaluado glaciares y cordilleras consideradas en extinción, ubicadas en el sur del país: Cordillera Chila, Cordillera Chonta, Cordillera Huanzo, Cordillera La Raya y Cordillera Volcánica. Así como el nevado Ampay en la cuenca Pachachaca en Abancay, y el nevado Sullcon en la cuenca del río Rímac, en Lima.

Del mismo modo, se tiene como acción permanente el monitoreo de glaciares en la Cordillera Blanca y en la Cordillera Central, y se destaca la investigación sobre la presencia de carbono negro en los glaciares Shallap y Yanapaccha, ubicados en la Cordillera Blanca. También se están monitoreando el glaciar Incachiriasca (Salcantay - Vicabamaba) por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas - SERNANP; el glaciar Suyuparina (Vilcanota), por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - UNSAAC; el glaciar Chaupijanca (Huallanca), por la empresa Milpo S.A.; y antes de la creación del INAIGEM, ocurrido el 2014, el monitoreo de las Cordilleras Peruanas, ha sido reportado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, UGRH-ANA.

Respecto a las investigaciones en los ecosistemas de montaña, priorizando los servicios ecosistémicos que le brindan a la población, y con la finalidad de replicarlas en todo el país, se ha instalado el Centro de Investigación Científico Tecnológico de Cátac “Reynaldo Trinidad Ardiles”, en un área de 30 ha, en alianza estratégica con la Comunidad Campesina de Cátac, en la provincia de Recuay, departamento de Ancash. En este Centro, se está investigando la rotación de cultivos agrícolas como alternativa de producción sostenible, la optimización del uso del agua a través de sistemas de riego tecnificado, la recuperación y conservación de diversos ecosistemas de montaña, rescate y producción de especies endémicas como el “Cushuro” para la alimentación humana, mejoramiento genético de ganado ovino, recuperación genética de papas nativas; así como, la recuperación y conservación de los servicios ecosistémicos de las praderas altoandinas.

También en Ancash, se han instalado diversas parcelas de investigación en ecosistemas prioritizados (en total son 12 parcelas con una extensión acumulada de 259 ha, ubicadas en cuatro subcuencas: Río Blanco, Casca, Quillcay y Pachacoto), ubicadas algunas de ellas en los flamantes Corredores Ecosistémicos, como el de Vallunaraju - Huaraz - Punta Callán - Coltus - Cajamarquilla - Pampas Grande - Huanchay - Culebras. En Rampac - Carhuaz se ha instalado un sistema de monitoreo para un posible deslizamiento que afectaría al centro poblado del mismo nombre, en convenio con la República Checa, modelo a replicar en otros lugares.

Se tiene, en proceso de consolidación, un Sistema de Información Hidrometeorológico y Geomático para el procesamiento de información diversa y tratamiento de imágenes satelitales, generando diversos productos como la cartografía de las cordilleras y lagunas glaciares a escala 1:25,000, modelos de relieve detallado, entre otros. La información proviene de distintas imágenes satelitales y datos recabados a través de drones que ha adquirido el Instituto.

Se cuenta con una Biblioteca Especializada en glaciares, ecosistemas de montaña y cambio climático, con una colección histórica sobre glaciares y lagunas, y una colección actualizada en los temas de interés institucional, tanto en versión física como en digital, que están a disposición de la ciudadanía.

Con respecto a la producción editorial del INAIGEM, se han publicado: el primer número de la revista científica, dos boletines institucionales, seis boletines hidrometeorológicos mensuales y un consolidado anual para la Región Áncash. La información fue obtenida de 16 estaciones meteorológicas, cuyo acceso es posible a través del convenio suscrito con la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo - UNASAM, propietario de éstas. Un hito importante fue el desarrollo exitoso del Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, evento que congregó a más de mil participantes de veintidós países.

Estos avances sobre la situación de los glaciares y ecosistemas de montaña en el país, así como las acciones desarrolladas por el INAIGEM, contribuyen a la mejor toma de decisiones de los ciudadanos e instituciones frente a los impactos del Cambio Climático producidos en los glaciares y los ecosistemas de montaña peruanos.

Acorde con nuestra política de alianzas estratégicas y cooperación técnica para el cumplimiento de nuestras competencias, se ha logrado la suscripción de once convenios interinstitucionales - nueve se encuentran en proceso - con diversas instituciones públicas y privadas de ámbitos local, regional, nacional e internacional.

En términos de gestión institucional, es importante señalar que el INAIGEM cuenta con personal capacitado y tiene prevista la ampliación de sus equipos humanos. La ejecución del presupuesto asignado para el 2016 fue del 99.8%, evidenciando un indicador de gestión positivo.

Presidente Ejecutivo del INAIGEM

INTRODUCCIÓN



2. INTRODUCCIÓN

El INAIGEM es la máxima autoridad en investigación científica de los glaciares y ecosistemas de montaña en el Perú y tiene por finalidad de 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 zonas aledañas o se benefician de dichos ecosistemas.

Las actividades operativas del INAIGEM se inician en noviembre del año 2015, en el contexto de los nuevos escenarios como consecuencia del calentamiento global y el cambio climático. Sus acciones se orientan a la realización de investigación aplicada, considerando las necesidades de información identificadas en los gobiernos locales, regionales, sectores gubernamentales y la academia.

En la primera parte del informe se presentan los antecedentes de las investigaciones realizadas en el Perú sobre glaciares y ecosistemas de montaña. Se expone sobre la vulnerabilidad de los glaciares y lagunas glaciares frente al cambio climático, los riesgos asociados, las obras de seguridad; así como las estrategias de investigación definidas de acuerdo a los objetivos institucionales, los resultados y logros de las investigaciones.

En la segunda parte presentamos la situación de los glaciares y los ecosistemas de montaña en el Perú al 2016, junto a las estrategias adoptadas para orientar la operatividad del trabajo del INAIGEM, con la finalidad de cerrar las brechas de información relevantes en los temas de su competencia. Además, las perspectivas del INAIGEM como máxima autoridad de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña, sumado a las oportunidades y dificultades durante este primer año de consolidación institucional.

Finalmente, se presentan las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en glaciares y montañas asumidos al 2016; así como, las acciones en curso y los próximos pasos para el 2017. Se tiene prevista la definición de las líneas de investigación nacional en glaciares y ecosistemas de montaña acorde con las perspectivas y desafíos del país.

Se espera que la lectura de este informe pueda mostrar los avances sobre la situación de los glaciares y ecosistemas de montaña, y los esfuerzos del INAIGEM en cumplir con el encargo de informar al respecto cada año.

**ANTECEDENTES DE LA
INVESTIGACIÓN EN LOS
GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE
MONTAÑA DEL PERÚ**



3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN EN LOS GLACIARES Y ECOSISTEMAS EN EL PERÚ

3.1. Investigación en glaciares

La primera referencia sobre los glaciares peruanos se registra en la época de la conquista española. En 1533, un grupo de hispanos al mando de Hernando Pizarro –en su travesía hacia el Cusco-, discurrieron a través de la Cordillera Blanca, al cabo del cual expresaron su asombro diciendo que *el tesoro de estas comarcas eran sus glaciares*, dicha crónica es referida por Miguel de Estete en la obra de Francisco de Xerez “Conquista del Perú” (1749). En 1631, el sacerdote dominicano Fray Juan de Meléndez vuelve a mencionar a la Cordillera Blanca, lo hace en su descripción del paso de Yanashallash hacia Chavín y Huari, en el documento “El verdadero tesoro de los Incas” (tomo 1). En 1764, Cosme Bueno documenta sobre el sismo y avalancha de hielo acaecido el 6 de enero de 1725, que destruyó el pueblo de Ancash y causó la desaparición de 1,500 personas (el aluvión provino del nevado Huandoy). En 1793, Mariano Millán y Aguirre en su obra “Descripción de la Intendencia de Tarma” informa sobre el valle del Santa, identificando las cordilleras Blanca y Negra, mencionando, además, las características más relevantes de cada una. A finales del Siglo XVIII, el naturalista de Praga Tadeo Haencke fue enviado por el Gobierno español para realizar estudios de la flora y fauna de las provincias de América hispánica. En sus escritos realiza una importante descripción del Perú y su biodiversidad, y hace una mención corta pero interesante de las montañas. Más tarde, Kinzi citará a Haencke en sus descripciones de Glaciares.

Entre 1855 y 1888, el médico, antropólogo y viajero alemán E. W. Middendorf realiza los primeros registros fotográficos de los nevados peruanos; así como también, revela las primeras altitudes aproximadas de sus cimas, basándose en mediciones hechas por el inglés Hindle -quien trabajaba para el proyecto del ferrocarril Chimbote-Huallanca-. Así, calcula para el Huascarán Sur una altitud de 6720 m (al cual denominaba “Huascan”), 6278 m para Santa Cruz (“Pico de Huailas”), 6428 m para el nevado Huandoy (al cual denomina “Tullparaju”), y 6081 m para el Hualcán. En 1870 Antonio Raimondi hace una descripción de la extensión de los glaciares y aproximaciones de altitudes de las principales cumbres peruanas. Para 1873 el naturalista italiano publica el libro “El departamento de Ancachs”, donde describe su itinerario por Cahuish con dirección al lado Este de la Cordillera Blanca.

A inicios del siglo XX se realizaron estudios sistemáticos y especializados en los Andes del Perú. Así, el botánico A. Weberbauer y el geólogo G. Steinmann, expedicionarios alpinistas, exploraron con su equipo toda la Cordillera Blanca; el ingeniero inglés C. R. Enock -que realizaba exploraciones mineras en la región-, intentó escalar el Huascarán (fue el primero en intentarlo) en compañía de César Cisneros, un italiano y cinco peruanos de apoyo (Enock, 1904); posteriormente en 1908, Annie Peck subió la cima norte del Huascarán (Peck, 1912).

Para 1932, el club Alpino Austro Alemán realiza investigaciones geográficas, glaciológicas y topográficas en la Cordillera Blanca, liderada inicialmente por el Dr. Philip Borchers, lo integraban H. Hoerlin y W. Schneider (Borchers, 1935). Fue la primera expedición que explora y levanta mapas de la parte septentrional de la Cordillera Blanca (nevado Champará y quebrada Honda a escala 1:100,000). Posteriormente en 1936, Kinzi completa dicho trabajo mapeando el lado Sur y la Cordillera Huayhuash en su totalidad, generando mapas de 1:100,000 y 1:50,000; más tarde, en 1954 hacen un levantamiento a escala 1:25,000 del macizo del Huascarán.

En la década que sigue a 1940, el gobierno central no estaba preparado para prevenir o enfrentar un desastre como el aluvión de Huaraz del 13 de diciembre de 1941, cuando un movimiento violento de masas glaciares produjo el desborde de la laguna Palcacocha y la ruptura de su dique morrénico. El flujo de varios millones de metros cúbicos de material aluviónico que discurrieron a través de la quebrada Cojup, destruyó la tercera parte de la ciudad, acabando con miles de vidas. Los impactos en términos de infraestructura, incluido el ferrocarril Chimbote-Huallanca, costaron millones de soles y afectaron al desarrollo de todo el Callejón de Huaylas por más de una década. En 1942, la Dirección de Aguas e Irrigación del Ministerio de Fomento y Obras Públicas

estableció una oficina de Control de Lagunas de la Cordillera Blanca. A raíz del aluvión de 1941 el Gobierno forma un grupo de ingenieros para las inspecciones y ejecución de obras civiles, encargado de efectuar inspecciones para determinar lagunas peligrosas y ejecutar inicialmente obras de desagüe y seguridad en cuatro lagunas alrededor de Huaraz, incluyendo la laguna de Palcacocha. La laguna de Jancarurish por efectos de una avalancha de hielo del nevado Alpamayo produjo el aluvión del 20 de octubre de 1950, que causó la destrucción de la vía ferroviaria Chimbote-Huallanca y la casi terminada Central Hidroeléctrica Cañón del Pato. Por esta razón en 1951, el presidente Sr. Manuel Odría creó la Comisión de Control de Lagunas de la Cordillera Blanca para realizar estudios sobre lagunas glaciares y llevar a cabo proyectos de prevención de desastres. La Comisión estudió sistemáticamente las lagunas glaciares de la Cordillera Blanca, identificando algunas peligrosas e iniciando la ejecución de obras de seguridad en muchas lagunas glaciares.

En 1953 los especialistas de la Comisión de Control de Lagunas compilaron un inventario de lagunas glaciares de la Cordillera Blanca usando las fotos aéreas de 1948-1950. En 1966, la Corporación Peruana del Santa (creada en 1943) forma la División de Glaciología y Seguridad de Lagunas y encargó confeccionar mapas de toda la Cordillera Blanca a escala 1:25,000, usando fotogrametría aérea, lo que facilitó el inventario de glaciares y lagunas. La primera investigación glaciológica y de riesgos fue en la laguna Safuna en la cabecera del valle glaciar Quitarcas. En 1966 se hicieron por primera vez levantamientos geofísicos en la laguna para determinar si tenía núcleo de hielo en el dique morrénico, del mismo modo, se hizo un levantamiento geofísico en la lengua glaciar del nevado Pucahirca para determinar su espesor. Estos levantamientos geofísicos se complementaron con perforaciones rotativas, las que por primera vez se efectuaban en Latinoamérica sobre un glaciar encontrándose 155 m de hielo. A partir de 1969, la División de Glaciología y Seguridad de Lagunas tomó mayor responsabilidad como principal entidad de prevención de desastres, desarrollando novedosas técnicas de ingeniería para drenar y contener lagunas peligrosas. Entre 1988 y 1989, Hidrandina S.A. publica el primer inventario de glaciares del Perú. Entre 1997–1998 INAGGA, por encargo del CONAM, efectuó el segundo inventario nacional de glaciares del Perú. Entre los años 2006 y 2014 se realizó el tercer inventario nacional de glaciares y lagunas, elaborado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), vinculada con el INRENA y la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Ministerio de Agricultura y Riego. El año 2014 se crea el INAIGEM como máxima entidad de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña a nivel nacional.

En resumen, la responsabilidad institucional principal para los estudios glaciológicos y el control de lagunas peligrosas, cambió varias veces en las últimas décadas del siglo XX y comienzos del siglo XXI: Comisión de Control de Lagunas de la Cordillera Blanca (1950-1969), Corporación Peruana del Santa (1966-1973), Electroperú (1973-1977), Instituto de Geología y Minería - INGEOMIN (1977-1978), Instituto de Geología, Minería y Metalurgia - INGEMMET (1979-1981), Electroperú (1981-1986), Hidrandina (1986-1990), Electroperú (1991-1999), INRENA (1999-2008), Autoridad Nacional del Agua - ANA (2008-presente) y, finalmente, el INAIGEM (2014-presente). La creación del INAIGEM responde a la necesidad de realizar estudios e investigación glaciológica y riesgos asociados a glaciares, pero también asume la responsabilidad de investigaciones en el ámbito de ecosistemas de montaña, con el fin de contribuir a la conservación y recuperación de sus funciones. Es importante mencionar que antes de la creación del INAIGEM, no se tenía en consideración realizar estudios con un enfoque integral que vincule a los glaciares y a los ecosistemas de montaña.

3.2. Investigación en ecosistemas de montaña

En el Perú no hay unanimidad para la definición y nomenclatura de las diferentes zonas ecológicas, ecosistemas o regiones ecológicas en las montañas, como unidades territoriales diferenciables en su uso y potencial (Tapia, 2013). En el país se consideran “tierras altas de montaña” a los territorios ubicados sobre los 1,500 m s.n.m. y se les denomina en forma genérica como la “sierra”. Esta región abarca más de 30 millones de hectáreas equivalentes al 30% del territorio nacional, desde el norte en Piura hasta la región altiplánica que compartimos con Bolivia. Esta cadena de montañas continuas recorre de norte a sur el territorio nacional, con una longitud de más de 2,000 km y una población estimada en más de 8 millones, con una alta tasa dedicada a la producción agropecuaria. De igual manera, los Andes son considerados como un sistema homogéneo, de allí que la gran mayoría de personas se refiera a este ámbito como “sierra”. Nada está más lejos de la realidad. Los Andes peruanos son todo, menos uniformes y presentan condiciones diferentes en uso y potencial (MINAM, 2014).

Las diferentes propuestas de caracterización de las montañas en el Perú dependen del enfoque y prioridad temática que se les atribuya, y han sido clasificadas según diferentes especialidades, en: zonas fitogeográficas (Weberbauer, 1945), geográficas (Troll, 1958), ecorregiones (Brack, 1989), zonas de vida natural (Pulgar Vidal, 1946). También, priorizando los factores edáficos (Zamora, 1974), o en base a informaciones meteorológicas (Senamhi, 2007); incluyendo el estudio ecológico de ONERN (1976), que propone un mapa ecológico según el cual existen 84 zonas de vida y 17 de carácter en transición, basados en el sistema de clasificación de las zonas de vida de L. R. Holdridge (1967). De estas, al menos 50 zonas de vida corresponden a la región alto andina (MINAM, 2014).

A manera de síntesis, podemos afirmar que la responsabilidad institucional principal para la investigación en montañas, la han tenido diversas instituciones desde los años 80: ONERN, luego MINAGRI y después MINAM; desarrollando principalmente investigaciones en humedales, bosques relictos, calidad de agua, con la participación de universidades nacionales y privadas. A nivel privado se han dado investigaciones de manera temporal y con proyectos financiados por la cooperación internacional.

Es numerosa la normatividad nacional e internacional en relación a los ecosistemas de montaña, entre las normas nacionales referimos las siguientes:

- Estrategia Nacional de Bosques y Cambio Climático. Establecida mediante DS N° 007-2016-MINAM, del 14 de setiembre de 2015.
- Estrategia de Humedales. Establecida mediante DS N° 004-2015-MINAM.
- Agenda Nacional de Acción Ambiental 2015-2016. Establecida mediante Resolución Ministerial N° 405-2014-MINAM.
- Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018. DS N° 009 - 2014 - MINAM.
- Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011- 2020 y Metas Aichi (Decisión X/2 Cop10) - CBD.
- Política Nacional del Ambiente. DS N° 012-2009-MINAM.
- Plan Bicentenario El Perú al 2021 DS N° 054-2011-PCM.
- Plan Nacional de Acción Ambiental - PLANAAADS N° 014-2011-MINAM.

Los principales tratados y acuerdos firmados y ratificados por el Perú, relacionados a la gestión de los ecosistemas de montaña y los riesgos asociados a ellos son:

- Convención para el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Extinción (CITES). Firmada en 1973 y ratificada por el Perú en 1974.
- Convenio sobre Diversidad Biológica. Firmado en Río de Janeiro en 1992 y ratificado en 1993.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Adoptada el 4 de junio de 1992.
- Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (14 de junio de 1992).
- Programa 21. Aprobado por Resolución 1 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (14 de junio de 1992).
- Declaración sobre Bosques. Aprobada durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (14 de junio de 1992).
- Convención Relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (RAMSAR, 1971). Ratificada por el Perú.

3.3. Desarrollo institucional para la investigación en glaciares y ecosistemas de montaña en el Perú

En diciembre de 2014, dentro del marco de la Vigésima Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático, COP20, realizada en el Perú, se creó el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) mediante Ley N° 30286.

Este dispositivo legal tenía por objetivo la creación del INAIGEM, teniendo como domicilio legal y sede principal la ciudad de Huaraz en el departamento de Ancash, para fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en los glaciares y ecosistemas de montaña en el país.

El INAIGEM es un organismo técnico especializado en generar información científica y tecnológica que respalda las actividades orientadas a mejorar la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales con una perspectiva transversal de adaptación al cambio climático.

El INAIGEM es una institución científica de referencia que muestra el compromiso frente al cambio climático en torno a los glaciares y los ecosistemas de montaña a nivel de Sudamérica. Existen instituciones similares que solo contemplan el estudio de los glaciares.

La Organización para el Comercio y Desarrollo Económico (OCDE) destaca su creación y sus actividades en la Evaluación de Desempeño Ambiental formulada para el Perú en 2015; donde se considera un gran acierto del país la creación del INAIGEM, en el contexto del cambio climático, por el carácter estratégico de los glaciares y ecosistemas de montaña.

El INAIGEM tiene como finalidad fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica como máxima autoridad en el ámbito de los glaciares y los ecosistemas de montaña; contribuyendo a su gestión sostenible en beneficio de las poblaciones que viven en dichos ecosistemas o se benefician de los mismos.

El rol del INAIGEM es ser ente rector para el accionar institucional en los glaciares y ecosistemas de montaña en el Perú, en tal sentido, coordina muy estrechamente con las organizaciones de los tres niveles de gobierno de la nación, así como con instituciones especializadas del régimen privado, tanto nacionales como internacionales. El avance de este proceso se refleja en la suscripción de sendos convenios interinstitucionales.

La creación del INAIGEM, articula la investigación en glaciares y ecosistemas de montaña con una visión integral de manejo de territorio. Es importante mencionar que antes de la creación del INAIGEM, no se tenía en consideración desarrollar estudios con un enfoque integral que vincule a los glaciares y ecosistemas de montaña.

3.4. Vulnerabilidad al cambio climático en glaciares y lagunas glaciares

El retroceso acelerado de glaciares debido al cambio climático ha originado la formación de lagunas nuevas con alto nivel de amenaza física, que de acuerdo a su evolución, características físicas y presencia de poblaciones en la parte baja de las subcuencas, están definidas como lagunas peligrosas. Estas lagunas de origen glaciar se ubican en la cabecera de las cuencas glaciares del Perú.

Dentro del enfoque de gestión de riesgos de desastres, el INAIGEM inspecciona y monitorea en forma permanente las lagunas consideradas peligrosas, así como las obras de seguridad ubicadas en la Cordillera Blanca. De esta manera se evalúan los factores que determinan el grado de peligrosidad de las lagunas, como la existencia de glaciares colgados que pueden producir avalanchas; las condiciones topográficas que favorecen la ocurrencia de eventos extremos y las condiciones de embalse de los cuerpos de agua que pueden producir desborde de grandes volúmenes de escombros con gran poder destructivo.

En la Cordillera Blanca han ocurrido varios desembalses de lagunas de origen glaciar, debido a la caída de roca y hielo sobre ellas. Para amenguar estos eventos, se han construido varias obras de seguridad, sobre todo, en las lagunas que presentaban alta peligrosidad. Entre los años 1950 al 2000 se han construido 34 obras de seguridad en la Cordillera Blanca. En la laguna Cullicocha, en el año 1992, se instaló una compuerta para convertirse en un embalse de regulación estacional con una capacidad de 8'000.000 m³, que podría ser aprovechada por la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato (Electroperu, 1997).

Debido a la importancia que tienen estas obras, es necesario inspeccionarlas para evaluar su estado físico y la funcionalidad en cuanto a la seguridad. El INAIGEM, a través de la Dirección de Investigación en Glaciares, ha realizado la inspección técnica de 21 lagunas consideradas peligrosas en la Cordillera Blanca, donde se evaluó el estado actual y el grado de peligrosidad (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Situación actual de lagunas consideradas como peligrosas en la Cordillera Blanca

N°	LAGUNA	COTA (m s.n.m.)	CUENCA	SUB CUENCA	PROVINCIA	ESTADO	OBSERVACIONES
1	CANCARACÁ GRANDE	4,600	MARAÑÓN	YANAMAYO	ASUNCIÓN	ALTO RIESGO	Dique morrénico, presenta tres filtraciones que deben ser monitoreadas constantemente, no presenta peligro de avalanchas de hielo y nieve que alteren el estado de la laguna.
2	YANARAJU	4,150	MARAÑÓN	YANAMAYO	ASUNCIÓN	ALTO RIESGO	Presenta posibilidad de caída y desplome de glaciares colgados, dique morrénico con desagüe por rebose.
3	ALLICOCHA	4,600	MARAÑÓN	YANAMAYO	ASUNCIÓN	ALTO RIESGO	_____
4	SAFUNA ALTA	4,390	SANTA	QUITARACSA	POMABAMBA	ALTO RIESGO	Presenta deslizamientos laterales de la morrena izquierda, que contribuyen con material heterogéneo a la laguna, desplazando el volumen de agua. Cuenta con un dique morrénico muy inestable.
5	SAFUNA BAJA	4,249	SANTA	QUITARACSA	POMABAMBA	ALTO RIESGO	En la morrena terminal presenta filtraciones que se deben de monitorear constantemente dada las condiciones y los procesos de tubificación que se podrían originar.
6	PUCACOA	4,500	SANTA	QUITARACSA	POMABAMBA	ALTO RIESGO	Dique morrénico cuenta con obra de seguridad. Alta dinámica de los laterales de las morrenas.

N°	LAGUNA	COTA (m s.n.m.)	CUENCA	SUB CUENCA	PROVINCIA	ESTADO	OBSERVACIONES
7	ARHUAYCOCHA	4,500	SANTA	SANTA CRUZ	HUAYLAS	ALTO RIESGO	Aleta lateral derecha de ingreso al canal de desagüe erosionado. En la quebrada Santa Cruz, derrumbes y desprendimiento de roca con alto nivel de peligro.
8	ARTIZON ALTA	4,737	SANTA	SANTA CRUZ	HUAYLAS	ALTO RIESGO	Dique de roca, alta probabilidad de desplomes de glaciares colgados.
9	ARTIZON BAJA	4,537	SANTA	SANTA CRUZ	HUAYLAS	ALTO RIESGO	Dique morrénico inestable, alta dinámica de deslizamientos de las morrenas laterales, con posibilidad de embalse.
10	ARTESONCOCHA ALTA	4,700	SANTA	LLULLAN	HUAYLAS	MEDIANO RIESGO	Dique de roca, laguna en formación, que no representa mayor problema en la actualidad, salvo se genere un evento en cadena hasta la laguna Parón en el futuro.
11	HUALCACOCHA	4,400	SANTA	BUIN	CARHUAZ	ALTO RIESGO	Dique morrénico, con obra de seguridad. Posibilidad de desprendimiento de glaciares colgados.
12	513	4,472	SANTA	CHUCCHUN	CARHUAZ	ALTO RIESGO	Alta probabilidad de avalanchas de nieve y hielo, con aporte importante del desprendimiento de glaciares colgantes que generen oleajes que sobre pasen el dique de roca.
13	COCHCA	4,097	SANTA	CHUCCHUN	CARHUAZ	ALTO RIESGO	Dique morrénico con vaso de roca, alto potencial de deslizamientos de material morrénico.
14	MULLACA	4,638	SANTA	MULLACA	HUARAZ	ALTO RIESGO	Dique mixto, con obra de seguridad, poca posibilidad de desprendimientos de glaciares colgados.
15	LLACA	4,500	SANTA	CASCA	HUARAZ	ALTO RIESGO	Pequeños derrumbes en la morrena lateral izquierda del vaso.
16	RAJUCOLTA	4,300	SANTA	PARIAC	HUARAZ	ALTO RIESGO	Alta probabilidad de desprendimiento de glaciares colgados, la obra de regulación existente, no cuenta con la altura necesaria para frenar un posible oleaje por el desprendimiento de un bloque de glaciar colgando.

Nº	LAGUNA	COTA (m s.n.m.)	CUENCA	SUB CUENCA	PROVINCIA	ESTADO	OBSERVACIONES
17	TULLPARAJU	4,350	SANTA	QUILLCAY	HUARAZ	ALTO RIESGO	Alta probabilidad de desprendimientos de bloques colgantes de hielo y nieve, que podría producir oleajes importantes afectando la obra de seguridad existente.
18	CUCHILLACOCHA	4,650	SANTA	QUILLCAY	HUARAZ	ALTO RIESGO	Alta probabilidad de desprendimientos de bloques colgantes de hielo y nieve, que podría generar oleajes importantes afectando la obra de seguridad existente.
19	OCSHAPALCA	4,800	SANTA	PALTAY	HUARAZ	ALTO RIESGO	Dique morrénico, no cuenta con obra de seguridad, presenta lengua glaciar cubierta con detritos en contacto con la laguna en la parte posterior, presenta 16 filtraciones de consideración, que podrían producir un proceso de tubificación, con consecuencia de aluvi6n.
20	PALCACOCHA	4,600	SANTA	QUILLCAY	HUARAZ	ALTO RIESGO	Alta probabilidad de ocurrencia de desprendimiento de glaciares colgantes, dique morrénico con obra de seguridad.
21	RAJUPAQUINAN	4,097	SANTA	CHUCCHUN	CARHUAZ	MEDIANO RIESGO	Mediana probabilidad de ocurrencia de desborde de las aguas de la laguna, provocando posible alud, posibilidad de ocurrencia de evento en cadena, dique natural mixto, sin obra de seguridad.

