

ISSN 2521-5329



PERÚ

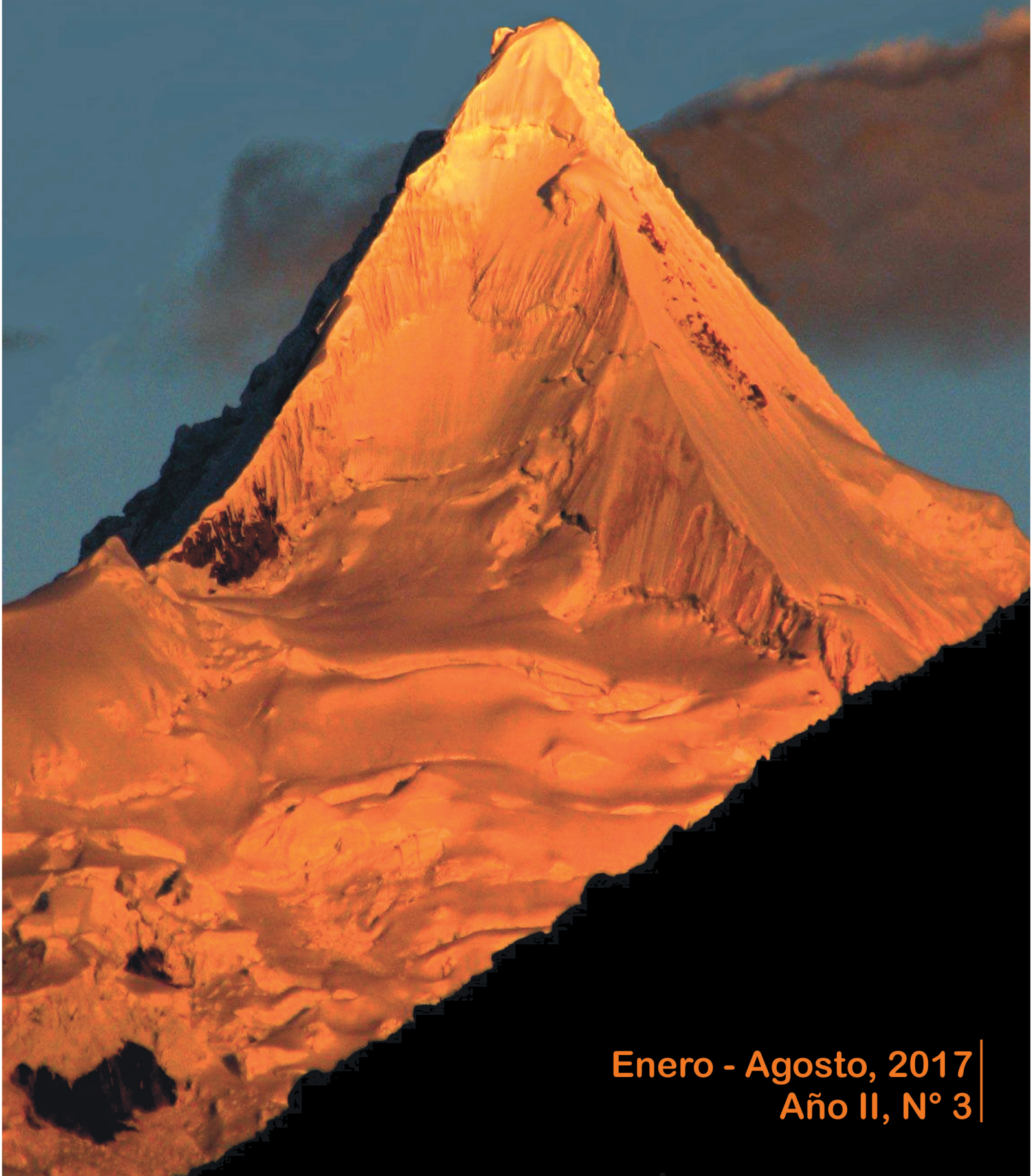
Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de
Investigación en Glaciares
y Ecosistemas de Montaña



BOLETÍN INAIGEM

Instituto Nacional de Investigación en
Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Enero - Agosto, 2017 |
Año II, N° 3

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Presidente

Ing. Benjamín Morales Arnao

Secretario General

Sr. Jorge Rojas Fernández

Directores

Ing. Marco Zapata Luyo

Ing. David Ocaña Vidal

Ing. Ricardo Villanueva Ramírez

Editado por:

© Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Dirección de Información y Gestión del Conocimiento

Biblioteca y Publicaciones

Dirección

Jr. Juan Bautista Mejía N° 887

Huaraz, Ancash, Perú

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

www.inaigem.gob.pe

ISSN: 2521-5329

Título clave: Boletín INAI GEM

Título clave abreviado: Bol. INAI GEM

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

Tiraje 1000 ejemplares

Foto portada: Erick Ríos B.

Fotos Interiores: INAI GEM

Impreso en Octubre de 2017

En: Píncel de Oro E.I.R.L.

Jr. Simón Bolívar 733, Huaraz, Ancash, Perú

EDITORIAL

AGENDA INSTITUCIONAL

- Eventos.....09
- Participación.....14
- Convenios suscritos.....18

ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

- **Siembra y cosecha de agua en la Comunidad Campesina Liberación de Coltus, en la subcuenca Huanchay, cuenca del río Culebras, Ancash, Perú**25
David Ocaña Vidal
- **Línea base de diversidad biológica para la investigación en ecosistemas de montaña, en parcelas de investigación priorizadas por el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.....**35
Oscar Santander Aspilcueta
- **Diseño de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña.....**54
Peter Oesterling
- **Monitoreo hidrológico en la microcuenca del río Paria, subcuenca Quillcay, Huaraz, Ancash, Perú**61
Ivonne Sotelo Solórzano, Gabriel Martel Valverde, Ricardo Duran Mamani, David Garay Marzano
- **Desarrollo de un prototipo tecnológico para la medición del nivel del espejo de agua en la laguna Palcacocha, Huaraz, Ancash, Perú.....**73
David Garay Marzano

ESPECIAL

- **Expedición Científica Huascarán 2017.....** 87



Nevado Cayesh (5,721 msnm)
Cordillera Blanca, Huaraz, Ancash

El INAIGEM, al culminar el primer semestre del año 2017, está obteniendo logros muy importantes que están definiendo su ruta en el contexto de la política nacional de las investigaciones aplicadas sobre Glaciares y Ecosistemas de Montaña, pudiendo resaltar como logros las siguientes actividades realizadas:

Investigaciones en Glaciares

- **Metodología Nacional sobre Inventario de Glaciares y conclusión del Inventario de las 18 Cordilleras Glaciares del Perú:** La acción de los cambios climáticos globales en los glaciares está afectando en forma muy grave a las 18 cordilleras glaciares del Perú, con una creciente reducción de sus superficies y volúmenes que exige se tengan resultados anuales de esta gran reducción, a fin de presentar recomendaciones a los gobiernos regionales, gobiernos locales y a la academia; y de esta manera, aplicar medidas de adaptación a fin de disminuir sus efectos en la reducción de los caudales de agua y la elevación de las temperaturas que afecta a la biodiversidad.

Estos resultados servirán para promover, en forma conjunta con los gobiernos regionales y universidades, tratados que muestren la situación de las Cordilleras Glaciares que están dentro de sus ámbitos geográficos y las medidas de adaptación que deben de implementar.

- **Monitoreo de Glaciares Piloto:** Con el fin de uniformizar las metodologías que se deben de aplicar en el monitoreo de los glaciares piloto a nivel nacional, se publicará la Metodología Nacional de Monitoreo de Glaciares del Perú, para que todas las entidades nacionales las sigan y se tenga uniformidad en la ejecución.
- **Lagunas Glaciares en Riesgo:** En la Cordillera Blanca, se han identificado 8 lagunas glaciares en riesgo que requieren estudios definitivos a nivel de ejecución de obras de prevención, siendo una de estas la laguna Palcacocha, de la cual, se han realizado una serie de estudios preliminares, como los elaborados por entidades nacionales y las universidades de Zurich y Texas. Al respecto, se requiere se tomen decisiones y medidas ejecutivas por parte de los organismos competentes para ejecutar los estudios definitivos y las obras de prevención.

Investigaciones en Ecosistemas de Montaña

- **El Centro de Investigación en Ecosistemas de Montaña:** Actualmente existe presión sobre el ecosistema de pajonal. Se pretende suplantarlos con pasto mejorado, siendo esta una práctica intensiva que va en desmedro de las funciones ecosistémicas. Estos cambios se están produciendo sin una sólida base científica y sin un plan que prevea su continuidad una vez concluido los proyectos. Con el propósito de investigar esta situación en el campo, el INAIGEM ha firmado un convenio con la Comunidad Campesina de Cátac, en Recuay, Ancash para efectuar investigaciones ecosistémicas en un terreno de 90 hectáreas que la comunidad ha facilitado para realizar este tipo de investigaciones. Los resultados que hemos obtenido a partir de noviembre de 2016 hasta la fecha, han sido sumamente satisfactorios. Se han cultivado 289 variedades de papa nativa; se han plantado 5 variedades de pastos mejorados; así como, cultivos de quinua y habas, tratados en forma técnica con riego tecnificado.

Los resultados obtenidos de esta investigación aplicada están generando conocimientos relacionados con el cambio de uso de los ecosistemas que serán transmitidos a los departamentos del Sur del país, en cumplimiento de nuestros objetivos institucionales.

- **Los Corredores Ecosistémicos:** El INAIGEM está desarrollando investigaciones sobre la **biodiversidad** de los diferentes pisos altitudinales que van desde los 5670 m hasta los 1500 m de altura, desde la Cordillera Blanca hasta las vertientes que bajan a la costa pacífica (en 160 km de cobertura). El Corredor Vallunarraju-Huaraz-Punta Callán y el Corredor Coltus-Cajamarquilla-Huanchay-Culebras, son dos proyectos de mediano y largo plazo que se están trabajando con organizaciones y comunidades campesinas ubicados en estos espacios ecosistémicos. En la divisoria de la Cordillera Blanca a 4400 m de altura, con la comunidad de Coltus, estamos implementando y desarrollando una investigación sobre la **siembra y cosecha de agua**, con pequeños reservorios y la siembra de 10,000 quenuales.

Convenios de Cooperación Técnica

El éxito de la investigación aplicada que desarrolle el INAIGEM debe ser complementada por la cooperación técnica con universidades nacionales y extranjeras, así como por instituciones diversas de investigación. Podemos decir con satisfacción que estamos concertando convenios de investigación con las principales universidades nacionales, así como institutos de investigación y ONGs para desarrollar proyectos conjuntos. Las universidades e institutos de investigación y entidades de desarrollo del extranjero, proceden de Canadá, USA, Suiza, Francia, Alemania, Nepal, República Checa, entre otros, que nos ayudarán a fortalecer nuestros objetivos institucionales.

Descentralización

Sede desconcentrada del Cusco: El 2 de agosto del 2017 se firmó el Convenio Marco y Convenio Específico con la Universidad San Antonio Abad del Cusco, con el objetivo de desarrollar diversos proyectos conjuntos de investigación sobre Glaciares y Ecosistemas de Montaña; y, a la vez, para recibir de esta universidad, ambientes en el fundo Kaira que servirá de sede desconcentrada del INAIGEM para la macro región del Sur del país.

Investigaciones en Información y Gestión del Conocimiento

Expedición científica a la cumbre del nevado Huascarán: Por primera vez en la historia, un equipo de especialistas peruanos -en este caso, del INAIGEM-, efectuarán la ascensión al Huascarán, la cumbre más alta del mundo en los trópicos, para realizar las siguientes investigaciones: Verificar la altura de la cumbre del Huascarán, después de la acción de los cambios climáticos ocurridos hasta la fecha; Instalar una estación meteorológica móvil y tomar registros continuos de temperatura, vientos, precipitación, radiación y humedad; Hacer un pozo en la cumbre para determinar la deposición de la nieve en un año; Sacar muestras de carbono negro para conocer el grado de contaminación producido por la deposición de partículas provenientes de los hidrocarburos y de los incendios forestales; Sacar muestras de la Cumbre para determinar la existencia de micro organismos orgánicos depositados sobre la superficie; Determinar la disminución de la superficie glaciar del sistema Huascarán-Chopicalqui entre 1962 y 2017; Poner hitos en el frente glaciar para determinar, anualmente, el retroceso glaciar; Estudiar los glaciares cubiertos que bajan del Huascarán-Chopicalqui sobre la quebrada de Llanganuco y la Quebrada de Uta.

Sin duda, esta será una de las noticias más importantes en el mundo sobre la investigación de los glaciares frente a los cambios climáticos y concertará la atención nacional y mundial de los círculos científicos y turísticos.

Dr. Benjamín Morales Arnao
Presidente Ejecutivo del INAIGEM

AGENDA INSTITUCIONAL

EVENTOS ORGANIZADOS

Conferencia: “Impacto de Plantaciones de Pino en Ecosistemas de Puna”

La Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña del INAIGEM promovió la disertación del ingeniero forestal Leopoldo Rocca Calienes del IIAP con el tema “Impacto de Plantaciones de Pino en Ecosistemas de Puna: USDA - ARS-AD”, realizado el 9 de enero de 2017 en la Biblioteca institucional, al cual asistieron especialistas del INAIGEM, SERNAMP, INIA/ARS, USDA.



Reunión de trabajo entre las partes: Comunidad Campesina de Cátac, INAIGEM, SDIEM y Windaid Institute

Con el objeto de revisar los acuerdos para la formulación del convenio específico por dos años, entre la Comunidad Campesina de Cátac y el INAIGEM, el 14 de febrero de 2017, se realizó una reunión de trabajo entre las partes, con la participación del SDIEM y Windaid Institute Perú.



INAIGEM en audiencia pública: “Iniciativas Legislativas Ambientales para el Desarrollo Sostenible de Ancash”

En audiencia pública, realizada el 10 de febrero de 2017 en el local del Colegio de Ingenieros de Huaraz, denominado “Iniciativas Legislativas Ambientales para el Desarrollo Sostenible de Ancash”, promovida por el Congreso de la República, el presidente ejecutivo de INAIGEM Benjamín Morales Arnao, informó sobre las investigaciones realizadas en *riesgos de lagunas y glaciares en el Perú, gestión de los recursos hídricos, manejo de pastos naturales, bofedales, y calidad del agua*. Asimismo, Morales Arnao solicitó a los poderes Ejecutivo y Legislativo acciones serias para la ejecución de las obras de desagüe en la laguna Palcacocha.



Taller para validar parámetros de investigación en ecosistemas de montaña

Con la finalidad de difundir y validar los parámetros de investigación en ecosistemas de montaña, el 23 de febrero de 2017, la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña del INAIGEM organizó y desarrolló un taller dirigido a instituciones afines como la UNASAM, Dirección Regional Agraria, Municipalidad Provincial de Huaraz, SERFOR, Instituto de Montaña, Gobierno Regional de Ancash y el SENASA. Los parámetros fueron expuestos y sustentados por el Ing. David Ocaña Vidal y la Ing. Marlene Rosario Guerrero.



Reunión de especialistas del INAIGEM y del Instituto Geofísico del Perú (IGP)

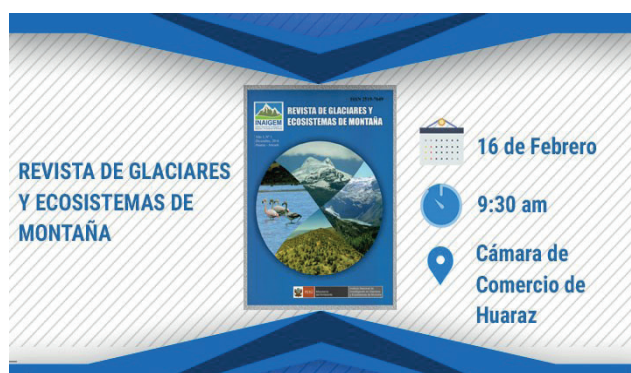
El 24 de febrero del presente año tuvo lugar la reunión de especialistas del INAIGEM y del Instituto Geofísico del Perú en las instalaciones de la Biblioteca del INAIGEM, con el objetivo de establecer acuerdos de trabajo conjunto en temas transversales y de interés mutuo.



Lanzamiento de la Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña

El día jueves 16 de febrero del año en curso en el auditorio José Ortiz Silva de la Cámara de Comercio, Industria y Turismo de Ancash, se presentó el primer número de la **Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña del INAIGEM**. Los artículos científicos están enfocados en temas como: *riesgos asociados a glaciares, desglaciación acelerada por el cambio climático, formación de nuevas lagunas glaciares en el país y la región y el crecimiento del volumen de agua de algunas lagunas*; además, cuenta con aportes sobre la *seguridad de los habitantes y la gestión del recurso hídrico*. Contribuyeron con los artículos, investigadores del INAIGEM y científicos de todo el orbe.

Ver: <http://biblioteca.inaigem.gob.pe/publicaciones/compilado>



Conferencia: “Situación de Riesgo en la Cordillera Blanca”

Dada la situación de emergencia que vivió nuestro país en el primer trimestre del presente año, por efectos del cambio climático, el INAIGEM promovió la presentación de ponencias sobre la “Situación de Riesgo en la Cordillera Blanca”, donde se expusieron temas vinculados a los riesgos en los glaciares y ecosistemas de montaña. Al evento asistieron autoridades regionales, locales, colegios profesionales, sociedad civil y periodistas de medios de comunicación de la zona. Se realizó el 16 de febrero en la Cámara de Comercio, Industria y Turismo de Ancash.



Reunión de organismos adscritos al Ministerio del Ambiente - Ancash

El 22 de marzo de 2017 en el local del INAIGEM, se reunieron los organismos adscritos al Ministerio del Ambiente que operan en el departamento de Ancash, con la finalidad de coordinar acciones conjuntas, fortalecer y brindar un mejor servicio a la ciudadanía. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) y el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), estuvieron presentes. Acordaron realizar actividades de promoción, sensibilización, gestión de riesgos ambientales y de glaciares de manera conjunta, en coherencia a sus competencias.



Taller: “Identificación de Posibles Temas de Investigación en Ecosistemas de Montaña con el INAIGEM”

El 4 de marzo de 2017 se llevó a cabo el Taller: “Identificación de Posibles Temas de Investigación en Ecosistemas de Montaña con el INAIGEM”, organizado por la Dirección en Investigación en Ecosistemas de Montaña. Estuvo dirigido a estudiantes de postgrado del Programa de Maestría en Recursos Hídricos de la UNASAM, ello, con la finalidad de generar demanda de investigaciones de futuras tesis de Postgrado en temas de dominio del INAIGEM.



Firma de Carta de Intención con la Universidad de Waterloo

El 4 de mayo del año en curso, una delegación de veintidós geólogos y geotécnicos de la Universidad de Waterloo (Canadá), conjuntamente con especialistas del INAIGEM, realizaron observaciones técnicas de las obras de prevención de la laguna Palcacocha.

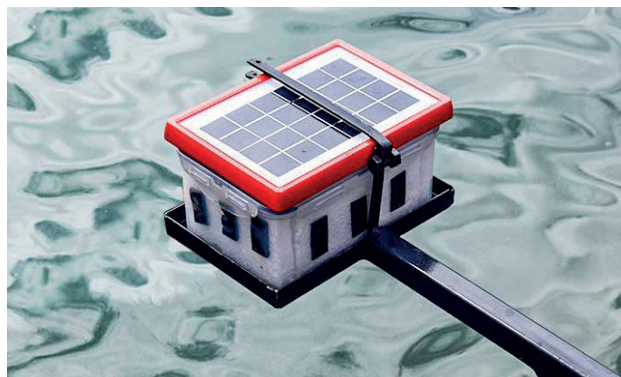
Posteriormente, visitaron las instalaciones del INAIGEM, en donde conocieron de cerca el trabajo de las direcciones de investigación, departiendo con los especialistas en glaciares, ecosistemas de montaña, e información y gestión del conocimiento.

Al término de la visita se firmó la carta de intención, que es la antesala al convenio marco con la Universidad de Waterloo, donde se expresa la confianza y buena voluntad para desarrollar actividades de investigación y de cooperación mutua.



El INAIGEM crea el primer sensor para monitoreo de lagunas

El 8 de mayo del presente año, los especialistas del Área de Meteorología del INAIGEM, instalaron en la laguna Palcacocha el primer **Sensor Hidrometereológico** denominado **NL1**, cuya utilidad es medir el nivel del agua de las lagunas glaciares. Cabe resaltar que el NL1 es de diseño y programación propia, basado en tecnología Arduino. Una característica importante es que se alimenta de energía solar; otra es que, al detectarse una falla en su operatividad, la reparación recae en manos de los propios especialistas que la crearon, convirtiendo el proceso en una tarea práctica, rápida y económica. La producción de este sensor piloto, forma parte de un proyecto macro que tiene por objetivo la fabricación de sensores de bajo costo -adecuados a los ecosistemas de montaña-, para instalarse en las subcuencas del Perú. Este impulso forma parte del plan de desarrollo tecnológico que viene ejecutando la Dirección de Información y Gestión del Conocimiento del INAIGEM.



El INAIGEM y la Comunidad Campesina de Cátac cosechan más de 280 variedades de papa nativa

El último 25 de mayo, el Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Montaña del INAIGEM y la Comunidad Campesina de Cátac, en ocasión de la primera cosecha de 289 variedades de papa nativa, protagonizaron una jornada de conferencia, discusión e inspección.

La jornada se dio inicio con el taller “Conservación de material genético de papa nativa en ecosistemas de montaña” a cargo del Ing. Severin Polreich, representante del Centro de Investigación de la Papa (CIP). Al término, se realizó un panel que estuvo conformado por la Dra. Agripina Roldan, representante del Instituto Nacional de

Innovación Agraria (INIA); por el Ing. Mariano Flores, titular del banco de germoplasma de papas en Ancash; y por el Ing. David Ocaña, director de la Dirección de Ecosistemas de Montaña del INAIEM. La exposición y debate se llevó a cabo en el salón municipal de Cátac.

Realizado el taller, entre los asistentes y representantes de las distintas instituciones que se dieron cita, se dirigieron a la parcela de conservación y manejo de papa nativa donde el Ing. Mariano Flores guió a los participantes entre cada una de las especies cosechadas.

El INAIEM impulsa estas iniciativas para lograr que el cambio de uso de suelo afecte lo menos posible a los servicios ecosistémicos. En ese sentido, el Centro de Investigación Científica y Tecnológica, viene realizando las siguientes actividades: encalado y rotación de cultivos entre papa, avena, habas y pasto cultivado, para evitar que el suelo se agote y que las enfermedades que afectan a un tipo de plantas se perpetúen; así como el manejo y conservación de pastos y capacitaciones a las comunidades.

La finalidad del sembrío y cosecha de papa nativa es investigar las variedades resistentes a heladas, sequías, plagas y ver su comportamiento en áreas de recuperación, conservación y manejo de ecosistemas de montaña. En la parcela de investigación se cuenta con 289 variedades, 26 surcos, 444 entradas y 3214 clones. Las instituciones presentes en la jornada fueron: CARE, SERFOR, Parque Nacional Huascarán, Agro Rural y Antamina; y los representantes de las comunidades de Cotaparaco, Cajamarquilla, Cátac, Dos de Mayo, Parco, Cojub y Aija.



El aniversario de la designación del nevado Alpamayo como la *Montaña más Bella del Mundo*

El 15 y 16 de junio, la Dirección Desconcentrada de Cultura de Ancash y el INAIEM conmemoraron el Quincuagésimo Primer Aniversario de la designación del nevado Alpamayo como la **Montaña más Bella del Mundo**. Fue una jornada con ponencias magistrales, exposición fotográfica y visualización de videos. El evento se realizó en el Museo Arqueológico de Ancash. Se sumaron a este reconocimiento, la Asociación de Guías de Montaña, el Ministerio de Cultura, además de montañistas, arqueólogos y documentalistas ligados al tema de las montañas.



El INAIEM inicia trabajo con regiones del Sur para elaboración participativa de la Agenda Científica en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Del 18 de julio al 4 de agosto con el fin de promover la investigación y la innovación orientada a reducir los riesgos sociales, ambientales y económicos causados por la pérdida de los glaciares peruanos, autoridades regionales, locales y académicas de Puno, Apurímac, Arequipa, Tacna, Moquegua y Cusco, con el liderazgo del INAIEM, iniciaron el proceso de elaboración de la agenda científica en glaciares y ecosistemas de montañas para la zona sur del país.

El presidente ejecutivo del INAIEM, Ing. Benjamín Morales Arnao, realizó una serie de actividades en dichos departamentos, que incluyeron reuniones con los rectores de la Universidad del Altiplano y la universidad Andina Nestor Cáceres Velasquez (Puno); con la Universidad Nacional de San Antonio Abad (Cusco); con la Universidad San Pablo (Arequipa); y autoridades regionales, a fin de lograr compromisos con la promoción de la investigación de los glaciares y las montañas en favor de las comunidades del sur.

Asimismo, se suscribieron convenios interinstitucionales con la Universidad Nacional de Moquegua y la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) que, en virtud a los acuerdos, facilitará el espacio físico para la nueva sede desconcentrada del INAIGEM en la ciudad del Cusco, la cual convertirá a la macroregión sur en un importante eje de la investigación del cambio climático del país.

En las reuniones regionales mencionadas, participaron entidades relacionadas a la gestión ambiental, glaciares, ecosistemas de montaña y cambio climático. Asistieron, el gobierno regional, gobiernos locales, comunidades, ONGs, asociaciones, agencias de cooperación internacional, empresas agrícolas, mineras, energéticas y universidades.



Reconocimiento al presidente ejecutivo del INAIGEM en el Foro Internacional de Ciencias Sociales y Cambio Climático - Cusco

El 2 de agosto, como parte de su disertación en la conferencia magistral del “Foro Internacional de Ciencias Sociales y Cambio Climático”, que se desarrolló en la ciudad de Cusco, el laureado investigador estadounidense Mark Carey reconoció al presidente ejecutivo del INAIGEM, Ing. Benjamín Morales Arnao, como el primer glaciólogo del Perú, por su aporte en el fomento y expansión de la investigación científica en el ámbito de los glaciares y ecosistemas de montaña.



El INAIGEM creará sede desconcentrada en el Cusco para atender la macroregión sur del Perú

El INAIGEM establecerá en el Cusco una sede desconcentrada tras suscribir un importante convenio interinstitucional con la Universidad Nacional San Antonio de Abad (UNSAAC), en ceremonia oficial realizada el 3 de agosto presente año.

Con la instalación de dicha sede se atenderá directamente a la población de la macroregión sur del Perú, conformada por los departamentos de Cusco, Apurímac, Puno, Arequipa, Moquegua y Tacna, según sostuvo el presidente ejecutivo del INAIGEM, Benjamín Morales Arnao.



PARTICIPACIÓN INAIGEM

Día Mundial de los Humedales

El 2 de febrero de cada año, el Perú celebra el *Día Mundial de los Humedales*, fecha adoptada por la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, con el fin de fomentar la sensibilización del público en general acerca de la relevancia de los humedales, sus valores y los beneficios que brindan a la humanidad.

La celebración del año 2017 tuvo como tema de conferencias “Humedales para la reducción del riesgo de desastres”, llevado a cabo en el Auditorio de la Autoridad Nacional del Agua. El INAIGEM participó informando sobre las acciones llevadas a cabo en torno al tema de los humedales como ecosistemas y su influencia en la reducción del riesgo de desastres en Ancash.



Día Mundial de los Humedales
2 de febrero 2017

Humedales para la reducción del riesgo de desastres

Reunión sobre Políticas y Acciones Relacionadas al Crecimiento Verde

Los ministerios de Economía y Finanzas y del Ambiente sostuvieron el 17 de febrero del presente año, una reunión sobre Políticas y Acciones Orientadas al Crecimiento Verde. Insumo para la elaboración de la Estrategia Nacional de Crecimiento Verde (ENCV), en el marco del Programa País-Perú OCDE. La meta planteada fue Identificar sinergias y priorizar acciones articuladas para la formulación de una ENCV. La reunión se llevó a cabo en la sala *Los Laureles* del MINAM.



I Foro Regional de Agricultura y Ganadería Familiar Andina - Ancash 2017

Con el objetivo de contribuir a la valoración nacional de los Sistemas Agropecuarios Familiares, en el contexto del cambio climático, que afecta particularmente a la región andina peruana, el 21 y 22 de marzo del presente año, se realizó el “I Foro Regional de Agricultura y Ganadería Familiar Andina – Ancash 2017”, en el auditorio del Real Hotel Huascarán de Huaraz. El evento fue organizado por FORMAGRO -miembro de la ONG canadiense SUCO-, con presencia en la región Áncash a través de la Asociación Allpa.

El INAIGEM participó en el foro junto a productores, comunidad educativa, autoridades regionales, locales y sectoriales; además de diversos profesionales nacionales e internacionales, ligados al ámbito agropecuario y formativo.



Celebración por el Día Internacional de los Bosques

Como parte de las actividades programadas para conmemorar el “Día Internacional de los Bosques”, la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre -Ancash, el 21 de marzo, realizó un ciclo de conferencias intitulado “Los Bosques: Fuente de Vida”, en la Sala SUM del Centro Cultural Huaraz.

En esta importante actividad se contó con ponentes de alto nivel como: el Ing. David Ocaña Vidal, director de la Dirección de Ecosistemas de Montaña del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), con el tema “Mejoramiento de los Ecosistemas de Plantaciones Forestales con Especies Exóticas”; el Ing. Hugo Carrillo Vargas, Administrador Técnico de la ATFFS Ancash, con el tema “Restauración de Bosques y Paisajes”; el Dr. Celso Hidalgo Camarena, profesor principal de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), con el tema “Importancia del Componente Forestal en los Sistemas de Producción Sostenible de la Tierra”; el Ing. Selwyn Valverde Valverde, especialista del Parque Nacional Huascarán, con el tema “Ecosistemas del género Polylepis en el Parque Nacional Huascarán”; y el Bach. Milton Edu Camillo Morales, consultor SIG, con el tema “Daños Biofísicos causados por incendios forestales en Cabana, Taucá y Llapo, provincia de Pallasca, Ancash - 2017”.



Presentación de los resultados del estudio: “Índices Climáticos para la Sierra de Ancash, una Herramienta para la Resiliencia Climática”

Con marcado éxito, el 29 de marzo, se presentaron los resultados del estudio de investigación “Índices Climáticos para la Sierra de Ancash”, a cargo del PhD Rachel Chisolm de la Universidad de Texas. La conferencia fue promovido por el Instituto de Montaña. Al evento asistieron especialistas del INAIGEM de las Direcciones de Ecosistemas de Montaña y Gestión del Conocimiento.



Participación del INAIGEM en el programa Comunidades Inclusivas y Sostenibles en América Latina (CISAL) de la Federación Canadiense de Comunidades (FCM)

Del 17 al 27 de mayo del presente año, en el marco del programa Comunidades Inclusivas y Sostenibles en América Latina (CISAL) de la Federación Canadiense de Municipalidades (FCM), representantes de instituciones peruanas y colombianas asistieron a una jornada de estudios en Kimberley y Elkford en la Columbia Británica, Canadá. Este evento se realizó con la finalidad de reforzar los aprendizajes sobre fortalecimiento de capacidades de instituciones y gobiernos locales socios, mostrando los procesos, técnicas y prácticas aplicadas en las municipalidades canadienses.

Los temas de intercambio fueron: en Kimberley, la transformación de un pueblo minero a un destino turístico luego del cierre de una mina; y en Elkford, el diálogo del gobierno local con empresas mineras e indígenas. Participaron del viaje de estudio siete gobiernos locales de Colombia y Perú, un representante de una empresa minera y una representante del gobierno nacional peruano (INAIGEM). La delegación peruana presentó un producto turístico para Ancash, el cual incluyó la visita a las parcelas de investigación en las subcuencas Casca y Quillcay.

Las municipalidades compartieron estrategias y elementos clave del desarrollo económico y social, en coordinación permanente con el sector público y la sociedad. Las lecciones aprendidas facilitarán el desarrollo de las investigaciones en ecosistemas de montaña, articulando actividades económicas y sociales en el marco de los corredores ecosistémicos implementados por el INAIGEM desde el año 2016.



Día Nacional de la Diversidad Biológica

Con ocasión de celebrarse el 22 de mayo el "Día Nacional de la Diversidad Biológica", el Gobierno Regional de Áncash, a través de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, en estrecha coordinación con las instituciones públicas y privadas, realizó un ciclo de conferencias denominado "Importancia de la Diversidad Biológica en el Desarrollo Regional", en la que abordaron interesantes temas como biodiversidad y sistema educativo, técnicas ancestrales de manejo de agua, biocomercio como alternativa de desarrollo en Ancash (ponencia INAIGEM), categorización de especies amenazadas de flora y fauna, y rol de las áreas naturales protegidas en la conservación de la biodiversidad.

En la celebración de esta importante fecha participaron las siguientes instituciones: Parque Nacional Huascarán, Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, Dirección Regional de Educación, Autoridad Local del Agua, SERFOR - Áncash, Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos, así como la Dirección Regional de Agricultura, INAIGEM y DIRCETUR. El evento se llevó a cabo en el Centro Cultural de Huaraz.



Día Nacional de la Papa

Con el objetivo de celebrar el "Día Nacional de la Papa" el 30 de mayo como todos los años, la Dirección Regional de Agricultura realizó una feria interinstitucional denominada "Exposición y Venta de Papa Fresca y Transformada", que incluyó una feria gastronómica que tuvo como insumo principal a la papa. El INAIGEM participó con una muestra selecta de variedades de papa nativa producidas en el Centro de Investigación de Cátaç. El "Día Nacional de la Papa" fue declarado y aprobado según Resolución Ministerial N° 009-2005-AG y Resolución Ministerial N° 018-2005-AG, de fecha 14 de abril de 2005.



Simposio de investigaciones en ecosistemas altoandinos: "Cambios en los Sistemas Naturales y Sociales de los Andes Peruanos"

El evento, organizado por el Instituto de Montaña el 22 de junio, presentó a expertos nacionales e internacionales en temas vinculados a ecosistemas altoandinos. Éstos compartieron los resultados de sus investigaciones: "Andes, bofedales y ganado vacuno", "Cambios en la biodiversidad en los ecosistemas altoandinos", "Degradación y vulnerabilidad de los pastizales altoandinos ante el cambio climático", "Bofedales: sostenibilidad y líneas prioritarias de investigación", y "Estrategias de vida de las familias pastoras". Los estudios presentados contribuyen al desarrollo de las líneas de investigación emprendidas por el INAIGEM.

Primer taller participativo: Construcción del Plan Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (PLNFFS)

El taller participativo, organizado por SERFOR se realizó el 11 de julio de 2017, en el marco del proceso de construcción del Plan Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (PLNFFS). El objetivo fue el involucrar a los actores público y privados vinculados a la temática de manejo y gestión de recursos forestales, recursos diferentes a la madera, plantaciones, fauna silvestre, servicios de los ecosistemas, incluyendo conocimiento, ciencia y tecnología, para lograr la construcción del mencionado Plan Nacional.

En el evento se evidenció que SERFOR cuenta con un mapeo de temáticas estratégicas de desarrollo del sector forestal y de fauna silvestre en la región Ancash; además, que posee un mapeo de actores vinculados al sector en la región Ancash.

Taller de Socialización del Análisis de Vulnerabilidad Frente al Cambio Climático y la Variabilidad Climática de la Cuenca del Río Mantaro

El Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), viene desarrollando el proyecto “Cuencas climáticamente resilientes en las cuencas del río Mantaro en Perú y del río Chinchina en Colombia”. El taller, realizado el catorce de julio de 2017, tuvo como temas desarrollados la socialización de las proyecciones de cambio climático detectados para la cuenca del río Mantaro, el análisis de vulnerabilidad ante la variabilidad y el cambio climático en la cuenca del río Mantaro y su potencial aplicación en la gestión de la cuenca y la presentación de los avances del proyecto “Cuencas climáticamente resilientes”.



Reunión de Trabajo para conformar la Comisión Regional de Prevención y Combate de Incendios Forestales

La Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Ancash convocó, el 20 de julio de 2017, a una reunión de trabajo para conformar la Comisión Regional de Prevención y Combate de Incendios Forestales a las siguientes instituciones: INAIGEM, SERFOR, AGRORURAL, SERNANP, UNASAM, INDECI, GRRNGMA, Municipalidad de Independencia, PNP y Mancomunidad Warac.

Los objetivos del evento fueron informar sobre los avances para el reconocimiento de la Comisión Multisectorial para la Prevención y Combate de Incendios Forestales y conformar una comisión para elaborar el Plan de Contingencia sobre incendios forestales para el presente año, cuya composición final recayó en SERFOR, SERNANP, INDECI y GRRNGMA. La participación del INAIGEM se dará principalmente a través de investigaciones sobre: recuperación de paisajes afectados por incendios forestales, identificación de zonas potenciales de incendios forestales y, capacitación a comunidades campesinas.



Miembros de la Comunidad de Cátac, especialistas del INAIGEM e invitados después de una capacitación en el Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montañas.

CONVENIOS SUSCRITOS POR EL INAIGEM

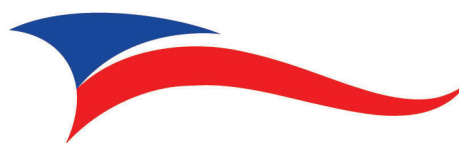
Embajada de la República Checa

El 2 de marzo de 2017 se suscribió el contrato de cooperación técnica internacional entre la Embajada de la República Checa y el INAIGEM, para la implementación de un proyecto local a pequeña escala, en el marco de asistencia oficial para el desarrollo a cargo de la República Checa.

El Contrato especifica la implementación del proyecto local a pequeña escala, denominado *“Investigación sobre deslizamientos para la reducción de riesgos y la adaptación al cambio climático en ambientes de alta montaña en el Perú”*.

