



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

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



ISSN 2521-5329

BOLETÍN INAIGEM



*Trabajando para
todos los peruanos*

Septiembre - Diciembre 2017
Año II, N° 4

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Presidente

Ing. Benjamín Morales Arnao

Secretario General

Sr. Jorge Rojas Fernández

Directores

Ing. Ricardo Villanueva Ramírez

Director (e) 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

Dirección

Sede Central: Jr. Juan Bautista Mejía N° 887

Huaraz, Ancash, Perú

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

Oficina de contacto en Lima

Av. Del Pinar N° 134 Of. 804

Santiago de Surco, Lima, Perú

Telefono: (511) 288-3477

Oficina Desconcentrada de Coordinación Regional del Cusco

Granja Kayra - UNSAC

Distrito de San Gerónimo, Cusco

www.inaigem.gob.pe

ISSN: 2521-5329

Título clave: Boletín INAIAGEM

Título clave abreviado: Boletín Inaigem

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2016 - 17489

Tiraje 1000 ejemplares

Foto portada: Oscar Vilca (INAIAGEM)

Fotos Interiores: INAIAGEM

Impreso en diciembre de 2017

En:

EDITORIAL

AGENDA INSTITUCIONAL

- Eventos INAIGEM 09
- Participación INAIGEM 13
- Convenios suscritos por el INAIGEM 16

ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

- **Expedición al nevado Vallunaraju: Inicio de investigaciones en las cumbres nevadas del Perú** 21
Ricardo Villanueva Ramírez
- **Instalación de parcelas de investigación en ecosistemas de montaña en la Sede Macro Regional - Cusco** 28
David Ocaña Vidal
- **Avances en la investigación:
Determinación de la relación entre grado de compactación y la capacidad de infiltración del bofedal Cochapampa de la quebrada Quillcayhuanca, Huaraz, Ancash, Perú** 37
Helder Mallqui Meza
- **Investigación para la recuperación de servicios ecosistémicos de regulación y provisión hídrica en las subcuencas glaciares del Perú** 42
Ana Rosario Guerrero, Helder Mallqui Meza, Gabriel Martel Valverde, David Ocaña Vidal



**Expedición INAIGEM
Huascarán 2017**

En este número queremos resaltar el inicio de las expediciones científicas del INAIGEM a las cumbres de los principales glaciares de la Cordillera Blanca. Empezamos con la expedición al Vallunaraju, que fue un ensayo para el ascenso al Huascarán. En estas expediciones se calcula la elevación máxima de las cumbres -con un GPS diferencial de alta precisión-, se determina la concentración de carbono negro en las zonas de “acumulación” y de “ablación” del nevado, se efectúan mediciones glaciológicas y se prueba la capacidad física de los técnicos y profesionales. El INAIGEM como entidad de investigación en glaciares, tiene la necesidad y la obligación de contar con información certera sobre las condiciones de los glaciares del Perú, no sólo a nivel de los frentes glaciares sino también de las cumbres.

De otro lado se continúa con las investigaciones en los ecosistemas de montaña. En esta edición destaca el tema de la “siembra y cosecha de agua” en una cuenca de la vertiente occidental de la Cordillera Negra, muy sensible a la escasez del líquido elemento. Al respecto, se está avanzando en la definición de prácticas tecnológicas para el “almacenamiento” no tradicional de las aguas de lluvia; que, como se sabe, son abundantes en los meses de diciembre a abril y sumamente escasas en el resto del año. La población es consciente de que, si no se retiene el agua en los cerros y cuencas en la época lluviosa, la población de estos ecosistemas tendrá serios problemas para su supervivencia.

En este mismo espacio, el de los ecosistemas de montaña, se sigue avanzando en la evaluación de la diversidad biológica; en tal sentido, hay un especial énfasis en la elaboración de las respectivas líneas de base, las mismas que se convertirán en el referente de medición para comparar la situación actual de los ecosistemas con una situación proyectada, en función de la aplicación de diversos procesos de recuperación o la medición de los cambios en éstos como producto de los procesos productivos u otras intervenciones antrópicas propias de las exigencias de la vida misma, que impactan en la composición y la estructura compleja propios de estos espacios geográficos, así como en sus interacciones.

De otro lado, el monitoreo de los parámetros climatológicos es un elemento imprescindible en las acciones del INAIGEM; en tal sentido, se está avanzando no solo en la cobertura y frecuencia, sino que se están dando pasos firmes hacia la automatización con reducción de costos y mayor eficiencia, utilizando tecnología avanzada disponible en el mercado.

En el escenario supranacional, en este último trimestre del año 2017, destaca la reunión de la Iniciativa Andina de Montañas organizada por INAIGEM y CONDESAN con el apoyo de la Fundación Konrad Adenauer. La reunión fue llevada a cabo en la ciudad de Huaraz, el 28 de noviembre del año en curso, con la participación de representantes de siete países sudamericanos. También es relevante el desarrollo exitoso de I Congreso Internacional del Cambio Climático y sus Impactos, en la ciudad del Huaraz del 29 de noviembre al 1 de diciembre del 2017, evento organizado por la Sociedad Geológica del Perú (SGP), y coorganizado por el INAIGEM.

Un aspecto que resaltar en la gestión del INAIGEM, en esta parte final del año 2017, es la creación de la Oficina de Coordinación Regional Temporal en la ciudad del Cusco, en

mérito a la Resolución de Presidencia Ejecutiva N°047-2017-INAIGEM/PE y el Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) y el INAIGEM. Como se sabe la macro región del sur del INAIGEM, está conformada por la sierra de los departamentos de Apurímac, Arequipa, Cusco, Moquegua, Puno y Tacna.

Además, se suscribieron nuevos convenios interinstitucionales con: el Centro BYRD - BPCRC de Investigación Polar y del Clima de la Universidad Estatal de Ohio (29.09.17), el Gobierno Regional de Cusco (13.10.17), el Centro Regional de Sismología para América del Sur – CERESIS (18.10.17), la Universidad Nacional del Altiplano – PUNO (20.10.17), CARE Perú y la Universidad de Zurich (27.10.17), la Universidad Nacional de Moquegua (02.11.17), el Gobierno Regional de Arequipa (03.11.17) y el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET (24.11.17).

Finalmente, para cerrar el año con “broche de oro” se instaló el Primer Consejo Directivo del INAIGEM, el lunes 27 de noviembre del 2017. El Consejo Directivo está conformado por: el Ing. Benjamín Morales Arnao, como Presidente, en representación del Ministerio del Ambiente (MINAM); el Ing. Hugo Edgar Carrillo Vargas, en representación del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI); el Dr. Giancarlo Marcone Flores, en representación del Ministerio de Cultura (MC); el Ing. Nelson Santillán Portilla, en representación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), y, el Dr. José Enrique Macharé Ordoñez, en representación del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET); faltando definir al representante de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU). Como se sabe, el Consejo Directivo es el órgano máximo del INAIGEM, el mismo que tiene entre sus principales funciones proponer al MINAM la Política y el Plan Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

Huaraz, diciembre de 2017.

AGENDA INSTITUCIONAL

EVENTOS INAIGEM

Inauguración de la Oficina Macro Regional Sur con sede en la ciudad del Cusco

El jueves 5 de octubre se instaló e inauguró la Oficina Macro Regional Sur del INAIGEM con sede en la ciudad del Cusco. En la inauguración participaron las principales instituciones y autoridades locales y regionales. El INAIGEM con Resolución de Presidencia Ejecutiva N° 047 – 2017 – INAIGEM/PE aprueba la creación de la Oficina Regional en la ciudad de Cusco, como unidad operativa para realizar actividades de interés institucional administrativas y de carácter técnico en la zona sur del país. La sede institucional se ubica en las instalaciones de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - UNSAAC, aporte viabilizado a través del Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional firmado el 3 de agosto de 2017.



Inauguración de la Oficina Macro Regional Sur Sede Cusco, con presencia de autoridades, regionales sectoriales y de la Universidad San Antonio Abad del Cusco - UNSAAC

Taller de validación de indicadores sobre la mejora de los servicios ecosistémicos en parcelas de investigación y transferencias de información en Ancash

El viernes 27, el lunes 30 de octubre, el sábado 11, el martes 21 y el viernes 24 de noviembre del presente año, se llevaron a cabo siete talleres de validación de indicadores sobre la mejora de los servicios ecosistémicos en parcelas de investigación y transferencia de información para la expansión de

los resultados. Los mencionados talleres se ejecutaron en el Centro Poblado de Marian, Huaraz, en la CC(*) Cahuide – sector Tayacoto, en la CC de Cátac, Huaraz en la CC Liberación de Aija, en la CC de Cajamarquilla, en el local de la Asociación de Auxiliares de Alta Montaña (ASAAM), Huaylas y en el local de los usuarios de agua de la subcuenca Santiago, Aija.

Se contó con la participación de 21 usuarios del Comité de Pastos de Llaca del Parque Nacional Huascarán, 36 miembros de la CC Cahuide – Sector Tayacoto, 34 miembros de CC de Cátac, 35 miembros de CC Liberación de Aija, 54 integrantes de la ASAAM, 19 líderes de la Comisión de Regantes de Aija y 40 miembros de la CC de Cajamarquilla.

Los objetivos de los talleres fueron: i) validar desde la percepción local los indicadores de investigación y monitoreo de la provisión de los servicios ecosistémicos en las subcuencas glaciares; ii) socializar los avances de investigación y monitoreo en las parcelas de investigación y del recurso hídrico; y, iii) establecer acuerdos para la expansión de los resultados de las investigaciones en ecosistemas de montaña.

Todos los participantes se informaron sobre los avances de las investigaciones, con especificaciones puntuales en cada caso, como el manejo de riego presurizado, el monitoreo de la calidad del agua, la biorremediación de aguas ácidas, la recuperación de bofedales, la siembra y cosecha de agua, además de los avances de las investigaciones sobre la *Puya raimondii*.



Taller de validación de indicadores sobre la mejora de los servicios ecosistémicos en la localidad de Santa Cruz, Huaylas, Ancash.

(*) Comunidad Campesina

Taller sobre diagnóstico situacional de la población de Hornuyoc frente al peligro de deslizamiento (Carhuaz - Ancash)

El sábado 30 de setiembre de 2017, en el Centro Poblado de Rampac-Hornuyoc (provincia de Carhuaz), se llevó a cabo el “Taller diagnóstico situacional de la población de Hornuyoc frente al peligro de deslizamientos”. Los objetivos del taller fueron: i) realizar el diagnóstico comunal de Hornuyoc mediante el uso del calendario comunal, y ii) validar la línea del tiempo del peligro de deslizamiento en el ámbito de Rampac Grande-Hornuyoc. Se obtuvo información sobre la percepción de los pobladores respecto a las causas, consecuencias y los factores de vulnerabilidad frente al riesgo de desastres por el peligro de deslizamientos. Al finalizar el taller, se contó con información de calidad para la elaboración de mapas de peligros y percepciones locales. Participaron 18 personas.



Taller de diagnóstico situación de la población de Hornuyoc frente a peligros de deslizamientos, Carhuaz, Ancash

Taller de “Sensibilización y socialización del mapa de peligros y medidas de prevención frente al deslizamiento en Rampac Grande - Hornuyoc”, (Carhuaz - Ancash)

El viernes 13 de octubre de 2017 se llevó a cabo el “Taller de sensibilización y socialización del mapa de peligros y medidas de prevención frente a deslizamientos en Rampac Grande-Hornuyoc.” El evento se llevó a cabo en el Centro Poblado de Rampac (provincia de Carhuaz) se pudo socializar los mapas geológico, geomorfológico y de peligro de Hornuyoc, así como la difusión del mapa de peligros en la zona de Hornuyoc, elaborado por los especialistas del INAIGEM y la República Checa. De esta manera, 128 familias del Centro Poblado están informadas sobre el mapa de peligros frente a deslizamientos; asimismo, la Municipalidad Provincial de Carhuaz, la Ugel de la provincia y las autoridades locales, validaron los paneles informativos para su difusión en las calles principales de Hornuyoc.



Presentación del mapa de peligro al agregado económico de la embajada de la República Checa, Rampac, Carhuaz, Ancash

Curso teórico - práctico para el uso de equipos para monitoreo biológico, hidrobiológico y calidad de agua y suelo, en Ancash

El sábado 11 de noviembre de 2017, en el glaciar Pastoruri, Recuay, Ancash 35 estudiantes universitarios voluntarios de la UNASAM participaron en el “Curso teórico-práctico de uso de equipos para monitoreo biológico, hidrobiológico y calidad de agua y suelo”. Fueron capacitados y entrenados en la utilización de equipos altamente especializados para soporte en el monitoreo hidrológico, biológico y de la calidad del agua en ecosistemas de montaña.



Participantes al curso teórico-práctico para el uso de equipos para monitoreo en Recuay, Ancash

Talleres de información con autoridades locales en Huaraz, Ancash

El domingo 19 de noviembre en el salón auditorio del Centro Poblado de Coyllur del distrito de Huaraz, se llevó a cabo el “Taller de fortalecimiento de capacidades en materia de glaciares y ecosistemas de montaña en el marco del cambio climático” con la participación de las autoridades y dirigentes de los centros poblados de la margen derecha del río Quillcay.

El programa ejecutado fue el siguiente: i) la Mancomunidad Waraq y el Sistema de Alerta Temprana (SAT); ii) rol y funciones de las entidades de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Provincial de Huaraz; iii) Plan de Prevención y Reducción de Riesgos

de Desastres en la Municipalidad de Independencia; iv) monitoreo hidrológico de la subcuenca Quillcay; v) calidad del agua y parcelas de investigación en ecosistemas de montaña, y, vi) estudios sobre riesgos de origen glaciar.

Asistieron 51 dirigentes, pobladores y autoridades locales de los centros poblados de la margen derecha del río Quillcay: Cashacancha, Los Pinos, Jancu, Paquishca, Queropampa, Ichoca, Manzana y Coyllur.

Los participantes incidieron sobre los temas siguientes: i) biorremediación integral de la cuenca; ii) causas de la contaminación de los ojos de agua; iii) grado de afectación de la salud de las personas por consumir agua contaminada; iv) fuentes de financiamiento alternativos para hacer realidad los estudios con ejecución de medidas; v) investigar ojos de agua limpia y otras fuentes de agua ácida; vi) desaparición de especies de interés económico (trucha); vii) tratamiento mediante secuencia de cochas naturales (sector Paquishca); viii) investigar contaminación de riachuelos en Queropampa, río Querulloclla (canal Shallap) y filtraciones del canal (ver la calidad); ix) contaminación de la quebrada por residuos sólidos (Llamaruri) e investigación sobre la capacidad de los suelos, y, x) medidas de prevención y control de la erosión en quebradas (margen izquierda).

El taller fue organizado por el INAIEM con la colaboración de las Municipalidades de Huaraz e Independencia, la Mancomunidad Waraq y una ONG.



Asistentes a la reunión informativa en Coyllur, Huaraz

Reuniones de información con autoridades de centros poblados de la provincia de Huaraz

El domingo 26 de noviembre de 2017, se realizó una reunión en el Centro Poblado de Unchus (local del colegio), distrito de Independencia, provincia de Huaraz; se contó con la participación de 14 autoridades (10 varones y 4 mujeres). El objetivo de la reunión fue: informar a las autoridades de los centros poblados de Yarush, Llupa y Unchus acerca de las principales acciones que realiza el INAIEM en los glaciares y los ecosistemas de montaña. El eje temático principal fue “la gestión de riesgos” frente a posibles eventos peligrosos

provenientes de las lagunas y glaciares de la Cordillera Blanca y los riesgos asociados al cambio climático.

También, se contó con la exposición de la Oficina de Gestión del Riesgo de Desastres y Defensa Civil de la Municipalidad Provincial de Huaraz.

Los representantes de los centros poblados se mostraron muy interesados en la temática tratada y recomendaron profundizar los estudios respecto a la calidad y cantidad del agua en el río Paria; la contaminación por residuos sólidos y las excretas; y, demandaron un mayor conocimiento acerca del peligro que representa un aluvión de la laguna Palcacocha.

Asimismo, se comprometieron a avanzar con la zonificación de riesgos en sus localidades con el apoyo de las autoridades correspondientes. Demandaron una evaluación más detallada de la calidad del agua que consumen, ya que ésta, solamente es entubada y no tratada (contiene elementos en suspensión y hasta gusanos).

Los participantes manifestaron un gran interés por conocer cómo enfrentar desde su cotidianidad los efectos del cambio climático y como prepararse para actuar en casos de emergencia. Finalmente, solicitaron analizar la posibilidad de una visita guiada (por INAIEM) a la laguna Palcacocha para “conocer” el peligro potencial al que se enfrentan.

La reunión fue organizada por el INAIEM con el apoyo de la Municipalidad de Huaraz y una ONG.



Asistentes a la reunión de informativa en Unchus, Huaraz



Trabajo grupal en Unchus, Huaraz

Iniciativa Andina de Montañas (IAM)

El martes 28 de noviembre de 2017 se reunieron, en la Cámara de Comercio de Huaraz, representantes de 7 países de América del Sur; para avanzar en la consolidación de esta iniciativa en pro de la conservación de las montañas tropicales más importantes del mundo, es decir, la Cordillera de los Andes. Estuvieron presentes representantes de Argentina, Bolivia, Chile, Ecuador, Colombia, Perú y Venezuela.

En esta oportunidad, la reunión de la IAM fue organizada por el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), que es el punto focal técnico del Perú en asuntos de montañas, con el apoyo del Ministerio de Relaciones Exteriores del Perú y el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), con el auspicio del Programa Regional de Seguridad Energética y Cambio Climático en América Latina de la Fundación Konrad Adenauer - EKLA-KAS.