3.5. Impactos relevantes del cambio climático en glaciares

Las cordilleras Chonta, Chila, La Raya y Huanzo son las que poseen en la actualidad la menor superficie glaciar y se les considera en proceso de extinción. El INAIGEM, por ello, ha priorizado estas cordilleras para realizar inspecciones de campo que están permitiendo evidenciar la reducción de la superficie glaciar y su repercusión en el recurso hídrico. A continuación, los principales resultados:

3.5.1. Cordillera Chila

Se ubica en el ramal Occidental de los Andes Centrales, entre las coordenadas 15°19'00"-15°31'00" de latitud Sur y 71°39'00"-72°13'00" de longitud Oeste, extendiéndose a lo largo de 70 km en dirección Este - Oeste. Tiene como elevación principal al nevado Chila (5,655 m s.n.m.). De este nevado fluyen las aguas hacia las cuencas Camaná (vertiente del Pacífico) y Alto Apurímac (vertiente del Atlántico). Políticamente esta cordillera se encuentra en la jurisdicción de los departamentos de Arequipa y Cusco.

Según el inventario publicado en 1970 (con datos de 1955), esta cordillera poseía un área glaciar de 33.9 km². El INAIGEM al 2015 ha estimado un área de 0.2 km², esto significa que en 60 años la pérdida de la superficie glaciar es de 33.7 km² (equivalente al 99.4 %). De acuerdo al mismo inventario, el nevado Mismi poseía una superficie glaciar de 0.43 km², en la actualidad ya ha desaparecido (ver figura 1).

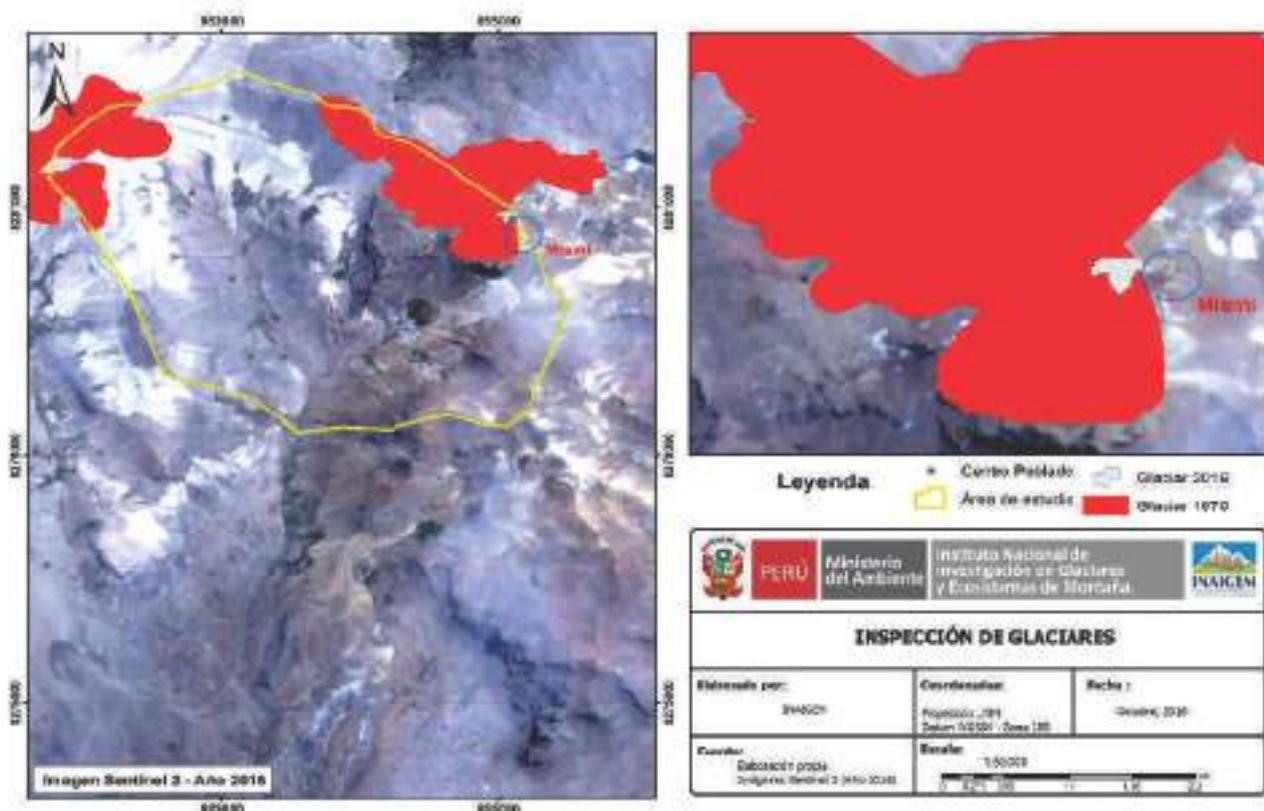


Figura 1. La cobertura de hielo en el Mismi ya no existe en la actualidad, salvo acumulación de nieve estacional (circulo celeste). El área sombreada de color rojo representa la superficie de 1995 y la pequeña superficie en blanco es lo único de glaciar que tiene la Cordillera Chilla en esa zona

El glaciar Huillcayo, emplazado al Sur Este de Mismi, contaba con una superficie de 0.96 km² en el inventario publicado en 1970. Según estimaciones del INAIGEM, utilizando imágenes Sentinel 2, RGB (espectro visible/fecha: 26/01/16) cuenta con solo 0.012 km² al 2016, habiendo perdido 0.95 km² en 61 años (el inventario de 1970 empleó datos de 1955 para esta cordillera), lo que equivale al 98.75%.

A causa de la acelerada reducción del área glaciar se evidencian problemas en la distribución y uso del recurso hídrico, generando potenciales conflictos socio ambientales en los distritos de Ichupampa, Lari, Coporaque, Achoma, Yanque, Madrigal, Tapay, Chivay, Tuti y Maca, en la provincia de Caylloma, en el departamento de Arequipa. El caudal de agua que utilizan actualmente para el riego de sus tierras es, en el peor de los casos, de 6 l/s y en las mejores condiciones de 80 l/s, que es insuficiente para el desarrollo de la actividad agrícola.

3.5.2. Cordillera Chonta

La Cordillera Chonta se ubica en el ramal occidental de los Andes del centro, formando la divisoria de aguas continentales; entre 12°38'55" y 12°37'40" de latitud Sur y entre los 75°28'20" y 75°26'57" de longitud Oeste. Se extiende con una orientación noreste en aproximadamente 90 km. Políticamente se ubica dentro del distrito de Acobambilla, provincia y departamento de Huancavelica.

Sobre esta cordillera los glaciares se caracterizan por ser de tipo montaña, con dimensiones pequeñas y distribuidos en grupos aislados; su área glaciaria ha variado de 17.9 km² (según el inventario publicado en 1970 con datos de 1962), a 0.4 km² en 2016, con una pérdida total de 17.5 km² equivalente al 98% en 54 años (ver figura 2a). Además, es importante resaltar que los glaciares muestran un adelgazamiento continuo (ver figura 2b) que ocasiona su fragmentación progresiva (ver figura 2c).

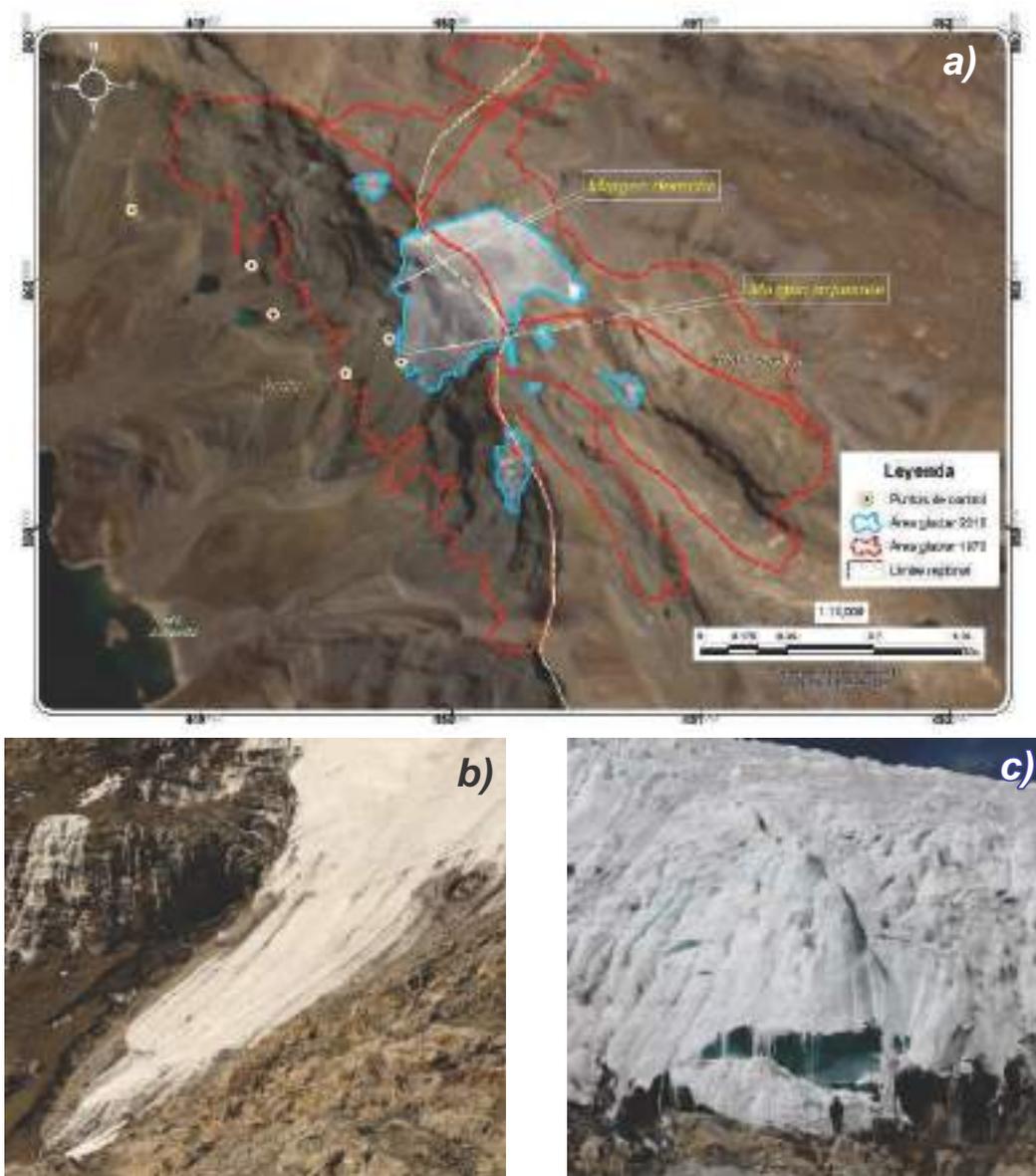


Figura 2. Variación del área glaciar Condoray: (a) Imagen de satélite Sentinel-2 (RGB: 432) de 13-09-2016, (b) fotografía del margen derecho y (c) fotografía del margen izquierdo del glaciar

La pérdida de masa de hielo del glaciar Condoray, ha generado en los últimos años un menor aporte hídrico (< 10 l/s) a la laguna Acchicocha, reflejándose un marcado descenso del espejo de agua (3 m) durante el estiaje y una mínima recuperación durante la época húmeda del orden de 2 m. Se ha estimado que solamente por evaporación e infiltración esta laguna puede perder entre 4 y 5 MM³ durante un ciclo hidrológico, dato que debería precisarse con estudios hidrometeorológicos e hidrogeológicos detallados.

La reducción de la masa glaciaria y la capacidad de regulación hídrica en la cabecera de cuenca del Mantaro se han visto alteradas, haciendo que los caudales aportantes hacia las cuencas medias y bajas se reduzcan drásticamente. Esto es percibido por la población aledaña, quienes manifiestan que la cantidad de agua está disminuyendo y los periodos tradicionales de sembrío han sido afectados por el atraso o adelanto de las precipitaciones. Estos cambios en el clima y el régimen hídrico son percibidos hace cinco años aproximadamente según los comentarios de la población de Acobambilla y San José de Puituco, poblados ubicados en la cuenca baja del glaciar Condoray.

3.5.3. Cordillera Huanzo

Geográficamente está comprendida en las coordenadas 14°12'00" y 15°00'00" de latitud Sur y 72°11'00" y 72°34'00" de longitud Oeste con orientación NO-SE, extendiéndose a lo largo de aproximadamente 50 km en pequeños grupos de montañas nevadas. Hidrográficamente se ubica en las cuencas Ocoña y Camaná en la región hidrográfica del Pacífico y la intercuenca Alto Apurímac en la región hidrográfica del Amazonas. Políticamente abarca la jurisdicción de las provincias de Parinacochas (Ayacucho), La Unión y Condesuyos (Arequipa), Chumbivilcas (Cusco) y Antabamba (Apurímac), en la Vertiente del Atlántico.

Según el inventario publicado en 1970 (con información levantada en 1962), la superficie glaciaria de la Cordillera Huanzo fue de 36.9 km², al 2015 INAIGEM determinó una superficie de 3.8 km²; es decir, en un periodo de 53 años la pérdida de área glaciaria fue de 33.1 km², equivalente al 90% de su área determinada para el año 2015. Esto significa que en un periodo no muy lejano su cobertura glaciaria desaparecerá totalmente.

El glaciar Atashira contaba con 0.91 km², al 2016 el INAIGEM estimó una superficie glaciaria de 0.43 km² lo que significa que este glaciar también perdió casi en el mismo periodo un área de 0.48 km² equivalente a un 53%. (ver figura 3).

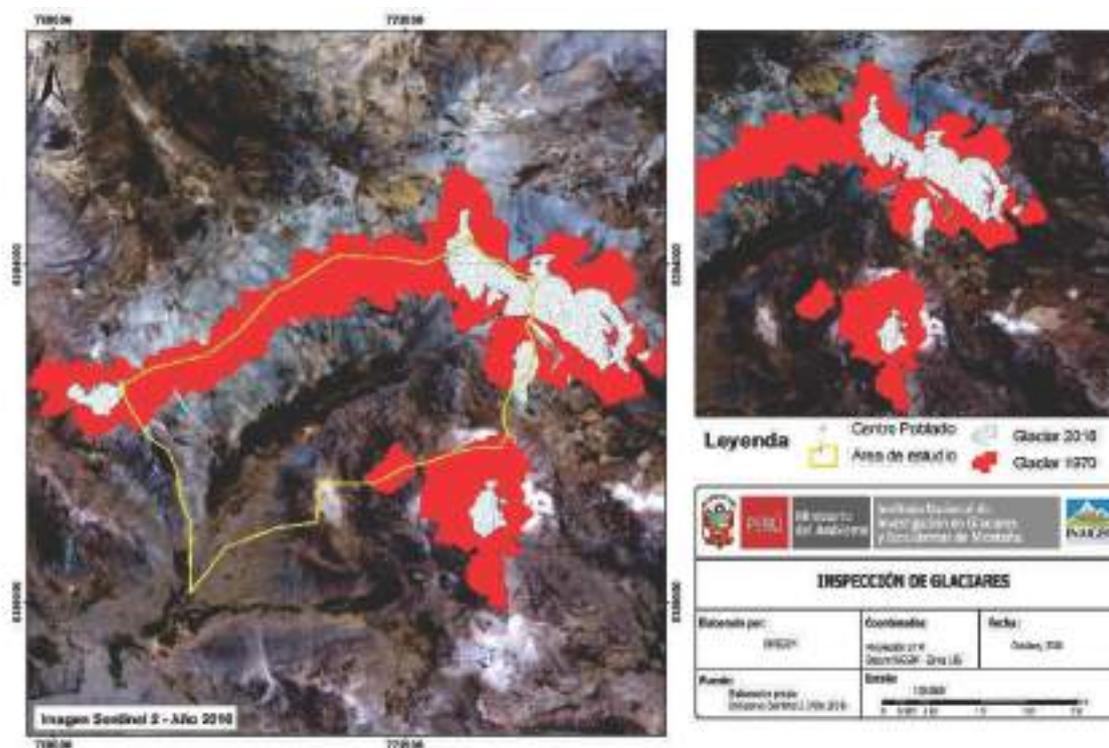


Figura 3. Comparación de superficies del glaciar Atashira entre los años 1962 y 2016

El glaciar Huaychahui, ubicado en la cabecera de la subcuenca Cotahuasi, en el distrito de Puyca, provincia de La Unión en la región Arequipa, alimenta a la laguna Pucaray. Según versiones de los pobladores de la zona, este glaciar ocupaba una gran superficie en las cumbres, señalándonos referencialmente los límites a los cuales llegaban los frentes (ver fotografía 1). En la actualidad solo existe un casquete de hielo que será necesario monitorear, dada su desaparición inminente.



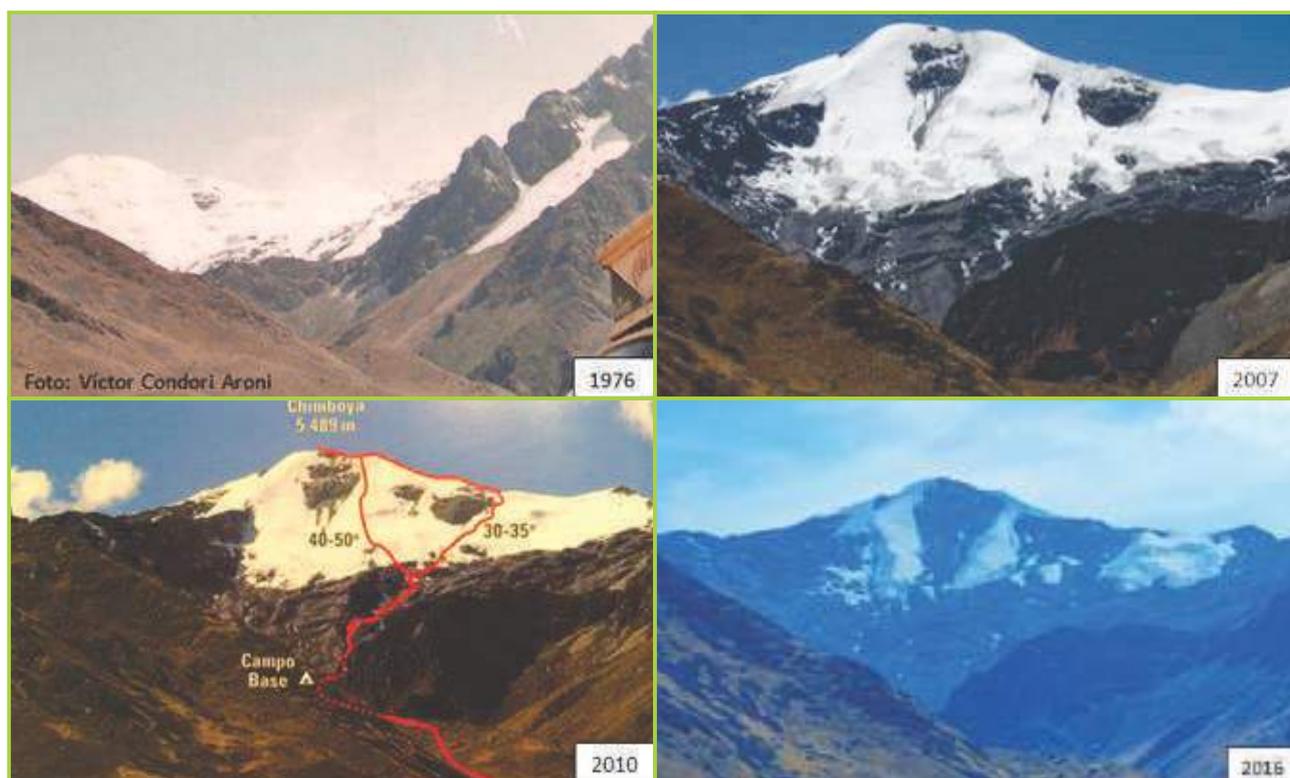
Fotografía 1. *Nevado Huaychahui en la Cordillera Huanzo al 2016. La línea roja indica el límite de la superficie que tenía el glaciar, según los pobladores*

3.5.4 Cordillera La Raya

Está situada en las inmediaciones del nudo de Vilcanota, se extiende aproximadamente a lo largo de 15 km, en dirección noroeste. Se encuentra en la divisoria de los departamentos de Puno y Cusco, encuadrada entre los 14°20'00" y 14°33'00" de latitud Sur y 70°48'00" y 71°02'00" de longitud Oeste. Hidrográficamente se ubica en la cuenca del río Urubamba de la vertiente del Amazonas, así como entre las cuencas Azángaro y Pucará pertenecientes a la vertiente del Titicaca. Políticamente abarca la jurisdicción de los distritos de Maranganí y Layo dentro de las provincias de Canchis y Canas en Cusco y el distrito de Santa Rosa en la provincia de Melgar, en Puno.

De acuerdo al Inventario de Glaciares del Perú (Hidrandina, 1989), esta cordillera poseía un área glacial de 11.3 km²; al 2015, el INAI GEM en base a imágenes satelitales ha estimado un área de 2.3 km², lo que significa que la reducción de su área glacial está en el orden del 80%. Si esta tendencia continúa, el glaciar desaparecerá completamente en corto tiempo.

El glaciar Chimbolla, que se encuentra entre los departamentos de Cusco y Puno, muestra un retroceso marcado de su área glacial, el cual modifica el paisaje (ver fotografía 2). Los cambios que se muestran en las fotografías son claros: podemos ver cómo al 2010, la masa glacial se ha reducido en gran medida en comparación a 1976. Al 2016, la fotografía muestra una lengua glacial dividida en dos partes hacia la quebrada.



Fotografía 2. Comparación fotográfica del glaciar Chimbolla - Cordillera La Raya

La microcuenca Quillca se considera una de las más afectadas dentro de este ámbito, dado que su fuente principal de abastecimiento hídrico son las aguas provenientes de los nevados Condorcota, Quillca, Chinchina y Hualahuantay, en inminente reducción de su superficie glaciar (ver fotografía 3). Parte de este sistema hidrológico lo conforma la laguna Quillca, que en la actualidad recibe el aporte principalmente del nevado Condorcota con caudales promedio de 10 l/s en temporada de estiaje.



Fotografía 3. Se observa el nevado Hualahuantay sin cobertura nival. La línea roja demarca los límites aproximados de los glaciares en 1962

Actualmente, de acuerdo a la evaluación preliminar realizada en los departamentos de Junín, Huancavelica, Huánuco, Arequipa, Apurímac, Cusco y Puno, se ha determinado que los glaciares en extinción en las cordilleras de Chila, Chonta, La Raya y Huanzo (ver figura 4), se encuentran en un proceso acelerado de reducción de masa glaciar, próximos a desaparecer. Las consecuencias podrían ser muy graves para las poblaciones que dependen del agua que aportan dichos glaciares.

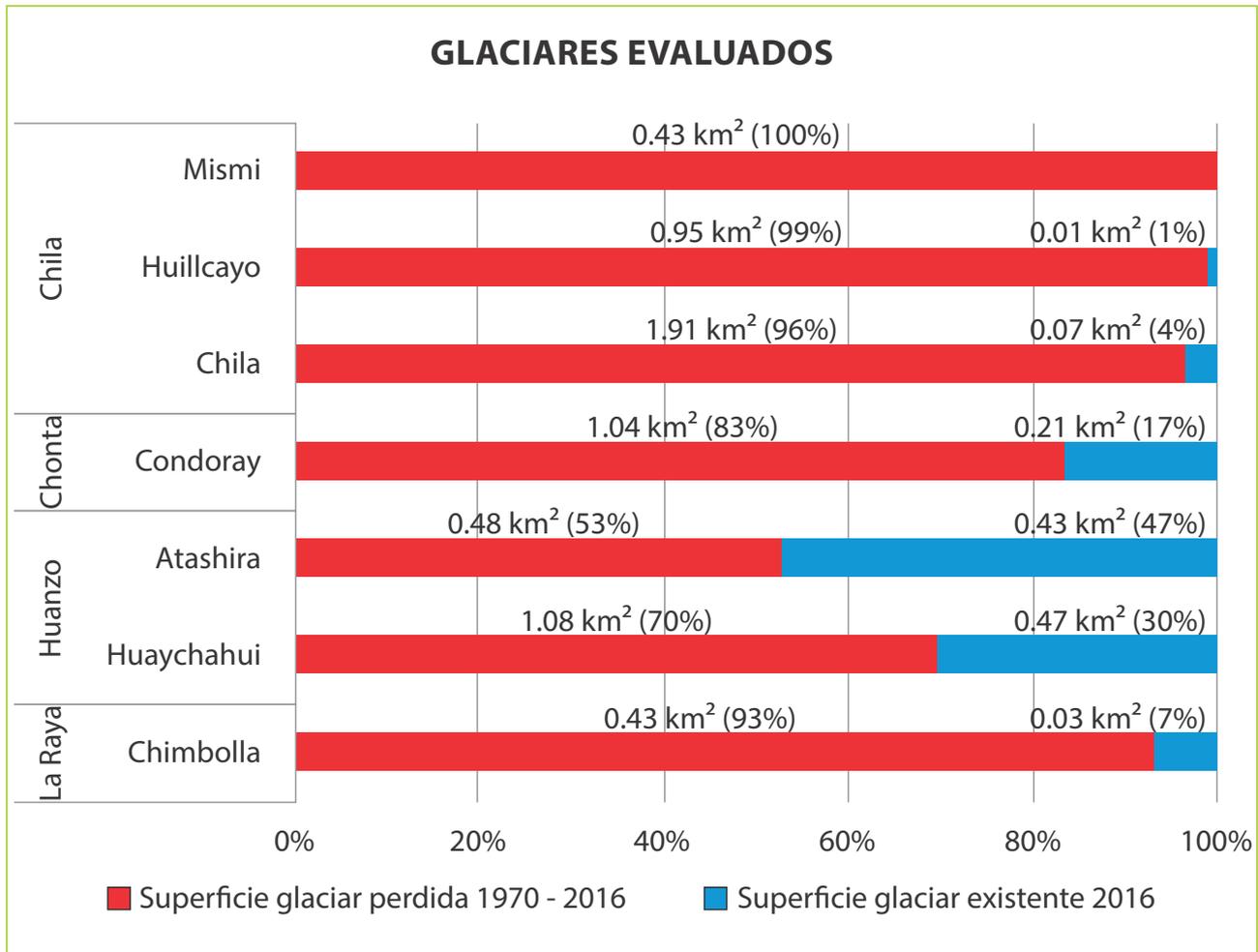


Figura 4. Comparación de los glaciares evaluados donde se observa la pérdida de masa glaciar (rojo), y las áreas donde todavía hay cobertura glaciar (azul)

En el caso de los glaciares que están presentes en nuestro territorio, al ser estos tropicales, son muy sensibles al incremento de la temperatura, lo cual está provocando una fusión acelerada y consecuente reducción de área. Al 2016 y en relación al inventario publicado en 1970 (con datos de 1955-1962), se ha estimado que nuestro país ha perdido 1,085.32 km² de superficie glaciar, lo cual representa el 49.51% en 54 años.

También es importante señalar que los cambios en los patrones climáticos influyen en materia de riesgos glaciares como: avalanchas (debido a la inestabilidad de las masas de hielo a causa de las variaciones de temperatura o desbordes de lagunas), deslizamientos, derrumbes, aluviones, entre otros.