Las actividades a desarrollar dentro del contrato suscrito, son los siguientes:

1. Entrevistas estructuradas con los residentes locales en quechua y en español, para recolectar su conocimiento respecto a la ocurrencia de deslizamientos, actividades y enfoques adoptados por la comunidad local para mitigar el peligro y riesgos de deslizamientos.
2. INAIGEM garantizará la ejecución del monitoreo extensométrico y geodésico regular del deslizamiento de Rampac Grande y del área de Hornuyoc.
3. Elaboración del mapa de inventario histórico de deslizamientos basado en la información proporcionada por los habitantes locales, con la colaboración del IRSM CAS.
4. El mapa de peligro propuesto en el pueblo de Hornuyoc, cerca de Rampac Grande, en el que se identificará áreas críticas y áreas seguras, a través de señalización de advertencia y rutas de evacuación. Esta actividad se llevará a cabo en coordinación con especialistas de la República Checa, el equipo técnico de INAIGEM y la oficina de Defensa Civil del Gobierno Provincial de Carhuaz.
5. Construir una red de puntos de control geodésico para monitorear las áreas más peligrosas en la zona de Hornuyoc recientemente mapeada. Se implementará un nuevo perfil de monitoreo extensométrico para lo cual se seleccionará el área apropiada durante el trabajo de campo. Esto se realizará en colaboración con especialistas checos, investigadores del INAIGEM y autoridades locales de Rampac Grande.
6. Una serie de reuniones con residentes de la comunidad de Rampac Grande (Hornuyoc) y funcionarios de la provincia de Carhuaz, se enfocará en informarles sobre las obras del proyecto recientemente planeadas, avances del proyecto y resultados obtenidos (por ejemplo, mapa histórico de deslizamientos basado en entrevistas con los residentes locales, resultados del monitoreo extensométrico y geodésico del lugar). Se realizarán visitas de campo para mostrar los resultados del proyecto y métodos de monitoreo en campo. Otra serie de talleres y charlas se realizarán para informar a los especialistas peruanos en Huaraz respecto a los avances del proyecto y recolección de información. Se planea una charla en el INAIGEM y otra en la UNASAM. Las filmaciones de las charlas dictadas en INAIGEM estarán de forma permanente y podrán verse de manera gratuita en la página web de INAIGEM (www.inaigem.gob.pe).
7. Resumen de hitos del proyecto verificables:
 - i) Elaboración del mapa de peligro de deslizamiento y evacuación para la zona de Hornuyoc;
 - ii) colocación de señales de alerta que muestran las zonas de peligro, zonas seguras y rutas de escape en el área de Hornuyoc;
 - iii) taller para funcionarios de la administración provincial de Carhuaz, especialistas de INAIGEM y otros profesionales peruanos (los videos de las charlas y debates serán subidos a la página web de INAIGEM);
 - iv) instalación de nuevos puntos de monitoreo geodésico en el área de Hornuyoc, monitoreo y medición de movimientos de deslizamiento utilizando perfiles extensométricos en el deslizamiento de Rampac Grande.



República Checa

Convenio específico para trabajo en parcelas con la Comunidad Campesina de Cátac

Mediante Convenio Marco de fecha 10 de agosto de 2016, se establecieron los compromisos del INAIGEM y la Comunidad Campesina de Cátac, para implementar mecanismos de coordinación, interacción, y reciprocidad, con el propósito de generar investigación científica y tecnológica aplicada en cabeceras de cuenca en zonas de alta montaña.

En este sentido, el convenio específico firmado el 9 de marzo de 2017, establece los compromisos de las partes para la ejecución de las actividades dentro de los estudios e investigaciones, siendo los siguientes:

1. La COMUNIDAD aportará con la mano de obra para las actividades que desarrolla el Centro de Investigación Científica y Tecnológica.
2. La COMUNIDAD aportará con los postes de madera y maquinaria seca para la instalación de las diferentes acciones de investigación en el Centro.
3. La COMUNIDAD asignará 60 hectáreas nuevas de pajonal, para la instalación de nuevas parcelas de investigación.
4. El INAIGEM realizará la instalación de cercos eléctricos en todo el perímetro y obras de drenaje en las áreas de investigación.
5. Realizarán el estudio hidrogeológico, en lugares que de común acuerdo lo determinen las partes.
6. El INAIGEM aportará con alimentación para el personal obrero; así como, combustible para la maquinaria, materiales e insumos.
7. Contar con un convenio específico tripartito entre la COMUNIDAD, el WINDAID Institute y el INAIGEM, sobre energía renovable y amigable de origen eólico.
8. La COMUNIDAD y el INAIGEM, investigarán el efecto del sobrepastoreo de ganado ovino y bovino en el ecosistema pajonal.
9. La COMUNIDAD y el INAIGEM realizarán el levantamiento de información de la línea base sobre áreas degradadas para generar y gestionar propuestas de investigación para la recuperación de las áreas degradadas.
10. El INAIGEM y la COMUNIDAD investigarán el efecto referido a los riesgos climáticos, mediante el uso de coberturas (invernaderos), para la producción de hierbas aromáticas, medicinales y cultivos nativos.
11. El INAIGEM y la COMUNIDAD evaluarán la recuperación del núcleo genético de élite a partir de embriones, para una mejora genética de ovinos y bovinos.

12. El INAIGEM y la COMUNIDAD realizarán estudios de siembra y cosecha de agua, que permitirá la recuperación del conocimiento ancestral.
13. El INAIGEM y la COMUNIDAD generarán propuestas y gestión de proyectos para revalorar el corredor ecosistémico Wariraca.
14. La COMUNIDAD asignará al INAIGEM áreas de plantaciones forestales donde realizará estudios de investigación.
15. El INAIGEM realizará el estudio e inventario de Recursos Hídricos de la zona de estudio y subcuencas de la Comunidad Campesina de Cátac.



Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez (UANCV)

El Instituto Nacional de Investigación de Glaciares y Ecosistemas de Montañas (INAIGEM) y la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez (UANCV) de Puno, acordaron la firma del convenio marco y convenios específicos, con el fin de promover la investigación y la innovación orientada a reducir los riesgos sociales, ambientales y económicos causados por la pérdida de glaciares peruanos.

En este marco, el rector de la UANCV, puso a disposición para la realización de las investigaciones, los modernos laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria Ambiental y la imprenta de origen alemán para la publicación de trabajos de investigación.



Gobierno Regional de Apurímac

El 4 de agosto de 2017, en la ciudad de Abancay, el INAIGEM y el Gobierno Regional de Apurímac suscribieron un Convenio Marco que tiene por objeto establecer las bases de la colaboración técnica, científica y de fortalecimiento, que permitan la implementación de acciones conjuntas relativas a mejorar la gestión de los glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de la población. Los compromisos y acciones conjuntas más significativas son los siguientes:

1. Promover el fortalecimiento de las capacidades de los docentes y alumnos de la Región para la investigación científica en ecosistemas de montañas y glaciares.
2. Promover nuevas capacidades en los funcionarios y técnicos de la Región referidos a la investigación y monitoreo de variables para la gestión de los ecosistemas de montaña y glaciares en la Región.
3. Promover el fortalecimiento de las capacidades de los pobladores productores en nuevas tecnologías que dialoguen con aquellas tradicionales.
4. Promover mecanismos de articulación con sectores productivos para la conservación de la agrobiodiversidad de los ecosistemas de montaña de la región, a partir de un acceso justo a retribuciones y compensaciones por el conocimiento tradicional de los pueblos de Apurímac.
5. Generar mecanismos de intercambio de información entre las partes, para mejorar la capacidad de decisión sobre los recursos naturales de la Región.
6. Generar espacios de interaprendizaje para elaborar y formular programas y proyectos de inversión pública conjunta.



Gobierno Regional
de Apurímac

Universidad Nacional del Centro del Perú

El Convenio Marco de cooperación interinstitucional, entre el INAIGEM y la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), fue suscrito a los diez días del mes de julio de 2017. Tiene por objeto establecer las bases de la colaboración técnica y científica que permita la gestión e implementación de acciones conjuntas en la región Junín. Para este efecto se han establecido compromisos como:

LA UNCP

1. Investigación conjunta con los docentes y/o miembros del personal académico y profesional enmarcados en las agendas nacional y regional de investigación científica.
2. Realización de investigaciones sobre los efectos del cambio climático en coordinación con los docentes investigadores y estudiantes de la UNCP en glaciares y ecosistemas de montaña, en el marco de la estrategia nacional y regional de cambio climático.
3. Intercambio de publicaciones académicas, investigación y otros tipos de sistemas de información.
4. Facilitar un ambiente físico para el establecimiento de la sede macro regional del INAIGEM.
5. Apoyo en la difusión de los resultados de investigación obtenidos con los docentes investigadores, entre otros.

EL INAIGEM:

6. Propiciar el fortalecimiento de capacidades de la UNCP, en materia de investigación científica, facilitando el acceso a la información relacionados con los glaciares, ecosistemas de montaña y cambio climático.
7. Proporcionar los recursos humanos y logísticos para el funcionamiento de la sede macro regional del INAIGEM.
8. Brindar asistencia técnica a la UNCP en la formulación de políticas de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña, en el marco de la Agenda Científica en Glaciares y Montañas del INAIGEM, la Agenda de Investigación Ambiental Regional y las Agendas de Investigación Ambiental Local.
9. Fomentar la difusión de los resultados de la investigación científica en las redes de investigación e información del INAIGEM y el Sistema Regional de

Información Ambiental de Junín.

10. Contribuir en la formación de los estudiantes de áreas afines, en temas relacionados con los glaciares, ecosistemas de montaña y cambio climático.
11. Fomentar de acuerdo a la disponibilidad de fondos, la asistencia de profesionales y científicos del INAIGEM y de la UNCP a eventos internacionales, para presentar sus resultados de investigación.
12. Realizar procesos de capacitación en el ámbito de su competencia, conforme a las necesidades que se presenten en el marco de lo establecido en el presente Convenio Marco.
13. Proponer programas de investigación que consideren el uso de los recursos del canon y las regalías que recibe la UNCP, para el desarrollo de investigaciones en glaciares y ecosistemas de montaña.
14. Fomentar la participación de las comunidades campesinas y nativas en la investigación para la recuperación y protección de los conocimientos de las culturas andinas.
15. Compartir con la UNCP información, base de datos meteorológicos, geodésicos, documentales, gestión e implementación de acciones de fortalecimiento de capacidades de ambas instituciones.
16. Capacitar a los docentes investigadores, integrantes del Consejo Regional de Cambio Climático de Junín, estudiantes de la UNCP en temas de meteorología y cambio climático, entre otros.



Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

El 3 de agosto del año 2017 se suscribió el Convenio Marco entre el INAIGEM y la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), con el objeto de establecer las bases de la colaboración técnica y científica que permitan la gestión e implementación de acciones conjuntas relativas a la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de la población en general.

Las acciones conjuntas están explicitadas en los siguientes puntos:

El INAIGEM

1. Propiciar el fortalecimiento de capacidades de la UNSAAC, en materia de investigación científica, facilitando el acceso a la información que se genere en aspectos relacionados con los glaciares y ecosistemas de montaña en el marco del cambio climático.
2. Brindar asistencia técnica a la UNSAAC en la formulación de políticas de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña, en el marco de la Agenda Científica en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, la Agenda de Investigación Regional y las Agendas de Investigación Ambiental Local.
3. Fomentar la difusión de los resultados de la investigación científica en las redes de investigación e información del INAIGEM y la UNSAAC.
4. Contribuir en la formación de los estudiantes mediante prácticas, pasantías, tesis de grado y post grado; en temas de relacionados con los glaciares, ecosistemas de montaña y cambio climático.
5. Fomentar, de acuerdo a la disponibilidad de fondos, la asistencia de profesionales y científicos del INAIGEM y de la UNSAAC a eventos internacionales, relacionados a los términos de este Convenio Marco, en los que tengan oportunidad de presentar sus resultados de investigación.
6. Realizar procesos de capacitación en el ámbito de su competencia, conforme a las necesidades que se presenten en el marco de lo establecido en el presente Convenio Marco.
7. Proponer programas de investigación sobre el estudio de glaciares y ecosistemas de montaña.

8. Fomentar la participación de las comunidades campesinas y nativas en la investigación para la recuperación y protección de los conocimientos de las culturas andinas sobre la gestión sostenible de los glaciares y ecosistemas de montaña.
9. Suministrar colaboración y asistencia técnica a los programas conjuntos y actividades que surjan como convenios específicos a partir del presente Convenio Marco.
10. Promover y apoyar la búsqueda de financiamiento para desarrollar acciones conjuntas.
12. Promover actividades de investigación, educación y extensión interdisciplinaria de colaboración diseñadas para la comprensión científica, donde los datos están limitados, proporcionando una importante contribución a largo plazo a la comunidad científica.
13. Proporcionar un espacio seguro dentro del observatorio meteorológico de la UNSAAC para la instalación de equipos o estaciones meteorológicas.
14. Colaborar en el análisis de los datos y la preparación de los manuscritos científicos.

La UNSAAC:

11. Propiciar programas de entrenamiento técnico de interés científico, incluyendo la participación en proyectos nacionales e internacionales conjuntos, actividades de apoyo y colaboración científica y tecnológica en áreas específicas.



Especialistas del INAIGEM en la cumbre del nevado Huascarán en plena medición de altitud.

ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA EN LA COMUNIDAD CAMPESINA LIBERACIÓN DE COLTUS EN LA SUBCUENCA HUANCHAY, CUENCA DEL RÍO CULEBRAS, ANCASH, PERÚ

David Ocaña Vidal

RESUMEN

*Es política del INAGEM desarrollar investigación científica y tecnológica aplicada respecto a la conservación, recuperación y desarrollo de los ecosistemas de montaña, para formular e implementar medidas de prevención frente al cambio climático. En este marco, el INAGEM ha instalado una parcela de investigación en la cabecera de la subcuenca Huanchay, cuenca del río Culebras en Ancash – Perú. La parcela tiene una extensión de 60 has donde se han instalado sub parcelas de reforestación con 10 mil plantas de *Polylepis* sp y *Buddleja* sp., 1.3 km de zanjas de infiltración y 10 has clausuradas con cerco eléctrico utilizando energía solar. Además, se han dispuesto equipos de última generación para medir la precipitación, temperatura ambiental, humedad relativa; humedad del suelo a diferentes profundidades y nivel de aguas subterráneas. Estos equipos darán el sustento y contundencia a la generación de conocimientos científicos.*

La intervención tiene un proceso que se ejecuta en tres momentos: antes, durante y después de la investigación (con un horizonte mayor a los 10 años), desarrollando y aplicando en todo momento estrategias y metodologías que los especialistas viene construyendo de la mano con las familias campesinas y sus organizaciones (sectores, asociaciones, comunidades). Es de resaltar que esta experiencia está articulado a los procesos de desarrollo local, regional y nacional.

La comunidad Liberación de Coltus es un espacio geográfico y humano de cabecera de cuenca, entre los 4460 – 4567 msnm, en situación de pobreza extrema pero con muchas ganas, expectativa y esperanza. Con ellos se dialoga, negocia, aprende. En cada una de las 15 parcelas de investigación que el INAGEM a instalado en el 2016 y parte del 2017, se viene promoviendo la investigación aplicada, como es el caso de la investigación: “Siembra y Cosecha de Agua en la Comunidad Campesina Liberación de Coltus en la Subcuenca Huanchay, Cuenca del Río Culebras Ancash – Perú”.

PALABRAS CLAVES

Siembra y cosecha de agua / Comunidades campesinas / Coltus, Huaraz, Ancash

INTRODUCCIÓN

Los efectos e impactos del cambio climático son cada vez más evidentes, principalmente sobre el recurso hídrico que viene siendo afectado, alterando su disponibilidad oportuna, volumen y calidad. Se requiere hacer estudios orientados a evaluar estos cambios, cuantificar y contar con data histórica que permitan una mejor comprensión y mayor conocimiento a nivel local, regional, nacional y global. Esto permitirá construir, difundir e implementar medidas de adaptación. Para que estos conocimientos sean aplicables, es importante tener en cuenta que el agua, como lo indica la Ley de Recursos Hídricos n° 29338–Perú, en su primer principio, “*el agua tiene valor sociocultural, valor económico y valor ambiental, por lo que su uso debe basarse en la gestión*

integrada y en el equilibrio entre estos”. El agua es parte integrante de los ecosistemas y renovable a través del ciclo hidrológico.

El agua es el recurso más importante para el hombre. Agua es alegría, sanación y poder (Ramón, 2008). En la actualidad, la población mundial ya supera los 7200 millones de personas; de ellas, más de 2 mil millones habitan en 50 países que ya sufren del fenómeno del “estrés hídrico” (disponibilidad de 1700 m³/persona/año). Además, alrededor de 1200 millones de esa población adolecen de serias restricciones de agua para su supervivencia diaria (Vásquez, 2014).

En la zona andina del Perú, el periodo de precipitación se concentra en pocos meses del año -cuatro a cinco meses-, la mayor parte del agua que cae en forma de lluvia, escurre sobre el terreno hasta alcanzar una quebrada, río o laguna, llegando al mar. Estos grandes volúmenes de agua no sólo se pierden, sino que producen erosión del suelo, huaycos, inundaciones, llegando a generar daños cuantiosos como aconteció en este año 2017. El niño costero ha ocasionado 100,069 damnificados, 22,763 viviendas colapsadas y 134,290 afectadas; 87 puentes destruidos, 150 afectados; 1723 km de carreteras destruidas y 2644 afectadas (GSAGUA, 21 de marzo de 2017). El Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) reporta 40,261 has de cultivos y 4500 km de canales destruidos.

Ambas situaciones, de sequía y exceso de lluvias, es posible manejarlos con la siembra y cosecha de agua. La siembra de agua consiste en aprovechar las lluvias que, mediante tecnologías, busca retener el agua, infiltrarla a través del suelo y sub suelo y así alimentar los acuíferos; estos, originan los manantes “ojos de Agua o puquios”. En las partes altas se cuenta con los bofedales que cumplen la función de retención y mejora de la calidad de agua. La cobertura vegetal juega un rol importante y si está conformada por los tres estratos: bajo (piso forrajero), medio (arbustos) y alto (árboles), la eficiencia en la infiltración mejora en comparación a una conformación sólo de uno de ellos. El agua, luego de la infiltración producto de la saturación del suelo, es posible aprovecharla mediante la canalización y represamiento (construcción de reservorios o lagunas), aprovechando la topografía natural de los Andes. Es una oportunidad, que comparativamente a las represas de la costa, requiere de menor inversión, con la ventaja

adicional de la regulación hídrica, que permite prevenir los desastres que se han mencionado, así como contar con el recurso hídrico en época de estiaje.

El trabajo que se ha iniciado en la Comunidad Campesina de Liberación de Coltus, en la cabecera de la subcuenca Huanchay, del distrito de Huanchay, provincia de Huaraz, en el departamento de Ancash, perteneciente a la cuenca del río Culebras, busca desarrollar este manejo descrito.

El Instituto Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) ha instalado una parcela de investigación de siembra y cosecha de agua. El área de estudio es de 60 has donde se ha intervenido con reforestación de *Polylepis* sp “Quenual” y *Buddleja coriácea* “Colle”; y además, se han elaborado zanjas de infiltración y se ha clausurado el ecosistema pajonal. Esta superficie tiene influencia sobre bofedales, cochas y un reservorio. Lo significativo de este trabajo es la instalación de equipos de última generación, que miden en tiempo real la precipitación, temperatura ambiente, humedad del suelo y nivel de agua subterránea. Esto permite generar data científica como base para futuras investigaciones de diferente índole, como: comportamiento del régimen hídrico, mejora del suelo y evolución de la cobertura vegetal. La instalación de la parcela de investigación se dio inicio con la **selección del área**, realizado con conocimiento, autorización y participación de los socios integrantes de la Comunidad. Esto es muy importante, pues garantiza el uso del terreno a largo plazo y la aplicación del conocimiento en otras áreas; por ello, el objetivo de la investigación en la recuperación y conservación de los ecosistemas, es mejorar los servicios ecosistémicos en la subcuenca.

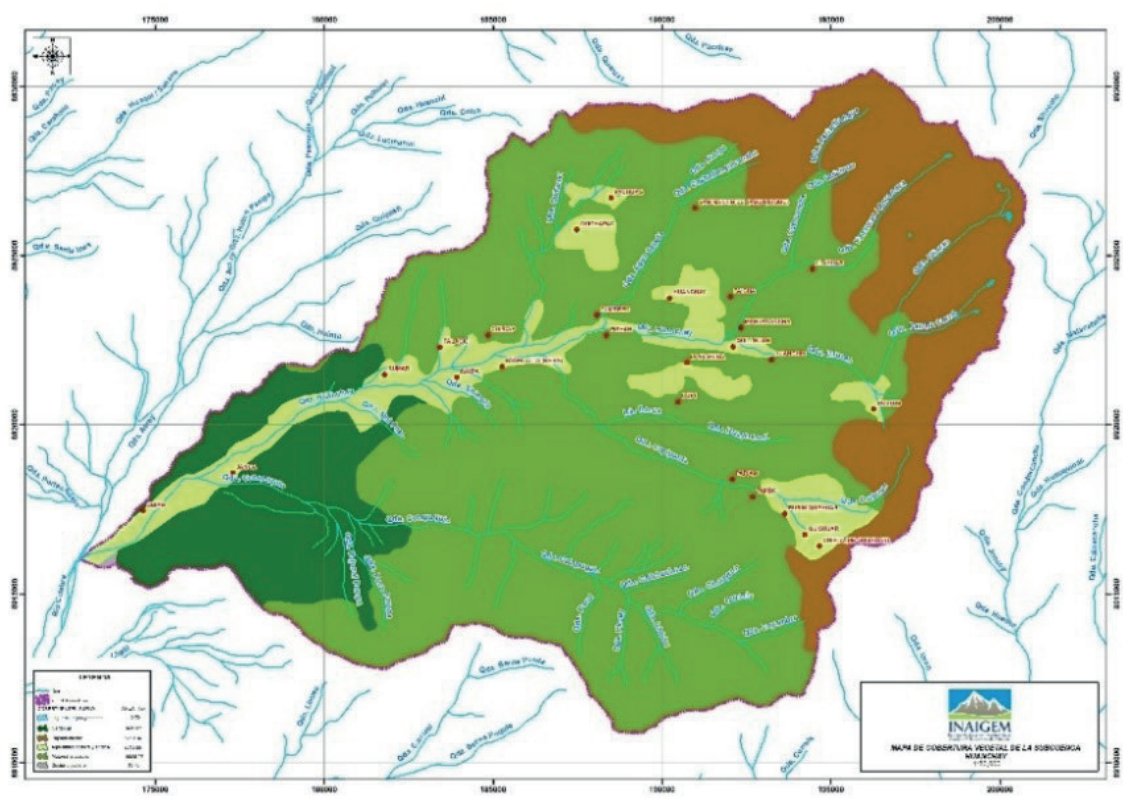
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El INAIGEM tiene como estrategia de trabajo en términos de intervención, el enfoque de gestión de cuencas. El área de estudio se encuentra en la subcuenca Huanchay, afluente de la cuenca del río Culebras, con un orden de cuenca 39. Según el ANA, tiene un área de 670,90 km², en cuya área se encuentran 202 centros poblados. La cuenca del río Culebras está ubicada en la zona norte de la vertiente del Pacífico, en dirección noreste a suroeste, geográficamente entre los meridianos 78°13'26" y 77°43'34" de longitud oeste y los paralelos 9°38'8" y 9°57'6" de latitud sur, del total de superficie (670,90 km²); 601,2 km² corresponde a la zona seca y representa al 89,61% del total de la cuenca y sólo 69,70 km² o sea el 10,39% del total de la cuenca es húmeda y corresponde a las zonas altas de la cuenca.

El río Culebras es un río de la vertiente del Pacífico, localizado en la costa norte del Perú, en la región Ancash. Nace en las alturas de Huanchay. En su amplio

recorrido riega el valle de Culebras. Se origina por las precipitaciones que caen en el flanco occidental de la Cordillera Negra, de las cuales nacen las quebradas Huanchay y Cotapuquio que, al unirse a la altura del poblado de Quian, forman el río Culebras. En época de estiaje, su caudal disminuye considerablemente, ya que en su cuenca no se levantan nevados que originen deshielos. El curso principal tiene una pendiente promedio de 6,8% y una longitud aproximada de 68,8 km.

A lo largo del río Culebras se ubican los poblados de Quita Sombrero, Ampanú, laguna Quian, Huayash, Cuzmo, Raypa y Colcap; todos ellos productores de frijol, maíz y yuca, que abastecen a la ciudad de Huarney. El régimen de descargas del río Culebras es irregular, haciéndose temporalmente deficitarios para el desarrollo de la agricultura, y por lo tanto, creando serios problemas a los agricultores del valle que utilizan sus aguas.



Mapa 1. Subcuenca Huanchay

La subcuenca Huanchay tiene una superficie de 31,128 has. El tipo de cobertura que predomina es el matorral arbustivo con 60.5%, seguido de pajonal andino 18.5% (ver cuadro 1).

Cuadro 1:

TIPO DE COBERTURA SUBCUENCA HUANCHAY

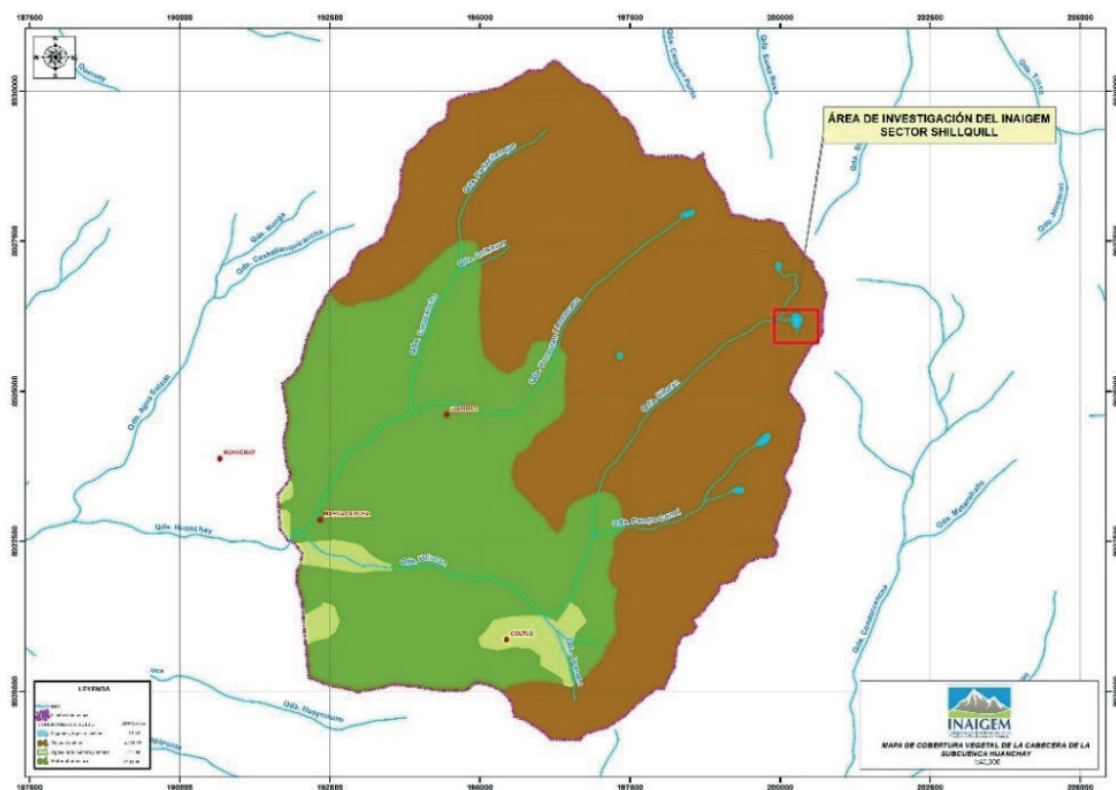
Tipo de cobertura	Símbolo	Área (ha)	(%)
Agricultura costera y andina	Agri	3,015.55	9.69
Cardonal	Car	3,491.85	11,22
Desierto costero	Dc	13.73	0.04
Lagunas, lagos y cochas	L/Co	12.72	0.04
Matorral arbustivo	Ma	18,834.27	60.5
Pajonal andino	Pj	5,760.34	18.51
Total		31,128.46	100

INSTALACIÓN DE LAS PARCELAS DE INVESTIGACIÓN

Como parte de la metodología que maneja el INAIGEM en las áreas de intervención, se han desarrollado las siguientes acciones:

a. Selección de las cuencas y subcuencas para priorizar investigaciones

El INAIGEM ha priorizado cuencas y subcuencas que tienen ecosistemas de montaña representativos, como los humedales (bofedales, cochas), bosques relictos andinos, pajonales, matorrales arbustivos, praderas nativas, Puya raimondii, plantaciones forestales (como producto del cambio de uso del suelo que generalmente es de pajonal o pradera), que pueden ser especies exóticas / nativas que forman nuevos ecosistemas.



Mapa 2. Ubicación del área de investigación

b. Dentro de las subcuencas seleccionadas se prioriza el accionar en cabeceras de cuenca

En este caso, la parcela de investigación seleccionada se encuentra en un lugar denominado Shillquill, que es la cabecera de la subcuenca Huanchay, de la cuenca del río Culebras (mapa 2).

En esta área priorizada, el tipo de cobertura según el Mapa de Cobertura Vegetal del MINAM, es pajonal andino 58%, lagos, lagunas y cochas 0,2% (ver mapa 2 y cuadro 2).

Cuadro 2:

TIPO DE COBERTURA CABECERA DE SUBCUENCA HUANCHAY

<i>Tipo de cobertura</i>	Símbolo	Área (ha)	(%)
<i>Agricultura</i>	Agri	211.04	3
<i>Lagunas, lagos y cochas</i>	L/Co	12.72	0.2
<i>Matorral arbustivo</i>	Ma	2,761.98	38.8
<i>Pajonal andino</i>	Pj	4,136.15	58.1
Total		7,121.89	100

c. Negociación con la comunidad

Una vez elegido el lugar, el siguiente paso es ponerse en contacto con los propietarios del área, en este caso, es la Comunidad Campesina Liberación de Coltus. Se inicia el contacto con los dirigentes y líderes comunales y se realiza una reunión de información e intercambio de ideas, donde lo fundamental es explicar los objetivos de la investigación y el periodo de duración del programa que debe ser de 5 a 10 años como mínimo, esto es

muy importante, debido a que una investigación en recuperación y conservación de ecosistemas toma tiempo y serán áreas que requieran su clausura. Es la parte de mayor dificultad, debido a que los agricultores no tienen muchas extensiones de terreno y su práctica tradicional es la actividad ganadera extensiva y las clausuras limitan el pastoreo.



Foto 1. Negociación con la comunidad

Los dirigentes y líderes campesinos informados convocan a una asamblea general donde los especialistas del INAIGEM, en un taller, realizan una presentación sobre lo que se piensa hacer. En esta reunión, se busca que la asamblea decida iniciar una relación a largo plazo entre la Comunidad y el INAIGEM, y se tengan las reglas claras. Ellos buscan con claridad los compromisos que en adelante cada organización ha de asumir. Si la decisión es afirmativa, se acuerda una visita de campo para verificar *in situ* el área de estudio y los trabajos siguientes.

Esta negociación puede tardar uno a dos meses como mínimo, si en el camino no hay oposición. Es importante saber que por más que las áreas sean comunales, generalmente el usufructo es familiar. Esto conlleva a una negociación interna de la comunidad y su posterior aceptación o negación con las familias. Existen ejemplos donde han negado la intervención del Estado o de instituciones privadas, ya sea en la comunidad o en el área identificada; en este último caso, se negocia el cambio de área siempre y cuando se cuente con los ecosistemas priorizados por el INAIGEM.



Foto 2. Visita a potenciales áreas de investigación

d. Caracterización del área de intervención

Una vez que se ha negociado y decidido el inicio de la relación entre la Comunidad - INAIGEM y contando con el acuerdo -según acta de aprobación- de trabajar en el área seleccionada, se da inicio a la caracterización del área de investigación, para lo cual se usan imágenes satelitales,

vuelo con dron y visita de verificación en campo.

Resultante de este proceso, el área seleccionada en la Comunidad Liberación de Coltus, cuenta con las siguientes características:

Altitud	4460 - 4567 msnm
Pendiente	41%
Área de estudios	60 has
Ecosistemas	Pajonal andino, pradera nativa, bofedal, cochas
Reservorio	92, 000 m³
Cochas	3, 500 m³
Uso actual	Pastoreo extensivo de ovinos



Foto 3. Características del área de investigación

Prevía a la instalación, se realizan talleres de capacitación sobre información relacionado a las características del área, clausura, actividades para la siembra y cosecha de agua, instalación de equipos y recolección de la data de uso y manejo de la información, como se describe a continuación:

Características del área: Con imágenes satelitales, mapas previamente preparados con ubicación de las parcelas de investigación dentro del área, equipos y su ubicación.

Clausura: El material a utilizar es el cerco eléctrico con energía solar, esta tecnología es nueva para ellos y requiere explicación sobre sus bondades, cuidados,

eficiencia y que no acarrea peligro alguno.

Actividades a realizar sobre la siembra y cosecha de agua: reforestación con especies nativas, en este caso con *Polylepis* sp “Quenual” y *Buddleja coriácea* “Colle”. Construcción de zanjaz de infiltración.

Instalación de equipos: En el área se han instalado tres equipos que miden la temperatura ambiental y humedad en el suelo (sensores colocados a 40 cm, 60 cm y 1 m. Ver fotos 4, 5 y 6), un pluviómetro y un piezómetro a 2.50 m de profundidad que mida el nivel de agua superficial.

Es importante explicar y comprometer a la comunidad con el cuidado y seguridad de los equipos.



Foto 4. Instalación de equipos



Foto 5. Medidor de humedad de suelo



Foto 6. Sensores de humedad del suelo a 40cm, 60 cm y 1m



Foto 7. Instalación del piezómetro



Foto 8. Profundidad del piezómetro

Uso y manejo de la información

Compartir con la comunidad la importancia de generar la data histórica que ha de contribuir con las investigaciones, el uso que se le va dar y el retorno de esta a la comunidad.



Foto 9. Descarga de datos del nivel de agua

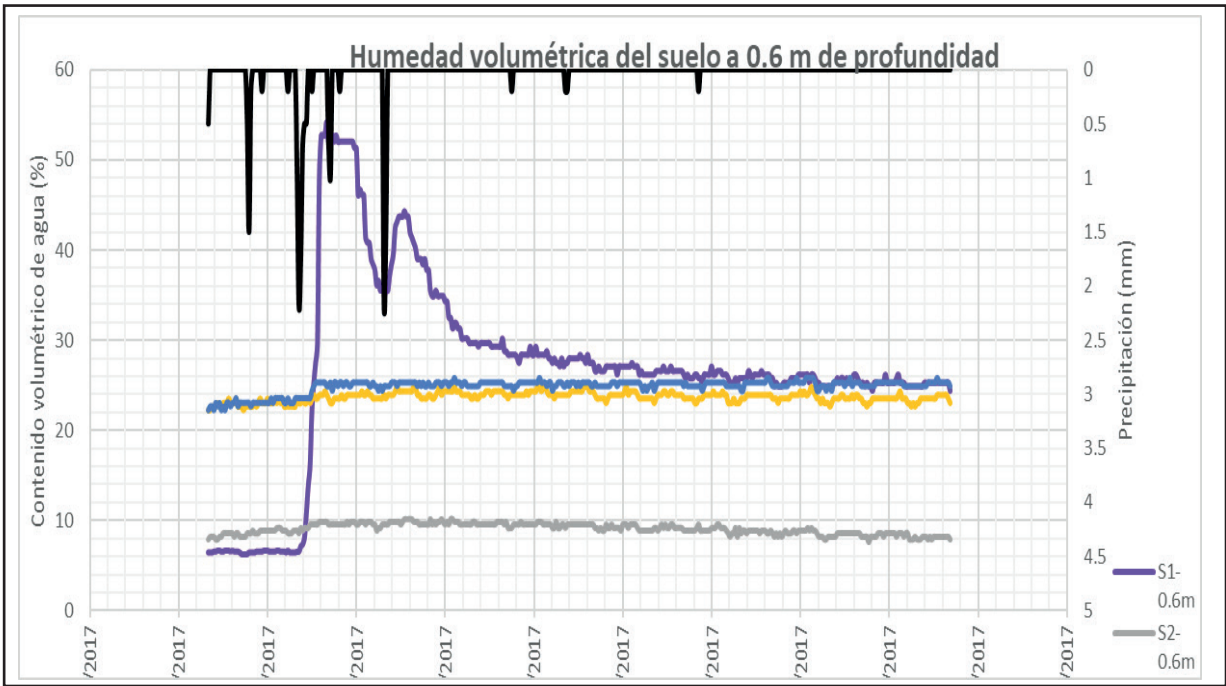


Gráfico 1. Variación de humedad del suelo vs. Precipitación

e. Instalación de parcelas de investigación

Dentro del área de investigación, es posible realizar varios estudios relacionados con la cobertura vegetal, suelo y agua, en el marco de la recuperación y conservación de los ecosistemas para mejorar los servicios que estos brindan. Dentro del área de investigación, se tienen seis parcelas donde se han realizado tratamientos para la siembra de agua, entre ellas: la clausura, reforestación y zanjas de infiltración. La distribución se puede ver en el mapa 3 y la cuantificación por tratamiento, en el cuadro 3.



Mapa 3. Distribución de parcelas de investigación

Cuadro 3. TRATAMIENTO / PRÁCTICAS	N° DE PARCELAS	SUPERFICIE (ha)
Clausura y plantación forestal con <i>Polylepis</i> sp “Quenual” y <i>Buddleja</i> sp “Colle	1	2
Clausura y plantación forestal con <i>Polylepis</i> sp “Quenual”	2	1.7
Clausura de pajonal/pradera nativa	1	2.3
Clausura de pajonal/pradera nativa y zanjás de Infiltración	1	2
Testigo	1	2
TOTAL		10

La distribución de las parcelas de investigación está en función a la pendiente y ubicación para sembrar el agua a través de las actividades de reforestación y clausura; para la recuperación de la cobertura vegetal, zanjás de infiltración con siembra de pasto *Phalaris* sp “Paspal”.