Los países, entre otros temas, compartieron información sobre los avances que cada uno viene logrando en materia de montañas, desde programas nacionales hasta lineamientos de políticas y normatividad. También se invitó a esta reunión a los expertos en glaciares de cada país, quienes compartieron los panoramas nacionales sobre los glaciares y sus sistemas de monitoreo. El intercambio de información permitió tener una visión de lo que sucede en la región para contemplar acciones estratégicas en el Plan de Trabajo de la Iniciativa Andina de Montañas.

Dando continuidad a los compromisos de la última reunión, los países también discutieron y aprobaron los términos de referencia de la Secretaría Técnica, que fue delegada en la reunión pasada al Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), y se revisó el Plan de Trabajo de la misma. Esto representa el inicio oficial de las actividades de la Secretaría Técnica como apoyo al fortalecimiento de esta plataforma para el desarrollo sostenible en los Andes.



Representantes de siete países en la Iniciativa Andina de Montañas



Participantes de la Iniciativa Andina de Montañas en la reunión de Huaraz

Taller de capacitación en cercos eléctricos, riego por aspersión y rotación de canchas de pastoreo en un ecosistema pajonal intervenido en Cátac, Ancash

El viernes 1 de diciembre de 2017 se llevó a cabo el "Taller de capacitación en cercos eléctricos, riego por aspersión y rotación de canchas de pastoreo en un ecosistema pajonal intervenido en Cátac". El taller se desarrolló en el local de la CC de Cátac. El objetivo fue brindar información y conocimiento sobre las respuestas por el cambio de uso de suelo de la pradera nativa pajonal, mediante el riego por aspersión, diseño y distribución de las canchas de pastoreo y la instalación y manejo de cercos eléctricos para una adecuada gestión y conservación de ecosistemas. Participaron 60 comuneros y autoridades de la comunidad.



Capacitación en componentes para el riego por aspersión en Cátac, Ancash



Capacitación en cercos eléctricos a líderes de la comunidad campesina de Cátac, Ancash

PARTICIPACIÓN INAIGEM

Talleres para la formulación del Plan Nacional Forestal y de Fauna Silvestre de Ancash y Sierra Norte

El jueves 7 y el jueves 21 de setiembre el INAIGEM participó en dos talleres vinculados con la formulación participativa del Plan Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, organizada por la Administración Técnica de Ancash del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Las reuniones se llevaron a cabo en el auditorio de la Dirección Regional Agraria de Ancash y el local de la Cámara de Comercio de Huaraz, respectivamente. En ambas reuniones se contó con la asistencia de las principales instituciones vinculadas con el tema, así como especialistas y profesionales del sector privado.

Feria itinerante: Prepárate Huaraz

Los sábados 9 y 23 del setiembre y 7 y 21 de octubre, se realizaron exposiciones itinerantes en la plazuela de La Soledad, en la loza deportiva San Martín, en el parque Perú y en el parque Las Flores, de la ciudad de Huaraz, con la finalidad de sensibilizar a la población huaracina sobre las actividades que ejecuta el INAIGEM en el marco de la gestión de riesgos.

Se estima que participaron más de mil personas (adultos, jóvenes y niños – mujeres y varones), a quienes se les hizo entrega de material bibliográfico publicados y por el INAIGEM (folletos, revistas, notas técnicas y boletines, entre otros); además, se visualizaron documentales (videos) y se efectuaron demostraciones del “drone” explicando su utilidad en la gestión de riesgos y evaluación de peligros.

Las ferias fueron coorganizadas por INDECI, las Municipalidades (Huaraz e Independencia), INAIGEM, SERNANP-PNH y la UGEL-Huaraz, entre otras instituciones vinculadas a la gestión de riesgos y el cambio climático.



Feria en la loza deportiva de Shancayán, Huaraz



Feria en la loza deportiva del parque Perú, Huaraz



Vuelo demostrativo del “drone” en la feria de la plazuela de La Soledad, Huaraz

Jornada Educativa en Caraz, Ancash

El jueves 9 de noviembre del año 2017, se llevó a cabo una jornada formativa sobre los glaciares y las lagunas de origen glaciar en el contexto del cambio climático, en la sede del Colegio Nacional 2 de Mayo de Caraz – Huaylas, en la que participaron 45 alumnos y el profesor del tercer año de educación secundaria. Los temas relevantes de la jornada fueron: i) el currículo educativo y la promoción del rescate de las potencialidades naturales y culturales de la región como factor que impulsa el desarrollo sostenible; ii) el área de Ciencia, Tecnología y Ambiente y su responsabilidad en difundir temas relacionados con los glaciares y ecosistemas de montaña; iii) el INAIGEM y su rol en la difusión de la investigación en glaciares y ecosistemas de montaña.

Los estudiantes estuvieron muy motivados, especialmente por la demostración del “drone” y su gran versatilidad.

Esta jornada fue organizada por los docentes del Colegio 2 de Mayo de Caraz y personal del INAIGEM.



Vuelo demostrativo del “drone”, en el Colegio Nacional 2 de Mayo de Caraz, Huaylas, Ancash

Taller sobre el plan de prevención y reducción del riesgo de desastres en la subcuenca Quillcay, Huaraz, Ancash

El martes 12 de septiembre la Municipalidad Provincial de Huaraz y la Municipalidad Distrital de Independencia invitaron a diversas instituciones especializadas al taller para la elaboración del “Plan de Prevención y reducción del riesgo de desastres de la Subcuenca Quillcay”. El taller se llevó a cabo en el Centro Cultural de Huaraz, salón N° 202 – 2° piso.

Taller de fortalecimiento de capacidades en Caraz, Ancash

El miércoles 22 de noviembre del año 2017 se llevó a cabo el “Taller de Fortalecimiento de Capacidades en Glaciares y Ecosistemas de Montaña” en el que participaron 140 alumnos del quinto año de secundaria y 2 profesores de la Institución Educativa Nacional Miscelino Sandoval de Caraz. El objetivo del taller fue el de “sensibilizar y fortalecer capacidades de los estudiantes de nivel secundario en los temas de glaciares y ecosistemas de montaña en el contexto del cambio climático”. La participación fue muy dinámica y de mucho interés por parte de los alumnos, por lo que se infiere el logro del objetivo, destacando la utilización del “drone” como herramienta para la evaluación de peligros y la gestión de riesgos.

Este taller fue organizado por los docentes del mencionado colegio y personal del INAIGEM.



Exposición a alumnos del Miscelino en Caraz, Huaylas, Ancash

Reunión con colegios en la ciudad de Huaraz

El viernes 24 de noviembre del presente año, en la sala SUM del Centro Cultural de Huaraz, se reunieron alumnos de cinco colegios del Callejón de Huaylas: Jorge Basadre, Antonio Raimondi, Señor de la Soledad, Fe y Alegria (Huaraz) y Antonio Laredo (Marcará), haciendo un total aproximado de 245 alumnos y 5 docentes del sexto grado de primaria.

El programa fue multifacético, con varias propuestas, entre las que destaca la instalación de estaciones meteorológicas en los colegios de la región, elaborada por el señor Henk Smeenk.

En esta reunión participó el INAIGEM con el tema: “La historia de un super equipo”. Se trató de una escenificación acerca a las principales acciones que realiza el INAIGEM respecto de los glaciares y los ecosistemas de montaña, y la importancia de los mismos para la vida y el desarrollo sostenible de las

poblaciones asentadas en el Callejón de Huaylas. En el proceso, se hizo incidencia de la importancia de asumir todos los retos que nos plantea el cambio climático global para nuestras poblaciones y cómo afrontarlos de manera solidaria.

El evento fue organizado por la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL-Huaraz) y la Dirección Regional de Educación de Ancash (DREA).



Exposición a alumnos en la sala SUM del Centro Cultural Huaraz

Turismo sostenible e investigación en cuencas y glaciares, en Santa Cruz, Huaylas, Ancash

El sábado 25 de noviembre de 2017, en el centro poblado de Tzacza del distrito de Santa Cruz de la provincia de Huaylas, se desarrolló el curso taller denominado: “Turismo sostenible en ecosistemas de glaciares y comunidades ecoeficientes”, el mismo que tuvo como objetivo: “Fortalecer los conocimientos y capacidades de los participantes y autoridades en temas de glaciares y ecosistemas de montaña en el contexto de cambio climático para entender su relación con las actividades turísticas con un enfoque sostenible”.

El taller fue organizado por la Gerencia de Desarrollo Económico de la Municipalidad Distrital de Santa Cruz, a través de la Unidad de Promoción Turística y Artesanal, con el apoyo del INAIGEM.

Lo fundamental del taller se desarrolló a través de una visita guiada sobre fauna y flora silvestre hacia la laguna de Pampacocha y una demostración de cómo se utilizan los “drones” como herramienta de gestión para la determinación de las condiciones geográficas de los glaciares y los ecosistemas de montaña en la región, que finalmente inciden sobre la gestión de riesgos. En la jornada de trabajo se trataron dos ejes temáticos: i) fortalecimiento de capacidades en turismo sostenible y turismo rural comunitario; y, ii) estrategias, instrumentos y metodologías para la investigación en cuencas glaciares. Participaron activamente más de 75 personas entre ciudadanos, profesionales y autoridades de los distritos de Caraz y Santa Cruz, además de operadores turísticos de la provincia de Huaylas.



Exposición a alumnos en la sala SUM del Centro Cultural de Huaraz, Ancash



Presentación del “drone” a la Comunidad, en Santa Cruz, Huaylas, Ancash

I Congreso Internacional de Cambio Climático y sus Impactos

Entre el 28 de noviembre y el 1 de diciembre de 2017, organizado por la Sociedad Geológica del Perú (SGP), con el apoyo del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas e Montaña (INAIGEM) y otras instituciones, se desarrolló en Huaraz este importante encuentro internacional con la participación de más en 400 personas de diferentes profesiones e instituciones del mundo. El congreso tuvo como objetivo central “ser un escenario de encuentro, donde se debata activamente las temáticas relacionadas con el cambio climático, desde diversas perspectivas, incluyendo aspectos científicos, económicos y sociales”.

Como parte del programa se desarrollaron dos importantes mesas temáticas: i) adaptación al cambio climático en glaciares y ecosistemas de montaña a cargo del INAIGEM, y ii) cambio climático y las áreas naturales protegidas a cargo del SERNANP.



Exposición magistral del Ing. Benjamin Morales Arnao, Presidente del INAIGEM

CONVENIOS SUSCRITOS POR EL INAIGEM

El Centro BYRD - BPCRC de Investigación Polar y del Clima de la Universidad Estatal de Ohio

En la ciudad de Lima, el 29 de septiembre de 2017 los representantes de las partes, el Ing. Benjamín Morales Arnao (INAIGEM) y el Dr. Lonnie Thompson (Universidad de Ohio), rubricaron el convenio interinstitucional que tiene como objeto la búsqueda de oportunidades de complementariedad y reforzamiento institucional mutuo, además, se comprometieron llevar a cabo acciones conjuntas, como:

- Colaborar en el estudio de glaciología, meteorología y climatología, en el plazo establecido por el convenio.
- La extracción de historias paleo climáticas largas y de alta resolución de los núcleos y capas de hielo del Huascarán, con la finalidad de obtener y conservar las últimas historias de núcleos de hielo que se sabe están aún archivadas en la montaña tropical más alta de la tierra.
- En el modelamiento meteorológico del nevado Huascarán a fin de conocer sus variaciones frente al cambio climático, así como las variaciones morfológicas en términos de la deposición de nieve en la cumbre, la influencia de la contaminación antrópica con mediciones anuales del carbón negro y de sus fuentes contaminantes, la variación de la disminución de las superficies glaciares en razón a la influencia de los cambios climáticos y los riesgos que puedan generarse.
- Participar en el intercambio de datos de campo, en la publicación de los resultados obtenidos en conferencias que traten de los logros alcanzados, tanto en el Perú como en los Estados Unidos de América.

Cabe destacar que la Universidad de Ohio (EEUU), en los últimos 43 años, viene desarrollando una serie de programas de investigación en el Perú. El convenio tiene una vigencia de tres años.



Representante de la Universidad de Ohio Dr. Lonnie Thompson (izquierda), el viceministro de Desarrollo Estratégico de Recursos Naturales del MINAM, Ing. Fernando León Morales (centro) y el presidente ejecutivo del INAIGEM Ing. Benjamín Morales Arnao (derecha)

Gobierno Regional del Cusco

El Gobierno Regional del Cusco y el INAIGEM suscribieron el 13 de octubre del año 2017, el Convenio Marco que tiene por objeto establecer las bases de la colaboración técnica, científica y de fortalecimiento que permitan la gestión e implementación de acciones conjuntas relativas a la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de la población. Acordaron en base a sus capacidades operativas, conocimiento técnico y disponibilidad de recursos: diseñar, planificar, gestionar recursos e implementar acciones conjuntas de fortalecimiento de capacidades para la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña, además de intercambiar información, conocimiento y gestión regional. Los suscribientes fueron el gobernador regional del Cusco y el presidente ejecutivo del INAIGEM, el Ing. Edwin Licona Licona y el Ing. Benjamín Morales Arnao, respectivamente.



Gobernador Regional del Cusco, Ing. Edwin Licona Licona y el Presidente ejecutivo del INAIGEM, Ing. Benjamín Morales Arnao

El Centro Regional de Sisimología para América del Sur - CERESIS

Teniendo como antecedente que el Perú está ubicado en una zona de actividad sísmica constante y altamente vulnerable por la presencia de glaciares y lagunas en la Cordillera de los Andes y ante la eventualidad de fenómenos naturales, el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) suscribió el 17 de octubre del presente año, un convenio marco de cooperación con el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), con el objeto de establecer mecanismos para desarrollar actividades en el campo de la investigación y difusión de conocimiento, orientados a la prevención y mitigación de peligros naturales de origen telúrico, como terremotos, tsunamis, deslizamientos y aluviones; así como, fomentar la educación de la población, propiciando la realización de cursos, publicaciones y talleres, generando proyectos dirigidos a proteger la vida de los pobladores. Por esta razón, ambas instituciones trabajarán en alianza estratégica, en un contexto de cambio climático y sus impactos sobre los servicios ecosistémicos.



El presidente ejecutivo del INAIGEM, Ing. Benjamin Morales Arnao (izquierda) y el director del CERESIS, Ing. Leandro Rodriguez Valverde (derecha), suscribiendo el Convenio Marco

Universidad Nacional del Altiplano de Puno - UNA

Este convenio Marco tiene por objeto establecer las bases de la colaboración técnica y científica entre la UNA-Puno y el INAIGEM, que permite la gestión e implementación de acciones conjuntas relativas a la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de la población de la región Puno. Las acciones conjuntas, estarán enmarcadas en el desarrollo de investigaciones en glaciares y ecosistemas de montaña; la implementación de una sede regional; el intercambio de recursos de información documental, geodésico y meteorológico; la difusión de resultados de la investigación científica; el fortalecimiento de capacidades; la formación de estudiantes; el fomento

de la participación de las comunidades campesinas y nativas en la investigación, entre otros. La firma se formalizó el 20 de octubre de 2017, entre el presidente ejecutivo del INAIGEM y el rector de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Ing. Benjamín Morales Arnao y Dr. Porfirio Enríquez Salas, respectivamente.



Care Perú y la Universidad de Zurich

El 27 Octubre de 2017, el INAIGEM firma convenio con CARE Perú y la Universidad de Zurich (Suiza), con el objeto de establecer compromisos y mecanismos de coordinación para la implementación de actividades en el marco del *Proyecto Glaciares+: Gestión del Riesgo y Uso Productivo del Agua Procedente de Glaciares*, y el cumplimiento de los roles y funciones del INAIGEM vinculados con la generación y promoción de información científica, así como en la formulación y proposición de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

Las acciones conjuntas específicas estarán orientadas a la intervención en los ámbitos de las lagunas 513, (Carhuaz, Ancash), Arhuaycocha y en la quebrada Santa Cruz (Huaylas, Ancash). Además, de ejecutar estudios conjuntos del Permafrost en las subcuencas priorizadas en las cordilleras Blanca (Ancash), Ampato (Arequipa) y Vilcanota (Cusco).



Universität
Zürich^{UZH}

Universidad Nacional de Moquegua - UNAM

El 2 de noviembre de 2017, en Moquegua, se firmó el convenio con la Universidad Nacional de esta región para desarrollar investigación aplicada en importantes ecosistemas de montaña como los bofedales, rodales de queñoa, matorrales, pajonales, yaretales y lagunas alto andinas, a fin de combatir los problemas de fragmentación de ecosistemas, entre otros.

El Convenio Marco tiene por objeto establecer las bases de colaboración técnica y científica entre la UNAM y el INAIGEM, que permitan la gestión e implementación de acciones conjuntas relativas a la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de la sociedad, los que son necesarios para el desarrollo local, regional y nacional, y el logro de los objetivos y propósitos de ambas partes.