3.6. Impactos del cambio climático en los ecosistemas de montaña

El cambio climático es un fuerte propulsor de la pérdida de biodiversidad. La capacidad de las plantas, los animales y los microorganismos de adaptarse naturalmente a los cambios graduales del clima, se reducirá drásticamente en el próximo siglo, debido a eventos sin precedentes como inundaciones y sequías, acidificación de los océanos y aparición de nuevas plagas. Los ecosistemas de montaña son el centro de origen y domesticación de muchos cultivos importantes como tubérculos, hortalizas y granos. Estos centros también albergan una gran diversidad de parientes silvestres de cultivos. Pero las montañas son también entornos frágiles donde la agrobiodiversidad está sometida a la presión de los impactos del cambio climático (Convenio sobre la Diversidad Biológica - 2009).

Los ecosistemas de montaña son el hogar de familias campesinas que cultivan la tierra para el consumo familiar o para la venta en los mercados locales; generalmente estas regiones no son el escenario más propicio para la agricultura comercial de gran escala. Los sistemas agropecuarios tradicionales poseen una gran agrobiodiversidad que se está perdiendo debido al cambio climático, originando la disminución de los niveles de producción. En consecuencia, preservar y promover la agrobiodiversidad es una estrategia clave de adaptación que mejora la seguridad alimentaria (Hall, G., Patrinos, H.A., 2005).

Agrobiodiversidad hace referencia a la diversidad genética y a la variedad de los elementos del agroecosistema: cultivos, animales, plantas y microorganismos. Un ecosistema agrícola o agroecosistema, es una unidad controlada diseñada y manejada por el ser humano para producir alimentos, combustible y fibras. La productividad sostenible de los agroecosistemas depende del equilibrio entre las diversas especies, organismos y materia inerte.

Por otro lado, la agroforestería es un sistema que busca diversificar la producción agrícola y conservar la biodiversidad local, y es una estrategia importante de adaptación al cambio climático en los ecosistemas de montaña. A la fecha, AGRORURAL viene liderando esta iniciativa. El INAIGEM como parte de su plan estratégico institucional tiene como objetivo generar conocimiento científico y tecnológico para agregar valor, generar proyectos de recuperación y conservar los ecosistemas de montaña en base a información científica.

El desarrollo de marcos políticos y legales adecuados, para promover y proteger la agrobiodiversidad y reducir la extracción de especies nativas de los ecosistemas de montaña, es importante para contribuir al desarrollo de estrategias de adaptación, mejorar el acceso a financiamiento y ampliar el alcance de las acciones. No obstante, incorporar las dimensiones del cambio climático en políticas relevantes y en marcos legales es aún un reto para el Perú.

Un ejemplo nacional es el proyecto de Desarrollo de Alternativas de Uso Sostenible de la Agrobiodiversidad Vegetal Nativa en Comunidades Tradicionales Altoandinas de Perú. El proyecto, implementado por la Coordinadora de Ciencia, Tecnología en los Andes (CCTA) y con la participación de 11 comunidades andinas, promovió innovaciones tecnológicas para reducir la vulnerabilidad de la producción agrícola local al cambio climático, particularmente a través de la incorporación del conocimiento tradicional sobre la agrobiodiversidad vegetal nativa en las prácticas de producción agrícola en ecosistemas de montaña.

Las políticas nacionales y los marcos legales deben proteger las culturas tradicionales y la agrobiodiversidad, además de regular el uso de la biotecnología. El fortalecimiento del intercambio de información y la implementación de iniciativas regionales pueden fortalecer la capacidad técnica e institucional para integrar la agrobiodiversidad en las estrategias de adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña.

3.7. Riesgos asociados a glaciares y los ecosistemas de montaña

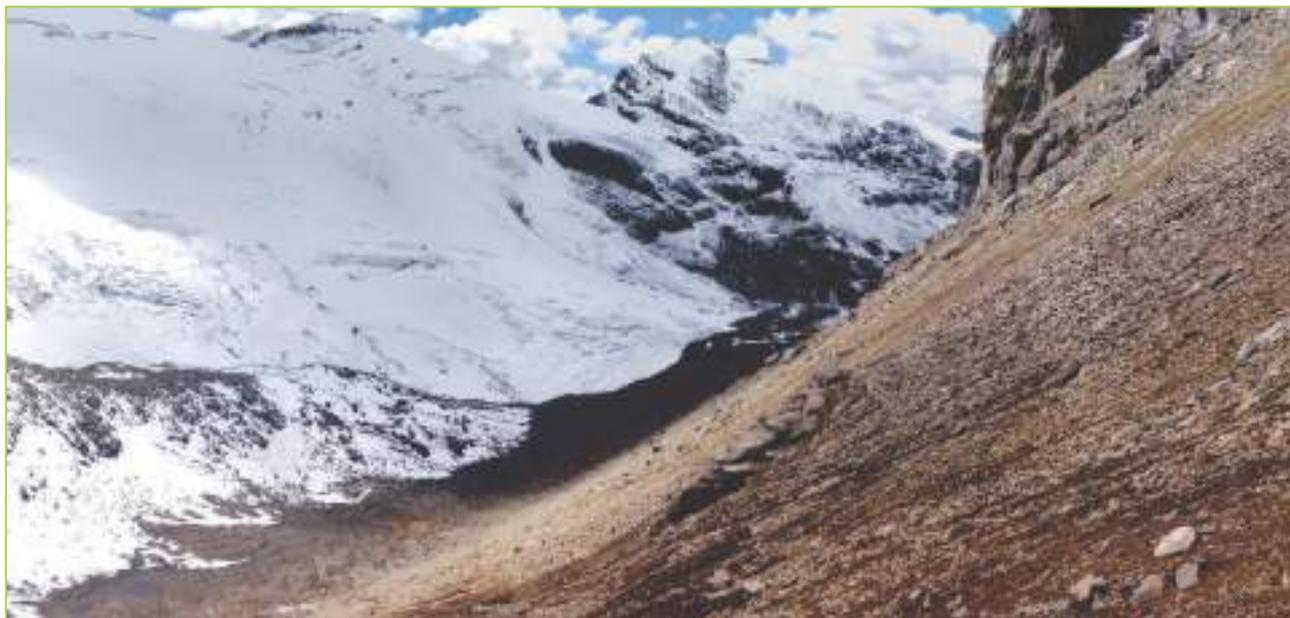
Un aspecto ligado intrínsecamente a las montañas son los riesgos de desastres, especialmente si se tiene la presencia de 19 cordilleras glaciares que se ubican en la sierra del Perú, cada una con muchos glaciares con diversas características, cuyas dinámicas indefectiblemente van a generar peligro para las poblaciones que habitan cerca de estos espacios. Pero la naturaleza de las montañas es así. Entonces se tiene que gestionar el riesgo generado a través de las experiencias y la investigación, de manera que se cuente con conocimiento científico confiable para enfrentar estos riesgos.

En tal sentido, el INAIGEM está preparado para atender la demanda de información, conocimiento y tecnología para mitigar los peligros; además de reducir la vulnerabilidad de las poblaciones, aminorando los riesgos de sufrir desastres. Sin embargo, las condiciones están cambiando rápidamente, debido a las sucesivas crisis climáticas globales; en consecuencia, es necesario actualizar permanentemente los diagnósticos respectivos y en base a ello formular las recomendaciones a las instancias de decisión correspondientes.

En el caso de las lagunas de origen glaciar, por ejemplo, en la Cordillera Blanca se ha identificado que las siguientes son peligrosas: Rajucolta, Palcacocha, Tullparaju, Mullaca, Ocshapalca, laguna 513, la laguna en formación Artesoncocha Alta, Cochca, Rajupaquinan, Artizón Baja y Alta, Arhuaycocha, Safuna Alta y Baja, Cancaracá Grande y Yanaraju. Se ha priorizado para un monitoreo más detallado y frecuente, las siguientes lagunas: Rajucolta, Palcacocha, Tullparaju, Cuchillacocha, laguna 513, laguna en formación Artesoncocha Alta, Cochca, Rajupaquinán y Arhuaycocha.

De otro lado, el INAIGEM atiende pedidos de emergencia solicitados por los gobiernos locales y regionales, realizando estudios y evaluación técnica de áreas críticas donde las poblaciones se encuentran afectadas por deslizamientos, derrumbes y caída de rocas, como los realizados en el centro poblado de Rampac Grande en Carhuaz, y en los deslizamientos ocurridos en los centros poblados de Quechcap y Balcón de Judas, en Huaraz.

De las inspecciones de campo, se ha observado que la exposición del basamento rocoso que se encontraba con cobertura glaciar, está generando una cantidad importante de zonas peligrosas con caída de roca muy localizada, producto de la meteorización y posterior erosión de las laderas hacia las partes más bajas. Se requiere profundizar los estudios de geodinámica externa para determinar con mayor exactitud los riesgos de origen glaciar, ya que son eventos que se están generando a medida que se produce su retroceso (ver fotografía 4).



Fotografía 4. *Vista panorámica de una zona de caída de rocas en la Cordillera Huanzo, generada por la exposición prolongada a la intemperie. Anteriormente estos afloramientos se encontraban con cobertura glacial*

3.8. Situación actual de las obras de seguridad de lagunas consideradas peligrosas

Se realizaron inspecciones técnicas de las diferentes obras de seguridad, evaluando el estado de las mismas, según se resume en el cuadro 2. (Ver fotografías del 5 a 8).

Cuadro 2. Resultados de la inspección a las obras de seguridad en lagunas peligrosas

N°	Laguna	Estado Situacional
1	Rajucolta	Estructuralmente el dique no ha sufrido daño alguno, el dique es morrénico con borde libre reducido, requiere estudios de modelamiento (ver fotografía 8).
2	Palcacocha	Esta obra no presenta daños estructurales en el dique actual, sin embargo, es necesario mencionar el peligro latente de los glaciares colgados existentes. Pero es imperioso bajar el nivel de la laguna según el resultado del modelamiento de flujo de escombros.
3	Tullparaju	Estructuralmente no ha sufrido daño alguno el dique, hay presencia de glaciares colgando, pero se requiere mantenimiento de sus obras de arte, requiere estudios de modelamiento.
4	Mullaca	Estructuralmente no ha sufrido daño alguno en el dique, no hay peligro latente por desprendimiento de glaciares colgados, pero sí requiere mantenimiento de sus obras de arte.
5	Parón	La estructura y túnel no ha sufrido mayores cambios, requiere mantenimiento integral del sistema de descarga, nuevos estudios del túnel de la descarga, morrena terminal o frontal y glaciar Hatunraju.
6	Cuchillacocha	Estructuralmente no ha sufrido daño alguno, pero sí requiere mantenimiento de sus obras de arte y estudios de modelamiento, hay peligro potencial de desprendimientos de glaciares colgados.
7	513	Estructuralmente no ha sufrido daño alguno, pero se requiere mantenimiento de sus obras de arte, urge la construcción de un nuevo túnel, hay una alta probabilidad de desprendimientos de glaciares colgados.
8	Llaca	La estructura no ha sufrido alteraciones por el tiempo, se requiere mantenimiento de la obra.
9	Cochca	Tiene un canal de descarga, se requieren estudios de filtraciones.
10	Safuna Alta	Estructuralmente el túnel no presenta daños, pero la rápida, después del canal de salida está destruida. El nivel del espejo de agua está a 0.80 m por debajo del túnel, hay probabilidad de desprendimiento de glaciares colgados; sin embargo, hay una extensa zona de amortiguamiento que podría disipar la energía, por ello es necesario considerar las posibilidades y magnitudes que puedan afectar la obra de seguridad existente.
11	Arhuaycocha	Estructura visiblemente debilitada (aletas), se requiere mantenimiento de forma integral.



Fotografía 5. *Vista del dique artificial de la laguna Rajucolta*



Fotografía 6. *Vista del dique artificial de la laguna Palcacocha*



Fotografía 7. *Vista del dique artificial de la laguna Tullparaju*



Fotografía 8. *Vista del dique artificial de la laguna Cuchillacocha*

3.8.1. El caso de la laguna Palcacocha

En 37 años la laguna Palcacocha, que en 1941 se desembalsó y cubrió la tercera parte de la ciudad de Huaraz, ha incrementado 34 veces su volumen. De los 514,800 m³ que tenía en 1972, un monitoreo en el 2009, expuso una preocupante realidad: ahora tiene 17'325,206 m³.

Desde inicios del 2016 y en adelante, a través del INAIGEM, se logra reconsiderar en las agendas de las autoridades (gobiernos Nacional, Regional, Provincial y Distrital), la necesidad de realizar la obra de seguridad para la laguna Palcacocha, en salvaguarda de la vida de los ciudadanos de Huaraz y del Callejón de Huaylas, y la infraestructura aguas abajo del río Santa (carreteras, puentes, aeropuerto, Central Hidroeléctrica Cañon del Pato, bocatomas de las irrigaciones de Chavimochic y Chinecas, entre otros.)

Sin embargo, este no es el paso definitivo para evitar el desastre. Se estima que, luego del trabajo de seis meses para descender el nivel de la laguna, se debe reforzar del dique construido hace 34 años y se deberá ampliar el canal que existe ahora. El presupuesto estimado para realizar esta obra es de S/. 20 millones, que debe ser aprobado por el Gobierno Regional del Áncash.

Es de resaltar que el INAIGEM realiza el seguimiento y observación continua del comportamiento de los niveles de la laguna, mediante visitas periódicas, aforos y registros de nivel del espejo de agua que ayude a interpretar lo que sucede en esta zona. Ver Fotografía 9.



Fotografía 9. *Áreas de la cuenca glaciar de Palcacocha*

Los aforos realizados en los meses de marzo, mayo y julio (ver fotografía 10), así como las estimaciones realizadas en agosto y noviembre nos muestran la variación estacional de los caudales, si bien estos valores son sólo puntuales, evidencian con claridad los sucesos en el contexto del Fenómeno El Niño y posteriores.



Fotografía 10. *Inspección de la laguna Palcacocha por el personal de INAIGEM*

En la figura 5, se observan los caudales registrados.

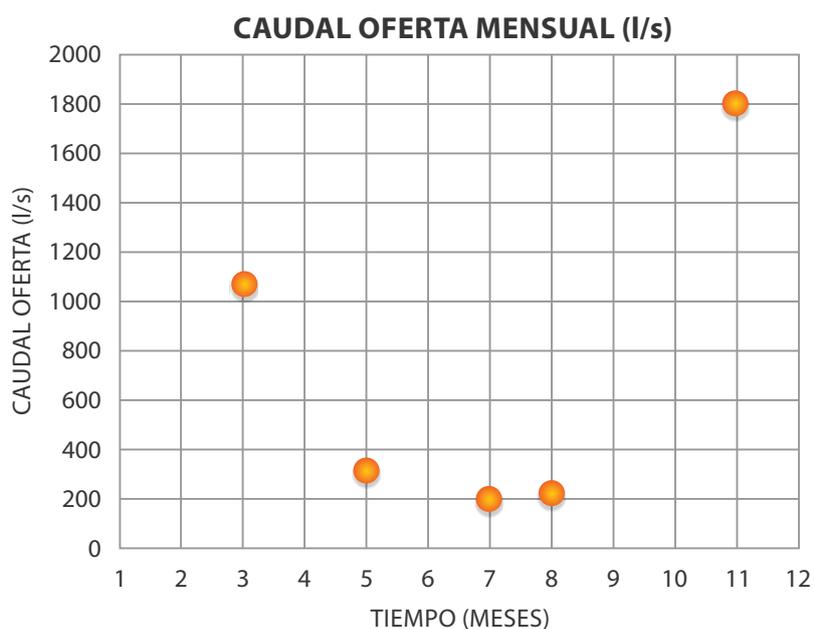


Figura 5. *Variación del caudal mensual de la laguna Palcacocha*

De estos registros tenemos que el caudal mínimo de oferta de la laguna Palcacocha en este año fue de 198 l/s, asimismo en la figura 5, podemos ver el salto que aconteció la última semana del mes de noviembre, que se considera un dato importante dado que en esa fecha no se presentaron precipitaciones, el caudal se estimó en 1800 l/s, el cual obedece al aporte producto de la fusión neta de los glaciares.

La fusión de los glaciares, a consecuencia de eventos climáticos anómalos como el incremento de la temperatura, incremento de radiación, disminución de la humedad relativa y escasa nubosidad, puede multiplicar hasta en ocho veces la crecida de los caudales. Por tanto, es de suma urgencia tener en esta zona un registro continuo de información hidrometeorológica, que puede ser generada a través de la instalación de sensores.

3.9. Estrategias de la investigación en glaciares y ecosistemas de montaña

Durante el 2016, el INAIGEM ha trabajado bajo una pauta estratégica sobre la cual ha desarrollado sus actividades y es como sigue:

3.9.1. Priorización de intervención institucional

Se priorizaron 23 cuencas como un espacio de articulación de intervención integral de las tres direcciones de línea: Glaciares, Ecosistemas de Montaña y Gestión del Conocimiento. La priorización de las 23 cuencas se basa en la Estrategia Nacional Frente al Cambio Climático en el marco de la Política Nacional Ambiental aprobada por el Estado, que promueve la incorporación del cambio climático como un elemento condicionante cuya especial consideración es fundamental para el desarrollo sostenible. La gestión de riesgos climáticos se viene incorporando gradualmente en otras Políticas de Estado. Esta consideración determina que los sectores y los diferentes niveles de gobierno asuman la obligación de formular políticas, estrategias y planes de acción dirigidos a la gestión efectiva ante el cambio climático.

3.9.2. Enfoque de gestión de cuencas

A partir de las cordilleras glaciares se seleccionaron 11 cuencas (ver mapa 1) como espacios geográficos de planificación a nivel nacional, que han sido seleccionadas por la magnitud de los glaciares, por el grado de desglaciación y, dentro de ello, por la importancia que tienen para los ecosistemas que representan. Como INAIGEM, la gestión de cuencas está alineada a la ejecución de la Política Nacional del Ambiente y el Plan Bicentenario “El Perú hacia el 2021”, que reconocen y posicionan la conservación de la diversidad biológica en ecosistemas de montaña como un eje de política y objetivo nacional para impulsar el desarrollo de nuevas actividades económicas sostenibles, inclusivas y de alto valor agregado.

3.9.3. Focalización de la intervención

Como se ha manifestado, el límite altitudinal inferior de los ecosistemas de montaña que venimos manejando institucionalmente son los 1,500 m s.n.m., y el límite superior los picos de los nevados. Por razones de logística, es imposible abarcar todo este espacio a nivel nacional. En este primer año se ha focalizado la intervención en el departamento de Ancash, específicamente en las cabeceras de las subcuencas por encima de los 3,500 m s.n.m., seleccionadas por los servicios ecosistémicos que vienen brindando (ver mapa 1). Son en estos espacios donde se han instalado las parcelas de investigación. Es importante el trabajo que se viene realizando con el Parque Nacional Huascarán, cuyo mayor ámbito se encuentra sobre los 3,500 m s.n.m.

3.9.4. Alianzas estratégicas

La recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña, así como la gestión de riesgos, requiere la confluencia de actores involucrados que permitan enfrentar la generación de conocimientos científicos y tecnológicos, para que luego éstos se puedan expandir a mayor escala y contribuyan con el desarrollo local y nacional. Hasta la fecha se ha logrado firmar 20 convenios con diversas instituciones públicas y privadas y asociaciones civiles, tanto nacionales como internacionales (SERNANP, INDECI, MINAM, CIP, UNASAM, SENAMHI, ADEFOR, TMI, UNALM, IGP, Embajada de la República Checa, IRD y la Universidad de Waterloo de Canadá, además de las Comunidades Campesinas de Cátac y Cajamarquilla).

Mapa 1. Cuencas priorizadas a nivel nacional



3.9.5. Priorización de las líneas de investigación

En el caso de los glaciares, la investigación se orienta básicamente a dos aspectos:

- Relación de la evolución de la disminución de superficie glaciar y el régimen del recurso hídrico aguas abajo. En el inventario de glaciares se estima la reducción y el patrón de cambio en términos de área y volumen a nivel regional, cuyos resultados reflejan el comportamiento de los glaciares en el tiempo. En el caso del monitoreo glaciar, este proporciona el volumen de agua que se pierde anualmente y determina su relación con la escorrentía aguas abajo.
- Relación de la reducción de superficie glaciar y la posible generación de fenómenos como aluviones debido a avalanchas, caída de rocas, deslizamientos y otros procesos de remoción y flujos de masa. En este caso se efectúa un estudio interdisciplinario de los glaciares circundantes, lagunas y diques naturales, para determinar la magnitud o nivel de peligro que representan.

En el caso de ecosistemas de montaña, las líneas de investigación están basadas en tres aspectos:

- En base al Mapa Nacional de Cobertura Vegetal elaborado por el MINAM (2015) se han seleccionado los siguientes ecosistemas: pajonales, humedales (bofedales y cochas), bosques relictos altoandinos, bosques de puyas y plantaciones forestales. La priorización está enfocada en la recuperación y conservación de los servicios ambientales que brindan estos ecosistemas, principalmente en el de regulación hídrica, agrobiodiversidad, aspectos sociales, culturales, económicos y de representatividad.
- La Estrategia Nacional de Diversidad Biológica (ENDB), de acuerdo con la Ley N° 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica, es el principal instrumento para la gestión de la biodiversidad en el Perú.
- La Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC), aprobada por el Consejo de Ministros y publicada a través del DS N°011-2015-MINAM, cuya especial consideración es fundamental para el desarrollo sostenible.

3.9.6. Incorporación de las poblaciones que viven o se benefician de los ecosistemas

Todas las parcelas de investigación que se vienen instalando, desde su concepción, implementación y generación de conocimientos, es con la participación activa de la población local que depende directamente de los servicios ecosistémicos que los ecosistemas de montaña les brindan, siendo el agua y los suelos aptos para la agricultura los más importantes.

3.9.7. Formación de jóvenes profesionales

Se viene impulsando las tesis de investigación de grado universitario y post grado. En este año se han firmado convenios con la Universidad Nacional Agraria - La Molina y la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, que ha dado lugar a 7 tesis en proceso.

3.9.8. Aplicación y expansión de resultados

En este año se viene trabajando con el Gobierno Regional de Áncash y con los Gobiernos Locales de Huaraz, Independencia, Cátac y Cajamarquilla, desde la concepción hasta la instalación de las parcelas de investigación. Esto como una estrategia que facilita el fortalecimiento y transferencia de capacidades que tiene previsto el INAIGEM en su Plan Estratégico Institucional, así, se busca que los resultados obtenidos de manera conjunta sean fácilmente implementados e incorporados en las herramientas de gestión de cada institución.

3.9.9. Articulación

El INAIGEM se viene articulando al desarrollo económico, cultural, turístico y deportivo de la región Ancash. Es una estrategia empleada como una forma de poner en valor los conocimientos científicos y tecnológicos que se logren. La estrategia se aplica a través de los Corredores Ecosistémicos con alianzas público-privadas. Ver Mapa 2.

**SITUACIÓN DE LOS
GLACIARES Y LOS ECOSISTEMAS
DE MONTAÑA DEL PERÚ AL 2016**



4. SITUACIÓN DE LOS GLACIARES Y LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN EL PERÚ AL 2016

A continuación, se presenta de manera resumida el trabajo realizado por el INAIGEM en el año 2016, el cual fue un periodo de consolidación como institución de investigación, y de lecciones aprendidas hacia el objetivo de trabajar con excelencia en beneficio de nuestro país.

4.1 Glaciares

4.1.1. Cordilleras glaciares

Los glaciares tropicales existentes en nuestro país se constituyen como una de las más importantes reservas de agua dulce; y, por su gran sensibilidad al cambio climático, estos glaciares son excelentes indicadores de la evolución del clima.

En Sudamérica, los glaciares tropicales están ubicados mayoritariamente en la cordillera de los Andes: 71% en Perú, 21% en Bolivia, 4% en Ecuador y 4% en Colombia. Actualmente presentan un retroceso acelerado desde mediados de los años 70 y aquellos ubicados por debajo de los 5,500 m s.n.m. probablemente desaparecerán en los próximos 20 o 30 años (MINAM, 2010).

En el Perú, entre 1962 y 2016 (54 años), la reducción estimada de la superficie glaciar es del orden de 53.56% (Hidrandina - INAIGEM). Las 18 cordilleras que se han identificado en nuestro país ocupaban un total de 1,114.11 km² al 2016 (con los datos de Hidrandina e INAIGEM, ver cuadro 3 y figura 6). Es preciso mencionar que, del total de cordilleras con cobertura glaciar en el Perú, cinco se encuentran en proceso de extinción y la sumatoria de sus superficies no es más de 10 km². Tres de estas cordilleras (Chila, Huanzo y Chonta), presentan una reducción de superficie glaciar superior al 95%. Las otras dos: La Raya y La Viuda, presentan valores de reducción sobre el 80%. Carabaya y Huallanca tienen reducciones de área superiores al 70%. Huagoruncho, Urubamba, Ampato, Huaytapallana y Central, tienen valores de pérdida cercanos al 70%. Apolobamba y Raura presentan valores sobre el 50% de pérdida. Vilcanota muestra una reducción de área cercana al 50%. Las cordilleras Blanca y Huayhuash, reducciones de área cercanas al 40%.

Cuadro 3. Distribución de los glaciares en el Perú por cordilleras nevadas 1962 – 2016

N°	CORDILLERA	(Hidrandina S.A., 1989)		Hidrandina S.A. (1989), corregido por INAIGEM		(CONAM, 2001)		(ANA, 2014)		(INAIGEM, 2017)		Reducción glaciar 1989: (Hidrandina - Revisión INAIGEM) 2017: INAIGEM	
		Año	Área glaciar (km ²)	Año	Área glaciar (km ²)	Año	Área glaciar (km ²)	Año	Área glaciar (km ²)	Año	Área glaciar (km ²)	Pérdida de superficie (km ²)	Reducción del área glaciar (%)
1	Blanca	1962	723.37	1962/1975	726.26	1997	611.48	2003	527.62	2016	448.81	277.45	38.20
2	Huallanca	1962	20.91	1962/1975	21.05	1997	17.64	2007	7.01	2016	5.24	15.81	75.11
3	Huayhuash	1962	84.97	1962/1975	86.89	1997	71.68	2007	55.27	2016	53.06	33.83	38.93
4	Raura	1962	55.20	1962/1975	55.31	1997	28.92	2007	28.34	2016	25.62	29.69	53.68
5	Huagoruncho	1962	23.40	1962/1976	23.70	1997	13.38	2009	9.71	2016	7.58	16.12	68.02
6	La Viuda	1962	28.60	1962	28.60	1997	14.99	2007	6.03	2016	3.84	24.76	86.57
7	Central	1962	116.65	1962/1975-1978	117.20	1997	79.32	2007	51.91	2016	42.44	74.76	63.79
8	Huaytapallana	1962	59.08	1962/1984	68.05	1997	37.57	2009	26.40	2016	21.42	46.63	68.52
9	Chonta	1962	17.85	1962	17.85	1997	9.35	2009	1.40	2016	0.39	17.46	97.82
10	Ampato	1955	146.73	1955	146.73	1997	99.78	2010	60.96	2016	50.05	96.68	65.89
11	Urubamba	1962	41.48	1962/1975	76.16	1997	28.21	2009	26.39	2016	23.54	52.62	69.09
12	Vilcabamba	1962	37.74	1962/1975	261.45	1997	25.66	2009	129.15	2016	101.00	160.45	61.37
13	Huanzo	1955	36.93	1955/1975	39.31	1997	25.11	2010	4.51	2016	2.91	36.40	92.60
14	Chila	1955	33.89	1955	33.89	1997	23.05	2010	0.93	2016	0.19	33.70	99.44
15	La Raya	1962	11.27	1962	11.27	1997	7.66	2010	3.06	2016	1.90	9.37	83.14
16	Vilcanota	1962	418.43	1962/1975	495.05	1997	375.75	2009	279.40	2016	255.44	239.61	48.40
17	Carabaya	1962	104.23	1962/1975	107.17	1997	70.88	2009	34.53	2016	31.05	76.12	71.03
18	Apolobamba	1962	81.12	1962/1975	83.12	1997	55.16	2010	45.25	2016	39.63	43.49	52.32
TOTAL			2,041.85		2,399.06		1,595.59		1,297.87		1,114.11	1,284.95	53.56

4.1.2. Inventario de glaciares al 2016

Se está desarrollando el inventario de glaciares en las 18 cordilleras glaciares que nos ha de permitir determinar la pérdida de las masas glaciares en el periodo de 1962-2016. Se estimará la oferta hídrica superficial y se caracterizará su peligrosidad, cuando se concluya el inventario de lagunas (trabajo complementario al inventario de glaciares).