Se han plantado 10 mil plantas de especies forestales, de las cuales 7500 son de *Polylepis* sp y 2500 de *Buddleja* sp. Además, se cuenta con zanjás de infiltración de 1.300 ml. Se tiene 8 has con clausura utilizando cerco eléctrico con energía solar.



Foto 10. Zanjás de infiltración

Estas prácticas, en las 10 has, permitirán la siembra de agua y su cosecha en forma directa, en un área de influencia de 60 has que comprende el reservorio, cochas y bofedales, para su posterior distribución.

En el marco de la cosmovisión local, el agua al igual

que el suelo y otros componentes de la naturaleza, son considerados “personas que tienen vida” (kawsaqmi). Los pobladores mencionan que hay que “llamar”, “almacenar” y “llevar” agua a través de cantos ceremoniales (Romero, 2012).



Foto 11. Clausura con cerco eléctrico



Foto 12. Plantación de Polylepis sp “Quenual”

CONCLUSIONES

- La siembra y cosecha de agua no es nuevo, es una práctica ancestral desde la época pre inca e inca.
- Existen instituciones y organizaciones que vienen promoviendo la siembra y cosecha de agua, y recomiendan hacer investigación aplicada sobre la cuantificación de la eficiencia de las prácticas.
- Las parcelas de investigación permitirán realizar investigaciones y generar conocimientos científicos para la toma de decisiones informadas, los mismos que se difundirán a nivel de agricultores e instancias del Estado.
- Es importante que los acuerdos que se tomen con las comunidades queden plasmados en documentos, principalmente en el libro de actas. Es el caso de la experiencia de la cesión de las 60 has de estudio para fines de investigación aplicada.
- Se viene aplicando metodologías y tecnologías en forma exitosa, desde y con la comunidad, cuya sistematización será un aporte valioso para técnicos de campo, profesionales y tomadores de decisión.

BIBLIOGRAFÍA

- Ancajima, R.** (2013). *Tecnologías Ancestrales: Sistemas Hidráulicos Pre Incas e Incas*. Conferencia Magistral. Lima: MINAM.
- Gestión sostenible del Agua** (GSAGUA 21 marzo 2017). Portal.
- Portocarrero, C., Torres, J. y Gómez, A.** (2018). *Gestión del agua para enfrentar el cambio climático: propuesta de gestión del agua como medida importante de adaptación al cambio climático en Ancash*. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
- Román, G.** (2008). *Formas ancestrales de almacenamiento de agua en los andes de páramo*. Quito: Condesan.
- Romero, D.** (2012). *Siembra y cosecha de agua*. Cusco: Asociación Bartolomé de las Casas.
- Vásquez, A., Vásquez, I. y Vásquez, C.** (2014). *Cosecha del agua de lluvia y su impacto en el proceso de desertificación y cambio climático*. Lima: Universidad Agraria La Molina.

LÍNEA BASE DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA PARA LA INVESTIGACIÓN EN ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN PARCELAS DE INVESTIGACIÓN PRIORIZADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Oscar Santander Azpilcueta

RESUMEN

Los sistemas ecológicos representan grupos recurrentes de comunidades biológicas que son encontrados en ambientes físicos similares y son influidos por procesos dinámicos similares, tales como incendios o inundaciones. Su intención es proveer de unidades de clasificación a escala meso, fáciles de cartografiar a partir de imágenes remotas y fáciles de identificar en campo (Josse et al., 2003). La ventaja sobre sistemas anteriores como el de zonas de vida de Holdridge se debe a que considera al paisaje en términos de sistemas biológicos y no como predicciones a partir de algunos datos climáticos; es decir, es un mapa de vegetación actual existente, no de vegetación potencial. Integra además criterios biogeográficos y de dinámica ecológica.

PALABRAS CLAVES

Diversidad biológica / Sistemas ecológicos / Vegetación / Fauna / Ombroclima / Criorotropical / Endémico / Puya / Bofedal / Polylepis / Bosque.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales más comunes y cuyos indicadores para monitoreo pueden expresar mejor el estado de conservación de los ecosistemas, es la pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas, ya sea por sobre explotación

o alteración de hábitat. En tanto, el presente estudio se centra en la búsqueda de parámetros para caracterizar la biodiversidad como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas.

OBJETIVO

Determinar la composición florística de las áreas de investigación (parcelas), instaladas por el Instituto

Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM en los ecosistemas de montaña.

ÁREA DE ESTUDIO

Ancash se localiza al noreste del departamento de Lima, posee una extensión de 35,039,19 km² y una configuración geográfica fuertemente contrastante que tiene su principal atractivo a la cordillera tropical más alta del mundo: la Cordillera Blanca. Sus límites políticos, en sentido horario, son: el mar de Grau, por el oeste; el departamento de La Libertad, por el norte y por el noreste; el departamento de Huánuco, por el este; y el departamento de Lima, por el sur. El área de influencia del estudio se sitúa dentro del Parque Nacional Huascarán

(PNH). Está localizado en la zona norte-centro del país, ocupando parte de las provincias de Huaylas, Yungay, Carhuaz, Huaraz, Recuay, Bolognesi, Huari, Asunción, Mariscal Luzuriaga y Pomabamba, en el departamento de Ancash; y, tiene una extensión de 340,000 hectáreas. En su interior, protege la ecorregión de la Puna Húmeda de los Andes Centrales. Fue creado en 1975 y en 1977 fue declarado Reserva de Biosfera por la UNESCO; y en 1985, fue incluido en la lista de Patrimonio Natural de la Humanidad de la UNESCO. El territorio del PNH

es accidentado y comprende el flanco oriental de la Cordillera Blanca en la zona de los Conchucos y el flanco occidental del Callejón de Huaylas. Presenta cumbres nevadas con altitudes que oscilan entre los 5000 msnm y 6768 msnm (Huascarán); quebradas profundamente encajonadas como resultado de la erosión fluvio glaciar; y, un gran número de lagunas.

El PNH se encuentra ubicado en una zona eminentemente tropical, albergando los nevados más altos del mundo en esta región geográfica. Dentro de sus límites existe cerca de 660 glaciares y más de 1902 lagunas de origen glaciar (ANA, 2006). Es por eso que la importancia del PNH se refleja en el potencial hidrológico de los ríos Santa, Marañón y Pativilca. El carácter prístino del paisaje es impresionante y es el atractivo central del PNH. Así, el buen estado de conservación de sus ecosistemas es el eje principal de activación de la economía local.

Entre los ecosistemas priorizados para investigar se tiene a los bosques relictos andinos, humedales, pajonales y praderas alto andinas. El INAIGEM, en cada una de las parcelas que viene instalando, como primera actividad, levanta la línea base de la diversidad biológica y suelo. El presente estudio se centra en las parcelas de investigación instaladas en el Parque Nacional Huascarán: dos parcelas de investigación en la quebrada Llaca de la subcuenca Quillcay, perteneciente a la cuenca del Santa, (18L 230333 UTM 8954447); una en el distrito de Independencia, en el límite entre la Comunidad de Tayacoto y el Parque Nacional Huascarán (18L 230429 UTM 8949437); dos en la Quebrada de Pachacoto Carpa (18L 252408 UTM 8906833), Patococha (18 L 246989 8905874); y otras dos, en la Quebrada de Santa cruz: Ichiccocha (18 I 205470 9010937) y Jatuncocha (18 I 209025 9012256).

ECORREGIONES Y PISOS ECOLÓGICOS

Una **ecorregión** es definida por Olson et al. (2001), como un área grande de agua o tierra que contiene un ensamblaje geográficamente diferenciado de comunidades naturales que (a) comparten una gran mayoría de sus especies y su dinámica ecológica, (b) comparten condiciones ambientales similares, y (c) interaccionan ecológicamente en formas que son críticas para su persistencia a largo plazo. Las ecorregiones son la definición actual y más técnica de las regiones naturales, por lo que pueden considerarse equivalentes.

Las ecorregiones a su vez se dividen, según ciertas características ecológicas, en subregiones. Esta división ayuda a poner en mejor perspectiva los ecosistemas andinos, debido a que la mayoría de subregiones consideradas hasta el momento, pueden delimitarse según rangos de altitud; son por ende, equivalentes al concepto de pisos ecológicos. Las ecorregiones son agrupadas por biomas. Los **biomas** son áreas climática y geográficamente definidas con condiciones climáticas ecológicamente similares a tales comunidades vegetales, animales y organismos del suelo. Los biomas se definen por factores como estructura vegetal y clima. El esquema de la World Wildlife Fund for Nature (WWF) reconoce: biomas terrestres, dulceacuícolas y marinos; de éstos, existen catorce biomas terrestres y doce

biomas dulceacuícolas en todo el mundo.

De acuerdo al esquema presentado por la WWF (Olson et al., 2001; Abell et al., 2008), y modificándolo para ciertos aspectos de la realidad andina Peruana, se encuentran presentes en el áreas de investigación, dos biomas terrestres y uno dulceacuícola. Los biomas son: **bioma terrestre de pastizales y matorrales montanos**. Este bioma abarca los pastizales y matorrales de altura (montanos, sub andinos y andinos); incluye los pastos localizados sobre la línea de bosques conocidos como tundra andina y bosques sub andinos de árboles retorcidos con crecimiento lento, como son los del género *Polylepis*.

El bioma de agua dulce, que se ha encontrado hasta ahora, es el **bioma de aguas dulces montanas**, el cual incluye todo tipo de cuerpos de agua lacustres y fluviales, propios de las zonas montañosas. La característica principal es la presencia de corrientes relativamente someras y muy rápidas con altos gradientes, e incluye también humedales y lagos de alta altitud con condiciones climáticas montanas (Abell et al., 2008).

Para cada uno de estos biomas corresponden las siguientes ecorregiones:

Bioma	Ecorregión
Pastizales y Matorrales Montanos	Puna Central Andina Húmeda
Altos Andes - Amazonas	Aguas Dulces Montanas

Puna Central Andina Humeda

Esta ecorregión se define aproximadamente a partir de los 3700 m de altitud. Esta región se compone de comunidades de gramíneas de pajonal, humedales, arbustos, árboles pequeños y plantas herbáceas. El

El área incluye cinco pisos ecológicos:

1. Pajonales húmedos

Comprende a las comunidades de pastos amacollados que se ubican en la vertiente oriental de los Andes, entre 3500-3800 m a 4200 m de altitud. Reciben mucha más precipitación que las punas interandinas, y son comunidades mixtas, dominadas por gramíneas (*Festuca*, *Deyeuxia*, *Poa*, *Cortaderia*) y con presencia variable de

paisaje es característicamente montañoso, con picos nevados, pastos de montañas, lagos, mesetas y valles (Riveros y Locklin, 2001). Corresponde a la ecorregión de Puna de Brack Egg (1986).

especies leñosas arbustivas, sobre todo de familias como asteráceas (*Baccharis*, *Gynoxis*, *Pentacalia*). También son abundante los helechos de porte herbáceo y arbustivo, así como una importante cobertura de musgos terrestres. En ciertas quebradas hay bosques de *Polylepis*, los cuales, antes cubrían todo este piso.

2. Puna húmeda

Se localiza en elevaciones entre 3700 a 4200 m. La precipitación es en promedio de 500 a 700 mm. La temperatura anual es baja, yendo en una gama de 5° a 7 °C. La temperatura diaria varía considerablemente con períodos de heladas nocturnas de marzo a octubre.

Aquí se ha encontrado el límite de la línea arbórea (4200 m) en los valles interandinos. En este piso se presentan junto con los pajonales, los bosques de *Polylepis*, *Escallonia myrtilloides* y los rodales de las plantas arrosetadas gigantes *Puya raimondi*.

3. Puna altoandina

Yace entre los 4200 a 4800 m de altitud e incluye el piso de cordillera que indica Ceballos (1970). La precipitación es menor de 700 mm, y principalmente es como nieve y granizo. Los cambios extremos de la temperatura durante el día han sido una fuerza selectiva

en la adaptación de las plantas a este ambiente, al igual que las heladas nocturnas. Esta área es extremadamente oligotérmica. La vegetación predominante son los pajonales, pues ya no existen árboles en esta altitud.

4. Puna subglacial

Por encima de los 4800 m de altitud. La vegetación de pajonal se hace más escasa, convirtiéndose en manchones debido a que en esta puna hay presencia estacional de nieve. Las condiciones de falta de oxígeno han sido la fuerza selectiva en las adaptaciones de los animales en esta altitud. Un ave propia de estas altitudes es la *Diuca aliblanca* *Diuca speculifera*.

Muchas plantas tienen rosetas de hojas comprimidas en el suelo y raíces muy profundas, otras también tienen hermosas flores (*Gentiana*, *Hypochaeris*, *Werneria*); también están las que forman almohadones extensos (la yareta, *Azorella compacta*). Los fondos de los valles glaciares a menudo tienen bofedales con vegetación densamente enmarañada (*Plantago rigida*, *Distichia muscoides*). Por encima de los 4600 m las pendientes son más rocosas y desnudas, excepto las zonas de bofedales (Fjeldså y Krabbe, 1990).

Esta ecorregión tiene escasa aptitud para la agricultura, debido al clima en extremo rudo. La falta casi total de plantas arborescentes es uno de los caracteres más resaltantes. Sólo los bosques de *Polylepis* y *Buddleia coriacea* constituyen una excepción. También en lugares muy contados se encuentran rodales de *Puya raimondii*. Predominan los pajonales de ichu (*Stipa ichu*) y chiliwa (*Festuca dolicophylla*). Los lugares más abrigados son los fondos de valles, roqueríos. Las laderas expuestas al sol permiten el desarrollo de una vegetación más variada (Brack Egg, 1986). En partes muy altas, la vegetación es corta, densamente enmarañada, adaptada a las condiciones extremas.

La fauna ha experimentado gran cantidad de adaptaciones a estas condiciones, tanto morfológicas como fisiológicas y de comportamiento. Aunque parece pobre, en realidad es bastante diversa en fauna: animales típicos incluyen los camélidos sudamericanos llama y vicuña, la vizcacha (*Lagidium peruanum*), los llutus o perdices del género *Nothoprocta*, el ganso andino (*Chloephaga melanoptera*), el carpintero andino (*Colaptes rupicola*) y el cóndor (*Vultur gryphus*), además de lagartijas del género *Liolaemus* (Ceballos, 1970).

5. Aguas Dulces Montanas

Esta ecorregión dulceacuícola comprende ríos y arroyos de alto gradiente, relativamente someros y de flujo rápido, con cascadas y complejos de humedales

y lagos de altura, y condiciones climáticas montanas. Abarca los ríos y riachuelos de la puna y la selva alta.

El esquema de ecorregiones constituye un enfoque a nivel macro para el desarrollo de mapas ecológicos que permiten evaluar la biodiversidad en un primer nivel; pero, para avanzar hacia el siguiente nivel, el de especies, se requiere un enfoque a nivel meso, el cual hasta ahora está faltando y tratando de ser suplido con mapas de cobertura vegetal. A fin de subsanar este vacío de información, NatureServe desarrolló el 2003 los lineamientos de una clasificación de sistemas ecológicos terrestres para Latinoamérica (Josse et al., 2003). Integrándose con el esquema eco regional, los sistemas ecológicos son definidos como ecosistemas desde la perspectiva funcional, aunque con utilidad para definir paisajes ecológicos.

Los sistemas ecológicos representan grupos recurrentes de comunidades biológicas que son encontrados en ambientes físicos similares y son influidos por procesos dinámicos similares, tales como incendios o inundaciones. Su intención es proveer de

unidades de clasificación a escala meso, fáciles de cartografiar a partir de imágenes remotas y fáciles de identificar en campo (Josse et al., 2003). La ventaja sobre sistemas anteriores como el de zonas de vida de Holdridge, se debe a que considera al paisaje en términos de sistemas biológicos, y no como predicciones a partir de algunos datos climáticos; es decir, es un mapa de vegetación actual existente, no de vegetación potencial. Integra además criterios biogeográficos y de dinámica ecológica.

En el presente trabajo se evaluó la clasificación jerárquica elaborada por NatureServe para los sistemas ecológicos, aplicándolo para realizar una adecuada caracterización de las parcelas de investigación. Esta jerarquía fue utilizada de insumo para corresponder cada sistema ecológico con el esquema de ecorregiones. En base a sus características abióticas y bióticas comunes, los sistemas ecológicos fueron jerarquizados según se muestra en la siguiente tabla:

Código Ecorregión: piso ecológico y sistema ecológico puna altoandina y subglacial

- CES409.084 Pajonales altoandinos de la puna húmeda
- CES409.090 Vegetación geliturbada subnival de la puna húmeda
- CES409.093 Vegetación saxícola altoandina de la puna húmeda
- CES409.082 Matorrales edafoxerófilos en cojín altoandinos de la Puna Húmeda
Puna húmeda
- CES409.N1 Pajonales y rodales de Puya de la puna húmeda
- CES409.068 Bosques bajos altoandinos de la puna húmeda
Pajonales húmedos
Humedales
- CES409.072 Bofedales altoandinos de la puna húmeda
- CES409.086 Pajonales higrofiticos altoandinos de la puna húmeda
- CES409.089 Vegetación acuática y palustre altoandina de la puna húmeda

b.1 CES409.084 Pajonales altoandinos de la puna húmeda

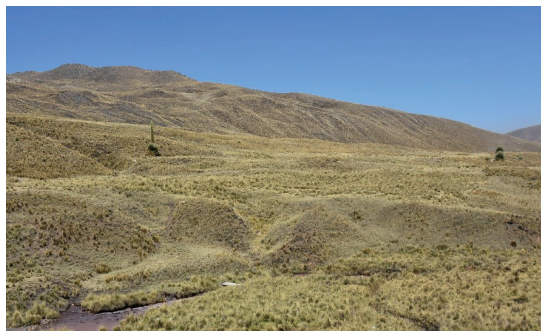
Resumen conceptual:	
Sistema que incluye varias asociaciones de herbazales gramínoides (pajonales), en general dominados por especies robustas de gramíneas de crecimiento amacollado y a menudo hojas duras o punzantes, con un estrato herbáceo inferior notablemente diverso en el que son comunes biotipos de gramíneas bajas cespitosas y amacolladas así como diversas forbias, principalmente hemicriptofitos rosulados y rizomatosos, caméfitos sub-fruticosos y algunos geófitos. Estos pajonales son propios de los pisos bioclimáticos orotropical y criorotropical con bioclima pluviestacional húmedo, representando dinámicamente tanto la vegetación serial o sustituyente de los bosques climácicos del Bosques Bajos Altoandinos de la Puna Húmeda (CES409.068), como la vegetación climácica potencial del piso bioclimático criorotropical o sobre los suelos poco desarrollados del piso bioclimático orotropical. Estas comunidades vegetales se pueden observar en las parcelas de investigación de Independencia (18L 230712 UTM 8949873, 3850m), Pachacoto (18 L 252408 UTM 8906833 4130m), en los sectores de Jatuncocha (18 L 211163 9015199), Quishuarcancha (18 L 215156 9014623), Vaqueira (18 L 210526 9012223) y Patococha (18 L 246989 8905874), en esta última se registró <i>Festuca dolichophylla</i> (especie amenazada DS N° 043-2006-AG) La fauna asociada a este tipo de vegetación corresponde a <i>Lluttu Nothoprocta</i> sp. El orden Tinaniformes. Y dentro de los reptiles, a las Lagartijas <i>Liolaemus</i> sp.z. Especies características de este ecosistema: <i>Stipa ichu</i> "ichu", <i>Deyeuxia ovata</i> "sora", <i>Agrostis</i> sp. L. "quecha cachu", <i>Festuca</i> "rupu rupu", <i>Aristida adscensionis</i>, <i>Eragrostis nigricans</i>, <i>Anthochloa lepidula</i>, <i>Agrostis gélida</i>, <i>Calamagrostis vivunarum</i>, <i>Lolium</i> y <i>Opuntia floccosa</i>. Asociadas a otras especies de plantas como <i>Hypochaeris taraxacoides</i>, <i>Solanum</i> sp., <i>Azorella biloba</i>, <i>Ephedra rupestris</i>, <i>Baccharis caespitosa</i> var. alpina.	
Ambiente	: Laderas montañosas con suelos bien drenados. Ombroclima oro tropical y criorotropical húmedo y subhúmedo. (> 3900-4100 m).
Vegetación	: Pajonales amacollados y cespitosos, densos a semiabiertos.
Dinámica	: Vegetación zonal clímax ganado, fuego, cultivos, erosión.



Vista panorámica de pajonal de Puna con evidencia de plantaciones forestales.
A la izquierda: Sector de Pachacoto pajonal de puna junto a “Puya Raimondii”



Vista panorámica de Pajonal de puna Santa Cruz

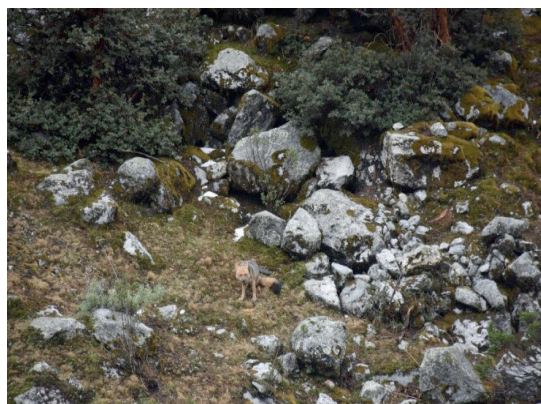


Vista panorámica de los pajonales alto andinos de la puna húmeda: parcela de investigación Patococha

b.2 CES409.090 Vegetación geliturbada subnival de la puna húmeda

Resumen conceptual:

Sistema ecológico del desierto frío andino de la Puna húmeda (frigorideserta), cuya vegetación es de cobertura dispersa y discontinua, condicionada y adaptada a la alternancia diaria de hielo-deshielo típica de las altas montañas tropicales, lo que ocasiona importantes fenómenos de geliturbación edáfica que son especialmente patentes en situaciones topográficas de escasa o media pendiente. La vegetación está dominada y caracterizada por biotipos de hemicriptófitos rosulados de profunda raíz pivotante con ramificación distal, así como por diversos caméfitos subfruticosos y hemicriptófitos, densamente cespitosos o rizomatosos reptantes. Este tipo de vegetación se observó en el sector de Llaca (18L 230765 UTM 8955047). Especies características de este ecosistema: *Xenophyllum digitatum*, *Senecio canescens*, *Calceolaria scapiflora*, *Myniodes andina*, *Caliophora horrida*, *Echinopsis maximiliana*, *Salpichroa gayi*, *Chuquiraga spinosa*, *Senecio*.



*Vista panorámica de flora de los roquedales en el sector Llaca, con presencia de *Lycalopex culpaeus*. Llaca (18L 231329 UTM 8955531).*



Vista panorámica de flora de los roquedales en el sector Arhucocha (Santa Cruz)



Fauna característica: a la izquierda *Colaptes rupicola*, a la derecha *Lagidium peruanum*

b.3 CES409.093 Vegetación saxícola altoandina de la puna húmeda

Resumen conceptual:

Sistema ecológico de los afloramientos rocosos y de los suelos muy pedregosos o acumulaciones gravitatorias de clastos del piso altoandino. Presenta una vegetación de cobertura discontinua donde son dominantes biotipos de helechos xeromórficos, algunas cactáceas pulvinulares orófilas y diversos caméfitos subfruticosos de morfologías pulvinular, rosulada y postrada.

La presencia de Quebradas Rocosas son un hábitat favorable para muchas especies de fauna en PNH albergan especies de importancia nacional e internacional, las especies que habitan son Puma concolor, Lycalopex culpaeus y el búho común, *Bubo virginianus*.

Especies características de este ecosistema: *Senecio rufescens*, *Saxífraga magellanica*, *Lobivia cespitosa*, *Woodsia montevidensis*.

Ambiente: Afloramientos rocosos, depósitos pedregosos de ladera. Ombroclima orotropical y criorotropical húmedo. (> 3900- 4100 m)

Vegetación: Vegetación saxícola abierta o agregada.

Dinámica: Vegetación edáficamente condicionada.



Flora característica: derecha "*Senecio canescens*", izquierda "*Myniodes andina*"



Fauna característica: huellas de *Puma concolor* *Lycalopex culpaeus*

b.4 CES409.068 Bosques bajos altoandinos de la puna húmeda

Resumen conceptual: Bosques bajos siempreverdes a siempreverde estacionales del piso altoandino, propios de zonas del piso orotropical con bioclima pluviestacional húmedo, hasta pluvial en el norte de la región. Se distribuyen desde Perú hasta el norte de Bolivia, estando representados en cada zona geográfica por diferentes especies geovicarias de *Polylepis* y *Buddleja* que son las dominantes en el bosque. El sistema ecológico se desarrolla sobre suelos húmicos más o menos profundos, bien drenados a excesivamente bien drenados, habiendo sido reducido por acción humana en muchas zonas a manchas residuales de bosques que muestran tendencia a permanecer en zonas de acceso difícil como quebradas abruptas, laderas escarpadas y depósitos pedregosos de grandes bloques.

El género *Polylepis* es endémico en los Andes y tiene una amplia distribución independiente a través de la Cadena de los Andes hacia el norte y hacia el sur. El rango de distribución de las especies es desde el norte de Venezuela hasta el norte Chileno y adyacente hacia Bolivia y Argentina. Existen 15 especies del género de los cuales la mayor cantidad de especies han sido encontradas en los Andes peruanos (10 especies) y el mayor centro de diversidad genética, se observó en la parcela de investigación de Independencia (18L 230711 UTM 8950098, 3910m), sector de Llaca (18L 229462 UTM 8953084, 4455m), sectores de Arhucocha (18 L 210932 9015423) y Quishuarcancha – paso Vaquería (18 L 211495 9013521) - (18 L 212472 9013682).

Especies características de este ecosistema: *Polylepis* spp.

Ambiente: Laderas montañosas abruptas, a menudo sobre bloques pedregosos. Ombroclima orotropical ¿húmedo-híperhúmedo? (>3900-4100 m).

Vegetación: Bosques bajos y arbustales siempreverdes y sub-escleromorfos.

Dinámica: Vegetación clímax reducida a remanentes mayormente por acción antrópica.



Vista panorámica de los relictos de Polylepis, Independencia: a la derecha relictos de Polylepis, sector Llaca



Vista panorámica de los relictos de Polylepis en el sector de Arhucocha



Vista panorámica de los relictos de Buddlejia incana en el sector Quishuarcancha



Fauna característica: a la izquierda Aglaeactis cupripennis, a la derecha Atlapetes rufigenis (Especie casi amenazada DS N° 043-2006-AG)

b.5 .CES409.N1 Pajonales y rodales de puya de la puna húmeda

Resumen conceptual: Este sistema ecológico constituye una nueva categoría, compuesta por plantas arrosetadas gigantes del género *Puya* que se desarrollan localizándose sobre suelos rocosos en crestas de colinas en el piso oro tropical con bioclima pluviestacional, o en pajonales condicionados edáficamente, el grado de humedad es determinante en la selección de hábitat por diferentes especies geovicarias del género. Especies características de este ecosistema: *Puya raimondii*. se observó en la Parcela de Investigación de Pachacoto (18 L 252408 8906833 4130m).

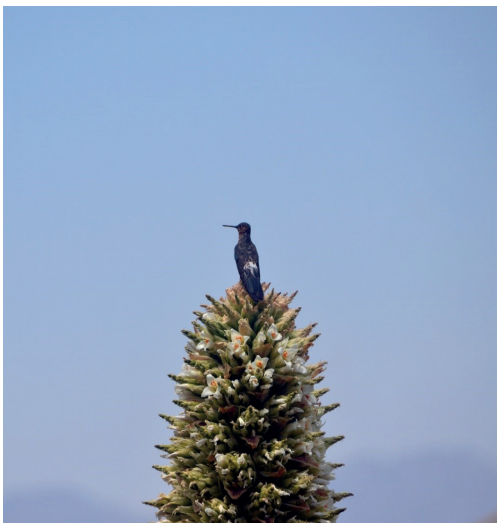
Ambiente: Crestas montañosas o pajonales de ladera.

Vegetación: Bromeliáceas arrosetadas gigantes en parches bien definidos sobre una matriz de vegetación de pajonales o terrenos pedregosos en crestas.

Dinámica: Plantas con largos períodos entre floración. Este sistema es impactado por quemas y sobrepastoreo.



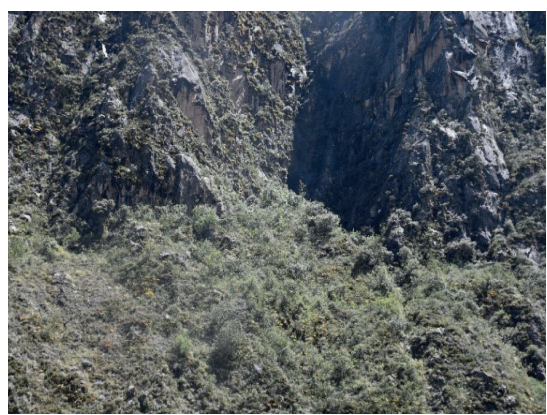
Vista Panorámica del rodal de Puya en la quebrada de Pachacoto



Fauna característica Patagona gigas

b.6..CES409.082 Matorrales edafoixerófilos en cojín altoandinos de puna húmeda

Resumen conceptual: Vegetación discontinua semiabierta, desarrollada en situaciones erosionadas por acción del hielo o derrumbes de ladera en los pisos bioclimáticos oro tropical y criorotropical inferior; está dominada por caméfitos leñosos y sub-fruticosos de morfología pulvinular o almohadillada con potente enraizamiento, así como por algunas gramíneas perennes de similar fisonomía. Se observó en la Quebrada de Santa Cruz en las coordenadas (18 L 202918 UTM9011633) y (18 L 206741 UTM9012979).
Especies características de este ecosistema: <i>Pycnophyllum molle</i> , <i>Aciachne pulvinata</i> , <i>Plántago rígida</i> , <i>Myniodes andina</i> , <i>Azorella biloba</i> , <i>Plántago tubulosa</i> , <i>Werneria pectinata</i> .
Ambiente: Laderas montañosas erosionadas con suelos minerales. Ombroclima oro tropical húmedo. (> 3900-4100 m).
Vegetación: Vegetación de caméfitos leñosos postrados con algunas gramíneas pulvinulares.
Dinámica: Vegetación edáficamente condicionada.



Vista panorámica de los matorrales edafoixerófilos en la quebrada de Santa Cruz

b.7 CES409.086 Pajonales higrofiticos altoandinos de la puna húmeda

Resumen conceptual: Herbazales gramínoides dominados por gramíneas y ciperáceas amacolladas, cespitosas y rizomatosas, acompañadas de hierbas hemicriptofíticas rosuladas y postradas. Se desarrollan sobre suelos hidromorfos siempre húmedos, que estacionalmente pueden anegarse de forma somera, ocupando depresiones topográficas mal drenadas y márgenes de cuerpos de agua del piso altoandino puneño. Es un sistema sometido a intensa presión de uso por parte del ganado. Este tipo de formación vegetal se observó en el sector de Arhucocha (18 L 210598 9015281) y las parcelas de Investigación de Ichiccocha (18L 205470 9010937).
Las especies más representativas son: <i>Myriophyllum aquaticum</i> , <i>Elodea potamogeton</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> ssp. <i>Tatora</i> , <i>Roripa nasturtium acuaticum</i> , <i>Potamogeton</i> , <i>Alchemilla diplophylla</i> .
Ambiente: Vegas altoandinas, márgenes de arroyos y lagunas con suelos hidromorfos. Ombroclima orotropical húmedo. (> 3900- 4100 m).
Vegetación: Pajonal denso, cespitoso, rizomatoso y amacollado.
Dinámica: Vegetación clímax edafohigrófila ganado.



Vista panorámica pajonales higrofiticos: a la derecha parcela de investigación Ichiccocha (evidencia de recuperación de vegetación luego del cercado), a la izquierda sector Arhuaycocha



b.8 CES409.072 Bofedales altoandinos de la puna húmeda

Resumen conceptual: Sistema ecológico de las turberas altoandinas puneñas, muy características al estar dominadas por biotipos de hemicriptófitos y caméfitos subfruticulosos con denso crecimiento tipo césped, que originan morfologías muy compactas de aspecto plano o almohadillado, constituidas por una o dos especies a las que acompañan pequeñas hierbas rosuladas o reptantes. Estas formaciones se desarrollan en suelos fríos permanentemente saturados de agua, dando lugar a depósitos de turba que pueden alcanzar notables espesores. El agua es generalmente no mineralizada a sub- mineralizada, estando vinculada directa o indirectamente a manantiales (turberas minerotróficas). Estas comunidades vegetales se pueden observar en los sectores de Llaca (18L 230792 UTM 8954976) y Pachacoto (18L 249410 UTM 8907374), entre los 4100 – 4500m); además, en Ichiccocha (18L 205470 9010937), Jatuncocha (18L 209025 90122556) y Patococha (18 L 246989 8905874).

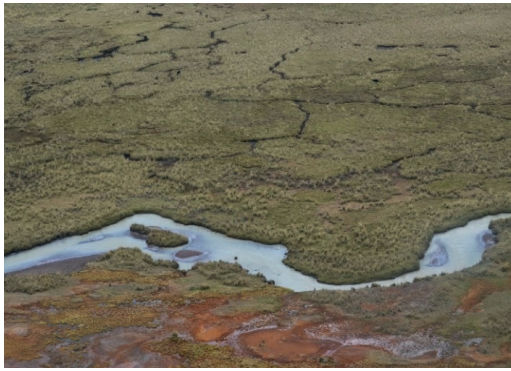
Este tipo de formación vegetal es conocida también como bofedales u oconales muy característica de la región ecológica altoandina y presenta gran cantidad de flora endémica. Son sistemas hidromórficos que se caracterizan por la presencia constante de agua, que sirven como forraje principalmente para los camélidos, mayormente están constituidos por Especies características de este ecosistema: *Distichia muscoides*, *Oxychloe andina*, *Plántago rígida*, *Plántago tubulosa*, *Myosmodes palusdum*, *Gentianella sp*, *Astragalus sp.*, *Alchemilla bipinnatifida*, *Lucioclina*.

Ambiente: Vegas altoandinas, márgenes de arroyos y lagunas con suelos hidromorfos. Ombroclima orotropical y criorotropical húmedo. (> 3900-4700 m).

Vegetación: Herbazal bajo, denso y muy compacto con morfología almohadillado-convexa o Herbazal muy bajo, denso y compacto formando carpetas de morfología plana.

Dinámica: Vegetación clímax edafohigrófila.

La fauna de estos humedales está caracterizada mayormente por la presencia de anfibios como el sapo andino *Rhinella spinulosa*, y muchas especies de aves como el pato de la puna *Anas puna*. Cerceta común manchada *Anas flavirrostris*, pato de pico amarillo *Anas geórgica*, Ganso andino *Chloephaga melanoptera*, Fúlica gigante *Fúlica gigantea*, zambullidor plateado *Podiceps occipitalis*, cf. *Phegornis mitchellii*, de las cuales las últimas tres especies se encuentran amenazadas acorde al D.S 034-2004-AG.



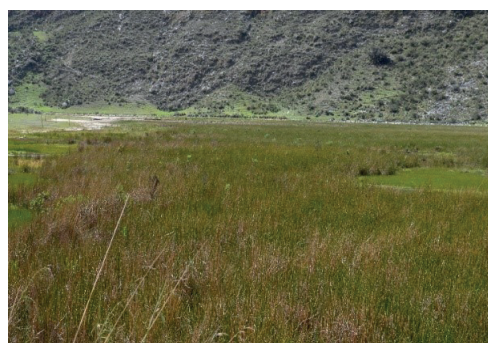
Vista panorámica del humedal de la quebrada de Pachacoto: a la derecha vista panorámica del humedal de la quebrada de Liaca



Vista panorámica de humedales alto andinos, parcela de investigación de Patococha



Fauna característica a la izquierda Ibis Puna, a la derecha Fulica gigantea



Vista panorámica de humedales alto andinos, parcela de investigación de Ichiccocha



Vista panorámica de humedales alto andinos, parcela de investigación Jatuncocha



Fauna característica: a la izquierda Anas Flavirostris, a la derecha Chloephaga melanoptera

b.9CES409,089 Vegetación acuática y palustre altoandina de la puna húmeda

Resumen: Este ecosistema se define como un conjunto de tipos de vegetación que ocupan los cuerpos de agua permanentes o semi-permanentes del piso altoandino; se estructuran espacialmente dando lugar a zonaciones características ordenadas en función del gradiente de inundación, pudiendo distinguirse en cada una de estas zonas diferentes comunidades dominadas cada una de ellas por determinados biotipos morfo-ecofisiológicos, desde las comunidades de helófitos peri-litorales emergentes a las comunidades flotantes (pleustófitos) y enraizantes sumergidas (hidrófitos). La vegetación típicamente es de pajonal o totoral inundado y emergente (helófitico); y, de vegetación acuática enraizada sumergida a parcialmente flotante o emergente. En la zona de Acopia se presentan algunos bofedales altoandinos de la puna húmeda, cuya vegetación de humedal es de tamaño corto. Especies características de este ecosistema: *Distichia muscoides*, *Schoenoplectus californicus*. Se observó en la parcela de investigación de Patococha (18 L 246989 8905874)

Ambiente: Vegas altoandinas, lagunas rodeadas de suelos hidromorfos. Ombroclima orotropical y criorotropical húmedo. (> 3900-4100 m).

Vegetación: vegetación acuática enraizada sumergida a parcialmente flotante o emergente.

Dinámica: Vegetación clímax, acuática sumergida o parcialmente sumergida.



Vista panorámica de vegetación acuática y palustre alto andina de la puna húmeda, parcela de investigación de Patocochoa



Flora característica: izquierda Distichia muscoides, derecha Schoenoplectus californicus



Fauna Característica: izquierda Rollandia rolland, derecha Podiceps occipitalis



Izquierda Lophonetta specularoides, derecha Fulica gigantea

CONCLUSIONES

La elaboración de estudios de línea base de diversidad biológica son una herramienta para la identificación y utilización de indicadores biológicos, pensados para evaluar modelos temporales en el Estado; así como para determinar las tendencias de ecosistemas, hábitats y especies, además de las presiones y amenazas que pesan sobre ellos y las respuestas que se ofrecen para hacer frente a estas.