Presidente de la comisión organizadora de la UNAM, Dr. Washintong Zeballos (centro) y el presidente ejecutivo del INAIGEM, Ing. Benjamín Morales Arnao (derecha)

Gobierno Regional de Arequipa

En la ciudad de Arequipa, el 3 de noviembre de 2017, se suscribió el Convenio Marco entre el INAIGEM y el Gobierno Regional de Arequipa, cuyo objetivo es establecer las bases de la colaboración técnica, científica y de fortalecimiento que permitan la gestión e implementación de acciones conjuntas relativas a la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de la población en esta región; teniendo en cuenta las capacidades operativas, de conocimiento técnico y disponibilidad de recursos de cada institución. Rubricaron por el GORE Arequipa la gobernadora Abg. Yamila Osorio Delgado y por el INAIGEM, su presidente ejecutivo, Ing. Benjamín Morales Arnao.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET

El INAIGEM y el INGEMMET firmaron el 24 de noviembre de 2017 el Convenio Marco que funda las bases de colaboración para el desarrollo de acciones en forma conjunta entre las partes que permita llevar a cabo actividades de cooperación técnica y científica en materia de estudios, proyectos de investigación y asesoría especializada, compatibles con la finalidad de ambas instituciones en concordancia con lo dispuesto por los dispositivos legales vigentes que rigen ambas instituciones. Para concretar estas aspiraciones, las partes se comprometen a:

- Apoyar conjuntamente y en la medida de sus posibilidades con recursos humanos, materiales y financieros la planificación y ejecución de los proyectos que se emprendan en el marco del presente convenio.
- Promover la formación académica de sus recursos humanos fomentando la realización de cursos, escuelas de campo, simposios, foros y otras actividades relacionadas.
- Compartir la información científica necesaria para realizar las actividades que se emprendan en el marco del presente convenio, así como las que se generen como consecuencia de su aplicación.
- Difundir conjuntamente los resultados de las investigaciones mediante publicaciones científicas, técnicas y de divulgación a nivel nacional e internacional. Las partes podrán realizar publicaciones por separado, en las que deberán hacer mención expresa de la cooperación de su contraparte.



ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

EXPEDICIÓN AL NEVADO VALLUNARAJU: INICIO DE INVESTIGACIONES EN LAS CUMBRES NEVADAS DEL PERÚ

Ricardo Villanueva Ramírez (*)

INTRODUCCIÓN

La investigación glaciológica en el Perú se inició en la cuarta década del siglo pasado, a raíz del aluvión originado en la laguna Palcacocha el 13 de diciembre de 1941 que ocasionó la pérdida de miles de vidas, así como la destrucción parcial de la ciudad de Huaraz y cuantiosa infraestructura a lo largo del Callejón de Huaylas. Desde entonces, diversas instituciones han desarrollado trabajos de inventario y monitoreo de glaciares y lagunas de origen glaciar consideradas peligrosas. Estas instituciones fueron: la Comisión de Lagunas de la Cordillera Blanca (1951-1969), la Corporación Peruana del Santa (1966-1973), Electroperú (1973-1976), el Instituto de Geología y Minería - INGEOMIN (1976-1978), el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET (1978-1981), Electroperú (1981-1986), Hidrandina (1986-1990), Electroperú (1991-1999), INRENA (1999-2008); y la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH) de la Autoridad Nacional del Agua (2008-presente).

El 12 de diciembre del año 2014 se crea el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM, como máxima entidad de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña a nivel nacional. A partir de noviembre de 2015, el INAIGEM da inicio a los trabajos de monitoreo en diversos glaciares del Perú a través de la Dirección de Investigación en Glaciares. Los trabajos de monitoreo se

realizan en los frentes glaciares (zona de ablación).

A la fecha, no se cuenta con información sobre el comportamiento de las cumbres glaciares (zona de acumulación), aspecto relevante actualmente, teniendo en consideración las actuales condiciones de cambio climático que afectan severamente a los glaciares a nivel mundial, sobre todo, de aquellos ubicados en zonas tropicales.

Por otro lado, la información sobre la elevación de las principales cumbres nevadas del Perú, y en particular, las de la Cordillera Blanca, no presentan datos que hayan sido verificados en campo con instrumentos modernos. La información oficial existente elaborada por el Instituto Geográfico Nacional-IGN, se basa en trabajos fotogramétricos que requieren ser detallados en campo. El INAIGEM, como máxima autoridad de investigación en glaciares, tiene la necesidad y obligación de contar con información certera sobre las condiciones físicas de los glaciares, incluyendo su altimetría.

El INAIGEM tiene prevista la comprobación de las elevaciones de las principales cumbres nevadas del Perú a fin de contar con información básica que permita evaluar el comportamiento de los glaciares en las cumbres. La expedición al nevado Vallunaraju se desarrolla como una fase de entrenamiento del personal científico y prueba de equipos, previo al ascenso al nevado Huascarán.

OBJETIVOS

- Calcular la elevación de la cumbre del nevado Vallunaraju.
- Determinar la concentración de Carbono Negro en las zonas de acumulación y ablación del nevado.
- Generar información base para evaluar la variación glaciar en las cumbres.
- Preparar al equipo humano para la expedición científica al Huascarán.
- Probar la operación y funcionamiento de equipos en ambientes de alta montaña.

(*) Director de la Dirección de Información y Gestión del Conocimiento del INAIGEM

Director (e) de la Dirección de Investigación en Glaciares del INAIGEM

UBICACIÓN

El nevado Vallunaraju se ubica en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, a una distancia aproximada de 15 km de la ciudad de Huaraz, dentro de la jurisdicción del Parque

Nacional Huascarán y forma parte de la Cordillera Blanca. Se accede al nevado por una trocha carrozable que ingresa a la quebrada de Llaca, desde donde se inicia el ascenso (ver figura 1 y mapa 1).

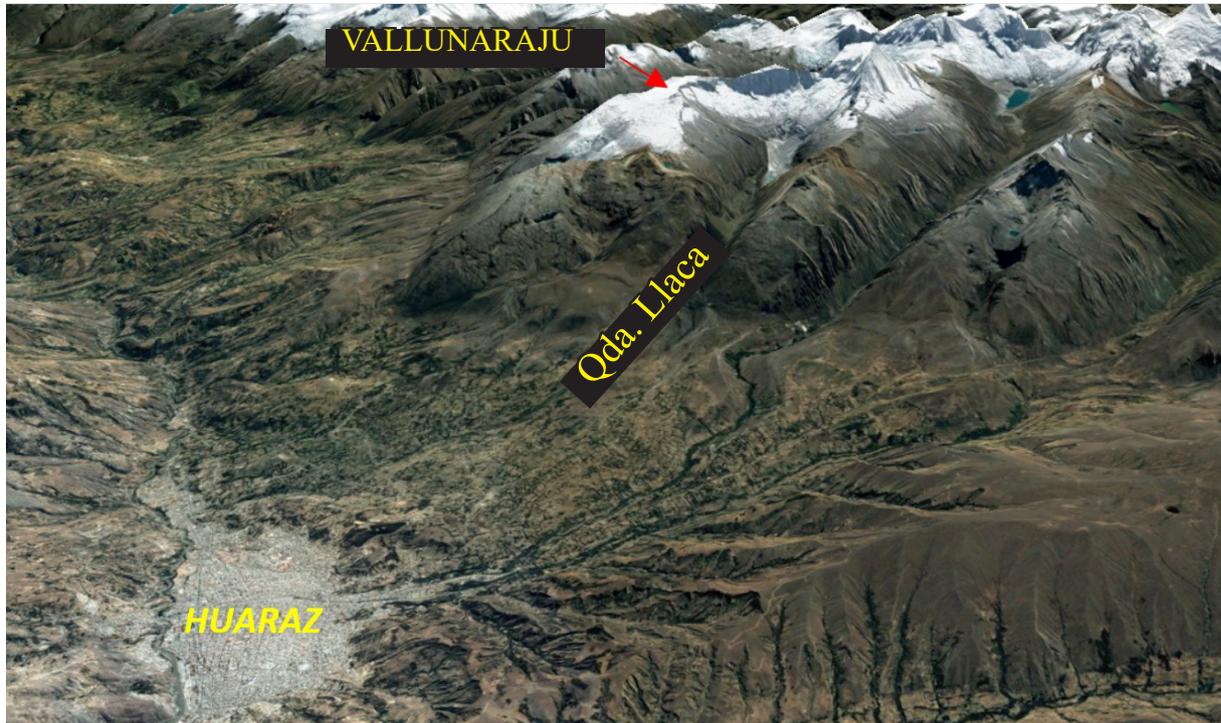
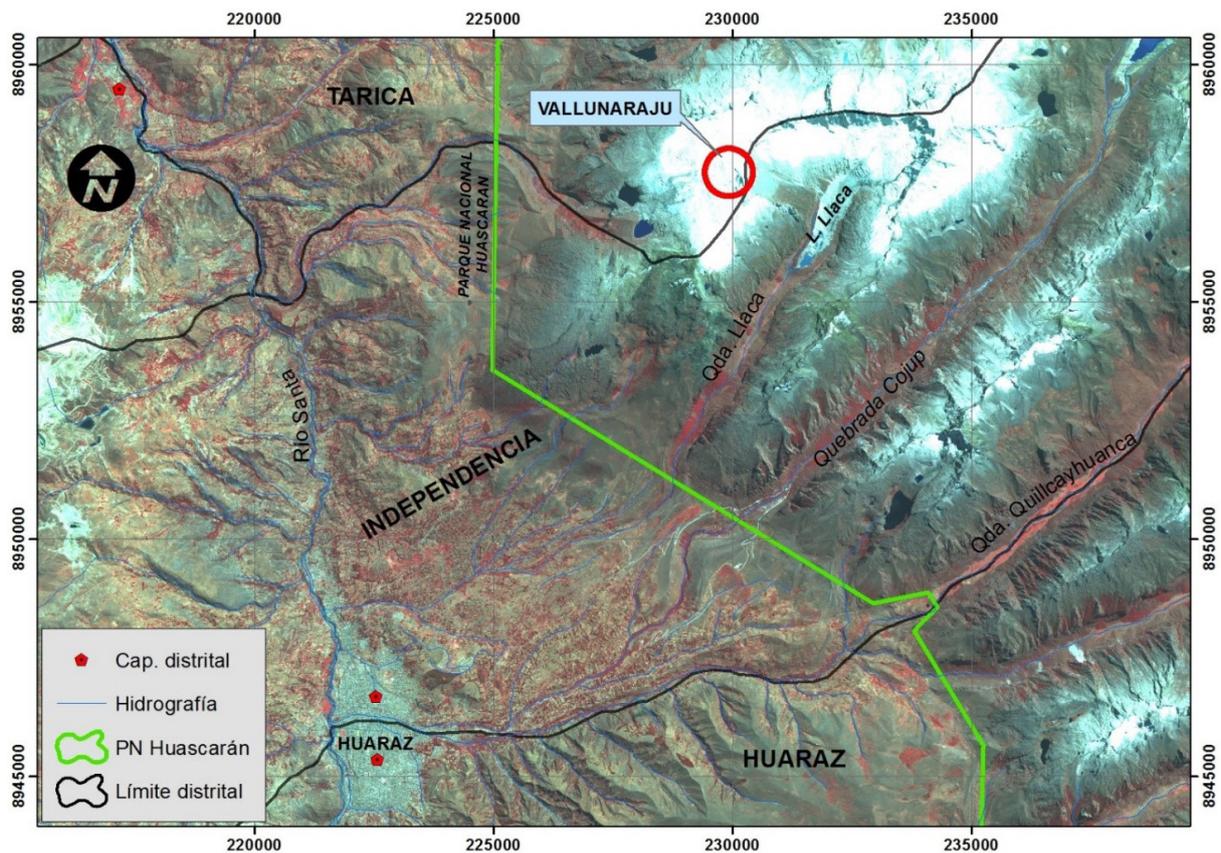


Figura 1. Vista tridimensional de la ubicación del nevado Vallunaraju



Mapa 1. Mapa de ubicación del nevado Vallunaraju

ANTECEDENTES

Elevación del nevado Vallunaraju

La elevación del nevado Vallunaraju está determinada a una altura de 5686 msnm, dato expuesto por el SERNANP en la portada de la quebrada de Llaca y difundido por los mapas y guías turísticas de la región.

En la carta nacional 1/100,000 19i del IGN, no aparece la elevación del nevado Vallunaraju, sin embargo, la curva inmediata inferior a la cumbre es de 5650 msnm (equidistancia de 50 m).

Según la carta topográfica 1/25,000 19i-III-SO, elaborada por el Ministerio de Agricultura del año

1972 -haciendo uso de medios fotogramétricos como fotografías aéreas USAF de los años 1962 y 1963-, la cumbre del Vallunaraju tiene la elevación antes señalada de 5686 msnm. Sobre este dato es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Las referencias geodésicas empleadas el año de 1972 son distintas a las que se emplean actualmente.
- No se hizo control de campo para comprobar la elevación del nevado Vallunaraju, ni de ninguna otra cumbre nevada en el Perú.

Medición del Carbono Negro

El Carbono Negro es un contaminante atmosférico producido por la quema de combustibles (leña, petróleo, gasolina, etc.) e incendios forestales originados por diversas actividades antrópicas. El Carbono Negro transportado por los vientos se deposita en los glaciares y contribuye a acelerar su fusión (American Climber Science Program, 2014).

La medición de Carbono Negro en la Cordillera Blanca fue iniciada por el American Alpine Club. Actualmente, como parte de los estudios que lleva a cabo la Dirección de Investigación en Glaciares del INAIGEM, se viene desarrollando un monitoreo mensual en los nevados Vallunaraju, Shallap, Yanapaccha y Tocllaraju de la Cordillera Blanca.

METODOLOGIA

Elevación del nevado Vallunaraju

Para el cálculo de la elevación del nevado Vallunaraju se empleó sistemas satelitales de navegación global de

alta precisión, como el GPS diferencial de marca TOPCON GR5 (Berné Valero, Anquela Julián, & Garrido, 2014). Ver tabla 1.

Tabla 1. Precisión del equipo TOPCON GR5.

Método	Precisión	
RTK (navegación cinética satelital en tiempo real)	Horizontal: 5.0 mm Vertical: 10.0 mm	
Relativo Estático	Horizontal: 3.0 mm Vertical: 3.5 mm	

El método empleado fue el Relativo Estático, según lo detallado en la "Norma Técnica Geodésica: Especificaciones Técnicas para el Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global" del IGN, para la ubicación de un punto geodésico de orden C en la cumbre del nevado Vallunaraju (Instituto Geográfico Nacional, 2015).

Según este estándar, para la obtención de puntos geodésicos de orden C, se deberá emplear por lo

menos un punto geodésico de apoyo de orden 0, A o B ubicados a una distancia no mayor de 100 km del punto en evaluación. El tiempo de observación es variable dependiendo de la distancia al punto geodésico de referencia, para el caso del nevado Vallunaraju, se empleó 2:21:40 horas.

Se decidió emplear, por lo tanto, el punto geodésico del IGN ubicado en la plaza del centro poblado de Huanchac, con código HCH1-B-PCDPI-2009, con las siguientes características, según tabla 2.

Tabla 2. Características del punto geodésico de Huanchac

Coord. Norte	Coord. Este	Altura elipsoidal	Orden
8 948,116.010593	224,235.465367	3,228.9337	B

El sistema de referencia espacial empleado (elipsoide y datum) es el World Geodetic System 1984. El modelo matemático empleado para los cálculos de la altura geoidal es el EGM2008. La precisión para puntos geodésicos de orden C es de 10 mm en horizontal y 15 mm en vertical.

Es necesario precisar que, bajo la metodología empleada, se obtienen elevaciones con respecto al elipsoide WGS84 (elevación elipsoidal) y con respecto al modelo geoidal de referencia EGM2008 (elevación geoidal). Estos dos valores no coinciden necesariamente con la elevación absoluta que debe calcularse mediante un levantamiento vertical a partir de un Bench Mark (BM).

Existen especificaciones técnicas para levantamientos verticales (nivelaciones) del IGN, sin embargo, éstas no son aplicables a las condiciones de campo para el caso del nevado Vallunaraju. Esta directiva exige que no se efectúen levantamientos sobre distancias mayores a 10 km entre los puntos de referencia y el punto en evaluación. Para nuestro caso, todos los puntos de referencia (puntos geodésicos y BM) se encuentran a más de 10 km de la cumbre del Vallunaraju. Otra exigencia es que se haga levantamientos a partir de por lo menos dos BM de manera simultánea, esto implica el uso de más de dos sensores: uno en el punto de evaluación y dos en los BM (Instituto Geográfico Nacional, 2016). Ver fotos 1 y 2.



Fotos 1 y 2. Ubicación de los sensores de navegación satelital base (Huanchac) y rover (Vallunaraju)

Además, es importante hacer hincapié en el hecho de que, desde hace años, las elevaciones de muchas de las principales cumbres del mundo han sido medidas

empleando tecnología satelital (Gobierno del Gilgit Baltistan, 2014). Por citar algunas:

Monte Everest	1992
Monte Kilimanjaro	1999
Aconcagua	2001
K2	2014



Foto 3. Expedicionario de la misión "K2, 60 años después" (2014), midiendo las coordenadas y elevación del K2 con un GPS diferencial

Medición del Carbono Negro

El análisis parte de la toma de muestras de nieve superficial fresca, la misma que se funde y filtra (600 ml) empleando filtros de cuarzo de 0.7 micras de porosidad. Los filtros son secados y analizados mediante el Método de Absorción de la Luz de Calefacción (LAHM) para obtener la masa de Carbono Negro en cada filtro.

Los resultados obtenidos son ingresados al

programa de simulación SNICAR (Snow, Ice, Aerosoles and Radiation, desarrollado por el Dr. Carl Schmitt de NCAR-USA), para calcular el albedo de la nieve con una determinada cantidad de Carbono Negro. Se obtienen y procesan datos de radiación solar para obtener la energía total que llega a los glaciares. Finalmente, se obtiene la cantidad de energía que absorbe el Carbono Negro y se determina la cantidad de nieve que se funde. Ver foto 4.