Los datos usados para el desarrollo del inventario 2016 son mapas topográficos a escala 1:25,000, imágenes de satélite Sentinel – 2 de 10 m de resolución espacial y Modelos Digitales de Elevación (MDE) ALOS PALSAR de 12.5 m.

La combinación de los datos satelitales y MDE permitió mejorar los resultados para mapear los glaciares y lagunas de origen glaciar. La metodología se basa en el cambio espacio-tiempo de los glaciares y las lagunas a nivel de subcuencas, donde se analizó el estado y la dinámica a través de las técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica.

El inventario de los glaciares y lagunas de origen glaciar con datos actualizados son necesarios como estrategia para contribuir con la gestión de los recursos hídricos y la gestión de riesgos de origen glaciar en zonas de alta montaña.

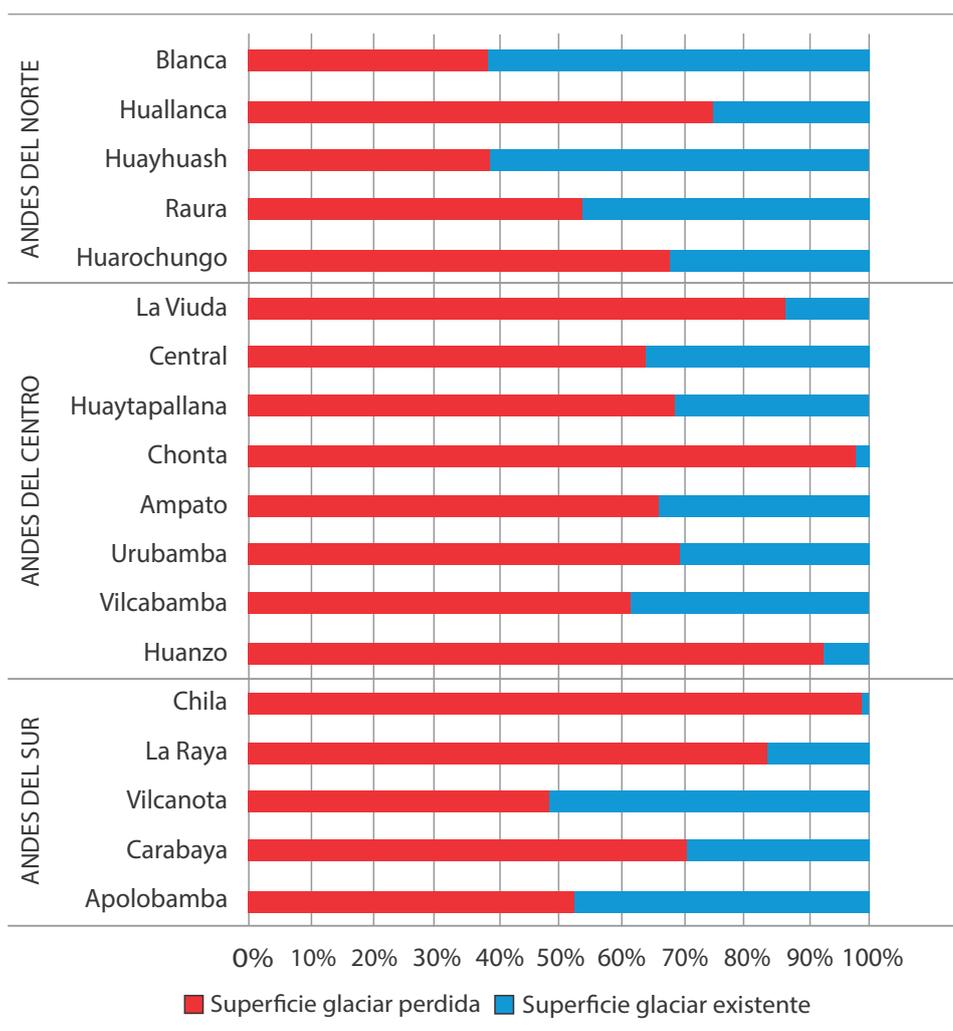


Figura N° 6. Reducción glaciar porcentual por cada cordillera

4.1.3. Monitoreo de cordilleras glaciares en el Perú

El monitoreo glaciar en el Perú se inicia en la década de los sesenta del siglo XX, siendo la División de Glaciología y Seguridad de Lagunas de la Corporación Peruana del Santa, quienes intervienen en los glaciares Broggi, Uruashraju, Yanamarey y Pucahirca. En los casos de los glaciares Pastoruri y Gajap, se emprendieron desde 1980.

Posteriormente, se amplió la red de monitoreo de los glaciares ubicados en la Cordillera Blanca - Ancash. En el 2007 se inicia el monitoreo de los glaciares Yanaucsha (Cordillera Huaytapallana), Tuallqui (Cordillera Ampato - AEDES) e Incachiriasca (Cordillera Vilcabamba). En el año 2008 se inicia el monitoreo de los glaciares Chaupijanca Norte y Sur de la Cordillera Huallanca. En el 2010, por iniciativa del Proyecto de Adaptación al Cambio Climático (PACC), del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD), Universidad de Zurich (UZH), Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) y el Proyecto Regional Andino de Adaptación al Cambio Climático (PRAA), se iniciaron los estudios en el glaciar Suyuparina (Cordillera Vilcanota - actualmente lo monitorea la UNSAAC) y finalmente el Quisoquipina (Cordillera Vilcanota).

En noviembre de 2016, el INAIGEM inicia el monitoreo glaciológico en las cordilleras Blanca (glaciares Llaca y Huilca) y Central (glaciares Ticlla y Sullcón), donde se concentra la mayor cantidad de cobertura glaciar y tiene mayor concentración demográfica del país (ver cuadro 5).

Cuadro 4. Monitoreo en glaciares priorizados por el INAIGEM

ESTUDIO	CORDILLERA	GLACIAR	COORDENADAS (WGS84)	FECHA DE MONITOREO
Monitoreo Glaciológico	Blanca	Huilca	8° 50.00' S 77° 35.96' W	29/04/2016 y 26/11/2016
		Llaca	9° 24.90' S 77° 25.90' W	10/03/2016
	Central	Ticlla	12° 15.62' S 75° 57.85' W	26/06/2016
		Sullcón	11°53.16' S 76°03.41' W	18/03/2016
Mediciones de Carbono Negro	Blanca	Shallap	9°28' 52.8" S 77°19' 58.8" W	2016
		Yanapaccha	9°01'85" S 77°35'06" W	2016

El número total de glaciares en el Perú es de 2,679 (ANA, 2014). La distribución de estudios glaciológicos por entidades nacionales y privadas al 2014, es la siguiente:

- **INAIGEM 0.30% (08 glaciares)**
- **La UGRH - ANA 0.34% (09 glaciares)**
- **UNSAAC de 0.07% (02 glaciares)**
- **SERNANP de 0.04% (01 glaciar)**
- **MILPO de 0.07% (02 glaciares)**

El monitoreo glaciar se complementa con el monitoreo geodésico y directo; estos, a la vez, se pueden complementar con métodos más elaborados como el energético e hidrológico, de manera que exista relación entre el derretimiento y la variabilidad de caudales.

4.1.4. Avances en el monitoreo glaciar al 2016

Para el monitoreo glaciar se realizaron estudios respecto a las mediciones de balance de masas glaciar y mediciones de carbono negro (estimación de carbono total) en la superficie de glaciares priorizados.

Se realizó la implementación glaciológica en los glaciares Llaca (inicio el 10 de marzo del 2016) y Huillca (inicio el 4 de mayo del 2016), ubicados en la Cordillera Blanca, cuyos resultados contribuirán a estudios para determinar la oferta hídrica. Estos datos son de suma importancia económica, dado que los principales demandantes del agua son los proyectos Chavimochic, Chinecas, Hidroeléctrica Cañón del Pato, empresas prestadoras de servicios de agua potable de la ciudad de Trujillo y parte de la costa de Ancash y el Callejón de Huaylas, además de los agricultores y ganaderos en las mismas quebradas.

A su vez, se ha concretado la implementación glaciológica en los glaciares Sullcón (inicio el 18 de marzo del 2016) y Ticlla (inicio 24 de junio del 2016 - Ver fotografía 11), ubicados en las cuencas de los ríos Rímac y Cañete, respectivamente. Estas cuencas proveen de agua a proyectos hidroeléctricos importantes como Yuracmayo (Lima) y Platanal, (Cañete); a proyectos vitivinícolas, actividades turísticas y de deportes en Lunahuaná.

Los resultados preliminares del monitoreo glaciar del INAI GEM se han tomado del glaciar Huillca, donde el balance de masas en el periodo de estiaje es $-1,140.8$ mm equivalente de agua, el volumen de fusión de agua es $-1'329,288.20 \text{ m}^3$, lo cual se refleja en el incremento del caudal aguas abajo. La toma de data y los cálculos se realizaron entre el 29 de abril al 26 de noviembre del 2016 (época de estío en 211 días).



Fotografía 11. *Perforaciones para obtener la densidad del glaciar en la zona de acumulación en el glaciar Ticlla*

El retroceso glaciar desde la primera medición fue en promedio de -10.40 m, en un periodo de 211 días, de abril a noviembre (ver fotografía 12), considerando para esto un ángulo de medición de 39.28° en los tres puntos fijos de control con dirección sur este.



Fotografía 12. Muestra la lengua glaciar en dos periodos distintos en el año 2016, evidenciando los cambios significativos en los procesos de fusión y sublimación

Al mes de noviembre del 2016, se estableció una red con 10 balizas de 10 m de profundidad cada una; se tiene una área en la zona de acumulación de 795,816.281 m² con una Acumulación Área Ratio (AAR) de 59,6%, y una área en la zona de ablación de 538,960.525 m², una Línea de Equilibrio Altitudinal (ELA) igual a 5,197.9 m s.n.m., a una confianza de 97%; las velocidades de desplazamiento oscilan entre 35.5 y 51.8 m en los 211 días de análisis (abril a noviembre), diferencias de alturas que oscilan entre 8.4 y 11.93 m.

Al momento, los resultados que está arrojando el procesamiento de los balances de periodo de estiaje muestran que hay una mayor pérdida de masas glaciares en este periodo (abril-noviembre), análisis que se explica por la influencia directa del clima sobre los glaciares, el cual influye negativamente sobre los cuerpos de hielo de nuestras cordilleras.

El carbono en los glaciares de la Cordillera Blanca

La acumulación de carbono negro en los glaciares ejerce un forzamiento radiativo positivo que produce el calentamiento de la superficie glaciar, absorbiendo la energía solar y transfiriéndola a la nieve en forma tal que su calor acelera la fusión. En base a esta teoría se ha evaluado la presencia de carbono negro en el glaciar Shallap (ubicado en la subcuenca del río Quillcay) y en el glaciar Yanapaccha (ubicado en la subcuenca del río Ranrahirca). Ambas subcuencas se encuentran dentro de la cuenca de río Santa, en las provincias de Huaraz y Yungay, respectivamente, ambas en la región Ancash.

Sobre la base de muestras de nieve recogidas en estos glaciares durante el periodo octubre 2015 a agosto 2016, se evidenció que durante la época de lluvias, la cantidad de carbono negro en los glaciares estudiados es menor a la época de estiaje, siendo sus valores:

Mínimo:	10.7 ng/g en el glaciar Yanapaccha (octubre de 2015)
	61.4 ng/g en el glaciar Shallap (diciembre de 2015)
Máximo:	814.5 ng/g en el glaciar Yanapaccha (mayo de 2016)
	1583.3 ng/g en el glaciar Shallap (mayo de 2016)

* ng/g, es nanogramo de carbono negro sobre gramo de nieve

Los principales resultados son:

- Los valores máximos registrados han sido medidos en la zona de ablación (menor a 5,000 m s.n.m.) de cada glaciar.
- El carbono negro se deposita en los glaciares según la altitud: a mayor altitud, menor concentración de carbono negro; a menor altitud, mayor concentración de carbono negro.
- La presencia del evento ENSO (El Niño Oscilación del Sur) durante el período de estudio ocasionó escasas precipitaciones sólidas en los glaciares, lo cual favoreció la deposición seca del material particulado (incluido carbono negro) sobre los glaciares.
- La radiación solar total que llega sobre los dos glaciares en estudio se encuentra en el rango de 300,000.00 - 390,000.00 W/m²; cantidad de energía que es absorbida por el carbono negro y transferida a la nieve en forma de calor para alcanzar su punto de fusión, acelerando el proceso de derretimiento.
- La cantidad de nieve fundida a causa del carbono negro es mayor en el glaciar Shallap, alcanzando un máximo de 730.69 kg/g para el mes de mayo en la zona de ablación; mientras que en el glaciar Yanapaccha, se alcanza un máximo de 553.66 kg/g para el mismo mes. Esto podría estar influenciado por el aporte de emisiones de contaminantes atmosféricos (como aerosoles y partículas, incluido el carbono negro) provenientes de la ciudad de Huaraz (ver figura 7).



Figura 7. *Proceso de influencia del carbono negro en el derretimiento de nieve/hielo*

4.1.4.1. Monitoreo glaciar por la Compañía Minera MILPO S.A.A.

La Cordillera Huallanca, situada al sureste de la Cordillera Blanca y al norte de la Cordillera Huayhuash, se encuentra en el departamento de Ancash y está siendo estudiada desde el año 2007 por la Compañía Minera MILPO S.A.A. Se está investigando de manera especial la Lengua Glaciar de Chaupijanca (ver figura 8), que por sus especiales condiciones geomorfológicas y facilidades de acceso, debe ser actualmente uno de los glaciares más convenientes para las investigaciones glaciológicas en las cordilleras tropicales.

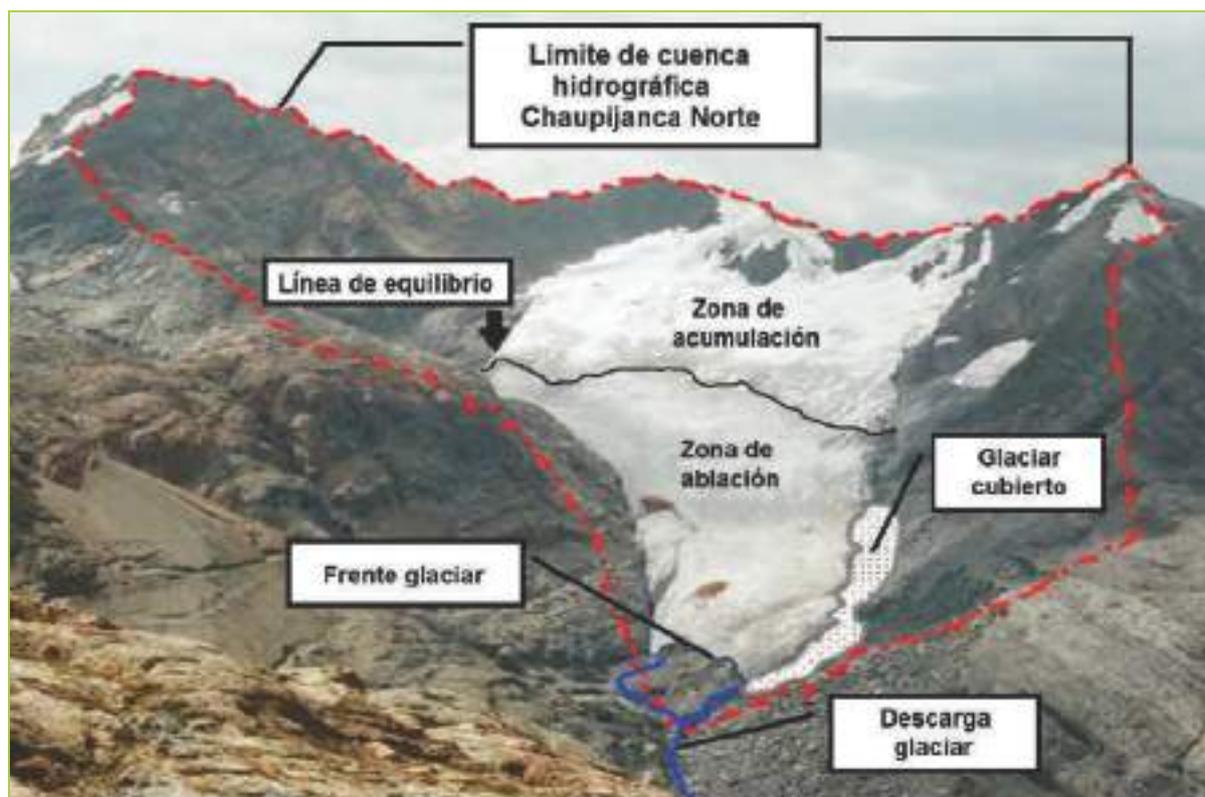


Figura 8. Lengua glaciar de Chaupijanca

La fusión o pérdida de hielo del glaciar se mide en la superficie descubierta de nieve de la lengua glaciar, a la que se denomina superficie de ablación, la que es diferente cada año, dependiendo de las condiciones climáticas, así por ejemplo, para octubre del 2012 la pérdida ha sido de 388,443.38 m² de superficie (ver cuadro 5), mayor a la del año 2010 donde se tenía una superficie de 383,502.18 m².

Cuadro 5. Monitoreo glaciar por Milpo S.A.A.

PERIODO (Años)	ÁREA (m ²)	PÉRDIDA ÁREA (m ²)	% DE PÉRDIDA
1962	741,767.98	-	-
1962- 2007	398,219.00	343,548.98	46.3
1962 - oct. 2008	365,425.94	376,342.04	50.7
1962 - oct. 2010	358,265.80	383,502.18	51.7
1962 - oct. 2012	353,324.60	388,443.38	52.4
1962 - oct. 2013	338,368.00	403,399.98	54.4
1962 - set. 2014	327,252.40	414,515.58	55.9
1962 - set. 2015	325,992.70	415,775.28	56.1

Fuente: Estudio y monitoreo de los glaciares de Chaupijanca, Shicra y Pastoruri, Compañía Minera MILPO S.A.A.

4.1.4.2. Monitoreo glaciar por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH) - ANA

La Autoridad Nacional del Agua, a través de la unidad de glaciología y recursos hídricos, ha venido realizando una serie de estudios sobre monitoreo (ver figuras 9 y 10). Siendo sus principales resultados los siguientes:

- Según el inventario del 2014, la Cordillera Blanca tiene una superficie glaciar de 45.05%, Huallanca 0.6%, Raura 2.42%, Huagoruncho 0.83%, La Viuda 0.51%, Huaytapallana 2.1%, Chonta 0.12%, Urubamba 1.36%, Vilcabamba 1.33%, Carabaya 2.95%, Vilcanota 23.86%, La Raya 0.26%, Huanzo 0.39%, Chila 5.2%, Ampato 4.7%, Huayhuash 4.7%, Central 4.43% y Apolobamba 3.8%, del total de área glaciar nacional.
- El retroceso glaciar desde 1948 hasta 1976 fue de -8 m/año, a diferencia del periodo 1977 - 2014, en que se registró un retroceso de -20 m/año; lo que indica que en los últimos 30 años se ha triplicado la pérdida respecto al primer periodo diferenciado, lo que también se registra en el índice multivariado ENSO (MEI).
- Se tiene un promedio de balance de masa desde el 2005 al 2013, en el glaciar Artesonraju de -770.10 mm eq w., ELA 5,011.64 m s.n.m. y en el glaciar Yanamarey de -947.33 mm eq w. y ELA 4,886.49 m s.n.m.
- El glaciar Pastoruri registra al 2014 un retroceso de 53.79% de su superficie glaciar, lo que indica que más del 50% de su área se perdió en un periodo de solo 19 años.
- Los resultados de balance de masa de los glaciares han dado los siguientes valores: para el glaciar Artesonraju -275.40 m eq w., con un aporte superficial de 0.215 m³/s; para el glaciar Shallap -2,012.24 m eq w., con un aporte superficial de 0.031 m³/s; para el glaciar Yanamarey -1,407.08 m eq w., con un aporte superficial de 0.007 m³/s; para el glaciar Incachirasca -1,980.54 m eq w., con un aporte superficial de 0.020 m³/s; para el glaciar Yanahucsha -1,351.24 m eq w., con un aporte superficial de 0.031 m³/s.

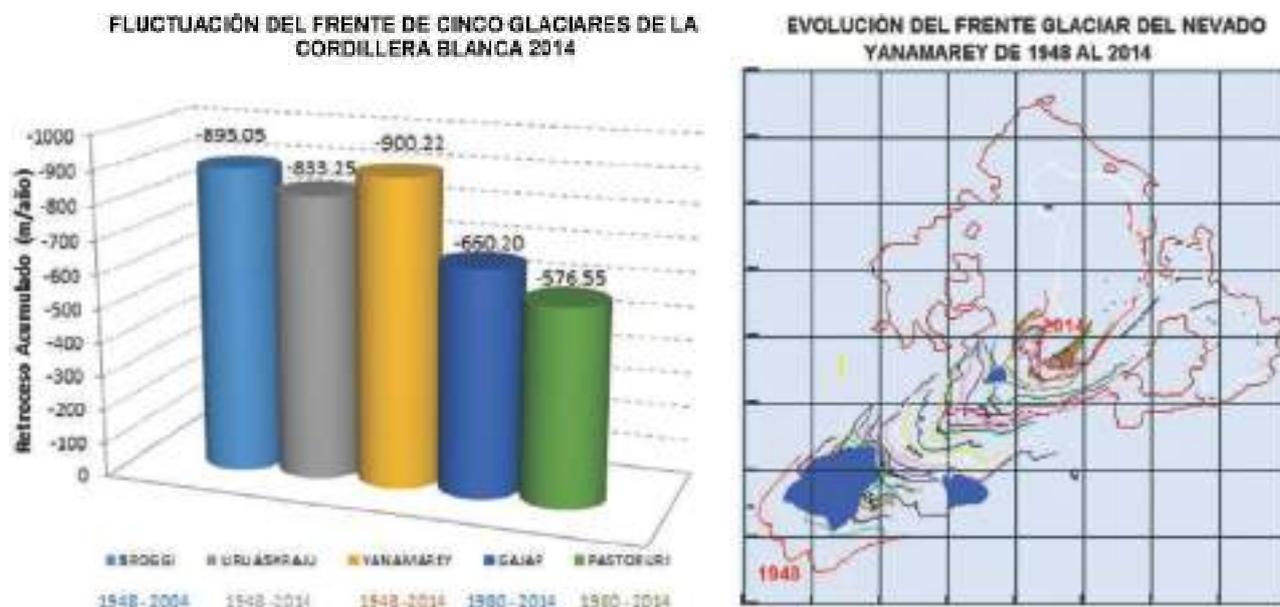


Figura 9. Muestra las variaciones desde 1948 (reconstrucción fotográfica) hasta el 2014. Yanamarey perdió un volumen de 4 '070,164.21 m³ entre el 2005 al 2014

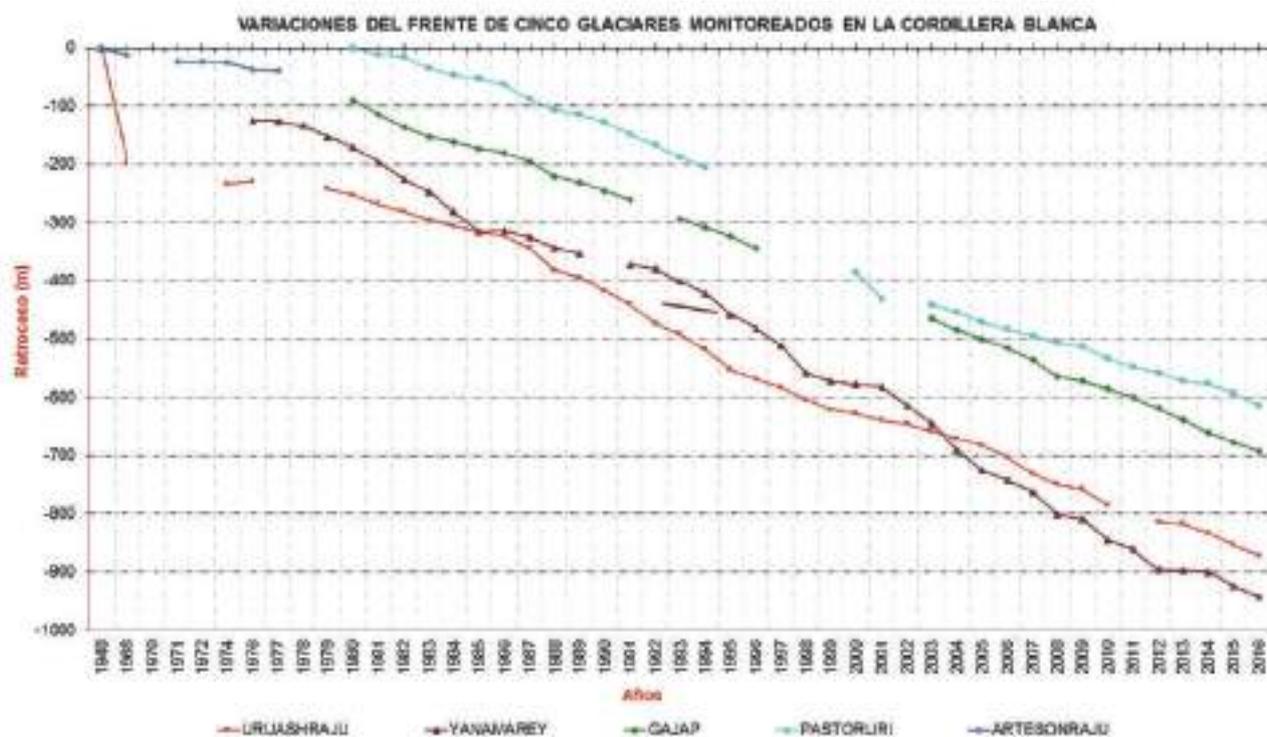


Figura 10. Muestra las variaciones en el retroceso glaciológico y su tendencia clara a mayores pérdidas en el tiempo (UGRH-ANA)

4.2. Ecosistemas de montaña

La identificación preliminar del ámbito de los ecosistemas de montaña se ha realizado teniendo como base el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015), que ha definido una superficie de ecosistemas (21.56% del territorio nacional) de acuerdo a la cobertura vegetal (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Tipo de cobertura vegetal en los ecosistemas de montaña

SUPERFICIE	SUPERFICIE (km %)	
Bosque relicto altoandinos (Quenual)	1,015.33	1.08
Páramo	854.95	0.07
Pajonal andino	181,924.18	14.16
Bofedal	5,445.62	0.42
Matorral arbustivo	74,968.82	5.83
TOTAL	264,208.90	21.56

Fuente: Elaboración propia, basado en el Mapa de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015)

De acuerdo al cuadro 6, el tipo de cobertura preponderante son los pajonales andinos, que está asociado a los ecosistemas ubicados en las cabeceras de cuenca. Los ecosistemas de montaña en nuestro país se han visto severamente afectados por el cambio climático, evidenciado por las alteraciones en los patrones de variables como la precipitación y la temperatura, entre otros, que han repercutido drásticamente en el desarrollo y conservación de dichos ecosistemas.

La actividad humana altera los ecosistemas a través de prácticas que promueven el progresivo cambio de uso de suelo (deforestación para el aprovechamiento de madera sin un enfoque de sostenibilidad o la ampliación de la frontera agrícola en zonas no aptas para este fin) y el sobrepastoreo, con relación a la cantidad y calidad de pastos naturales (esto es más grave cuando se trata de áreas naturales protegidas).