El INAIGEM actualmente está utilizando indicadores biológicos para proporcionar una evaluación completa y exhaustiva de todos los aspectos de los ecosistemas y su dinámica, a fin de orientar su gestión, conservación y aprovechamiento racional para ayudar a centrar la adopción de decisiones para hacer frente al cambio climático. Estos indicadores, por regla general, forman parte de programas para el monitoreo de los ecosistemas basado en la caracterización de estos (sistemas ecológicos diferentes necesitan indicadores diferentes).

En base a la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 (MINAM–2014), se tienen indicadores concebidos para evaluar el progreso hacia el logro de la meta 2010, de reducir significativamente la tasa de pérdida de biodiversidad.

En general, para este rodal de Puya, se registra un total de 32 especies incluídas dentro de 15 familias. Las familias con mayor número de especies son las POACEAE con 9 especies, seguida en importancia por las ASTERACEAE con 5 especies, las CARYOPHYLLACEAE con 4 especies, las ROSACEAE y SOLANACEAE con 2 especies cada una. Las 10 familias restantes presentan una especie cada familia. La especie predominante es *Puya raymondii*, la cual se encuentra asociada a especies arbustivas como *Solanum nitidum*, *Calceolaria incarum*, *Ribes cuneifolium*, *Baccharis genistelloides*.

En el rodal de Puya raimondii, se observaron cuatro especies de aves que se alimentan de tépalos y estambres: *Zonotrichia capensis*, *Phrygilus plebejus*, *Phrygilus punensis* y *Phrygilus unicolor*. Estas observaciones muestran que estas aves afectan la reproducción de la *Puya raimondii*, pues no permiten la maduración de los estambres. Las flores de la enorme inflorescencia se convierten así en un recurso aprovechado de manera oportunista por estas especies.

El encontrar que las flores de las especies de Puya son importantes para la comunidad de picaflores altoandinos como fuente de alimento, cada planta en promedio tiene 10,000 flores.

La flora registrada tiene una gran importancia para su conservación, por encontrarse en estas 14 especies en 4 categorías diferentes de acuerdo a su situación de

conservación actual. Las especies más importantes a conservar por su *situación Crítica* (CR) son: *Polylepis incana*, *Ranunculus macropetalus*, *Valeriana longifolia*, a las que se considera como especies que están enfrentando un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre. Otra especie importante a conservar es la *Puya raymondii*, especie *En peligro* (EN), a la que se considera como una especie que está enfrentando un riesgo muy alto de extinguirse en estado silvestre. Igual riesgo presentan las especies en *situación Vulnerable* (VU) como: *Azorella compacta*, *Gentianella thyrsoides*, *Perezia coerulescens*, *Polylepis pepeii*, *Polylepis sericea*, *Polylepis weberbaueri*. Para que en un futuro próximo las especies *Casi amenazadas* (NT) como: *Baccharis genistelloides*, *Solanum aff acaule* y *Chuquiraga spinosa*, nos sean consideradas como especies En peligro o Vulnerables, así como para las especies antes mencionadas, se deben realizar proyectos sobre la capacidad de propagación, potencial evolutivo y la amplitud ecología de cada una de estas especies. Paralelamente a la ejecución de estos proyectos se deben elaborar, promover e implementar programas y proyectos para su protección y conservación.

Los bosques de *Polylepis* (Quenual), por sus características ecológicas presentan condiciones favorables para albergar comunidades de artrópodos hidrófilos, muchos de ellos considerados como bioindicadores para determinar los grados de toxicidad por su sensibilidad a bajas concentraciones de sedimentos, contaminación por metales pesados y acumulación de biocontaminantes asociados a cuerpos de agua y suelos hidrófilos.

Los parches cercados (cercos eléctricos – a base de energía solar) muestran una mayor regeneración en comparación a los parches que no están cercados.

Existe evidencia de la presencia de mamíferos grandes y medianos que pudieran estar limitados en su área de caza debido a la presencia de cercos eléctricos en la zona de estudio.

Los datos analizados no dan evidencia concluyente entre la relación de áreas cercadas y no cercadas; acerca de la abundancia relativa de las especies de flora registrada en la parcela de investigación Independencia, Sector Tayacoto; sin embargo, si existe evidencia de la influencia del cerco en el desarrollo de la especie más abundante registrada *Calamagrostis vicunarum*. Téngase presente que el estudio se realizó cinco meses después de la instalación del cerco.

La presencia del cerco en las parcelas donde se describen bofedales, muestra una recuperación (especies de sucesión primaria). No existe evidencia

de especies de sucesión secundaria (Recuperación de vegetación antes del aluvión del año de 2005, quebrada de Santa Cruz).

Los cuerpos de agua representa una importante zona de transición entre dos sistemas ecológicos: vegetación acuática y palustre alto andina de la puna húmeda y bofedales alto andinos de la puna húmeda, la

única donde se mezclan las faunas acuáticas de ambas ecorregiones, creando el efecto de ecotono. Esto es evidente en las parcelas de Investigación de Patococha, Ichiccocha y Jatuncocha. (Un ecotono es una banda donde se mezclan fauna y flora de dos ecosistemas diferentes, y por ende, la diversidad es mucho mayor que en esos dos ecosistemas. Este efecto es notable en la diversidad de la avifauna presente).

BIBLIOGRAFIA

- Arce y Neder** (1992). *Los artrópodos de la Reserva de Biosfera Laguna de Pozuelos*. Recuperado de <http://www.unesco.org.uy/mab/documentospdf/puna4.pdf>
- Asociación Ecosistemas Andinos** (2005). *El estudio de la biodiversidad de los bosques de Polylepis del Corredor de Conchucos – Huaraz. Conservación Internacional – Perú*. Lima: ECOAN.
- Asociación Ecosistemas Andinos** (2006). *Evaluación ornitológica rápida en los bosques de Polylepis de la Cordillera del Vilcanota. Conservación Internacional – Perú*. Lima: ECOAN.
- Asociación Ecosistemas Andinos** (2007). *Evaluación de la biodiversidad de los bosques de Polylepis en la zona sur oeste del Parque Nacional Otishi. Conservación Internacional – Perú*. Lima: ECOAN.
- Asociación Ecosistemas Andinos** (2007). *Evaluación de la biodiversidad en bosques de Polylepis de la Región Puno. Conservación Internacional – Perú*. Lima: ECOAN.
- Autoridad Nacional del Agua** (2006). *Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas*. Lima: ANA.
- Barrio, J.** (2002). *Reporte Técnico: Evaluación Rápida de la Avifauna, Presencia de Mamíferos, y Prioridades de Conservación en el Parque Nacional Huascarán*. Lima: SERNANP.
- Barrio, J. y Valqui, T.** (2004). *Determinación de índices medioambientales por medio del monitoreo de aves en el área de influencia de la mina Antamina*. Lima: Domus Consultoría Ambiental.
- Birdlife International** (2005). *Status of the World's Birds*. Recuperado de <http://www.birdlife.org>
- Birdlife International** (2007). *BirdLife International Data Zone*. Recuperado de <http://www.birdlife.org/datazone/index.html>.
- Birdlife International** (2010). *Aves amenazadas a nivel global*. Recuperado de <http://www.birdlife.org>
- Brack, A.** (1999). *Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú*. Lima: PNUD.
- Brack, A. y Mendiola, C.** (2000). *Enciclopedia: Ecología del Perú*. Lima: Programa de las Naciones Unidas; Bruño. Recuperado de <http://www.peruecologico.com.pe>
- Brodo, I., Durand, S. y Sharnoff, S.** (2001). *Lichens of North America*. New Haven ; London: Yale University Press.
- Cano, A., La Torre, M., Castillo, S., et al.** (2006). *Las plantas comunes del Callejón de Conchucos (Ancash, Perú)*. Lima: Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 303 p.
- Centro de Desarrollo Huayhuash** (2009). *Plan Maestro área de conservación privada Llámac*. Lima: SERNANP.
- Clements, J. y Shany, N.** (2001). *A field guide to the birds of Peru*. Temecula, CA: Publishing Company.
- Convenio Internacional para el Tráfico de Especies Amenazadas de Flora y Fauna** (2010). *Apéndices*. Washington: CITES. Recuperado de www.cites.org/app/appendices.shtml
- Fernández, H. y Domínguez, E., (Ed.).** (2001). *Guía para la determinación de los artrópodos sudamericanos*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán. 283 p.
- Feuerer, T.** (2006). *Checklist of Peruvian lichens and lichenicolous fungi of Peru*. Versión 1. Recuperado de http://www.biologie.uni-hamburg.de/checklists/peru_1.htm.
- Fjeldså, J. y Kessler, M.** (1996). *Conserving the biological diversity of Polylepis Woodlands of Peru and Bolivia*. Denmark: Nordeco.
- Fjeldså, J. y Krabbe, N.** (1990). *Birds of the High Andes*. Svendborg: Apollo.

- Gentry, A.** (1994). *A field guide to the families and genera woody plants of North West South America (Colombia, Ecuador, Perú)*. Washington: Conservation International.
- Hjarsen, T.** (1997). *The effects of plantations in the Andes*. Tropical Forest Update.
- Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente** (1994). *Diagnóstico regional de la subcuenca del río Huatanay*. Cusco: IMA.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., et al.** (2009a). *Ecosistemas de los andes del norte y centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., et al.** (2009b). *Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina; Programa Regional ECOBONA; CONDESAN-Proyecto Páramo Andino; Programa BioAndes; EcoCiencia, NatureServe; LTA-UNALM; IAvH; ICAE-ULA; CDCUNALM; RUMBOL SRL.
- Josse, C., Navarro, G., Comer, P.** (2003). *Ecological systems of Latin America and the Caribbean: A working classification of terrestrial systems*. Arlington: NatureServe.
- Josse, C., Navarro, G., Encarnacion, F., et al.** (2007). *Sistemas ecológicos de la cuenca amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y mapeo*. Arlington: NatureServe.
- León, B. et al.** (2006). El Libro Rojo de las plantas endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2). Lima: UNMSM. Recuperado de <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/v13n2/contenido.htm>.
- Magurran, A.** (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- Martin-Piera, F.** (2000). *Estimaciones prácticas de biodiversidad utilizando taxones de alto rango en insectos. Exploración de funciones predictivas basadas en la relación de riqueza a diferentes niveles de la jerarquía taxonómica (modelos 'RESTAR')*. Madrid: Pribes. Recuperado de <http://entomologia.rediris.es/pribes>
- Mendoza, M.** (1993). *Conceptos básicos de manejo forestal*. México: UTEHA.
- Missouri Botanical Garden** (2009). *Trópicos*. Recuperado de www.natureserve.org/about/latinamerica/maps/mammals.jsp
- ONERN** (1976). *Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa*. Lima: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.
- Ormazábal, C.** (1991). Silvopastoral systems in arid and semiarid zones of northern Chile. *Agroforestry Systems*. 14(3), 207-217.
- Pearson, O. y Pearson, R.** (1978). The diversity and abundance of vertebrates along an altitudinal gradient in Peru. *En Memorias del Museo de Historia Natural "Javier Prado"*, Lima: Museo de Historia Natural "Javier Prado".
- Pérez-López, F. y Sola-Fernández, F.** (1993). *DIVERS: Programa para el cálculo de los índices de diversidad*. [programa informático en línea]. Recuperado de <http://perso.wanadoo.es/jp-l/descargas.htm>.
- Pryer, K., et al.** (2003). *Phylogeny character evolution and diversification of extant ferns*. Recuperado de <http://www.fmnh.org>
- Reynel, C. y León, G.** (1990). Árboles y arbustos para agroforestería y conservación de suelos. Lima: FAO – Holanda.
- Riveros, J. y Locklin, C.** (2001). *Central Andean wet Puna (NT1003)*. Documento en revisión. WWF. Recuperado de http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt1003_full.html
- Roesh, C. y Hoogte, L., Van der** (1994). *Plantas medicinales en el Sur Andino del Perú*. Cusco: Centro de Medicina andina.
- Romole Raux, K.** (1995). *Rosacea de Ecuador*. Bot. Inst., Univ. Parthus.
- SACC** (2009). *Clasificación de especies de aves de Sudamérica*. Recuperado de www.Museum.Iso.Edu/Remsen/SAACBASELINE.html.
- Sánchez Fernández, D.** (Mayo-Agosto de 2003). Coleopteros acuáticos y áreas prioritarias de conservación en la región de Murcia. *Ecosistemas*, 12(2).

- Shulenberg, T., Douglas, S., Stotz, F., et al.** (2007). *Princeton field guides to the birds of Peru*. New Jersey: Princeton University New Jersey.
- Thomas, S., et al.** (2007). *Birds of Peru*. New Jersey: Ed. Princeton.
- Unión Internacional para la Conservación Mundial** (2010). *Lista roja de especies amenazadas*. Recuperado de www.iucnredlist.org.
- Valdivia, R. y Zamudio, C.** (2013). *Manual de viveros y plantaciones escolares*. Lima: Ministerio de Educación. Proyecto Escuela, Ecología y Comunidad Campesina.
- Walker, B.** (2001). *A field Guide to the Birds of the Machupicchu Historical Sanctuary, Peru*. Lima: Peruvian National Trust Fund for Parks and Protected Areas (Profonampe) and Machu Picchu Program.
- Wilson, D. y Reeder, D.** (1994). *Mammal species of the world. a taxonomic and geographic reference*. 2a. ed. Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Young, B.** (2007). *Distribución de las especies endémicas en la vertiente oriental de los Andes en Perú y Bolivia*. Arlington: NatureServe. 90 p.
- Young, R.** (1991). *Introducción a las Ciencias Forestales*, México: Limusa.

DISEÑO DE LA POLÍTICA NACIONAL DE GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Peter Oesterling*

RESUMEN

El Ande peruano, más que en otros países de la región, viene atravesando problemas ambientales muy graves, como el rápido retroceso de los glaciares andinos, el aumento de los volúmenes de las lagunas y la formación rápida de nuevas lagunas glaciares, como consecuencia del cambio climático, que están complicando la gestión de los recursos hídricos al futuro. De igual manera, los ecosistemas de montaña, están cada vez, en menor capacidad de proporcionar sus servicios ecosistémicos a las poblaciones circundantes debido a la degradación ambiental.

Para dar un paso hacia la solución de estos problemas y favorecer a las poblaciones beneficiarias de los recursos ecosistémicos del Perú, el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, está desarrollando un proyecto para elaborar la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

PALABRAS CLAVE

Política Ambiental / Elaboración de Políticas / Política Nacional / Política Gubernamental / Glaciares / Ecosistemas de Montaña / Cambio Climático



Directivos del INAIGEM: Promotores de las políticas en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

(*) Becario Fulbright-Clinton de Políticas Públicas, Dirección de Información y Gestión del Conocimiento.

INTRODUCCIÓN

Los glaciares peruanos están retrocediendo a un ritmo alarmante debido al cambio climático, lo que representa un desafío complejo para los diversos sectores económicos y poblaciones humanas que dependen de sus cuencas hidrográficas. Los Andes peruanos perdieron más del 40% de su superficie glaciar desde el año 1970, más de 34 veces la cantidad de agua que consume Lima al año^{1,2}. Un enfoque a más detalle de esta situación, demuestra una realidad más grave. Existen cordilleras glaciares en extinción en el Perú, algunas de ellas al sur del país que han perdido más del 90% de su área glaciar en el mismo plazo³. Este retroceso rápido es particularmente preocupante dada la distribución geográfica de la mayoría de la población y la actividad económica del Perú, al oeste de los Andes.

La demanda del agua en las cuencas glaciares de la vertiente occidental de los Andes no se alinea con la realidad de su abastecimiento. Por ejemplo, el río Santa, el segundo río más grande de la costa del Pacífico del Perú, obtiene al menos 1/3 de su flujo anual de la escorrentía glaciar. Siete de las nueve cuencas hidrográficas de la Cordillera Blanca, incluyendo el Santa, ya han pasado el "pico de agua" debido a la rápida recesión glaciar⁴. Esta demanda origina la rivalidad entre actores por los cada vez más escasos recursos hídricos. Esa demanda, junto con las quejas existentes sobre el acceso a los recursos hídricos, así como el incremento de contaminación en los ríos, trae una mayor propensión a conflictos socio-ambientales.

Mientras tanto, los ecosistemas de montaña del Perú, son cada vez más vulnerables a los impactos del

cambio climático debido al aumento de la deforestación, el cambio de uso de la tierra y la contaminación. Esto influye directamente en la capacidad de estas áreas para proporcionar servicios ecosistémicos a las poblaciones circundantes. Estos servicios incluyen mitigar la gravedad de los desastres naturales, que son cada vez más frecuentes y devastadores, como los deslizamientos de tierra y las inundaciones que hemos estado experimentando recientemente, debido en parte, a la falta de suelos retentivos y la cubierta de árboles. Además, las cordilleras glaciares son aún más peligrosas que en el pasado, debido al cambio climático. El colapso de una de las muchas precarias lagunas de montaña podría suceder en cualquier momento.

Estos factores -y muchos más-, juegan un papel preponderante en la disminución de los resultados del desarrollo humano, como la pobreza, la inseguridad alimentaria, la salud, la productividad económica y la resistencia a los riesgos geológicos. Así, el Perú se enfrenta a un obstáculo multidimensional que requiere soluciones adaptativas. La gestión de este desafío exige una comprensión de los riesgos que, combinado con la fragilidad climática, surge cuando el cambio climático interactúa con otras presiones sociales, económicas y ambientales⁵. Para ello, es necesario desarrollar mecanismos de coordinación y comunicación intersectoriales para gestionar los riesgos climáticos y problemas ambientales, para lograr la resiliencia climática y bienestar humano que se beneficia del medio ambiente. Entonces, una política nacional de glaciares y ecosistemas de montaña es un paso vital para alcanzar estos objetivos.

ANTECEDENTES DEL INAIGEM Y LA POLÍTICA NACIONAL DE GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Como país de montaña, la historia del Perú se entrelaza con los Andes y su compleja problemática ambiental. Recientemente, el discurso político ha reflejado esa historia con varias acciones orientadas a lograr una política nacional de glaciares y ecosistemas de montaña, que concluyeron con la creación del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), como máxima autoridad en glaciares. Estas acciones tienen sustento en niveles internacionales y nacionales que sirven como base para las deliberaciones sobre la política del presente.

Algunos antecedentes a nivel nacional incluyen:

La Constitución Política del Perú, artículos 67 y 68: Que establece "que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente y promueve el uso sostenible de sus recursos, además de la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas."

La 19 Política de Estado del Acuerdo Nacional: Que "establece la integración de la política nacional ambiental con las políticas económicas, sociales, culturales, y de ordenamiento territorial, para contribuir a superar la pobreza y lograr el desarrollo sostenible."

El artículo 100 de la Ley General del Ambiente N° 28611: Que "señala que el Estado protege los ecosistemas de montaña y promueve su aprovechamiento sostenible...y facilitar y estimular el acceso a la información y al conocimiento."

La Política Nacional del Ambiente, Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM: "Siendo el Ministerio del Ambiente el encargado de formular, planear, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar la Política Nacional del Ambiente, así como de aprobar los planes, programas y normatividad que se requiera para el cumplimiento de la misma".

La Política Nacional del Ambiente, Eje 1: de la “Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica:

En materia de Diversidad Biológica: impulsar la conservación de la diversidad de ecosistemas.

En materia de Aprovechamiento de los Recursos Naturales: promover la innovación tecnológica, la investigación aplicada, y el uso de tecnologías limpias para el aprovechamiento de los recursos naturales.

En materia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático: incentivar la aplicación de medidas para la mitigación y adaptación al cambio climático con un enfoque preventivo, considerando las particularidades de las diversas regiones del país.”

Los Objetivos Específicos del MINAM, para asegurar el cumplimiento del mandato constitucional sobre:

“La conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, la diversidad biológica, las áreas naturales protegidas, y el desarrollo sostenible de la Amazonia.

La prevención de la degradación del ambiente y de los recursos naturales, y revertir los procesos negativos que los afectan”.

De acuerdo al artículo 33 de la Ley N°. 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, los Organismos Técnicos Especializados se crean cuando existe la necesidad de:

“Planificar y supervisar, o ejecutar y controlar políticas de Estado de largo plazo de carácter multisectorial o intergubernamental que requieren un alto grado de independencia funcional.”⁶

De manera paralela a la formulación de este marco nacional, el Perú refrendaba varios acuerdos y participaba en eventos internacionales y multilaterales enfocados en la temática ambiental y, específicamente, en problemas vinculados con las montañas. Este marco internacional incluye:

La ratificación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), adoptada en 1992 y ratificada por el Perú en 1993.⁷

Que plantea, *“Tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados, por ejemplo evaluaciones del impacto, formulados y determinados a nivel nacional, con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas emprendidos por las Partes para mitigar el cambio climático o adaptarse a él”.*⁸

El establecimiento del Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), con

sus acciones iniciadas en 1992.⁹

Que compromete a *“Superar la pobreza y la exclusión social de la región andina a través de la gestión sostenible de los recursos naturales...[y] profundizar el diálogo de políticas y ampliar la base de información y conocimientos sobre la problemática del desarrollo sostenible y la gestión de los recursos naturales en la ecorregión andina”.*¹⁰

La adhesión a la Alianza para las Montañas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el 2002.

Que tiene el propósito de *“Reunir a países, grupos y organizaciones para trabajar hacia un objetivo común: mejorar la vida de los pueblos de las montañas y proteger los entornos de montaña en todo el mundo.”*¹¹

La realización de la Vigésima Conferencia de Partes (COP 20) en Lima, en diciembre del año 2014 de la CMNUCC: Que intentó establecer la estructura básica del acuerdo de París para enfrentar el cambio climático (COP 21).¹²

La realización del Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña en Huaraz en el año 2016:

Que propuso *“Promover entre la comunidad nacional e internacional un espacio de diálogo e intercambio de conocimientos especializados en glaciares y ecosistemas de montaña, para poner a disposición de las instituciones públicas, privadas y sociedad civil, conocimientos y experiencias que propicien el desarrollo sostenible en beneficio de la población.”*¹³

En mérito a este marco internacional y nacional, se hacía evidente la necesidad de crear un organismo especializado en glaciares y ecosistemas de montaña que incidiera ante la problemática derivada del cambio climático.

Así, en diciembre del año 2014, el Estado peruano creó el INAIGEM como corolario de las conclusiones de la COP 20. Como parte de su primer año en función, desarrolló el Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, en agosto del 2016. El evento, compromete a futuro, el liderazgo del INAIGEM en la generación y promoción del conocimiento en asuntos ambientales en la sierra peruana. A través de su creación, el INAIGEM es, “la máxima autoridad en investigación científica de los glaciares y ecosistemas de montaña... promoviendo su gestión sostenible en beneficio de las poblaciones que viven en o se benefician de dichos ecosistemas.”¹⁴ Con este rol, el INAIGEM se consolida como la entidad de mayor nivel en la generación de conocimiento y recomendaciones para apoyar al pueblo peruano y al Estado ante una realidad que la naturaleza y el hombre han suscitado, tornando vulnerable la supervivencia de sus ciudadanos.

INAIGEM Y EL DISEÑO DE LA POLÍTICA NACIONAL DE GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Como institución que tiene el propósito de promover el manejo sostenible de los recursos naturales en ámbitos de glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de las poblaciones que dependen de ellos, el INAIGEM tiene la responsabilidad de contribuir al desarrollo de políticas ambientales.¹⁵

Con respeto a esta responsabilidad, las principales funciones de INAIGEM incluyen:

a. Formular y proponer la aprobación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, en el marco de la Ley de Recursos Hídricos y en coordinación con la Autoridad Nacional del Agua, así como con los gobiernos regionales y locales, de acuerdo a la normativa vigente.

b. Gestionar la ejecución y monitoreo de la Política Nacional y el Plan Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, según corresponda, en coordinación con

los gobiernos regionales y locales.¹⁶

El objetivo conclusivo de una política sobre este tema, es cubrir las brechas existentes entre el desarrollo humano, el retroceso glaciar, el acceso de recursos hídricos, los conflictos socio-ambientales, la gobernanza ambiental, la adaptación al cambio climático y los ecosistemas de montaña. Queda claro que el INAIGEM no tiene la competencia para implementar soluciones directas a los problemas de desarrollo. Sin embargo, como una institución de investigación aplicada, de máximo nivel en estudios de glaciares y ecosistemas de montaña, el INAIGEM tiene las competencias para informar y recomendar a las autoridades gubernamentales sobre las acciones necesarias para implementar soluciones a problemas de desarrollo ligados a los glaciares y ecosistemas de montaña. Es por esto que el INAIGEM tiene la responsabilidad de desarrollar la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA DISEÑAR LA POLÍTICA NACIONAL DE GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Un aspecto importante en la elaboración de una política nacional de glaciares y ecosistemas de montaña, es que la metodología del trabajo facilite el desarrollo de una política representativa según la diversidad de intereses existentes en relación a los glaciares y ecosistemas de montaña y que tenga una visión prospectiva. Para lograr esto, el INAIGEM ha desarrollado un plan de trabajo que incluye una serie de actividades, tomando en cuenta la necesidad de alinearse con los objetivos de desarrollo y medioambiente del Estado. Entonces, el plan de trabajo, tiene un proceso sustentado en el diseño de políticas públicas que reflejan esos objetivos. El plan de trabajo no ha sido totalmente implementado y puede ser aún perfeccionado.

A continuación, se describen las etapas que se están siguiendo para el logro de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

a. Seguimiento de los lineamientos del Estado Peruano en temas Ambientales

El primer paso es asegurar que el INAIGEM avance con la agenda del Estado e instituciones nacionales de alto nivel. Para lograr los objetivos de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, fue necesario buscar un apoyo interinstitucional con CEPLAN y MINAM. El plan coordinado con CEPLAN significa que la Política se alinearán a las metas de desarrollo del Estado; mientras que el apoyo de MINAM, asegurará el logro de

los objetivos ambientales. El trabajo coordinado con estas entidades ha de garantizar que el INAIGEM siga los pasos necesarios que aseguren que la política tenga una alta probabilidad de ser aprobada.

b. Elaboración del diagnóstico de políticas ambientales y análisis nacional de glaciares y ecosistemas de montaña

El segundo paso es la elaboración de un diagnóstico de políticas ambientales y un análisis nacional de glaciares y ecosistemas de montaña, a ser desarrollado por un grupo de trabajo asignado por inaigem INAIGEM.

El diagnóstico tendría varios aspectos claves que sustentarán el desarrollo de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña: asegurará una política fundada en el conocimiento ambiental nacional de alto nivel y representativa de la gente peruana. Es importante señalar que el diagnóstico pretende identificar los problemas centrales de los glaciares peruanos y ecosistemas de montaña; y, cómo se relacionan con las poblaciones circundantes.

El análisis a nivel nacional, servirá para proveer un sustento de información para el desarrollo de la Política, teniendo en consideración los aportes del INAIGEM para lograr una adecuada selección de lineamientos de política que reflejen las realidades ambientales en la sierra peruana. La identificación de los problemas

ambientales también serviría como antecedentes para el desarrollo de alternativas que contribuyan a su solución.

Siendo un mandato legal para el INAIGEM el desarrollo de una política pública de nivel nacional, es importante tener un alto entendimiento de las políticas, planes, estrategias y acuerdos peruanos existentes a nivel internacional, nacional y regional que tienen que ver con los glaciares, ecosistemas de montaña y asuntos asociados. Por lo tanto, como parte del proceso, se elaborará un análisis de políticas para identificar temas de interés compartidos y asuntos importantes planteados por otras instituciones. Los resultados de esta etapa permitirán asegurar que el INAIGEM elabore una política que sea capaz de catalizarse con otros planes y políticas relacionados, dándole una mayor capacidad de ser implementada mediante acuerdos institucionales y colaboraciones en todo el país orientados al desarrollo sostenible.

Para el desarrollo de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña es necesario que el INAIGEM implemente acciones internamente como etapa inicial del proceso, sin embargo, es fundamental garantizar la participación de varios actores del país. El carácter cualitativo del diagnóstico es para asegurar una política representativa, participativa e inclusiva de la población peruana y los diversos actores con intereses en glaciares y ecosistemas de montaña. Ejemplos de actores claves a ser incluidos son: el Consejo Directivo del INAIGEM, el Grupo Técnico de Montañas, miembros de gobiernos regionales y locales, comunidades campesinas, miembros de diversos sectores económicos asociados, representantes de la comunidad académica, y las ONGs. Esta etapa permitirá la recolección de perspectivas cualitativas sobre temas claves relacionados con los glaciares, ecosistemas de montaña y las intervenciones de política nacional deseadas por parte de los principales interesados en todo el Perú. El método planteado para esta acción es a través de encuestas virtuales y físicas, cuestionarios, entrevistas, grupos focales, y talleres en diversos ámbitos en la sierra peruana y Lima.

Con los resultados de la identificación de problemas en glaciares y ecosistemas de montaña, el análisis de políticas existentes y la recolección de perspectivas cualitativas terminadas, se continuará con la elaboración de una síntesis que servirá de base para

diseñar alternativas de solución para los problemas identificados por este proceso. Las alternativas servirán como una estructura fundamentada en los resultados del diagnóstico para elaborar las recomendaciones de política.

La propuesta de recomendaciones de política ha de reflejar el resultado del diagnóstico de manera exhaustiva, para entender exactamente cuáles son los aspectos más importantes en una Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Con la propuesta de recomendaciones, el INAIGEM contará con la información necesaria para diseñar los lineamientos de política que reflejen las necesidades del desarrollo y medioambiente del Estado para el futuro.

c. Mapeo de actores en temas de glaciares y ecosistemas de montaña

Conjuntamente con el diagnóstico, el tercer paso clave del plan de trabajo, es el mapeo de actores, cuyo objetivo será identificar personas y organizaciones interesadas en la gobernanza ambiental para construir coaliciones y dar cuenta de sus preocupaciones. Este paso también servirá para la recolección de perspectivas cualitativas. La identificación de estas personas y organizaciones será de suma importancia cuando se concluya con la elaboración de la Política, debido a que los lineamientos de esta, deberán ser implementados por diversas instituciones en toda la sierra peruana.

d. Socialización de los resultados del diagnóstico

El cuarto paso del plan de trabajo incluye la socialización de los resultados del diagnóstico con recomendaciones de política. Esta etapa participativa consiste en implementar una estrategia de comunicaciones físicas y virtuales para compartir los resultados, revisiones finales y asegurar que el desarrollo de la Política sea inclusivo. También va a incluir un plazo para recibir comentarios finales de los actores incluidos, antes de diseñar el documento oficial.

e. Diseño de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña

El último paso del plan de trabajo es el diseño del documento oficial de la Política Nacional de Glaciares y

Un representante del Ministerio del Ambiente – MINAM, un representante del Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI, un representante del Ministerio de Cultura – MC, un representante del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET del Ministerio de Energía y Minas – MEM, un representante de la Autoridad Nacional del Agua – ANA, un representante de las universidades designado por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

Un representante del Ministerio del Ambiente, un representante del Ministerio de la Producción, un representante del Ministerio de Agricultura y Riego, un representante de la Autoridad Nacional del Agua, un representante del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas, un representante del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montañas, un representante de Instituto Geofísico del Perú, un representante del SENAMHI, un representante del Ministerio de Energía y Minas, un representante del Ministerio de Relaciones Exteriores, un representante de la Asamblea Nacional de Gobiernos Regionales, un representante del Ministerio de Cultura, un representante del Consorcio para el Desarrollo Sostenible Ecoregión Andina –CONDESAN, un representante de Naturaleza y Cultura Internacional - NCI

Ecosistemas de Montaña. Con las acciones anteriores, el INAIGEM podrá contar con información necesaria para generar la Política formalmente y así poder entregarlo al gobierno nacional, específicamente, al Ministerio del Ambiente y a la Presidencia del Consejo de Ministros.

Para lograr resultados socio-ambientales en beneficio de las poblaciones que dependen de los glaciares y ecosistemas de montaña, en el marco de la ley de la creación del INAIGEM, la Política Nacional necesitará ser implementada mediante acciones e intervenciones de desarrollo.¹⁷ Esta implementación requiere del establecimiento de alianzas y coaliciones con entidades en todos los niveles del gobierno y sociedad civil, y también a través de acuerdos público-privados; así como también, del subsecuente desarrollo del Plan Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, documento que permitirá que los lineamientos de política se conviertan en objetivos medibles mediante intervenciones para el desarrollo. Estas alianzas institucionales serán claves

debido a que el INAIGEM no posee competencias para implementar intervenciones. Su función como la máxima autoridad de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña será informar, recomendar y dar seguimiento de la implementación de estas recomendaciones, a nivel de las autoridades responsables de la ejecución de los planes, programas y proyectos.

Todos los pasos descritos sustentan la formulación de los lineamientos de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Con este esquema propuesto, el INAIGEM pretende desarrollar una estrategia multidimensional para encontrar soluciones a problemas complejos y dinámicos. No será una política que tome en cuenta exclusivamente los glaciares y ecosistemas de montaña, será una política que a la vez toma en cuenta los factores sociales, ambientales y de desarrollo que se relacionan a los glaciares y ecosistemas de montaña, para contribuir al desarrollo sostenible de nuestra población.

AVANCES EN LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

El INAIGEM tiene avances iniciales en la elaboración de la propuesta para la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Hasta la fecha, se han realizado consultas con CEPLAN y la Dirección de Políticas, Normas y Gestión Ambiental del MINAM para informar el desarrollo del plan de trabajo, el marco lógico y la metodología de actividades descrita anteriormente, los que ya fueron validados oficialmente por el CEPLAN a través de una estrecha colaboración institucional.

Con respeto a la fase del diagnóstico, se han recolectado numerosos documentos institucionales necesarios, todos ellos, relativos a los glaciares y ecosistemas de montaña a nivel internacional, nacional y regional, con la finalidad de desarrollar el análisis de las políticas ambientales existentes. Dichos documentos incluyen políticas ambientales, planes de desarrollo concertados, estrategias de cambio climático y acuerdos de instituciones como MINAM, ANA, MINAGRI, MEM, CEPLAN, CONCYTEC, PCM, los gobiernos regionales, la ONU, la OCDE, la FAO y más.

También hay una estructura desarrollada para el

texto del diagnóstico de políticas, análisis nacional de glaciares y ecosistemas de montaña, con avances iniciales en el texto. Adicionalmente, se ha completado un marco inicial para la recolección de información cualitativa.

Actualmente, el INAIGEM está en el proceso de buscar aliados del nivel nacional e internacional para contribuir en la elaboración de la Política Nacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Esta contribución puede manifestarse en diversas formas: financiamiento, capacitación y apoyo logístico. El INAIGEM posee vínculos locales, nacionales e internacionales en materia glaciológica, forestal y ambiental; es fundamental seguir este estándar y que sea considerado en el marco del desarrollo de la Política.

Como una institución nacional dedicada a la investigación de glaciares y ecosistemas de montaña de alto nivel, el INAIGEM aplicará sus competencias y conocimiento en estos temas para ejecutar este encargo mediante una coalición institucional en beneficio de la población peruana.



Rodal de Puya Raimondi en Cajamarquilla, Huaraz, Ancash

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ Autoridad Nacional del Agua (2006). *Inventario de glaciares del Perú*. Recuperado de http://commons.sdsu.edu/INVENTARIO_GLACIARES_ANA.pdf
- ² Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (2015). *Impacto del cambio climático en las cordilleras glaciares del Perú*. Huaraz : INAIGEM.
- ³ Ibid, 3
- ⁴ Bury, J., et al. (march 2013). New Geographies of Water and Climate Change in Peru: Coupled Natural and Social Transformations in the Santa River Watershed, *Annals of the Association of American Geographers*, 103 (.2) (M: 365-372, doi:10.1080/00045608.2013.754665.
- ⁵ Rüttinger, L., et al. (2015). A New Climate for Peace: Taking Action on Climate and Fragility Risks (Commissioned by the G7): viii
- ⁶ Proyecto de Ley de Creación del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña: Proyecto de Ley N° 4015/2014 (2014). Huaraz : INAIGEM. 12-13.
- ⁷ "Status of Ratification". Accessed April 25, 2017, http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631.php.
- ⁸ Naciones Unidas (1992), Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Nueva York : ONU.
- ⁹ CONDESAN (2017). *Historia de CONDESAN*. Accessed May 2, 2017, <http://condesan.org/portal/content/historia-de-condesan>.
- ¹⁰ CONDESAN (2017). *La Organización*. Accessed May 2, 2017, <http://condesan.org/portal/content/que-es-condesan>.
- ¹¹ "Mountain Partnership: Our Work," accessed May 3, 2017, <http://www.fao.org/mountain-partnership/our-work/en/>.
- ¹² unfccc.com, "Lima Call for Climate Action Puts World on Track to Paris 2015," UNFCCC, accessed May 3, 2017, <http://newsroom.unfccc.int/lima/lima-call-for-climate-action-puts-world-on-track-to-paris-2015/>.
- ¹³ Instituto Nacional de Investigaciones en Glaciares y Ecosistemas de Montañas (2016). *Memoria del Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña 2016*. Huaraz : INAIGEM. p. 7
- ¹⁴ Instituto Nacional de Investigaciones en Glaciares y Ecosistemas de Montañas (2016). *Reglamento de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña*. Huaraz: INAIGEM. p. 2.
- ¹⁵ Proyecto de Ley de Creación del INAIGEM 2014:1
- ¹⁶ Instituto Nacional de Investigaciones en Glaciares y Ecosistemas de Montañas (2016). *Reglamento de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña*. Huaraz: INAIGEM. p. 2
- ¹⁷ Proyecto de Ley de Creación del INAIGEM 2014:1

MONITOREO HIDROLÓGICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PARIA, SUBCUENCA QUILLCAY, HUARAZ, ANCASH, PERÚ

Ivonne Sotelo Solórzano, Gabriel Martel Valverde, Ricardo Duran Mamani, David Garay Marzano

RESUMEN

Como parte de las actividades del proyecto “Monitoreo hidrológico de la microcuenca del río Paria”, la Dirección de Información y Gestión del Conocimiento del INAIGEM, ha instalado una estación meteorológica para generar información climática; además, para medir el nivel de espejo de agua de la laguna también ha instalado reglas limnimétricas y un sensor a bajo costo, desarrollado por los especialistas del Equipo de Hidrometeorología.