Foto 4. Equipo experimental de medición de Carbono Negro

Equipo de Trabajo

El equipo de trabajo estuvo conformado por:

Dirección de Información y Gestión del Conocimiento del INAIGEM:

- Ing. Ricardo Villanueva Ramírez
- Sr. Ricardo Durán Mamani

Dirección de Investigación en Glaciares del INAIGEM:

- Ing. Oscar Vilca Gómez

- Ing. Harrinson Jara Infantes
- Wilmer Sánchez Rodríguez

Personal de Apoyo:

- 02 guías de alta montaña con certificación UIAGM
- 04 porteadores
- 01 cocinero

Itinerario

- Se partió de la ciudad de Huaraz el día miércoles 28 de junio a las 8:00 am.
- Se hizo campamento en el campo morrena.
- Se inició el ascenso al nevado Vallunaraju a las 2:00 am del 29 de junio.
- Se hizo cumbre el 29 de junio a las 7:00 am. Se instalaron los equipos que estuvieron registrando información por un lapso de dos horas y media.
- Paralelamente, se instaló un equipo de navegación base en el punto geodésico de Huanchac.
- A las 9:40 am, aproximadamente, se inició el descenso.
- Se retomó a la ciudad de Huaraz el jueves 29 de junio a las 4:00 pm aproximadamente. (ver fotos 5 y 6)



Foto 5. Equipo del INAIGEM en la cumbre del Vallunaraju



Foto 6. Extracción de una muestra de nieve en la cumbre del Vallunaraju

RESULTADOS

Elevación del Nevado Vallunaraju

Como se aprecia en la tabla 3: se obtienen las coordenadas Norte y Este absolutas y las elevaciones

con respecto al ELIPSOIDE WGS84 (5691.850 m) y con respecto al MODELO GEOIDAL (5665.633 m).

Tabla 3. Elevación de la cumbre del nevado Vallunaraju

COORD. NORTE	COORD. ESTE	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL ELIPSOIDE WGS84	ELEVACIÓN MODELO GEOIDAL EGM2008
8 957,625.412	230,242.202	9°25'16.58563" S	77°27'23.23495"W	5691.850	5665.633

La elevación elipsoidal presenta una diferencia que puede resultar muy grande con respecto a la elevación real. Como resultado del levantamiento diferencial de la altura del nevado Vallunaraju, se toma el valor con respecto al modelo geoidal de referencia EGM2008 (5665.633 m), debido a que es el que más se aproxima al valor real de la elevación de la cumbre con respecto al nivel medio del mar.

Es necesario precisar que la nueva elevación obtenida no es comparable con la elevación mostrada en la carta topográfica 1/25,000, debido a que esta elevación fue tomada por métodos fotogramétricos sin verificación en la cumbre, y con referencias geodésicas diferentes a las que actualmente se emplean.

Medición del Carbono Negro

Como resultado del análisis de las muestras de nieve durante la presente expedición, se obtuvo un valor de 34.04 ng/g de Carbono Negro en la cumbre del Vallunaraju (zona de acumulación) y 42.46 ng/g en la parte baja del nevado (zona de ablación). Se puede apreciar que, en

lo que va del año, son las mayores concentraciones de Carbono Negro. La tabla 4 (reportado por Wilmer Sánchez) resume los valores medidos en el nevado Vallunaraju.

Tabla 4. Concentraciones de Carbono Negro en el nevado Vallunaraju

MUESTREO DE CARBONO NEGRO 2017				
GLACIAR	ZONA	MARZO	MAYO	JUNIO
VALLUNARAJU	ACUMULACIÓN	1.698 ng/g	30.66 ng/g	34.04 ng/g (cumbre)
	ABLACIÓN	1.888 ng/g	31.15 ng/g	42.46 ng/g

ng/g : nanogramo de Carbono Negro por gramo de nieve

Es importante señalar que, pese a las concentraciones registradas en el nevado Vallunaraju, se tienen valores muy superiores de más de 300 ng/g de Carbono Negro

en el glaciar Shallap, cercano también a la ciudad de Huaraz.

CONCLUSIONES

1. La elevación de la cumbre del nevado Vallunaraju es de **5665.633** m con referencia al modelo geoidal EGM2008-Perú.
2. Existe una diferencia de 20.367 m entre la elevación indicada en la carta topográfica 1/25,000 del MINAGRI (5686 msnm) y la medida por el INAIGEM, sin embargo, es necesario tener en cuenta que esta diferencia es sólo referencial. Al ser datos tomados con diferentes referencias geodésicas, no puede establecerse una comparación certera. Las referencias geodésicas empleadas en 1972 no son las mismas que las actuales, además de la metodología que, para el dato de las cartas topográficas, fue únicamente fotogramétrica.
3. La elevación medida por el INAIGEM debería ser tomada como base de comparación del comportamiento de las cumbres glaciares a futuro, pues permitirá evaluar con certeza las diferencias, empleando la misma metodología mediante el uso de sensores satelitales de alta precisión.
4. Se obtuvo del estudio una concentración de 34.04 ng/g de Carbono Negro en la cumbre del nevado Vallunaraju (zona de acumulación) y 42.46 ng/g en la parte baja (zona de ablación). Se trata de las concentraciones más elevadas hasta junio del año 2017.
5. Se verificó el funcionamiento correcto de los equipos geodésicos en ambientes glaciares extremos.

BIBLIOGRAFÍA

- American Climber Science Program. (2014). *Linking remote and in-situ detection of black carbon on tropical glaciers*. PE&RS, 386-390. Obtenido de www.researchgate.net/publication/262178055_Linking_remote_and_in-situ_detection_of_black_carbon_on_tropical_glaciers.
- Berné Valero, J. L., Anquela Julián, A. B., & Garrido, V. N. (2014). *GNSS. GPS: Fundamentos y aplicaciones en geomática*. Valencia - España: Universitat Politècnica de València.
- Governo del Gilgit Baltistan. (2014). *Quanto é alto il K2?* Trieste: University of Trieste.
- Instituto Geográfico Nacional. (2015). *Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global*. Lima - Perú: IGN.
- Instituto Geográfico Nacional. (2016). *Especificaciones Técnicas para Levantamientos Geodésicos Verticales*. Lima - Perú: IGN.

INSTALACIÓN DE PARCELAS DE INVESTIGACIÓN EN ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN LA SEDE MACRO REGIONAL - CUSCO

David Ocaña Vidal (*)

RESUMEN

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM es un organismo técnico especializado, con personería jurídica de derecho público, tiene competencias de alcance nacional y autonomía funcional, técnica, económica y financiera. Su sede principal es la ciudad de Huaraz, departamento de Ancash.

*El INAIGEM en su Plan Estratégico Institucional tiene planificado atender desde su sede principal, en la ciudad de **Huaraz**, los departamentos de Ancash, Lima, Huánuco y Pasco; y como oficinas desconcentradas, desde **Huancayo**, atender a los departamentos de Junín, Ica, Huancavelica y Ayacucho desde **Cajamarca**, atender los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Lambayeque, Piura, La Libertad y San Martín; y desde **Cusco**, atender los departamentos de Cusco, Apurímac, Arequipa, Moquegua, Puno y Tacna.*

El 5 de octubre de 2017, se inauguró la oficina desconcentrada de la macro región sur con sede en Cusco, mediante convenio con la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). Paralelamente, inició sus actividades instalando parcelas de investigación: una en la Granja Kayra y dos en el Centro de Investigación de Camélidos Sudamericanos (CICAS) en La Raya Cusco. Las parcelas tienen como objetivo la recuperación y conservación de los ecosistemas pajonal, pradera nativa y bofedal.

En las parcelas de investigación los estudiantes de la UNSAAC, tendrán la oportunidad de hacer investigación a través de tesis de pre grado y post grado.

PALABRAS CLAVES

Investigación ecosistémica / Pajonal / Escallonia resinosa “Chachacomo” / Vulnerabilidad / Siembra y Cosecha de Agua / Cusco (Perú)

ANTECEDENTES

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM, creado mediante Ley N° 30286 como organismo técnico especializado adscrito al Ministerio del Ambiente, cuya sede institucional es la ciudad de Huaraz, en el departamento de Ancash. Tiene por finalidad fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en el ámbito de los glaciares y los ecosistemas de montaña, promoviendo su gestión sostenible en beneficio de las poblaciones que viven en o se benefician de dichos ecosistemas.

Con fecha 3 de agosto de 2017, el INAIGEM y la Universidad UNSAAC, firman el convenio Marco de Cooperación Interinstitucional. Con base al convenio,

en coordinación con la Facultad de Ciencias Agrarias, representado por su decano Mg. Víctor López Durand, se acordó la instalación de parcelas de investigación en la Granja Kayra y el Centro de Investigación de Camélidos Sudamericanos (CICAS) en La Raya Cusco.

El INAIGEM con Resolución de Presidencia Ejecutiva N° 047 – 2017 – INAIGEM/PE del 18.08.2017, aprueba la creación de la Oficina Desconcentrada de Coordinación Regional Temporal en la ciudad del Cusco. En la primera reunión del Consejo Directivo del 27 de noviembre del 2017, la decisión fue ratificada, creándose la Oficina Desconcentrada Macro Regional con sede en Cusco.

(*) Director de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña del INAIGEM

UBICACIÓN DE LAS PARCELAS

1. Cambio de uso del suelo del ecosistema pajonal a pastos mejorados

Departamento / Cusco

Provincia / Canchis

Distrito / Marangani

Localidades / CICAS LA RAYA – UNSAAC

Cuenca / Vilcanota

Subcuenca / Vilcanota

2. Siembra y Cosecha de agua

Departamento / Cusco

Provincia / Canchis

Distrito / Marangani

Localidades / CICAS LA RAYA - UNSAAC

Cuenca / Vilcanota

Subcuenca / Vilcanota

3. Cambio de uso del suelo de ecosistemas de pradera nativa a pastos mejorados

Departamento / Cusco

Provincia / Cusco

Distrito / San Jerónimo

Localidades / Fierroq'ata Granja Kayra – UNSAAC

Cuenca / Suncco

Subcuenca / Suncco

4. Recuperación y conservación del bosque relicto de la especie *Escallonia resinosa* "Chachacomo"

Departamento / Cusco

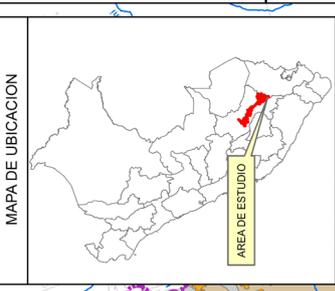
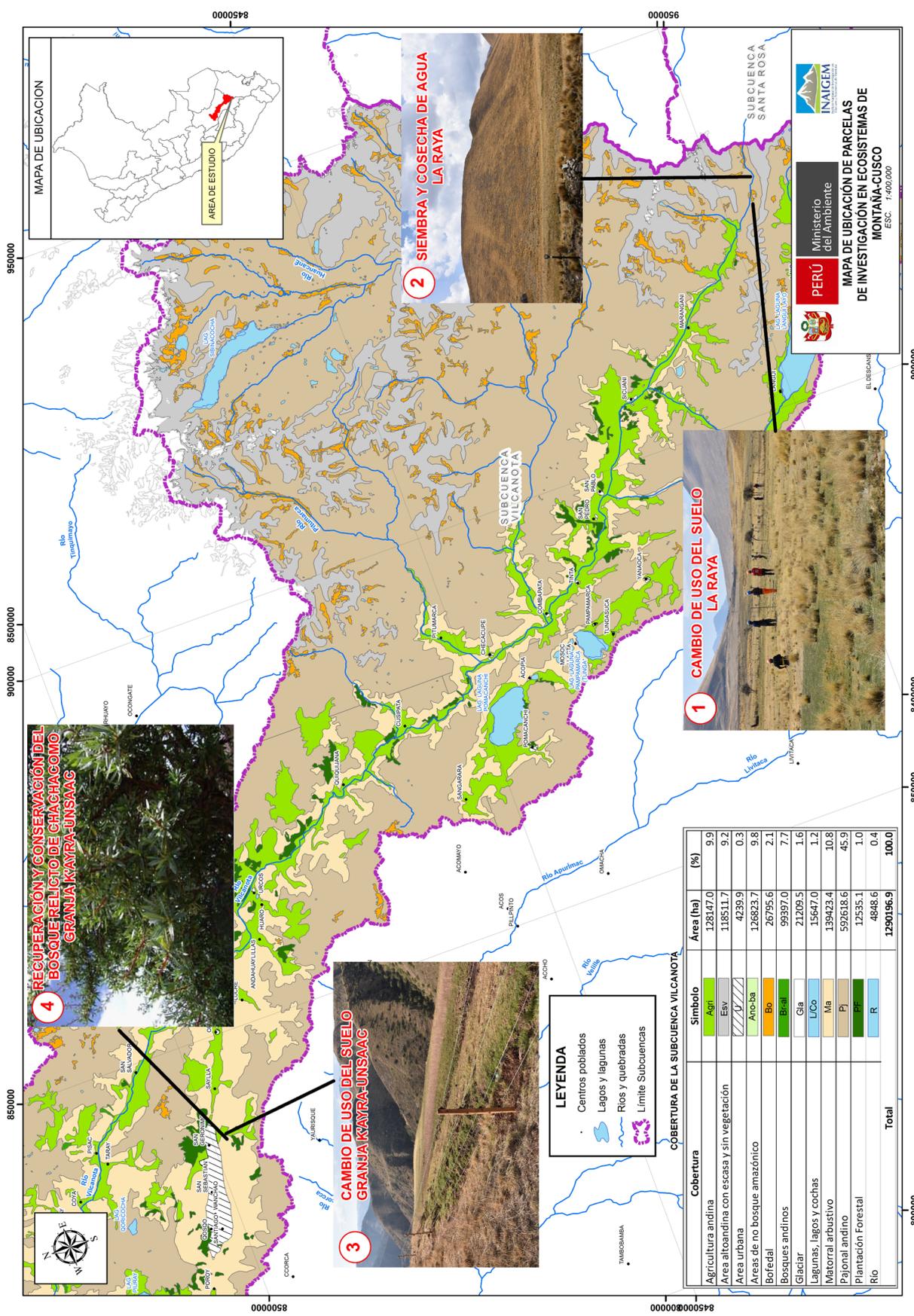
Provincia / Cusco

Distrito / San Jerónimo

Localidades / Fierroq'ata Granja Kayra – UNSAAC

Cuenca / Suncco

Subcuenca / Suncco



PERÚ Ministerio del Ambiente

MAPA DE UBICACIÓN DE PARCELAS DE INVESTIGACIÓN EN ECOSISTEMAS DE MONTAÑA-CUSCO

 ESC. 1:400,000

Cobertura	Símbolo	Área (ha)	(%)
Agricultura andina	Agri	128147,0	9,9
Area altoandina con escasa y sin vegetación	Esv	118511,7	9,2
Area urbana	Urb	4239,9	0,3
Áreas de no bosque amazónico	Amo-ba	126823,7	9,8
Bosfedal	Bof	26795,6	2,1
Bosques andinos	Bos-a	99397,0	7,7
Glaciar	Gla	21209,5	1,6
Lagunas, lagos y cochas	L/Co	15647,0	1,2
Matortral arbustivo	Ma	139423,4	10,8
Pajonal andino	Pa	592618,6	45,9
Plantación Forestal	PF	12535,1	1,0
Río	R	4848,6	0,4
Total		1290196,9	100,0

LEYENDA
 Centros poblados
 Lagos y lagunas
 Ríos y quebradas
 Límite Subcuencas

Foto 1. Ubicación de las parcelas de investigación - Cusco

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN EN LAS PARCELAS

1. Cambio de uso del suelo del ecosistema pajonal a pastos mejorados

- El objetivo es medir los efectos del cambio de uso del suelo del ecosistema pajonal a pastos mejorados.
- Proponer alternativas de manejo para que el cambio del uso del suelo afecten lo menos posible a los servicios ecosistémicos.



Foto 2. Ecosistema de pajonal cambiado a pasto mejorado - La Raya

2. Siembra y Cosecha de Agua

El objetivo principal de la siembra y cosecha de agua es disminuir la velocidad con la que discurre el agua de lluvia en el suelo, así ya no seguirá corriendo “con la misma fuerza” y se infiltrará recargando las aguas subterráneas.

Tradicionalmente esta práctica existe, los agricultores de las partes altas aprovechan la topografía en las partes cóncavas en las zonas de desfogue o garganta, y construyen muros de piedra con champa para retener el agua de lluvia formando las tradicionales cochas.



Foto 3. Área seleccionada sector Viscachani – La Raya

El INAIGEM tiene como función la generación de conocimiento científico y tecnológico; en las parcelas que se viene promoviendo la siembra y cosecha de agua, se está cuantificando el régimen hídrico a través

de la instalación de instrumentos de medición para: precipitación, temperatura, humedad en el suelo y nivel de agua subterránea.

3. Cambio de uso del suelo de ecosistemas de pradera nativa a pastos mejorados

- El objetivo es medir los efectos del cambio de uso del suelo del ecosistema pradera nativa a pastos mejorados sobre los servicios ecosistémicos.
- Proponer alternativas de manejo para que el cambio de uso del suelo, afecten lo menos posible a los servicios ecosistémicos.

4. Recuperación y conservación del bosque relicto de la especie *Escallonia resinosa* “Chachacomo”

El objetivo es la recuperación y conservación de la especie con enfoque de ecosistema.