4.2.1. Implementación de centros de investigación en ecosistemas de montaña

Estos Centros nacen como espacios especializados del INAIGEM, con el fin de articular e integrar a diversas instituciones e investigadores referida a la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña, a nivel local, nacional e internacional; se busca promover la generación del conocimiento y la transferencia de los resultados de investigación a la comunidad científica, estudiantes, promotores campesinos y principalmente a la población que vive o se beneficia de los ecosistemas de montaña, cumpliendo con uno de los mandatos que confieren al INAIGEM en su ley de creación (ver fotografía 13).



Fotografía 13. Centro de Investigación Científica y Tecnológica "Reynaldo Trinidad Ardiles" - CIEM

Se contará con parcelas experimentales donde se puedan hacer intervenciones a pequeña escala para poder evaluar las distintas variables y parámetros de medición y comparación, así como su replicabilidad a mayores escalas.

El objetivo de los Centros es la investigación científica aplicada *in situ* sobre recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña, que son representativos del paisaje regional.

En el 2016 se ha implementado el primer Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña, ubicado en el distrito de Cátac, provincia de Recuay, departamento de Ancash, al sur de la ciudad de Huaraz (a 46.7 km de la sede institucional del INAIGEM). Se cuenta con 30 ha de terreno en sesión de uso, cedida por la Comunidad Campesina de Cátac, en los que se harán estudios aplicados sobre el manejo sostenible del agua, medición de los efectos del cambio del uso del suelo, la rotación de cultivos de papa nativa, quinua, habas y avena forrajera, además, la instalación de un banco de conservación de germoplasma de papa nativa, la conservación de pastos cultivados y otros (ver fotografía 14).



Fotografía 14. *Parcela de mantenimiento de material genético de papa nativa de Ancash - CIEM*

4.2.2. La investigación articulada en corredores ecosistémicos

Los ecosistemas de montaña son áreas geográficas de gran importancia por los servicios ecosistémicos que brindan y que están en estrecha relación con el desarrollo social y económico del país. En el año 2016 se han identificado dos corredores dónde se vienen realizando las investigaciones que se han convertido en un trabajo piloto de concertación entre sectores del estado y sociedad civil; entre estos tenemos: El corredor Vallunaraju - Culebras que va desde el glaciar, de manera transversal, hasta el valle de la cuenca del río Culebras; y la otra, en la subcuenca Pachacoto, distrito de Cátac. (Ver mapas 3 y 4).

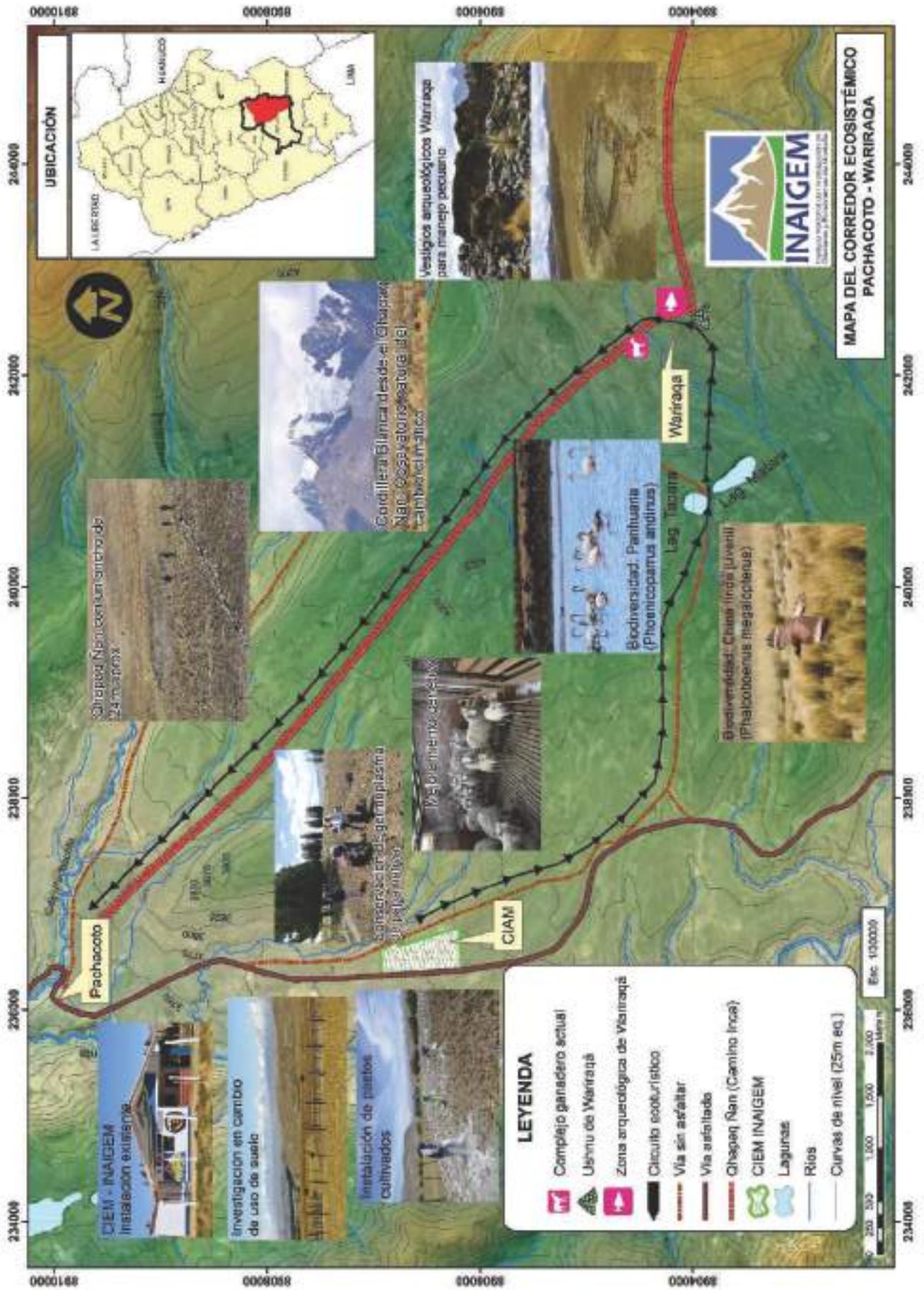
Durante el 2016 se implementaron las siguientes actividades:

- Instalación y monitoreo de siete parcelas de investigación en ecosistemas de humedales, bosques alto andinos, praderas y plantaciones forestales, como parte de la implementación de un corredor científico - turístico en una línea transversal que recorre desde las montañas de la Cordillera Blanca hasta los valles costeros de Ancash.
- Inauguración del corredor ecosistémico con una carrera internacional que recorre toda la ruta en un día; es decir, “desde la nieve hasta el mar en un día”, además de circuitos de caminatas familiares por varios días.
- Visita de reconocimiento al corredor ecosistémico en 360 km del Gran Camino Andino de Lima.

Mapa 3. Corredor Ecosistémico Vallunaraju - Huaraz - Punta Callán - Culebras



Mapa 4. Corredor Ecosistémico Pachacoto - Warirraqa



4.2.3. Instalación de parcelas de investigación

En este primer año de trabajo en campo, se ha logrado instalar doce parcelas de investigación en cuatro subcuencas pertenecientes a la cuenca del río Santa (ver cuadro 7 y mapa 5), haciendo un total de 277.7 ha en investigación, de las cuales 119 ha son áreas testigo y 158.7 ha cuentan con cerco eléctrico con energía solar, cerco que viene probando su eficiencia y eficacia en los trabajos que venimos impulsando, como una alternativa más viable que el cerco de púas que tradicionalmente se utiliza. Cabe señalar que el cerco eléctrico instalado tiene un costo menor del 30% con relación al cerco con alambre de púas.

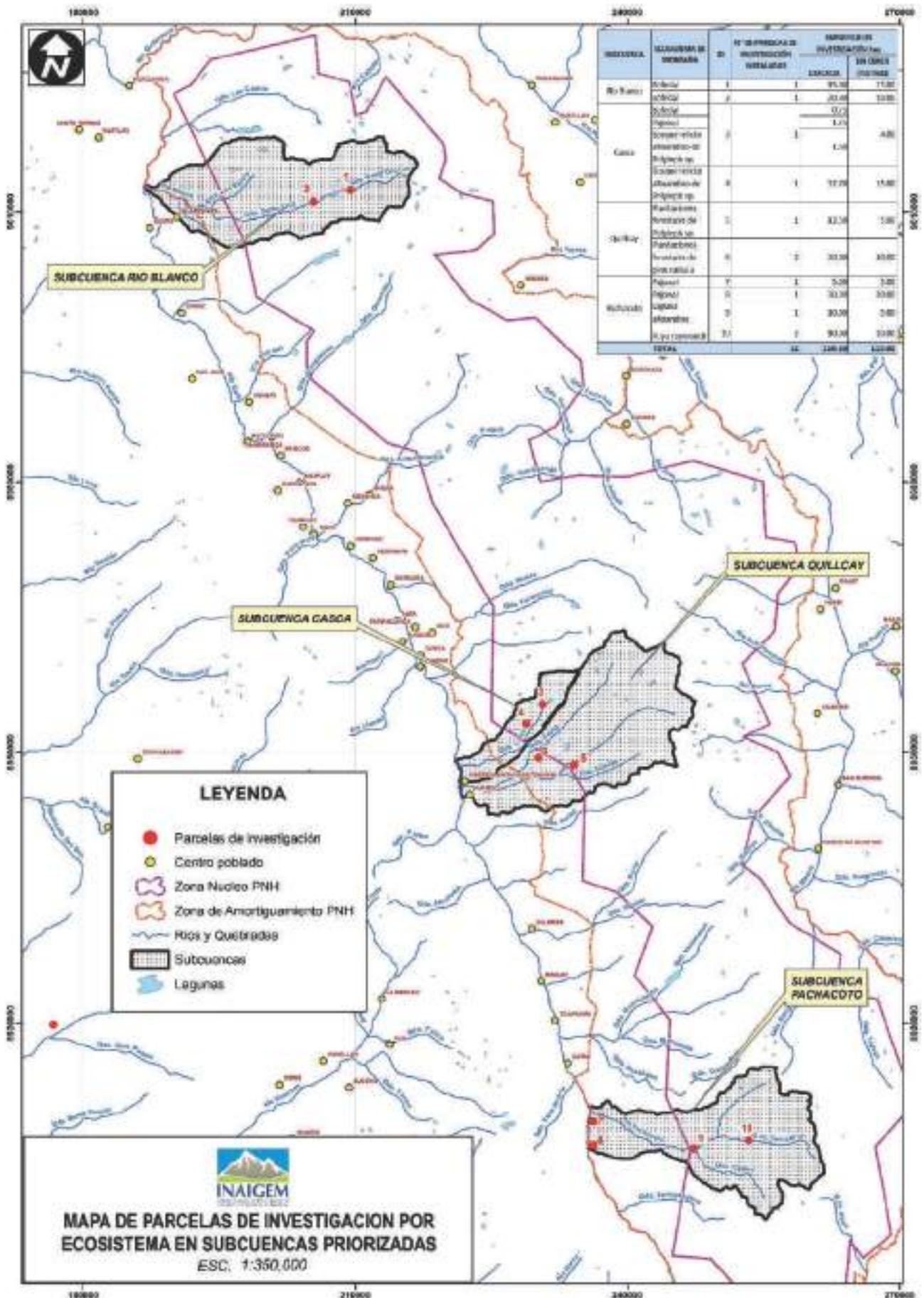
Con las parcelas instaladas se viene beneficiando de manera directa a 2,491 familias y de manera indirecta a 104,416 familias que viven en las subcuencas intervenidas.

Cuadro 7. Parcelas de investigación instaladas el 2016 en la cuenca del río Santa

SUB CUENCA	ECOSISTEMA	N° DE PARCELA	SUPERFICIE PARCELAS (ha)		POBLACIÓN PRIORIZADA		
			Cercada	Testigo (Sin cerco)	Directa	Indirecta	Total
Río Blanco	Bofedal	1	15.00	5.00	600	2,031	2,631
	Bofedal	1	20.00	10.00			
Casca	Bofedal	1	0.75	4.00	716	48,904	49,620
	Pajonal		1.75				
	Bosque Relicto Altoandino de <i>Polylepis</i> sp		1.50				
	Bosque Relicto Altoandino de <i>Polylepis</i> sp	1	32.70	8.00			
Quillcay	Plantaciones Forestales de <i>Polylepis</i> sp	1	12.00	5.00	130	51,601	51,876
	Plantaciones Forestales de Pino radiata	2	20.00	10.00	145		
Pachacoto	Pajonal	1	5.00	5.00	900	1,880	2,780
	Pajonal	1	30.00	30.00			
	Laguna Altoandina	1	10.00	5.00			
	Puya raimondii	2	10.00	10.00			
TOTAL		12	158.70	119.00	2,491	104,416	106,907

Las parcelas se han instalado por ecosistemas priorizados: pajonales, humedales (bofedales, cochas), bosques relictos, puyas y plantaciones forestales.

Mapa 5. Ubicación de Parcelas de Investigación por Ecosistemas en subcuencas priorizadas



4.2.3. Investigación de los riesgos asociados al cambio climático

Una de las acciones importantes que viene desarrollando el INAI GEM son los monitoreos, como parte de la necesidad de contar con información científica básica, que permita analizar y correlacionar con las investigaciones que tienen que ver con los ecosistemas de montaña. Se trata del monitoreo del agua, del suelo y de la cobertura vegetal.

4.2.3.1. Agua

Se vienen realizando monitoreos para determinar la calidad del agua (se mide el potencial de hidrógeno - pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y metales disueltos) en los caudales de los aportantes de las microcuencas priorizadas con la finalidad de poder determinar su variación, el poder de neutralización y acidificación a su paso por los ecosistemas y de qué manera mejoran sus condiciones de calidad.

Esta actividad permanente permite monitorear el comportamiento hídrico superficial y poder contar con historiales que se puedan relacionar con el comportamiento de los ecosistemas y el cambio climático. En el 2016 se ha trabajado en ocho microcuencas, en total 75 estaciones de monitoreo (ver cuadro 8 y fotografía 15), con tres muestras en dos microcuencas y dos muestreos en seis microcuencas c/u haciendo un total de 192 muestras analizadas (ver mapa 6).

Cuadro 8. *Ámbito de monitoreo de la calidad de agua 2016*

SUB CUENCA	MICROCUENCA	Nº DE ESTACIONES	Nº DE MUESTREOS	Nº DE MUESTRAS COLECTADAS 2016
Quillcay	Quillcayhuanca	17	4	68
	Cojup	10	2	20
	Shallap	8	2	16
Río Blanco	Santa cruz	10	2	20
Casca	Llaca	8	2	16
Pachacoto	Pachacoto	7	2	14
Yanayacu	Yanayacu	8	3	24
Wehuash	Wehuash	7	2	14
TOTAL		75	19	192



Fotografía 15. *Monitoreo de calidad de agua con multiparámetro en subcuenca Pachacoto*

4.2.3.2. Suelo

El monitoreo de suelos se ha realizado por parcela instalada, son áreas donde interviene el INAIGEM con acciones de recuperación y conservación de los ecosistemas. El monitoreo realizado en el 2016 se convierte en la línea base que se tiene planificado repetir anualmente, al igual que el agua y así poder contar con historiales que se puedan relacionar con el comportamiento de los ecosistemas, con el cambio climático y nuestras intervenciones. En el 2016 se ha logrado ejecutar en seis parcelas (ver cuadro 9).

Cuadro 9. *Ámbito de monitoreo de suelo en parcelas de investigación 2016*

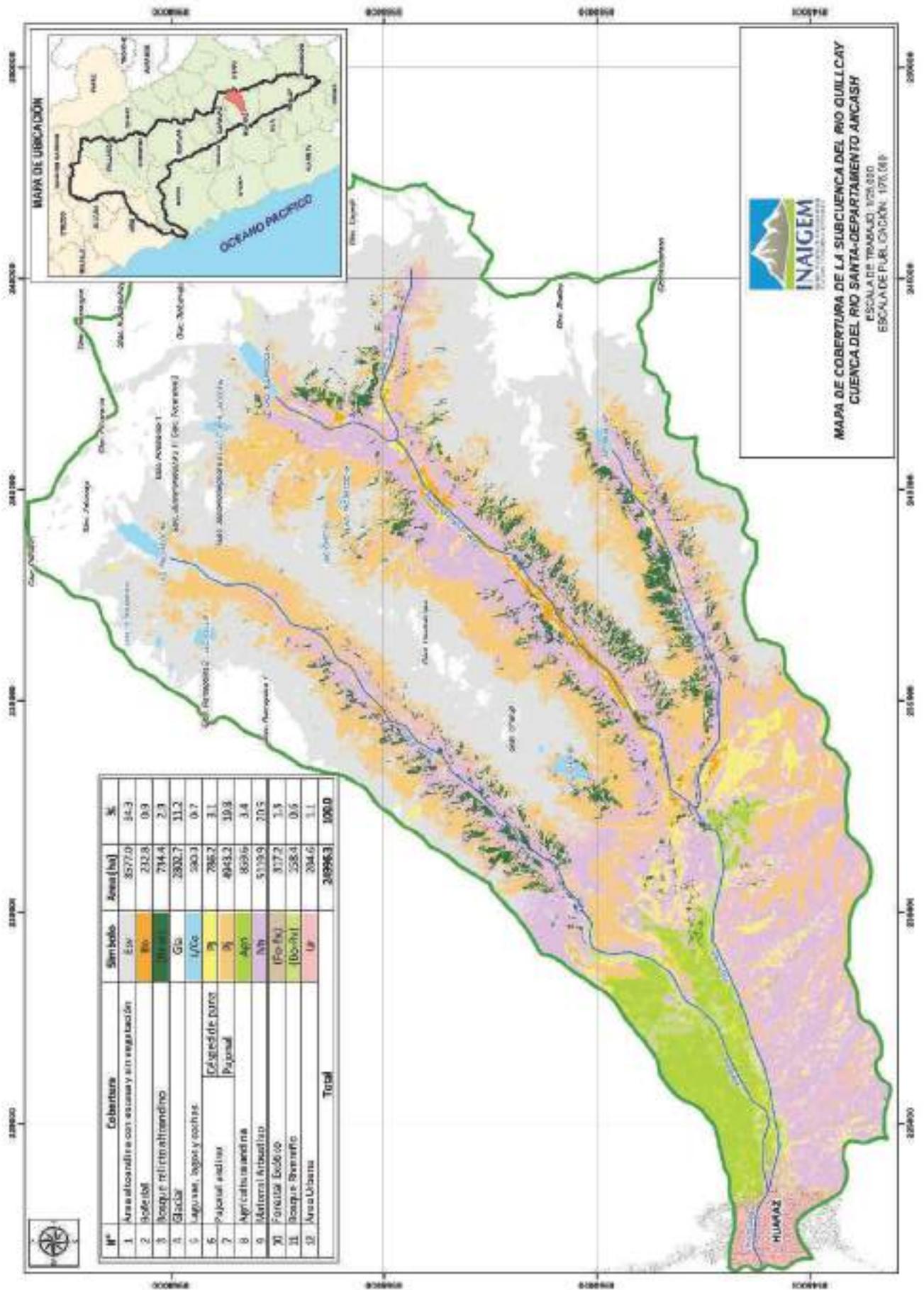
SUBCUENCA	MONITOREO DE SUELO	PARCELA	Nº DE CALICATAS POR PARCELA	Nº DE MUESTRAS COLECTADAS 2016
Casca	Parcela Llaca	1	3	10
Río Blanco	Parcela Santa Cruz	1	3	8
Wehuash	Parcela Wehuash	1	8	32
Pachacoto	Parcela Cátac	1	2	6
	Parcela Carpa	1	4	10
Quillcay	Parcela Quillcay	1	4	11
TOTAL		6	24	77

4.2.3.3. Flora y cobertura vegetal

Un trabajo preliminar para caracterizar ecosistemas a escala de mayor detalle ha sido la elaboración de los mapas de cobertura vegetal a escala de trabajo de 1:25,000 a partir de imágenes RapidEye y Quickbird. Esta caracterización se realizó en cinco subcuencas priorizadas de las cuencas hidrográficas de los ríos Santa y Huarmey. Como ejemplo se muestra el Mapa de Cobertura Vegetal elaborado para la subcuenca Quillcay (ver mapa 7).

En las parcelas de investigación, en áreas donde interviene el INAIGEM con acciones de recuperación y conservación de los ecosistemas, se han realizado estudios de flora y vegetación. El monitoreo realizado en el 2016 se convierte en la línea base, a partir de la cual se tiene planificado realizar el trabajo y poder contar con un historial que se puedan relacionar con el comportamiento de los ecosistemas, con el cambio climático y nuestras intervenciones. En el 2016 se han logrado realizar en cinco parcelas, mediante la metodología de transectos, (ver cuadro 10).

Mapa 7. Mapa de Cobertura Vegetal de la subcuenca Quillcay



Cuadro 10. *Ámbito de monitoreo de flora y cobertura vegetal en parcelas de investigación 2016*

SUBCUENCA	MONITOREO DE SUELO	PARCELA
Casca	Parcela Llaca	1
Rio Blanco	Parcela Santa Cruz	1
Pachacoto	Parcela Cátac	1
	Parcela Carpa	1
Quillcay	Parcela Quillcay	1
TOTAL		5

4.2.3.4. Control de movimientos en parcelas agrícolas - Rampac Grande

Las condiciones de cambio climático a nivel global, se traducen también en procesos geodinámicos. La presencia de lluvias a través de eventos extraordinarios como el “Fenómeno El Niño”, originan cambios violentos sobre el territorio, reflejándose en zonas con condiciones de alta inestabilidad como ocurre a lo largo de la Cordillera Negra en Ancash. El año 2016 el INAIGEM, con apoyo de la Embajada de la República Checa, ha implementado el proyecto: “Investigación sobre deslizamientos para la reducción de riesgos y la adaptación al cambio climático en ambientes de alta montaña en el Perú.”

En el marco de este proyecto se viene monitoreando el comportamiento de la zona de deslizamiento, se ha elaborado el mapa de peligro, la señalización de rutas de evacuación en caso de la presencia de un evento peligroso, todo esto con participación activa de los pobladores, autoridades, escuela y líderes campesinos. Durante el 2016, se logró la caracterización geológica, geomorfológica y geodinámica en el entorno de Rampac Grande-Sector Hornuyoc-Cordillera Negra, para determinar zonas críticas con deslizamientos que permita elaborar un mapa de peligros.

4.3. Avances en la producción de información y gestión del conocimiento

La Dirección de Información y Gestión del Conocimiento del INAIGEM, recopila, genera y procesa información hidrometeorológica y geomática concerniente a nuestro ámbito de estudio, que son un importante insumo para el desarrollo de investigaciones en glaciares y ecosistemas de montaña. Asimismo, organiza y desarrolla estrategias de fortalecimiento de capacidades a nivel de autoridades, técnicos, científicos y población en general, mediante la ejecución de eventos y el empleo de material impreso y audiovisual de carácter técnico y científico orientado a informar, sensibilizar, capacitar y contribuir a la toma de decisiones en aspectos relativos a glaciares y ecosistemas de montaña. Para este fin, trabaja en convenio y alianza estratégica con universidades e instituciones científicas, revalorando a los investigadores y técnicos locales.

4.3.1. Difusión de la intervención y actividades del INAIGEM

4.3.1.1. Difusión por medios escritos

En el año 2016, el INAIGEM a través de la Dirección de Información y Gestión del Conocimiento en estrecha coordinación con las direcciones de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, editó una serie de publicaciones que se presentan en el cuadro 11 y figura 11, con el objetivo de informar y sensibilizar a los actores involucrados e identificados por el INAIGEM a nivel de tomadores de decisiones, investigadores y sociedad civil.

Cuadro 11. *Publicaciones por medios escritos realizadas en el periodo 2016*

N°	Nombre de la Publicación	Cantidad
1	Folleto: Normatividad INAIGEM	1 millar
2	Folleto: Información Institucional	2 millares
3	Folleto: Institutional Information	1 millar
4	Boletín Hidrometeorológico N° 1 (Formato A5)	100 ejemplares
5	Boletín Hidrometeorológico N° 1 (Formato A4)	300 ejemplares
6	Boletín Hidrometeorológico N° 2 (Formato A4)	1 millar
7	Boletín Hidrometeorológico N° 3 (Formato A4)	1 millar
8	Boletín Hidrometeorológico N° 4 (Formato A4)	1 millar
9	Boletín Hidrometeorológico N° 5	Virtual
10	Boletín Hidrometeorológico N° 6	Virtual
11	Anuario Hidrometeorológico 2016	Virtual
12	Boletín INAIGEM N° 1	2 millares
13	Boletín INAIGEM N° 2	1 millar
14	Tríptico: Centro de Investigación en Ecosistemas de Montaña - Cátac, Áncash, Perú	1 millar
15	Tríptico Inglés: Centro de Investigación en Ecosistemas de Montaña - Cátac, Áncash, Perú	1 millar
16	Díptico: Ruta de los Ecosistemas de Montaña y el Cambio climático	1 millar
17	Folleto: Ruta de los Ecosistemas de Montaña y el Cambio Climático	1 millar
18	Folleto Inglés: Ruta de los Ecosistemas de Montaña y el Cambio Climático	1 millar
19	Díptico: El Cushuro desde las lagunas alto andinas: Contribuyendo a la lucha contra la desnutrición	1 millar
20	Díptico inglés: El Cushuro desde las lagunas alto andinas: Contribuyendo a la lucha contra la desnutrición	1 millar
21	Folleto: Impacto del Cambio Climático en las Cordilleras Glaciares del Perú	1 millar
22	Folleto Inglés: Impacto del Cambio Climático en las Cordilleras Glaciares del Perú	1 millar
23	Folleto: Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña "Reynaldo Trinidad Ardiles"	1 millar
24	Díptico: Concurso de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña Áncash	1 millar
25	Díptico: Investigaciones para la Recuperación y Conservación de nuestros Ecosistemas de Montaña 2016	1 millar
26	Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña	1 millar



Figura 11. *Publicaciones 2016 - INAIGEM.*

4.3.2. Fortalecimiento de capacidades en materia de glaciares y ecosistemas de montaña

4.3.2.1. Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña

El Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña se realiza teniendo como marco eventos similares desarrollados a nivel nacional, que muestran el creciente interés y preocupación por nuestros ecosistemas alto andinos. En julio del año 2013, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), junto con CARE-Perú organizaron el primer Foro Internacional de Glaciares “Retos de la Investigación al Servicio de la Sociedad” en la ciudad de Huaraz. En mayo de 2012, se realizó en la ciudad de Lima el taller “El Impacto del Retroceso de los Glaciares en los Andes: Red Internacional Multidisciplinaria para Estrategias de Adaptación”, organizado por la UNESCO. Otros eventos relacionados fueron el “XIII Congreso Latinoamericano de Geología: metodología para analizar la evolución de los glaciares”, realizado en la ciudad de Lima. La COP20 realizada también en Lima el año 2014 contó con un pabellón de Montañas y Agua.

El Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña se realizó del 10 al 13 de agosto del 2016. Expusieron ponentes de nivel mundial, se tuvo once ponencias magistrales y cuatro mesas temáticas. Se contó con más de mil participantes de 22 países, el 90% de los participantes fueron de nacionalidad peruana. Se tuvieron 170 participantes de entidades estatales, 105 de organizaciones de la sociedad civil e instituciones privadas, 164 de universidades y 495 participantes independientes. Hubo participantes de 31 universidades extranjeras y 22 universidades nacionales. Se desarrolló la exposición temática denominada “Pabellón de las Montañas” con más de 1500 asistentes, a quienes se mostró durante una semana, aspectos temáticos sobre glaciares y ecosistemas de montaña en el Museo Arqueológico de Huaraz.