Asimismo, la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña, ha iniciado el monitoreo de la calidad de agua en puntos estratégicos dentro de la microcuenca; y actualmente, buscan realizar un diagnóstico para evaluar acciones cuya finalidad es minimizar el aporte de sedimentos y mantener un control con respecto a la calidad de las aguas superficiales.

De acuerdo a los resultados y utilidad de la información, esta experiencia podrá ser replicada en las diversas zonas de intervención del INAIGEM a nivel nacional, con el objetivo de generar información hidrológica para ser utilizada en estudios y/o investigaciones aplicadas en zonas de montaña, que finalmente beneficien a la población.

Esta experiencia piloto busca contar con información hidrológica y meteorológica de la microcuenca del río Paria, en el contexto de cambio climático, para contribuir en la gestión del agua y a la gestión de riesgos de origen glaciar, canalizando esta información hacia los entes competentes.

PALABRAS CLAVE

Monitoreo hidrológico / Calidad del agua / Laguna Palcacocha / Microcuenca río Paria

INTRODUCCIÓN

La microcuenca del río Paria constituye una zona de vital importancia para la población huaracina, ya que los diversos ecosistemas presentes, entre ellos, los glaciares, proveen de importantes servicios ecosistémicos como el de provisión y regulación hídrica. Es el río Paria la fuente principal de abastecimiento hídrico, y la laguna Palcacocha representa una importante reserva de agua en este sistema hidrológico que, al mismo tiempo, es un riesgo latente por la posibilidad de desborde.

De acuerdo a la EPS – Chavín, la cantidad de agua proveniente del río Paria no es suficiente para abastecer la demanda poblacional en época seca; asimismo, afirman que la calidad del agua se ha visto alterada por la presencia de sedimentos, que por su concentración son difíciles de

remover, principalmente en temporada de lluvia.

En este marco, el INAIGEM ha iniciado un proyecto piloto denominado “Monitoreo hidrológico de la microcuenca del río Paria”. Para esto, se ha instrumentado la microcuenca con: una estación meteorológica, reglas limnimétricas, un sensor de medición de nivel de agua. Además, se realizan aforos y análisis de la calidad de agua.

Este monitoreo tiene como objetivo generar información en zonas de montaña, como lo es la microcuenca del río Paria, que a su vez sirve de insumo para estudios o investigaciones que orienten las acciones de los tomadores de decisión en la gestión de riesgos de origen glaciar.

ÁREA DE ESTUDIO

Políticamente se encuentra en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, comprendido entre las coordenadas UTM: 8943119 m-N; a 8963578 m-N y 223352m-E a 247460 m-E, a una altitud comprendida entre los 3095 y 6200 msnm.

Hidrográficamente, se localiza en la parte media de la cuenca del río Santa, perteneciente a la vertiente del Pacífico.

La superficie glaciar representa aproximadamente el 14.5% de su área total. El agua producto del deshielo, alimenta directamente a la laguna Palcacocha (ver mapa 1).



Mapa 1. Mapa de ubicación de la microcuenca del río Paria

OBJETIVO

Contar con información hidrológica que sirva de insumo a estudios e investigaciones realizadas en la microcuenca del río Paria, que orienten las acciones de

los tomadores de decisiones y usuarios de los recursos hidrológicos.

METODOLOGÍA

- Instalación de una estación meteorológica en la microcuenca del río Paria.
- Descarga y sistematización de la información meteorológica producida por la estación meteorológica instalada.
- Instalación de un sensor que mide el nivel del espejo de agua de la laguna Palcacocha.
- Descarga y sistematización de la información del nivel del espejo de agua de la laguna Palcacocha.
- Aforo del río Paria en puntos estratégicos.
- Procesamiento y sistematización de datos de caudales del río Paria para conocer su régimen hídrico.
- Análisis y evaluación de la calidad de las aguas del río Paria en puntos estratégicos.
- Implementación de acciones que minimicen el aporte de sedimentos en las aguas superficiales de la microcuenca del río Paria.
- Control de calidad del agua superficial en la microcuenca del río Paria, por efecto del aporte de sedimentos.

- **Monitoreo**

La palabra **monitoreo** se define como:

“La colección sistemática y continua de observaciones, registros, estudios, muestreos, cartografía, entre otros, que provee un punto de referencia para medir y cuantificar distintos procesos y variables relacionados con un problema específico a lo largo del tiempo” (Vallejo, M. et al., 2005).

“Es la colección y análisis de observaciones o medidas repetidas para evaluar cambios en la condición y progreso hacia el cumplimiento de un objetivo de manejo”. (Elzinga, C. et al., 1998)

“Variable, atributo o parte de un fenómeno que cambia su valor en el tiempo o espacio. Una variable es una representación operacional de un atributo (calidad, característica, propiedad) de un sistema. Cada variable se asocia con un valor. La interpretación pragmática de una variable particular como un indicador se hace usualmente sobre la base de que tal variable porta información sobre la condición y/o tendencia de un atributo del sistema considerado. En un sentido general, cualquier variable muestra un atributo que es de interés observar y monitorear, de acuerdo a los propósitos que se planteen los equipos especializados que definan su inclusión dentro de un conjunto de variables centrales a investigar” (CEPAL, 2009).

- **Monitoreo Hidrológico**

El monitoreo hidrológico es el procedimiento de captura sistemática y estandarizada de información del estado de las corrientes, tanto en lo referente a cantidad como a calidad, mediante el cual se puede realizar evaluación y seguimiento de las actividades antrópicas sobre la cuenca, así como medir la evolución de las actividades y acciones de recuperación y protección de las mismas.

El monitoreo hidrológico recolecta y sistematiza datos de variables de interés, enmarcadas en dos aspectos importantes: cantidad de agua y calidad de agua. Incluye un monitoreo adicional, que es el meteorológico, ya que nos va a ayudar a complementar y reforzar la interpretación de la respuesta hidrológica en el tiempo.

- **Monitoreo de la calidad de agua**

La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal.

Se consideran como variables básicas de calidad de agua: la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica

de oxígeno - DBO y la demanda química de oxígeno DQO.

De acuerdo a la ley peruana vigente, el análisis de calidad del agua se realiza de acuerdo a la Ley General de Aguas (D.L. N° 17752 y sus Reglamentos) y al D.S. N° 002 -2008 –MINAM.

La sedimentación se considera dentro de este monitoreo, ya que es una causa por la que el uso del agua se ve restringido.

- **Monitoreo de la cantidad de agua**

El monitoreo de la cantidad de agua reviste importancia, dado que la oferta de este elemento propicia diferentes impactos o efectos en las comunidades demandantes, determinando la mejora o el deterioro de su calidad de vida.

Tiene como propósito la cuantificación y análisis del comportamiento del recurso en el tiempo, elemento fundamental para determinar, entre otras, la disponibilidad de agua en un área determinada. Por medio de los registros y datos recolectados en las corrientes, se pueden efectuar comparaciones para detectar cambios en el comportamiento de la corriente (The Nature Conservancy et al., 2012).

- **Caudal**

El caudal es la cantidad o volumen de agua que pasa por el punto de control o cierre de la cuenca en unidad de tiempo, como respuesta a las precipitaciones ocurridas en toda la cuenca aferente. (The Nature Conservancy et al. 2012)

- **Niveles de agua**

Se denomina nivel del agua en una corriente (río, quebrada, arroyo, caño) o en un cuerpo de agua (ciénaga, lago, laguna, embalse), a la elevación o altura de la superficie del agua en un punto determinado, el cual está ligado topográficamente a un origen de referencia identificado con una cota arbitraria o al nivel medio del mar (IDEAM, 2007).

- **Monitoreo Meteorológico**

Comprende las diferentes acciones de observación de las variables meteorológicas, por medio del análisis de estas se puede deducir las condiciones en un momento y sitio determinado, este monitoreo se establece por un tiempo limitado, de mediano o largo plazo.

- **Estación meteorológica**

Es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos, como para estudios climáticos (The Nature Conservancy et al., 2012).

PROYECTO PILOTO: MONITOREO HIDROLÓGICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PARIA

La Dirección de Información y Gestión del Conocimiento (DIGC) y la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM) del INAIEM, han iniciado el proyecto de Monitoreo Hidrológico que tiene a la microcuenca del río Paria como zona piloto. Este estudio ha sido generado por la necesidad de información

que se requiere de la microcuenca, por motivos de prevención y gestión.

En esta primera etapa del proyecto se han obtenido los siguientes resultados:

a. Monitoreo de la calidad de agua

Durante el año 2016 se establecieron 10 puntos de monitoreo en la microcuenca del río Paria, en los cuales se han ejecutado dos monitoreos de calidad de agua. El primero se realizó el 13 de julio y el segundo el 28 de octubre, con la participaron del personal técnico del

INAIEM. Actualmente se vienen tomando muestras que permitirán analizar la turbidez del agua en estos 10 puntos de monitoreo. Su ubicación se detalla en la tabla 1 y la frecuencia de monitoreo en la tabla 2.

Tabla 1. Ubicación y descripción de los puntos de muestreo de calidad de agua superficial

Código del punto de nuestro	Este (X)	Coordenadas UTM Norte (Y)	Altitud (msnm)
COJ - AG - 01	238324	8960041	4582
COJ - AG - 02	237808	8959200	4437
COJ - AG - 03	237683	8958730	4425
COJ - AG - 04	237649	8958469	4395
COJ - AG - 05	236560	8956850	4319
COJ - AG - 06	235879	8956000	4233
COJ - AG - 07	234828	8955175	4191
COJ - AG - 08	233825	8953945	4137
COJ - AG - 09	232573	8952550	4018
COJ - AG - 10	231108	8951060	3834

Fuente INAIEM-DGIEM

Tabla 2. Frecuencia del monitoreo de la calidad de agua

Código del punto de muestreo	Frecuencia	Variables
COJ - AG - 01	3 – 4 meses	OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.), Temp. (°C), OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.)
COJ - AG - 02	3 – 4 meses	OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.), Temp. (°C), OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.)
COJ - AG - 03	3 – 4 meses	OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.), Temp. (°C), OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.)
COJ - AG - 04	3 – 4 meses	OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.), Temp. (°C), OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.)
COJ - AG - 05	3 – 4 meses	OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.), Temp. (°C), OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.)
COJ - AG - 06	3 – 4 meses	OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.), Temp. (°C), OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.)
COJ - AG - 07	3 – 4 meses	OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.), Temp. (°C), OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.)
COJ - AG - 08	3 – 4 meses	OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.), Temp. (°C), OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.)
COJ - AG - 09	3 – 4 meses	OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.), Temp. (°C), OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.)
COJ - AG - 10	3 – 4 meses	OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.), Temp. (°C), OD (mg/l), CE (µS/cm), pH (Unid.)

Los principales criterios para el establecimiento de los puntos de monitoreo fueron:

- Los puntos fueron establecidos en los aportantes, antes de los puntos de mezcla en la quebrada Cojup.
- Los puntos fueron establecidos de tal manera que puedan abarcar la red hidrológica de la quebrada Cojup.
- Los resultados de las mediciones en campo, de

los parámetros fisicoquímicos, fueron procesados para comprender la relación entre las características químicas de las aguas y poder inferir zonas de alteración, mediante el análisis de los resultados y gráficos correspondientes a los diez puntos de muestreo.

b. Monitoreo de la cantidad del agua

Aforo de caudales

El INAIGEM, a partir de julio del 2016, inició una campaña de aforos que abarca los principales ríos de la cuenca del río Santa. En el caso del río Paria, el aforo se ha realizado por vadeo en dos puntos a lo largo de su cauce.

- Estación de aforo Cojup 1:

Ubicado luego de la descarga de los sifones, que se instalaron en la laguna Palcacocha con el fin de descargar el caudal necesario para satisfacer las demandas aguas abajo, además de mantener el nivel de agua de la laguna dentro del nivel de seguridad.

- Estación de aforo Cojup 2:

Ubicado en la quebrada Cojup aldeaño a la portada. Se puede considerar que el caudal medido en este punto representa la oferta de agua de toda la quebrada, lista para ser utilizada aguas abajo para los diversos usos, en este caso, población agrícola y piscícola.

La ubicación de las estaciones se muestra en la tabla 3 y la frecuencia de monitoreo en la tabla 4.

Para los aforos se han utilizado un correntómetro conformado por un contador OTT Z400 y un molinete universal C31. Los datos tomados en campo corresponden a la velocidad y área de los tramos de los ríos seleccionados y en gabinete se ha calculado el caudal.

Tabla 3. Ubicación de las estaciones de aforo

Código de la estación de aforo	Estación de aforo	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
		Este (X)	Norte (Y)	
ANC_5_COJ1	Cojup 1	231106	8951027	3818
ANC_5_COJ2	Cojup 2	298192	8959417	4498

Tabla 4. Frecuencia de aforos

Estación de aforo	Frecuencia	Variables	Otros datos medidos en campo
Cojup 1	semanal	velocidad (m/s)	Área (m2)
Cojup 2	semanal	velocidad (m/s)	Área (m2)



Foto 1. Estación de aforo Cojup 2

c. Medición del nivel de espejo de agua de la laguna Palcacocha

El INAIGEM cuenta con información del nivel de agua de la laguna desde febrero de este año, cuando se instaló la primera regla limnimétrica. Sin embargo, ante la necesidad de tener información más precisa y continua, se ha desarrollado un sensor que mide el nivel de agua.

Sensor de medición del nivel de agua “NL1”

Este sensor se caracteriza por estar hecho con materiales de bajo costo, pero que certifica su gran valor técnico-científico. Forma parte de un proyecto desarrollado por la DIGC del INAIGEM, que tiene como meta desarrollar tecnologías que permitan recabar información hidrológica y meteorológica en el ámbito de glaciares y ecosistemas de montaña.

En su construcción se usaron *software* y *hardware* de libre distribución, lo cual facilita la adquisición de sus componentes y su programación. Los sensores están diseñados para sustentarse en el campo a base de energía solar, usando un panel solar.

El 8 de mayo se instaló el primer sensor en la laguna Palcacocha, el cual ha sido ubicado en una línea horizontal por encima y paralela al espejo de agua de la laguna, desde donde envía un pulso ultrasónico para medir la altura a la que se encuentra con respecto al espejo de agua. El sensor está programado para tomar el dato a cada hora y en su instalación presentó las siguientes coordenadas 238352.656m Este y 8960048.36m Norte.



Foto 2. Instalación del sensor en la laguna Palcacocha



Foto 3. Sensor de medición de nivel de agua instalado

d. Monitoreo meteorológico

El 26 de enero de 2017, cerca de la laguna Palcacocha, se instaló una estación meteorológica móvil en convenio con la UNASAM, la tabla 1 muestra su ubicación. La ubicación de la estación meteorológica se muestra en la tabla 5 y la frecuencia de monitoreo en la tabla 6.

Tabla 5. Ubicación de la estación meteorológica Palcacocha

Estación Meteorológica	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
	Este (x)	Norte (y)	
Palcacocha	238048	8959747	4621

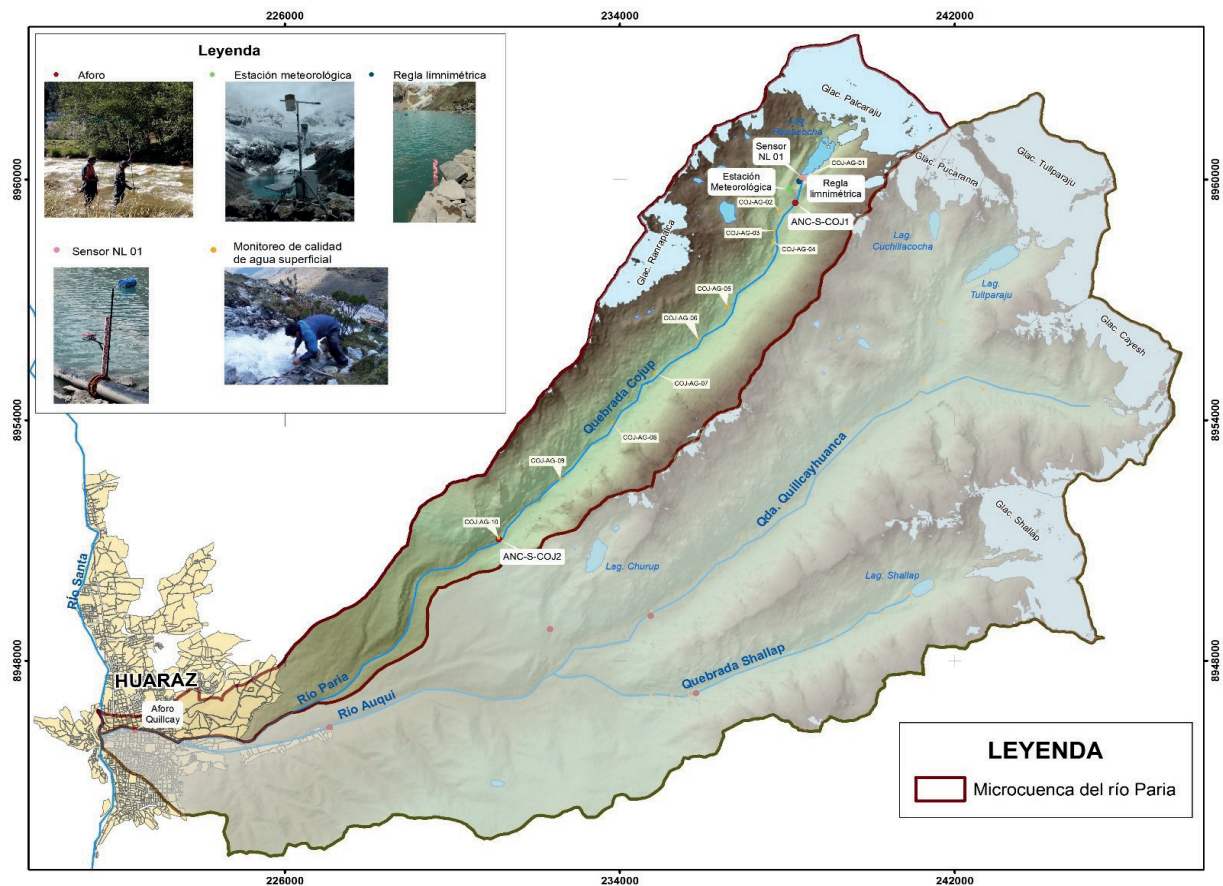
Tabla 6. Frecuencia del monitoreo meteorológico

		Precipitación (mm), temperatura (°C), velocidad de viento (m/s), dirección de viento (°) y humedad relativa (%)
Palcacocha	Cada 5 minutos	



Fotos 4. y 5. Instalación de una estación meteorológica portátil en la cabecera de la microcuenca del río Paria

El mapa 2 muestra la microcuenca del río Paria y la ubicación de los instrumentos de medición, las estaciones de aforo y los puntos de muestreo de calidad de agua.



Mapa 2. Ubicación de la microcuenca del río Paria e instrumentos de medición instalados en dicho ámbito

RESULTADOS

Calidad de agua

Código del punto de muestreo	Primer monitoreo				Segundo monitoreo			
	OD (mg/l)	CE (µS/cm)	pH (Unid.)	Temp. (°C)	OD (mg/l)	CE (µS/cm)	pH (Unid.)	Temp. (°C)
COJUP - AG - 01	5.38	89	6.52	9.14	4.94	86	7.73	11.12
COJUP - AG - 02	6.55	54	6.93	7.82	5.58	38	7.49	11.33
COJUP - AG - 03	6.26	35	6.91	8.64	6.04	36	7.23	8.60
COJUP - AG - 04	6.12	34	6.93	9.85	5.81	30	7.03	9.89
COJUP - AG - 05	6.39	9	6.70	8.82	6.31	10	7.33	7.62
COJUP - AG - 06	7.27	20	6.85	5.29	5.28	21	7.04	14.04
COJUP - AG - 07	6.05	45	6.59	11.78	6.04	21	6.89	10.51
COJUP - AG - 08	5.41	69	7.43	13.17	5.61	59	6.89	12.47
COJUP - AG - 09	6.62	62	7.72	10.66	5.94	58	7.10	12.13
COJUP - AG - 10	6.84	58	7.57	10.46	6.26	57	7.17	12.23

Fuente: INAIGEM- DGIEM

Tabla 7. Resultados del monitoreo de calidad de agua en la subcuenca Cojup

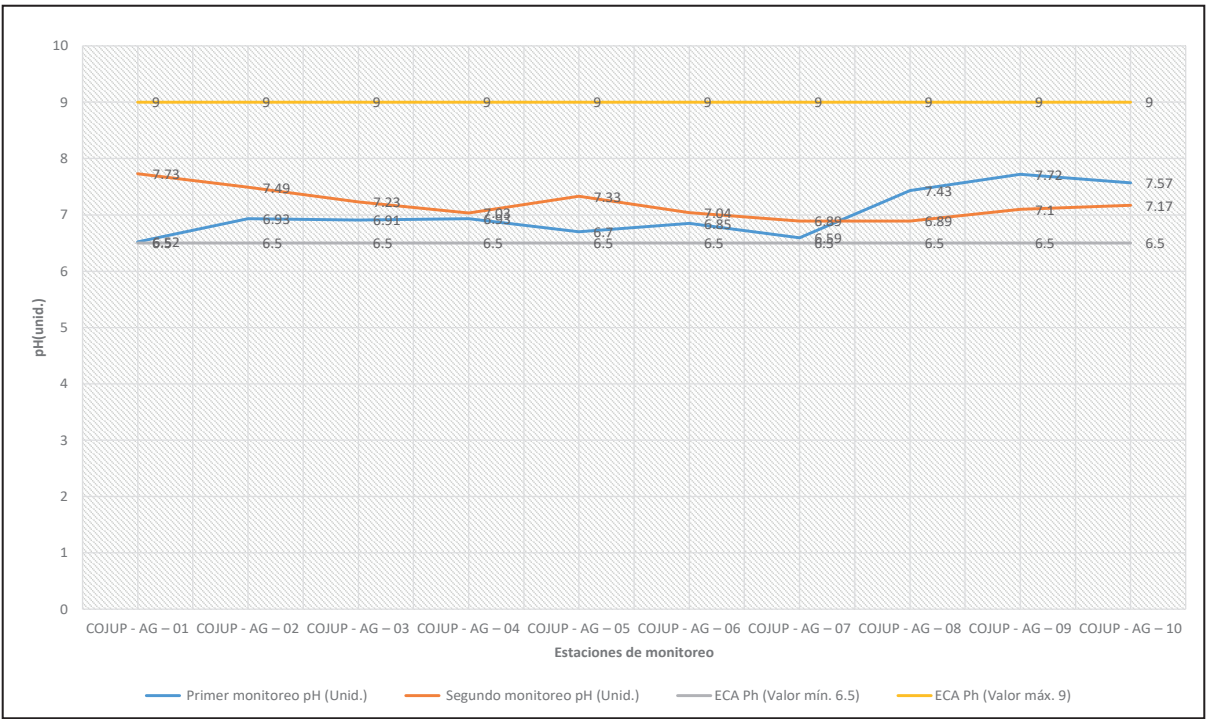


Gráfico 1. Resultados de las estaciones de monitoreo

De acuerdo a los resultados de la Tabla 7 se presenta el gráfico 1, donde podemos apreciar que el pH no excede los ECA Ph en ninguno de los diez puntos de monitoreo: COJUP - AG - 01, COJUP - AG - 02, COJUP - AG - 03, COJUP - AG - 04, COJUP - AG - 05, COJUP - AG - 06,

COJUP - AG - 07, COJUP - AG - 08, COJUP - AG - 09 y COJUP - AG - 10. Presentan valores de pH en el primer monitoreo (6.52, 6.93, 6.91, 6.93, 6.70, 6.85, 6.59, 7.43, 7.72, 7.57), en el segundo monitoreo (7.73, 7.49, 7.23, 7.03, 7.33, 7.04, 6.89, 6.89, 7.10, 7.17)

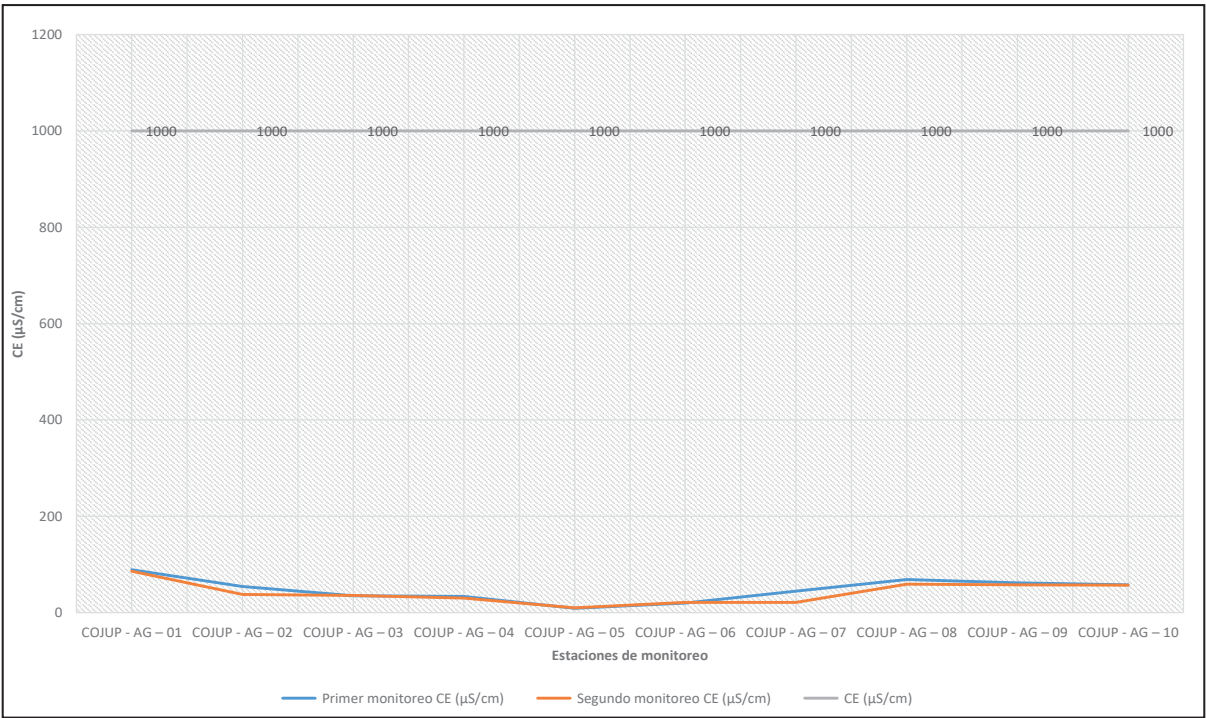


Gráfico 2. Resultados de las estaciones de monitoreo

De la Tabla 7 se presenta el gráfico 2, donde podemos concluir que ninguno de los puntos excede en los ECA Categoría 4- E1 (1000 $\mu\text{S/cm}$), por lo cual, podemos considerar que el agua es de buena calidad.

Cantidad de agua

- Caudales



Gráfico 3. Caudales medidos en el río Cojup 1 (m³/s) - 2017

El gráfico 3 presenta los caudales medidos luego de la descarga de los diez sifones instalados en la laguna Palcacocha. Estas descargas tienen la finalidad de lograr

abastecer las demandas de agua para uso poblacional, agrícola y piscícola. Estos caudales son regulados, y en promedio cada sifón descarga 0.1 m³/s.

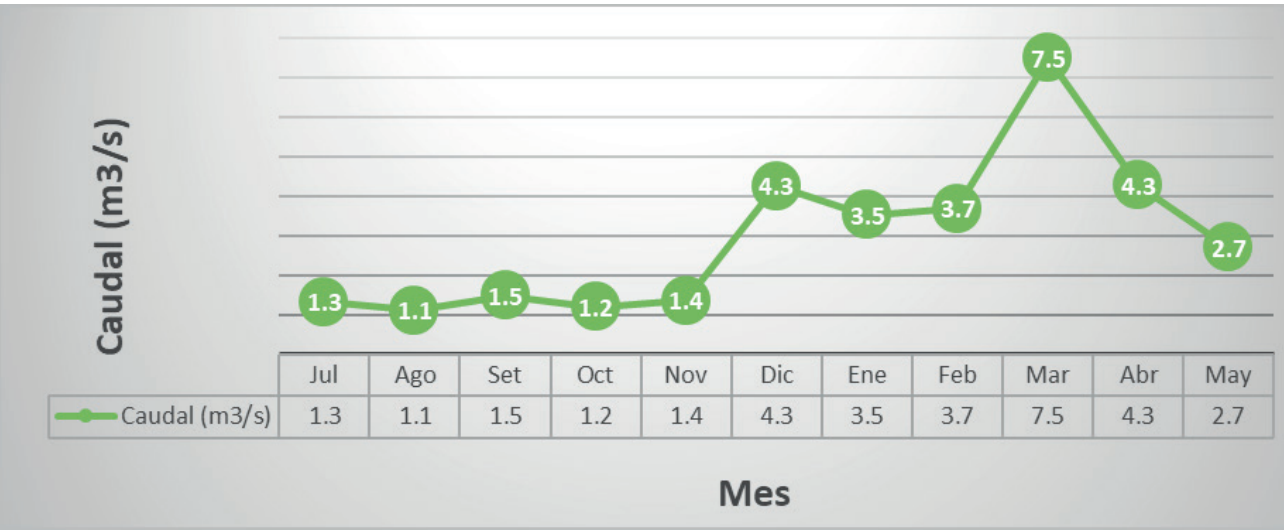


Gráfico 4. Caudales medidos en el río Cojup 2 (m³/s), 2016 – 2017

El gráfico 4 Muestra los caudales medidos en el río Cojup (portada de la quebrada), estos valores representan: la suma de la descarga de los sifones, los aportes de afluentes durante el trayecto hasta la portada, y la precipitación.

El mes de marzo registra el caudal más alto - característico de este mes-, pero que supera lo esperado, con un pico de 7.5 m³/s debido a las condiciones climáticas anómalas presentadas en esta temporada.

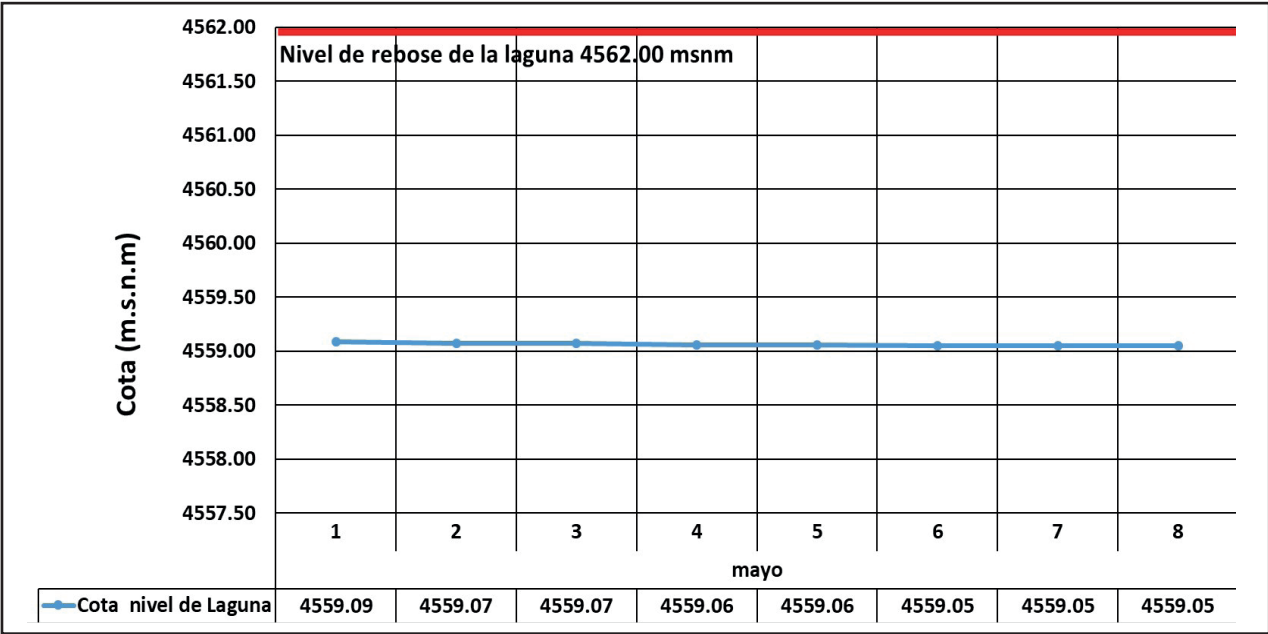


Gráfico 5. Cotas de nivel de agua de la laguna Palcacocha – Mayo 2017

• Nivel de agua de la laguna Palcacocha

El gráfico 5 muestra las cotas de nivel de agua a lo largo del mes de mayo. Todas las medidas están por debajo de la cota de rebose, se observa que el nivel va disminuyendo constantemente, lo que quiere decir que el volumen de agua también. Esta tendencia

se ha presentado desde el inicio del monitoreo (7 de febrero). Desde el 9 de mayo la regla limnimétrica ha sido reemplazada por el sensor, que actualmente registra el nivel de agua de la laguna.

Clima

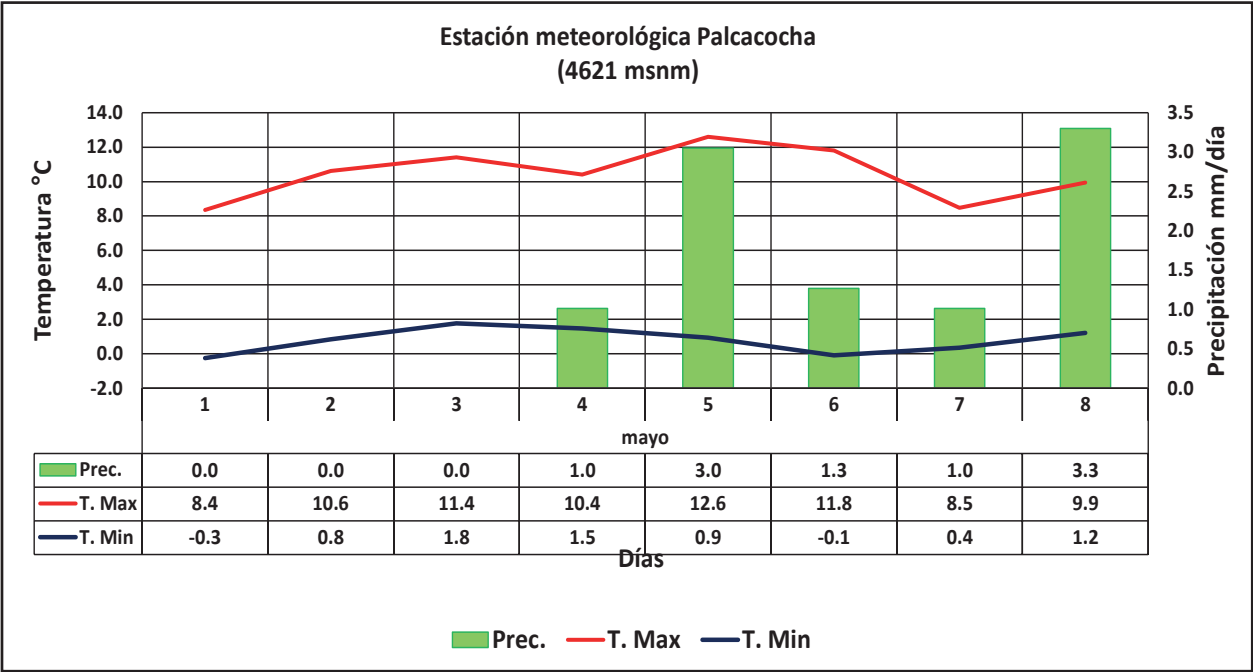


Gráfico 6. Información meteorológica recopilada – Mayo 2017

A manera de ejemplo, el gráfico 6 presenta dos de las cuatro variables que la estación Palcacocha registra,

precipitación y temperaturas extremas, correspondiente al mes de mayo. El comportamiento

CONCLUSIONES

- En el marco del Proyecto Piloto de “Monitoreo Hidrológico de la Microcuenca de Río Paria”, la implementación de la estación meteorológica y del sensor de medición del nivel del agua de la laguna Palcacocha, han sido realizados con éxito y actualmente vienen generando información.
- La información obtenida es reportada semanalmente al Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) – Ancash, para que se tomen las medidas de prevención ante un posible desborde.
- De acuerdo a los resultados preliminares, la calidad del agua se encuentra dentro de los estándares de calidad ambiental.
- Los caudales se incrementaron a partir del mes de diciembre, y es en el mes de marzo, donde presentan sus valores máximos: en Cojup 1 (luego de la descarga de los sifones) se midió 1.13 m³/s; y en Cojup 2 (portada), se registró 7.5 m³/s.

BIBLIOGRAFÍA

- Céleri, R., De Bièvre, B. y Ochoa, B.** (2012). *Guía metodológica para el monitoreo hidrológico de ecosistemas andinos*. Recuperado de <http://www.condesan.org/portal/sites/default/files/guiametodologica-mhea05nov2012.pdf>.
- Centelles, M.** (2005). Taxonomías para la categorización y la organización de la información en sitios *Web*. *Hipertext.net*, (3). Recuperado de <http://www.hipertext.net/web/pag264.htm>.
- CEPAL** (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible*. Bogotá: CEPAL.
- Elzinga, C., Salzer, D. y Willoughby, J.** (1998). *Measuring and monitoring plant populations*. Wasington: Department of the Interior Bureau of Land Management and The Nature Conservancy.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales** (2007). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento del Agua*. Bogotá: IDEAM. Recuperado de <http://intranet.ideam.gov.co:8080/openbiblio/Bvirtual/021172/021172.htm>.
- Perovic, P., Trucco, C., Tálamo, A., et al.** (2008). *Guía técnica para el monitoreo de la biodiversidad*. Salta: Programa de Monitoreo de Biodiversidad - Parque Nacional Copo, Parque y Reserva Provincial Copo y Zona de Amortiguamiento. APN/GEF/BIRF.
- The Nature Conservancy, Cenicaña, Sector Azucarero Colombiano** (2012). *Protocolo Hidrológico. Protocolo Biodiversidad. Protocolo Socioeconómico. Protocolos Elaborados para medir el impacto de las intervenciones del Fondo Agua por la vida y la sostenibilidad*. Recuperado de <http://www.asocana.org/documentos/472014-F910E241-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,FFFFFF,2D2D2D,B9B9B9.pdf>
- Vallejo Joyas, M., Londoño Vega, A., López Camacho, R., et al.** (2005). *Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia* (Vol. 1). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO TECNOLÓGICO PARA LA MEDICIÓN DEL NIVEL DEL ESPEJO DE AGUA EN LA LAGUNA PALCACOCHA, HUARAZ, ANCASH, PERÚ.