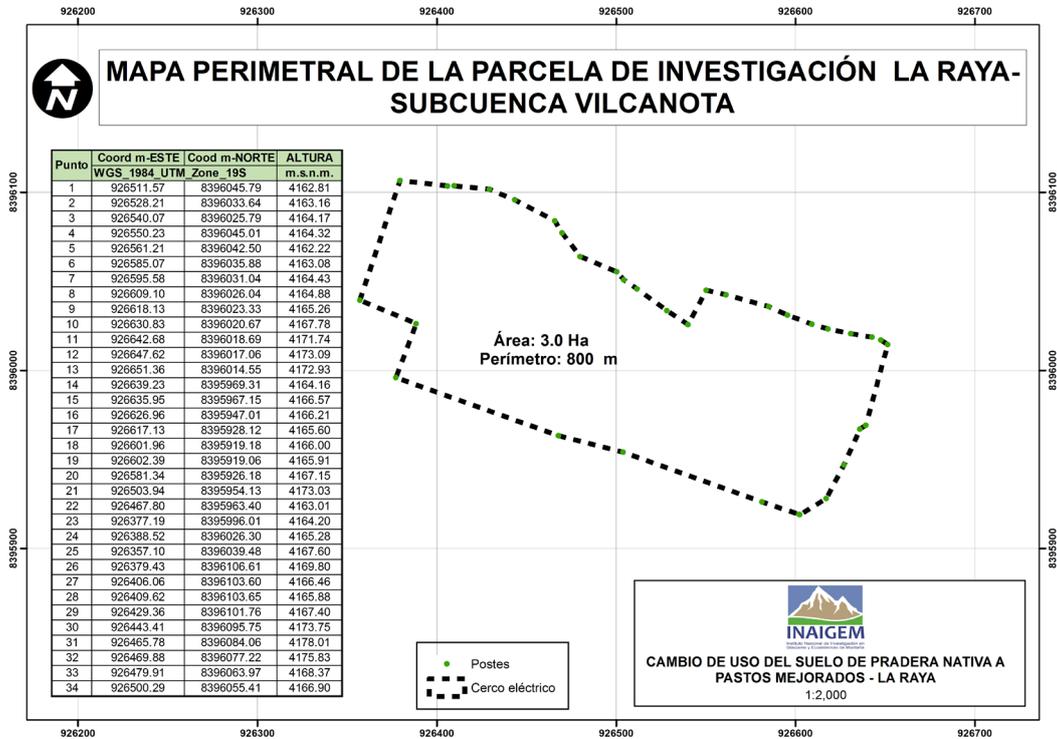
Foto 4. Especie *Escallonia resinosa* “Chachacomo”

ACCIONES REALIZADAS

1. Cambio de uso del suelo del ecosistema pajonal a pastos mejorados

Se instaló un cerco eléctrico en un área de 3.0 ha y de perímetro 800 m. La parcela de investigación tiene como coordenadas WGS 1984 UTM Zone 18S Este:

0282958 y Norte: 8398597, está al margen derecho del río Vilcanota a una altitud de 4200 msnm.



Mapa 1. Parcela de investigación La Raya - subcuenca Vilcanota

Se ha sembrado pastos mejorados, las especies de pastos que se viene probando con la UNSAAC se muestran en el Cuadro 1. Lo que se busca es pastos

de alto rendimiento y así disminuir la presión sobre los ecosistemas de pajonal, bofedales y pradera nativa

Lugar	LA RAYA
Hectáreas	2.5 ha
Semillas	
Rye grass inglés var Nui	
Rye grass Italiano V- Toma perenne	
Rye grass magnum	
Dactylis glomerata Var. Potomac	
Trebol blanco Var. Huia	
Trebol rojo Var. Queni Quelli	

Cuadro 1. Especies de pastos mejorados



Foto 5. Instalación de sensores de humedad del suelo

2. Siembra y cosecha de Agua

Se instaló un cerco eléctrico con energía solar en un área de 5.7 ha y de perímetro 920 m, la parcela de investigación tiene como coordenadas WGS 1984 UTM

18S Este: 0282958 y Norte 8398597, está al margen derecho del río Vilcanota, a una altura de 4200 msnm.

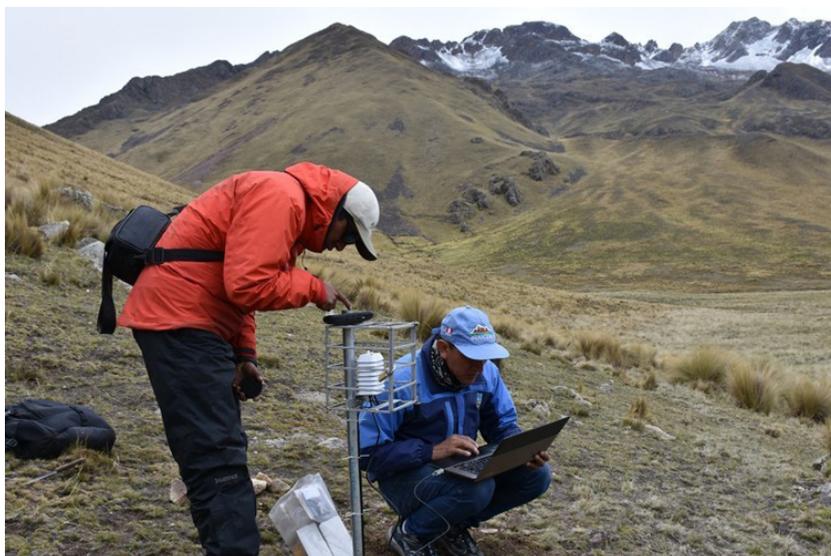
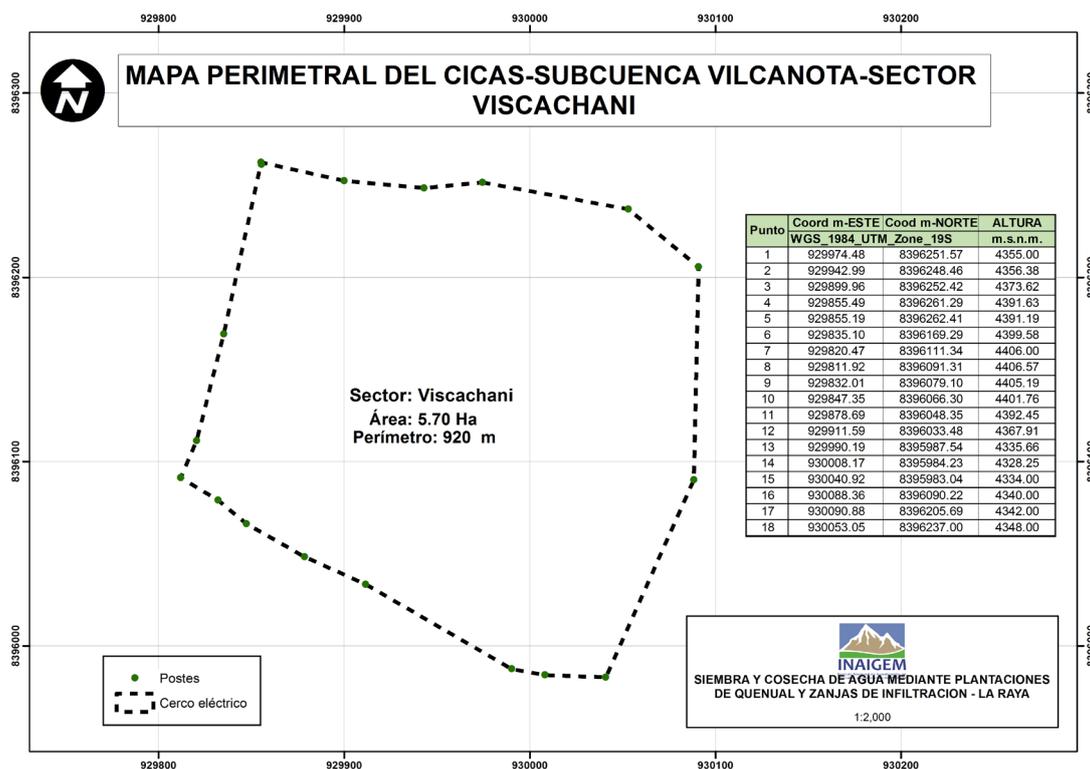


Foto 6. Descarga de datos de humedad del suelo

Se han instalado equipos para medir: precipitación, temperatura, piezómetros (nivel del agua en el bofedal), humedad en el suelo a 40, 60 cm y 1 m. También se han sacado muestras de suelo para el respectivo análisis de caracterización.

Se han aperturado 1000 ml de zanjas de infiltración con siembra de pasto *Phalaris* sp. y la plantación de 1100 plántulas de especies forestales de *Polylepis* sp. "Quenual" (ver mapa 2).



Mapa 2. Parcela de investigación del Cicas - subcuena Vilcanota - sector Viscachani



Foto 7. Bofedal que será alimentado con la siembra de agua

3. Cambio de uso del suelo de ecosistemas de pradera nativa a pastos mejorados

Se instaló un cerco eléctrico en un área de 5.7 ha y de perímetro 1200 m, la parcela de investigación tiene como coordenadas WGS 1984 UTM Zona 18S Este:

838381 y Norte: 8495181, al pie de la carretera Cusco – Paruro a 3573 msnm (ver mapa 3).



Foto 8. Cercado de la parcela

4. Recuperación y conservación del bosque relicto de la especie *Escallonia resinosa* “Chachacomo”

El estado de conservación de la especie está categorizada como Vulnerable (VU): Cuando la mejor evidencia disponible acerca de un taxón indica que existe una reducción de sus poblaciones, su distribución geográfica se encuentra limitada (menos de 20,000

km²), el tamaño de la población estimada es menos de 10,000 individuos y el análisis cuantitativo muestra que la probabilidad de extinción en estado silvestre es de por lo menos 10% dentro de 100 años. Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI).



Foto 9. Bosque relicto de *Escallonia resinosa* “Chachacomo”

Se ha conversado con la UNSAAC, propietaria del área del bosque relicto identificado, habiendo tenido su aceptación. Se ha hecho la verificación de campo, se viene delimitando y en enero se procederá con la

clausura. También se viene trabajando la información de diagnóstico de los pobladores que viven en la zona a fin de contar con sus conocimientos sobre la evolución del bosque.

CONCLUSIONES

- Los trabajos de investigación en las parcelas instaladas de propiedad de la UNSAAC, contribuirá a fortalecer las relaciones institucionales y la credibilidad de los resultados que se irán obteniendo a través de las tesis de pregrado y post grado.
- La investigación orientada a la recuperación y conservación de la especie *Escallonia resinosa* “Chachacomo”, también contribuirá a la conservación de la biodiversidad de su entorno.

BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (2016). *Investigación en siembra y cosecha de agua*. Huaraz: INAIGEM.

Fondo de Cooperación para el Desarrollo Local (2015). *Siembra y cosecha de agua*. Lima: FONCODES.

Ministerio de Agricultura. Servicio Nacional Forestal (2016). *Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre en la sierra del Perú*. Lima: SERFOR.

AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN: DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE GRADO DE COMPACTACIÓN Y LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL BOFEDAL COCHAPAMPA DE LA MICROCUENCA QUILLCAYHUANCA, HUARAZ, ANCASH, PERÚ

Helder E. Mallqui Meza (*)

RESUMEN

El trabajo de investigación “Determinación de la relación entre el grado de compactación y la capacidad de infiltración del bofedal Cochapampa de la microcuenca Quillcayhuanca”, está siendo desarrollado por la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM), con el objetivo de determinar la relación entre estas variables y su influencia en la capacidad de retención y regulación hídrica de este ecosistema. Con este estudio se pretende establecer una metodología técnico-científica que sirva para evaluar el estado de conservación de los bofedales para su replicabilidad en otros espacios. Los resultados contribuirán también para el desarrollo del Inventario Nacional de Bofedales.

La metodología ha consistido en la medición de compactación del suelo a distintas profundidades utilizando un medidor digital de compactación. Todos los puntos han sido georreferenciados para generar un modelo espacial empleando el método de interpolación Natural Neighbor del ArcGis.

Se han tomado 110 puntos de medición de compactación y 37 puntos de medida de pH (Potencial de Hidrógeno) del suelo debidamente georreferenciados. Los primeros resultados muestran que las zonas evaluadas a una profundidad de 2.5 cm, que se puede considerar como la parte superficial del bofedal, oscila entre niveles de compactación de 700 y 1050 KPa (Kilopascales).

PALABRAS CLAVE

Bofedales / Compactación del suelo / Kilopascales / Natural Neighbor / infiltración / Quebrada de Quillcayhuanca (Huaraz, Ancash, Perú)

INTRODUCCIÓN

Los glaciares que alimentan la microcuenca Quillcayhuanca se encuentran en retroceso, por lo que los ecosistemas que se encuentran aguas abajo (ubicados al interior del Parque Nacional Huascarán) se convierten en medios estratégicos para reemplazar las funciones y servicios de los glaciares; especialmente, aquellos relacionados con el servicio de aprovisionamiento de agua o regulación hídrica (cantidad y calidad).

Los bofedales son ecosistemas frágiles frente al retroceso de los glaciares, pues éstos son su principal fuente de aprovisionamiento de agua. Su gran capacidad de absorción de agua las convierte en verdaderos “colchones de agua”, almacenándola y ejerciendo una función de fitorremediación.

Uno de los factores más importantes que contribuyen al estrés de los bofedales ubicados en la microcuenca Quillcayhuanca, es el uso intensivo y continuo de los

bofedales para la alimentación del ganado por parte de las comunidades que tienen derecho de uso en el interior del Parque Nacional Huascarán. Uno de los impactos más visibles del sobrepastoreo es la compactación del suelo y de la capa orgánica, ocasionada por el continuo tránsito de los animales que afecta la capacidad de absorción del ecosistema. El otro impacto directo se produce debido a que la cobertura vegetal es consumida por los animales sin completar el ciclo vegetativo de las plantas, alterando la producción de semillas, lo que afecta al conjunto del ecosistema.

En este sentido, la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM) tiene por objetivo, con esta investigación, determinar la relación entre el grado de compactación y la capacidad de infiltración del bofedal Cochapampa de la microcuenca Quillcayhuanca, actividad que se enmarca en el Inventario Nacional

(*) Especialista en asuntos agrícolas y recursos hídricos de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña - INAIGEM

de Bofedales. También, con este estudio se pretende establecer una metodología técnico-científica que sirva

para evaluar el estado de conservación de los bofedales acorde para su replicabilidad en otros espacios.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca alta del río Santa, subcuenca del río Quillcay, microcuenca Quillcayhuanca, entre las coordenadas UTM (WGS84 Zona L-18 Sur): m-Este 239214 y m-Norte 8954330; m-Este 240587 y m-Norte 8953353. El bofedal es

denominado Cochapampa y cubre un área de 52.58 ha con altitud media de 4003 msnm. Políticamente, el bofedal se encuentra localizado en la provincia de Huaraz, distrito de Independencia, a una distancia aproximada de 25 km de la ciudad de Huaraz. Ver figura 1.

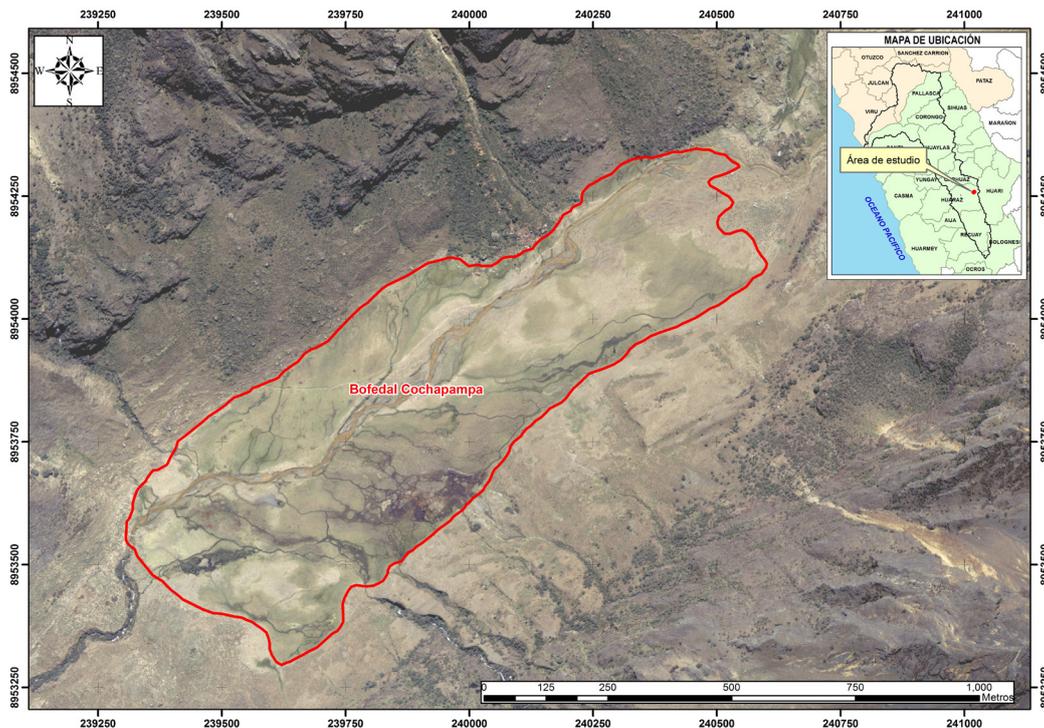


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

ASPECTOS CONCEPTUALES

Compactación del suelo

La compactación del suelo se define como la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones dominantes durante la formación y la evolución del suelo.

Podemos decir que la estructura de suelo ideal se compone de un 50% de sólidos, 25% de agua y 25% de aire. La compactación del suelo modifica estas proporciones produciendo un aumento en su densidad (densidad aparente), aumentando su resistencia mecánica, destruyendo y debilitando su estructuración. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la macroporosidad (porosidad de aireación) del suelo. Ver figura 2.

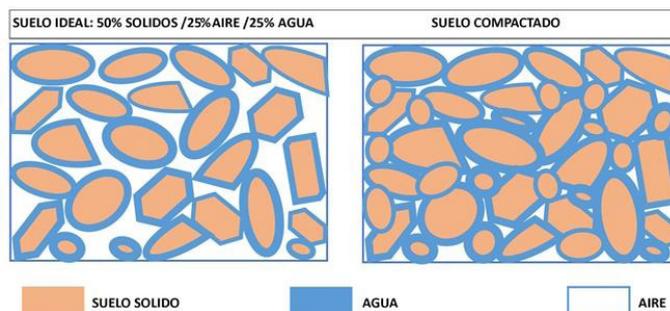


Figura 2. Estructura del suelo ideal y suelo compactado

Estructura del suelo y su importancia

La principal causa de la degradación del bofedal es la alteración de la estructura del suelo por el sobrepastoreo, especialmente cuando el suelo está húmedo o saturado, momento en que el suelo es más propenso a la deformación. Hay un potencial máximo para la alteración del suelo en el bofedal, ya que este permanece la mayor parte del tiempo con humedad encontrándose en riesgo de compactación, ya que el suelo húmedo es débil y fácilmente degradable.