Como resultado de los tres días de trabajo se formuló la Declaración de Huaraz y se obtuvieron las conclusiones del Foro, ambas herramientas permitirán orientar el futuro de la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña, así como poner en agenda de los tomadores de decisión, la importancia de la gestión de nuestros ecosistemas y los servicios que nos brindan. Como consecuencia del Foro, se puso en relieve la importancia que tienen las montañas para nuestro desarrollo y cultura, así como las brechas de conocimiento que debemos llenar para mejorar su gestión y conservación.

El Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña es un evento que se desarrolla cada tres años, el siguiente se realizará el año 2019 (ver fotografías 16, 17 y 18).



Fotografía 16. *Mesa temática de biodiversidad*



Fotografía 17. *Mesa redonda para el análisis de los resultados del Foro*



Fotografía 18. *Visitas técnicas a Pastoruri, Llanganuco y Palcacocha*

4.3.2.2. Capacitación en glaciología

Los días 10 y 11 de marzo se desarrolló en la ciudad de Huaraz el primer ciclo de capacitaciones en investigaciones del INAIGEM: Ciencia y Tecnología en las Cordilleras Tropicales, con la ponencia de la Dra. Tania Peña Baca, especialista en ciencia y tecnología ambiental del CONCYTEC, así como ponentes del INAIGEM; se contó con un total de 34 participantes de diversas entidades locales, regionales y nacionales.

4.3.2.3. Capacitación en ecosistemas de montaña

En febrero se realizó la Capacitación a los miembros de la División de Medio Ambiente de la Policía Nacional del Perú, en el tema de “Equipos técnicos ambientales”. El día 22 de abril con motivo de celebrar el día de la Tierra se desarrolló un ciclo de conferencias en la Cámara de Comercio de Ancash con disertaciones de los especialistas del INAIGEM en materia de investigación en ecosistemas de montaña y dirigido principalmente a estudiantes.

Se tuvo una concurrencia masiva al evento logrando informar, sensibilizar y mejorar las capacidades de los participantes (ver fotografía 19).



Fotografía 19. *Disertaciones en la Cámara de Comercio por el día de la Tierra*



Fotografía 20. *Capacitación a estudiantes del Colegio Nacional La Libertad*

4.3.2.4. Concurso de Investigación en glaciares y ecosistemas de montaña

Se desarrolló exitosamente el concurso de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña con un total de seis postulantes en el área de ecosistemas de montaña y dos en el área de glaciares. Se realizó una convocatoria a nivel regional en universidades nacionales y privadas. Los proyectos ganadores fueron: *Identificación de áreas con potencial de recarga hídrica, en función a variables físicas de cuenca, en el contexto de adaptación al cambio climático, microcuenca de Llacash, Jangas - Huaraz - Áncash*. Y, además, *Evaluación de compuestos orgánicos persistentes (COPS) en glaciares y sedimentos de la vertiente occidental de la Cordillera Blanca - Glaciares Yanamarey, Pukaranra y Artesonraju, además de su posible impacto en la calidad del agua al 2017*.

4.3.3. Información sobre estudios e investigaciones sobre glaciares y ecosistemas de montaña a disposición de profesionales e investigadores

4.3.3.1. Biblioteca especializada del INAIGEM

Al 2016, la Biblioteca cuenta con aproximadamente 6,577 volúmenes, entre libros, folletos, revistas, informes, tesis, etc. (Ver figura 12 y fotografía 21).

La Biblioteca del INAIGEM ofrece los siguientes servicios:

- **Catálogo Automatizado en Línea (OPAC)**
Servicio virtual (en línea) que permite a los usuarios en cualquier parte del mundo saber de la existencia de documentos habidos en nuestras colecciones.
- **Repositorio**
Bibliografía esencial sobre glaciares y ecosistemas de montaña digitalizados a texto completo, con acceso en línea.
- **Lectura en Sala**
Servicio que facilita a los usuarios la consulta y lectura de los repertorios documentales, en las instalaciones de la Biblioteca, en el horario establecido.
- **Préstamo Externo**
Servicio a través del cual el usuario puede acceder al material bibliográfico existente para su lectura fuera de los ambientes de la Biblioteca.

- **Reprografía**
Servicio que permite la reproducción impresa (fotocopias), digital (escaneados) y electrónica (copia a un 'usb' o disco compacto) de documentos o archivos no intangibles, a todo usuario que lo solicite.
- **Alerta Informativa**
Servicio a través del cual se mantiene actualizado a los usuarios con información referencial, de toda información ingresada o hallada por la biblioteca. La Alerta será editada en formato electrónico y su disseminación será vía web y correo electrónico.

Al 2016 se han prestado servicios bibliotecarios a más de 300 usuarios.

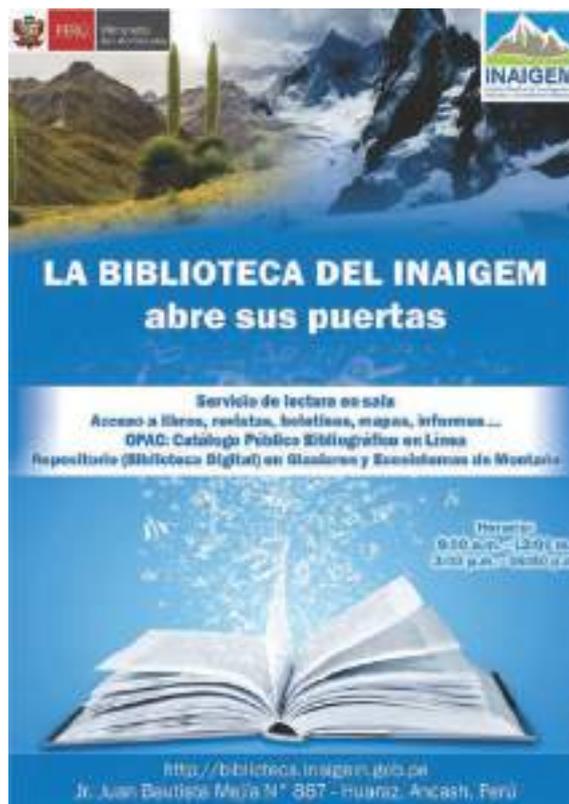


Figura 12. Afiche publicitario sobre la inauguración de la biblioteca del INAIGEM



Fotografía 21. Instalaciones de la biblioteca especializada del INAIGEM

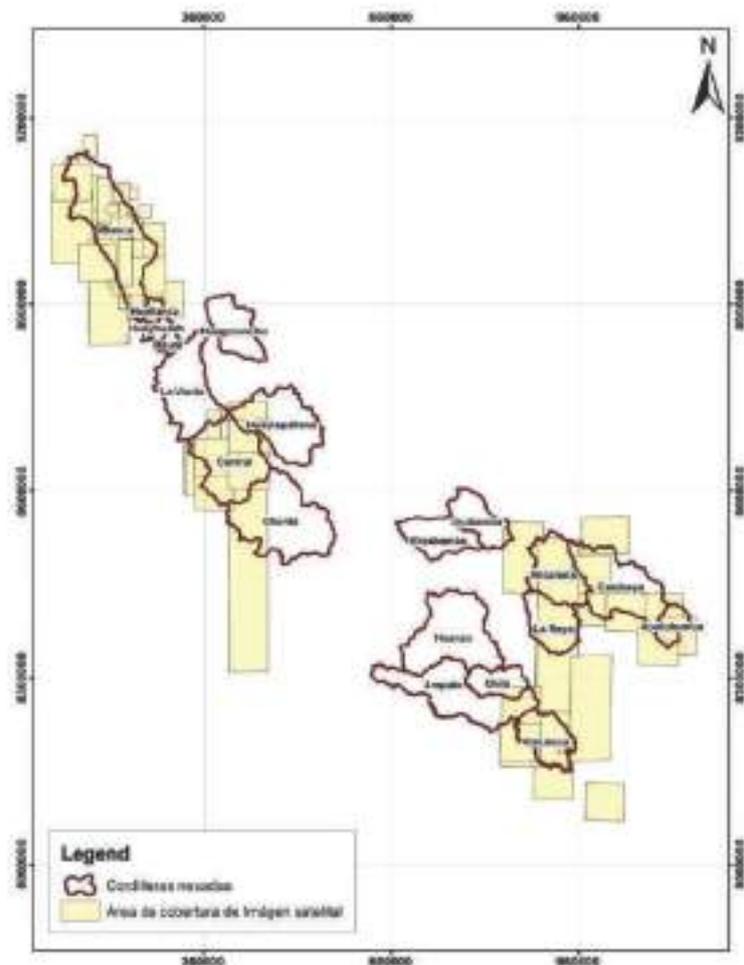
4.3.4. Gestión de la información geomática e hidrometeorológica

4.3.4.1. Gestión del sistema geomático y producción de información

ADQUISICIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

Se adquirieron imágenes satelitales de la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial - CONIDA, correspondientes a las cordilleras Blanca, Central, Vilcanota, Carabaya, Volcánica, y de los departamentos de Tacna y Puno; que son insumo para elaborar el Inventario de Glaciares y Lagunas a petición de la Dirección de Investigación en Glaciares - DIG. Además, dicha información será utilizada para la identificación de áreas con potencial de riesgos, identificación de ecosistemas de montaña, entre otros (ver mapa 8).

Mapa 8. Distribución de las imágenes satelitales en las 19 cordilleras del Perú



ADQUISICIÓN DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

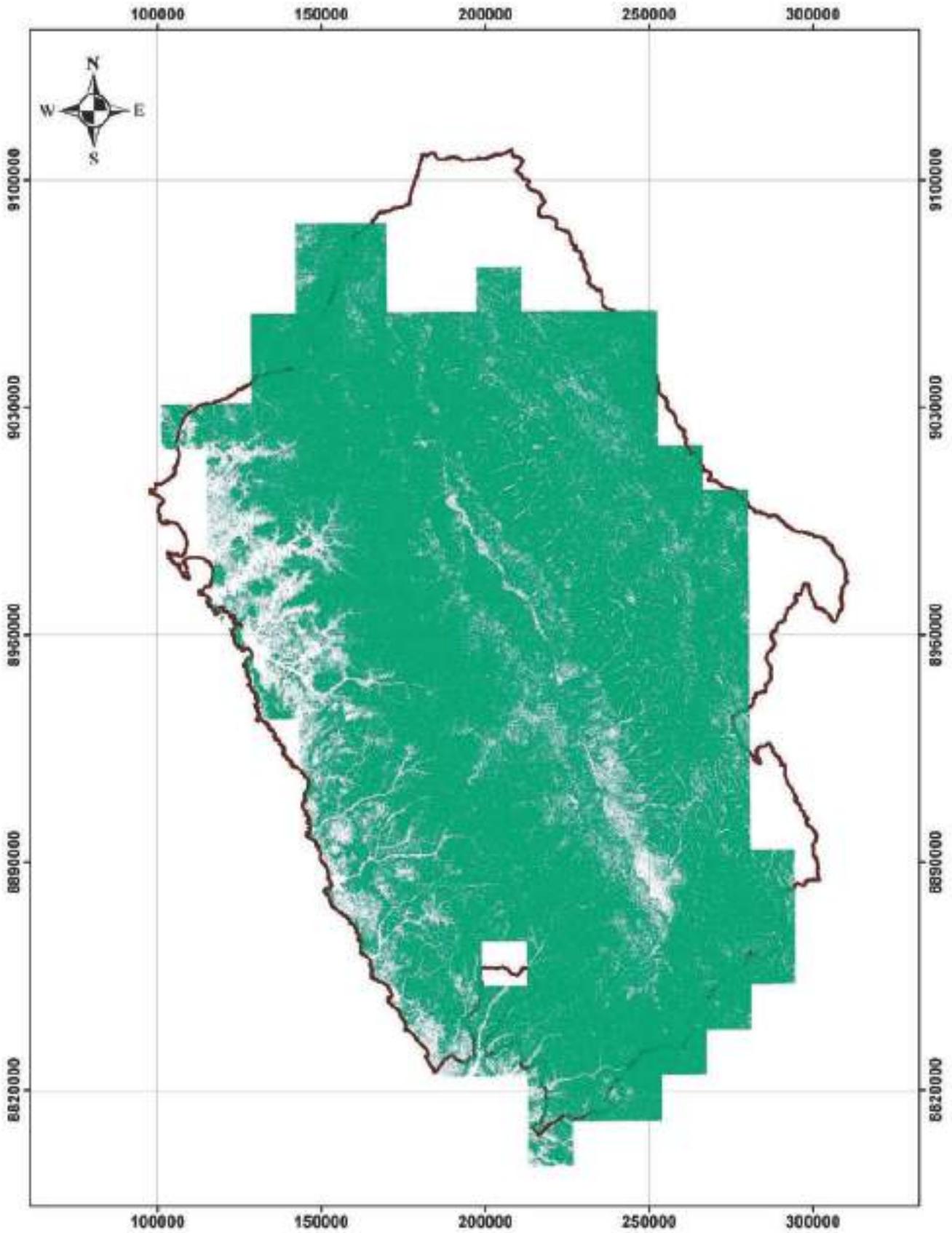
El Ministerio de Agricultura también entregó al INAIGEM información topográfica correspondiente a las cordilleras de Chonta, Huanzo, Chila, La Raya, Ampato y Volcánica, a escala 1:25,000 en diferentes formatos (251 en CAD y 902 en JPG). Cabe mencionar que esta información no cubre a todas las cordilleras, pero sí a gran parte de ellas. Estas serán empleadas en las diversas actividades del INAIGEM, como el posicionamiento de las imágenes satelitales, definición de cuencas o el empleo en los inventarios.

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento consiste en transformar la información topográfica a escala 1:25,000 de la información en formatos raster o CAD a entidades vectoriales, empleando herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG) y realizando las respectivas correcciones. También se realiza la incorporación de la tabla de atributos con valores altitudinales (curvas y cotas) y la toponimia (nombres de lagunas y ríos).

El año 2016 se logró procesar 165 cartas a escala 1:25,000 correspondientes al departamento de Ancash, (ver mapa 9).

Mapa 9. Cartografía procesada del departamento de Ancash



Mapeo detallado de la superficie terrestre empleando DRONE

La tecnología drone ayuda a levantar información espacial a detalle (centímetros de resolución). Sus productos son el modelo de terreno y la ortofoto. En el INAIGEM se viene utilizando principalmente para identificar los cambios de superficie, identificación de áreas de riesgo, planificación, mapeo de área, entre otros. Durante el 2016 se realizaron 12 vuelos con esta tecnología.

4.3.4.2. Gestión del sistema de información Hidrometeorológico y producción de información

• Recopilación de información

SENAMHI brindó información histórica de temperaturas extremas y precipitación de las estaciones meteorológicas que se encuentran en la Región Áncash.

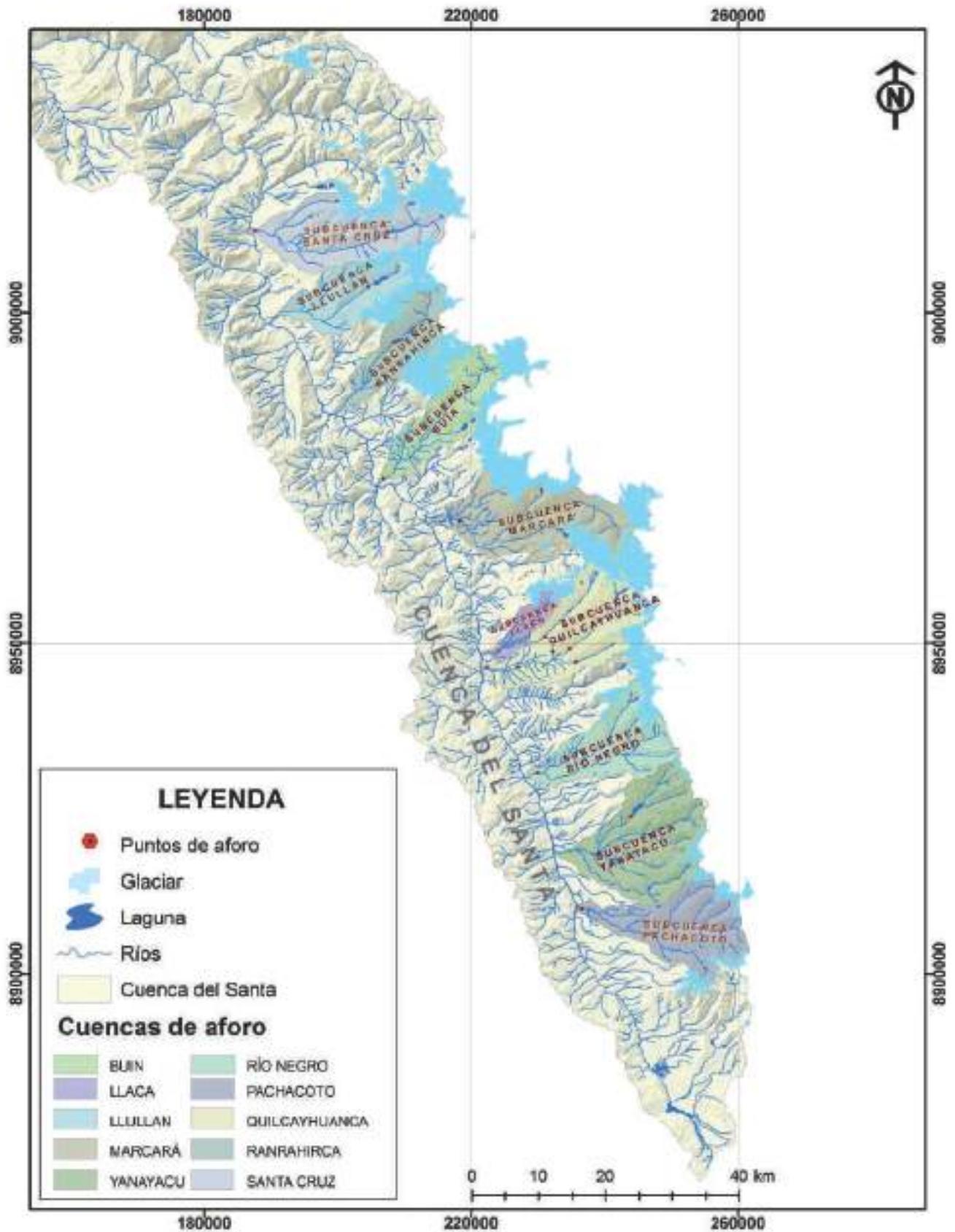
• Generación de información hidrométrica

Para recabar los datos de caudales, la DIGC inició una campaña de aforos en junio del 2016 y a partir de esa fecha se realiza mensualmente en 13 ríos, (ver mapa 10, fotografía 22 y cuadro 12), pertenecientes a subcuencas glaciares afluentes al río Santa. Esta actividad tiene como finalidad contribuir en la gestión del agua en una zona considerada netamente de montaña, como lo es la cuenca del río Santa.



Fotografía 22. Aforo en el río Cojup

Mapa 10. Mapa de ubicación de las estaciones de aforo



Cuadro 12. *Ubicación de las estaciones de aforo*

N°	Punto de aforo	Coordenadas		Cuenca	Subcuenca
		X(UTM)	Y(UTM)		
1	ANC_S_REC	245027	8889125	Santa	Río Recreta
2	ANC_S_PCH	236690	8910336	Santa	Río Pachacoto
3	ANC_S_QCH	243943	8923912	Santa	Río Yanayacu
4	ANC_S_OLL	230011	8930785	Santa	Río Negro
5	ANC_S_QLL	222397	8946598	Santa	Río Quillcay
6	ANC_S_QLLH	234743	8949119	Santa	Río Quillcayhuanca
7	ANC_S_SHA	235824	8947159	Santa	Río Shallap
8	ANC_S_CHUR	232323	8948776	Santa	Río Churup
9	ANC_S_PARI	231106	8951027	Santa	Río Paria
10	ANC_S_CAS	224099	8948834	Santa	Río Casca
11	ANC_S_BUI	206877	8974937	Santa	Río Buín
12	ANC_S_LLA	208675	8995707	Santa	Río Llanganuco
13	ANC_S_CHA	218358	8968918	Santa	Río Marcará
14	ANC_S_PARO	204667	9004016	Santa	Río Parón
15	ANC_S_SC	187719	9012808	Santa	Río Santa Cruz

En las figuras 13 y 14, se muestran los valores obtenidos del caudal de los ríos afluentes a la cuenca del río Santa.

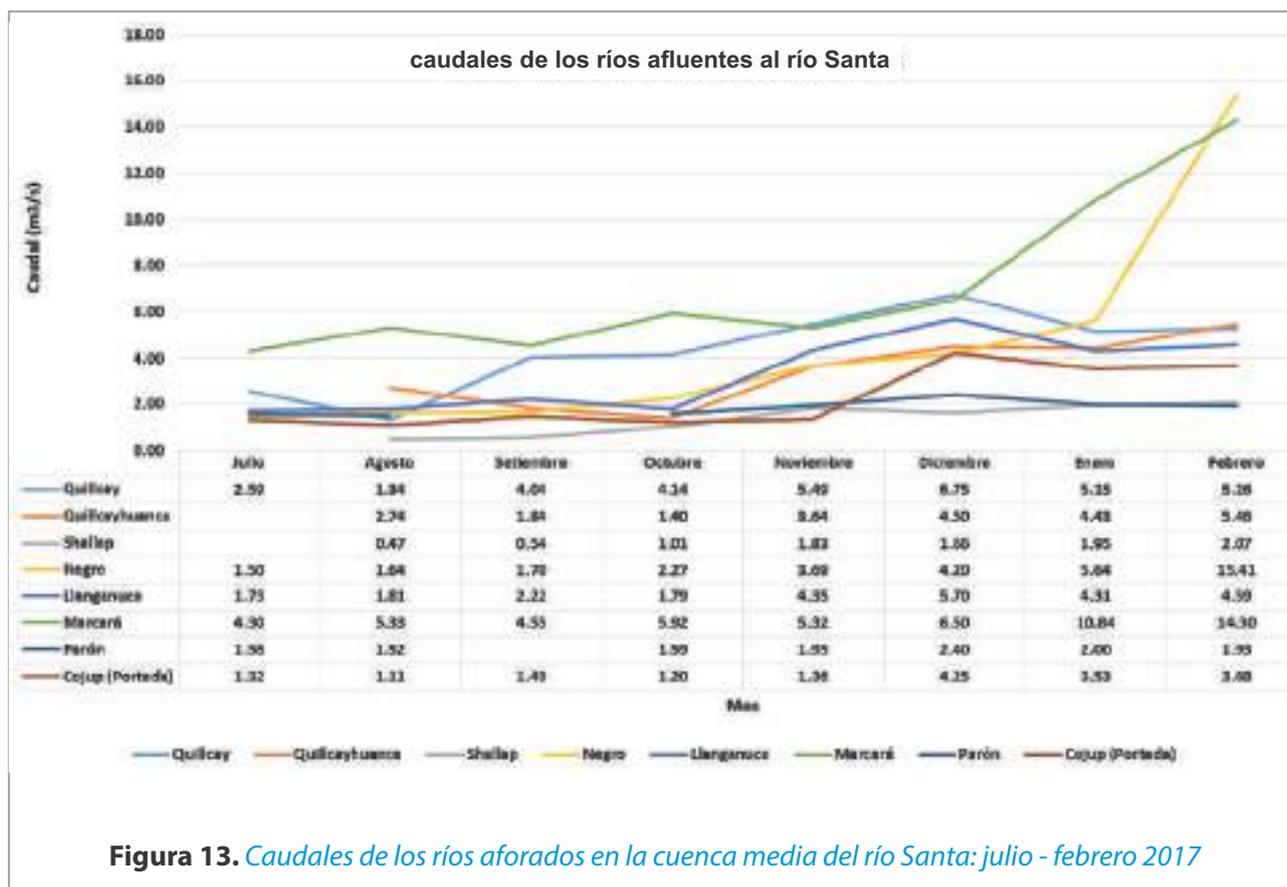


Figura 13. *Caudales de los ríos aforados en la cuenca media del río Santa: julio - febrero 2017*

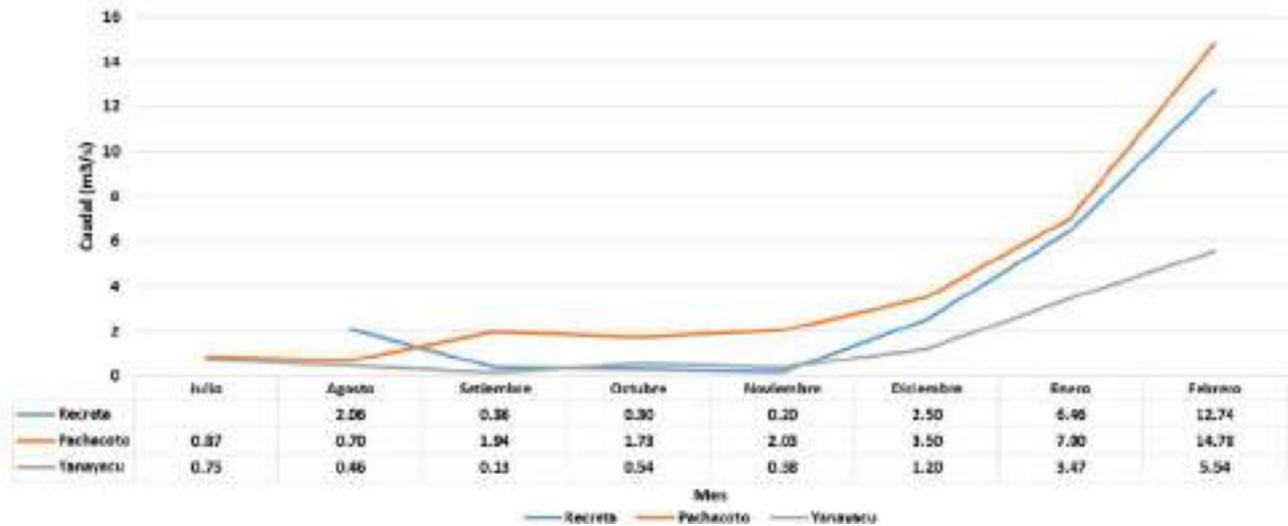


Figura 14. Caudales de los ríos aforados en la cuenca alta del río Santa: julio - febrero 2017

• Generación de información a través de la plataforma arduino (sensores de bajo costo)

El ARDUINO es una plataforma electrónica de código abierto de software y hardware compatibles. El software está basado en lenguajes de programación C y Java; el hardware presenta una infinidad de placas, sensores y shields, entre otros que facilitan la interacción con el usuario, (ver figura 15). Esta plataforma genera información hidrometeorológica y actualmente está a modo de prueba en la laguna Palcacocha.

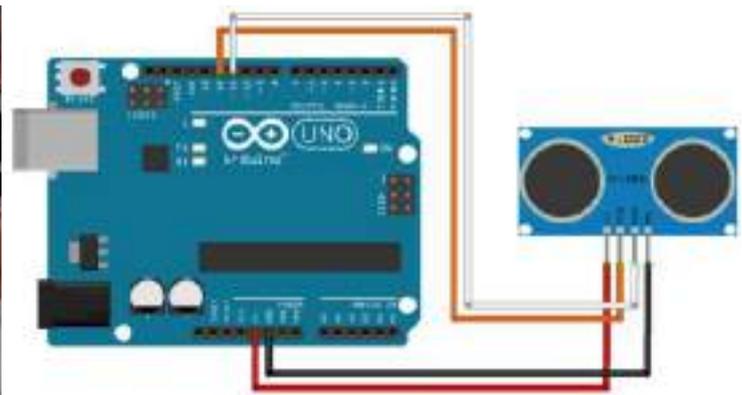


Figura 15. A la izquierda, el proyecto de medidor de nivel de laguna en fase de prueba. A la derecha un esquema de conexión del módulo HC-SR04 con la placa ARDUINO UNO



**EL INAIGEM COMO MÁXIMA
AUTORIDAD DE INVESTIGACIÓN
EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS
DE MONTAÑA**



5. EL INAIGEM COMO MÁXIMA AUTORIDAD DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

El INAIGEM es la máxima autoridad en investigación científica de los glaciares y ecosistemas de montaña, sin perjuicio de las competencias y funciones específicas asignadas a otros organismos del Estado.