David Garay Marzano

RESUMEN

El desborde de la laguna Palcacocha es un peligro latente, escenario de riesgo que requiere de un monitoreo integral permanente. El INAIGEM como instituto de investigación, viene realizando dicha labor desde el 2017 a través de aforos y monitoreos meteorológico y de nivel del espejo de agua de la laguna. Este último, es tomado dos veces al día, veces que son insuficientes para efectos de obtener información confiable. Lo ideal y necesario, es contar con una mejor apreciación del comportamiento diario de la laguna y su relación con las variables meteorológicas obtenidas; por ello, el equipo de hidrometeorología de la Dirección de Información y Gestión del Conocimiento, se planteó el desafío de desarrollar un prototipo tecnológico de bajo costo que permitiera obtener datos a cada hora del nivel del espejo de agua de la laguna. El prototipo de sensor, denominado NL-1 (Nivel de Laguna 1), ha sido desarrollado y puesto en operación exitosamente en la laguna Palcacocha.

PALABRAS CLAVE

Tecnología Alternativa / Arduino (software y hardware) / Ultrasonido / Powerbank / Nivel del espejo de agua / Cota altitudinal / Línea de rebose

INTRODUCCIÓN

Es conocido que el 13 de diciembre de 1941 ocurrió un aluvión que afectó directamente a la ciudad de Huaraz, probablemente originado por la caída de un trozo del glaciar adyacente a la laguna Palcacocha. Esta laguna, en la actualidad, sigue siendo un peligro latente para las poblaciones de la subcuenca Quillcay y cuenca del Santa. Como medida paliativa, las autoridades de la región Ancash en el 2011, realizaron la instalación de un sistema de sifonaje para evitar el incremento del volumen de agua.

Debido al peligro que representa éste escenario natural, es necesario el monitoreo constante de la laguna. El INAIGEM desde enero del 2017 viene realizando cada semana aforos a la salida de los sifones; y ha instalando reglas limnimétricas para observar el nivel del espejo de agua (dos veces al día con la colaboración del Gobierno Regional de Ancash), además de una estación meteorológica portátil automática (de marca Campbell, en convenio con la UNASAM), en la morrena frente a la laguna.

Para complementar el monitoreo se desarrolló un prototipo tecnológico denominado NL-1 (Nivel de Laguna 1) que se encargará de medir el nivel del espejo de agua

de la laguna cada hora del día. Esta tecnología, basada en Arduino, es una plataforma electrónica de código abierto que integra *software* y *hardware* desarrolladas a la par, lo cual asegura su compatibilidad.

Una de las cualidades más significativas del arduino es que puede interactuar con su entorno a través de la recepción de entradas desde una variedad de sensores; y también, puede afectar a su alrededor mediante el control de motores, luces leds y demás proyectos. Esta plataforma también presenta las siguientes ventajas: las placas son relativamente baratas en comparación con otras plataformas microcontroladoras, se puede utilizar en diversas plataformas (Windows, GNU/Linux y Macintosh OSX), aunque la mayoría están limitadas a Windows, su programación es fácil (basado en los lenguajes de programación C y Java).

El **NL-1** cuenta con el sensor ultrasónico HC-SR04, que es un módulo tipo Interfaz mediante pulso de eco. Su funcionamiento se da a través de dos pines digitales: el pin de trigger (disparo) y echo (eco). El primero recibe un pulso del microcontrolador para ser habilitado, mediante el cual, se le indica al módulo que comience a realizar la medición de distancia. Con respecto al pin “eco”, éste

mostrará al microcontrolador un pulso cuyo ancho es proporcional al tiempo que tarda el sonido en viajar del transductor al obstáculo y luego de regreso al módulo. Con ello, puede estimarse la distancia entre el sensor y el obstáculo si se conoce el tiempo de viaje del sonido, así como la velocidad de propagación de la onda sonora.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Tener un registro horario de las variaciones del nivel del espejo de agua de la laguna Palcacocha.
- Observar el comportamiento del nivel del espejo de agua de la laguna Palcacocha con respecto a variables meteorológicas.

Los pulsos ultrasónicos rebotan sobre el agua y de esa manera se mide el nivel del espejo de agua de la laguna. El proyecto hace uso de una placa Arduino NANO, un sensor HC-SR04, un módulo microSD y un módulo reloj, como principales componentes.

Objetivo Tecnológico

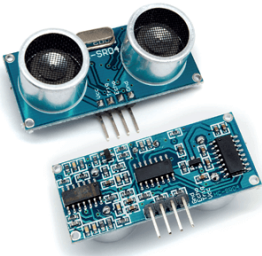
- Desarrollar un prototipo de sensor que mida permanentemente las variaciones del nivel del espejo de agua a bajo costo.
- Validar el prototipo en uso para su replicabilidad.

DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL PROTOTIPO

Equipos y materiales

Para el proyecto se utilizaron los siguientes componentes:

- Sensor de Ultrasonido HC-SR04

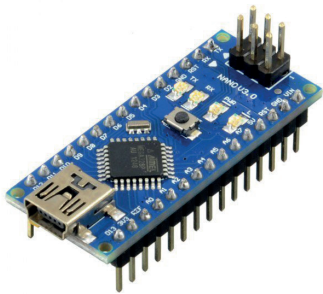


Especificaciones técnicas:

- Voltaje de operación: 5 v
- Frecuencia de operación: 40 KHz
- Rango máximo: 4.5 m
- Rango mínimo: 0.17 m
- Duración mínima del disparo: 10 μ s
- Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra 20 ms

Figura 1. Imagen del sensor ultrasonido HC-SR04 y su descripción técnica

- Arduido NANO



Especificaciones técnicas:

- Voltaje de operación: 5 v
- Voltaje recomendado de entrada: 7-12 v
- Pines E/S Digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM)
- Pines Analógicos: 8
- Corriente máxima por cada PIN de E/S: 40 mA
- Frecuencia de reloj: 16 MHz
- Dimensiones: 18,5 mm x 43,2 mm

Figura 2. Imagen de la placa Arduino NANO y su descripción técnica

• **Módulo micro SD**

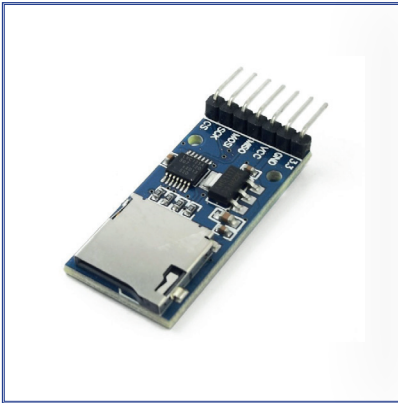
	Especificaciones técnicas: • Voltaje de operación: 3.3 – 5 v • Interfaz: SPI • Cuenta con los pines SPI de la tarjeta SD: MOSI, MISO, SCK, CS • Permite almacenar datos en memorias microSD utilizando Arduino o PIC
---	--

Figura 3. Imagen del módulo micro SD y su descripción técnica

• **Módulo reloj Ds 1307**

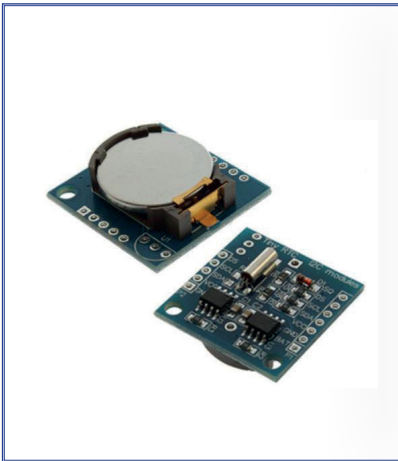
	Especificaciones técnicas: • Voltaje de operación: 4.5 – 5.5 v • Compatible con Arduino, incluso posee diversas librerías • Tiene todas las funciones de reloj-calendario con compensación de año bisiesto • Interfaz con la mayoría de los microcontroladores a través de I2C • Batería de respaldo para el RTC incluida en el módulo
--	--

Figura 4. Imagen del módulo reloj Ds1307 y su descripción técnica

• **Panel Solar de 3.5 W y 6 V**

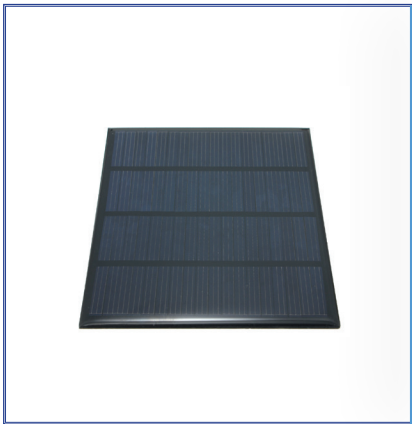
	Especificaciones técnicas: • Dimensiones: 23 x 16 x 1.8 cm • Peso (kg): 0.5 • Máximo poder: 3.5 W • Máximo poder de voltaje: 6 v • Máximo poder de corriente: 0.5 A • Rango de temperatura: -40 °C a +85 °C
---	---

Figura 5. Imagen del panel solar y su descripción técnica

• Dos pilas de Litio 18650 3800 mAh 3.7v

	Especificaciones técnicas: • Capacidad: 3800 mAh • Voltaje: 3,7 v • Química: Ion-Litio • Diámetro: 18 mm • Longitud: 65 mm • Tipo de terminal: plana • Rango de temperatura de funcionamiento: -20 a 70 °C
---	--

Figura 6. Imagen de las pilas de Litio y su descripción técnica

• Tarjeta elevadora de voltaje a 5v con Puerto USB

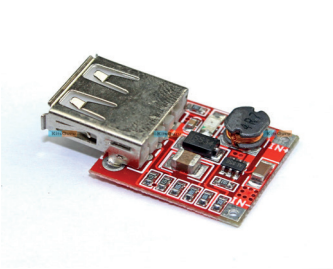
	Especificaciones técnicas: • Voltaje de entrada: 2.5 - 6 v • Corriente de salida: 1000 mA • Frecuencia de conmutación: 1MHz • Temperatura de funcionamiento: industrial (-40 ° C a + 85 °C) • Regulación de voltaje: ± 2.5 % • Salida: USB -Tamaño: 3 x 1.3 x 0.8 cm
---	--

Figura 7. Imagen Tarjeta elevadora de voltaje a 5v y su descripción técnica.

• Tarjeta Módulo de carga de batería de Litio 18650 a 5v con micro USB

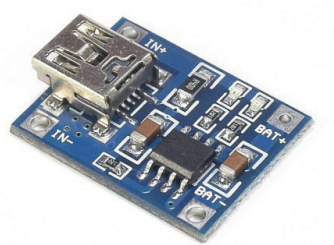
	Especificaciones técnicas: • Voltaje de entrada: 5 v • Carga de voltaje de corte: 4.2 v ± 1 % • Máxima corriente de carga: 1000 mA • Batería sobredescarga la protección del voltaje: 2.5 v • Batería de protección contra sobre corriente: 3 A • Tamaño del tablero: 2.6 x 1.7 cm
---	--

Figura 8. Imagen Tarjeta módulo de carga de batería de Litio y su descripción técnica.

También se utilizaron, cables, cinta aislante, tijera, tarjeta microSD de 2GB, alicate, cautín (soldador de estaño), estaño, poten ciómetro, una estructura metálica que funciona como soporte (figura 15) y sostendrá un pequeño taper (11.4 x 20.0 x 13.00) que será el recipiente del proyecto.

Ensamblaje y desarrollo

- a. Se realizó la programación y prueba de cada módulo (por separado) con la placa NANO
 - Diagrama y código del sensor de ultrasonido conectado a la placa NANO

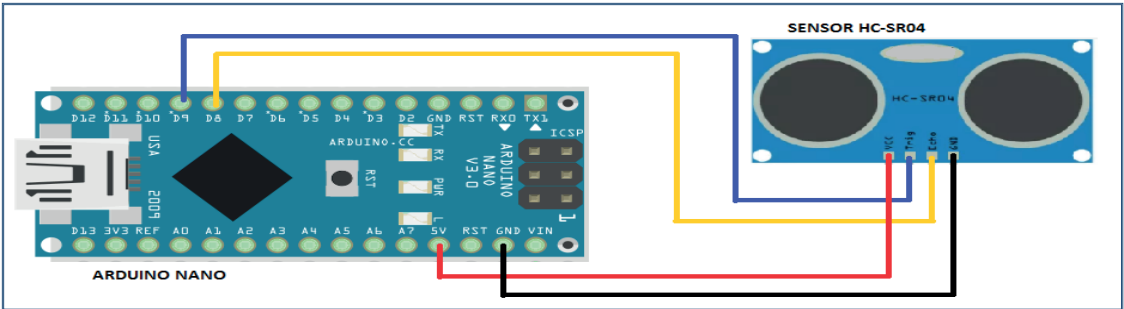


Figura 9. Diagrama del sensor HC-SR04 conectado a la placa NANO

```
int trig=9;
int echo=8;
float tiempo;
int distancia;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode (trig,OUTPUT);
  pinMode (echo,INPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(trig,LOW);
  delayMicroseconds (2);
  digitalWrite(trig,HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig,LOW);
  tiempo=pulseIn(echo,HIGH);
  distancia=tiempo(58.4;
  Serial.println(distancia);
  delay(3600000);
}
```

Cuadro 1. Código de funcionamiento del sensor HC-SR04, programado para que realice la lectura cada hora

- Diagrama y código del módulo reloj DS1307 conectado a la placa NANO

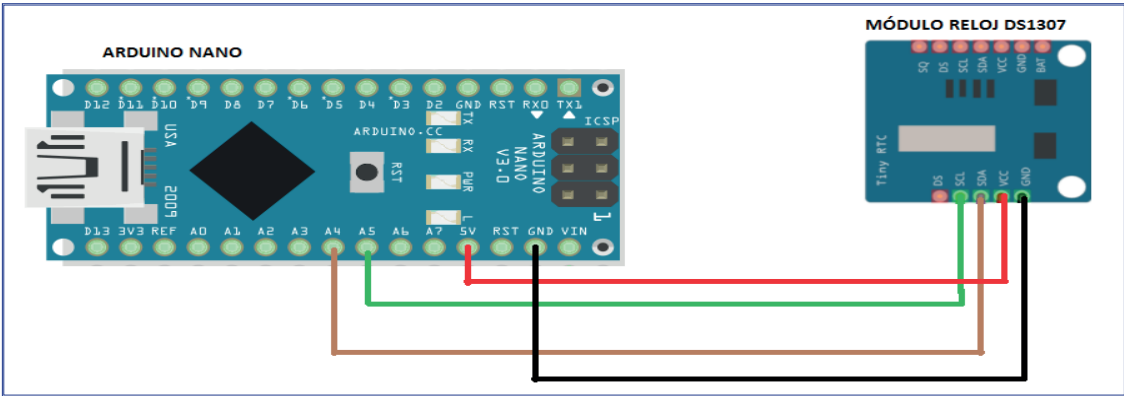


Figura 10. Diagrama del módulo DS1307 conectado a la placa NANO

Este módulo reloj, primero, debe actualizar la hora y fecha a través del siguiente código:

```
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
RTC_DS1307 RTC;
void setup () {
  Wire.begin();
  RTC.begin(); // Inicia la comunicación con el RTC
  RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); // Establece la fecha y hora
  Serial.begin(9600);
}
void loop () {
}
```

Cuadro 2. Código de funcionamiento de la actualización de hora y fecha del módulo DS1307

Luego, se podrá visualizar la fecha y hora a través del código del cuadro 3:

```
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
RTC_DS1307 RTC;
void setup () {
  Wire.begin();
  RTC.begin();
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  DateTime now = RTC.now(); // Obtiene la fecha y hora del RTC
  Serial.print(now.year(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.month(), DEC);
```

```
Serial.print('/');
Serial.print(now.month(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.day(), DEC);
Serial.print(' ');
Serial.print(now.hour(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.minute(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.second(), DEC);
Serial.println();
delay(1000); // La información se actualiza cada segundo.
}
```

Cuadro 3. Código de funcionamiento para visualizar la actualización de la fecha y hora

- Diagrama y código del módulo microSD conectado a la placa NANO

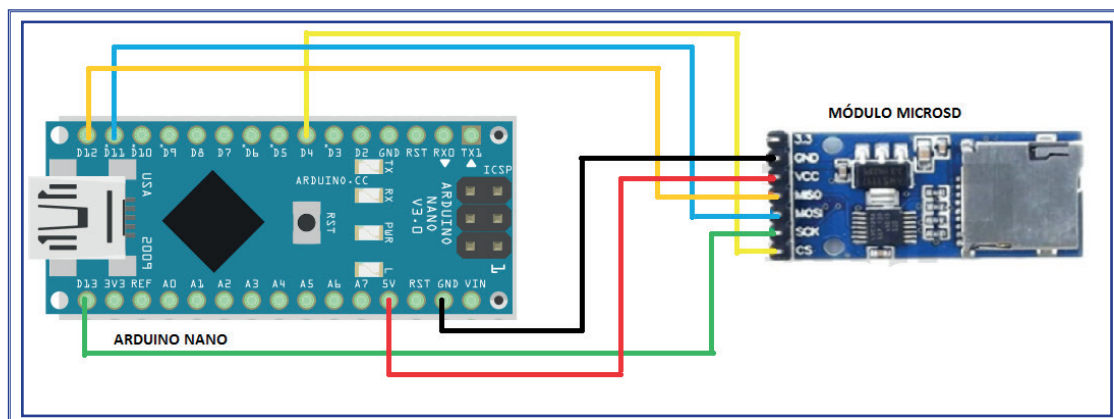


Figura 11. Diagrama del módulo MicroSD conectado a la placa NANO

Para el código de almacenamiento de datos en la tarjeta micro SD, se trabajará con un potenciómetro (dispositivo conformado por 2 resistencias colocadas en serie en donde sus valores pueden ser modificados por el usuario), que simulará la función de un sensor.

```
#include <SD.h>
File myFile;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Iniciando tarjeta microSD ...");
  if (!SD.begin(4)) {
    Serial.println("No se pudo inicializar");
    return;
  }
  Serial.println("Inicialización exitosa");
}
void loop()
{
  myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE); // se abre el archivo
  if (myFile) {
    Serial.print("Escribiendo sobre la tarjeta microSD: ");
    int sensor1 = analogRead(0);
    myFile.print("Tiempo(ms)=");
    myFile.print(millis());
    myFile.print(", sensor1=");
    myFile.print(sensor1);
    myFile.close(); // se cierra el archivo
    Serial.print("Tiempo(ms)=");
    Serial.print(millis());
    Serial.print(", sensor1=");
    Serial.print(sensor1);
  } else {
    Serial.println("Error al abrir el archivo");
  }
  delay(100);
}
```

Cuadro 4. Código de funcionamiento para almacenar datos en la tarjeta micro SD.

- **Diagrama de la powerbank**

La powerbank es un sistema de almacenaje de energía portátil, para armarla es necesario la tarjeta elevadora de voltaje a 5 V que tiene una salida USB que suministrará 5V (corriente con la que trabaja el Arduino). A este dispositivo se le puede conectar cualquier sistema que genere entre 2.5V y 6V en corriente continua, ya que la placa se encargará de convertirla a 5 V en la salida USB y es capaz de suministrar hasta 1A. Para el almacenamiento, se usarán dos pilas de litio tipo 18,650 de 3.7 V y 3800 mAh (cada una).

Finalmente, para recargarla se usará la tarjeta cargadora, que es una placa que regula la carga de la pila, posee una entrada microUSB con el que se puede usar el cargador con el que vienen los smartthphones, además cuenta con protección de sobrecarga que evitará que la tensión de las pilas llegue a valores por debajo de 2.5 V y así evitar dañarla. El diagrama del armado de sus componentes se muestra en la figura 12.

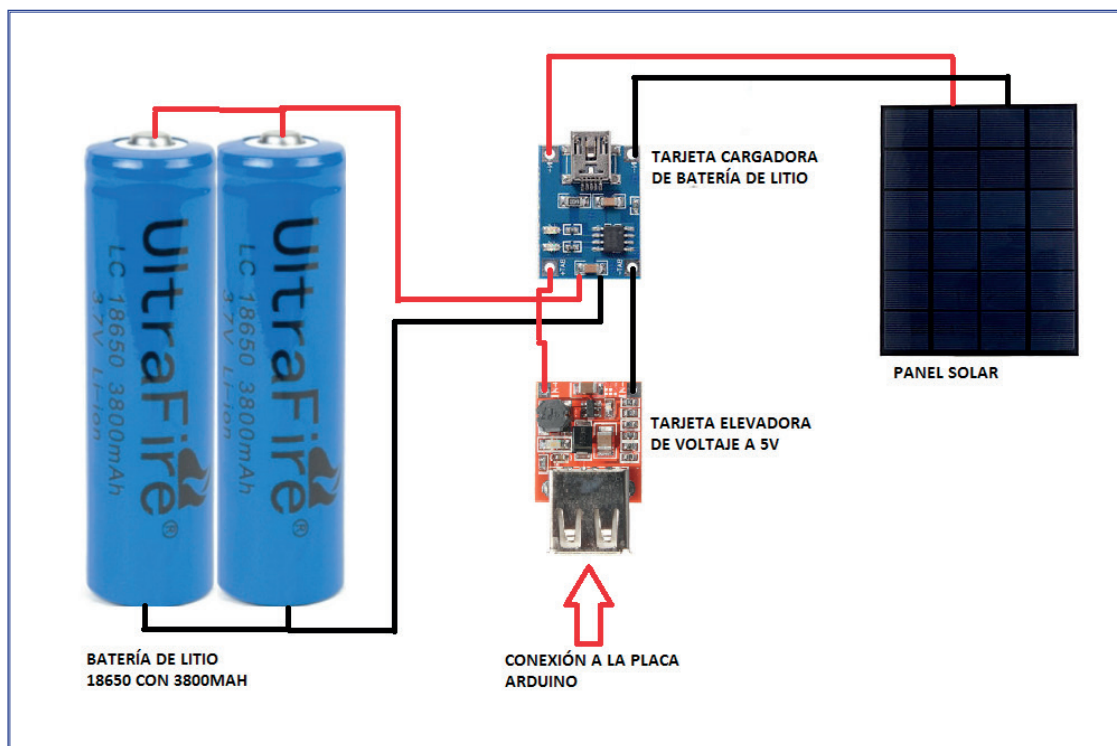


Figura 12. Diagrama que muestra las componentes de la powerbank.

Según la ecuación:

$$P = IV$$

$$P = (2 \times 3800 \text{ mAh}) \times 3.7\text{V}$$

$$P = 28.12 \text{ Wh}$$

El valor de 28.12 W es lo que se necesita para cargar las pilas de Litio en una hora y como el panel es de 3.5 W, entonces: $28.12 \text{ Wh} / 3.5 \text{ W} = 8$ horas, este resultado muestra un estimado del número de horas de luz solar necesaria para cargar las pilas al límite.

b. Diagrama completo

Finalmente, en la figura 13 se muestra el diagrama de todos los módulos utilizados conectados a la placa Arduino NANO (donde también se juntaron los códigos para su correcto funcionamiento), que será alimentado por la powerbank al ser conectada por la salida USB de la placa elevadora de voltaje, los datos serán tomados cada hora y serán almacenados en una memoria microSD de 2 GB. Este proyecto tiene un consumo de 60 mA y las pilas

tienen una carga total de 7600 mAh, al hacer la división $7600/60$ se obtienen 126.7 horas de funcionamiento que equivalen a más de 5 días, en ese lapso la placa NANO dejaría de funcionar, pero gracias al panel solar (que en teoría solo necesita de 8 horas de luz solar para que las pilas se recarguen al límite máximo) tendremos un sistema de energía autosustentable.

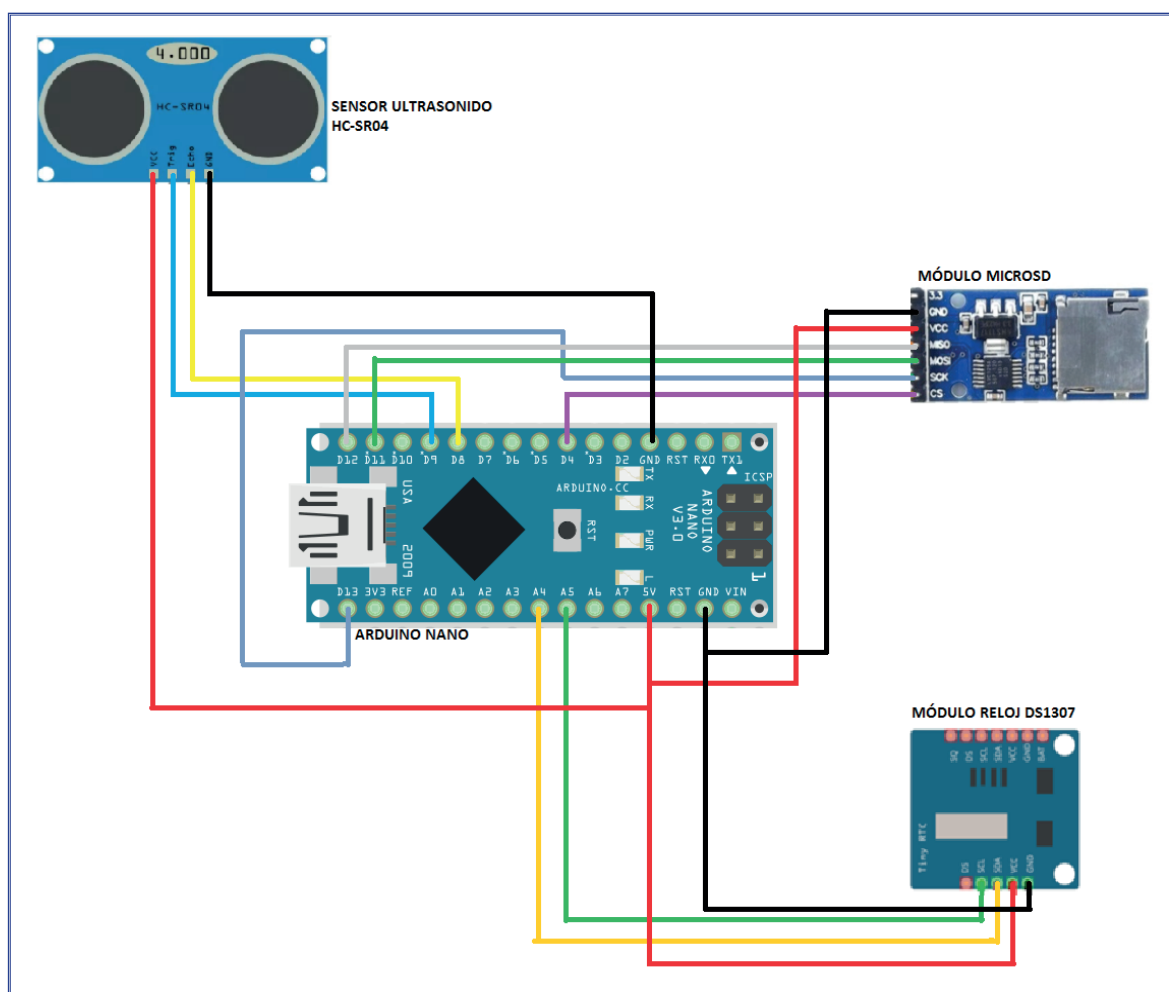


Figura 13. Diagrama que muestra a todos los módulos (incluido el sensor) conectados a la placa Arduino NANO

Instalación

Tanto la placa como los módulos se colocaron dentro de un taper; a este, se le hicieron dos perforaciones del tamaño ideal para que sobresalga el sensor de ultrasonido (como se ve en la figura 14). Luego, el conjunto del proyecto tecnológico (sensor) fue colocado, en su totalidad, sobre una estructura metálica angular.

Al sensor se le ubicó en una línea horizontal por encima y paralela al espejo de agua de la laguna (figura 15), desde donde envía un pulso ultrasónico para medir

la altura en la que se encuentra con respecto al espejo de agua. Al realizar la instalación, se midió una altura de 65 cm (con una wincha) entre el sensor y el espejo de agua, lo cual coincide con las dos lecturas que tomó el sensor como ejemplo (cuadro 5), en donde se obtienen 65 cm de altura. El sensor está programado para registrar datos con un intervalo de una hora. El equipo se instaló en las siguientes coordenadas 238352.656 m Este y 8960048.36 m Norte.

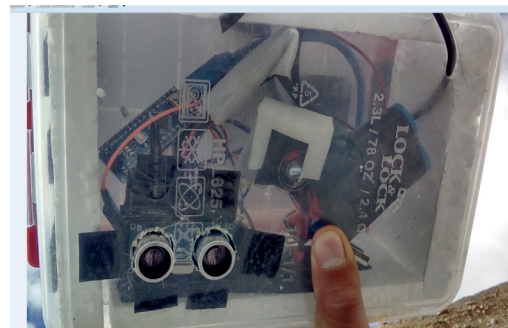


Figura 14. A la izquierda se observa la estructura del proyecto junto al panel solar. A la derecha se tiene una vista del sensor que será ubicado en una línea paralela sobre el espejo de agua y medirá la altura

archivo: Bloc de notas

FECHA	HORA	DISTANCIA DEL ESPEJO DE AGUA
2017-5-8	11:3:4	65cm
2017-5-8	12:3:4	65cm

Cuadro 5. Se muestra el bloc de notas en donde el sensor graba los datos obtenidos en una tarjeta microSD.

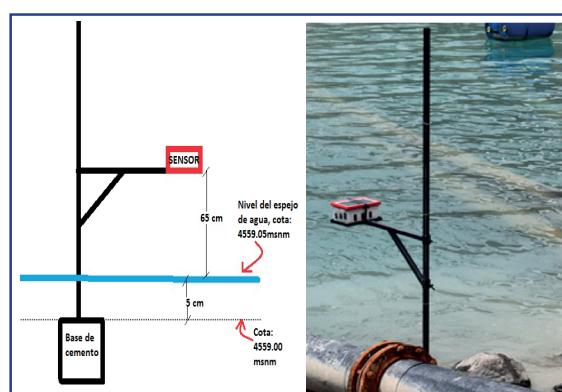


Figura 15. A la izquierda, muestra el diagrama de la ubicación del sensor con las cotas altitudinales del espejo de agua y de la base del poste que sostiene el sensor, y a la derecha, fotografía del sensor instalado

IV. PRUEBA DE PROTOTIPO Y RESULTADOS

Área de Prueba

El área de prueba está localizada en la laguna Palcacocha, de origen glaciar, en el departamento de Ancash, Provincia de Huaraz. Con coordenadas 9°23'49"S y 77°22'47"O, ubicada en la cabecera de la quebrada Cojup (subcuenca del río Quillcay) con una altura promedio de 4653 msnm, en la base del glaciar Palcaraju.

Resultados de la medición de Nivel de Espejo de Agua de la Laguna Palcacocha

En el momento de la instalación, el nivel del espejo de agua de la laguna Palcacocha tenía una cota de 4559.05 msnm, eso es 2.95 m por debajo de la línea de rebose que tiene una cota de 4562 msnm. A continuación, se muestran los resultados obtenidos por el sensor de los cinco días después de haberlo instalado.

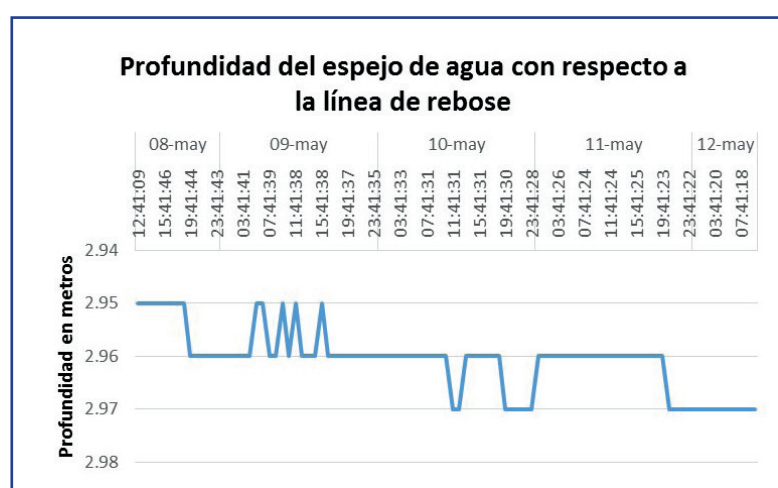


Figura 16. Línea que muestra el comportamiento horario de la línea del nivel de espejo de agua

El comportamiento horario del nivel de espejo de agua muestra que generalmente el principal descenso ocurre a horas de la noche.

La mayor variabilidad del comportamiento se presentó el martes 9 de mayo, en donde el nivel de espejo de agua varió entre 2.95 m y 2.96 m por debajo de la línea de rebose.

- **Estación meteorológica portátil instalada en una morrena frente a la laguna Palcacocha**

Esta estación meteorológica ubicada en las coordenadas 238048 m Este y 8959747 m Oeste, será útil para la interpretación del monitoreo horario de la variación del nivel del espejo de agua de la laguna. En la

figura 17 se muestra los datos de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación para los mismos días en los que se recogieron los datos del sensor de distancia (del 8 al 12 de mayo).

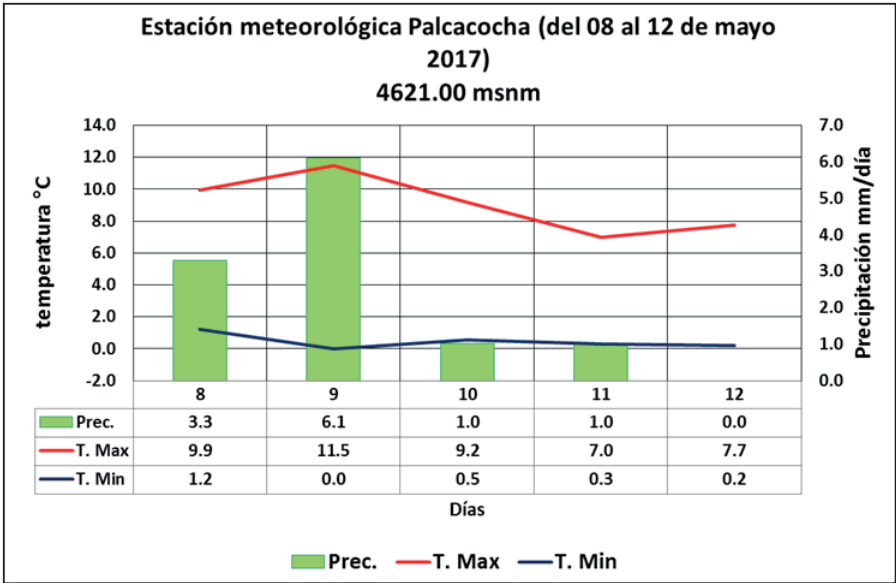


Figura 17. Datos de la estación meteorológica portátil

De la figura 17 se observa que entre el 8 y el 12 de mayo, el día 9, registra un mayor valor de precipitación acumulada; y al analizar la data en bruto, se tiene que la mayor parte de las precipitaciones de aquel día

sucedieron en la madrugada y en menor proporción, en la noche. Además, el mayor valor de temperatura máxima (11.5° C) y el menor valor de temperatura mínima (0.0 °C) ocurrieron aquel mismo día.

CONCLUSIONES

- Se logró el funcionamiento del NL-1. Los resultados muestran que el principal descenso del nivel del espejo de agua ocurre a horas de la noche, al parecer esto sucede debido a la estabilidad atmosférica, a la ausencia de oleajes y a que los sifones trabajan continuamente.
- Se observó la influencia de las variables meteorológicas sobre el nivel del espejo de agua. El día 9 de mayo se registró un mayor valor de precipitación acumulada (6.1 mm) pero ésta se dio principalmente a horas de la madrugada, de ahí que al amanecer se tenga una subida del nivel del espejo de agua, aquel mismo día también ocurrió la mayor variabilidad del comportamiento del nivel del espejo de agua, en donde (según los datos meteorológicos) se tuvo un día despejado, ya que la temperatura máxima más alta 11.5 °C y la temperatura mínima más baja, nos lleva a concluir

ausencia o bajo porcentaje de cobertura nubosa durante el día, lo cual nos indica que hubo un aporte mayor de fusión (con respecto a un día nublado). De allí que el nivel de espejo de agua varíe entre 2.95 m y 2.96 m por debajo de la línea de rebose.

- INAIGEM promueve el desarrollo de tecnologías de bajo costo partiendo desde el concepto, diseño, construcción, programación, operación y mantenimiento. La plataforma ARDUINO ha demostrado ser una alternativa tecnológica de bajo costo con alta compatibilidad en *hardware* y *software*.
- El sensor NL-1 viene funcionando correctamente en el registro del nivel de la laguna Palcacocha hecho que, sumado al bajo costo del sensor, demuestra la replicabilidad del uso del equipo en condiciones de alta montaña.