La estructura del suelo es la arquitectura del suelo, o sea, la forma en que están ordenados las partículas sólidas y los espacios. La descripción de la estructura del suelo se refiere al tamaño y forma de las unidades de suelo o agregados y los espacios de aire o poros

dentro y entre ellos. Los agregados están constituidos por partículas de suelo individuales ligados con materia orgánica, arcilla y hierro. Los suelos tienen diferentes tipos de estructuras formadas en el transcurso de los años como una parte natural del proceso de formación del suelo. Los espacios de aire entre y dentro del suelo, son los más importantes, no solo distribuyen el aire, el agua y los nutrientes a través del suelo, sino que además son usados por las raíces de las plantas para anclarse y sostenerse. Los buenos suelos tienen una mezcla de microporos y macroporos: los macroporos para la entrada de agua y el drenaje, los microporos para el almacenamiento del agua.

Efectos de la compactación

La compactación a menudo reduce las dimensiones de los poros lo suficiente como para inhibir la penetración de las raíces y afectar el drenaje del agua a través del suelo. La reducción del espacio de poros afecta el movimiento del agua y la tenacidad de los suelos para la retención de agua, la expansión de las raíces y el intercambio gaseoso de O_2 y CO_2 con la atmósfera.

A medida que se incrementa la compactación disminuye el espacio poroso, especialmente la porosidad de mayor diámetro que es la ocupada por el aire y el agua útil. La infiltración también se ve afectada ya que disminuye la permeabilidad de la capa compactada. Si esta compactación se produce en la capa superficial se producirá un incremento de la escorrentía y de la erosión,

y si la capa compactada está a cierta profundidad, aparecerán problemas de encharcamiento, al disminuir la velocidad de infiltración. La mayor escorrentía y la menor tasa de infiltración hacen que una parte del agua no pase a las capas inferiores del suelo, por lo que cuando el suelo se encuentra compactado la reserva de agua es mucho menor.

En este sentido, las capas compactadas pueden traer problemas de reducción de la profundidad efectiva para el desarrollo de las raíces, reducción del área con nutrientes disponibles, reducción de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, limitación del movimiento de agua y reducción de la aireación del suelo en épocas húmedas.

Equipos utilizados

Para la medición de la compactación del suelo se ha utilizado el medidor digital de compactación Fieldscout SC 900 marca Spectrum. Se han realizado también mediciones directas de pH del suelo, para lo cual se ha

empleado el medidor Hanna HI99121. Cada uno de los puntos de medición han sido georreferenciados con un GPS Garmin Monterra. Ver figura 3.

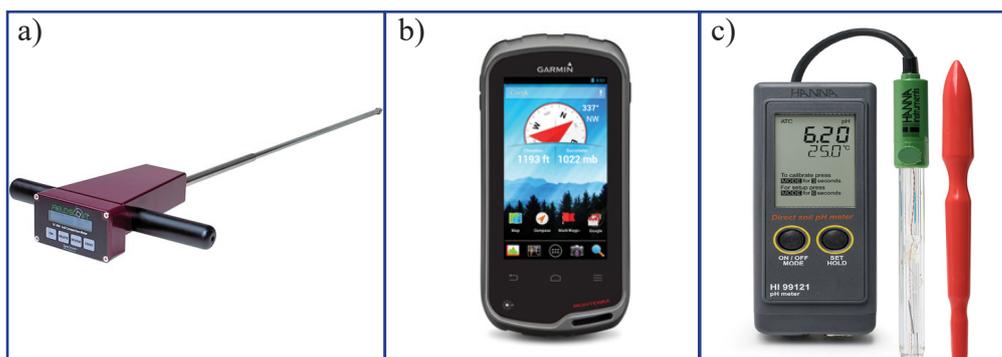


Figura 3: a) Medidor digital de compactación del suelo Fieldscout SC 900 marca Spectrum. b) GPS Garmin Monterra. c) Medidor de pH Hanna HI99121

METODOLOGÍA

La metodología empleada ha consistido en la medición de compactación del suelo a distintas profundidades. De acuerdo al alcance del equipo, la profundidad de medición ha sido de 45 cm a intervalos de 2.5 cm. Esto permite conocer el perfil de compactación del bofedal hasta esa profundidad en unidades de presión de Kilopascales (KPa).

Para poder generar un modelo espacial de los niveles de compactación y pH del suelo se ha empleado el

método de interpolación Natural Neighbor del ArcGis. El algoritmo utilizado por esta herramienta de interpolación, halla el subconjunto de muestras de entrada más cercano a un punto de consulta y aplica ponderaciones sobre éstas basándose en áreas proporcionales para interpolar los valores. De esta manera se obtiene una superficie modelada mucho más suavizada que con otros métodos de interpolación. Ver figuras 4 y 5.



Figura 4. Medición de compactación del suelo



Figura 5. Medición in situ de pH del suelo

RESULTADOS PRELIMINARES

Los resultados preliminares resultan como consecuencia del trabajo de campo realizado entre el 16 - 18 de noviembre del presente año donde se han tomado 110 puntos de medición de compactación y 37 puntos de pH del suelo debidamente georreferenciados. Al comparar los resultados obtenidos del modelo espacial con lo observado en imágenes de satélite y el trabajo

de campo, se puede apreciar que hay correspondencia en la distribución espacial de áreas compactadas con aquellas que no lo están. Las zonas evaluadas a una profundidad de 2.5 cm, que se puede considerar como la parte superficial del bofedal, oscila entre niveles de compactación de 700 y 1050 KPa (Figura 6).

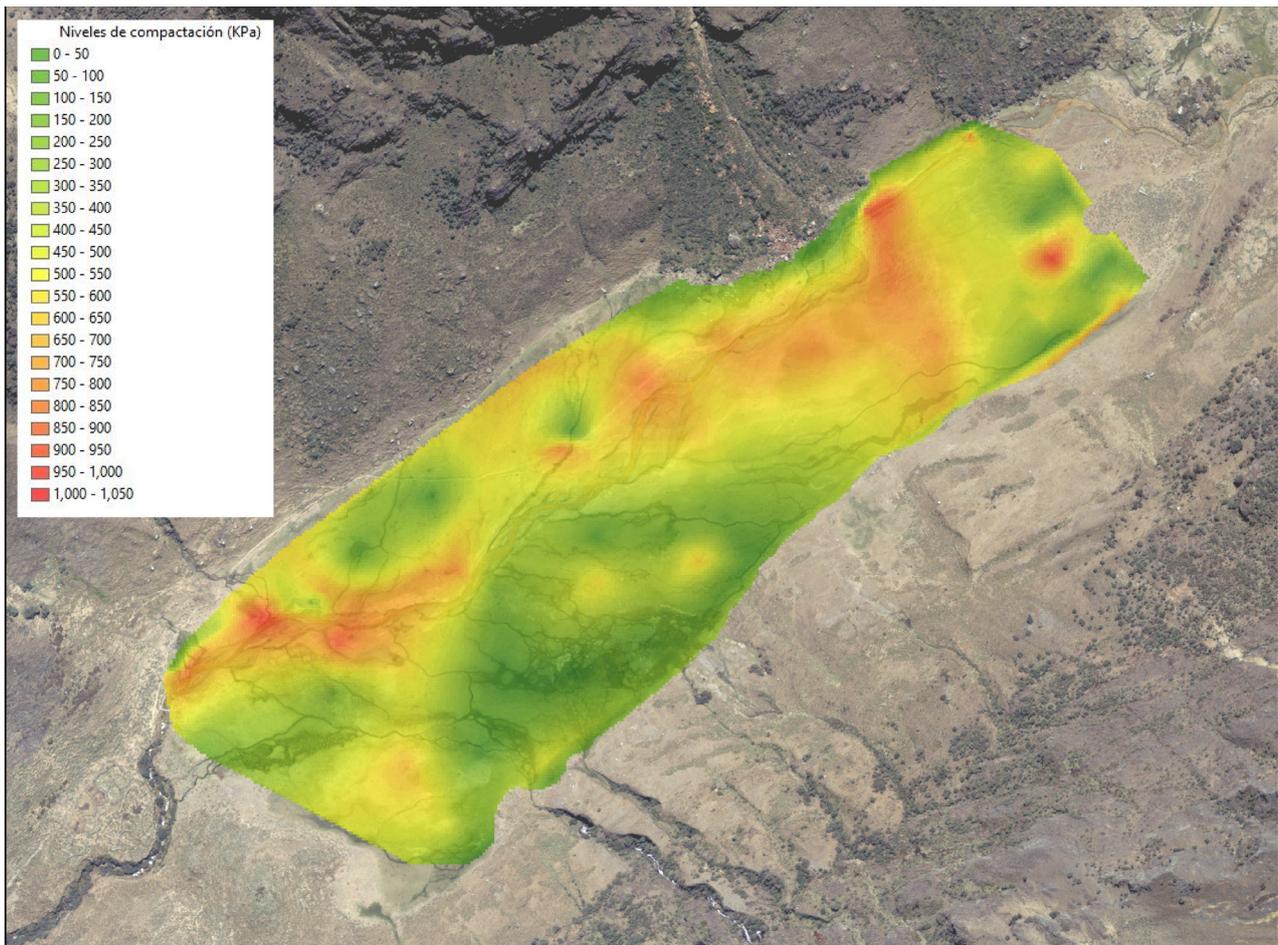


Figura 6. Modelo digital de compactación del suelo

CONCLUSIONES

- Como una primera etapa de la investigación, se han realizado las pruebas de compactación del bofedal Cochapampa de la microcuenca Quillcayhuanca, quedando pendiente las pruebas de infiltración tanto en época de lluvia como de estiaje y poder establecer la relación entre estas variables.
- Los resultados finales de la investigación permitirán tener cuantificado el grado de compactación del bofedal Cochapampa y la influencia en su capacidad de retención y regulación hídrica.
- El desarrollo de la investigación permitirá establecer una metodología para la evaluación del estado de conservación de un bofedal, aspecto importante que será considerado para el Inventario Nacional de Bofedales que debe realizar la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña.

BIBLIOGRAFÍA

- Amézquita, C., Chavez, L. (2003). *La compactación del suelo y sus efectos en la productividad de los suelos*. Bogotá, Colombia.
- Pla, I. (1977). *Dinámica de las propiedades físicas y su relación con problemas de manejo y conservación en suelos agrícolas de Venezuela*. Maracay, Venezuela: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía,
- Gavande, A.S. (1982). *Física de suelos, principios y aplicaciones*. México, Ed. Limusa.
- Glinski, J & J Lipiec. (1990). *Soil Physical Conditions and Plant Roots*. CRC Press Inc. Boca Ratón, Florida, USA.
- Soane, B.D. y Van Owerkerk, C. (1994). Soil compaction problems in soil agriculture. In: B.D. Soane and C. Van Owerkerk (Editors). *Soil Compaction in Crop Production*. Amsterdam: Elsevier.

INVESTIGACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE REGULACIÓN Y PROVISIÓN HÍDRICA EN LAS SUBCUENCAS GLACIARES DEL PERÚ

Ana Rosario Guerrero (**), Helder Mallqui Meza (*), Gabriel Martel Valverde (*) y David Ocaña Vidal (***)

RESUMEN

El cambio climático viene generando retroceso glaciar y reducción en las reservas hídricas proveniente de los glaciares. Cinco cordilleras, de las dieciocho que tiene el país, poseen menos de 5 km² de superficie y están consideradas en vías de extinción. Otro problema generado por el retroceso glaciar es la alteración de la calidad de agua debido a la producción de drenajes ácidos. Estos dos problemas afectan la oferta hídrica nacional.

El INAIGEM ha priorizado ámbitos de investigación y en estos espacios viene desarrollando una línea de investigación denominada “Gestión del recurso hídrico en subcuencas glaciares”, con el objetivo de recuperar la calidad de los servicios ecosistémicos de provisión y regulación hídrica en las cabeceras de cuenca.

Con este propósito viene instalando parcelas de investigación donde se desarrollan investigaciones para la mejora de la oferta hídrica en el País.

PALABRAS CLAVE

Servicios ecosistémicos / Recursos Hídricos / Subcuencas glaciares / Perú

IMPACTO DEL RETROCESO GLACIAR EN LOS RECURSOS HÍDRICOS

En el territorio peruano existen 159 cuencas hidrográficas y estas generan un caudal de 1'935,621 HM³/AÑO de agua (ANA, 2015). Esta producción responde a las condiciones climáticas de nuestro país y a la presencia de la cordillera de los Andes, espacio considerado como un sistema de “torres de agua” (MINAM, 2014). Con esta nominación se puede reconocer el rol principal de la zona andina en la generación de servicios ecosistémicos de provisión y regulación hídrica, la cual es producida por los ecosistemas y glaciares. 89 cuencas hidrográficas, de las 159, reciben el aporte de los glaciares; estos glaciares están ubicados en 18 cordilleras glaciares y representa el 71% de los glaciares tropicales del mundo. Sin embargo, existen factores ambientales y antrópicos que vienen alterando

a los glaciares y ecosistemas de montaña, los cuales afectan la provisión de los servicios ecosistémicos.

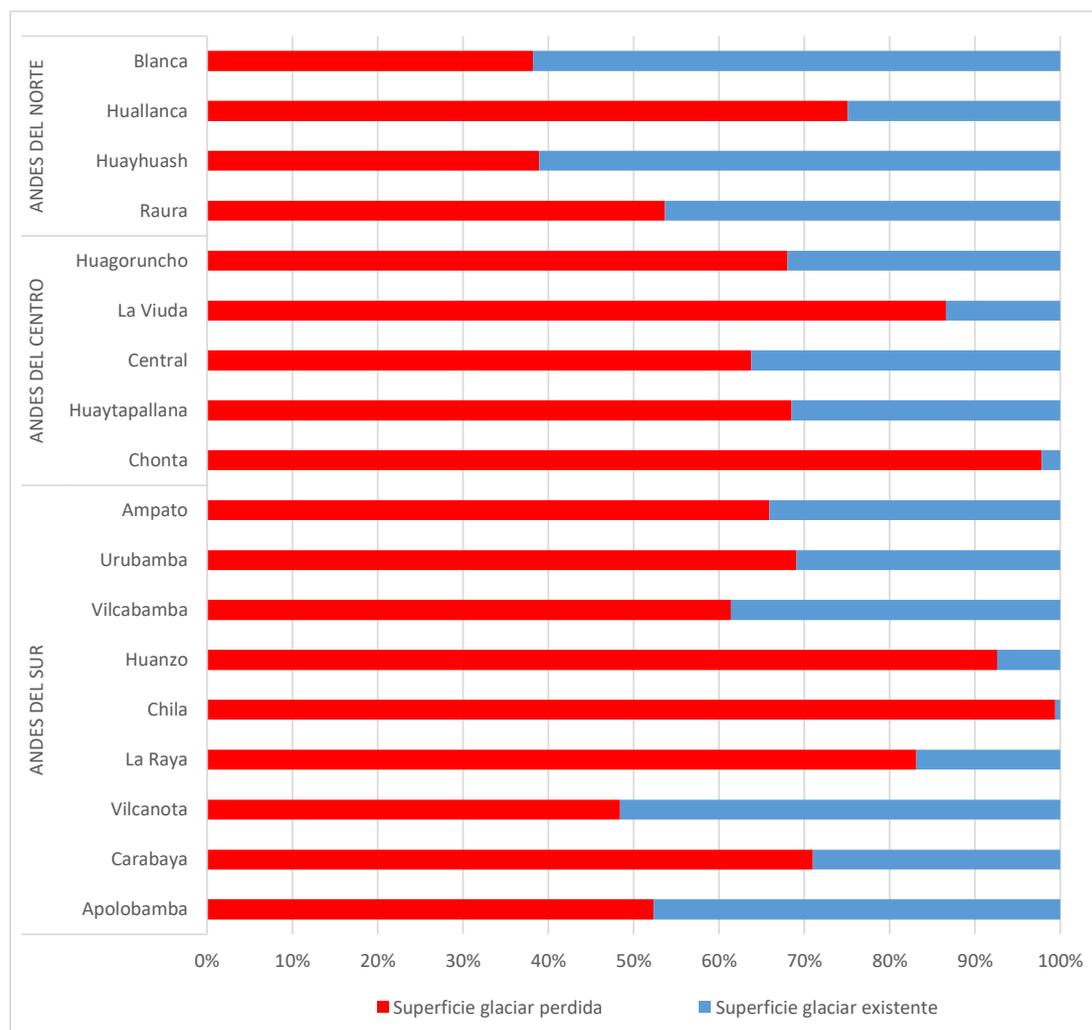
El calentamiento global está impactando directamente en las cordilleras glaciares. En 1962, el Perú registraba una superficie glaciar de 2399.06 Km² (Hidrandina, 1989) y al 2016 se ha perdido una cobertura de 53.56% (INAIGEM, 2016), quedando como reserva sólida sólo el 46.44% de superficie. El porcentaje de reducción de superficie glaciar no ha sido el mismo para las cordilleras (ver Gráfico 1) y a la fecha existen cinco cordilleras que poseen menos de 5 km² de superficie (Chila, Chonta, Huanzo, la Raya y la Viuda) y están consideradas en vías de extinción. La pérdida de superficie glaciar traerá como consecuencia la disminución de las reservas hídricas.