Un logro muy importante para el INAIGEM el 2016 fue la aprobación del Reglamento de Organización y Funciones (ROF) mediante el D.S. N° 004-2016-MINAM del 08 de julio de 2016, documento técnico normativo de gestión que formaliza la estructura orgánica de la entidad y orienta el esfuerzo corporativo al logro de la misión, visión y objetivos institucionales. El ROF permite consolidar la siguiente estructura orgánica:

01. Alta Dirección

- 01.1 Consejo Directivo
- 01.2 Presidencia Ejecutiva
- 01.3 Secretaría General

02. Órgano de Control Institucional

- 02.1 Órgano de Control Institucional

03. Órganos de Asesoramiento

- 03.1 Oficina de Asesoría Jurídica
- 03.2 Oficina de Planeamiento, Presupuesto y Modernización
- 03.3 Oficina de Cooperación Técnica

04. Órganos de Apoyo

- 04.1 Oficina de Administración
- 04.2 Oficina de Tecnologías de la Información

05. Órganos de Línea

- 05.1 Dirección de Investigación en Glaciares
 - 05.1.1 Sub Dirección de Investigación Glaciológica
 - 05.1.2 Sub Dirección de Riesgos Asociados a Glaciares
- 05.2 Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña
 - 05.2.1 Sub Dirección de Investigación e Innovación para la Sostenibilidad de Ecosistemas de montaña
 - 05.2.2 Sub Dirección de Riesgos Asociados al Cambio Climático en Ecosistemas de Montaña
- 05.3 Dirección de Información y Gestión del Conocimiento
 - 05.3.1 Sub Dirección de Gestión del Conocimiento y Fortalecimiento de Capacidades
 - 05.3.2 Sub Dirección de Información y Análisis.

06. Órganos Desconcentrados

El órgano máximo de la entidad es el Consejo Directivo, conformado por:

- a. Un representante del Ministerio del Ambiente - MINAM, quien lo preside.
- b. Un representante del Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI.
- c. Un representante del Ministerio de Cultura - MC.
- d. Un representante del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET del Ministerio de Energía y Minas - MEM.
- e. Un representante de la Autoridad Nacional del Agua - ANA.
- f. Un representante de las universidades designado por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

5.1. Oportunidades y dificultades identificadas

Durante el trabajo desarrollado en el 2016, pudimos identificar oportunidades dentro de la temática de glaciares y ecosistemas de montaña que nos impulsan a seguir trabajando en la investigación, porque sabemos que hay mucho por hacer; pero al mismo tiempo, encontramos dificultades propias de nuestra labor que lejos de ser un impedimento para seguir avanzando, son retos que asumimos para poder superarlos y así contribuir en el desarrollo de nuestro país. A continuación, mencionamos los más resaltantes.

5.1.1. Dirección de Investigación en Glaciares

5.1.1.1. Oportunidades

El Perú cuenta con el 71% de glaciares tropicales (Kaser, 1999) distribuidos en 19 cordilleras, de las cuales solo en 6 se realizan estudios y monitoreo glaciológico, lo que significa que existen 13 cordilleras que no están siendo estudiadas. Estas representan una oportunidad para aportar con información valiosa como herramienta de gestión al desarrollo de los departamentos en las zonas de influencia de las mismas.

Gracias a los estudios en mención, se han identificado poblaciones que sufren problemas socioambientales por la escasez hídrica. Nosotros creemos que los resultados de estos estudios son un sustento para que se consideren a estas zonas dentro de la agenda prioritaria de desarrollo del Estado, a fin de mejorar su calidad de vida.

5.1.1.2. Dificultades

Se requerirá mayor asignación presupuestal, para continuar con la evaluación en las 13 cordilleras mencionadas. La realización de esta, constituiría un importante sustento técnico científico para adoptar políticas de estado que hagan frente a los problemas en la gestión de riesgos de desastres de origen glaciar, gestión de recursos hídricos, seguridad alimentaria, generación de energía, entre otros aspectos.

Hace falta mayor equipamiento e implementación de estaciones que garanticen el registro continuo de datos hidrometeorológicos en los diferentes ámbitos de investigación.

5.1.2. Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña

5.1.2.1. Oportunidades

La decisión de haber concentrado acciones en Ancash, ha generado la experiencia administrativa y técnica que permitirá ampliar las acciones en otras regiones del país.

Debido a la experiencia de buenas relaciones con organizaciones de base, instituciones locales y regionales, el INAIGEM es aceptado en las comunidades rurales, porque no somos percibidos como una institución estatal sujeta a vaivenes políticos. Además, siempre explicamos y enfatizamos en la necesidad e importancia de trabajar en proyectos de investigación aplicada y articulada al desarrollo de nuestras poblaciones, planteamiento que es bien recibido por ellos.

Contribuir con base científica y tecnológica en materia de ecosistemas de montaña, a través de resultados de campo fáciles de interpretar y aplicar para ser adoptados por los demandantes, que en este caso son las organizaciones de base, gobiernos locales y regionales.

La conformación y consolidación de equipos de trabajo ha sido algo que ha tomado tiempo y esfuerzo, pero se han podido construir las herramientas de gestión como el ROF y el Plan Estratégico Institucional, que han contribuido con el afianzamiento de los equipos, debido a que se cuenta con los objetivos estratégicos, misión, visión y funciones que orientan y enmarcan el accionar de cada integrante de las tres direcciones del INAIGEM.

5.1.2.2. Dificultades

Insuficiente información de base, ya que la información existente es muy general como es el caso del Mapa de Cobertura Vegetal (1:100,000), los planes de desarrollo concertado e información meteorológica que dificulta la toma de decisiones referente a aspectos como la selección de parcelas, tenencia de tierra, etc. Requerirá tiempo acceder a información existente y generar la propia, y sobre todo un mayor presupuesto para personal y equipamiento; además, de la adquisición de imágenes y datos de buena resolución para continuar con las investigaciones.

5.2. Propuesta de medidas de mitigación y/o adaptación al cambio climático en glaciares y ecosistemas de montaña

Nuestro país es uno de los más vulnerables al cambio climático, que es un factor externo natural del que no tenemos control, y como tal, lo que podemos hacer es adaptarnos a las nuevas condiciones climáticas y sus consecuencias, tomando como medida la convivencia amigable y respetuosa con el ambiente; promoviendo la ejecución de proyectos para su recuperación y conservación. En este contexto, como instituto de investigación podemos recomendar actividades específicas a realizar tanto en el ámbito de los glaciares como en los ecosistemas de montaña, de acuerdo a nuestra competencia.

5.2.1. En glaciares

- Se requieren estudios de riesgos geológicos integrales que comprendan los aspectos geotécnicos de los diques, zonas rocosas y morrenas; así como, los modelamientos de las masas de hielo que podrían caer sobre las lagunas.
- Realizar monitoreo glaciológico integral y continuo en el tiempo, para conocer el aporte glaciar a las subcuencas, tasa de retroceso y pérdida de masa glaciar, así como conocer la disponibilidad hídrica y proponer proyectos de represamiento y almacenamiento (o siembra) de agua.
- Realizar mapeos de glaciares colgados, los cuales se identifican con fines de prevención y soporte a los modelamientos de lagunas peligrosas.
- Implementar las subcuencas en estudio con equipamiento necesario con el fin de evaluar las variables climáticas y su relación con el comportamiento de los glaciares y su repercusión en el recurso hídrico.
- Involucrar a los gobiernos regionales y locales con participación de la población en los estudios rigurosos, para complementar las medidas de adaptación al cambio climático y para mejorar la disponibilidad de agua, a través de sinergias entre medidas estructurales (represas) y no estructurales (reforestación, zanjas de infiltración, entre otros).
- Investigar la variabilidad climática y sus impactos en los recursos hídricos, a fin de determinar escenarios para concretar acciones de adaptación.
- Realizar investigaciones sobre los impactos antrópicos en los ámbitos cercanos a los glaciares.

5.2.2. En ecosistemas de montaña

- Ampliar y profundizar la investigación para la recuperación de ecosistemas diversos: pajonales, bofedales, bosques relictos. En cada una de ellos se viene implementando prácticas como clausura, manejo del agua, pequeños diques, mejoramiento del suelo, enriquecimiento con especies nativas.
- Investigación para el manejo sostenible de plantaciones forestales, se viene implementando prácticas como: clausuras, manejo del agua, enriquecimiento con especies arbustivas y sobre todo el manejo de las plantaciones.
- Cambio de uso de suelo pajonales por pastos cultivos, se viene implementando prácticas como: clausura y manejo de pastos, conservación de forraje, rotación de cultivos, manejo del agua, manejo de suelo, disminución (erradicación) del uso de agroquímicos.
- Manejo del ganado en zonas de humedales y pastizales para evitar el sobrepastoreo (urgente).
- Siembra y cosecha de agua, mediante la recuperación del conocimiento tradicional, construcción de pequeñas cochas articuladas a la producción del *Nostoc* sp “Cushuro” y para aliviar los niveles de estrés en los meses de estiaje.
- El principal factor de vulnerabilidad en la población andina es la comprensión de las causas del cambio climático, así como la comprensión de la información de tiempo y clima generados por instituciones. Por este motivo las investigaciones están orientadas a reducir estos factores, para lo cual el INAIGEM utilizará la metodología de INTERFAZ, que implica la participación de la ciencia, la sociedad y el Estado.

5.3. Resultados de la participación institucional del INAIGEM

El INAIGEM, en concordancia con la Ley de Modernización del Estado, tiene como proceso misional la articulación con Sectores, Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales y la Academia (tomadores de decisión). La Dirección de Información y Gestión del Conocimiento identifica, en coordinación con los tomadores de decisión, las brechas de información en el ámbito de glaciares y ecosistemas de montaña, para generar conocimiento técnico y científico a través de sus órganos de línea. Seguidamente se transfiere y se hace seguimiento al conocimiento entregado (inclusión en documentos de gestión de los tomadores de decisión).

5.3.1. Dirección de Investigación en Glaciares

5.3.1.1. A nivel internacional

GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space). En la actualización del inventario de glaciares se caracteriza cada unidad glaciar, considerando las siguientes pautas: codificación nacional según el método Pfafstetter y la clasificación y codificación internacional según el proyecto GLIMS. La elaboración del inventario se realiza con tecnologías geoespaciales, a través de técnicas de percepción remota (teledetección) e inspección de campo, integrando la información cartográfica a un Sistema de Información Geográfica. Además, se usa imágenes satelitales (ej. Spot 5, Aster, Liss III y Landsat) de media resolución y modelos de elevación digital. Para la obtención de la cartografía glaciar se realiza procesamiento de imágenes satelitales y se aplica el algoritmo Normalized Difference Snow Index (NDSI) y se complementa con un análisis multitemporal para determinar la persistencia de los glaciares y evitar la confusión con neviza o nieve temporal.

El INAIGEM, para obtener información oficial de reconocimiento internacional, adopta estas reglamentaciones, haciéndolas suyas en los procedimientos y resultados que se presentan.

WGMS (World Glacier Monitoring Service). Durante más de un siglo, la WGMS y sus organizaciones precursoras han podido compilar y difundir datos estandarizados sobre fluctuaciones del glaciar. La WGMS anualmente recoge datos de glaciares a través de su red de colaboración científica que está presente en más de 30 países. El Perú, considerado como uno de los países con mayor superficie glaciar de tipo tropical, tiene participación importante.

El INAIGEM forma parte del servicio mundial de monitoreo glaciar, teniendo la corresponsalía o representación nacional; este organismo tiene como función estandarizar procedimientos para el monitoreo glaciar en todo el mundo, con la intención de validar dicha información oficial en los reportes mundiales.

5.3.1.2. A nivel nacional

COEN (Centro de Operaciones de Emergencia Nacional). El INAIGEM participa activamente en conjunto con las entidades responsables del monitoreo y evaluación de las lagunas consideradas peligrosas, en el territorio nacional.

CARE - Proyecto Glaciares. El INAIGEM forma parte importante en los convenios establecidos para mejoramiento de capacidades del personal de la Cooperación Suiza, a través del proyecto Glaciares .

Autoridad Nacional del Agua. El INAIGEM, desde el inicio de sus actividades, tiene como estrategia establecer lazos para articular actividades y acciones en bien del país, generando información en temas de inventario, y monitoreo glaciar, respetando actividades de entidades gubernamentales que se interesan por el estudio del recurso hídrico.

5.3.1.3. A nivel regional

En la región Áncash, el INAIGEM ha establecido un vínculo técnico-científico con el Parque Nacional Huascarán (PNH), a través de su Plan Maestro para poder acceder a las zonas de conservación estricta en la zona núcleo, para las investigaciones glaciológicas e inspección de lagunas y determinar la situación actual relacionado al riesgo en las lagunas y conocer aporte de los glaciares a las subcuencas: Quitaracsá, Ranrahirca, Paltay, Yanamayo, Chucchun, Llullan, Pachacoto, Pariac, Casca, Santa Cruz y Quillcay.

Se desarrolló un sistema de comunicación permanente con la Plataforma Regional de Defensa Civil (INDECI) de la región de Áncash para el monitoreo constante de la laguna Palcacocha. Se articularon y fortalecieron vínculos con el Gobierno Regional de Lima para desarrollar estudios y monitoreo en la sierra de Lima (San Mateo) en el glaciar Sullcón, cuya cobertura glaciar abastece de agua a la represa de Yuracmayo, brindando agua potable a gran parte de la ciudad de Lima. Se articularon vínculos con el Gobierno Regional de Apurímac (Abancay), a través de su gerencia de recursos naturales, para elaborar el diagnóstico del glaciar Ampay, dentro del Santuario Nacional Ampay, considerando la problemática de escasez hídrica en la región.

5.3.1.4. A nivel local

Se estableció un vínculo con los gobiernos locales de las provincias de Caylloma y los distritos de Lari, Chivay, Achoma, Ichupampa, Tutti, Coporaque (Departamento de Arequipa), con el propósito que el gobierno tenga presencia en la problemática de la escasez hídrica.

Se establecieron vínculos con los gobiernos locales de Sicuani, Maranganí (Occopampa, Aguas Calientes) en el departamento de Cusco, para facilitar el proceso de diagnóstico sobre la reducción de superficie glaciar.

5.3.2. Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña

5.3.2.1. A nivel nacional

Grupo Técnico Elaboración de Mapa de Ecosistemas: Con RM N° 125 - 2015 MINAM, del 26 de mayo, se crea el Grupo de Trabajo para la Elaboración del Mapa de Ecosistemas de Montaña, liderado por la Dirección General de Diversidad Biológica del MINAM. El INAIGEM, ha sido incorporado al Grupo y viene participando activamente. Producto de la participación como consta en la Memoria del 2016, se ha tomado en cuenta como ecosistemas a considerar a los Periglaciares, Bosques artificiales (plantaciones forestales) y *la Puya raimondii*.

Grupo Técnico de Montaña: El INAIGEM ha sido incorporado al grupo y viene participando activamente. Desde su establecimiento (14 de mayo de 2015), la coordinación y conducción del Grupo Técnico viene siendo ejercida por el Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales del Ministerio del Ambiente, a través de la Dirección General de Diversidad Biológica. Sin embargo, la actual gestión ha previsto que el colectivo sea conducido por el INAIGEM, proceso que actualmente se encuentra en marcha.

Comité Nacional de Humedales: Mediante Decreto Supremo N° 005-2013-PCM, se creó la Comisión Multisectorial de naturaleza permanente denominada "Comité Nacional de Humedales". El INAIGEM ha sido incorporado como miembro invitado. Se viene participando activamente en las reuniones del Comité. Se ha solicitado hacer un piloto de la metodología de inventario de humedales en las subcuencas de río Quillcay.

5.3.2.2. A nivel regional

Plan Maestro del Parque Nacional Huascarán (PNH): El INAIGEM ha sido parte del Grupo Técnico y también es parte del Comité Ejecutivo del Comité de Gestión del PNH. Desde ambos espacios ha contribuido con la elaboración del Plan Maestro que ha sido aprobado.

Grupo Impulsor de los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, (MRSEM): El INAIGEM es miembro del Grupo, este inició con la iniciativa del Instituto de Montaña, en el proceso se ha promovido una ordenanza regional para oficializar el Grupo Impulsor y además que sea liderado por el propio Gobierno Regional, por ser de su competencia. Para contribuir con este proceso, el INAIGEM ha asumido la responsabilidad de generar conocimientos científicos y tecnológicos en la subcuenca Quillcay que contribuya a la operatividad de los MRSEM.

5.3.2.3. A nivel local

Investigación en zonas de deslizamientos en la localidad de Rampac- Carhuaz- Ancash con la Embajada de la República Checa.

Se ha realizado la investigación lográndose construir el Mapa de Peligro. La Municipalidad de Carhuaz ha solicitado la información de la investigación para que les sirva de base y referencia, para incorporarlo en su nuevo Plan de Desarrollo Concertado y generar proyectos en nuevas áreas con similares problemas.

5.3.3. Dirección de Información y Gestión del Conocimiento

5.3.3.1. A nivel nacional

El INAIGEM se encuentra registrado y acreditado en el Consejo de Investigación y Desarrollo Aeroespacial del Perú - CONIDA para la recepción de imágenes satelitales, como resultado del convenio existente entre el Perú y Francia, a través del cual es posible acceder a imágenes satelitales SPOT, PLEIADES y TERRASAR, para fines de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña. El INAIGEM integra la Red de Bibliotecas Ambientales conjuntamente con otras bibliotecas de entidades adscritas y aliadas al Ministerio del Ambiente.

Por iniciativa de la Dirección General de Información e Investigación Ambiental del Ministerio del Ambiente se ha conformado un grupo de trabajo orientado a la conformación de la Red de Investigación Ambiental, con el objetivo de ordenar, coordinar y optimizar la investigación en materia ambiental. Se pretende establecer mecanismos que permitan lograr que la investigación científica sea aplicada a la solución de problemas ambientales, la búsqueda de financiamiento y el fortalecimiento de capacidades. El INAIGEM es parte integrante de este grupo de trabajo conjuntamente con el IGP, SENAMHI y el IIAP.

5.3.3.2. A nivel local

Se ejecutó un levantamiento fotogramétrico mediante tecnología drone de la zona de Rampac Grande en la provincia de Carhuaz en el marco de la investigación sobre el peligro de deslizamiento. Se produjeron los modelos de elevación digital, la ortofoto y se elaboró la cartografía temática en coordinación con los especialistas de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña y de Investigación en Glaciares. La información producida fue entregada a la Municipalidad de Carhuaz.

Se ejecutó un levantamiento drone en el sector de Balcón de Judas en la provincia de Huaraz. A partir de esta información se produjo un modelo de elevación digital detallado y se evaluaron las áreas susceptibles de movimiento de masas en coordinación con la Dirección de Investigación en Glaciares. Esta información fue remitida a la Municipalidad Provincial de Huaraz para que se tomen las medidas pertinentes.

Se preparó una propuesta para el circuito ecoturístico de Wariraga en el distrito de Cátac, provincia de Recuay, en coordinación con la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña. El trabajo se realizó en base a un levantamiento fotogramétrico del camino inca y restos arqueológicos de la zona y el empleo de cartografía temática 1:25,000.

Se realizó el levantamiento fotogramétrico de la ciudad de Huaraz (cono aluviónico), empleando tecnología drone, obteniéndose un modelo de elevación digital detallado que servirá de base para trabajos de modelamiento hidrológico para la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la ANA.

Se procesó y entregó imágenes satelitales RapidEye al área de gestión de riesgos de la Municipalidad Distrital de Independencia, provincia de Huaraz, para sus trabajos de planificación de su territorio.

5.4. Líneas de investigación y actividades para el 2017

Teniendo en cuenta las nuevas sedes que implementará el INAI GEM a nivel nacional el 2017, se ha planificado desarrollar actividades enmarcadas en las siguientes líneas de investigación:

5.4.1. Dirección de Investigación en Glaciares

- Inventario de glaciares y lagunas
 - Efectuar el inventario rápido de glaciares a nivel nacional.
 - Actualización del inventario de glaciares y lagunas de las cordilleras Huanzo, Ampato, Chila, Chonta, La Raya, Huaytapallana y Central.
- Monitoreos glaciares
 - Monitoreo glaciológico en glaciares de las cordilleras Blanca, Central, Ampato, Vilcabamba, Carabaya, Urubamba, Huayhuash, Raura, Huaytapallana, Apolobamba y Vilcanota, iniciando la investigación a mediados del año y obteniendo los primeros resultados a mediados del siguiente año (año hidrológico agosto 2017 - setiembre 2018).
- Gestión de riesgos de desastres
 - Evaluación del riesgo en la subcuenca del río Quillcay: lagunas Palcacocha, Tullparaju y Cuchillacocha.
 - Evaluación del riesgo en la subcuenca Colcas - Santa Cruz.
 - Evaluación del riesgo en la subcuenca Pariac - laguna Rajucolta.
 - Evaluación del riesgo en la subcuenca Paltay - laguna Ocshapalca.
 - Evaluación del riesgo en la subcuenca Chucchun Carhuaz - laguna Cochca.

5.4.2. Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña

La Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña continuará con las mismas líneas de investigación, estas se ampliarán a las nuevas sedes que serán abiertas en las macrorregiones Cusco y Junín, las mismas que estarán en función al presupuesto. Básicamente desarrollarán sus actividades en las siguientes líneas de investigación:

- Recuperación y conservación de ecosistemas de montaña priorizados
- Estudio de los riesgos en los ecosistemas de montaña por condiciones climáticas y presión antrópica

5.4.3. Dirección de Información y Gestión del Conocimiento

La Dirección de Información y Gestión del Conocimiento tiene planificado desarrollar actividades que sirvan de soporte de información para la Dirección de Investigación en Glaciares y la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña:

- Difusión sobre la estrategia de intervención y actividades del INAI GEM relacionada a la investigación de glaciares y ecosistemas de montaña, mediante folletería informativa, boletines hidrometeorológicos e institucionales y la revista INAI GEM.

- Fortalecimiento de capacidades en materia de glaciares y ecosistemas de montaña, a través de capacitaciones, eventos de intercambio de experiencias con pares del INAIGEM en Latinoamérica, seminarios y conferencias virtuales, etc.
- Desarrollo del Centro de Información Internacional de Estudios sobre Glaciares y Ecosistemas de Montaña, que implica el acopio de libros y revistas digitales, prestación de servicios presenciales y virtuales en materia de glaciares y ecosistemas de montaña, entre otros.
- Implementación del Centro de Información Geomática, Hidrometeorológica y Producción de la Información, a través de la generación y/o gestión de información hidrometeorológica y geomática, sumado a la producción de información y planteamiento de metodologías, identificación de vacíos y brechas de información en temas de glaciares y ecosistemas de montaña y la promoción de la investigación en glaciares y ecosistemas de montaña con el apoyo en el desarrollo de tesis.

5.5. Perspectivas y desafíos del INAIGEM

Con la finalidad de cumplir nuestro compromiso de realizar investigaciones (en materia de glaciares y ecosistemas de montaña) que orienten -en base a un sustento técnico-científico- la toma de decisiones para una adecuada gestión de riesgos de origen glaciar y gestión de recursos hídricos, cada una de las direcciones ha identificado perspectivas y desafíos que serán el curso a seguir.

5.5.1. Dirección de Investigación en Glaciares

- Darle continuidad a la evaluación interdisciplinaria de las cuencas de origen glaciar, donde el retroceso y pérdida de masa se intensifica con el tiempo; y, ampliar la red de monitoreo en glaciares representativos de las cordilleras nevadas del Perú.
- La investigación realizada por el INAIGEM debe de estar articulada a procesos de alianzas estratégicas con instituciones especializadas, tanto nacionales como internacionales.
- Los trabajos realizados por la Dirección de Investigación de Glaciares deben de extenderse a nivel nacional, para lo cual, es necesario implementar las oficinas regionales del INAIGEM.
- Canalizar los resultados de las investigaciones realizadas por la DIG, a los Gobiernos Regionales y Locales en la gestión de riesgos de origen glaciar, para orientar la ejecución de las medidas de seguridad en el ámbito de su jurisdicción.
- Se necesita dar mayor énfasis en la información, comunicación y sensibilización de la población para tomar medidas de adaptación al cambio climático, considerando escenarios de escasez del recurso hídrico.
- Ampliar la red de monitoreo de glaciares en zonas estratégicas de las cordilleras con cobertura glaciar en el país.

5.5.2. Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña

- Articular la generación de conocimientos entre y con las direcciones de línea para entregar una información más consolidada e integral para la toma de decisiones de la población beneficiaria de las investigaciones.
- Brindar soporte técnico a los tomadores de decisión de instituciones públicas (gobiernos locales, regionales y nacionales) y privadas para el uso de la información generada.
- Extender a las familias directa e indirectamente atendidas, los resultados de las investigaciones realizadas en las parcelas, así como potenciar su difusión para su réplica en otras subcuencas.
- La experiencia ganada ha permitido recoger información primaria que sirve de insumo para la redacción de artículos científicos de fácil comprensión para las poblaciones locales.
- Establecer un sistema de comunicación para transferir documentos de tipo científico para uso local.

5.5.3. Dirección de Información y Gestión del Conocimiento

- Lograr un mayor posicionamiento institucional, así como mayor difusión y sensibilización sobre los glaciares y ecosistemas de montaña mediante el empleo de medios impresos, electrónicos, audiovisuales, capacitaciones, etc.
- Mejorar el desarrollo e innovación tecnológica a través de metodologías y equipamiento para optimizar el monitoreo de variables ambientales en ambientes de montaña.
- Contar con información geomática base de alta resolución y cartografía base para el desarrollo de los diversos trabajos de investigación del INAIGEM.
- Avanzar en el establecimiento de una plataforma de acceso a información especializada de tipo documental, geomática e hidrometeorológica, amigable y libre para tomadores de decisión e investigadores.

5.6. Implementación y posicionamiento institucional del INAIGEM

El Perú reúne el 71% de glaciares tropicales del mundo, con 19 cordilleras que contienen áreas glaciares que, si bien son fuente hídrica fundamental, también constituyen una fuente de catástrofes permanente. Los efectos del cambio climático están ahondando los riesgos de desastres de origen glaciar.

Los glaciares cumplen un papel fundamental en la regulación de las cuencas hídricas. En años particularmente húmedos, el agua se acumula en estos cuerpos de hielo; mientras que en las temporadas con un fuerte déficit hídrico, cuando el agua se torna más escasa, su derretimiento permite resguardar el equilibrio. De hecho, las nevadas sobre los Andes son la principal fuente de alimentación de glaciares y del hielo del suelo congelado en algunas de las regiones más al sur. A su vez, estos glaciares son la principal fuente de abastecimiento de agua para los ecosistemas y comunidades andinas.

Los ecosistemas de montaña en el Perú han recibido diferentes nombres a partir de los años cincuenta, pero siempre para referirse a una sola realidad: La Cordillera de los Andes.

Sin embargo, este ámbito no está aún del todo definido ya que, a la fecha, no se tiene un mapa nacional de ecosistemas; este se encuentra en construcción y el INAIGEM viene contribuyendo en el proceso. Existe un Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM 2015), que sirve de referencia para conocer los diferentes tipos de ecosistemas de montaña presentes en nuestro país y su correspondiente superficie, que hace un total de 264,208.9 km², es decir, un 21.56% del territorio nacional.

Los habitantes de esta zona mantienen una relación social y económica directa con las regiones de las zonas bajas de los ecosistemas de montaña: hacia el oeste, con la denominada “costa”, por su proximidad con el océano Pacífico y hacia el extremo este con la región de la “selva” o Amazonía.

Antes de la fecha de creación del INAIGEM no existía ninguna entidad del Estado que se responsabilizara del estudio de estas zonas. Las investigaciones en glaciares eran desarrolladas en su mayoría por investigadores y entidades extranjeras y en ecosistemas de montaña no había quien coordinara y articulara desde el Estado las numerosas investigaciones producidas.

Este fue el estado situacional inicial con el que se encontró el INAIGEM y a partir de esta situación empezó a operar para fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en el ámbito de los glaciares y ecosistemas de montaña.