LITERATURA CITADA

- Aranzabal, A.** (2001). *Electrónica básica; curso de electrónica básica por internet*. Recuperado de http://www2.uned.es/ca-bergara/ppropias/Morillo/web_et_dig/02_semiconduc/semiconductores.pdf
- Armesto, L.** (1 de julio de 2015). *¿Cómo medir distancias con el sensor ultrasonidos HC-SR04 con Arduino?* [Blog]. Recuperado de <http://robotica.webs.upv.es/es/como-medir-distancias-con-el-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04-conarduino>
- Carlos** (26 de noviembre de 2014). *Cómo hacer tu propio powerbank a medida* [Blog]. Recuperado de <https://nergiza.com/como-hacer-tu-propio-powerbank-a-medida/>
- Enríquez, R.** (2009). *Guía de usuario de Arduino*. Libros Digitales. Recuperado de <http://blog.utp.edu.co/librotekdigital/guia-de-usuario-de-arduino-rafael-enriquez-herrador>
- Huaraz informa.** (26 de abril de 2013). *Inspeccionaron funcionamiento de sifonaje en laguna Palcacocha*. Recuperado de <http://huarazinforma.pe/archives/5130>
- Monk, S.** (2012). *30 proyectos con Arduino*. Madrid: Editorial Estribor.
- Ruiz Robredo, G.** (Ed.). (2001). *Electrónica básica para ingenieros*. Cantabria: Facultad de Ciencias Universidad de Cantabria. Recuperado de <http://www.cartagena99.com/recursos/electronica/apuntes/Electronica%20Basica%20Para%20Ingenieros.pdf>
- Torrente, O.** (2013). *Arduino: Curso práctico de formación*. México: Alfaomega.

ESPECIAL

EXPEDICIÓN CIENTÍFICA HUASCARÁN - INAIGEM 2017

PRESENTACIÓN

El INAIGEM, organismo público especializado adscrito al Ministerio del Ambiente, tiene como finalidad el fomento y la expansión de la investigación científica y tecnológica en el ámbito de los glaciares y los ecosistemas de montaña, promoviendo una gestión sostenible que beneficie a las poblaciones que viven en o se benefician de dichos ecosistemas.

Por ello, el INAIGEM viene monitoreando el comportamiento de los frentes glaciares en diversos ámbitos del Perú (nevados Palcaraju, Pucaranra, Copa, Queullaraju, Llaca, Huillca, Pastoruri en la Cordillera Blanca; Ticlla, Sullcón 3 y Paccha en la Cordillera Central; y Chaupi en la Cordillera Vilcanota). Este monitoreo se viene desarrollando también en otros glaciares desde la década de los 70 del siglo pasado por diferentes instituciones; sin embargo, la información sobre el comportamiento de las cumbres nevadas aún es insuficiente, sobre todo en el actual contexto de cambio climático. Asimismo, la información sobre la altitud de las principales cumbres nevadas del Perú proviene de diferentes fuentes y diversos métodos empleados, algunos de los cuales sin verificación de campo, lo que hace necesario contar con información confiable sobre la altimetría de los nevados.

Por otro lado, es muy limitada la información disponible sobre las características biológicas de los glaciares y nevados peruanos, en apariencia territorios carentes de vida; sin embargo, la existencia de especies de micro y macroinvertebrados, algas, etc. podría ser indicador a considerar sobre la dinámica de los glaciares tropicales.

Un tema que actualmente INAIGEM viene investigando es la concentración de Carbono Negro en la superficie de algunos nevados de la Cordillera Blanca (Tocllaraju, Vallunaraju, Yanapaccha y Shallap). Con esta investigación, además, se pretende evaluar el impacto de la quema de combustibles fósiles e incendios forestales en el nevado Huascarán.

El INAIGEM prevé el desarrollo de investigaciones de manera permanente en los temas antes señalados, así como en los aspectos meteorológicos y geológicos, orientados a la mejor comprensión de los ecosistemas glaciares, para generar conocimiento que contribuya a la conservación y aprovechamiento sostenible de los servicios ecosistémicos de montaña.

Por los motivos indicados, se organizó la Expedición Científica a la cumbre sur del nevado Huascarán, realizada entre el 6 y el 12 de agosto del presente año. Este informe contiene la metodología y los resultados obtenidos, los cuales se ponen a disposición del público y de la comunidad científica.

Huaraz, agosto de 2017

Benjamín Morales Arnao

Presidente Ejecutivo

INAIGEM

ANTECEDENTES

EL NEVADO HUASCARÁN

El Huascarán (en quechua ancashino: Mataraju, “nevados mellizos”), es un macizo ubicado en la cordillera occidental de los Andes peruanos, denominada “Cordillera Blanca”, ubicado en la provincia de Yungay, departamento de Ancash. Es el nevado tropical más alto del mundo. Es un icono nacional y mundial que da nombre al Parque Nacional y a la Reserva de Biósfera. El nevado Huascarán consta de dos cumbres: la cumbre norte con 6655 msnm y la cumbre sur con 6768 msnm (esta última, según medición establecida antes de la expedición que da lugar al presente informe).

El macizo ocupa la parte norte-central de la Cordillera Blanca y está separado del resto de la cadena por dos profundos valles: Llanganuco al norte y Ulta al sur. El primero es el lugar turístico más conocido por albergar a las dos lagunas Llanganuco: Chinancocha y Orcococha, y a las cumbres más famosas del Perú: Huandoy, Pisco y Chacaraju. El segundo valle alberga al túnel vehicular a mayor altitud del mundo: la Punta Olímpica, en la cota de los 4732 msnm.

PRINCIPALES TRABAJOS EN EL HUASCARAN

En 1908, la montañista norteamericana Annie Peck conquista la cima norte del Huascarán. La cumbre sur y el nevado Chopicalqui continuaron inexpugnables hasta la expedición científica austroalemana conformada por los científicos Philipp Borchers, Wilhelm Bernard, Erwin Hein, Hermann Hoerlin, Hans Kinzl y Erwin Schneider, y los porteadores peruanos Néstor Montes y Faustino Rojo, quienes lograron conquistar el pico sur el 20 de julio de 1932 y el Chopicalqui el 3 de agosto del mismo año, determinando la altura de la cumbre sur en 6768 msnm. Los objetivos determinados por los expedicionarios fueron: realizar ascensiones, investigaciones científicas y el levantamiento de un mapa topográfico a gran detalle.

El Dr. Nicolás Jaeger, en 1979, permaneció solo en la cumbre sur del nevado Huascarán durante 60 días, con el fin de estudiar los efectos fisiológicos.

En lo que se refiere a la glaciología del coloso, destaca el liderazgo del Dr. Lonnie G. Thompson, quien en 1980 se interesó en el estudio de las capas de hielo, lo que concluyó en un segundo programa realizado en el

año 1984. Finalmente, después de varias expediciones, en el año 1993 realizó dos perforaciones hasta la base de la roca madre de Huascarán, encontrando una profundidad máxima de 190 m. En el año 2018 el Dr. Thompson efectuará nuevas perforaciones profundas en la garganta del Huascarán y posiblemente en la cumbre sur o norte de este pico, para lo cual firmaremos un convenio de cooperación científica con el INAIGEM para compartir diversas investigaciones.

También es pertinente citar el trabajo llevado a cabo en el año 2013 por un equipo de investigadores australianos y alemanes, que revelaron que el Huascarán es el lugar de la superficie terrestre con la menor fuerza de atracción gravitacional.

El 1 de agosto del 2017, el montañista ruso Valery Rozov realizó con éxito el salto base mas alto en América de Sur, al lanzarse desde la cumbre sur del nevado Huascarán hacia el valle del Santa, planeando unos 2000 metros hasta su aterrizaje a unos 4800 msnm, siendo esta hazaña deportiva muy comentada a nivel mundial



OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

GENERAL

Evaluar la dinámica glaciar y los impactos producidos por los efectos del cambio climático, así como las influencias del tectonismo en el nevado tropical más alto del mundo: el Huascarán.

ESPECÍFICOS

- **Determinación de la altura**
Establecer la altura in situ de la cumbre sur del Huascarán, utilizando un equipo de precisión GPS diferencial (de exactitud milimétrica), para evaluar posibles variaciones debido a los impactos climáticos y tectónicos.
- **Disminución de superficie glaciar**
Contrastar la disminución de la superficie glaciar del sistema Huascarán -que comprende los nevados Huascarán y Chopicalqui-, analizando las fotografías aéreas e imágenes satelitales del periodo comprendido entre los años 1962 y 2016.
- **Acumulación de nieve**
Determinar la acumulación anual de nieve en la cumbre del nevado Huascarán.
- **Registro meteorológico**
Identificar las condiciones meteorológicas en el nevado Huascarán con equipo móvil multiparamétrico (marca Kestrel modelo 5500).
- **Medición de Carbono Negro**
Medir la presencia de material particulado (Carbono Negro PM 2.5) en las capas superficiales del nevado Huascarán, producto del transporte de emisiones atmosféricas como la ignición incompleta de combustibles fósiles y la quema de materia orgánica.
- **Presencia de macro y microorganismos**
Identificar macro y microorganismos existentes en las diferentes altitudes superficiales del nevado Huascarán.
- **Fuentes de contaminación de origen antrópico**
Identificar la presencia de desechos humanos.

ITINERARIO DE LA EXPEDICIÓN

El ascenso y la permanencia en la cumbre del nevado Huascarán es un reto para cualquier montañista, más aún para una expedición con fines científicos. La experiencia es valiosa y significativa, en tanto constituye un precedente para futuras acciones de investigación.

Fueron siete días de intenso trabajo, desde la partida en la localidad de Musho (provincia de Yungay, Ancash),

hasta la cumbre y el retorno. El transporte del equipo científico desde los 3020 hasta los 6757 msnm en cuatro campamentos de altura, que son usualmente utilizados por los guías y técnicos de montaña y su retorno, demandó un esfuerzo adicional de los expedicionarios para la logística necesaria. La tarea cumplida tuvo el siguiente itinerario:

Día 1 (6 de agosto)

Caminata desde Musho hasta el **Campo Base** (4200 msnm).



Campamento base: Evaluando la ruta de ascenso

Día 2 (7de agosto)

Caminata desde el **Campo Base** hasta el límite de la morrena. La ruta se efectuó con el transporte de carga pesada con la finalidad de poner a prueba las condiciones físicas del personal, además del adiestramiento en el

sorteo de senderos peligrosos. La permanencia en el Campo Morrena (4650 msnm.) sirvió para hacer una evaluación de la ruta de ascenso y la calibración de los equipos.

Día 3 (8de agosto)

Se realizó el ascenso al **Campo 1** (ubicado sobre hielo a 5300 msnm), en un tiempo aproximado de cuatro horas, dando inicio con la instalación de dos sensores. En el Frente Glaciar se instaló otro sensor. Durante la permanencia en la zona se experimentaron temperaturas

promedio de -5°C , poniendo a prueba la indumentaria y los equipos de campamento. Esta zona es estratégica debido a que se estudia en detalle la ruta de escalada hacia la Garganta.



Ruta de ascenso con ubicación de los campamentos

Día 4 (9 de agosto)

La jornada de ascenso al **Campo 2 - Garganta** (6000 msnm), se inició partiendo a las 5:00 h del Campo 1. Los expedicionarios arribaron a la zona más peligrosa denominada "la canaleta" a las 7:00 h. El ascenso a este objetivo se debe de realizar en horas de la madrugada cuando la superficie de la nieve se mantiene dura y se puede evitar los desprendimientos de bloques de hielo, que tienen mayor recurrencia en horas del día.

El desplazamiento se organizó en tres cordadas: la primera, conformada por los técnicos de montaña del INAIGEM Julio Bartolomé y Justiniano Santiago, quienes tuvieron la tarea de señalar la ruta a seguir; la segunda, conducida por Francisco Ostos y por los profesionales del INAIGEM Ricardo Duran y Oscar Vilca; y la tercera cordada, conformada por nuestros técnicos glaciólogos Romaldo Santiago, Américo González y Héctor Oropeza.

En este recorrido, la prueba más complicada fue el ascenso por la temida "canaleta", que posee pendientes mayores a 75° . Es un sector de alto riesgo por la

presencia de glaciares colgados y fracturados en toda la cabecera, propenso a eventuales desprendimientos de bloques de hielo y avalanchas.

Más allá de "la canaleta" se encuentra un sector con pendientes entre 40° y 60° aproximadamente. Esta zona, sin ser la más complicada para el desplazamiento es, sin lugar a dudas, la zona de mayor peligro de este tramo. La presencia de avalanchas recientes sobre el terreno indica lo inestable y dinámico que es el glaciar en este sector; además, de estar ubicado entre glaciares colgados y las grietas. Adicionalmente, se tuvo que lidiar con la superficie de hielo duro (cristalizado) que dificultaba significativamente el desplazamiento, provocando resbalones y tensiones en las cuerdas de apoyo.

Durante la permanencia en el Campo 2, se experimentaron temperaturas promedio de -5°C consideradas "óptimas", tratándose de una altitud tan considerable. El cambio súbito de temperatura se da a partir de las 5:35 h, pasando de -5°C hasta llegar a -11°C .



Campo 2: Zona de campamento antes de ascenso a la cumbre

Día 5 (10 de agosto)

El ataque a la Cumbre (6757 msnm) se inició a la 01:00 horas. Las cordadas de asalto estuvieron dispuestas según las condiciones físicas observadas en los días previos, encabezando la primera Francisco Ostos, seguido de Oscar Vilca y Justiniano Santiago; la segunda cordada conformada por Héctor Oropeza, Américo González y Romaldo Santiago, quedando al final, la tercera cordada conformada por Julio Bartolomé y Ricardo Durán.

El ascenso se puede describir en tres tramos:

- **Primer tramo:** de menor riesgo a través de la garganta y hacia la cumbre sur. Consiste en el desplazamiento con cuerda estática dado que se sortearon tres grandes grietas y eventuales “puentes” de hielo. Debido a la distancia para sortear las grietas por las zonas más estrechas, el tramo tomó algo más de dos horas hasta llegar al pie de la cara norte del Huascarán sur.
- **Segundo tramo:** es el que exige mayor destreza técnica y resistencia física, con pendientes por sobre los 75°, tramos casi verticales y cornisas, donde es indispensable la pericia técnica para la instalación de sistemas de anclaje en diferentes etapas. En esta zona, las cordadas realizaron el ascenso de manera paralela, optimizando el empleo de las estacas, cuerdas y además implementos de apoyo en caso de percances. Dadas las condiciones y complejidad técnica para el ascenso en este sector, se puede caracterizar como zona de muy alto riesgo, sumado siempre a la presencia de glaciares colgados en la parte superior. Este tramo demandó un tiempo aproximado de tres horas con un desgaste máximo de energía.



Cumbre del Nevado Huascarán Sur: Instalación y testeo de instrumentos de medición

- **Tercer y último tramo:** es de travesía, con un nivel de peligro medio debido a la presencia de nieve tipo polvo o nieve seca que cubre los agrietamientos, haciendo que los pasos en falso debiliten las rodillas. En este tramo, la travesía es muy larga y agotadora, tomando hasta tres horas aproximadamente llegar hasta la cumbre.

A las 8:04 h, la primera cordada llegó a la cima y la segunda a las 8:15 h. De inmediato, se dio inicio a las acciones científicas previstas, consistente en el posicionamiento y nivelación de la antena GPS, la excavación del pozo para observar la acumulación de nieve, la determinación de la zona donde se instalará el sensor Kestrel para la captura de información meteorológica y la zona para la extracción de muestras de Carbono Negro.

Posteriormente, con la llegada de la tercera cordada (9:15 h), se realizó el reporte radial al Campo Base, dando cuenta de la llegada exitosa de los expedicionarios a la cumbre. Las condiciones cambiantes y rigurosas del tiempo y la nubosidad en la cumbre, demandaron tomar decisiones que no hicieran peligrar la seguridad del personal y el éxito de la empresa.

Teniendo en cuenta la conveniencia técnica de permanecer el mayor tiempo posible en la cumbre, a fin de obtener el máximo de precisión de los equipos, se registró un periodo de permanencia de cuatro horas. Durante la estadía en la cumbre, el personal experimentó diferentes manifestaciones físicas y fisiológicas, siendo común el agotamiento, sueño, enfriamiento de pies y manos, además de cansancio generalizado

producto del propio desgaste. Entre otras reacciones adversas, algunos expedicionarios sintieron también dolores de cabeza, nublado de la vista y zumbidos en los oídos.

La dinámica de los vientos y el ascenso de las nubes provenientes de la vertiente del Amazonas obligaron el descenso rápido; además, la cobertura densa de nubes obstruyó la visibilidad por algunos minutos, esto complicó de sobremanera el desplazamiento, dada la dificultad de encontrar las huellas para el camino de retorno. Se optó por hacer el descenso a paso muy lento con cuerda estática; inclusive en algún momento, se consideró la idea de quedarse en el lugar hasta que las condiciones de visibilidad mejoraran, o en su defecto, construir un vivac cavando en la superficie glaciar para descansar en un lugar protegido de las ráfagas de viento.

Minutos después, se retomó las tareas de descenso cuando se abrieron "ventanas" de visibilidad hacia las zonas bajas. Esta etapa se realizó a paso acelerado hasta alcanzar a la primera cordada que había descendido horas antes. El equipo completo, otra vez reunido, inició la instalación de anclajes para el descenso vertical mediante sistemas de rapel en tramos largos con las cuerdas extendidas en su totalidad (60 m).

Posterior al descenso vertical y con mejores condiciones de tiempo, todo el equipo reunido llegó a la zona de la Garganta a las 17:00 h, quedando pendiente la tarea de sortear grietas en una travesía que duró algo más de hora y media hasta llegar al Campo 2, donde se pernoctó.

Día 6 (11 de agosto)

Partiendo del Campo 2, a las 06:00 se inició el descenso a través de "la canaleta". Se realizó con rapidez. Finalizando el tramo difícil, el equipo acudió al llamado de ayuda de un andinista argentino que evidenciaba signos de agotamiento y fatiga producto de una mala aclimatación, por lo que se acudió a su rescate

hasta llevarlo al refugio Huascarán.

En la ruta de ascenso nos encontramos con 4 expediciones provenientes de México, Argentina, Brasil y Francia, que por dificultades técnicas, no llegaron a la cumbre del Huascarán.

Día 7 (12 de agosto)

Descenso del Campo Base hasta el poblado de Musho donde se realizó una ceremonia de bienvenida con la presencia de la Directora Regional de Turismo, el representante de la Policía de Montaña, el jefe del IPD, representantes de las gobernaciones provinciales

de Huaraz y Yungay, autoridades locales y pobladores. También asistieron una numerosa delegación de nuestros compañeros del INAIGEM, con nuestro Presidente Ejecutivo y directores de línea.

Campamentos y actividades durante el ascenso de la Expedición Científica al Huascarán

Fecha	Lugar	Altitud msnm	Actividades
06/08/2017	Musho Campo Base	4200	
07/08/2017	Campo Base Campo Morrena	4650	
08/08/2017	Campo Morrena Campo 1	5317	- Instalación de dos sensores Kestrel: en el frente glaciar y en las inmediaciones del Campo 1 - Aclimatación
09/08/2017	Campo 1 Campo 2	6000	- Instalación de un sensor Kestrel en las inmediaciones del Campo 2 - Aclimatación
10/08/2017	Campo 2 Cumbre Huascarán Sur Campo 2	6757	- Ascensión a la cumbre - Instalación de la antena GPS - Instalación de un sensor Kestrel - Excavación de un pozo de observación y evaluación de las condiciones de acumulación de nieve - Muestreo de Carbono Negro - Retorno al Campo 2 y pernocte
11/08/2017	Campo 2 Campo Base	4200	- Retorno al Campo Base - Recojo de sensores Kestrel - Muestreo de Carbono Negro
12/08/2017	Campo Base Musho	3020	- Descenso del Campo Base hasta Centro Poblado de Musho



Parte de la comitiva de recepción de la expedición científica al Huascarán

RESULTADOS DE LA EXPEDICIÓN CIENTÍFICA

MEDICIÓN DE LA ALTURA DEL NEVADO HUASCARÁN

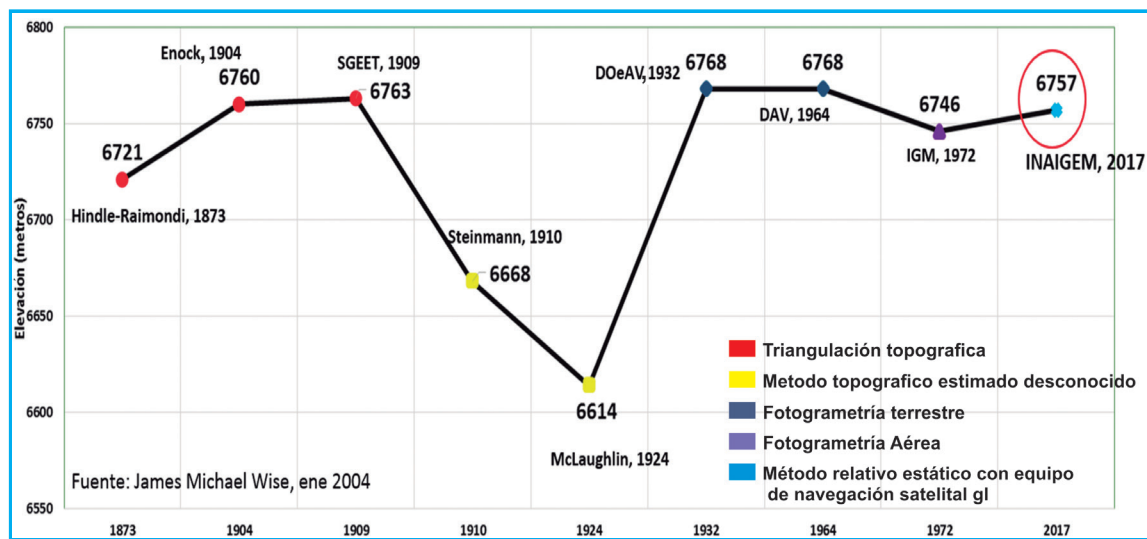
Antecedentes

Se han realizado nueve mediciones de las cumbres sur y norte del Huascarán a partir de 1873. Desde la altura dada por Hindle - Raimondi, hasta la última medida tomada por la expedición del INAIGEM, en agosto de 2017.

La penúltima medición fue realizada en el año de 1972 por el Instituto Geográfico Militar (IGM), la cual fue

de 6746 msnm. La más conocida es de 6768 msnm, medida que fue realizada por la expedición científica austroalemana de 1932, con el método de fotogrametría terrestre. En la expedición científica del año 2017, el INAIGEM realizó la medición de la cumbre con un GPS diferencial de marca TOPCON, modelo GR5, obteniendo el valor de 6757 m.

Historial de mediciones de altura de la cumbre sur del nevado Huascarán



Levantamientos Previos

La tecnología GPS diferencial proporciona mayor exactitud a las mediciones de altura. Este tipo de receptor, además de recibir y procesar la información de los satélites, recibe y procesa simultáneamente otra información adicional procedente de una estación terrestre situada en un lugar cercano y reconocido por el receptor. Esta información complementaria permite

corregir las inexactitudes que se puedan introducir en las señales que el receptor recibe de los satélites. En este caso, la estación terrestre transmite al receptor GPS los ajustes que son necesarios realizar en todo momento, éste los contrasta con su propia información y realiza las correcciones teniendo los datos correctos con una gran exactitud.

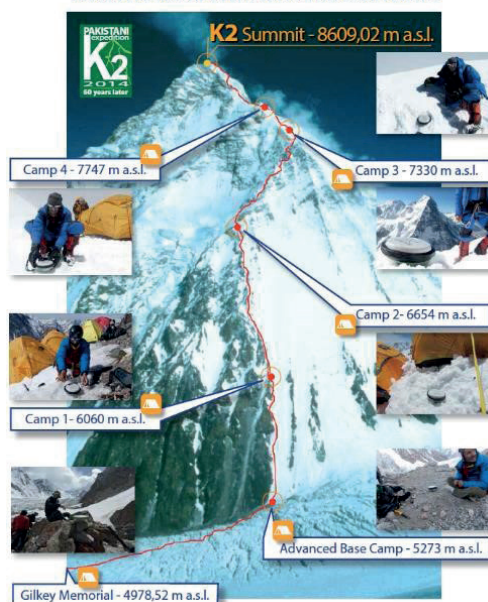
Esta metodología de medición se ha aplicado en muchas cumbres a nivel mundial, podemos mencionar las siguientes:

Monte everest	Año 1992 - Nepal
Monte Kilimanjaro	Año 1999 - Tanzania
Aconcagua	Año 2001 - Argentina
K2	Año 2014 - Pakistan - China



Quanto è alto il K2?

LA PRIMA MISURAZIONE CON TECNOLOGIA GPS
DI ALTA PRECISIONE DELLA VETTA E DEI CAMPI DEL K2



Infografías sobre la medición del K2 con GPS diferencial en año 2014

Un antecedente reciente de la metodología empleada en el nevado Huascarán aconteció en el año 2014, en la segunda montaña más alta del mundo: el K2, en la cordillera Karakórum (sistema de los Himalayas), con

la expedición “K2 setenta años después”, donde se determinaron las elevaciones de los diferentes puntos, desde los campamentos hasta la cumbre.

Medición de Altura de la Cumbre Sur del Nevado Huascaran realizado por en INAIGEM

Para el cálculo de la elevación del nevado Huascarán, Se empleó un equipo satelital de navegación global de alta precisión conocido como GPS diferencial (marca TOPCOM GR5). Su uso consiste en la utilización de un receptor móvil y una estación (o estaciones) de referencia sobre coordenadas conocidas. La idea básica para comprender el fundamento del DGPS es la utilización de receptores sobre puntos de coordenadas muy bien conocidas; estos receptores (llamados estaciones de referencia o estación base), leen en todo momento las posiciones reportadas por sus observaciones GPS y las comparan con las posiciones teóricas de sus coordenadas conocidas.

Método

El método empleado en el cálculo de las coordenadas de la cumbre del nevado Huascarán, fue el Relativo Estático; según lo detallado en la “Norma Técnica Geodésica: Especificaciones Técnicas para el Posicionamiento Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global” del Instituto Geográfico Nacional (IGN). El trabajo realizado tiene como objetivo la localización de un punto geodésico de orden “C” en la cumbre sur del nevado Huascarán.

La diferencia entre las coordenadas conocidas y las coordenadas calculadas mediante el sistema GPS, es el error. La corrección del error, el cual ha sido determinado en la estación base, puede ser aplicado a los otros receptores GPS, conocidos como Rover. La corrección de los datos tomados en campo puede hacerse en una etapa de post-procesamiento, en el cual es necesario un software especializado o también pueden corregirse los datos en tiempo real.

Se tomó como referencia geodésica el Punto Geodésico de orden “A”, determinado por el IGN con código YUNY, localizado en la ciudad de Yungay, específicamente en la azotea del Centro Cultural. La descripción monográfica de este punto fue adquirida al IGN. Se tuvo un tiempo de recolección de datos de 6:37:25 h en la estación base, y en la cumbre sur del Huascarán, un tiempo de recopilación de información de 2:03:45 h con fecha 10 de agosto de 2017. La

distancia desde la localidad de Yungay a la cumbre sur del Huascarán es de 16 km.

Terminados los trabajos de campo, la información almacenada en los receptores GPS es transferida a una computadora, estos datos son ingresados al software Magnet Tools, el post-proceso de las Líneas Base formadas entre el Punto Geodésico con código YUNY (base), y el Punto Rover en la cumbre sur del Huascarán. El procesamiento es realizado por el software de los equipos, el cual repite y analiza su consistencia.

Con esta metodología -de posicionamiento diferencial con post-procesamiento-, se determina las coordenadas UTM y geográficas en el sistema WGS84. La elevación para los puntos es calculado con referencia al elipsoide WGS84 y al modelo geoidal EGM2008 (modelo matemático de geoide a escala global desarrollado por la National Geospatial Intelligence Agency -NGA-) de los Estados Unidos de América en el año 2008. Se trata de un modelo establecido para la transformación entre alturas).

Según el Instituto Geográfico Nacional, se debe tener las siguientes consideraciones para la localización de puntos geodésicos de orden “C”:

Puntos geodésicos de orden “C”:

Este orden se destina al establecimiento de control suplementario en áreas urbanas y rurales, al apoyo para el desarrollo de proyectos básicos de ingeniería y de desarrollo urbano-rural, y a trabajos que requieran precisión a un nivel máximo de 10.00 mm.

Para la toma de datos de todos los puntos geodésicos de orden “C”, se utiliza el método relativo estático; estos se obtienen con apoyo de por lo menos un punto geodésico, ya sea de orden “O”, orden “A” u orden “B” a nivel nacional, que estén separados equidistantemente a una distancia no mayor de 100 km al punto geodésico que se quiere establecer, considerando el tiempo continuo de observación no menor a 900 registros o épocas (de coincidencia con la base), a no menor de un (1) segundo ni mayor de cinco (5) segundos de sincronización (con la base), con una elevación de la máscara no mayor a quince (15) grados sobre el horizonte y con el rastreo permanente no menor de cuatro satélites.

Precisión:

Horizontal: hasta 10.00 mm

Vertical: hasta 15.00 mm

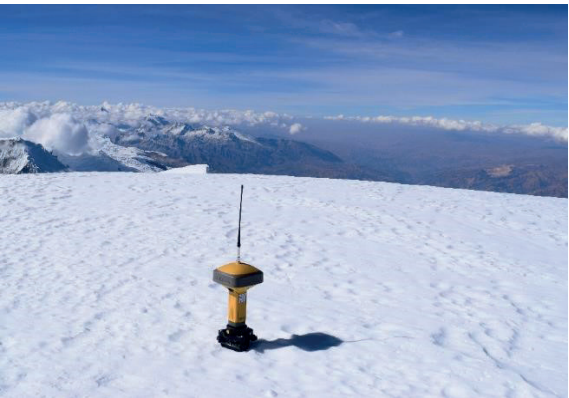
Resultados

La altitud registrada en la cumbre sur del Nevado Huascarán fue de 6756.697 m., las coordenadas y

elevaciones se muestran en la tabla siguiente:

Altura en el Nevado Huascarán

PUNTO	COORD. NORTE (UTM)	COORS. ESTE (UTM)	ELEVACIÓN (M)
BASE YUNGAY	8988588.685	198291.733	2500.363
CUMBRE SUR HUASCARAN	8990724.614	213778.255	6756.697



GPS diferencial estacionado en la cumbre sur del Huascarán

El equipo satelital de navegación global marca TOPCON GR5 fue empleado en modo estático para el cálculo de la elevación del nevado Huascarán, en este modo la precisión que alcanza este equipo es:

POSICIÓN	PRECISIÓN
Horizontal (X e Y)	3.0mm + 0.1 ppm
Vertical (Z)	3.5mm + 0.4 ppm

La medición milimétrica de este equipo moderno permitió medir la altura del Huascarán con precisión.

DISMINUCIÓN DE LA SUPERFICIE GLACIAR EN EL SISTEMA HUASCARAN - CHOPICALQUI AL 2016

Metodología

- Para el cálculo de la reducción del área glaciar del sistema Huascarán - Chopicalqui, se emplearon diversas técnicas y fuentes de información:

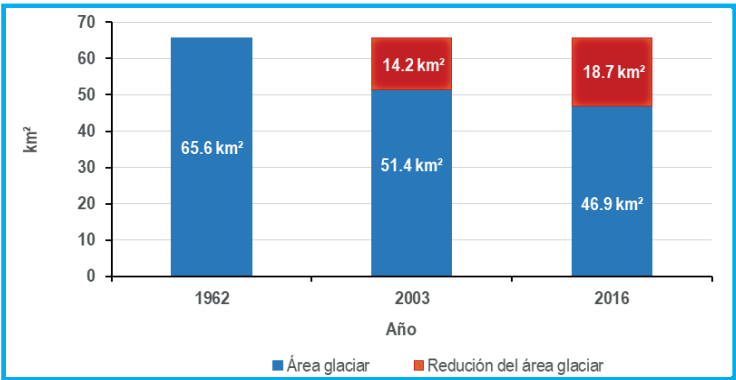
 - Primer inventario iniciado por la Corporación Peruana del Santa, INGEOMIN, INGEMMET y culminado por HIDRANDINA S.A. en 1989. Se emplearon fotografías aéreas verticales del Proyecto N° AF-60-17, vuelo alto USAF del 1962 - 1970.
 - UGRH-ANA, 2014. Emplearon imágenes de satélite SPOT, ASTER, LISS III y LANDSAT del 2003 al 2010.
 - INAIGEM, 2017. Se emplearon imágenes de satélite Sentinel 2 del 2016 con resolución espacial de 10 m.
 - En el primer inventario se emplearon técnicas fotogramétricas, es decir procesamiento de fotografías aéreas verticales. En el caso de la UGRH-ANA y el INAIGEM se emplearon técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales, que consisten de manera general, en la captura de las imágenes satelitales multispectrales, correcciones radiométricas y geométricas, interpretación y aplicación de índices y ratios, como el cálculo del índice de hielo-nieve (NDSI).

Resultados

Reducción de áreas glaciares entre 1962 y 2016.

		HIDRANDINA S.A, 1989	ANA-UGRH, 2014	INAIGEM, 2017	
		1962	2003	2016	
Área glaciar	(km²)	65.6	41 años	51.4	13 años
				46.9	
Reducción del	1962 y 2003	14.2 km² (21.65%)			
área glaciar por	2003 y 2016		4.5 km² (8.75%)		
periodo (km²)	1962 y 2016	18.7 km² (28.51%)			

Entre 1962 y 2016 (54 años), el sistema Huascarán ha experimentado una reducción de su área glaciar de 65.6 km2 a 46.9 km2; representando esto una pérdida de 18.7 km2 de superficie glaciar, equivalente al 28.51%.



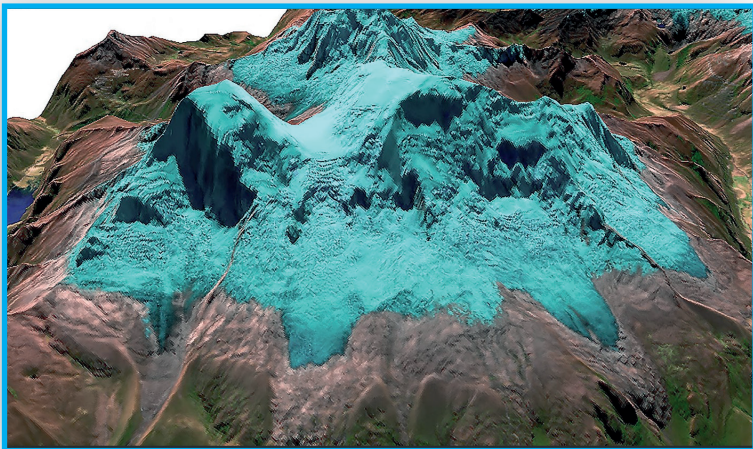
Reducción del área glaciar entre los años 1962 al 2016

Es conveniente indicar que la acción de la elevación de la temperatura, la radiación y la sublimación son factores definitivos en la fusión de los glaciares. Una prueba objetiva es la acontecida en noviembre del año 2016, cuando se tuvo una sequía total en la Cordillera Blanca, sin ninguna precipitación y con fusión de glaciares a gran magnitud, que colmaron las lagunas

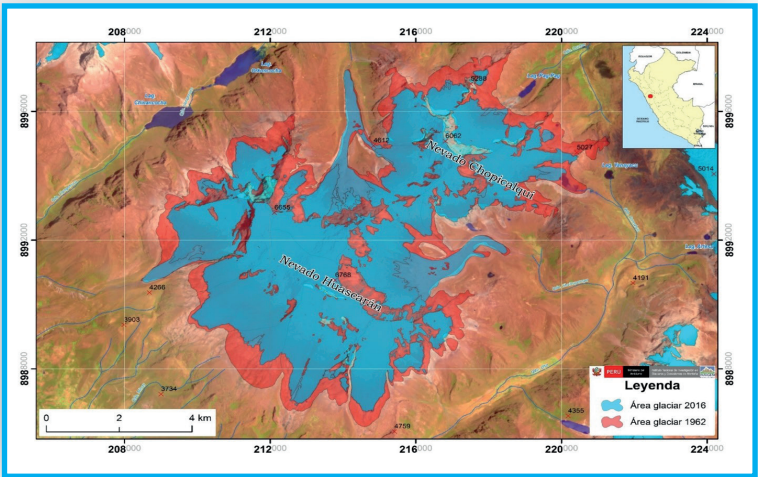
glaciares en mayor volumen que en la época de lluvias, tal como se constató en la laguna Palcacocha y toda la Cordillera Blanca. Un ejemplo, es la situación del nevado Huascarán: en las imágenes satelitales de 2016 y 2017 (pág. 17 y 18), se muestra la gran fusión ocurrida en este nevado, que llegó a afectar hasta sus cotas superiores.



Vista satelital del nevado Huascarán noviembre 2016, muestra una severa fusión del área glaciar en sus partes inferiores



Vista satelital multispectral del nevado Huascarán año 2017, muestra una acumulación de nieve sobre la parte inferior del glaciar



Sistema Huascarán Chopicalqui – Reducción del área glaciar entre 1962 y 2016

Metodología

La caracterización de la acumulación de nieve en la cumbre nos ofrece conocer el comportamiento de la estratificación en altitudes mayores a los 6000 msnm. En esta expedición se realizó la observación de las diferentes formaciones glaciares a lo largo de la ruta de ascenso hacia la cumbre. Los resultados nos permiten determinar las características de la acumulación de nieve en la cumbre del nevado Huascarán e identificar zonas para realizar futuros estudios glaciológicos.

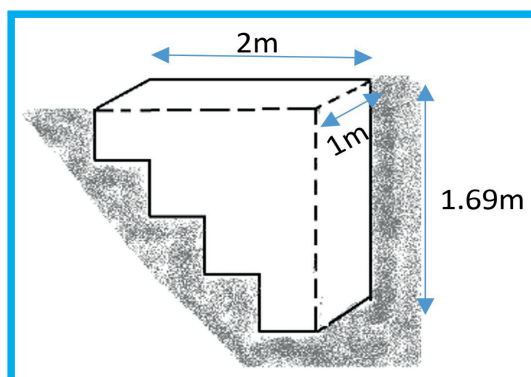
La evaluación se realizó mediante el siguiente procedimiento:

- Excavación de un pozo de un metro de ancho y dos metros de largo con ingreso escalonado, para evaluar los estratos de acumulación, llegando a una profundidad de 1.69 m. Asimismo, se determinó una costra en la superficie (20 cm.)

Resultados

- La superficie glaciar en la cumbre del nevado Huascarán Sur es uniforme, con leves sinuosidades y ondulaciones modeladas por agentes climáticos como los vientos, temperatura y radiación solar.
- La principal característica de la nieve observada en la cumbre es la nieve seca o nieve polvo, cubierta con una costra de 20 cm de nieve que no se fusiona debido a las temperaturas bajo cero y a la presencia de ráfagas de vientos de las diferentes vertientes.
- La acumulación de nieve está directamente asociada a las condiciones del viento y morfología del terreno, la cumbre del nevado Huascarán Sur tiene forma de un casquete semi esférico, modelado por acción del viento principalmente.
- Se observó un perfil estratigráfico uniforme hasta

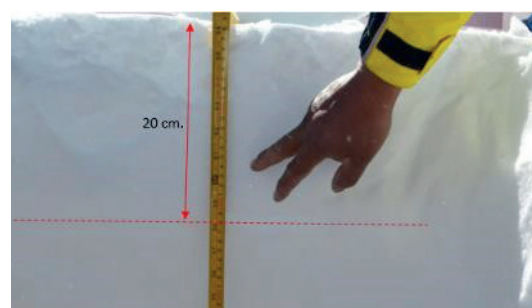
y una columna homogénea de nieve fresca. Esta zona fue ubicada en un área libre de agrietamientos y alteraciones en la superficie del glaciar.



Observación directa y medición de los diferentes estratos y cambios en la columna de acumulación de nieve

la profundidad de 1.69 m con una densidad aproximada de 0.6 gr/cm³.

- La estratigrafía por debajo de los 20 cm de la superficie es uniforme, formada en su integridad por nieve seca y sin presencia de partículas, con una densidad aproximada 0.6 gr/cm³. Este tipo de nieve no posee adherencia entre sí, ni se compacta debido a las temperaturas extremadamente bajas. No se llegó hasta la base del límite de la acumulación anual debido al extremo esfuerzo que requería la excavación con lampa a esa altitud, reto que cumpliremos en una próxima expedición.
- Esto explica la escasa acumulación, dado que la nieve que cae sobre la superficie, al no compactar es arrastrada fácilmente por las corrientes de viento, muy frecuentes en el lugar.



El pozo de acumulación se excavó hasta 1.69 m de profundidad. Se observó un perfil homogéneo en la acumulación de nieve

CONDICIONES METEOROLÓGICAS EN EL NEVADO HUASCARÁN

Metodología

Las variables meteorológicas medidas fueron:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Velocidad y dirección del viento

Para estas mediciones se utilizó una estación meteorológica multiparamétrica de marca Kestrel modelo 5500, equipo ampliamente empleado en alta montaña debido a su peso ligero y a la confiabilidad de los resultados que registra.

Las estaciones portátiles fueron ubicadas en transecto altitudinal, en el frente glaciar (4998 m), en el campo 1 (5300 m), en el campo 2 (6000 m), en la pared

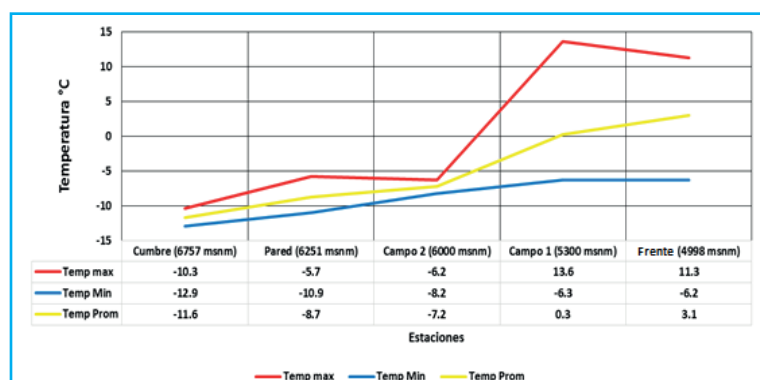
de acceso a la cumbre (6251 m) y en la cumbre (6757 m), para registrar información de manera simultánea. El período de registro presentado en los gráficos siguientes corresponde a las 5 estaciones durante el tiempo en el que se tuvo localizada la estación meteorológica portátil en la cumbre, es decir, desde las 8:30 h hasta las 11:10 h. Se presentan también los registros completos de las estaciones ubicadas en el frente glaciar y en el Campo 1, donde se tienen los mayores períodos de registro.

Los datos registrados por las estaciones meteorológicas son descargados de cada equipo y procesados estadísticamente para obtener valores promedio.

Resultados

Evidentemente las temperaturas en la cumbre del nevado Huascarán resultan ser las más bajas en todo el transecto, llegando la mínima a -12.9°C , sin embargo, se puede observar una importante gradiente de temperaturas entre la máxima y la mínima de más de

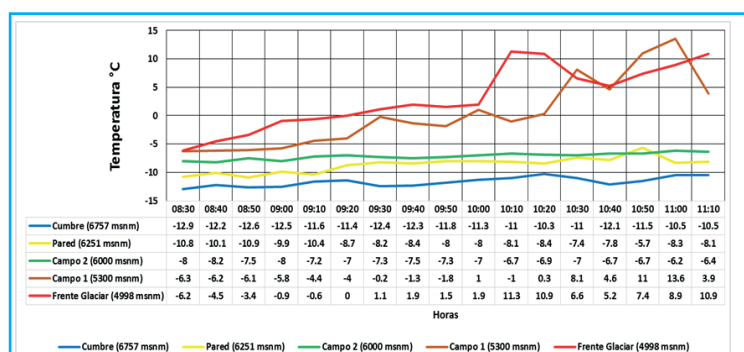
19.9°C , tanto en el campo 1 como en frente glaciar. Este comportamiento puede deberse a la menor incidencia de vientos en estas zonas, hecho que permite la acción de la radiación solar sobre la superficie glaciar incrementando su temperatura.



Temperaturas a diferentes altitudes en el nevado Huascarán día 10 de agosto de 2017 desde las 08:30 h a 11:10 h

Como es de esperar, se observa una relación inversa entre la altitud y la temperatura. Las menores temperaturas se registran en la Cumbre con una débil gradiente térmica debido a la influencia del viento en esta zona. Las mayores temperaturas se registran en el Campo 1 y el Frente Glaciar, se puede observar una

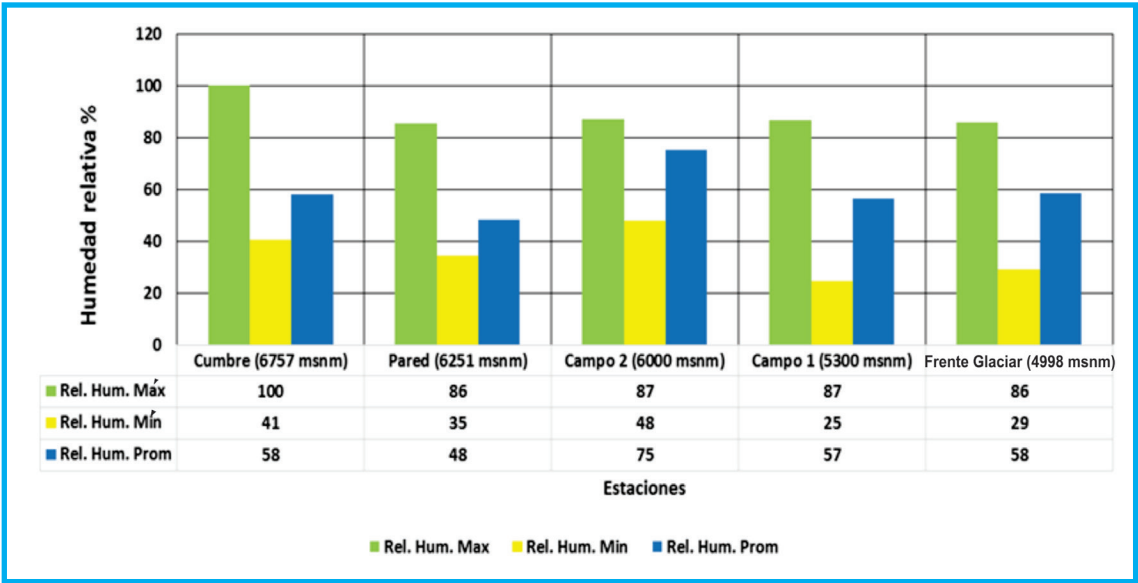
mayor gradiente de temperaturas a medida que avanza la mañana. Se infiere que existe, en la parte baja del glaciar, una mayor influencia de la radiación solar, por el incremento de la temperatura debido a la menor incidencia de vientos y a la existencia de Carbono Negro.



Comportamiento de la temperatura cada 10 minutos a diferentes altitudes en el nevado Huascarán el día 10 de agosto del 2017 desde las 08:30 h a 11:10 h

El comportamiento de la humedad relativa en el transecto altitudinal nos muestra que el ambiente predominantemente seco con cortos períodos en los que se alcanza una alta humedad atmosférica, debido a

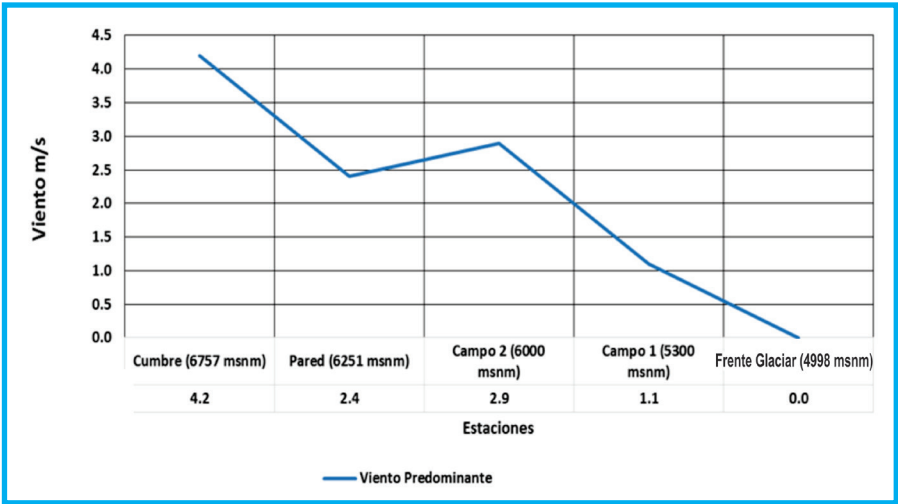
la presencia de nubosidad. La humedad relativa máxima llega al 100% en la cumbre y está por encima del 80% en las demás zonas, la humedad relativa mínima está por debajo del 50% llegando hasta el 25% en el Campo 1.



Análisis de la Humedad Relativa a diferentes altitudes en el nevado Huascarán el día 10 de agosto del 2,017 desde las 08:30h a 11:10 h.

Con respecto a la velocidad del viento, se puede observar que las mayores velocidades se registran en la cumbre del nevado, evidentemente, debido a la exposición a los elementos climáticos, Las condiciones de viento durante la duración de los trabajos en la cumbre fueron buenas, no se registraron vientos extremos como suele suceder en este territorio. Los vientos más fuertes son de 4.2 m/s (15 km/hora). El campo 2 presenta altas

velocidades de viento, esto se debe a la morfología del nevado Huascarán. El campo 2 se encuentra ubicado entre las cumbres norte y sur del glaciar, hecho que contribuye a canalizar los vientos hacia esta zona de paso. En la parte baja del glaciar las velocidades predominantes son bajas. La incidencia de los vientos afecta la acción de la radiación solar sobre el incremento de las temperaturas en el glaciar.



Análisis de la velocidad de viento predominante a diferentes altitudes en el nevado Huascarán el día 10 de agosto del 2,017 desde las 08:30 a 11:10 horas.

Las estaciones localizadas en el frente glaciar y el Campo 1 son las que tienen mayor tiempo de registro, un total de 67 horas de registro en el frente glaciar y 63

horas en Campo 1. Los siguientes gráficos muestran la evolución de la temperatura y humedad relativa en estas dos zonas del nevado Huascarán.

TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA HORARIA ESTACIÓN FRENTE GLACIAR (4998 msnm)



En el frente glaciar puede observarse el comportamiento cíclico de la temperatura alcanzando sus valores máximos entre las 11h y 12 h diariamente con valores de alrededor de 8.5°C. La temperatura mínima se alcanza alrededor de las 6 h con valores de aproximadamente -6°C. Un comportamiento cíclico similar se observa en las temperaturas del Campo 1, sin embargo, el día 10 de agosto la temperatura máxima no superó los 5°C registrando valores de este orden hasta las 16 h. Las temperaturas mínimas se dan alrededor de las 5 h con temperaturas que alcanzan los -8°C.

El comportamiento de la humedad relativa se muestra inverso a la evolución de la temperatura. Cuando las

temperaturas son bajas los valores de humedad relativa se incrementan llegando hasta el 100%. Cuando se alcanza la temperatura máxima los valores de humedad relativa disminuyen notoriamente.

Es importante anotar que, a diferencia de lo que ocurre en el sur del Perú, donde a altitudes de 4000 msnm se tienen temperaturas del orden de -15 °C, en los glaciares del norte del Perú, como en el Huascarán a 6000 msnm, se tienen temperaturas de -8°C. Esto demuestra la marcada influencia de la latitud sobre el comportamiento de las variables meteorológicas en zonas glaciares.

PRESENCIA DEL CARBONO NEGRO EN CAPAS SUPERFICIALES DE EL NEVADO HUASCARÁN

Metodología

El carbono negro es un tipo de aerosol que se emite directamente a la atmósfera en forma de partículas finas (PM2.5), tiene una fuerte capacidad para absorber la luz solar y se produce durante la combustión incompleta de combustibles fósiles, los biocombustibles y la biomasa. El carbono negro influye directamente sobre los glaciares al reducir la reflectividad (albedo), lo que implica mayor cantidad de energía absorbida y transferida en forma de calor a la nieve y hielo, de esta manera acelera el proceso de derretimiento (fusión) de los glaciares. Las partículas de carbono negro pueden depositarse sobre los glaciares de dos maneras: en seco (directamente como partículas finas) o en húmedo (presencia de gotas de agua o copos de nieve).

La metodología desarrollada fue:

Recolección de 5 muestras en puntos durante el ascenso a la cumbre sur del nevado Huascarán; estas muestras representan la nieve superficial (reciente) que cayó durante la estación húmeda del año 2017, Para la obtención de las muestras se consideró un área relativamente plana que no estuviera dentro de las rutas

de escalada, zonas de avalanchas o áreas con bastante pendiente. Se recolectó aproximadamente 2 kg de nieve superficial en cada punto, para ello, se utilizaron guantes de látex y bolsas con cierre hermético con el fin de preservar las muestras.

El siguiente procedimiento fue fundir y filtrar las muestras, para ello se utilizaron filtros de cuarzo de 0.7 micras de porosidad, los mismos que se introdujeron en un empaque sellado y se conectaron a una jeringa de 60 ml de capacidad, de manera lenta y haciendo movimientos circulares se empujó la muestra líquida por el filtro. Esta acción se realizó 5 veces para un total 600 ml de agua filtrada para cada muestra. De esta manera se obtuvo 5 filtros con el carbono negro presente en la nieve del nevado Huascarán. En gabinete, los filtros se analizaron mediante el Método de Absorción de Luz de Calefacción (LAHM, por sus siglas en inglés); para ello, se utilizó un instrumento experimental diseñado por el Dr. Carl Schmitt del National Center for Atmospheric Research (NCAR) y del American Climber Science Program de los EE.UU.



Toma de muestras de nieve y procedimiento de fusión y filtrado de muestras



Filtros con Carbono Negro obtenidos a partir del filtrado de las muestras líquidas

Resultados

A continuación se detallan los resultados de las muestras de Carbono Negro obtenidos, determinados mediante el Método de Absorción de Luz de Calefacción para los filtros, obtenidos a partir del proceso de fusión y filtrado de la nieve del nevado Huascarán:

Cantidad de carbono negro en diferentes altitudes del nevado Huascarán

CODIGO	CANTIDAD FILTRADA	CARBONO NEGRO	FECHA	REFERENCIA	ALTITUD
001-H	600 ML	0.169 ng/g	10/08/17	CUMBRE	6757 msnm
002-H	600 ML	9.501 ng/g	10/08/17	ENTRE CUMBRE Y CAMPO 2	6251 msnm
003-H	600 ML	33.142 ng/g	10/08/17	CAMPO 2	6000 msnm
004-H	600 ML	4.649 ng/g	11/08/17	CAMPO1	5300 msnm
005-H	600 ML	64.567 ng/g	11/08/17	ENTRE MORRENA Y CAMPO 1	4998 msnm

*ng/g: nano-gramo de carbono negro por gramo de nieve.

Los resultados muestran que, a mayor altitud el carbono negro es menor, siendo mínima su presencia en la cumbre (0.169 ng/g); y máximo, en la zona baja del glaciar en contacto con la morrena glaciar (64.567 ng/g). De manera particular, en el campo 1, la concentración se reduce ostensiblemente, se trata de una zona con menor exposición a los vientos hecho que puede influir en la baja concentración determinada. Comparativamente es interesante mencionar que, en el glaciar Yanapaccha en julio de 2016, se obtuvieron concentraciones de entre 198.58 ng/g (zona de acumulación) y 356.13 ng/g (zona de ablación). Además durante agosto de 2016, en el glaciar Shallap (cercano a Huaraz), se obtuvieron concentraciones de entre 363.05 ng/g (zona de acumulación) y 750.84 ng/g (zona de ablación), valores muy superiores a los registrados en el Huascarán.

IDENTIFICACIÓN DE BIOINDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Metodología para Identificación de Microorganismos

Para la identificación de microorganismos presentes en el Huascarán se colectaron cinco muestras de nieve superficial a 20 cm de profundidad en gradiente altitudinal, desde la base del glaciar hasta la cima, colectando datos de temperatura y humedad de cada punto donde se colectaron las muestras. El procesamiento de las muestras del Huascarán para el estudio biológico obedecerá al siguiente protocolo para su análisis:

- a. Se replicará en laboratorio las condiciones de temperatura, presión, humedad y luz de cada una de las muestras extraídas en función de los datos colectados.
- b. Se realizará la búsqueda e identificación de los

- organismos que pudieran estar presentes en las muestras extraídas (polen, bacterias, hongos, virus, etc.).
- c. De encontrar organismos se cultivarán y serán sometidos a análisis moleculares (ADN).
- d. De encontrar polen se identificarán las especies de las que proviene el polen y se analizará su procedencia en base al análisis de cobertura vegetal cercana al glaciar, tomando especial consideración a la cara oeste (de donde se extrajeron las muestras) por que en estos meses el viento va en dirección Oeste (incrementa la posibilidad de encontrar polen o rastros de otro tipo de organismos).

- e. Se someterán todas las muestras a análisis moleculares (búsqueda de fragmentos de ADN-Virus), esto independiente de encontrarse organismos o no en las muestras, para saber si en algún momento existieron o no organismos.
- f. Las muestras disueltas se someterán a análisis de pH, metales disueltos, OD.
- g. Se clasificarán y analizarán las partículas de polvo presentes en cada muestra (guarda relación con los nutrientes que pudieran necesitar los organismos presentes, también en un análisis de contaminación, dado que el viento pudiera estar arrastrando otro tipo de partículas).
- h. Las muestras de nieve superficial se procesarán en laboratorios de biología molecular. La investigación demorará en promedio dos meses para obtener resultados y conclusiones que permitan realizar una serie de publicaciones en revistas indizadas relacionadas a los temas de investigación biológica y cambio climático.

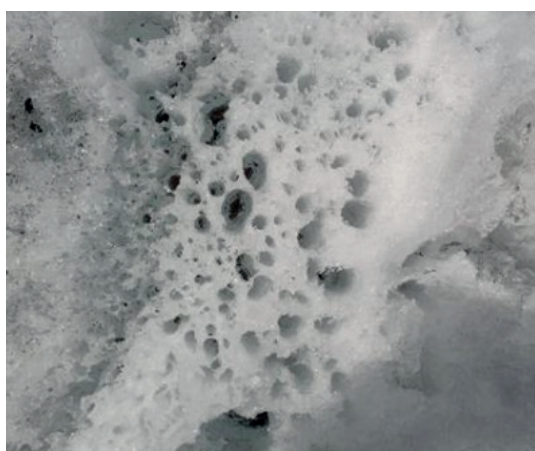
Como parte de la expedición se hicieron también observaciones directas de la presencia de macroorganismos en el frente glaciar y zona de contacto con la roca.

Presencia de Macroorganismos en el Nevado Huascarán

Habitualmente se tiene la percepción de que las zonas remotas frías, como las áreas glaciares de la Cordillera Blanca y sus áreas emblemáticas como el nevado Huascarán, son lugares libres de contaminación próximas a la última frontera donde no ha llegado el efecto de la actividad antrópica o formas de vida considerables.

Sin embargo, las condiciones propias de estos lugares favorecen su deposición por efecto del comportamiento atmosférico, gradiente térmico y fraccionamiento entre la fase gaseosa y la condensada; además de los componentes atmosféricos como

el material particulado atmosférico, gotas de lluvia, cristales de nieve, núcleos de condensación, aerosoles que incluyen polvo, cenizas, cristales de sales, esporas y microorganismos. Esto nos permite abordar estudios de diversos componentes en glaciares, entre ellos, los cúmulos de partículas depositadas en la superficie glaciar, que por acción térmica, acelera su profundización y van conformando cavidades con sustratos denominados "crioconitas", espacios propicios para la supervivencia de organismos invertebrados.



Agujeros cilíndricos en la superficie glaciar denominados "crioconitas". Diámetro 2 cm y profundidad 3 cm en promedio.



Organismos invertebrados extremófilos, útiles indicadores de la calidad ambiental de agua y sedimento. Glaciar Shallap 4700 msnm.

Las áreas glaciares en la Cordillera Blanca muestran la presencia y desarrollo de procesos reproductivos ornitológicos, un potencial indicador de la adaptabilidad

de las especies a condiciones extremas y/o de cambio climático.



Muestra de la adaptabilidad de especies en procesos reproductivos, un nido en la zona de ablación 5135 msnm. Glaciar Queullaraju, Cordillera Blanca, agosto 2017

En la base del glaciar se encontraron individuos de la familia *Culicidae* (Diptera: Nematocera), esta incluye cerca de 3507 especies en el mundo, con una parte importante de ellas, como insectos vectores de diferentes patógenos (arbovirus, protozoos, nemátodos) que producen variadas enfermedades de importancia en salud pública y veterinaria. Estas especies utilizan una diversidad de ambientes de cría desde cuerpos de agua en el suelo, lagunas, lagos, desbordes de ríos, plantas que poseen estructuras que almacenan agua o fitotelmata, así como recipientes artificiales antropogénicos.

La cordillera andina posee las localidades de mayor

altitud y por ende los registros de mosquitos a mayor elevación, tanto para mosquitos en fitotelmata, así como para especies que utilizan otro tipo de criaderos. Estas especies pueden ser indicadores importantes para el monitoreo y conservación de la vegetación y de las áreas protegidas andinas de alta montaña. Por desarrollarse en las plantas epífitas adosadas a las ramas y troncos de los árboles de estas zonas húmedas y nubladas, han sufrido una disminución drástica en su abundancia, que podría indicar daños inminentes en el ecosistema de montaña, incluso en aquellos puntos de mayor altitud.



Mosquito extremófilo en el frente glaciar del nevado Huascarán



Especie de arácnido que habita entre las rocas y el glaciar



*Especie colonizadora de en la zona rocosa adyacente al glaciar (*Calamagrostis* sp)*

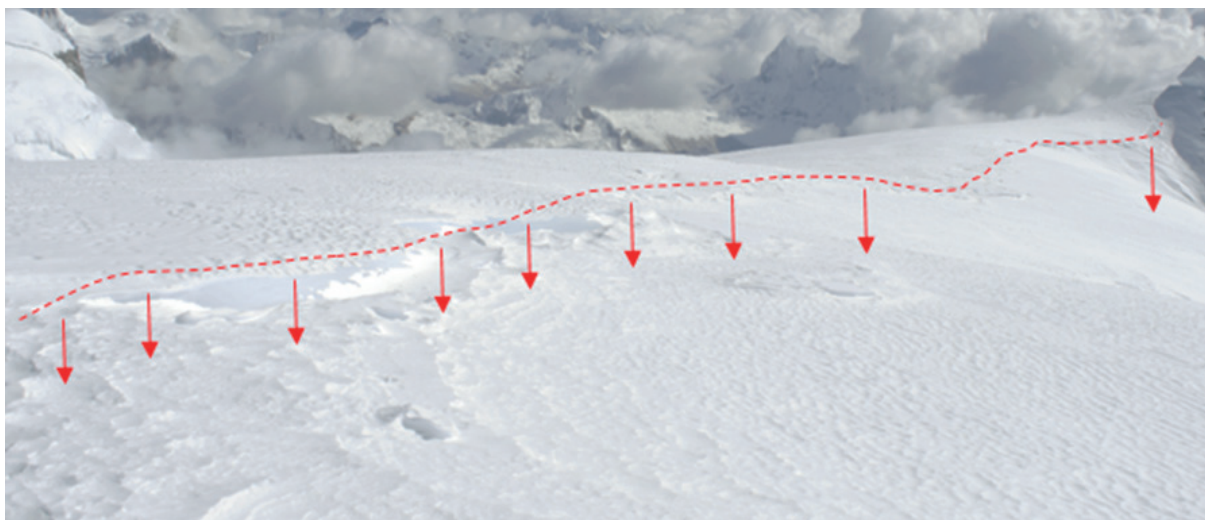
El registro de la especie *Calamagrostis glacialis* y especies de arácnidos predadores de mosquitos de la familia *Culicidae*, refuerza la evidencia de la colonización

progresiva de especies hacia las alturas, sin dejar de ser evidente el deterioro de los ecosistemas de montaña y los cambios de estos en un escenario de cambio climático.

Agrietamiento Potencial en la Cumbre del Huascarán

Se observaron trazas de potenciales grietas transversales en la cumbre del nevado Huascarán con un leve desplazamiento de aproximadamente 5 cm, ubicado al lado este y con dirección norte – sur. Es necesaria la observación a través de imágenes satelitales y de

sitio para evaluar el grado de evolución de este posible agrietamiento. Adicionalmente, estos estudios darían inicio a la investigación sobre la dinámica y evolución del glaciar en particular para estudios de riesgo de avalanchas.



Sector norte en la cumbre: Resalta la zona del agrietamiento potencial



Sector sur en la cumbre: Resalta la faja del agrietamiento potencial.

Presencia de Residuos Sólidos

El nevado Huascarán es una zona de gran afluencia de montañistas durante los meses de junio a agosto, período en el que andinistas de todo el mundo escalan sus cumbres. A lo largo de la ruta y en especial en la zona glaciar se evidencia la presencia de residuos sólidos, compuesto por: plásticos y envolturas, restos de comida y excretas humanas.

Este problema es más notorio en el campo 2 donde los turistas y operadores turísticos, a fin de aminorar su carga, disponen inadecuadamente sus residuos en el glaciar. El impacto visible es la fusión que estos generan en la superficie del glaciar.



Presencia de restos de comida en el Campo 2



Presencia de excretas humanas y plásticos en el Campo 2

CONCLUSIONES

- El ascenso al nevado Huascarán, realizado del 6 al 12 de agosto del año 2017, marca un hito en la investigación glaciológica en el Perú. Tras siete días de ascenso, el equipo científico hizo cumbre el día 10 de agosto y permaneció en ella desde 8:04 h hasta las 11:59 h. Las diferentes acciones realizadas demandaron resistencia física del personal que permaneció en la cumbre del glaciar desarrollando los diversos trabajos de toma de datos y excavación del pozo de acumulación, durante un periodo largo por debajo de -11°C en promedio.
- La altura de la cumbre sur del nevado Huascarán es de 6757 m, con respecto al modelo geoidal EGM2008. Constituye un punto inicial de referencia para los futuros trabajos de monitoreo.
- El equipo satelital de navegación global o GPS Diferencial, empleado en el cálculo de la altura del Huascarán, ha demostrado robustez e idoneidad para este tipo de trabajo en alta montaña, teniendo antecedentes de su empleo en estos trabajos a nivel mundial.
- En el pozo de acumulación se observó una capa de nieve compacta y congelada de 20 cm en la cumbre del Huascarán con una deposición de nieve homogénea granular de 1.60 m.
- La mayor gradiente térmica se registra en el Frente Glaciar con más de 19°C .
- La gradiente de temperaturas se incrementa a medida que se llega al mediodía; se infiere que existe en la parte baja del glaciar una mayor influencia de la radiación solar en el incremento de la temperatura, debido a la menor incidencia de vientos y a la existencia de Carbono Negro.
- Los vientos fuertes deben predominar en la cumbre del Huascarán; sin embargo, se tuvieron condiciones de viento moderados favorables para el desarrollo de los trabajos en la cumbre.
- Los picos máximos de temperatura en la parte baja del glaciar (Frente Glaciar y Campo 1) se registran entre las 11.00 h y 12.00 h, con valores de hasta 13.6°C . Las temperaturas mínimas, entre las 5.00 y 6.00 h, arrojan valores de hasta -8°C .
- Los valores de humedad relativa disminuyen conforme las temperaturas se incrementan y viceversa, fenómeno observado en el Frente Glaciar y el Campo 1, en la parte baja del glaciar.
- La menor cantidad de Carbono Negro en la nieve de la cumbre sur del nevado Huascarán favorece la reflectividad (albedo), lo que implica menor energía solar absorbida y por ende menor fusión. Caso contrario sucede en parte baja del glaciar donde se observan las mayores concentraciones de Carbono Negro.
- La abundante acumulación de nieve durante la estación húmeda del año 2017 favoreció la presencia de nieve relativamente limpia en el nevado Huascarán; sin embargo, por debajo de los 6000 msnm la cantidad de Carbono Negro aumenta.
- Se puede evidenciar que existe una importante biodiversidad en las zonas glaciares de la Cordillera Blanca que incluye la existencia de aves, insectos, arácnidos y especies vegetales colonizadoras.
- Las especies que habitan el Frente Glaciar, en particular los mosquitos observados, pueden ser un bioindicador de cambio climático a ser investigado.
- Existen indicios de la formación de posibles grietas en la cumbre del nevado Huascarán.
- Se han observado focos de contaminación producida por la actividad de alta montaña, sobre todo, en las zonas de los campamentos (Campos 1 y 2), por residuos sólidos como: restos de alimentos, plásticos, envases y por la disposición inadecuada de excretas.

RECOMENDACIONES

- Mejorar la preparación y experiencia en montañismo del personal participantes en las expediciones de alta montaña debido a la necesidad de resistir condiciones extremas de temperatura y presión atmosférica, además de la resistencia física propia del desplazamiento.
- Monitorear y observar dos lenguas glaciares ubicados en la cara oeste del nevado Huascarán, la primera ubicada en inmediaciones del Campo 1 (glaciar Raimondi) y la segunda ubicada al sur, monitoreo que se realizará con observación directa y técnicas de teledetección.
- Realizar un seguimiento con imágenes de satélite y de sitio sobre la probable formación de grietas en la cumbre sur del Huascarán.
- Instalar una estación climatológica permanente en el campo 2, que facilitará el monitoreo permanente de las condiciones climáticas.
- Concientizar a la población respecto a las fuentes de carbono negro, como los incendios forestales, quemas de residuos agrícolas, quema de pastos, y uso de biomasa (madera y bosta) para la cocción de alimentos que aceleran la fusión de los glaciares.
- Realizar campañas de revisión mecánica del parque automotor, ya que los autos que usan diésel son la fuente principal de carbono negro.
- Realizar una modelización de la dispersión de los contaminantes atmosféricos en la región Ancash, para evaluar la influencia de los vientos en el transporte de carbono negro hasta los glaciares.
- Coordinar con SERNANP la toma de acciones para controlar la actividad de alta montaña de modo que se eviten o minimicen los impactos negativos de esta actividad en el nevado Huascarán y de otras cumbres del país.
- Gestionar con el IGN la verificación de los resultados obtenidos y el desarrollo de una metodología adecuada para trabajos altimétricos aplicables a zonas de alta montaña y glaciares.
- Coordinar con el IGN la implementación de Bench Marks (BMs) en ámbitos de montaña que permitan contar con referencias geodésicas de precisión para dar sustento técnico a las investigaciones en alta montaña.
- En el flanco occidental del Huascarán existen cuatro lenguas glaciares con potencial para el desarrollo de investigaciones glaciológicas, el sistema glaciar Huascarán en general constituye un laboratorio natural para el desarrollo de investigaciones glaciológica diversa que serán desarrollados por el INAIGEM.
- El año 2018 el INAIGEM retornará al Huascarán para continuar los estudios iniciados y complementar las metodologías empleadas como la profundización del pozo de acumulación y la instalación de equipo con mayor permanencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Borchers, P. (1933). In the Cordillera Blanca; the 1932 D. & Oe. A.-V. Expedition. The Alpine Journal, 45(246), 34-44.
- Borchers, P. (1935). Huascarán. En Philipp Borchers et al., Die Weisse Kordillere, (76-96). Berlín: Verlag August Scherl GmbH.
- Borchers, P., Hoerlin, H. y Schneider, E. (1933). Die Forschungsreise de D.u.Ö.A.-V. in die Cordillera Blanca (Peru). Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 64, 1-28.
- Bullock Workman, F. (1910). The altitude of Mount Huascarán. The Geographical Journal, 35(4), 458-459.
- Enock, C. R. (1904). El "Huascarán": apuntes sobre su última ascensión. Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, 15(año 14, tri. 2), 173-178.
- Enock, C. R. (1905). Ascent of Huascarán [ponencia leída el 9 de enero de 1905 en el Royal Geographical Society], The Geographical Journal, 25(6), 627-628.
- Enock, C. R. (1907). The Andes and the Amazon: Life and travel in Peru. Londres: T. Fisher Unwin. [Nota: Capítulo XVI, págs. 171-183, sobre el primer intento de escalar el Nevado Huascarán].

- Ghilini, R. (1982). *Vagabond du vide (L'Aventure vecue)*. París: Flamarion.
- Ghilini, R. (1984). *Vagabundo del vacío: ala delta desde el Huascarán*. Barcelona: Editorial Juventud.
- Jaeger, N. (1979). *Carnets de solitude: 60 jours seul 6700 metros d'altitude*. París: Denoël.
- Jaeger, N. (1982). *Solitudine. 60 giorni solo a 6700 metri*. Milano: Dall'Oglio.
- Morales Arnao, C. (4 de agosto de 1953a). Épica lucha contra la gigantesca mole. *El Comercio*, p. 1.
- Morales Arnao, C. (4 de agosto de 1953b). Hoy esperan llegar a la cumbre sur del Huascarán. / Vistas del avance de los andinistas a las cumbres del Huascarán. *El Comercio*, p. 11.
- Morales Arnao, C. (5 de agosto de 1953). Por primera vez flameó solo el pendón nacional en el Huascarán. *El Comercio*, p. 11.
- Morales Arnao, C. (8 de agosto de 1953). Flamea la bandera peruana en la cima del "Huascarán". *El Comercio*, p. 11.
- Morales Arnao, C. (9 de agosto de 1953a). Paso a paso, la proeza de seis peruanos. *El Comercio*, p. 9.
- Morales Arnao, C. (9 de agosto de 1953c). El coloso de los Andes cayó vencido. *El Comercio*, suplemento dominical, pp. 1-12.
- Morales Arnao, C. (1978-1979). Ski extreme en la Cordillera Blanca [28-06-78]. *Revista Peruana de Andinismo y Glaciología*, (13), 20-21.
- Morales Arnao, C. (1979). *Huascarán climbing guide: The highest tropical mountain in the world*. Lima: Ediciones Turismo Andino.
- Morales Arnao, C. (1988-1992). En paracaídas a la cima del Huascarán [21-06-88]. *Revista Peruana de Andinismo y Glaciología*, (16), 63.
- Peck, A. (1909a). The first ascent of Mount Huascaran. *Harper's Monthly Magazine*, 118(704), 173-187.
- Peck, A. (1909b). The conquest of Huascaran. *Bulletin of the American Geographical Society*, 41(6), 355-365.
- Peck, A. (1911). *A search for the apex of America: High mountain climbing in Peru and Bolivia including the conquest of Huascaran, with some observations on the country and people below*. Nueva York: Dodd, Mead and Company.
- Société Générale d'Études et de Travaux Topographiques. (1911). Détermination de l'altitude du Mont Huascaran (Andes du Pérou) exécutée en 1909 sur la demande de madame F. Bullock-Workman, par la Société Générale d'Études et de Travaux Topographiques. *Compte rendu de la mission*. París: Maison Andriveau-Goujon, Henry Barrière, editeur.
- Thompson, L., Mosley-Thompson, E., Davis, M., et al. (1995). Late Glacial Stage and Holocene tropical ice core records from Huascarán, Peru. *Science*, 269(5220), 46-50.
- Thompson, L., Henderson, K. A. y Lin, P. (1999). Recording of El Niño in ice core d18O records from Nevado Huascarán, Peru. *Journal of Geophysical Research*, 104(D24), 31053-31065. doi: 10.1029/1999JD900966
- Walter, D. (1994-1995). ¿Cómo se estableció un record mundial de snowboard en el Huascarán Sur? *Revista Peruana de Andinismo y Glaciología*, (18), 25-34.

La Garua

Está garuando Pachamama
Está garuando en Lima
aunque los limeños
dicen: está lloviendo

Las lágrimas de los apus
forman lagos inmensos
que por ahora nutren los ríos
mientras la gente
deja el caño abierto

¿Qué van a hacer los Limeños
cuando se agoten las
lágrimas de los apus?

Te juro: no llueve en Lima

¿A dónde se han ido
los extensos bosques Pachamama?

El hombre se queda con
sólo la madera

El árbol de la quina del
Escudo Nacional de Perú
existe sólo en el Escudo

El bosque de queñual
en Castrovirreyna
se encuentra en la mina
en vigas y durmientes

Los hombres quedan
ciegos por el oro
mientras sus lenguas
y labios quedan quebrados
por el sol

Si dejas que las lágrimas de
los cielos se lleven el
suelo hacia el mar

El hombre se queda muerto de hambre
en tierras degradadas

Aaron Groth



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