(*) Especialistas de la Sub Dirección de Riesgos Asociados al Cambio Climático de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña - INAIGEM

(**) Sub Directora de Riesgos Asociados al Cambio Climático de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña - INAIGEM

(***) Director de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña - INAIGEM

Gráfico 1. Reducción de la superficie glaciar en las 18 cordilleras glaciares del Perú



Otro aspecto a tener en cuenta es el congelamiento y descongelamiento de la lámina de agua que rodea los minerales cautivos en las rocas, ubicados debajo de los glaciares. Estos generan procesos de lixiviación y oxidación de los minerales pasando a estar de estado sólido a estado líquido. El proceso se agrava cuando los

minerales presentes derivan sulfuros como la pirita (FeS_2), que es muy común en la naturaleza, encontrándose en formaciones de rocas ígneas y depósitos sedimentarios. Este hecho está generando procesos de acidificación de suelos y la alteración de la calidad de agua en aportantes ubicados en las cabeceras de cuenca.

MÉTODOS

Por otro lado, el Perú posee una superficie de 1'285,215.60 km^2 y desde la cota 1500 msnm es de 462,204.78 km^2 , que representa el 36% del territorio nacional; en este espacio geográfico se ubican los ecosistemas de montaña. A partir de esta cota hasta los 3500 msnm aproximadamente, los ecosistemas naturales han sido modificados principalmente por la instalación de las grandes ciudades, la actividad ganadera y agrícola. Sobre los 3500 msnm se cuenta con una superficie de 264,219.78 km^2 (21% del territorio nacional) y es en este ámbito donde se puede identificar la presencia de ecosistemas menos intervenidos. El

INAIGEM ha priorizado trabajar sobre los 3500 msnm; y con base al Mapa de Cobertura Vegetal del País (MINAM, 2015), se han identificado ecosistemas de humedales, bosques andinos, pajonales y plantaciones forestales. Se ha estimado que 19,612.471 km^2 (74% de la superficie sobre los 3500 msnm) está conformada por estos ecosistemas (ver Tabla 1 y 2). Los ecosistemas mencionados también vienen siendo impactados por actividades antrópicas, por lo que urge su recuperación y conservación para garantizar la oferta hídrica del País. Esto cobra mayor relevancia porque constituyen las cabeceras de cuencas.

Tabla 1. Superficie de ecosistemas de montaña

ÁREAS	Superficie (km ²)
Superficie del Perú	1,285,215.60
Altitud > a 1500 msnm	462,204.78
Altitud > a 3500 msnm	264,219.78
Ecosistemas priorizados por el INAIGEM, sobre los 3500 msnm: Humedales, Bosque andino, Pajonal, Plantaciones forestales.	196,124.71

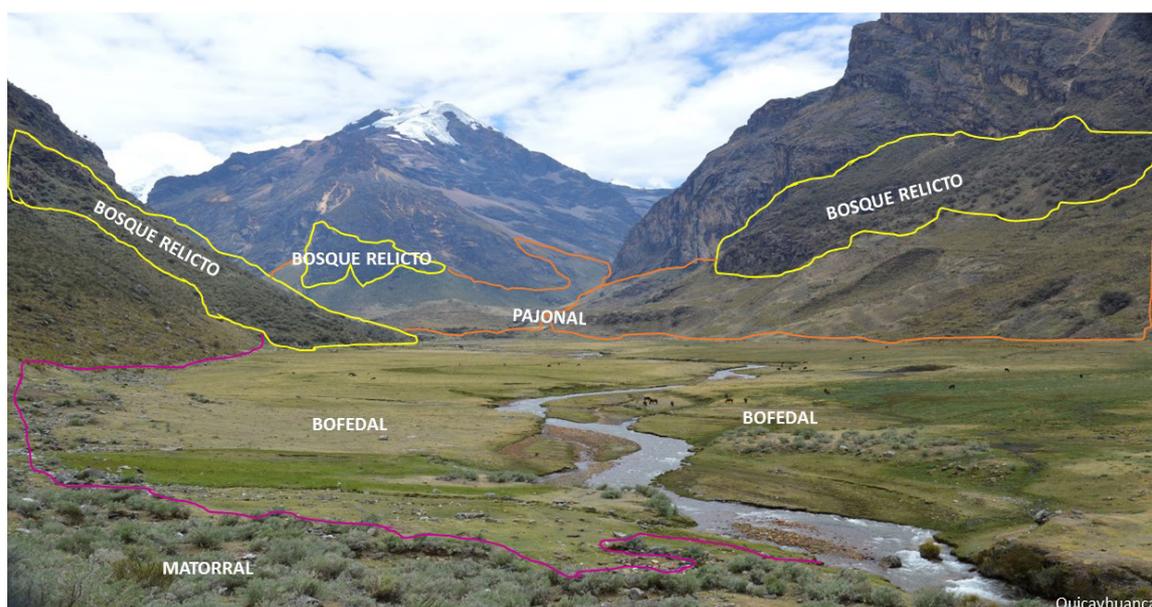
Tabla 2. Superficie de ecosistemas según la cobertura vegetal sobre los 3500 msnm

Ecosistemas	Cobertura Vegetal	Área (ha)	(%)
Humedales	Lagunas, lagos y cochas	759,047.0	3.870
	Páramo	14,418.1	0.074
	Bofedal	542,006.4	2.764
Bosque Andino	Bosque de montaña	1,045.6	0.005
	Bosque de montaña altimontano	77,085.9	0.393
	Bosque de montaña montano	515.1	0.003
	Bosque montano occidental andino	716.5	0.004
	Bosque relicto altoandino	101,008.3	0.515
	Bosque relicto mesoandino	12,086.5	0.062
	Bosque relicto mesoandino de coníferas	502.4	0.003
	Bosque seco de montaña	1,292.1	0.007
	Bosque xérico interandino	561.0	0.003
Pajonal	Jalca	43,469.9	0.222
	Pajonal andino	1'802,4997.8	91.906
Plantaciones Forestales	Plantación forestal	33,718.9	0.172
Total		19'612,471.5	100.000

Fuente: INAIGEM, con base al Mapa de Cobertura Vegetal del MINAM (2015)

Los ecosistemas en su conjunto cumplen un rol importante en la regulación y provisión hídrica por lo que

el estudio de esto requiere la aplicación de investigaciones con enfoque de cuenca y paisaje (Ver fotografía 1).



Fotografía 1. Estudio integral de cabeceras de subcuencas con enfoque de gestión de cuencas y paisaje

El INAIGEM ha establecido como línea de investigación la gestión del recurso hídrico en subcuencas glaciares, con el propósito de recuperar la calidad de los servicios ecosistémicos de provisión y regulación hídrica en las cabeceras de cuenca; de esta manera, promover la mejora de la oferta hídrica del país. Para tal fin está desarrollando las siguientes acciones:

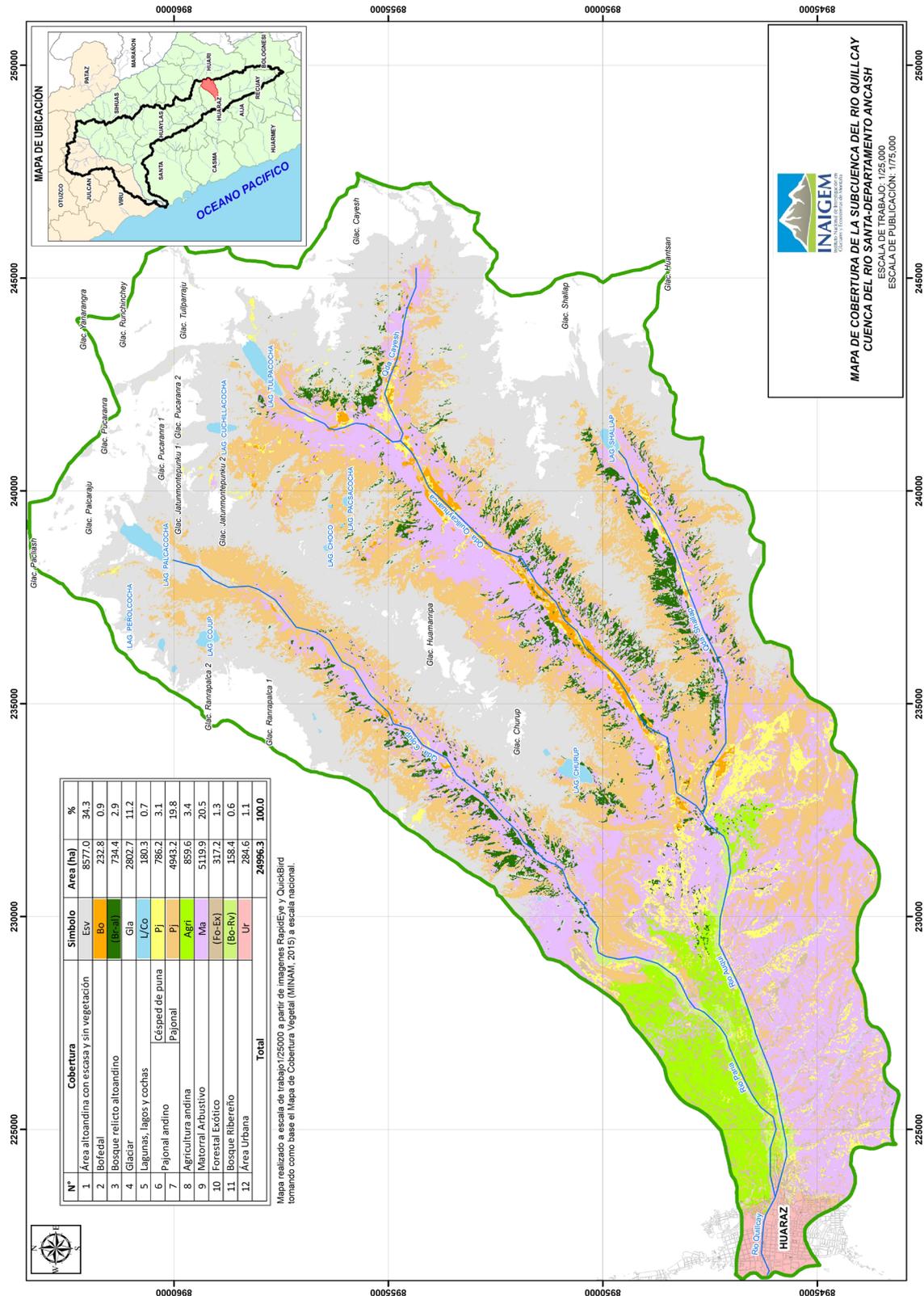
1. El INAIGEM en su Plan Estratégico Institucional 2017-2019, ha priorizado como ámbito de estudios a nivel nacional, 23 subcuencas en 19 cuencas. En estos espacios se han iniciado investigaciones aplicadas con el fin de contribuir a la mejora de la oferta y calidad del recurso hídrico de las subcuencas glaciares (ver mapa 1).



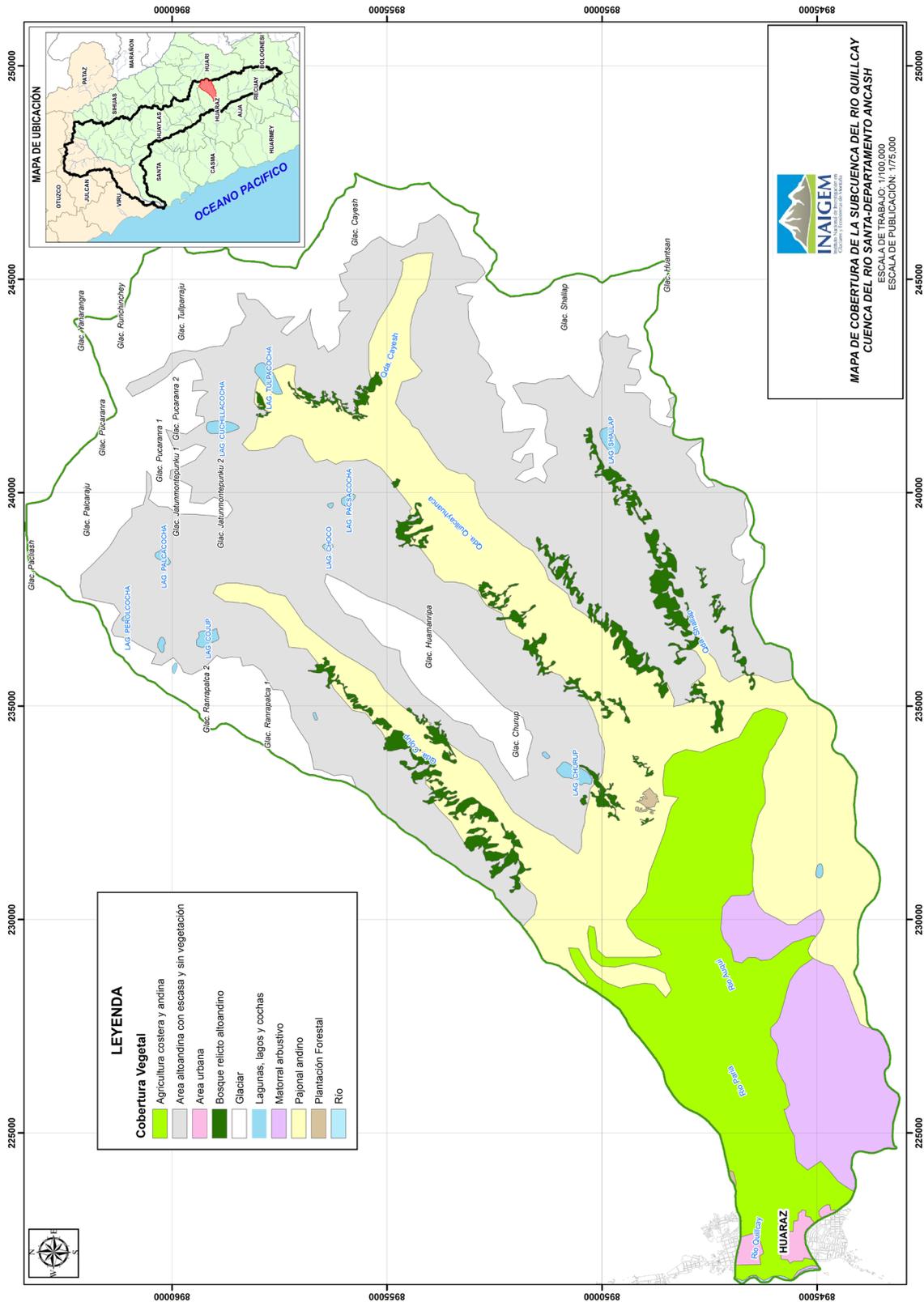
Mapa 1. Cuencas prioritizadas para el desarrollo de investigaciones en ecosistemas de montaña

2. Identificación de ecosistemas de montaña y el cambio de uso de suelos que se han producido en ellos, con el propósito de proyectar el ámbito de recuperación y conservación de ecosistemas, y con ello, proyectar la potencial oferta hídrica

recuperada. A la fecha se cuenta con mapas de cobertura vegetal a escala detallada (1:25,000), los mismos que reflejan unidades no identificadas en el Mapa Nacional de Vegetación (1:100,000), como por ejemplo los bofedales (ver mapas 2 y 3).



Mapa 2. Cobertura vegetal de la subcuenca Quillcay a escala 1:25,000, Huaraz, Ancash



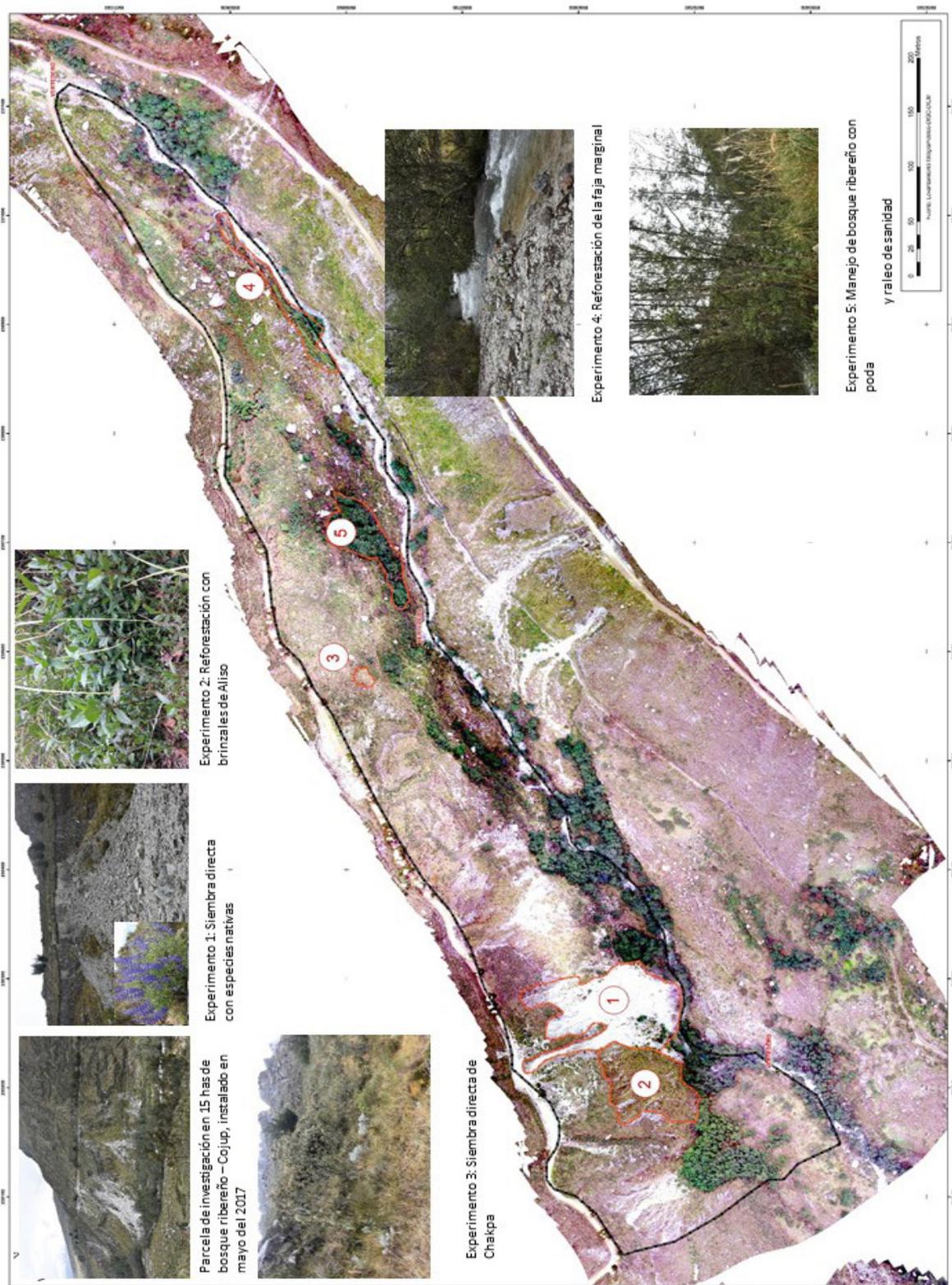
Mapa 3. Cobertura vegetal de la subcuena Quillcay a escala 1:100,000, Huaraz, Ancash

3. Inventario de bofedales y estado de conservación, iniciado en 3 subcuencas en los departamentos de Ancash y Cusco, con el propósito de establecer una metodología aplicable al territorio nacional. Esta acción se viene realizando dentro

de la Comisión Multisectorial de Naturaleza Permanente, denominada “Comité Nacional de Humedales” establecida con el Decreto Supremo N° 005-2013-PCM.

4. Instalación de parcelas de investigación en ecosistemas de humedales, bosques, pajonales y plantaciones forestales para mejorar los servicios ecosistémicos en la producción y regulación hídrica. Al año 2017 se cuenta con 28 parcelas instaladas en una extensión de 663 ha; para el 2018 se ha proyectado instalar 26 ha más. Las parcelas de investigación constituyen laboratorios

para la investigación científica y tecnológica aplicada a los ecosistemas de montaña. En cada una de ellas se viene realizando las líneas bases de suelo y vegetación. De igual manera se viene instalando equipos de medición como sensores de humedad y estaciones meteorológicas para monitorear y cuantificar la recuperación de los servicios ecosistémicos (ver fotografía 2).



Fotografía 2. Parcela de investigación "Revegetación inducida para el control de sedimentos en bosque ribereño de Cojup" ubicado en el distrito de independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash

- Investigación y recuperación de prácticas y tecnologías para incrementar la oferta hídrica, tales como: siembra y cosecha de agua mediante la reforestación, instalación de zanjas de infiltración (Coltus-Ancash, La Raya-Cusco), reforestación y mejora de cobertura vegetal para retención de sedimentos (Quillcay-Ancash), y recuperación de bofedales (Santa Cruz, Pachacoto-Ancash).

Un caso de estudio que conduce el INAIGEM en siembra y cosecha de agua, se encuentra en la cabecera de la cuenca del río Culebras, ubicada políticamente entre los distritos de Huanchay y Coris en el territorio de la Comunidad Campesina Liberación de Coltus, en una extensión de 60 ha (ver fotografía 3). En este lugar existen bofedales que han sido represados, llegando a formar q'ochas a una altitud promedio de 4400 msnm. Estas q'ochas actualmente cumplen una función de abastecimiento de agua para la agricultura y ganadería altoandina; pero al mismo tiempo, son lugares donde se puede encontrar una buena producción natural de "Cushuro" *Nostoc* sp.

Mediante un manejo adecuado, sostenible y -principalmente- participativo se está realizando actividades de rescate de conocimientos

tradicionales; y además, se está generando conocimiento científico sobre esta práctica, que está permitiendo mejorar la oferta del recurso hídrico y beneficiando a las poblaciones aledañas. Se espera que estas acciones repercutan en las partes bajas de la cuenca del río Culebras.

El objetivo principal es la generación de conocimientos relacionados con la cuantificación de la siembra y cosecha de agua, para lo cual, se han instalado equipos para medir la precipitación, temperatura, humedad relativa y humedad en el suelo; además de los piezómetros, para medir el nivel del agua en los bofedales. Los conocimientos están siendo difundidos a nivel de la población, gobiernos subnacionales y nacional, permitiendo mejorar la promoción de la siembra y cosecha de agua.

Estos estudios contribuirán en la gestión del recurso hídrico para reducir las brechas en la provisión de agua con fines agropecuarios y favorecer prioritariamente a aquellos agricultores con menores niveles de ingreso económico, en situación de pobreza y extrema pobreza. De esta manera se contribuye a uno de los programas nacionales establecidos con este fin, como la unidad ejecutora 0036-001634 "Fondo Sierra Azul".



Fotografía 3. Prácticas de siembra de agua en la parcela de investigación de la comunidad campesina Liberación Campesina Coltus, distrito de Huanchay, departamento de Ancash

6. Monitoreo de la calidad de agua afectada por la generación de Drenajes Ácidos de Roca (DAR) producto del retroceso glaciar y pasivos ambientales mineros. Al 2017 se cuenta con 95 estaciones de monitoreo permanente (72 en Ancash: subcuencas Río Blanco, Casca, Quillcay, Pachacoto, Wewash; y 23 en Cusco: subcuenca Vilcanota). La metodología del monitoreo tiene como referencia el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua - ANA, y la Ley General de Aguas (D.L. N°17752 y sus Reglamentos), el D.S N° 002 -2008 – MINAM y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales.

Los resultados muestran las condiciones de la calidad física y química (metales) de las aguas superficiales del ámbito de estudio y se espera que el INAIGEM pueda establecer una metodología nacional de monitoreo de calidad de agua en cabeceras de cuenca, que contribuya a reestablecer la calidad de servicios ecosistémicos en los ecosistemas de montaña.

Los resultados del monitoreo permitirán priorizar espacios de intervención con el fin de implementar medidas y tecnologías de biorremediación; y de esta manera, reducir uno de los factores que influyen en la alteración de la calidad del recurso hídrico del País.



Fotografía 4. Monitoreo de la calidad y cantidad de agua en aportantes, en las cabeceras de subcuencas

7. Implementación de dos Centro de Investigación en Ecosistemas de Montaña (uno en Ancash y otro en Cusco), como espacios para la investigación y transferencia de conocimientos

en el manejo de recuperación de servicios ecosistémicos y manejo de tecnologías como sistemas de riego tecnificado.

De esta manera, ponemos a disposición los resultados de las investigaciones a todo nivel para fortalecer capacidades y promover la

adecuada toma de decisiones, ofreciendo evidencias científicas sobre la efectividad de las prácticas indicadas.

PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA MEJORAR LA OFERTA HÍDRICA EN EL PERÚ CON BASE EN LA INVESTIGACIÓN

La investigación es un componente importante para mejorar la oferta hídrica en el país, sin embargo, esta tiene que estar relacionada y vinculada a otros componentes. En el marco del proceso de elaboración

del Informe País para el Octavo Foro Mundial del Agua, y con base a preguntas transversales sugeridas por los responsables, la DIEM- INAIGEM propone algunos lineamientos para mejorar la oferta hídrica en el País.

1. Educación y creación de capacidades

Incentivar la generación de conocimiento para la gestión del recurso hídrico a través de investigaciones científicas en concordancia con los saberes locales. Así como, su respectiva transferencia a diferentes organizaciones y a la población.

Promover y difundir las metodologías de monitoreo con participación local que permitan conocer el real estado de los servicios ecosistémicos en las subcuencas y microcuencas e implementar medidas de adaptación al cambio climático.

La educación y creación de capacidades para

identificar las condiciones de calidad de agua deben realizarse en diferentes niveles. Siendo prioritaria su inclusión en espacios formales (Educación Básica Regular) y Comunes (Juntas de Servicios de Saneamiento – JASS)

Las metodologías de transferencia de conocimientos sugerida son: los intercambios de experiencia, visitas a reservorios, lagunas, ríos y quebradas, fuentes de producción de agua, con una visión de manejo de paisajes. Las parcelas, microcuencas y subcuencas donde se viene haciendo la investigación son los espacios modelos para esta acción

2. Interacción entre ciencia y política para mejora de la oferta hídrica

El INAIGEM está construyendo una base de datos históricos de calidad y cantidad de agua en espacios priorizados, los mismos que permitirán la gestión del conocimiento en torno a las prácticas de recarga hídrica, cosecha de agua y calidad de agua, de tal manera que permitan retroalimentar las acciones y también aportar evidencias científicas sobre su efectividad para una adecuada toma de decisiones.

De igual manera, los resultados se están difundiendo en talleres, boletines, revistas, página web y redes sociales del INAIGEM. Esta información obtenida servirá para el desarrollo de políticas que puedan mejorar los procedimientos para el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales, así como las medidas de mejora.

Con el objetivo de estudiar los ecosistemas de montaña y el impacto del cambio climático en ellos, se plantea promover corredores ecosistémicos de montaña con la instalación de parcelas de investigación ubicados en tramos representativos de las cordilleras del Perú. De esta manera se ha iniciado con la implementación de 3 corredores (2 en Ancash y 1 en Cusco). Con la promoción de estos corredores ecosistémicos se busca reducir los problemas de investigación y mediante alianzas público privadas, el INAIGEM desarrollará oportunidades científicas, educativas, culturales y turísticas. Con ello, las parcelas de investigación se promoverán como espacios que permitan a científicos, estudiantes, tomadores de decisión y población en general, generar conocimientos sobre la evolución de la recuperación y conservación de los servicios ecosistémicos.

3. Tecnologías de la información y comunicación (TIC) y monitoreo para creación de capacidades

Con el uso de las TIC se pueden generar datos continuos a intervalos de tiempo muy cortos que permitan monitorear variables a detalle para la comprensión de los procesos que ocurren en las áreas de recarga hídrica.

Otro aspecto, son las nuevas tecnologías de información y comunicación que se ofrecen en la actualidad para el análisis y monitoreo de la calidad del agua, que son diversas (programas para el modelamiento,

almacenamiento y procesamiento). El INAIGEM se encuentra en el proceso de recojo de información de calidad de agua y aforos en principales subcuencas, con lo que se viene generando una base de datos. Esta información se pondrá a disposición de la población y tomadores de decisión mediante el uso de las TIC. A la fecha se cuenta con 95 estaciones de monitoreo y con frecuencia mínima de 2 veces al año.

4. Iniciativas de cooperación internacional para el desarrollo de capacidades

En la actualidad el interés por la calidad del recurso agua es una prioridad para muchas instituciones nacionales y de cooperación internacional, sin embargo, llevar a cabo trabajos de monitoreo de la calidad del agua en las comunidades despierta la preocupación y desconfianza de los pobladores por el temor del ingreso de empresas (minerías, industrias, etc.). El INAIGEM cuenta con un área de Cooperación Técnica, que viene generando cooperación a través de convenios con las universidades locales, nacionales e internacionales. Un aspecto importante es la generación de conocimientos a través de las tesis de grado y pre grado, el intercambio de experiencias con estudiantes de universidades extranjeras y becas para estudiantes en universidades prestigiosas internacionales.

Una gran fortaleza de cooperación es el intercambio de información; para ello, el INAIGEM ha establecido convenios nacionales e internacionales para desarrollar

investigaciones en subcuencas glaciares priorizadas. Al 2017 se cuenta con 43 convenios y entre ellos 7 internacionales, tales como:

- CARE Perú y la Universidad de Zurich.
- Centro BYRD - BPCRC de investigación polar y del clima, de la Universidad Estatal de Ohio.
- Centro Regional de Sismología para América del Sur – CERESIS.
- El American Climber Science Program – PROGRAMA.
- El Centro Internacional de la Papa – CIP.
- Embajada de la República Checa.
- McMaster University's Faculty of Science, Hamilton, Ontario, Canadá.

5. Soluciones y buenas prácticas para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado a los recursos hídricos

Las soluciones y buenas prácticas para la implementación de las ODS relacionadas al agua se están realizando en los siguientes rubros:

- Con instituciones públicas y privadas, de carácter nacional y subnacional vinculadas a la generación de conocimientos y tomadores de decisión relacionados a la gestión de los recursos hídricos. La información generada será de importancia para su inclusión en herramientas de gestión, programas, proyectos, estrategias y planes nacionales, como ejemplo, la Estrategia Nacional para el Mejoramiento de
- la Calidad de los Recursos Hídricos, Establecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA – MINAGRI).
- Con poblaciones organizadas o independientes, con quienes se viene implementando medidas de recuperación de servicios ecosistémicos. La inclusión de los agricultores en todo el proceso de investigación es clave; se inicia desde la planificación, la generación y retorno de información. Los resultados mejoran enormemente la relación entre la ciencia, la sociedad y la gestión (gobernanza).

6. Articulación de sectores en la gestión y gobernanza de agua

Poner a disposición los resultados de las investigaciones a todo nivel para fortalecer capacidades y promover la adecuada toma de decisiones, ofreciendo evidencias científicas sobre la efectividad de las prácticas, particularmente se viene trabajando en lo referente a la adaptación al cambio climático.

La información generada en el INAIGEM es difundida en medios escritos, página web y redes sociales. Resalta la publicación periódica de la revista científica que ya tiene 3 números y el próximo año se inicia el proceso de indexación.

Involucrar a los actores es considerar su participación desde el inicio de los estudios para la gestión del agua, por ello, es necesario partir con la recuperación de los conocimientos tradicionales y contrastar con la población los conocimientos "científicos", a través de reuniones, días de campo e intercambio de experiencias, entre otros.

Otro mecanismo institucionalizado en nuestro país son los denominados Mecanismos de Retribución por Servicio Ecosistémico, este proceso apoya la interacción de la población en los diferentes niveles para la recuperación de la calidad y cantidad de agua con el soporte de la Ley mencionada.

7. Respeto a la diversidad cultural, justicia y equidad en el sector agua

Las investigaciones y monitoreo del recurso hídrico vienen siendo implementadas, teniendo como base los conocimientos locales y las demandas de información.

Para ello el INAIGEM viene elaborando indicadores de

cambio en el estado de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos, con la finalidad de tener evidencias tanto sociales y científicas de los cambios producidos durante los procesos de monitoreo e investigación.

8. Contribución para el diseño e implementación de políticas y proyectos en torno al GIRH en el país

Mediante la generación de lineamientos y metodologías que fortalezcan los instrumentos de gestión existentes en materia de recursos hídricos, GIRH, basados en el conocimiento científico logrado a través de experiencias exitosas con los actores sociales.

Otro aspecto importante es la escala de información generada en nuestro país. Si bien para la escala nacional se cuenta con información de diferentes sectores, su aplicación es limitada a nivel local. Por este motivo, se hace imprescindible la promoción de información a escalas mayores como la 1:25,000. De esta manera la información en torno a los recursos hídricos será más práctica y de utilidad para los gobiernos sub nacionales.

Así mismo, para promover los resultados de las

Está en proceso la formulación de la Política y el Plan Nacional de Glaciares y Ecosistemas de

investigaciones el INAIGEM viene participando en plataformas internacionales y nacionales, como:

- Internacionales:
 - WGMS Sistema Mundial de Monitoreo Glaciar
 - Global Supersides Natural Laboratories
- Nacionales:
 - Comisión e Información Ambiental del MINAM
 - Redes de Bibliotecas del MINAM
 - Comité Nacional de Humedales
 - Comisión de Recuperación de Áreas Degradadas.
 - Grupo de Montañas

Montaña; se está construyendo la ruta metodológica para su construcción, y se espera contar con la Política en el año 2018.

9. Cooperación transnacional

A través de diferentes espacios como La Iniciativa Andina de Montañas, conformada por los siete países de la Alianza que atraviesan la cordillera de los Andes (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina). El propósito de la iniciativa es generar y fortalecer un espacio de diálogo regional orientado al desarrollo de acciones articuladas en la subregión. En el Perú las instituciones focales son el INAIGEM y el Ministerio de Relaciones Exteriores.

El 28 de noviembre se ha tenido una reunión en la Ciudad de Huaraz. El objetivo principal fue analizar la situación actual de las montañas andinas, en el contexto del cambio climático, para trabajar, de manera articulada y con una visión regional, en nuevas estrategias e iniciativas que permitan la conservación y protección de estos ecosistemas.

10. Asegurar la gobernanza multinivel involucra a las partes interesadas y evalúa los resultados de las políticas

El agua es el elemento natural que como hilo conductor integra a las instituciones. Se viene trabajando con un enfoque de cuenca y paisaje. El paisaje visto como el espacio biofísico dentro de una subcuenca, donde los ecosistemas interactúan entre ellos y como punto central el hombre; que tiene que ver con sus acciones positivas y negativas sobre el paisaje, la gobernanza que inicia en la familia pasa por sus organizaciones de base, las instituciones educativas, los gobiernos locales, regionales y nacionales. En resumen, se trata de la

articulación entre ciencia, población y gestión.

A través de la participación y seguimiento de todos los procesos implementados en materia de siembra y cosecha del agua por parte de las instituciones públicas y privadas, así como de los actores involucrados.

Para la gobernanza multinivel es importante mejorar los conocimientos sobre el estado de la calidad de agua desde su origen, e identificación de los ecosistemas que brindan los servicios de regulación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ames, A. (1989). *Inventario de Glaciares del Perú*. 1a Parte. Huaraz: Hidrandina S.A., 1988. 173 p.
- Autoridad Nacional del Agua (2015). *Plan nacional de recursos hídricos - memoria final*. Lima: ANA.
- Ministerio del Ambiente (2014). *Perú País de Montañas: los desafíos frente al cambio climático*. Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*. Lima: MINAM.



**Jr. Juan Bautista Mejía N° 887 - Huaraz
Ancash - Perú**