El INAIGEM, empezó sus actividades en el mes de noviembre del año 2015, de conformidad a lo establecido en el D.S. N°268-2015-EF, donde se autorizó la transferencia de partidas en el Presupuesto del Sector Público para el año fiscal 2015 a favor de diversos pliegos, donde se encontraba el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, por un monto de S/ 2'400,000 a través de la fuente de financiamiento de Recursos Ordinarios, destinados a financiar su implementación e inicio de operaciones en el marco de sus funciones y atribuciones establecidas en su norma de creación.

La operatividad del INAIGEM en el año 2016 se dio a través del marco lógico como herramienta de gestión para elaborar el Plan Operativo Institucional 2016.

Un hito importante para generar sostenibilidad institucional fue la aprobación del Plan Estratégico Institucional (PEI) mediante Resolución de Presidencia N° 114 -2016-INAIGEM-PE del 14 de diciembre de 2016. En el PEI se estableció la Misión Institucional, los Objetivos y Acciones Estratégicas Institucionales definidos en términos de resultados, que el INAIGEM se ha propuesto abordar para los próximos tres años. Estos Objetivos Estratégicos Institucionales son los siguientes:

1. Incrementar la capacidad adaptativa ante riesgos de origen climático, geológico y glaciológico de las subcuencas glaciares priorizadas.
2. Promover la sostenibilidad de los ecosistemas de montaña priorizando las subcuencas glaciares.
3. Contribuir a la mejora de la oferta y calidad del recurso hídrico de las subcuencas glaciares priorizadas.

El PEI contiene los elementos centrales en torno a los cuales se alinea estratégicamente la institución en un horizonte temporal de tres años. En tal sentido, es considerado como el principal documento orientador, tanto de la asignación de recursos, como de la priorización de esfuerzos de todas las direcciones que hacen y posibilitan que el INAIGEM obtenga resultados positivos en el fomento y expansión de la investigación científica y tecnológica en el ámbito de los glaciares y los ecosistemas de montaña.

El INAIGEM está en proceso de implementación de los lineamientos de la ley de modernización del Estado de acuerdo al DS N° 004-2013-PCM, que tiene como objetivo general, orientar e impulsar el proceso de modernización hacia una gestión pública para resultados que impacten positivamente en el bienestar del ciudadano y en el desarrollo del país.

Bajo este nuevo enfoque el INAIGEM reconoce la importancia de los ejes transversales y los pilares centrales de la política nacional de modernización.

5.6.1. Ejecución de metas físicas y metas presupuestales

Se logró ejecutar el 97% de acciones programadas en el 2016 y el presupuesto ejecutado alcanzó al 99.8%, (ver figura 16).

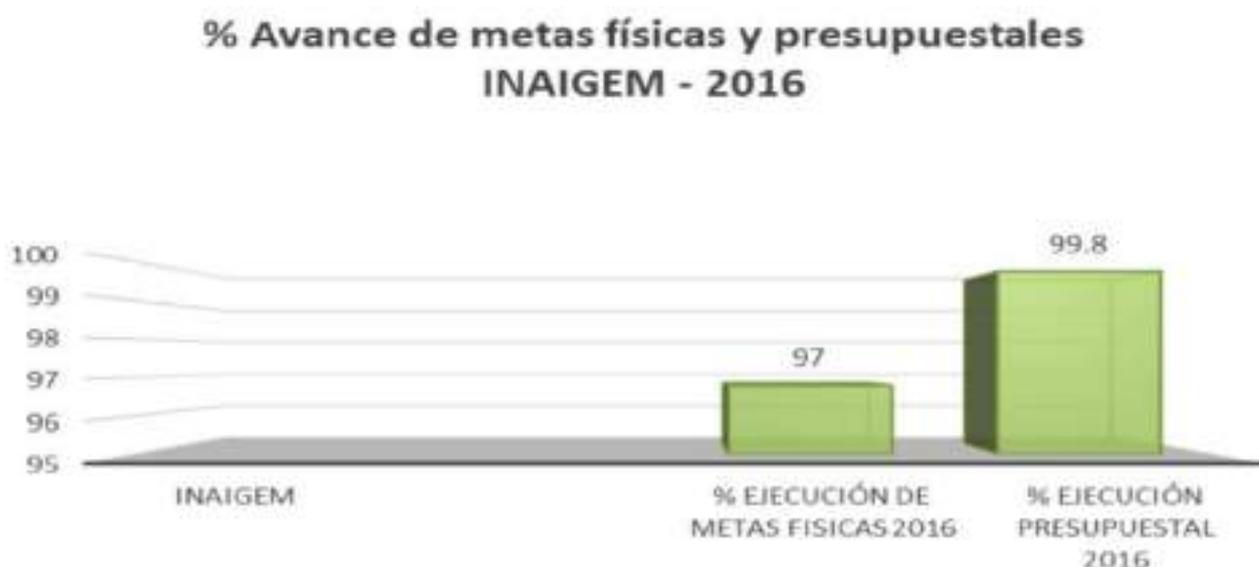


Figura 16. Avance de metas físicas y presupuestales 2016

5.7. Mecanismos de articulación interinstitucional

La articulación interinstitucional, como mecanismo de coordinación y cooperación, se expresa en dos ejes de relación interinstitucional:

- Vertical: entre entidades de distintos niveles de gobierno, nacional, regional y local.
- Horizontal: entre entidades de un mismo nivel de gobierno, en el nivel nacional entre sectores y a nivel descentralizado, entre gobiernos regionales y locales.

Para lograr esta articulación se trabajó en coordinación con diferentes instituciones generando sinergias y ahorro de recursos. Se está empleando la modalidad de la firma de convenios interinstitucionales para tal fin.

El INAIGEM tiene firmados once convenios y nueve convenios en proceso. Haciendo un proyectado de 20 convenios, de estos ocho pertenecen al eje horizontal, seis convenios internacionales, tres verticales y tres con instituciones privadas. (Ver cuadro 13).

Cuadro 13. Convenios interinstitucionales INAIGEM 2016

N°	INSTITUCIÓN	FECHA	EJE
1	MINAM (Ministerio del Ambiente)	18/02/2016	Horizontal
2	Embajada de la República Checa	11/03/2016	Internacional
3	Instituto de Montaña	09/06/2016	Horizontal (interinstitucional)
4	American Climber Science Program	10/08/2016	Internacional
5	Mountain Environment Research Institute - Western Washington University	10/08/2016	Internacional
6	Comunidad Campesina de Cátac	10/08/2016	Institución privada
7	Jeffrey Stuart Kargel - University of Arizona	15/08/2016	Internacional
8	Comunidad Campesina de Cajamarquilla	05/09/2016	Institución privada
9	Facultad de Ciencias - Mc Master University	14/09/2016	Internacional
10	SENAMHI	21/10/2016	Horizontal
11	Universidad Nacional Agraria La Molina	11/11/2016	Horizontal
12	Mancomunidad Waraq	En proceso	Vertical
13	Electro Perú	En proceso	Horizontal
14	INGEMMET	En proceso	Horizontal
15	IGP	En proceso	Horizontal
16	CONIDA (Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial).	En proceso	Horizontal
17	CARE	En proceso	Institución privada
18	Gobierno Regional del Cusco	En proceso	Vertical
19	PER - IMA (Proyecto Especial Regional - Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente).	En proceso	Vertical

5.8. Acciones en curso

La estrategia implementada tiene como segunda etapa la ampliación de la cobertura del INAIGEM, la instalación del Consejo Directivo y la inauguración del Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña “Reynaldo Trinidad Ardiles” ubicado en el poblado de Cátac. Como primera acción de la etapa de la ampliación de la cobertura del INAIGEM se tiene la inauguración de la oficina desconcentrada en la ciudad del Cusco con jurisdicción en la macro región sur.

La macro región sur tendrá una oficina desconcentrada en la ciudad del Cusco que permitirá atender las siguientes regiones: Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Moquegua, Puno y Tacna. Para ello se ha considerado en el CAP - Provisional los respectivos cargos de personal para esta oficina desconcentrada.

Se están haciendo las gestiones para la conformación del primer Consejo Directivo del INAIGEM, para lo cual se han remitido los oficios correspondientes. Estamos a la espera de la designación de los representantes de cada una de estas instituciones para poder realizar la conformación del Consejo Directivo del INAIGEM.



CONCLUSIONES



6. CONCLUSIONES

1. La investigación glaciológica en el Perú se inicia a raíz del aluvión de Huaraz del 13 de diciembre de 1941.
2. Los estudios glaciológicos y de seguridad de las lagunas de origen glaciar han estado a cargo de diversas entidades: Comisión de Lagunas de la Cordillera Blanca (1951-1969), Corporación Peruana del Santa (1966-1973), Electroperú (1973-1976), Instituto de Geología y Minería - INGEOMIN (1976-1978), Instituto de Geología, Minería y Metalurgia - INGEMMET (1978-1981), Electroperú (1981-1986), Hidrandina (1986-1990), Electroperú (1991-1999), INRENA (1999-2008), Autoridad Nacional del Agua - ANA (2008-presente); y finalmente, INAIGEM (2014-presente).
3. Existen diferentes opiniones y conceptos sobre la definición del ámbito de los ecosistemas de montaña. Mientras se construya y apruebe la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, se ha optado por priorizar ecosistemas con base al mapa de cobertura del MINAM y los espacios geográficos donde se encuentran con enfoque de gestión de cuencas, priorizando las cuencas glaciares. El Perú cuenta con 23 cuencas glaciares y 137 subcuencas. En el 2016 se han intervenido en 5 subcuencas.
4. La reducción del área glaciar, debida al cambio climático, ha dado lugar a la formación de nuevas lagunas que, en ciertos casos, constituyen una amenaza para los medios de vida y las poblaciones que habitan en la parte baja de las subcuencas glaciares. A nivel de Ancash, en la Cordillera Blanca, se han identificado un total de 19 lagunas consideradas peligrosas en las que es necesario el desarrollo de estudios e investigaciones sobre el peligro que significan, así como la implementación de obras de seguridad. Destaca entre estas, la laguna Palcacocha, que en 1941 fue origen de un aluvión catastrófico para la ciudad de Huaraz.
5. La vulnerabilidad de los ecosistemas, catalizada por causas antrópicas y el cambio climático, es cada vez mayor y se vienen degradando tanto los ecosistemas como la biodiversidad y, consecuentemente, los servicios ecosistémicos. Las intervenciones iniciadas por el INAIGEM están orientada a la recuperación y conservación de los ecosistemas y la agrobiodiversidad, priorizando los servicios que estos brinda con enfoque de paisaje, es decir, con visión integral y de interrelación entre los ecosistemas dentro de la subcuenca. En consecuencia, preservar y promover la agrobiodiversidad es una estrategia clave de adaptación que mejora la seguridad alimentaria. Un ejemplo de esto es el trabajo iniciado con el mantenimiento y conservación del material genético de la papa nativa.
6. La investigación glaciológica se orienta básicamente a dos aspectos:
 - Relación de la evolución de la disminución de superficie glaciar y el régimen del recurso hídrico aguas abajo.
 - Relación de la reducción de superficie glaciar y la posible generación de fenómenos como aluviones debido a avalanchas, caída de rocas, deslizamientos y otros procesos de remoción y flujos de masa.
7. En lo concerniente a los ecosistemas de montaña, a partir de la información existente como son: Mapa de Cobertura Nacional, Estrategia Nacional de Diversidad Biológica (ENDB), la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC). Se han priorizado trabajar en dos líneas de investigación:
 - Recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña y los servicios que estos brindan.
 - Los riesgos en los ecosistemas de montaña por causas antrópicas y cambio climático.

8. Según los datos de Hidrandina – INAIGEM en el Perú, entre 1962 y 2016 (54 años), se observa una reducción de la superficie glaciar del orden del 53.56% (1,284.95 km²). Las 18 cordilleras que se han identificado en nuestro país ocupan un total de 1,114.11 km² al 2016.
9. De acuerdo a los trabajos realizados en los departamentos de Junín, Huancavelica, Huánuco, Arequipa, Apurímac, Cusco y Puno, se ha determinado que las cordilleras, Chila, Chonta, La Raya y Huanzo, muestran una acelerada reducción glaciar y están en proceso de extinción. La cordillera Volcanica actualmente esta extinta.
10. Las cordilleras Carabaya y Huallanca muestran reducciones del área glaciar superiores al 70% Huarochungo, Urubamba, Ampato, Huaytapallana y Central tienen valores de pérdida cercanos al 70%. Apolobamba y Raura presentan valores sobre el 50% de pérdida. Vilcanota muestra una reducción del área cercana al 50%. La Cordillera Blanca y Huayuash reducciones de área cercanas al 40%.
11. Se ha observado la presencia de carbono negro, contaminante resultado de la combustión en diversas actividades antrópicas, en los glaciares de Shallap y Yanapaccha en la Cordillera Blanca. Este contaminante ejerce un forzamiento radiativo positivo que produce el calentamiento de la superficie glaciar absorbiendo la energía solar y transfiriéndola a la nieve, acelerando su fusión.
12. De acuerdo a los antecedentes, la investigación sobre ecosistemas de montaña ha estado concentrada en los humedales, bosques relictos y calidad de agua de manera puntual, sujetos al periodo de vida de proyectos y principalmente a nivel de diagnósticos. En el 2016, la investigación se ha enfocado en estos ecosistemas y ampliado a pajonales, plantaciones forestales y agrobiodiversidad. Se han instalado parcelas de investigación por cada ecosistema, y puntos de monitoreo de agua por subcuenca, al ser estos de carácter permanente, generan no sólo data histórica sino contribuyen a producir conocimiento científico que permitirá recuperar y conservar los ecosistemas de montaña y los servicios que estos brindan y, de esta manera, poder enfrentar mejor los efectos del cambio climático.
13. Ante los limitados recursos económicos del 2016, las acciones se han concentrado en el departamento de Ancash, sede institucional. Esto no sólo ha permitido una mayor eficiencia y eficacia en el uso de los recursos, sino afinar estrategias, metodologías y consolidar un grupo humano con conocimiento de lo que la institución quiere hacer y contribuir con el desarrollo nacional.
14. Ha sido un acierto el focalizar la intervención en subcuencas glaciares, tomando como límite inferior los 3,500 m s.n.m. Esto ha permitido atender los ecosistemas más frágiles, muchos de ellos en gran medida dependen de los glaciares. Los estudios permitirán generar conocimientos y escenarios futuros en glaciares y ecosistemas de montaña, tomando en cuenta sus funciones y servicios que brindan.
15. Se trabajó desde el inicio con participación de la población en la planificación, instalación y monitoreo de las parcelas de investigación, devolución y análisis de la información de registros de clima, agua, suelo y vegetación de manera tangible. Esta estrategia ha generado mayor interés no sólo de conocer sino también de asumir compromisos y ser parte de un proceso que les sirva para adaptarse al cambio climático. Esto mismo se percibe del trabajo con los jóvenes estudiantes de secundaria y universitarios.
16. La mejor forma de lograr un trabajo articulado entre ecosistemas, actividades económicas, culturales, deportivas, educativas, es que se implemente de una manera práctica. Las parcelas de investigación instaladas con visión de corredores ecosistémicos son un acierto, los resultados que se obtengan serán una herramienta metodológica potente para sensibilizar, capacitar, educar en la recuperación y conservación de los ecosistemas.

17. Se han establecido once convenios interinstitucionales con entidades nacionales e internacionales como estrategia de posicionamiento y fortalecimiento institucional para la investigación científica.
18. Un logro fundamental para alcanzar los objetivos del INAIGEM ha sido la aprobación de sus principales instrumentos de gestión, como son el Reglamento de Organización y Funciones (ROF) y el Plan Estratégico Institucional.
19. Existen dos espacios a nivel nacional muy importantes que requerirán de la tecnología y conocimiento científico aplicado que generará el INAIGEM, estos son:
 - La política agraria que ha creado la Dirección de Ganadería del MINAGRI ha lanzado el plan de desarrollo ganadero, que implica la siembra de pastos mejorados al 2021, de 150,000 ha. Esto implica una presión sobre el ecosistema de pajonal para el cambio de uso de suelo y sus implicancias sobre los servicios ecosistémicos. El INAIGEM contribuirá generando conocimientos para que el cambio de uso de suelo afecte lo menos posible a los servicios ecosistémicos y brindará alternativas científicas y tecnológicas para disminuir la presión sobre el ecosistema.
 - El compromiso de país en la COP 20 de recuperar 3'200,000 hectáreas de áreas degradadas, es liderado por el SEFOR, el INAIGEM es parte del comité nacional, del mismo modo que el caso anterior, debe contribuir con conocimientos para que la recuperación contribuya con la mejora de los servicios ecosistémicos.
20. El año 2016 ha sido una oportunidad de identificar proceso y actores (institucionales, académicas, privados, organizaciones de base) que tiene que ver con los ecosistemas de montaña y los servicios que estos brindan. Ha sido importante el trabajo en alianzas donde se han identificado espacios, acciones y compromisos para el 2016 con perspectivas futuras, esto se ha concretado en convenios marco y específicos.
21. Teniendo en cuenta que el INAIGEM es una institución de alcance nacional, la mayor dificultad ha sido el limitado presupuesto, hecho que ha limitado la posibilidad de atender mayores ámbitos más allá de la región Ancash. Este hecho ha contribuido también a que la institución no sea muy conocida fuera de Ancash.
22. Se tiene dificultades en la obtención de áreas para desarrollar las investigaciones sobre ecosistemas, es difícil que los propietarios, ya sea privados o de organizaciones campesinas, puedan ceder sus terrenos, aún más cuando se solicita dichas áreas por un periodo no menor a 10 años y una extensión no menor a 10 ha, ya que con cantidades menores no se podrán conseguir resultados de investigación relevantes.
23. El acceso a la cartografía base a escala 1/25,000 es limitado, la cartografía 1/100,000 disponible no alcanza el nivel de detalle requerido para las investigaciones a nivel de subcuencas.
24. Es imperativo, en los tres niveles de gobierno, fortalecer la gestión de riesgos asociados a glaciares con sustento en la investigación científica y sobre su dinámica en un contexto de cambio climático.
25. Mejorar la gestión de los recursos hídricos bajo la premisa de que los glaciares y ecosistemas de montaña brindan importantes servicios que garantizan el acceso a este recurso vital para nuestro desarrollo.

26. En cuanto a la conservación y recuperación de los ecosistemas se ha trabajado en lo concerniente a adaptación, en el 2016 destacan tres alternativas:

- Siembra y cosecha de agua en cabeceras de cuenca.
- Rotación de cultivos.

Para ambas alternativas, la diferencia con los aliados que también realizan estas alternativas, es que se viene cerrando la brecha de información sobre cuantificar y calificar las ventajas y desventajas de las alternativas; para lo cual, se han instalado equipos de medición que permiten registrar parámetros como el régimen hídrico, temperatura, humedad del suelo. Los resultados del manejo de información y generación de conocimientos desde el inicio se vienen compartiendo con los aliados y beneficiarios, contribuyendo a mejorar prácticas y metodologías, y que las alternativas sean más atractivas para los beneficiarios.

- Disminuir la presión sobre el ecosistema pajonal

Es en esta alternativa donde el Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña, por su ubicación a 3,800 m s.n.m. viene generando conocimiento sobre cambio de uso de suelo de tal manera que sus efectos y prácticas para que el cambio, afecte lo menos posible a los servicios ecosistémicos. Los resultados contribuirán a que la aplicación de la política agraria de instalar pastos mejorados en espacios donde ahora son pajonales, sea más sostenible.

27. Se tiene previsto descentralizar el ámbito de trabajo a otras regiones. De acuerdo a lo planificado para el año 2017, se instalará la sede desconcentrada en el Cusco para atender la macro región sur.
28. El año 2017 se instalará el Consejo Directivo del INAIGEM a fin de dar cumplimiento a nuestra norma de creación y fortalecer nuestras estrategias de investigación.
29. Culminar en el año 2017 el inventario nacional de glaciares en base a información satelital del año 2016.
30. En el año 2017, se continuará y fortalecerá la investigación científica aplicada en glaciología y ecosistemas de montaña, buscando una mayor articulación con la academia, gobiernos regionales y locales.
31. La creación e implementación de los Centros de Investigación Científica y Tecnológica Aplicada para la Investigación en Ecosistemas de Montaña, es una estrategia que hay que continuar, se espera al igual que el de Cátac, ampliar esta experiencia en otras regiones del país.
32. Para el próximo año se identificarán las líneas de investigación nacionales en glaciares y ecosistemas de montaña acorde con las perspectivas y desafíos del país.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce, R. (2015). *Los actores sociales de los glaciares y ecosistemas de montaña en el Perú*. Huaraz: INAIGEM
- Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Inventario de glaciares de la Cordillera Blanca*. Huaraz: ANA.
- Compañía Minera Milpo S.A.A. (2015). *Estudio y monitoreo de los glaciares de Chaupijanca - Shicra y Pastoruri*. Informe Final.
- ELECTROPERÚ (1997). *Inspecciones de 31 lagunas de la Cordillera Blanca*. Huaraz: Electroperú.
- Ministerio del Ambiente. (2010). *El Perú y el cambio climático*. Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Perú. Agenda de investigación ambiental*. Lima: Dirección General de Investigación e Información Ambiental - MINAM.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Perú. AgendAmbiente 2015-2016*. Lima: MINAM
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Perú. País de montañas*. Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal: memoria descriptiva*. Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Historia ambiental del Perú. Siglo XVIII y XIX*. Lima: MINAM.
- Tapia, M. (2013). *Diagnóstico de los ecosistemas de montañas en el Perú*. Lima: FAO-MINAM.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2011). *Los Impactos del cambio climático en las funciones hidrológicas de la cuenca del río Santa*. Huaraz: UICN.

RELACIÓN DE MAPAS

- Mapa 1. Cuencas priorizadas a nivel nacional
- Mapa 2. Corredor Ecosistémico Vallunaraju - Culebras
- Mapa 3. Corredor Ecosistémico Vallunaraju - Huaraz - Punta Callán - Culebras
- Mapa 4. Corredor Ecosistémico Pachacoto Wariraja
- Mapa 5. Ubicación de Parcelas de Investigación por Ecosistemas en subcuencas priorizadas
- Mapa 6. Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua en la subcuenca Quillcay
- Mapa 7. Mapa de Cobertura Vegetal en la sub cuenca Quillcay
- Mapa 8. Distribución de las imágenes satelitales en las 19 cordilleras del Perú
- Mapa 9. Cartografía procesada del Departamento de Áncash
- Mapa 10. Mapa de ubicación de las estaciones de aforo

RELACIÓN DE CUADROS

- Cuadro 1. Situación actual de lagunas consideradas como peligrosas en la Cordillera Blanca
- Cuadro 2. Resultados de la inspección a las obras de seguridad en lagunas peligrosas
- Cuadro 3. Distribución de los glaciares en el Perú por cordilleras nevadas 1962 – 2016
- Cuadro 4. Monitoreo en glaciares priorizados por el INAIGEM
- Cuadro 5. Pérdidas de superficie y en porcentaje del glaciar Chaupijanca 1962-2015
- Cuadro 6. Tipo de cobertura vegetal en los ecosistemas de montaña
- Cuadro 7. Parcelas de investigación instaladas en 2016 en la cuenca del río Santa
- Cuadro 8. Ámbito de monitoreo de la calidad de agua 2016
- Cuadro 9. Ámbito de monitoreo de suelo en parcelas de investigación 2016
- Cuadro 10. Ámbito de monitoreo de flora y cobertura vegetal en parcelas de investigación 2016
- Cuadro 11. Publicaciones por medios escritos realizadas en el periodo 2016
- Cuadro 12. Ubicación de las estaciones de aforo
- Cuadro 13. Convenios interinstitucionales INAIGEM 2016

RELACIÓN DE FIGURAS

- Figura 1. Nevado Mismi en la actualidad ya no existe. El área sombreada de color rojo representa la superficie de 1955 y la sombreada de celeste el área actual.
- Figura 2. Variación del área glaciar Condoray: (a) Imagen de satélite Sentinel-2 (RGB: 432) de 13-09-2016, (b) fotografía del margen derecho y (c) fotografía del margen izquierdo del glaciar.
- Figura 3. Comparación de superficies del glaciar Atashira entre los años 1962 y 2016
- Figura 4. Comparación de los glaciares evaluados donde se observa la pérdida de masa glaciar (rojo), y las áreas donde todavía hay cobertura glaciar (azul).
- Figura 5. Variación del caudal mensual de la laguna Palcacocha
- Figura 6. Reducción glaciar porcentual por cordillera
- Figura 7. Proceso de influencia del carbono negro en el derretimiento de nieve/hielo.
- Figura 8. Lengua glaciar de Chaupijanca.
- Figura 9. Muestra las variaciones desde 1948 (reconstrucción fotográfica) hasta el 2014. Yanamarey perdió un volumen de 4 070,164.21 m³ entre el 2005 y el 2014.
- Figura 10. Muestra las variaciones en el retroceso glaciológico y su tendencia clara a mayores pérdidas en el tiempo (UGRH-ANA).
- Figura 11. Publicaciones 2016 - INAIGEM.
- Figura 12. Afiche publicitario sobre la inauguración de la biblioteca del INAIGEM.
- Figura 13. Caudales de los ríos aforados en la cuenca media del río Santa: julio - febrero 2017.
- Figura 14. Caudales de los ríos aforados en la cuenca alta del río Santa: julio - febrero 2017.
- Figura 15. A la izquierda, el proyecto de medidor de nivel de laguna en fase de prueba. A la derecha un esquema de conexión del módulo HC-SR04 con la placa ARDUINO UNO.
- Figura 16. Avance de metas físicas y presupuestales 2016.

RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

- Fotografía 1. Nevado Huaychahui en la Cordillera Huanzo al 2016. La línea roja indica el límite de la superficie que tenía el glaciar, según los pobladores
- Fotografía 2. Comparación fotográfica del glaciar Chimbolla - Cordillera La Raya.
- Fotografía 3. Se observa el nevado Hualahuantay sin cobertura nival. En línea roja los límites aproximados de los glaciares en 1962.
- Fotografía 4. Vista panorámica de una zona de caída de rocas en la Cordillera Huanzo, generada por la exposición prolongada a la intemperie. Anteriormente estos afloramientos se encontraban con cobertura glaciar.
- Fotografía 5. Vista del dique artificial de la laguna Rajucolta.
- Fotografía 6. Vista del dique artificial de la laguna Palcacocha.
- Fotografía 7. Vista del dique artificial de la laguna Tullparaju.
- Fotografía 8. Vista del dique artificial de la laguna Cuchillacocha.
- Fotografía 9. Áreas de la cuenca glaciar del Palcacocha.
- Fotografía 10. Inspección de la laguna Palcacocha por el personal de INAIGEM.
- Fotografía 11. Perforaciones para obtener la densidad del glaciar en la zona de acumulación en el glaciar Ticlla.
- Fotografía 12. Muestra la lengua glaciar en dos periodos distintos en el año 2016, evidenciando los cambios significativos en los procesos de fusión y sublimación.
- Fotografía 13. Centro de Investigación Científica y Tecnológica “Reynaldo Trinidad Ardiles” - CIEM.
- Fotografía 14. Parcela de mantenimiento de material genético de papa nativa de Áncash - CIEM.
- Fotografía 15. Monitoreo de calidad de agua con multiparámetro en sub cuenca Pachacoto.
- Fotografía 16. Mesa temática de biodiversidad.
- Fotografía 17. Mesa redonda para el análisis de los resultados del Foro.
- Fotografía 18. Visitas técnicas a Pastoruri, Llanganuco y Palcacocha.
- Fotografía 19. Disertaciones en la Cámara de Comercio por el día de la Tierra.
- Fotografía 20. Capacitación a estudiantes Colegio Nacional La Libertad.
- Fotografía 21. Instalaciones de la biblioteca especializada del INAIGEM.
- Fotografía 22. Aforo en el río Cojup.





📍 Jr. Juan Bautista Mejía 887, Huaraz, Ancash, Perú.

📞 (043) 22-1766

@ www.inaigem.gob.pe

📘 Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña