

Mayo - Diciembre 2016,  
Boletín INAIGEM N° 2



# BOLETÍN INAIGEM

Instituto Nacional de Investigación en  
Glaciares y Ecosistemas de Montaña



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de  
Investigación en Glaciares  
y Ecosistemas de Montaña

**Publicación**

© Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

**Responsable**

Dirección de Información y Gestión del Conocimiento  
Biblioteca y Publicaciones

**Mayo - Diciembre 2016**

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

**Presidente**

Ing. Benjamín Morales Arnao

**Secretario General**

Sr. Jorge Rojas Fernández

**Directores**

Ing. César Portocarrero Rodríguez

Ing. David Ocaña Vidal

Ing. Ricardo Villanueva Ramírez

**Editor**

Bib. Giber García Álamo

**Revisor**

Ing. Antonio Guerrero Villar

**Dirección**

Jr. Juan Bautista Mejía N° 887

Huaraz, Ancash, Perú

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

Foto de portada y contraportada: Christian Minaya Carrión  
Fotos Interiores: INAIAGEM

Impreso en: J & L Producciones de Javier Eduardo Farfán Ordoñez

Av. Augusto B. Leguía 375 - Independencia, Huaraz - Ancash / RUC.10427999420

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

## EDITORIAL

## AGENDA INSTITUCIONAL

• Eventos .....	09
• Participación.....	17
• Convenios Suscritos.....	20

## ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

• <b>Impacto microclimático en la reducción de energía absorbida por el glaciar con cobertura de ichu en la lengua glaciar chaupijanca</b> .....	25
<i>Benjamín Morales Arnao, Jerónimo García Villanueva y David Garay Marzano</i>	
• <b>Metodología para la identificación de futuras lagunas glaciares en zonas tropicales: Andes del Perú</b> .....	37
<i>Daniel Colonia Ortiz, Judith Torres Castillo, Wilfried Haeberli y Simone Schauwecker</i>	
• <b>El carbono negro y su contribución a la fusión de nieve en los glaciares Yanapaccha y Shallap, Cordillera Blanca</b> .....	47
<i>Wilmer Sánchez Rodríguez</i>	
• <b>Glaciares en extinción, crisis del agua y conflictos sociales</b> .....	59
<i>Roque Vargas Huamán y Víctor Uribe Córdova , Luzmila Dávila Roller, Oscar Vilca Gómez, Daniel Colonia Ortiz, Jaime Rosales Pereda, Gabriel Martel Valverde y Edwin Loarte Cárdenas</i>	
• <b>La reserva alimenticia en las lagunas altoandinas: Cushuro (<i>Nostoc</i> sp)</b> .....	71
<i>David Ocaña Vidal, Gabriel Martel Valverde y Helder Mallqui Meza</i>	
• <b>Corredores ecosistémicos de montaña para la investigación aplicada y desarrollo</b> .....	79
<i>Ana Marlene Rosario Guerrero</i>	
• <b>El Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña “Reynaldo Trinidad Ardiles”</b> .....	87
<i>David Ocaña Vidal</i>	
• <b>Fotogrametría aplicada al deslizamiento en Rampac Grande</b> .....	99
<i>Alexzander Santiago Martel, Ricardo Villanueva Ramírez</i>	
• <b>Cultura y conocimiento ancestral en la ruta de los ecosistemas de montaña y el cambio climático</b> .....	111
<i>Cristian Ramos Cáceres</i>	
• <b>El Museo de las Montañas Andinas</b> .....	119
<i>Benjamín Morales Arnao</i>	

## ESPECIAL

• FORO DE GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA.....	130
• DECLARACIÓN DE HUARAZ .....	141



Oscar Vilca (INAIGEM)  
Puyas Raimondi en las inmediaciones  
del río Pumapampa, subcuenca Pachacoto  
(Cátac, Recuay, Ancash, Perú)

*El Instituto de Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, en su primer año de actividades, está cumpliendo con lo encomendado por el Estado Peruano: “Generar tecnología e información científica aplicada sobre glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de la población, efectuando además los estudios para medidas de prevención de los riesgos en el marco del cambio climático con calidad y oportunidad”. Lo que podemos corroborar, haciendo un balance de la gestión Institucional del 2016.*

*A continuación, describimos brevemente los trabajos más importantes y sus implicancias para la sociedad peruana, destacando los siguientes:*

*En lo que respecta a la Dirección de Investigación en Glaciares, se ha avanzado con la evaluación de las lagunas peligrosas en la Cordillera Blanca, entre las que se encuentran: Palcacocha, Cochca, Cancaraca, Laguna 513, Arhuaycocha, Rajucolta Tullparaju, Cuchillacocha, Safuna Alta, Huallcacocha, Ocsahpalca y Allicocha.*

*También se está trabajando en el Inventario de Glaciares a nivel nacional; se han evaluado glaciares y cordilleras consideradas en extinción, los que son: Cordillera Chila, Cordillera Chonta, Cordillera Huanzo, Cordillera La Raya y Cordillera Volcánica.*

*Del mismo modo se tiene como acción permanente, el monitoreo de glaciares en la Cordillera Blanca y en la Cordillera Central. Y, se destaca la investigación sobre la presencia de carbono negro en 2 glaciares de la Cordillera Blanca y Cordillera Central.*

*Respecto a las investigaciones en los ecosistemas de montaña, priorizando los servicios ecosistémicos que estos le brindan a la población, se ha instalado el Centro de Investigación Científico Tecnológico de Catac, “Reynaldo Trinidad Ardiles” en un área de 30 ha, en alianza estratégica con la comunidad Campesina de Catac. En este centro se está investigando principalmente la rotación de cultivos agrícolas como alternativa de producción sostenible, la optimización del uso del recurso hídrico a través de sistemas de riego tecnificado, la recuperación y conservación de diversos ecosistemas, rescate y producción de “Cushuro”, mejoramiento genético de ganado ovino, recuperación genética de papas nativas y recuperación y mejoramiento de pastos altoandinos.*

*Así mismo, se han instalado diversas parcelas de investigación en ecosistemas priorizados (en total son 12 parcelas con una extensión acumulada de 259 ha, ubicada en 4 subcuencas: Río Blanco, Casca, Quillcay y Pachacoto), ubicadas algunas de ellas en los flamantes Corredores Ecosistémicos, como el de Vallunaraju – Huaraz – Punta Callán – Coltus – Cajamarquilla – Pampas Grande – Huanchay - Culebras.*

*En Rampac – Carhuaz se ha instalado un sistema de monitoreo para un deslizamiento que afecta al centro poblado del mismo nombre, en convenio con la República Checa.*

*De las reuniones masivas convocadas, destaca la organización del I Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, llevado a cabo en Huaraz del 10 al 13 de agosto de 2016, oficializado mediante RM N°136-2016-MINAM. Cabe resaltar que en el Foro participaron más de mil personas nacionales y extranjeras. Los invitamos a leer detenidamente la Memoria del Foro en <http://www.inaigem.gob.pe/>.*

*Uno de los aspectos fundamentales en la generación de conocimiento especializado respecto de los servicios ecosistémicos es el monitoreo sistemático de la calidad de agua de la subcuenca Quillcay, con 37 puntos de control en las microcuencas Cojup, Quillqueyhuanca y Shallap; con esta información se podrán plantear alternativas viables para el mejoramiento de la calidad del agua de esta importante subcuenca. Como se sabe, el retroceso glaciar puede contaminar las aguas con metales pesados, de ahí la importancia de este monitoreo, el mismo que se extiende a las cabeceras de 6 subcuencas con 80 puntos de monitoreo.*

*Se tiene en proceso de consolidación una potente base de datos en hidrometeorológica y geomática para el procesamiento de información diversa y el tratamiento de imágenes satelitales; generando diversos productos como la cartografía base al 1/25000, modelos de relieve detallado, entre otros. La información proviene de distintas imágenes satelitales y datos recabados a través de DRONES.*

*Se cuenta con una Biblioteca Especializada en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, con una colección histórica en glaciares y una colección actualizada en los temas de interés institucional, tanto en versión física como en digital, que están a disposición de la ciudadanía.*

*Con respecto a la producción editorial del INAIGEM, se ha publicado el primer número de nuestra revista científica que va camino a la indización; así como también se han publicado seis boletines hidrometeorológicos para la Región Ancash (en base a 16 estaciones en convenio con la UNASAM) y la publicación del consolidado anual de los mismos.*

*Estos avances que se consolidan cada vez más y mejor, son la base de nuestro accionar que está generando conocimiento especializado para la mejor toma de decisiones de los ciudadanos e instituciones diversas frente a los Glaciares y los Ecosistemas de montaña muy afectados por el cambio climático.*

*Acorde con nuestra política de alianzas estratégicas para la gestión de los glaciares y los ecosistemas de montaña, se ha logrado la suscripción de 11 convenios interinstitucionales -9 se encuentran en proceso- con diversos colectivos tanto nacionales como internacionales, así como, locales, regionales y organizaciones de base.*

*Además en los aspectos de gestión interna, se aprobó el Reglamento de Organización y Funciones (ROF), mediante DS N° 004-2016-MINAM, el que se constituye el documento técnico normativo de gestión que formaliza la estructura orgánica de la entidad y orienta el esfuerzo corporativo al logro de la Misión, Visión y Objetivos Institucionales.*

*Los instrumentos de gestión institucional de mediano y corto plazo están aprobados y validados. Se trata del Plan Estratégico Institucional, en el que se define la cadena de valor y los procesos misionales de la institución y del Cuadro de Asignación de Personal provisional. Como un indicador de gestión podemos indicar que la ejecución presupuestal del INAIGEM para el 2016 fue del 99.8%.*

*De esta manera, ponemos a consideración de profesionales especialistas y público en general el siguiente número del Boletín Institucional del INAIGEM, con artículos que dan cuenta de los avances realizados por parte de nuestras direcciones y áreas de trabajo, cuyos logros nos están consolidando como institución de investigación altamente especializada en el ámbito de los Glaciares y los Ecosistemas de Montaña en el Perú y el mundo.*

Ing. Benjamín Morales Arnao  
Presidente Ejecutivo INAIGEM

# AGENDA INSTITUCIONAL



## EVENTOS INAIGEM

### Capacitación sobre Modelamientos de Flujos de Escombros

La Dirección de Información y Gestión del Conocimiento desarrolló en cinco sesiones (entre los meses de mayo y julio) el curso Capacitación sobre Modelamientos de Flujos de Escombros, para lo cual se contó con las exposiciones del consultor Ing. Julio Montenegro. Asistieron profesionales de la Dirección de Investigación en Glaciares y tuvo como objetivo preparar al personal para el manejo de modelamiento o simulaciones en computadora, orientado a determinar el nivel de peligrosidad de glaciares y lagunas en varios escenarios, para tener mejores criterios en el planteamiento de las medidas de prevención.



### Capacitación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Entre el 10 y el 18 de mayo, las direcciones del INAIGEM convergieron para informar a los alumnos del Colegio Nacional "La Libertad", sobre el quehacer del INAIGEM, como una institución dedicada a la investigación de glaciares y ecosistemas de montaña, con temas como la problemática del agua bajo un contexto de cambio climático, riesgos glaciares,

monitoreo glacial y geodinámica. Estuvieron como ponentes los Ingenieros Ivonne Sotelo, Alexander Santiago, Luzmila Dávila, Daniel Colonia y Roque Vargas. Asistieron 240 alumnos del quinto grado de educación secundaria.



### Presentación Institucional del INAIGEM en Provincias Ancashinas: Huaylas, Carhuaz, Huari y Pomabamba

Con el propósito de presentar institucionalmente al INAIGEM a nivel departamental con sus funciones, competencias y avances en investigación, la alta dirección conformada por el Presidente Ejecutivo Ing. Benjamín Morales, el Secretario General Sr. Jorge Rojas, los directores de línea, ingenieros David Ocaña, César Portocarrero y Ricardo Villanueva, realizaron visitas a las provincias de Huaylas (Universidad San Pedro), Carhuaz (Municipalidad Provincial) en el Callejón de Huaylas (11 de mayo) y en la zona de Conchucos (15 de junio) a las provincias de Huari y Pomabamba. A dichas actividades asistieron autoridades locales, distritales, estudiantes y sociedad civil.

## Taller de Socialización y Discusión con Usuarios<sup>1</sup> en Llaca

En la Casa de Guías de Montaña, el 12 de mayo, cerca de la laguna Llaca, se llevó a cabo el Taller de socialización y discusión con usuarios en Llaca, a cargo de los especialistas Omar Valencia García, Herbert Valverde, Ana Rosario, Jaime Rosales, Helder Mallqui. El propósito fue informar a los usuarios acerca de la instalación de las parcelas de investigación y lo que se espera lograr con ello; así mismo, se les capacitó sobre la tecnología de los cercos eléctricos y su importancia para la regeneración de los ecosistemas clausurados; finalmente, se negoció la ayuda de los usuarios mismos para el monitoreo de las zonas cercadas y las zonas de control aledañas.



## Taller de Socialización y Discusión con Usuarios en Quillcayhuanca

El 13 de mayo, se realizó el Taller de socialización y discusión con usuarios en Quillcayhuanca, al aire libre, en una colina del sector Tayacoto, a cargo de los profesionales Omar Valencia García, Herbert Valverde, Ana Rosario y Jaime Rosales. Se logró inspeccionar las posibles fuentes de agua para riego, disponibles en



<sup>1</sup> **Usuarios:** Son los pobladores rurales que hacen uso de determinados recursos en las zonas de investigación.

la quebrada, así como, identificar parcelas para pastos mejorados, identificar a los agricultores que cultivan papa nativa, participar en las actividades de turismo que incluye Pitec; además de estudiar las condiciones para el manejo de plantaciones de pino y el potencial económico y nutritivo de los hongos que crecen simbióticamente con los pinos.

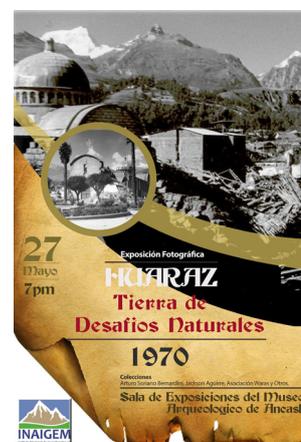
## Taller de Socialización y Discusión con Usuarios en Cátac

En el local comunal de la CC de Cátac, el 16 de mayo se efectuó el Taller de socialización y discusión con usuarios en Cátac, con la participación de los especialistas de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña: Omar Valencia García y Herbert Valverde Balabarca, quienes informaron acerca de lo efectuado mediante la instalación de los cercos y lo que se espera lograr con ello; además, se realizó la capacitación sobre la tecnología de los cercos eléctricos y la posible colaboración para el monitoreo de las zonas cercadas y las zonas de control.



## Exposición Fotográfica “Huaraz: Tierra de Desafíos Naturales”

Con motivo de conmemorarse un año más de la tragedia del 31 de mayo de 1970, la oficina de Biblioteca y Publicaciones del INAIGEM, organizó la Exposición Fotográfica “Huaraz: Tierra de Desafíos Naturales” en la Sala de Exposiciones del Museo Arqueológico de Ancash “Augusto Soriano Infante”, sito en la Plaza de Armas de Huaraz. Esta actividad se desarrolló desde el 27 mayo al 15 de junio del presente año. La



inauguración estuvo a cargo del Presidente Ejecutivo Institucional, Ing. Benjamín Morales Arnao y se contó con la asistencia de autoridades eclesiásticas, locales y representantes de la cultura regional.

En la muestra se expusieron imágenes del Huaraz antiguo: antes del aluvión de 1941, del aluvión de 1941, antes del sismo de 1970, del sismo de 1970 y acerca de la limpieza y reconstrucción de la ciudad.



### Taller de Socialización y Discusión con Usuarios en Santa Cruz

El 31 de mayo, en el local del municipio distrital de Cashapampa, los especialistas del INAIGEM: Omar Valencia García, Herbert Valverde Balabarca y César Cuentas Checa, desarrollaron el Taller de socialización y discusión con usuarios en Santa Cruz, en el que informaron a los beneficiarios de las zonas de estudio acerca de las actividades realizadas mediante la instalación de los cercos y lo que se espera lograr con ello. Se capacitó sobre la tecnología de los cercos eléctricos y se negoció sobre la ayuda para el monitoreo de las zonas cercadas o las zonas de control aledañas; además, se determinó la instalación de una segunda parcela de investigación.



### Presentación de Resultados del Proyecto: Concentración de Carbono Negro en Los Glaciares Yanapaccha y Shallap

El tesista Wilmer Sánchez Rodríguez, integrante del Proyecto Concentración de Carbono Negro en los Glaciares Yanapaccha y Shallap, expuso ante el Presidente Ejecutivo del INAIGEM y profesionales de la Dirección de Investigación en Glaciares, los resultados de los trabajos de monitoreo mensual en los dos glaciares a fin de medir el impacto del Carbono Negro. Se efectuó el 1 de junio.



### Exposición: Mapa de Peligro por Deslizamiento: Zona Rampac Grande

Ante el personal técnico del INAIGEM, el 18 de junio, el Ing. Jam Klimes de la República Checa, informó sobre los resultados obtenidos del proyecto Rampac. Dicha investigación tiene por objetivo evaluar la situación actual de la zona de deslizamiento en Rampac Grande y tomar medidas preventivas para futuros eventos.



## TRABAJOS DE CAMPO



Identificación de procesos geodinámicos contiguos al deslizamiento de Rampac Grande



Vista principal del deslizamiento de Rampac Grande



Grietas de separación en la parte alta del deslizamiento



Sobrevuelo con Drone para generar el modelo digital de terreno



Instalación del equipo de medición para monitorear el deslizamiento

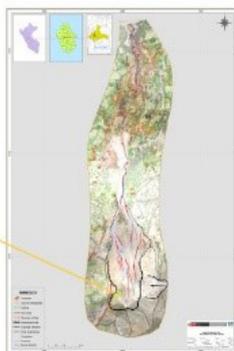


Medición del perfil extensométrico en la parte alta del deslizamiento

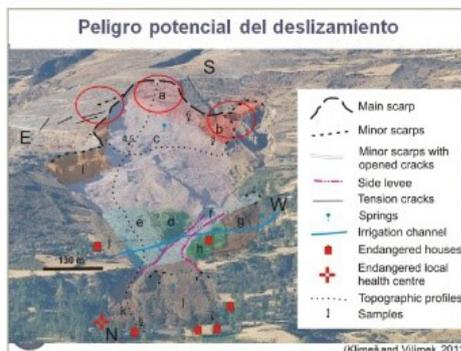
## RESULTADOS PRELIMINARES



Identificación de áreas con peligro potencial por deslizamiento



Modelo 3D con peligros identificados



Zonificación preliminar de peligros en el cuerpo central del deslizamiento

## TALLERES DE CAPACITACIÓN Y COMUNICACIÓN



Asamblea del centro poblado de Rampac Grande con presencia del Embajador de la República Checa, INAIGEM y M.P. de Carhuaz, aprobando los trabajos de campo programados



Taller de información en el INAIGEM



Taller de capacitación en el centro poblado de Rampac Grande



Taller de información en la Municipalidad Provincial de Carhuaz



## Taller de Socialización y Discusión con Usuarios en Aija

En el local municipal de Aija, el 9 de julio, tuvo lugar el Taller de Socialización y Discusión con Usuarios en Aija, con los facilitadores del INAIGEM, los profesionales: Omar Valencia García y Herbert Valverde, quienes presentaron al INAIGEM como institución especializada en investigación de glaciares y ecosistemas de montaña. Además, informaron acerca de lo actuado mediante la instalación de los cercos en las parcelas de investigación y lo que se espera lograr con ello; se negoció, asimismo, la prestación de ayudas para el monitoreo de las zonas cercadas y las zonas de control aledañas.



## Exposición: Variabilidad Climática Según Perforaciones en Hielo en el Perú y el Mundo

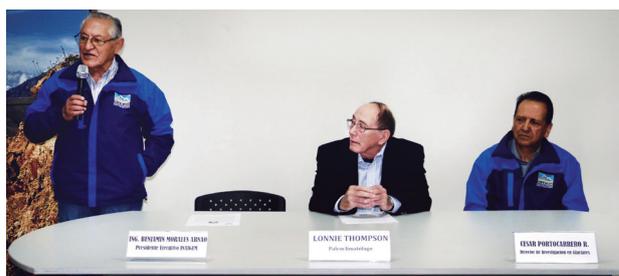
La Dirección de Glaciares del INAIGEM propició la conferencia magistral del científico de la Universidad de Ohio, Dr. Lonnie Thompson, el día 13 de Julio del año en curso. Asistieron, el personal técnico del INAIGEM, especialistas de CARE, periodistas, estudiantes universitarios e interesados en el tema paleoclimático. La exposición tuvo como objeto mostrar cómo se iniciaron (glaciar Quelccaya) las perforaciones para obtener núcleos de hielo que permiten investigar el clima del pasado en la zona del altiplano peruano-boliviano y cómo, luego del éxito obtenido, se extendió a 18 países donde el Dr. Thompson ha venido trabajando en los últimos 40 años.



## Taller de Turismo Científico en la Subcuenca Quillcay

El 11 de julio, en la Biblioteca del INAIGEM, se desarrolló el Taller de Turismo Científico en la Subcuenca Quillcay. Estuvo a cargo de la Ing. Marlene Rosario, el Lic. Omar Valencia y el Ing. Jaime Rosales. Los objetivos planteados fueron:

- Promover el turismo científico en la subcuenca Quillcay, con base en la gestión de los ecosistemas de montaña y como alternativa de desarrollo regional y nacional.
- Identificar los potenciales servicios ecosistémicos de los ecosistemas de la subcuenca Quillcay para la recreación, la educación y el turismo.
- Analizar los productos turísticos actuales y el potencial en la subcuenca Quillcay para impulsar el turismo científico como alternativa de desarrollo regional y nacional.
- Generar información desde la perspectiva de los operadores turísticos para fortalecer acciones institucionales orientadas al desarrollo del turismo científico (investigación – conservación – desarrollo).



## Exposición sobre Riesgos de Glaciares y Lagunas en Zonas Montañosas: Estudios en Suiza y Perú

El Dr. Wilfried Haeberli de la Universidad de Zurich, expuso sobre los Riesgos de Glaciares y Lagunas en Zonas Montañosas: Estudios en Suiza y Perú, el 23 de Julio. La exposición tuvo como objetivo fundamental mostrar cómo se puede trabajar en dos temas importantes íntimamente relacionados: uno es la detección de las futuras lagunas en las cordilleras nevadas y luego cómo aplicar ese conocimiento

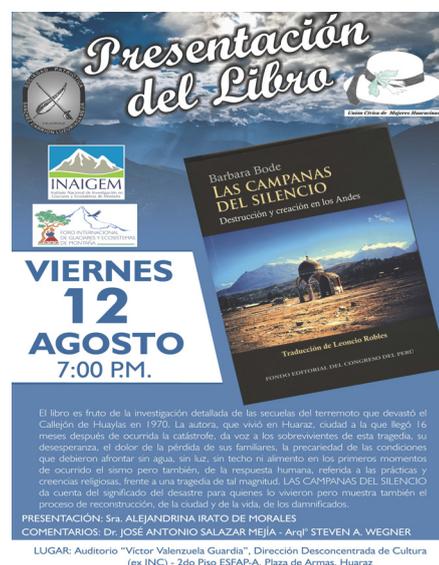
anticipado en la gestión del recurso hídrico y en las medidas de prevención en caso de que dichas lagunas se constituyan en amenazas.

### Exposición Fotográfica: “Huaraz y los Desastres Naturales: 1941 y 1970”

Promovido por el INAIGEM, la Unión Cívica de Mujeres Huaracinas, la Biblioteca Municipal de Independencia, la Sociedad Patriótica Sánchez Carrión - Luzuriaga y Mejía y la Cruz Roja Peruana, se inauguró, el 11 de agosto, la exposición fotográfica denominada “Huaraz y los Desastres Naturales: 1941 y 1970”, que se mantuvo abierta al público hasta el 15 del mismo mes, en el Auditorio de la Dirección Desconcentrada de Cultura de Ancash “Victor Valenzuela Guardia”, en el marco del Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña. La inauguración estuvo a cargo de la Sra. Alejandrina Irato de Morales y el Alcalde de la Municipalidad de Independencia, Ing. Eloy Alzamora Morales.



terremoto que devastó el Callejón de Huaylas en 1970. Las Campanas del Silencio da cuenta del significado del desastre para quienes lo vivieron. Muestra también el proceso de reconstrucción de la ciudad de Huaraz. El libro fue presentado por la Sra. Alejandrina Irato de Morales, con comentarios del Dr. José Antonio Salazar Mejía y del Arql. Steven Wegner.



### Lanzamiento de “La Ruta de Los Ecosistemas de Montaña y el Cambio Climático”

El 27 de agosto se realizó el lanzamiento de “La Ruta de los Ecosistemas de Montaña y el Cambio Climático”, en su itinerario: Huaraz - Independencia - Cajamarquilla - Pampas - Culebras - Huarmey. Evento turístico - científico promovido por diversas instituciones del departamento de Ancash y liderado por el INAIGEM. El objetivo fue promover un corredor turístico-científico con la instalación de parcelas de investigación en una línea transversal que recorra desde las montañas nevadas de la Cordillera Blanca hasta los valles costeros de Ancash. Este corredor fue promocionado con una carrera internacional que recorrió toda la ruta, es decir, una carrera que va “desde el glaciar hasta el mar” (180 km.), con deportistas de trascendencia internacional.



### Presentación del Libro: *Las Campanas del Silencio. Destrucción y Creación en los Andes* de la Dra. Barbara Bode

Con invitados asistentes al Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, el 12 de agosto, en el Auditorio de la Dirección Desconcentrada de Cultura de Ancash, se presentó la edición en español del libro de la Dra. Barbara Bode “Las Campanas del Silencio. Destrucción y Creación en los Andes”, que es fruto de la investigación detallada de las secuelas del



## I ENCUESTRO: “Turismo, Cultura y Montañas Andinas – Ancash 2016”

El 11 de octubre se llevó a cabo el I ENCUESTRO “Turismo, Cultura y Montañas Andinas – Ancash 2016”, realizado en la ciudad de Huaraz, organizado por el Congreso de la República, Gobierno Regional de Ancash, Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo, INAIGEM, Municipalidad Provincial de Huaraz, Cámara de Comercio, Industria y Turismo de Ancash, Antamina y la APAVIT – ANCASH. Tuvo como invitado especial al Ministro de Cultura Dr. Jorge Nieto Montesinos, acompañado de los congresistas Dra. María Cristina Melgarejo Paucar y el Sr. Clemente Flores Vilchez; el Ing. Benjamín Morales Arnao, Presidente Ejecutivo del INAIGEM; Lic. Rogers Valencia Espinosa, Viceministro de Turismo - MINCETUR; Ing. Milton Alva Villacorta, Gerente de Desarrollo Sostenible en Antamina; Econ. Rosa Morales Saravia, Directora General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos del Ministerio del Ambiente; Mg. Ricardo Anaya Bayes, Presidente de la Cámara de Comercio, Industria y Turismo de Ancash; y Dr. Alberto Espinoza Cerrón, alcalde de la Municipalidad Provincial de Huaraz.

En la agenda se tocaron puntos de interés y relacionados a la promoción del Turismo y la Cultura, como la rehabilitación e implementación del Museo Nacional de Chavín. Así mismo, el Ing. Benjamín Morales Arnao, Presidente Ejecutivo del INAIGEM, expuso el proyecto de creación del “Museo de las Montañas Andinas”, que será un centro de difusión de los Andes peruanos a nivel internacional, entre otras propuestas.

Las conclusiones en general fueron positivas, con el compromiso por parte del Ministro Dr. Jorge Nieto y la congresista Dra. María Cristina Melgarejo Paucar de posicionar el proyecto “Museo de las Montañas Andinas”, a fin de que forme parte de las obras inauguradas por el Gobierno con miras al Bicentenario de la Independencia.



*Ponentes y autoridades asistentes al I Encuentro “Turismo, Cultura y Montañas Andinas – Ancash 2016”, en el auditorio Huascarán de la Cámara de Comercio, Industria y Turismo de Ancash*

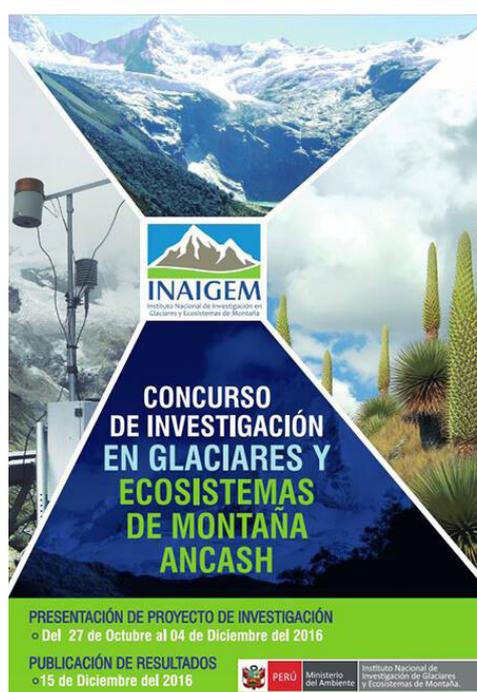
## Concurso de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Con el objetivo de fomentar la investigación aplicada en glaciares y ecosistemas de montaña, la Dirección de Investigación y Gestión del Conocimiento del INAIGEM, convocó el 27 de octubre, al primer concurso de investigación dirigido a estudiantes de pregrado de universidades públicas y privadas de la región Ancash. Los proyectos de investigación respondieron a la demanda o brecha de información en temas de recuperación, conservación, gestión de riesgos, recursos hídricos y el clima en zonas de montaña.

El 15 de diciembre, según cronograma, se publicaron los resultados, siendo los ganadores:

- **En la categoría: Investigación en Glaciares**, la Srta. Karla Pamela Córdova Morales, con el proyecto “Evaluación de compuestos orgánicos persistentes (cops) en glaciares y sedimentos de la vertiente occidental de la Cordillera Blanca – Glaciares Yanamarey, Pukaranra y Artesonraju, además de su posible impacto en la calidad del agua al 2017.
- **En la categoría: Investigación en Ecosistemas de Montaña**, la Srta. Maricielo Buiza Tarazona, con el proyecto “Identificación de áreas con potencial a la recarga hídrica, en función a variables físicas de cuenca, en el contexto de adaptación al cambio climático, microcuenca Llacash, Jangas – Huaraz – Ancash, 2017”.

Las investigaciones han de servir como soporte técnico y científico a los tomadores de decisión de la región Ancash.



## Diálogo de Percepciones y Valores en la Gestión del Agua de los Actores de la Cuenca del Río Santa

El Msc. Oscar Vilca de la Dirección de Glaciares del INAIGEM y el Msc. Javier Rodríguez de la Universidad de Wageningen, de los Países Bajos, disertaron y debatieron con los actores de la cuenca del río Santa sobre la gestión del agua que los involucra, para buscar soluciones comunes que satisfagan sus necesidades. Además, analizaron el tema agrícola a partir de estrategias de gestión y gobernanza del agua y su vinculación con los proyectos incluidos en la cuenca del río Santa. Aconteció el 29 de noviembre del 2016.

## Segundo Aniversario del INAIGEM

El 12 de diciembre, en el Centro Cultural de Huaraz, se conmemoró el Segundo Aniversario del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), y como corresponde a una institución científica, se programó una Jornada Académica de interés regional y nacional a cargo de los meteorólogos Ricardo Durán y David Garay, con temas vinculados a los sucesos climatológicos del momento; además, se realizó un recuento de los logros y avances institucionales a cargo de sus directivos, Ingenieros Benjamín Morales Arnao, David Ocaña Vidal, Ricardo Villanueva Ramírez y Víctor Manuel Uribe en representación de Ing. César Portocarrero Rodríguez.

En este acontecimiento, el INAIGEM también organizó, en conmemoración por el 75° aniversario del fatídico aluvión del 13 de diciembre de 1941, una Exposición Fotográfica que rememora el evento mencionado, promoviendo una cultura de prevención frente a los desastres naturales.



## Inauguración del Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Ecosistemas de Montaña "Reynaldo Trinidad Ardiles"

El Instituto Nacional de Investigaciones en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), en alianza estratégica con la Comunidad Campesina de Cátac, inauguró el 16 de diciembre, el Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Ecosistemas de Montaña "Reynaldo Trinidad Ardiles", con el objetivo de realizar investigaciones in situ sobre la promoción, recuperación y conservación de los ecosistemas de alta montaña.

En el Centro tendrá un área construida de 5047 m<sup>2</sup>, en cuya distribución se encontrarán dormitorios, auditorio, comedor, administración, laboratorios, gimnasio, vestuarios, lavandería y guardianía; además de áreas verdes, estacionamiento, cancha deportiva y vías de acceso. Las parcelas para fines de investigación tendrán una extensión de 25 hectáreas.

Previo a la ceremonia de inauguración, se visitaron algunas parcelas donde ya se están realizando las investigaciones aplicadas sobre el manejo sostenible del agua, medición de los efectos del cambio de uso de los suelos, rotación de cultivos (papa nativa, quinua, habas y avena forrajera). Se pudo constatar la instalación de parcelas para el mantenimiento del banco de germoplasma de papa nativa, manejo y conservación de pastos cultivados, y mejoramiento genético de ovinos.

En la ceremonia estuvieron, además de las autoridades y personal del INAIGEM, el representante de la Ministra del Ambiente, Sr. Luis Francisco Rosa-Pérez Tuesta; el Presidente de la Comunidad Campesina de Cátac, Sr. Juan Espíritu Romero; el representante del Ministerio de Agricultura, Sr. Carlos Ubillús Moyano; el representante de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Sr. Francisco Espinoza Montesinos; el Alcalde del distrito de Cátac, Sr. José Luis Maguiña Ortiz; representantes de ONGs y empresas privadas; así como la esposa e hijo del reconocido y homenajeado don Reynaldo Trinidad Ardiles (Q.E.P.D), director fundador de la Revista AgroNoticias, cuyo nombre llevará el Centro de Investigación inaugurado.

Como actividad complementaria, también se inauguró la Cámara de Carga del sistema de riego tecnificado para las 30 hectáreas, cuya madrina de honor fue la representante del SENASA, Ing. Jacqueline Granados Gómez.



## PARTICIPACIÓN INAIGEM

### Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración de Paisajes (CERP-2016)

Invitados por la Universidad Tecnológica Privada de Loja (UTPL) y la Universidad Nacional de Loja al Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración de Paisajes (CERP-2016), el INAIGEM, representado por el Ing. Gabriel Martel, presentó los resultados de investigación logrados y los procesos en desarrollo, ejecutados por la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña. El evento tuvo lugar del 5 al 9 de abril del presente año, en la ciudad ecuatoriana de Loja.



### Taller Regional 1: “Promoviendo la Investigación en el Parque Nacional Huascarán”

Con la finalidad de establecer un catálogo de prioridades de investigación e impulsar estrategias colaborativas el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SINANPE, el SERNANP, la Universidad de Almería, la UNMSM y el AECD, organizaron el Primer Taller Regional “Promoviendo la Investigación en el Parque Nacional Huascarán”, llevado a cabo del 21 al 22 de abril del 2016, donde participaron los ingenieros David Ocaña y Marlene Rosario del INAIGEM.

### Reunión de la Mesa Temática Laguna Palcacocha

El Gobierno Regional de Ancash, a través del Ing. Walter Alva Montes, el día 2 de mayo, convocó a las Instituciones ligadas a la problemática de la laguna Palcacocha a la Reunión de la Mesa Temática Laguna Palcacocha, para tratar estudios de ingeniería básica y especializada que debe contener el perfil de preinversión, orientado a tomar acciones inmediatas destinadas a la reducción del riesgo. En representación del INAIGEM participaron los ingenieros César Portocarrero, Marco Zapata y Roque Vargas.

### Panel: Palcacocha ¿Peligro Latente?

En el Auditorio de la Dirección Desconcentrada de Cultura de Ancash, la Agrupación Social Generación “Y”, el 5 de mayo, convocó al Panel “Palcacocha ¿Peligro Latente?”, para exponer sobre la situación real de la Laguna Palcacocha. Participaron instituciones como la UGRH-ANA, el SERNANP, CARE y el INAIGEM. Entre los panelistas estuvieron el Ing. César Portocarrero y el Arql. Steven Wegner.

### Taller Regional 2: “Promoviendo la Investigación en el Parque Nacional Huascarán”

Entre el 17 y el 18 de mayo, en el Auditorio del SENASA (Huaraz), se llevó a cabo el Segundo Taller Regional: “Promoviendo la Investigación en el Parque Nacional Huascarán”, organizado por el PNH – SERNANP, liderado por su jefe Ricardo Gómez López. La intención fue promover el encuentro entre científicos, gestores y comunidades locales a fin de establecer catálogo de prioridades de investigación dentro de Áreas Naturales Protegidas. En representación del INAIGEM estuvieron los ingenieros César Portocarrero, David Ocaña y Ricardo Villanueva.

## I Congreso de Sismología (CODESIS 2016)

La Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial de Huaraz, organizó el I Congreso de Sismología (CODESIS 2016), desarrollado en el Teatro Municipal del Centro Cultural Huaraz. Participaron: INGEMET, ALA-Huaraz, CARE PERÚ, UNASAM, Instituto de Montaña y el INAIGEM. La ponencia magistral estuvo a cargo del Ing. Benjamín Morales Arnao y del Arql. Steven Wegner. Además, el INAIGEM presentó un stand y mesa temática con videos, afiches, fotos, folletería y publicaciones varias, relacionadas a los riesgos, en la Rotonda del Centro Cultural. Se realizó del 23 al 30 de mayo del 2016.



## MAPA DE PELIGRO POR CAUSAS DIVERSAS

El 31 de mayo, el INGEMMET convocó a diversos especialistas para mostrar el avance de los estudios que vienen realizando sus técnicos en cuanto se refiere a investigación glaciaria y riesgos geodinámicos. Por el INAIGEM asistió el Ing. César Portocarrero.

## 54 Aniversario del Colegio de Ingenieros del Perú. Semana de la Ingeniería

En el marco de la Semana de la Ingeniería, especialistas del INAIGEM, realizaron una serie de ponencias sobre las investigaciones que vienen desarrollando. Participaron los ingenieros David Ocaña,

Ivonne Sotelo, Alexander Santiago y el Arql. Steven Wegner. Además, intervinieron instituciones como la UNASAM, CARE PERU, EUROTUBO, entre otras. Este evento se realizó del 06 al 12 de junio, en el Auditorio del Consejo Departamental del Colegio de Ingenieros de Ancash.

## Gestión en el Sector Agrario para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables en un Contexto de Cambio Climático y Alcances para la Formulación de Proyectos

El Ministerio de Agricultura convocó el 16 y 17 de junio, a una reunión multisectorial para tratar el tema: Gestión en el Sector Agrario para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables en un contexto de Cambio Climático y alcances para la formulación de Proyectos, donde se presentaron ponencias de organismos como GORE-Ancash, DRA, DRNAAA, IICA-Perú, SERFOR, INAIGEM, entre otros. Participó con una ponencia el meteorólogo del INAIGEM, Sr. Ricardo Duran Mamani.

## I Workshop Internacional CRYOPERU 2016

Del 27 de junio al 1 de julio, CRYO-PERU, realizó el I Workshop Internacional CRYOPERU 2016, con la asistencia del Sr. Ricardo Duran Mamani del INAIGEM. El evento trató sobre: Investigaciones sobre glaciares y expectativas del proyecto CRYOPERU, investigaciones sobre clima y glaciares empleando simulaciones numéricas, Investigaciones sobre meteorología y climatología en los Andes Centrales, investigaciones con enfoques geomorfológicos y glaciológicos; y, la ciencia como instrumento para la adaptación de la sociedad al cambio climático, con ponentes de la talla del Dr. José Úbeda y Dr. William Cabos.

## Actividades Académicas por El XVII Aniversario de Creación Institucional de la Universidad San Pedro, Sede Caraz

En el Auditorio de la Universidad San Pedro, Sede Caraz, el Arql. Steven Wegner y el Ing. Marco Zapata del INAIGEM, disertaron sobre riesgos y prevención de desastres en el valle del río Santa desde una perspectiva histórica y científica. La reunión fue el 11 de julio, en el marco de las Actividades Académicas por el XVII Aniversario de Creación Institucional de la Universidad.

## Curso de Modelamiento

El 8 de agosto se llevó a cabo el Curso de Modelamiento, promovido por CARE, el Instituto de Montaña y la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM). El INAIGEM, a través del Ing. César Portocarrero, participó con la ponencia “Teoría y Desarrollo de las Obras de seguridad en las Cordilleras Nevadas del país”. Asistieron al curso alumnos y profesores de la UNASAM, especialistas y profesionales interesados en el tema.

## Día Interamericano del Agua

Convocado el INAIGEM por el Área de Educación Sanitaria de la EPS Chavín S.A, nos sumamos a la celebración del “Día Interamericano del Agua”, con el objetivo de concientizar a la población huaracina sobre la importancia de cuidar este recurso hídrico esencial para la vida. Este año el lema fue reflexivo y previsor: “*Agua, no la tenemos tan segura*”. Es un llamado de atención sobre la necesidad de cuidarla, de asegurar su calidad, de promover su gestión integral, de hacer buen uso de ella y de impedir que se convierta en una fuente de enfermedad o muerte. El INAIGEM participó, el 7 de octubre, con un stand informativo alusivo a los servicios ecosistémicos hídricos.



La Ing. Ivonne Sotelo del INAIGEM participando en la celebración del Día Interamericano del Agua

## Expoferia UNASAM Investiga 2016

La Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), a través de la Oficina General de Investigación y el Vicerrectorado de Investigación, el día 4 de noviembre, realizó la “Expoferia Unasam Investiga”. La feria se desarrolló con el objetivo de promover y reconocer la producción científica de la universidad; así como promover la investigación, en el marco de Perú Con Ciencia, organizado por CONCYTEC. El INAIGEM contribuyó con un stand informativo y con un especialista, el Ing. Marco Zapata Luyo, como parte del jurado evaluador de los proyectos de investigación presentados.



El Ing. Daniel Colonia del INAIGEM participando en la “Expoferia UNASAM Investiga” 2016

## CONVENIOS SUSCRITOS POR EL INAIGEM

### Instituto de Montaña (The Mountain Institute - TMI)

Se ha firmado, el 9 de junio, un Convenio Marco para impulsar programas, proyectos y actividades de investigación aplicada, dirigidos al estudio y monitoreo del comportamiento y evolución de los glaciares y ecosistemas de montaña. Asimismo, se ha suscrito el Convenio Especifico N° 1 que busca la complementariedad y reforzamiento institucional mutuo con acciones conjuntas.



### The Mountain Environments Research Institute of The Western Washington University

Con el objeto de establecer una alianza estratégica de trabajo entre INAIGEM y el Mountain Environments Research Institute, para impulsar programas, proyectos y actividades de investigación aplicada, dirigidos a la conservación de los ecosistemas de montaña, promoviendo su gestión sostenible en beneficio de las poblaciones que viven o se benefician de dichos ecosistemas, se ha firmado el 10 de agosto un Convenio Marco para llevar a cabo acciones conjuntas orientadas a:

- Planificar e implementar programas, proyectos y actividades de investigación aplicada en el marco del objetivo señalado.
- Generar conocimiento mediante la investigación científica y el desarrollo tecnológico en el ámbito de los glaciares y ecosistemas de montaña.
- Desarrollar otras acciones específicas que contribuyan al cumplimiento de los intereses comunes para las partes.



### American Climber Science Program

El objeto del presente Convenio Marco es establecer una alianza estratégica de trabajo para impulsar, de común acuerdo y dentro del marco de sus respectivas finalidades y funciones, programas, proyectos y actividades de investigación aplicada, dirigidas a la conservación de los ecosistemas de montaña, promoviendo su gestión sostenible en beneficio de las poblaciones que viven o se benefician de dichos ecosistemas. Se firmó el 10 de agosto del presente año.

Para el cumplimiento del objeto del Convenio Marco, las partes acordaron llevar a cabo acciones conjuntas orientadas a:

- Planificar e implementar programas, proyectos y actividades de investigación aplicada.
- Generar conocimiento mediante la investigación científica y el desarrollo tecnológico en el ámbito de los glaciares y ecosistemas de montaña.
- Desarrollar otras acciones específicas que contribuyan al cumplimiento de los intereses comunes para las partes.



## Comunidad Campesina de Catac

El objeto del Convenio Marco es desarrollar colaboración interinstitucional que permita implementar mecanismos de coordinación, interacción, y reciprocidad, con el propósito de generar investigación científica y tecnológica aplicada a cabeceras de cuenca en zonas de alta montaña.

Los objetivos del presente Convenio Marco firmado el 10 de agosto de 2016, son los siguientes:

- Investigar los efectos del cambio de uso del suelo de pajonal a pastos cultivados y a reforestación con especies exóticas, para un manejo sostenible de las funciones ecosistémicas en zonas de alta montaña.
- Investigar el desarrollo de cultivos altoandinos como quinua, kiwicha, maca, papa nativa, en relación con los ecosistemas andinos.
- Estudio de las lagunas altoandinas con fines de producción de *Nostoc* sp. "Cushuro".
- Estudio de la dinámica poblacional de la Puya Raimondi en la quebrada Pachacoto.
- Establecimiento e implementación de una Estación Experimental de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - EEIGEM.



## Municipalidad Distrital de La Libertad y La Comunidad Campesina de Cajamarquilla

El objeto del presente Convenio Marco es desarrollar una colaboración interinstitucional que permita implementar mecanismos de coordinación, interacción, y reciprocidad, con el propósito de generar investigación científica y tecnológica aplicada a cabeceras de cuenca en zonas de alta montaña. Se refrendó el 5 del mes de septiembre de 2016.

- Los objetivos del presente Convenio Marco, son los siguientes:
- Investigar la dinámica poblacional de la Puya Raimondi en el ámbito de la Comunidad Campesina de Cajamarquilla.
- Investigar el desarrollo de sistemas productivos mediante la optimización del recurso hídrico.
- Promover a las instancias respectivas la creación de un Área de Conservación Privada orientada al estudio de la Puya Raimondi.
- Promover la articulación de un corredor turístico, deportivo y científico "Ruta de los Ecosistemas de Montaña y el Cambio Climático", poniendo en valor la Puya Raimondi, restos arqueológicos, la recuperación y conservación de cochas altoandinas para la producción del *Nostoc* sp "Cushuro".

## Facultad de Ciencias de McMaster University (Hamilton, Ontario, Canadá)

En relación con el desarrollo de la vinculación académica y de investigación internacional entre la Facultad de Ciencias de McMaster University y el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña y basados en los principios de beneficio mutuo, el 14 de septiembre, se ha firmado el Memorándum de Entendimiento con el objetivo de promocionar la colaboración académica para la investigación, la educación y el servicio comunitario, particularmente, en áreas relacionadas con los cambios y desarrollo glacial y de los ecosistemas.

Las cooperaciones en áreas estratégicas en los diversos campos de la ciencia serán dirigidas hacia las siguientes actividades:

- Explorar conjuntamente el desarrollo de proyectos de investigación.
- Explorar la posibilidad para el intercambio de información científica.
- Facilitar el intercambio de profesores, investigadores y estudiantes de posgrado.
- Facilitar el desarrollo potencial de programas de visita de verano, talleres y conferencias. explorar el desarrollo de "Co-Tutelle", la supervisión conjunta de estudiantes de doctorado entre las dos instituciones.

En particular:

- El estudio de los recursos hídricos en ecosistemas de montaña.

- f. El conocimiento y mitigación de riesgos glaciares.
- g. El conocimiento de la historia glacial en sistemas de montaña.

El Convenio se plasmó el 21 de octubre del presente año, en la sede institucional del INAIGEM.

### Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

El 21 de octubre de 2016 se firmó el Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. El presente Convenio Marco tiene por objeto promover y establecer las condiciones de mutua colaboración, transferencia tecnológica y de información entre el SENAMHI y el INAIGEM, a fin de alcanzar el cumplimiento de sus objetivos institucionales, afianzando las políticas sectoriales.



### Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM

Con el objeto de establecer las bases de colaboración técnica y científica entre la UNALM y el INAIGEM, que permitan la gestión e implementación de acciones conjuntas relativas a la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña en beneficio de la población en general, el 11 de noviembre de 2016, se firmó el Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre la Universidad Agraria La Molina y el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.



### Banco de Germoplasma de Papas Nativas de Ancash

Siendo una de las actividades del INAIGEM el diagnosticar el potencial de los recursos genéticos en ecosistemas de montaña en las áreas de influencia de los glaciares, se vio por conveniente y necesidad, establecer el Convenio de Cooperación entre el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña y el Ing. Mariano Guzmán Flores Guerrero, propietario del Banco de Germoplasma de Papas Nativas de Ancash, estableciéndose como objetivos:

- Contar con variedades de papa nativa resistentes a heladas de procedencia y calidad genética comprobada, que permitan investigar su comportamiento en el ecosistema de pradera nativa altoandina.
- Contar con el asesoramiento técnico del Ing. Mariano Guzmán Flores Guerrero propietario del Banco de Germoplasma, en la siembra y mantenimiento del material genético de las variedades de papas nativas de Ancash.

### Asociación Civil para la Investigación y Desarrollo Forestal - ADEFOR

El presente Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre la Asociación Civil para la Investigación y Desarrollo Forestal -ADEFOR- y el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña -INAIGEM-, se firmó el 15 de diciembre del 2015, con el objeto de establecer las bases de la colaboración técnica y científica entre las dos instituciones, que permitan la gestión e implementación de acciones conjuntas relativas a la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña, en beneficio de las poblaciones que viven en o se benefician de dichos ecosistemas.



# ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN



# IMPACTO MICROCLIMÁTICO EN LA REDUCCIÓN DE ENERGÍA ABSORBIDA POR EL GLACIAR CON COBERTURA DE ICHU EN LA LENGUA GLACIAR CHAUIPIJANCA

Benjamín Morales Arnao, Jerónimo García Villanueva y David Garay Marzano

## RESUMEN

*Se realizó una investigación en el glaciar Chaupijanca Norte con el objetivo de determinar las condiciones de protección con cubierta de paja de ichu (que es el pajonal de montaña) contra la fusión glaciar. En este experimento se evaluaron las condiciones térmicas causadas por la absorción de energía solar sobre una superficie glaciar cubierta con ichu, para ello se instalaron 2 microtorres (una en la superficie glaciar al descubierto y otra en la superficie glaciar cubierta con ichu), ambas elaboradas con tubos de PVC, dentro de las cuales se dispusieron cuatro sensores de temperatura (hechos de termistores) a diferentes niveles: 3, 20, 60 y 160 cm sobre la superficie. Los datos se registraron cada hora y fueron almacenados en un datalogger alimentado por una batería que recibía energía a través de un panel solar.*

*Los datos se recogieron cada 25 días, aproximadamente, el registro de los datos comenzó el 3 de junio y culminó el 17 de agosto del 2012. El análisis mostró que el ichu modificó el microclima del sistema experimental, ya que los datos mostraron que sobre la superficie cubierta con ichu la temperatura disminuía con la altura, es decir el sistema emitía energía, energía que fue almacenada en forma de calor por el ichu y que luego era destinada a calentar el aire circundante, en lugar de favorecer la fusión del glaciar. En cambio, por encima de la superficie del glaciar descubierto, la temperatura aumentaba con la altura, mostrando el sistema como un sumidero de energía que era empleada en la fusión y sublimación glaciar.*

## PALABRAS CLAVES

*Conservación Glaciar / Cobertura de ichu / Impacto microclimático / Balance de energía / Sumidero de energía / Fusión de nieve / Cordillera Blanca*

## ABSTRACT

The objective of the investigation, on the Chaupijanca Norte glacier was to determine the conditions of protection from fusion in a glacier covered with ichu grass (a mountain grass). This experiment evaluated the thermal conditions caused by solar energy absorption over a glacial surface covered with Peruvian feathergrass. To carry out the experiment, two microtowers were installed (one on the exposed glacial surface and the other on the surface covered with feathergrass), both prepared with PVC tubes, within which four temperature gauges (made of thermistors) were arranged at different levels: 3, 20, 60 and 160 cm above the surface. The measurements were registered every hour and were collected in a datalogger powered by a battery that received energy through a solar panel.

The data was recovered approximately every 25 days. The data registry commenced June 3 and ended August 17 of the year 2012. The analysis showed that the feathergrass modified the microclimate of the experimental system. Considering that the data showed that above the feathergrass covered surface, the temperature reduced with height; that is to say that the system emitted energy, energy that was collected in the form of heat by the feathergrass and then was directed to heat the surrounding air, favoring melting glacier. Whereas, above the exposed glacial surface, the temperature increased with height, showing the system as a sink of energy that was expended in glacial fusion and sublimation.

## INTRODUCCIÓN

Un glaciar es una masa de hielo que se origina en la superficie terrestre por la acumulación, compactación y recristalización de la nieve, mostrando evidencias de flujo en el pasado o en el presente. La estructura del glaciar presenta 3 zonas identificadas: zona de acumulación, ubicada en la parte alta donde recibe precipitaciones sólidas (por lo general) en donde al ser depositadas, sumado a la acción de temperaturas menores a 0°C, terminan transformándose en hielo; zona de ablación, aquí ocurre en mayor proporción el proceso de fusión debido a las temperaturas que superan los 0°C y a las precipitaciones líquidas. Éstas dos zonas mencionadas son separadas por una línea imaginaria, conocida como línea de equilibrio, en este lugar el balance de masa glaciar es nulo, es decir no existe pérdida ni ganancia de masa.

La temperatura media global de la atmósfera terrestre y de los océanos se ha incrementado en los años con intensidades diferentes en distintas regiones. A futuro, los modelos climáticos, proyectan un continuo incremento de las temperaturas que llevará, sin duda alguna, a

acelerar el retroceso glaciar, lo cual es una noticia trágica, ya que en la actualidad los glaciares ya están sufriendo los embates del cambio climático. Por ejemplo, en las altas regiones de los trópicos y subtrópicos, entre 1997 y 2008, los glaciares de Ecuador perdieron 41% de su área; entre 1986 y 2000, los glaciares del norte de Chile han disminuido en 40%<sup>(4)</sup> Para el Perú, según el último inventario de glaciares y lagunas de la ANA<sup>(1)</sup>, se indica que la pérdida de superficie total de glaciares en las 18 cordilleras es de 42.64% respecto al inventario de 1970.

Para hacer frente a esta situación, existen medidas de mitigación como es el método de modificar el microclima incidiendo en la reducción y/o aumento de energía absorbida por los sistemas en consideración, a través del balance energético, que es un inventario de los flujos energéticos (radiativos, conductivos y turbulentos) entre el glaciar y la atmósfera, con lo que se puede comprender físicamente la interacción y respuesta del glaciar con las variables meteorológicas. El balance de energía presenta la siguiente ecuación:

$$S_{\downarrow}(1-\alpha) + L_{\downarrow} - L_{\uparrow} + LE + H + P + G = \Delta Q \text{ (en } Wm^{-2}\text{)}$$

Los tres primeros términos ( $S_{\downarrow}(1-\alpha) + L_{\downarrow} - L_{\uparrow}$ ) representan la radiación R, que contiene todas las longitudes de onda y su forma es  $R = S_{\downarrow} - S_{\uparrow} + L_{\downarrow} - L_{\uparrow} = S_{\downarrow}(1-\alpha) + L_{\downarrow} - L_{\uparrow}$ . De donde  $S_{\downarrow}$  es la radiación solar incidente en onda corta,  $S_{\uparrow}$  la radiación solar reflejada en onda corta,  $\alpha$  el albedo,  $L_{\downarrow}$  la radiación de onda larga emitida por la atmósfera,  $L_{\uparrow}$  la radiación de onda larga emitida por la superficie, H el flujo turbulento de calor sensible, LE el flujo turbulento de calor latente, P el flujo de energía aportado por las precipitaciones (despreciable respecto a los otros flujos), G el flujo conductivo en la nieve o el hielo (es nulo en promedio diario en las zonas de ablación de los glaciares andinos que son “templados”).  $\Delta Q$  es la variación de energía que resulta en la capa superficial del glaciar, si  $\Delta Q$  fuera positivo, el glaciar recibe un flujo de calor que va a ser utilizado, en primera instancia, en aumentar su temperatura si ésta tuviera valores bajo 0°C, luego para derretir el hielo cuando el punto de fusión ha sido alcanzado, este comportamiento ocurre de día. En cambio por la noche se tiene un  $\Delta Q$  negativo, en donde la temperatura se ubicará por debajo de 0°C favoreciendo el congelamiento y preservando el cuerpo glaciar.

Existen estudios con relación a la modificación del microclima, por ejemplo: el de “El efecto del calor almacenado por el suelo en el rendimiento del cultivo de papa en climas cálidos”, donde se utilizó el mulch

de gras seco y de coronta de maíz<sup>(2)</sup> y el estudio de “El efecto del calor almacenado por el suelo sobre la temperatura del aire y en el control de heladas en cultivo de frijol”<sup>(3)</sup>.

Pero el mejor ejemplo fue la investigación de la “reducción de la fusión glaciar” desarrollado por el Patronato del Museo de las Montañas Andinas en la “lengua glaciar de Chaupijanca Norte” donde se aplicó la técnica de reducción de la energía absorbida por el sistema glaciar y el material utilizado para tal propósito fue el aserrín<sup>(5)</sup>, el monitoreo de la lengua glaciar de Chaupijanca Norte empezó en junio del 2008, ya para setiembre del 2009 se comprobó que existía una dramática reducción de su espesor, de entre dos y cinco metros en la zona de ablación, que en volumen se tenía una pérdida cercana al medio millón de metros cúbicos de agua en estado sólido por año. Frente a esta situación, en junio del 2010, se coordinó y firmó un acuerdo con la Jefatura del Parque Nacional Huascarán del Ministerio del Ambiente, con la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la ANA del Ministerio de Agricultura, y con el Patronato del Museo de las Montañas Andinas como organismo ejecutor de los experimentos, en donde se eligió al aserrín como material para la cobertura, debido a su propiedad aislante frente al calor generado por los rayos solares y demás factores ambientales, inclusive se cuenta con la experiencia de los raspadilleros del

Callejón de Huaylas, que cubren sus bloques de hielo con aserrín o ichu, para conservar y proteger del derretimiento por acción del calor ambiental.

Los trabajos se iniciaron con la adquisición, acopio y depósito de 750 sacos de aserrín en la ciudad de Huaraz, tuvo una duración de 12 días. Paralelamente se ubicaron 2 zonas donde se vaciaría el aserrín, una de un área de 300 m<sup>2</sup> en la parte superior y otra de un área de 200 m<sup>2</sup> en la parte inferior, que fueron debidamente geo referenciadas y acondicionadas. Luego, el transporte del aserrín, desde la punta de carretera hacia el glaciar, se realizó con la colaboración de 30 cargadores de la comunidad de Chiuroco durante 4 días. Al realizar el vaciado para cada área se tuvo un espesor de entre 12

y 15 cm. La protección obtenida desde junio del 2010 hasta octubre del 2012 son visualizados en los cuadros 1 y 2, donde se tiene que los lados Sur y Este se ha tenido una protección de la fusión glaciaria sumamente importante, haciendo hincapié en la parte Sur donde se tiene una protección, al 21 de octubre del 2012, de 9.85 m en la prueba de aserrín con 200 m<sup>2</sup> de cobertura y de 8.42 m en la prueba de aserrín con 300 m<sup>2</sup> de cobertura, encontrándose que en general se tiene una protección más uniforme en la prueba con 300 m<sup>2</sup> de cobertura ubicada en la parte superior<sup>(6)</sup>. En la figura 1, es notorio que por efectos del viento y la fusión glaciaria, el aserrín tiende a esparcirse y a distribuirse en los alrededores, deformándose así el cuerpo de hielo protegido por el aserrín.

LADO	ESTE	OESTE	COTA (msnm)	PROTECCIÓN
NORTE	279163.896	8896273.718	4677.262 4676.716	0.546
SUR	279173.943	8896247.315	4677.262 4667.410	9.852
ESTE	279179.035	8896265.179	4677.262 4672.671	4.591
OESTE	279160.275	8896264.971	4677.262 4673.942	3.320

Cuadro 1. Coordenadas y desnivel de la prueba de aserrín con 200 m<sup>2</sup> de cobertura, desde junio del 2010 al 21 de octubre del 2012

LADO	ESTE	OESTE	COTA (msnm)	PROTECCIÓN
NORTE	278994.333	8896375.578	4745.872 4742.734	3.138
SUR	278997.485	8896356.826	4745.872 4737.830	8.042
ESTE	279006.217	8896373.084	4745.872 4739.106	6.766
OESTE	278988.259	8896366.668	4745.872 4742.637	3.235

Cuadro 2. Coordenadas y desnivel de la prueba de aserrín con 300 m<sup>2</sup> de cobertura, desde junio del 2010 al 21 de octubre del 2012



Figura 1. Superficie deformada cubierta con aserrín. Protección más de 9 m de altura

## Investigación de preservación de la fusión glaciar con ichu

En el presente estudio se evaluaron los efectos térmicos y energéticos de la cobertura con ichu del área glaciar de 90 m<sup>2</sup> ubicados en la lengua glaciar de Chaupijanca Norte, así como las condiciones térmicas y

energéticas en condiciones de glaciar natural. Para ello se evaluará los perfiles verticales horarios de temperatura del aire de sistema hielo con cobertura (Tratamiento) y hielo sin cobertura (Testigo).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio está ubicado en la “Lengua Glaciar de Chaupijanca Norte”, en el distrito de Huallanca de la provincia de Bolognesi, a unos 24 km del pueblo de Huallanca. Ingresándose por la quebrada de Chiuroco a unos 12 km de la ciudad de Huallanca; de donde se observa un valle glaciar, coronado en su parte superior por los glaciares de Chaupijanca. Este glaciar se encuentra en las coordenadas UTM 278698-E

8896768-N (Centroide) con una altitud aproximada de 4640 a 5083 msnm. El ingreso a la lengua glaciar de Chaupijanca Norte, se realiza desde la localidad de Huallanca por vía carroable de 24 km hasta la cuenca superior de la quebrada de Chiuroco, y lagunas de Aguascocha, que tiene en su parte superior al glaciar Chaupijanca Norte.

### Datos

Para el estudio se instalaron termistores (sensores de temperatura), dispuestos en una pequeña torre, en los niveles de 3, 20, 60 y 160 cm. Los registros se realizaron en sistema de hielo cubierto por 90 m<sup>2</sup> de ichu (Tratamiento, Tr) y otro sistema de hielo en condiciones naturales (Testigo, T); los datos serán recogidos cada 25 días aproximadamente y se tendrán lecturas desde el

3 de junio al 17 de agosto del 2012.

Para proceder a la instalación de los equipos en el campo, previamente se realizaron trabajos en el campo con 4 días de anticipación a la llegada de los equipos a Chaupijanca Norte, después de ubicar el área se transportó con anticipación 25 cargas de ichu para cubrir la superficie de 90 m<sup>2</sup>.

### Equipos y materiales

Los equipos utilizados son: Datalogger<sup>(2)</sup>, panel solar<sup>(2)</sup>, batería y equipos de laboratorio para calibración de termistores.

Los materiales utilizados fueron tubo de PVC de 1

pulgada y ½ pulgada, cables de teléfono para el circuito del juego de termómetros y como extensión entre la microtorre y la ubicación del datalogger. El equipo de datalogger, panel solar y la batería ya funcionando en forma operativa se muestra en la figura 2:



Figura 2. Equipo de datalogger con panel solar operativo.

## Metodología

Calibración de los termómetros de termistores para su uso con el datalogger.

La relación entre la temperatura y la resistencia, en los termistores NTC, está dada por la expresión:

$$R = Ae^{BT}$$

donde:

La variable "B" es dividida por "T", quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$R = Ae^{B/T}$$

donde:

R: es la resistencia del termistor NTC a la temperatura "T"

T: temperatura del termistor en Kelvin

A y B: son constantes que dependen del resistor

e: Número de Euler

NTC: Resistor no lineal

En este caso el equipo de lectura o registro es el multímetro; sin embargo al utilizarse el datalogger como equipo de registro no se tiene una relación conocida, lo cual obliga a determinar una relación empírica

entre los registros del datalogger (RD) y la lectura de las temperaturas (T) obtenidas durante el proceso de calibración.

Una vez construidos y calibrados los termómetros de termistores, se instalaron los equipos (figura 2), uno en el área glacial del experimento de modificación (superficie del hielo cubierto con ichu) y otro en área glacial natural o testigo, con coordenadas mostradas en el cuadro 1; los equipos de almacenamiento de datos o "datalogger" se descargaron cada 25 días. Los registros descargados (RD) fueron transformados a temperatura (T) con las ecuaciones de calibración respectivas cuya forma general es:

$$T = a + b \ln(RD)$$

donde:

T: Temperatura

a y b: constantes de una ecuación de regresión logarítmica

RD: Registros de Datalogger

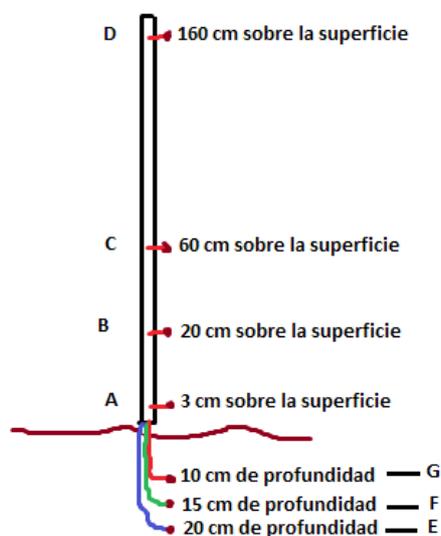


Figura 3. Microtorre de termistores ensamblado (a la izquierda), micro torre instalada en la superficie de Tratamiento, con ichu (al centro) y en la superficie testigo, glaciar descubierto (a la derecha)

EQUIPO	ESTE	NORTE	COTA
Micro torre de termistores (Tratamiento)	279173.907	8896310.299	4688.256
Panel más Datalogger (Tratamiento)	279152.825	8896305.703	4687.976
Micro torre de termistores (Testigo)	279203.790	8896313.855	4684.690
Panel más Datalogger (Testigo)	279208.344	8896300.521	4681.172

Cuadro 3. Coordenadas con la ubicación de los equipos en los sistemas de glaciares: Testigo y Tratamiento, en el glaciar de Chaupijanca Norte

1. Ecuaciones obtenidas de la calibración en laboratorio

- Para los termistores ubicados sobre la superficie glaciar cubierta con ichu (Tratamiento)
- Para los termistores ubicados sobre la superficie glaciar sin cobertura (Testigo)

Nivel (cm)	Ecuación de los sensores
3	$T=239.402 - 41.203 \cdot \ln(RD)$
20	$T=227.826 - 38.903 \cdot \ln(RD)$
60	$T=216.609 - 37.4125 \cdot \ln(RD)$
160	$T=233.966 - 39.828 \cdot \ln(RD)$

Cuadro 4. Ecuación de termistores ubicadas sobre la superficie Tratamiento

Nivel (cm)	Ecuación de los sensores
3	$T=249.07 - 42.273 \cdot \ln(RD)$
20	$T=216.13 - 37.131 \cdot \ln(RD)$
60	$T=229.73 - 39.173 \cdot \ln(RD)$
160	$T=246.07 - 41.966 \cdot \ln(RD)$

Cuadro 5. Ecuación de termistores ubicadas sobre la superficie Testigo

2. Determinación de la intensidad térmica de la modificación microclimática del experimento

El 3 junio del 2012 se instalaron equipos de termómetros de termistores, los cuales nos han permitido determinar la variación vertical de la temperatura a través de sus mediciones en los niveles de 3, 20, 60 y 160 cm de altura; tales mediciones se llevaron cabo sobre superficie de hielo (Testigo) y sobre superficie de hielo con cobertura de ichu (Tratamiento). Los sensores ubicados en los niveles de 3, 20 y 60 cm evaluarán el efecto de la capa de ichu sobre las condiciones térmicas del aire adyacente y próximo a la superficie del glaciar. En cambio, el sensor de 160 cm tiene la finalidad de poder ser utilizada en la comparación de las condiciones térmicas del aire sobre glaciar con las de cualquier estación climatológica estándar.

Los datos de la información mensual acumulada en los datalogger sobre radiación y temperaturas, se recogieron cada 25 días, desde el 3 de junio al 17 de agosto del 2012, las cuales fueron procesadas, obteniéndose los resultados que se muestran en las figuras 5, 6 y 7. Además, se realizó la toma de las coordenadas y desniveles del área cubierta con ichu desde el 01 de junio del 2012 al 21 de octubre del 2012 (cuadro 6) en donde los mayores valores fueron en los vértices 1 y 2 con alturas de 2526 m y de 1978 m respectivamente. Nótese la uniformidad de la plataforma de hielo en la figura 4, a comparación del experimento con aserrín, el ichu no sufre severas deformaciones.



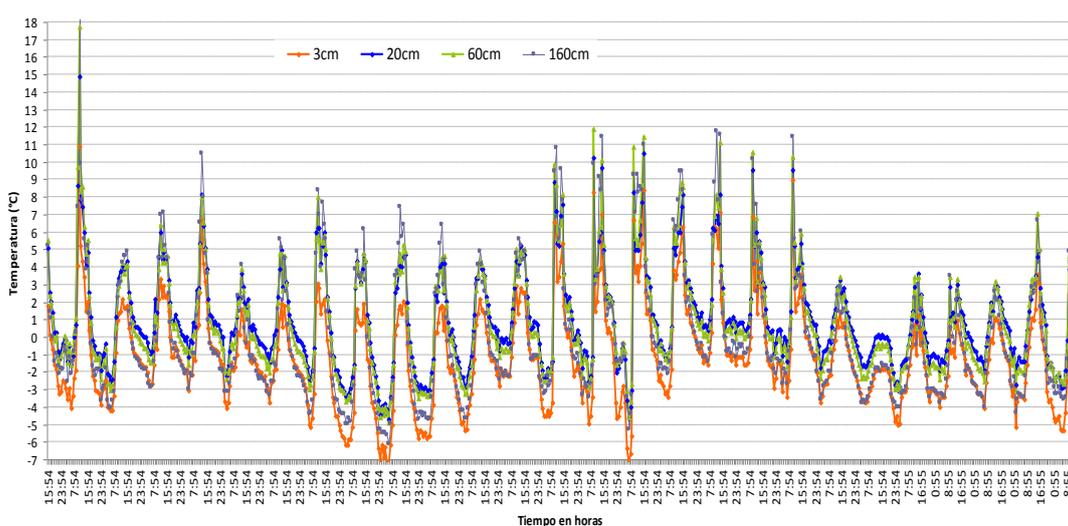
Figura 4. Fotografía donde se muestra la altura de la superficie glaciar cubierta con ichu con respecto al área circundante y descubierta

LADO	ESTE	OESTE	COTA (msnm)	PROTECCIÓN
VERT -1	279168.894	8896301.900	4686.820	2.526
			4684.294	
VERT-2	279182.254	8896304.862	4686.818	1.978
			4684.840	
VERT-3	279181.887	8896312.338	4688.352	1.542
			4686.810	
VERT-4	279167.808	8896307.800	4687.849	1.691
			4686.158	

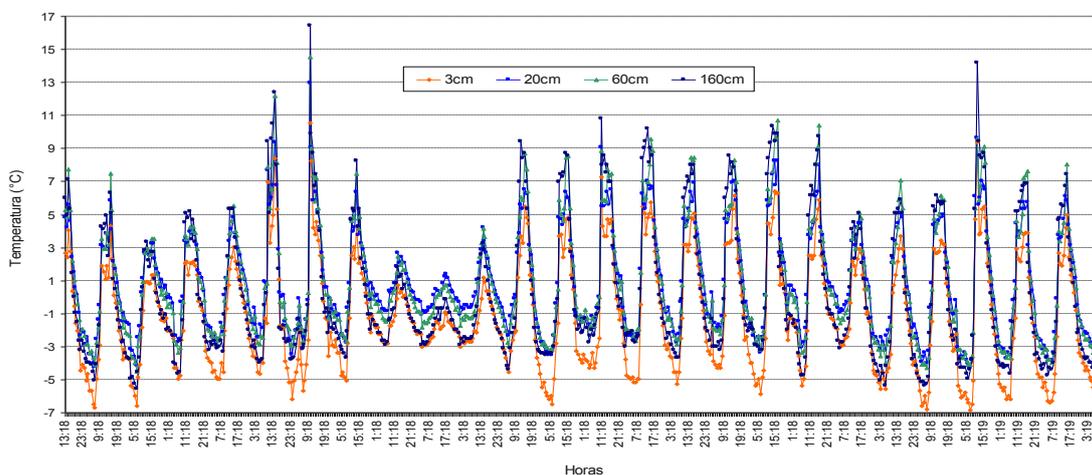
Cuadro 6. Coordenadas y desnivel de la prueba de ichu con 90 m<sup>2</sup> de cobertura, desde el 1 de junio del 2012 al 21 de octubre del 2012

## Análisis de la variación horaria de la temperatura sobre la superficie de hielo (Testigo) y sobre la superficie de hielo cubierta con ichu (Tratamiento)

### Variación horaria de la temperatura sobre superficie de hielo (Testigo) en el mes de junio



### Variación horaria de la temperatura del aire sobre superficie de hielo (Testigo), del 29 de junio al 24 de julio



### Variación horaria de la temperatura del aire sobre superficie de hielo (Testigo), del 29 de junio al 24 de julio

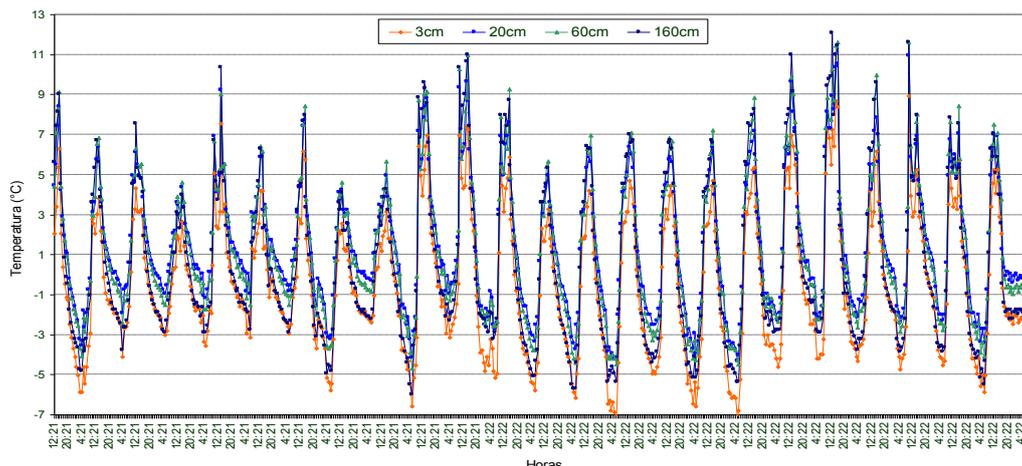


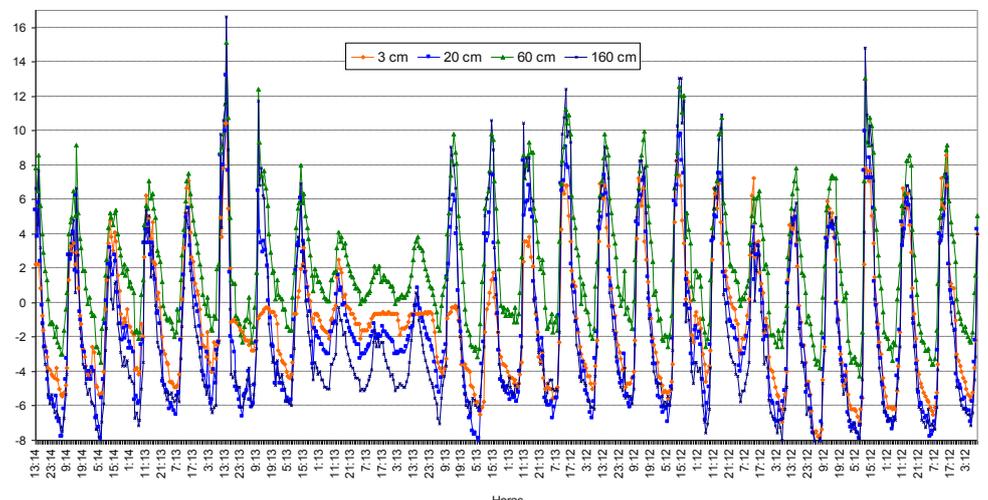
Figura 5. Variación horaria de la temperatura sobre superficie de hielo, desde el 3 de junio hasta el 17 de agosto

Se observa en la figura 5, el aumento de la temperatura con la altura lo cual indica que la superficie de hielo no cuenta con energía para calentar el aire, actuando como sumidero de energía, la misma que será distribuida en la superficie glaciar para procesos de fusión y sublimación del hielo en todos los días con diferencias bien acentuadas entre 3 y 20 cm; esta característica es bien notoria en la figura 6. Las temperaturas oscilaron entre -7°C a 12°C, y mientras avanzaron los meses las temperaturas mínimas descendieron; en junio la temperatura mínima frecuentó valores de -4 y -5°C, en cambio ya en agosto, las mínimas frecuentes son de -6 y -7°C.

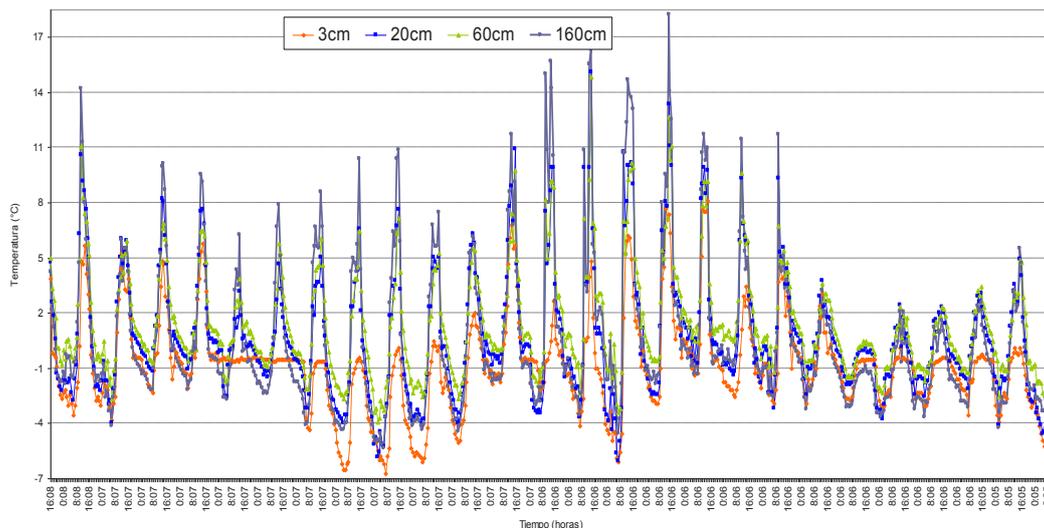
La figura 6, a diferencia de la figura 5, muestra una disminución de la temperatura con la altura, el sensor ubicado a 3 cm presentó valores mayores al sensor

ubicado a 160 cm, esta situación indica que existe un flujo de calor sensible hacia la atmósfera desde la superficie del glaciar cubierto con ichu, esta energía será utilizada para calentar el aire que está en contacto con la superficie. Siguiendo la comparación con la figura 5, las temperaturas son ligeramente mayores y oscilaron entre -6°C a 16°C; tanto el aumento con la altura así como las diferencias de su intensidad se muestran con mayor detalle en la figura 7. Al igual que en la superficie Testigo, las temperaturas mínimas van descendiendo según pasan los meses. La mayor diferencia radica en que, en la superficie cubierta con ichu, el termistor ubicado a 3 cm de altura ya no registra las temperaturas más bajas, siendo más notorio para los meses de julio y agosto, esto debido a que el ichu absorbe la energía del sol y calienta el aire a su alrededor, como se mencionó.

### Variación horaria de la temperatura sobre superficie de hielo con cobertura de ichu del 29 de junio al 24 de julio



Variación horaria de la temperatura sobre hielo con cobertura de ichu del 3 al 29 de junio



Variación horaria de la temperatura sobre superficie de hielo con cobertura de ichu del 29 de junio al 24 de julio

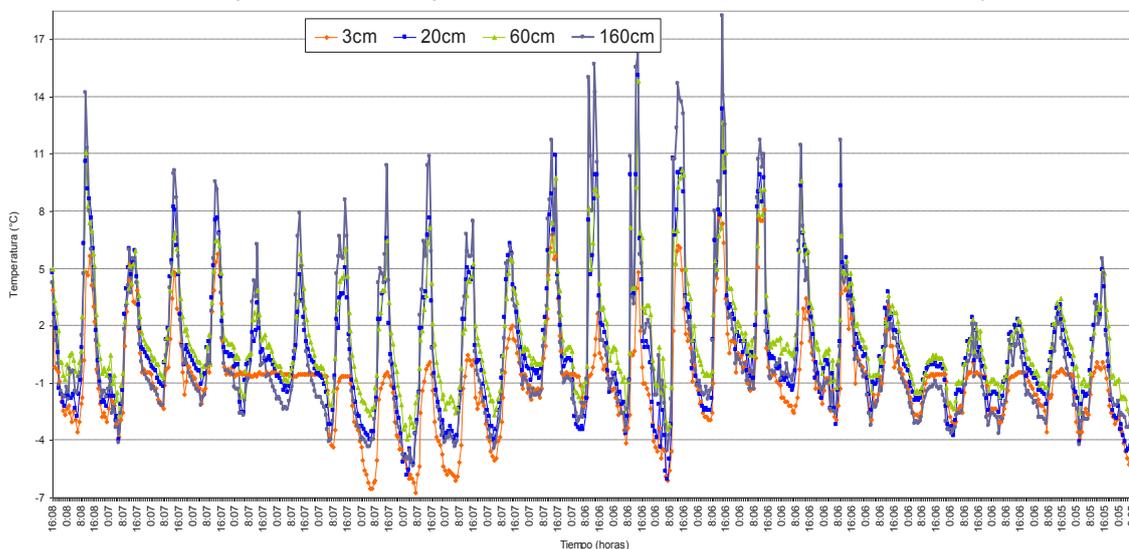
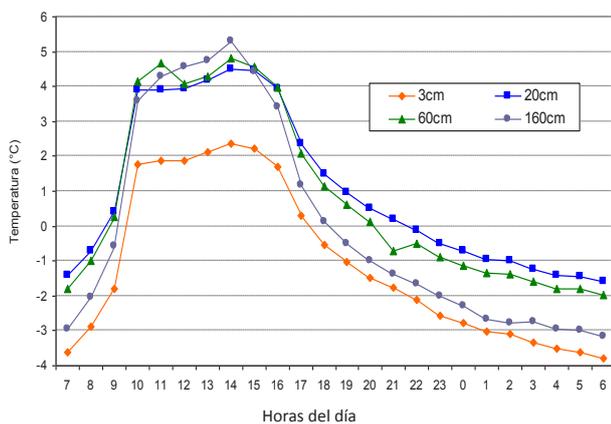


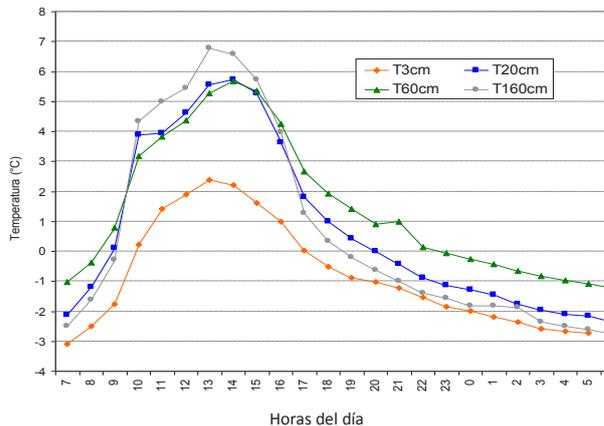
Figura 6. Variación horaria de la temperatura sobre superficie de hielo con cobertura de ichu para el mes de junio

Análisis de la temperatura media horaria sobre la superficie de hielo (Testigo) y sobre la superficie de hielo cubierta con ichu (Tratamiento)

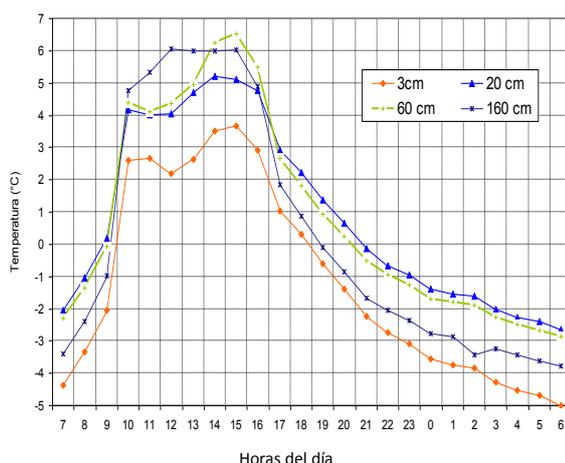
Temperatura media horaria sobre hielo del 3 al 29 de junio



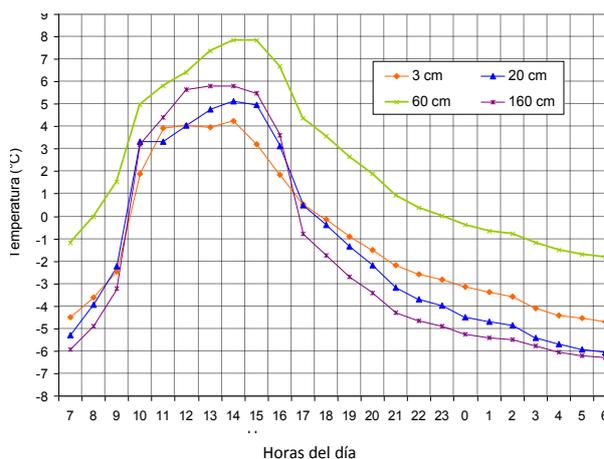
Temperatura promedio horario sobre hielo cubierto con ichu del 3 al 29 de junio



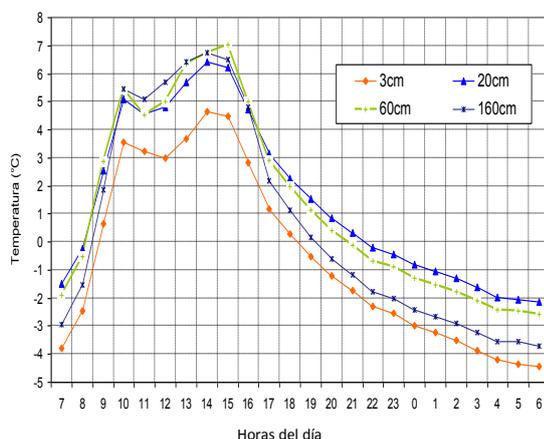
### Temperatura media horaria sobre hielo del 3 al 29 de junio



### Temperatura promedio horario sobre hielo cubierto con ichu del 3 al 29 de junio



### Temperatura media horaria sobre hielo del 24 de julio al 17 de agosto



### Temperatura promedio horario sobre hielo cubierto con ichu del 24 de julio al 17 de agosto

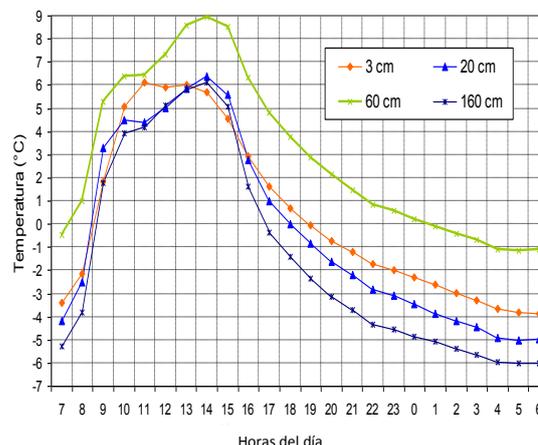


Figura 7. Comparativa de temperatura media horaria para la superficie Testigo (hielo descubierto) y superficie Tratamiento (hielo cubierto con ichu)

La figura 7 representa la temperatura promedio horario del mes de junio; para el sistema testigo, se muestra los niveles 3, 20, 60 y 160 cm, que indican las alturas a las que están instalados los sensores respectivos. Ahí, las temperaturas más bajas fueron registradas por el termistor ubicado a la altura de 3 cm y las temperaturas más altas a la altura de 60 y 160 cm, entre 12 y 14 horas. Para el sistema Tratamiento se

tiene que para los meses de julio y agosto, el termistor ubicado a 3 cm de altura registra los menores valores de temperatura solo entre las 12 y 14 horas, luego el que pasa a registrar los valores más bajos de temperatura durante el resto del día será el termistor ubicado a 160 cm de altura, además el termistor ubicado a 60 cm de altura pasara a registrar los valores más altos durante todo el día para los meses mencionados.

## CONCLUSIONES

Después de haber analizado los resultados del experimento realizado sobre el glaciar Chaupijanca Norte, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El comportamiento natural de la temperatura sobre la superficie glaciar es que aumente con la altura, entonces el hielo actúa como sumidero de energía que será utilizada en procesos de fusión y sublimación, es

decir que tendrá un balance de energía positivo  $\Delta Q > 0$ . Pero, al modificar su microclima con la cobertura de ichu se obtiene lo contrario ( $\Delta Q < 0$  o cercanas a 0), la temperatura disminuye con la altura, esto indica un flujo de calor sensible desde la superficie glaciar cubierta con ichu hacia la atmósfera. La cobertura de ichu al acumularse forma un entretejido lleno de

espacios pequeños por donde el aire circula, el ichu almacena la energía absorbida (en forma de calor) del sol y ésta calienta el aire circundante, entonces la energía que debería ser destinada a la fusión y sublimación del hielo termina siendo utilizada en el calentamiento del aire, aire que circulará llevándose la energía extra que se almacenó en el ichu, preservando por más tiempo el hielo que se encuentra debajo.

- Para el sistema Tratamiento se observaron en los datos que en el primer mes (junio) el ichu no tuvo mucha influencia en los resultados, en cambio para julio y agosto se tiene que el termistor ubicado a 3 cm de altura obtiene un registro de temperatura con valores más altos que la superficie Testigo. Y al comparar los valores de la temperatura media diaria de los sensores ubicados a 3 cm y a 60 cm sobre la superficie, se tiene que la superficie Tratamiento muestra hasta 2°C por encima de los valores de la superficie Testigo. En cambio para los sensores ubicados a 20 cm y a 160 cm presentan un comportamiento parecido entre ambas superficies experimentales.
- El ichu, es un pasto que crece en el altiplano andino,

debido a su cercanía a los glaciares es de fácil transporte, lo cual ayudaría a que este experimento se repita y podría servir para preservar glaciares pequeños.

- En el trabajo que se hizo con aserrín en junio del 2010, las plataformas de hielo cubiertas con aserrín de 200 m<sup>2</sup> y 300 m<sup>2</sup>, hasta las medidas tomadas al 21 de octubre del 2012, es decir en el transcurso de 2 años y 4 meses aproximadamente, presentaron alturas máximas de protección de 9852 m y 8042 m respectivamente. En cambio para la superficie cubierta por 90 m<sup>2</sup> de ichu (realizado en el 2012) la altura máxima que alcanzó la plataforma glaciar cubierta por ichu, desde el 1 de junio del 2012 al 21 de octubre del mismo año (en tan solo 4 meses), fue de 2526 m. Aunque para realizar una mejor comparación es recomendable realizar los tratamientos en la misma fecha y con áreas recubiertas de igual valor, la cobertura de ichu ha demostrado adherirse de manera uniforme y no esparcirse con el viento, como lo hizo el aserrín, formándose una superficie casi homogénea.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Autoridad Nacional del Agua (2014). *Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas*. Huaraz: ANA.
2. García, J. y Loayza, R. (1995). Efecto del calor almacenado por el suelo en el rendimiento del cultivo de papa en climas cálidos. *Anales científicos UNALM*.
3. García, J. y Cabello, J. (1995). Efecto del calor almacenado por el suelo sobre la temperatura del aire y en el control de heladas en cultivo de frijol. *Anales científicos UNALM*.
4. *Mountain glaciers face the heat*. Global Change: Planet Under Pressure (January 2011). Issue (76), 30-33.
5. Morales, B. (2010). Tecnología peruana para salvar a los glaciares del Perú y del mundo. *Revista Agronoticias*, (361).
6. Morales, B. (2013). Investigaciones glaciológicas en los glaciares de Chaupijanca y Pastoruri. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, (126), 139-204.
7. Shindell, D. (Febrero, 2011). *NASA news: Cleaning the Air Would Limit Short-Term Climate Warming*. Goddard Institute for Space Studies. <https://www.giss.nasa.gov/research/news/20110220/>
8. Cogley, J., Hock, R., Rasmussen, L., Arendt, A., Bauder, A., Braithwaite, R., Jansson, P., Kaser, G., Möller, M., Nicholson, L y Zemp, M. (2011). Glossary of glacier mass balance and related terms. *IHP-VII Technical Documents in Hydrology*, (86).
9. Francou, B. y Pouyaud, B. (Mayo, 2015). Métodos de observación de glaciares en los andes tropicales. Paris: UNESCO.



# METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUTURAS LAGUNAS GLACIARES EN ZONAS TROPICALES: ANDES DEL PERÚ

Daniel Colonia Ortíz<sup>1</sup>, Judith Torres Castillo<sup>1</sup>, Wilfried Haeberli<sup>2</sup> y Simone Schauwecker<sup>2,3</sup>

## RESUMEN

*El rápido retroceso de los glaciares en los Andes del Perú ha ocasionado la formación de numerosas lagunas glaciares que en muchos casos son un peligro para las poblaciones aguas abajo de las cuencas. Por ello un buen conocimiento de la ubicación y estimación de las características morfométricas de posibles lagunas futuras es esencial para la evaluación de riesgos de origen glaciar. Sin embargo, las evaluaciones directas en campo son laboriosas y requieren gran recurso económico que en muchos casos no es viable y se limita en algunas zonas glaciares. En este artículo, se presenta una metodología adaptada y aplicada para identificar sitios donde lagunas futuras podrán formarse en áreas glaciares del Perú; nuestro estudio está basado en tres niveles de análisis.*

*El primer nivel ubica partes de los glaciares que tengan pendientes superficiales < 5°-10° como una primera aproximación a partir de un Modelo Digital de Elevación (MDE). El segundo consiste en un análisis de criterios morfológicos de los glaciares según imágenes de satélite de alta resolución espacial. El tercer nivel realiza el modelamiento de espesores de hielo y la ubicación y geometría de depresiones en los lechos glaciares, donde se puede formar lagunas futuras, aplicando el modelo SIG GlatTop.*

*La metodología se desarrolló en los glaciares Artesonraju (Cordillera Blanca) y Sullcón 3 (Cordillera Central), obteniendo resultados robustos en cuanto a la ubicación de las lagunas futuras; mientras que para las medidas morfométricas y la estimación del volumen contiene incertidumbres considerables debido a la disponibilidad limitada de información y a la complejidad de los procesos físicos involucrados. De este modo, se podrá evaluar las potenciales reservas de agua y posibles peligros, lo cual permite realizar una planificación anticipada para el aprovechamiento del recurso agua y prevención de posibles eventos catastróficos. El método es fácil de emplear y solo se limita a la disponibilidad de datos a nivel regional o local.*

## PALABRAS CLAVES

*Formación de lagunas / Lagunas glaciares futuras / Retroceso glaciar / Cambio climático / Recurso hídrico / Potenciales peligros*

## INTRODUCCIÓN

El retroceso de los glaciares continúa como respuesta al cambio climático y tiene un impacto mayor en los Andes del Perú, debido a que concentra el 71% de los glaciares tropicales en Sudamérica. Cambios proyectados del clima,

basado en los diferentes escenarios del IPCC para 2050 y 2080 y las simulaciones con un modelo clima-glaciar para zonas tropicales indican que los glaciares retrocederán dramáticamente (Vuille et al, 2008). Según datos comparativos del inventario

1 = Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), Huaraz, Perú

2 = Geography Department, University of Zurich, Zurich, Switzerland

3 = Meteodat GmbH, Zürich, Switzerland

de glaciares entre el primer (PIN 1970) y el segundo (SIN 2003-2010) inventario nacional de glaciares (UGRH, 2014), la reducción del área glaciar evidencia un retroceso promedio de 31% en los Andes del Norte, 63% en los Andes del Centro y 55% en los Andes del Sur.

En la Cordillera Blanca, notables cambios ocurrieron en el transcurso de la tendencia general del retroceso glaciar en el siglo 20 (Rabatel et al, 2013). En las últimas décadas se ha incrementado la formación de lagunas proglaciares, muchas de ellas de 1-2 km de longitud, las cuales aparecen y evolucionan en glaciares de valle, siendo parte del paisaje de la Cordillera Blanca (Iturrizaga, 2014). Muchas de las lagunas se forman cerca de glaciares colgantes y paredes de roca que se desestabilizan por el calentamiento de la atmósfera y el retroceso glaciar (Haeberli et al, 2016c; Schaub et al, 2013). En este contexto, el presente trabajo brinda una metodología para identificar las posibles lagunas futuras en los Andes del Perú y así conocer las reservas de agua dulce (oportunidad) y realizar medidas de prevención (minimizar el riesgo), ante posibles

desbordamientos de lagunas glaciares. De este modo, se puede evitar eventos catastróficos sobre la población o infraestructuras aguas abajo de las cuencas glaciares, tales como los que ocurrieron en la Cordillera Blanca (Carey et al, 2012) y otras zonas de montaña del mundo.

La investigación se basa en el uso de datos provenientes de imágenes de satélite, técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica que son tecnologías y herramientas que permiten una identificación rápida de los peligros y una evaluación de los potenciales riesgos por la formación de lagunas. La metodología es de gran valor porque permite identificar las posibles futuras lagunas en zonas remotas y difíciles de controlar a través de estudios sobre el terreno, debido a lo accidentado y condiciones climáticas extremas (Govindha Raj et al, 2013).

La metodología planteada es robusta y aplicable en glaciares tropicales como es el caso del Perú. Es posible así, contar con una información de primer orden para la gestión del recurso hídrico y gestión de riesgos de desastres de origen glaciar.

## METODOLOGÍA

El escenario de las lagunas futuras se basa principalmente con datos adquiridos y generados y los

niveles de análisis para la identificación de las posibles lagunas glaciares.

### Datos

Los datos necesarios para identificar las posibles lagunas futuras son datos espaciales (Modelo Digital de Elevación e imágenes de satélite) y datos observados en campo.

- Cartografía del inventario de glaciares a partir de imágenes de satélite.
- Modelo Digital de Elevación (MDE) del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (90 m) del 2000, este MDE es recomendado porque proviene de las imágenes de radar y tiene menos anomalías en comparación con el AsterGdem.

- Imágenes de satélite de alta resolución espacial del Google Earth para la interpretación visual y análisis morfológico de los glaciares.
- Red de líneas de flujo: la red de líneas de flujo se digitaliza manualmente según el método de Paul and Linsbauer (2012). Las líneas se determinan desde arriba hacia la lengua glaciar, perpendicularmente a las curvas de nivel de la superficie del glaciar, con una línea por cada 80-100 m de ancho glaciar.

### Niveles de análisis para la identificación de lagunas futuras

La identificación de las zonas donde se podrían formar lagunas futuras se basa en un análisis SIG, interpretación

de los criterios morfológicos y la aplicación del modelo GlabTop que se detallan a continuación:

#### Nivel 1: Identificación de superficies glaciares con pendientes bajas

Se genera el mapa de pendientes dentro de los límites de glaciares. Luego se define las zonas con gradiente superficial menores a 5° o 10° (ejemplo en la figura 1); las cuales son adecuadas por los detalles topográficos

que ofrece el MDE. De este modo, se evidencia las zonas potenciales de formación de lagunas y una primera aproximación general de las posibles depresiones en el lecho glaciar (Frey et al, 2010) en regiones extensas.

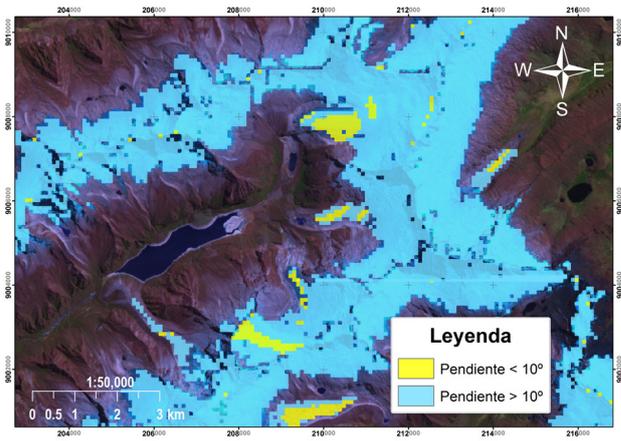
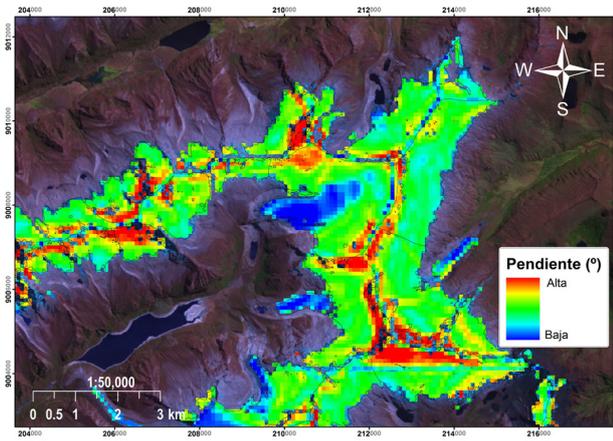


Figura 1. Clasificación de pendientes en la zona glaciar (microcuenca de la laguna Parón)

## Nivel 2: Análisis de los criterios morfológicos de los glaciares

- A través de las imágenes de satélite de alta resolución del Google Earth (2D y 3D) se analiza el cumplimiento de 3 indicadores (Cuadro 1), donde podrían existir depresiones en el lecho de los glaciares según Frey, et al (2010) que permiten definir la probabilidad de formación de lagunas futuras.
- Los Criterios Morfológicos-CM (figura 2) consisten en identificar: cambio de pendiente plano-pronunciado (figura 2a-CM1), donde no hay grietas y luego comienzan las grietas (figura 2b-CM2) y el estrechamiento lateral de la lengua glaciar (figura 2c-CM3).

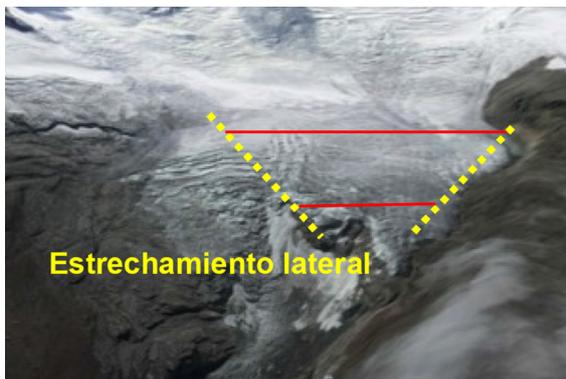
### (a) Imagen en 3 dimensiones

Se identifica que exista un cambio notable de pendiente que diferencia entre plano y pronunciado.



### (c) Imagen en 3 dimensiones

Se evidencia el estrechamiento de la lengua glaciar y muestra un ensanchamiento en la zona plana.



### (b) Imagen en 2 dimensiones

Se visualiza una zona sin grietas, seguida por una zona con grietas.



Ubicación de la depresión en el lecho glaciar y posible laguna futura.

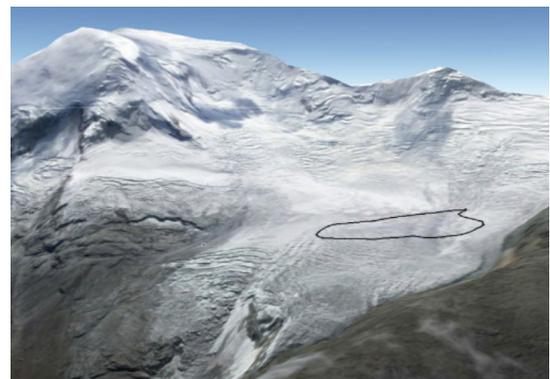


Figura 2. Criterios morfológicos que indican depresiones en el lecho de los glaciares (por ejemplo glaciar Rajupaquinan)

Los criterios se analizan para cada glaciar que evidencie las condiciones morfológicas, donde podrían existir las depresiones en el lecho glaciar. De este modo, se clasifica la probabilidad de la posible formación

de la laguna, según el cumplimiento de los Criterios Morfológicos (por ejemplo, cuadro 1) a través de la interpretación visual y análisis de imágenes de satélite de alta resolución espacial y observaciones en campo.

Cuadro 1. Clasificación de probabilidad de formación de la laguna futura

DESCRIPCIÓN	CM1	CM2	CM3	Probabilidad	Características especiales
1 Indicador		✓		Baja	<b>Detalles identificados con datos provenientes de:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observaciones en campo.</li> <li>• Uso de imágenes de satélite de alta resolución espacial.</li> <li>• Otros.</li> </ul>
1 Indicadores		✓	✓	Mediana	
3 Indicadores	✓	✓	✓	Alta	

CM= Criterio morfológico

### Nivel 3: Modelamiento del escenario de la laguna futura

La aplicación del modelo GlabTop (Glacier Bed Topography), desarrollado por Linsbauer et al, 2009, permite estimar espesores del glaciar en función de la pendiente de la superficie y la fuerza cortante basal (Linsbauer et al, 2012). El modelo asume que el glaciar tiene un comportamiento plástico y se desliza fácilmente sobre su lecho, redistribuyendo su masa.

El modelo GlabTop tiene como datos de entrada: MDE del SRTM remuestreado a 30 m, contorno glaciar y red de líneas de flujo digitalizados (equidistancia de

80-100 m) en los glaciares.

De este modo, el modelo estima la distribución de espesores en el glaciar (figura 3a) la posible topografía y la geometría de las depresiones en el lecho glaciar, basado en un análisis SIG (Linsbauer et al, 2012).

Estos datos permiten identificar la formación de posibles lagunas glaciares con áreas mayores a 10,000 m<sup>2</sup>. (figura 3b) que luego son comparados con los 2 primeros niveles de análisis para confirmar la formación de las lagunas futuras.

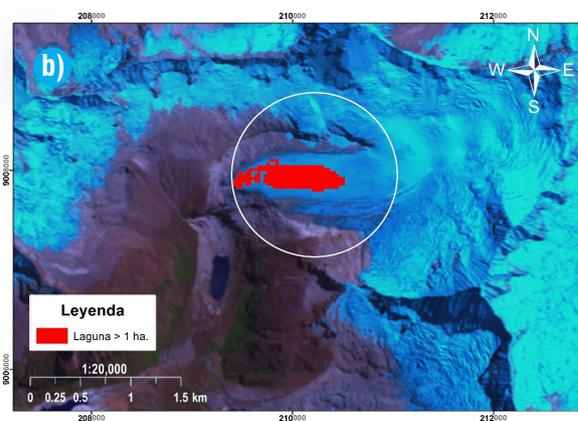
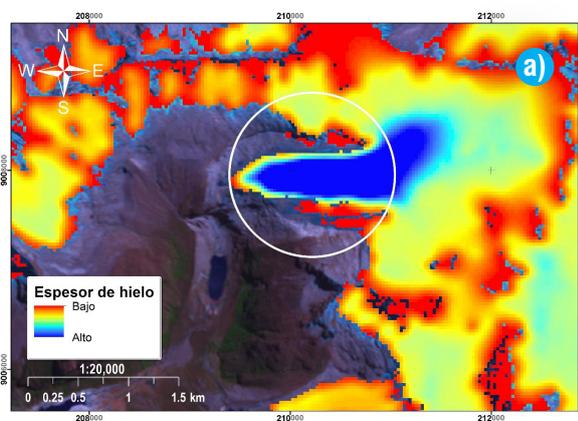


Figura 3. Datos obtenidos del modelo GlabTop  
a) distribución del espesor glaciar. b) Posible laguna futura en el glaciar Artesonraju

## IDENTIFICACIÓN DE LAGUNAS FUTURAS

El criterio para la identificación de lagunas futuras está basado en cambios del área glaciar, superposición de los niveles de análisis y observaciones en campo.

En este caso se aplicó la metodología en los glaciares Artesonraju (Cordillera Blanca) y Sullcón 3 (Cordillera Central).

### Glaciar Artesonraju

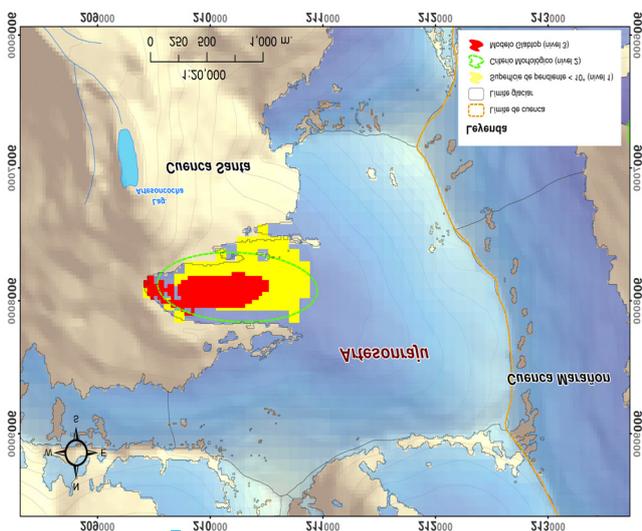
El glaciar Artesonraju es un glaciar de tipo valle que contiene parcialmente de escombros en las márgenes, producto de caídas de roca y los procesos de erosión en la zona de ablación. El glaciar se localiza en las coordenadas geográficas de 8,96° latitud sur y 77,62°

longitud oeste. Hidrológicamente se ubica en la subcuenca del río Lullán que drena hacia la cuenca del río Santa. Políticamente, el glaciar Artesonraju, se encuentra ubicado en el distrito de Caraz, provincia de Huaylas y departamento de Ancash.

Según el inventario de glaciares (UGRH, 2014) el área glaciaria estimada en el 2003 fue de 5,39 km<sup>2</sup>. Su geometría es alargada, define claramente las zonas de ablación y acumulación, lo cual implica que es apto para realizar la prueba de estimación de la formación de la laguna.

En el glaciar Artesonraju, se identificó una laguna futura (figura 4) que podría tener las medidas morfométricas aproximadas de: 1200 m largo y 300 m de ancho, profundidad máxima aproximadamente de 60-70 m y un volumen > 4 millones de m<sup>3</sup>.

Superposición de los 3 niveles de análisis e identificación de la posible laguna



Estimación de dimensiones de la posible laguna

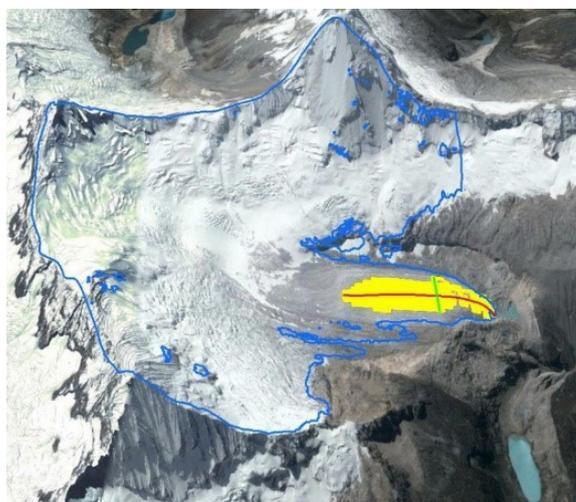


Figura 4. Glaciar Artesonraju: Identificación de la laguna futura y sus posibles medidas morfométricas.

Según observaciones en el glaciar Artesonraju se evidencia la evolución de la laguna desde el 2005 (fotografía 1a). Esto corrobora que la metodología ha permitido la identificación de la laguna futura con resultado satisfactorio y continuo, mostrando que la trayectoria de

formación sigue el escenario futuro de la laguna a partir del modelamiento de la topografía del lecho glaciar con el GlabTop. Además, se determinó el perfil topográfico de la posible laguna (figura 5).



Figura 5. Lengua del glaciar Artesonraju: Inicio de formación de la laguna (a), fotografía de la UGRH y el incremento de su extensión (b), fotografía de Daniel Colonia, febrero, 2016).

### Glaciar Sullcón 3

Es un glaciar de tipo valle que se ubica en el ramal occidental de los Andes del Centro es parte de la cordillera Central; hidrográficamente está en la subcuenca del río blanco que pertenece a la cuenca del río Rímac. El aporte es especial debido a que sus aguas fluyen hacia dos cuencas, la de los ríos Mantaro y Rímac. Políticamente, el glaciar se encuentra en el distrito de

San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

El área glaciaria en 2007 estimada fue de 2,43 km<sup>2</sup> (UGRH, 2014). Según la geometría glaciar y la aplicación de los 3 niveles de análisis podrían formarse 2 lagunas futuras escalonadas, las cuales fueron superpuestas

en la imagen del Google Earth y se determinó el perfil topográfico (figura 6). Ambas lagunas aproximadamente tendrían 500 m de longitud y 300 m de ancho. La laguna 1 tendría una profundidad máxima de 60-70 m y un

volumen > 3 millones de m<sup>3</sup>. Mientras que la laguna 2 tendría una profundidad máxima de 30-40 m y un volumen > 1 millón de m<sup>3</sup> en el caso que continúe el retroceso glaciar.

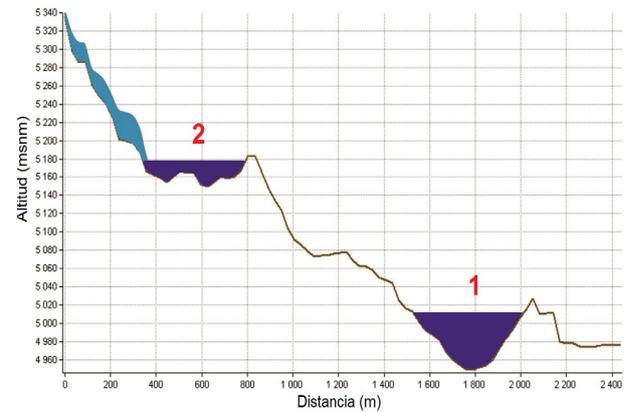
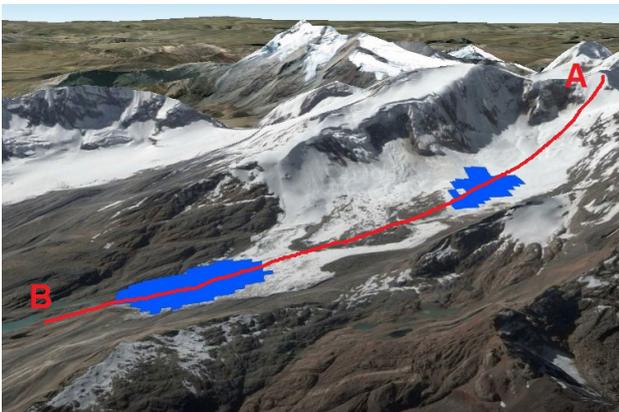


Figura 6. Glaciar Sullcón 3: Identificación (derecha) y perfil topográfico (izquierda) de la formación de las posibles lagunas

En observaciones de campo se confirmó el inicio de formación de la laguna en el frente del glaciar, siendo una laguna del tipo proglaciar (fotografía 2a). Asimismo se identificó la existencia de una depresión en la lengua

glaciar donde se muestra una pequeña laguna (fotografía 2b). Esto corrobora la precisión de la metodología aplicada con respecto a la ubicación de la laguna futura en la lengua glaciar.



Fotografía 2. Lengua del glaciar Sullcón 3: Formación de laguna en el frente glaciar (a) y depresión y formación de laguna sobre la lengua glaciar (b), fotografías de Daniel Colonia setiembre, 2016.

## TIEMPO DE FORMACIÓN

Con el propósito de estimar una aproximación del tiempo de formación de las lagunas futuras se realiza una extrapolación del cambio del frente glaciar en base a datos de inventario de glaciares. Esto consiste en estimar el cambio promedio anual horizontal y vertical del frente glaciar (altitud mínima del glaciar, siguiendo la línea de flujo) entre el inventario anterior y actual (figura 7).

Luego de calcular la tasa de cambio anual ( $\Delta d/t$  y  $\Delta h/t$ ) se extrapola hacia el futuro en cada glaciar. De este modo, la comparación con la posición actual de la altitud mínima del glaciar y la ubicación de la laguna futura, proporciona un indicador de tiempo para su

formación, considerando un cambio continuo a una tasa constante.

Por otro lado, los valores que podrían reflejar las posibles tendencias futuras de aceleración por el calentamiento global y el retroceso glaciar se obtienen por la duplicación de la tasa promedio de cambio y dividiendo proporcionalmente por 2 el tiempo para el inicio de formación de la laguna.

En base a las estimaciones de la tasa constante y acelerada de cambio se realizaron tres clasificaciones (cuadro 2) para obtener información cuantitativa de la formación de la laguna futura.

Clase	Descripción	Tiempo
1	Formación de la laguna en curso o inminente	Entre los siguientes 10 años
2	Formación de la laguna posible durante la primera mitad del siglo	Entre 10 y 40 años
3	Formación de la laguna posible después del 2050 o más tarde	Después de más 40 años

Cuadro 2. Clasificación de tiempo de formación de la laguna futura

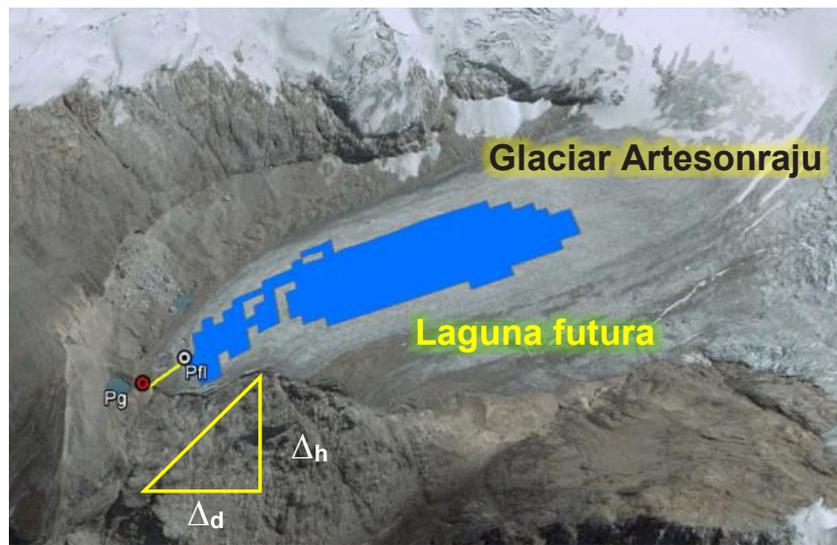


Figura 8. Caso de formación de la laguna futura

Pg	Punto en el frente glaciar (altitud mínima) según el inventario actual
Pfl	Punto en inicio de la posible laguna futura (altitud)
Rd	Tasa anual de retroceso glaciar horizontal en el frente entre inventario anterior y actual
Rh	Tasa anual de retroceso glaciar vertical entre inventario anterior y actual
$\Delta d$	Diferencia horizontal entre Pg y Pfl
$\Delta h$	Diferencia vertical entre Pg y Pfl
En_Δd	Escenario futuro (condición actual) acerca de longitud entre Pg y Pfl
En_Δh	Escenario futuro (condición actual) acerca de altitud entre Pg y Pfl
Eac_Δd	Escenario futuro (condición acelerada) acerca de longitud entre Pg y Pfl
Eac_Δh	Escenario futuro (condición acelerada) acerca de altitud entre Pg y Pfl

Considerando que el inventario anterior = 1970 y el inventario actual = 2003 se estima la posible formación de la laguna en el glaciar Artesonraju.

**Datos:**

Rd	9,23	m/año
Rh	3,52	m/año
$\Delta d$	47	m
$\Delta h$	5	m

**Escenario futuro en condición acelerado**

$$Eac_{\Delta d} = \frac{\Delta d}{Rd^2} = \frac{47}{18,46} = 2,5 \text{ años}$$

$$Eac_{\Delta h} = \frac{\Delta h}{Rh^2} = \frac{5}{7,04} = \text{menos de 1 año}$$

**Escenario futuro en condición actual**

En_Δd	$\frac{\Delta d}{Rd}$	$\frac{47}{9,23}$	= 5 años
En_Δh	$\frac{\Delta h}{Rh}$	$\frac{5}{3,52}$	= 1 año

Ambos escenarios clasifican a la laguna como inminente, porque el tiempo de formación de laguna futura es < 10 años para las tasas de cambio de longitud y altitud.

## DISCUSIÓN

El retroceso y adelgazamiento de los glaciares afectan la disponibilidad de recurso hídrico en las cuencas andinas durante las épocas de estiaje, pero también originan peligros en las zonas de montaña. Estas tendencias se han iniciado desde la última pequeña edad de hielo (Carey et al, 2012), con el incremento del número y extensión de lagunas glaciares. Por lo tanto, la identificación de las posibles lagunas en el futuro es información valiosa tal como se ha constatado en otras zonas de montaña como el Himalaya-Karakorum (Linsbauer et al., 2016) y los Alpes Suizos (Haeberli et al, 2016a).

En cuanto a la evaluación de riesgos, muchos estudios en los Andes del Perú se orientan a los procesos y modelamiento de aluviones o flujos de escombros de lagunas glaciares ya existentes a nivel local (Schneider et al, 2014; Somos-Valenzuela et al, 2016). Por lo tanto, uno de los principales desafíos de la investigación fue adaptar y aplicar la metodología a escala regional o local para obtener una información rápida de primer orden y anticiparnos a futuros eventos de origen glaciar a partir de la integración de dos conocimientos: cambio en el paisaje en zonas de montaña y cadena de procesos del desborde repentino/violento de una laguna glaciar para la evaluación de potenciales riesgos a partir de la formación de las posibles lagunas.

La metodología es fácilmente aplicable a la identificación de las depresiones topográficas en el lecho (sitio) de glaciares libres de escombros, mientras que en glaciares cubiertos con escombros se requiere un mayor estudio, debido a que su comportamiento varía por el material y sus características. Esto se debe a que los escombros controlan parcialmente la tasa de ablación y descarga de agua de deshielo (WGMS, 2008).

Por ejemplo, la aplicación realizada en los glaciares Artesonraju y Sulcón 3 ha mostrado resultados satisfactorios, corroborados con observaciones en campo. Estos datos son esenciales para anticiparnos a los posibles riesgos a partir del desborde repentino/violento de una laguna glaciar nueva; pero también estas podrán ser útiles para la planificación del aprovechamiento del recurso hídrico (abastecimiento

de agua, generación de energía eléctrica y turismo) en las zonas todavía cubiertas por glaciares (Haeberli et al, 2016a).

El valor de la metodología es la disponibilidad de una base de conocimiento científico para la planificación a largo plazo. Este conocimiento debe ser entendido como una aproximación de primer orden, porque la estimación del tamaño de depresiones topográficas en el lecho glaciar puede ser bastante consistente, a partir de indicadores morfológicos, modelamiento numérico (GlabTop) de la morfometría detallada y volúmenes relacionados a considerables incertidumbres (Haeberli et al, 2016b) y pueden brindar información de orden razonables en cuanto a magnitud.

La secuencia temporal probable de la posible formación de una laguna es otro aspecto muy incierto. Sin embargo, a modo de ejemplo, la extrapolación de los cambios horizontales y verticales del pasado en la posición del punto más bajo en el glaciar puede conducir a resultados muy diferentes. En consecuencia, la clasificación cualitativa del tiempo de formación aplicada en este trabajo se limita a definir periodos de tiempo.

Además, en base a la aproximación de primer orden presentada, se puede aplicar procedimientos más sofisticados para una evaluación detallada. Las mediciones con GPR-georradar (Radar de penetración en el terreno) pueden proporcionar datos exactos y confiables de la profundidad de hielo y la estimación de la geometría de las depresiones en el lecho glaciar. Esta información es esencial para obtener mejores estimaciones de la geometría de las lagunas, orientadas a planificar medidas de aprovechamiento del recurso hídrico (Haeberli et al, 2016a).

Por otro lado, en zonas consideradas como potenciales peligros y riesgos se puede realizar modelamientos avanzados de la cadena de proceso del desborde repentino/violento de una laguna glaciar (Schneider et al, 2014; Somos-Valenzuela et al, 2016). Estas medidas requieren de mejores datos a partir de MDE de alta resolución espacial, monitoreo continuo de los cambios de glaciares, debido a la acelerada tendencia y la formación de lagunas.

## CONCLUSIONES

- La metodología permite estimar rápidamente la localización de las potenciales lagunas futuras a partir de datos del inventario de glaciares. De este modo se puede realizar una evaluación de primer orden de posibles peligros a partir de las lagunas glaciares y tomar acciones prospectivas en la gestión de riesgos de origen glaciar. Además, estas posibles fuentes de agua pueden ser usadas para los proyectos de aprovechamiento del recurso hídrico, creando sinergia entre ellos, con la finalidad de incrementar el desarrollo de las regiones en cuencas andinas.
- La identificación de las lagunas futuras según la superposición de los 3 niveles de análisis es consistente con respecto a la ubicación y geometría de las depresiones en lecho glaciar y la estimación de las medidas morfométricas de la laguna.
- El modelamiento numérico de la morfometría de las depresiones permite mejorar la aproximación de la formación de una laguna futura.
- Las condiciones iniciales para obtener resultados satisfactorios son el tamaño del glaciar ( $>0,1 \text{ km}^2$ ), el modelo digital de elevación lo más actualizado posible y que el glaciar tenga una lengua definida, todo lo cual debe ser verificado con las observaciones en campo.
- La metodología es muy buena por su rapidez y aplicabilidad práctica a un gran número de glaciares tropicales alejados que son difíciles de acceder por las condiciones de: logística, economía, personal y climáticas. De esta manera, se puede obtener una información de primer orden en cuanto a conocer las potenciales reservas de agua y posibles peligros, la cual a su vez constituye una herramienta de planificación anticipada para el aprovechamiento del recurso agua y prevención de posibles eventos catastróficos. Todo ello para que las autoridades competentes tomen las medidas necesarias para el desarrollo de las regiones y el bienestar de la población.

## AGRADECIMIENTO

Al trabajo del Inventario de Posibles Lagunas Futuras en las Cordilleras Peruanas realizado como parte de los proyectos suizo-peruano: Glaciares y Glaciares+ de COSUDE, con la colaboración entre el Departamento de Geografía de la Universidad de Zurich y UGRH/ANA

(etapa inicial) en el 2014 y el INAIGEM (etapa final). También con el apoyo de Christian Huggel (proyecto Glaciares/Glaciares+), César Portocarrero (INAIGEM) y Alejo Cochachin (UGRH).

## BIBLIOGRAFIA

- Carey, M., Huggel, C., Bury, J., Portocarrero, C. & Haeberli, W. (2012). An integrated socio-environmental framework for glacier hazard management and climate change adaptation: lessons from Lake 513, Cordillera Blanca, Peru. *Climatic Change*, 112(3-4), 733–767. <http://doi.org/10.1007/s10584-011-0249-8>
- Frey, H., Haeberli, W., Linsbauer, A., Huggel, C. & Paul, F. (2010). A multi-level strategy for anticipating future glacier lake formation and associated hazard potentials. *Natural Hazards and Earth System Science*, 10, 339–352.
- Govindha Raj, B. K., Kumar, V. K., & Remya, S.N. (2013). Remote sensing-based inventory of glacial lakes in Sikkim Himalaya: semi-automated approach using satellite data. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 4(3), 241–253. <http://doi.org/10.1080/19475705.2012.707153>
- Haeberli, W., Büttler, M., Huggel, C., Lehmann, Th., Schaub, Y. & Schleiss, A. (2016a). *New lakes in deglaciating high-mountain regions – opportunities and risks*. *Climatic Change*. <http://doi:10.1007/s10584-016-1771-5>
- Haeberli, W., Linsbauer, A., Cochachin, A., Salazar, C., & Fischer, U. H. (2016b). *On the morphological characteristics of overdeepenings in high-mountain glacier beds*. *Earth Surface Processes And Landforms*. <http://doi.org/10.1002/esp.3966>
- Haeberli, W., Schaub, Y. & Huggel, C. (2016c). *Increasing risks related to landslides from degrading permafrost into new lakes in de-glaciating mountain ranges*. *Geomorphology*. <http://doi:10.1016/j.geomorph.2016.02.009>
- Iturrizaga, L. (2014). Glacial and glacially conditioned lake types in the Cordillera Blanca, Peru: A spatiotemporal conceptual approach. *Progress in Physical Geography*, 38(5), 602–636. <http://doi.org/10.1177/0309133314546344>

- Linsbauer, A., Frey, H., Haeberli, W., Machguth, H., Azam, M. F., & Allen, S. (2016). Modelling glacier-bed overdeepenings and possible future lakes for the glaciers in the Himalaya-Karakoram region. *Annals of Glaciology*, 57(71), 119–130. <http://doi.org/10.3189/2016AoG71A627>
- Linsbauer, A., Paul, F., & Haeberli, W. (2012). Modeling glacier thickness distribution and bed topography over entire mountain ranges with GlabTop: Application of a fast and robust approach. *Journal of Geophysical Research*, 117(F3), F03007. <http://doi.org/10.1029/2011JF002313>
- Linsbauer, A., Paul, F., Hoelzle, M., Frey, H. & Haeberli, W. (2009). *The Swiss Alps without glaciers – a GIS-based modelling approach for reconstruction of glacier beds. Proceedings of Geomorphometry 2009*, Zurich, Switzerland, 243–247.
- Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Cáceres, B., Ceballos, J. L., Basantes, R., Vuille, M., Sicart, J-E., Huggel, C., Scheel, M., Lejeune, Y., Arnaud, Y., Collet, M., Condom, T., Consoli, G., Favier, V., Jomelli, V., Galarraga, R., Ginot, P., Maisincho, L., Mendoza, J., Ménégos, M., Ramirez, E., Ribstein, P., Suarez, W., Villacis, M. & Wagnon, P. (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere*, 7(1), 81–102. <http://doi.org/10.5194/tc-7-81-2013>
- Schaub, Y., Haeberli, W., Huggel, C., Künzler, M. & Bründl, M. (2013). Landslides and new lakes in deglaciating areas: a risk management framework. In: Margottini, C., et al. (Eds.), *The Second World Landslide Forum, Landslide Science and Practice*. 7, pp. 31–38. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-31313-4\\_5](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-31313-4_5).
- Schneider, D., Huggel, C., Cochachin, A., Guillén, S., & García, J. (2014). Mapping hazards from glacier lake outburst floods based on modelling of process cascades at Lake 513, Carhuaz, Peru. *Advances in Geosciences*, 35, 145–155. <http://doi.org/10.5194/adgeo-35-145-2014>
- Somos-Valenzuela, M. A., Chisolm, R. E., Rivas, D. S., Portocarrero, C., & McKinney, D. C. (2016). Modeling a glacial lake outburst flood process chain: The case of Lake Palcacocha and Huaraz, Peru. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(6), 2519–2543. <http://doi.org/10.5194/hess-20-2519-2016>
- UGRH. (2014). Inventario de glaciares del Perú (1 No. 1). Huaraz. 56 p.
- Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. G., & Bradley, R. S. (2008). Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews*, 89(3-4), 79–96. <http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.04.002>
- WGMS. (2008). *Global Glacier Changes : Facts and Figures*. (World Glacier Monitoring Service and UNEP. Zurich.

# EL CARBONO NEGRO Y SU CONTRIBUCIÓN A LA FUSIÓN DE NIEVE EN LOS GLACIARES YANAPACCHA Y SHALLAP, CORDILLERA BLANCA

Wilmer Sánchez Rodríguez

## RESUMEN

*El registro del aumento de la temperatura a nivel global es la razón principal del retroceso de los glaciares, siendo también la actividad antropogénica otro factor que incide sobre manera en este problema, con la emisión de aerosoles y en particular el carbono negro (PM2.5), cuya característica es la capacidad para absorber la energía solar. Cuando el carbono negro se deposita sobre los glaciares ejerce un forzamiento radiativo positivo, que produce el calentamiento de la superficie glaciar absorbiendo la energía solar y transfiriéndolo a la nieve en forma tal que su calor acelera la fusión.*

*Sobre la base de muestras de nieve recogidas en los glaciares Yanapaccha y Shallap, se obtuvo la masa de carbono negro -mediante la técnica LAHM- para estimar el albedo de la nieve mediante la simulación SNICAR, para así poder determinar la energía absorbida por el carbono negro; finalmente, determinar la cantidad de nieve fundida a causa del carbono negro en ambos glaciares, para el período octubre de 2015 a agosto de 2016.*

## PALABRAS CLAVES

*Glaciares / Nieve / Carbono Negro / Albedo / Radiación solar / Forzamiento radiativo / Fusión de nieve / Cordillera Blanca*

## INTRODUCCIÓN

El suministro de agua a gran parte de las poblaciones de la sierra y de la costa depende del deshielo de los glaciares. La acumulación de nieve en los glaciares durante la época de lluvias funciona como reserva de agua sólida para la época seca. Nuestra dependencia de los combustibles fósiles y el aumento de actividades antropogénicas como los incendios forestales y el consumo de biomasa (leña, carbón vegetal, estiércol, etc.) provocan la emisión de carbono negro, que es un tipo de material particulado PM2.5. Este contaminante atmosférico tiene una fuerte capacidad para absorber la energía solar que se traduce en un forzamiento radiativo positivo, debido a que involucra el calentamiento de la cobertura glaciar; considerando que una superficie brillante, como la nieve de los glaciares que tiene un albedo cercano a 1, que favorece el

reflejo de la energía solar, se plantea en este estudio sus repercusiones, evaluando en qué medida el carbono negro presente en la nieve de los glaciares Yanapaccha y Shallap afecta su albedo.

Por este motivo, se recolectó muestras de nieve mensualmente en los glaciares mencionados en la Cordillera Blanca. A partir de estas muestras se fundió y filtró para obtener filtros con el carbono negro presente en la nieve; los cuales fueron analizados mediante el Método de Absorción de Luz de Calefacción (LAHM, por sus siglas en inglés) para obtener la masa de carbono negro en cada filtro; esta operación fue realizada por el Dr. Carl Schmitt del National Center for Atmospheric Research (NCAR), USA. Además, se utilizó el programa de simulación SNICAR que permitió

estimar la variación del albedo de la nieve en base a las masas de carbono negro determinadas para cada mes en ambos glaciares. Así mismo, se obtuvo datos de radiación solar de estaciones meteorológicas de propiedad de la Universidad de Innsbruck (Austria), ubicadas en la cercanía de los glaciares en estudio, lo que permitió determinar la cantidad de energía solar que llega sobre los glaciares.

Los resultados muestran que el glaciar Shallap (más cercano a Huaraz) presenta mayor cantidad de carbono negro durante la mayoría de meses muestreados; esto

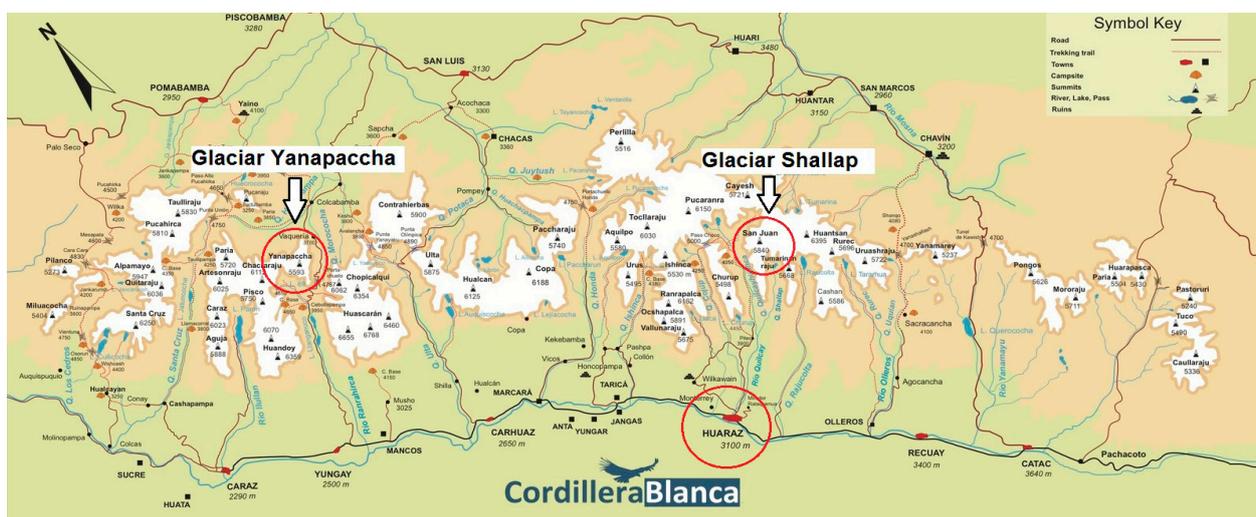
se refleja en una disminución del albedo de la nieve y en una mayor cantidad de energía absorbida por el carbono negro; además, de una mayor cantidad de nieve fundida, en comparación con el glaciar Yanapaccha.

La presente investigación son los resultados de la primera parte del estudio que se centra más en los estudios de la influencia del carbono negro en el derretimiento de nieve de los glaciares; quedando por precisar los orígenes de las fuentes de emisión del carbono negro que son naturales y antrópicos.

## ÁREA DE ESTUDIO

El glaciar Yanapaccha, se encuentra localizado en la provincia de Yungay en las coordenadas (9°01' S 77°34' W). El glaciar Shallap se encuentra ubicado en la provincia de Huaraz, en las coordenadas (9°29' S

77°19' W). Ambos glaciares se encuentran en el flanco occidental de la Cordillera Blanca en el departamento de Ancash.



## OBJETIVO GENERAL

- Estimar el impacto del carbono negro en la fusión de nieve en los glaciares Yanapaccha y Shallap.

## OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar la masa de carbono negro presente en la nieve de los glaciares Yanapaccha y Shallap.
- Determinar la cantidad de energía absorbida por el carbono negro presente en la nieve de los glaciares Yanapaccha y Shallap.
- Estimar el albedo de la nieve con presencia de carbono negro mediante la simulación SNICAR para los glaciares Yanapaccha y Shallap.
- Determinar la masa de nieve fundida a causa del carbono negro en los glaciares Yanapaccha y Shallap.

## METODOLOGÍA

- Obtención de muestras de nieve por períodos y altitud, en ambos glaciares de estudio.
- Fusión y filtrado de muestras de nieve (Para la fusión se utilizó una cocinilla y un recipiente donde

se fundió las muestras de nieve dentro de bolsas plásticas. Para el filtrado se utilizó filtros de cuarzo de 0.7 micras de porosidad, filtrando 600 ml de muestra líquida).

- Análisis de los filtros mediante el Método de Absorción de Luz de Calefacción (LAHM) para obtener la masa de carbono negro en cada filtro.
- Aplicación del programa de simulación SNICAR (Snow, Ice, Aerosoles and Radiation), para estimar el albedo de la nieve con una determinada masa de carbono negro.
- Obtención de datos de radiación solar de las estaciones meteorológicas de la universidad de Innsbruck (Dr. Georg Kaser), ubicadas en la cercanía de los glaciares Shallap y Artesonraju.
- Procesamiento de datos de radiación solar para obtener la energía total que llega a los glaciares (datos de la estación meteorológica Artesonraju como equivalentes del glaciar Yanapaccha).
- En base a los métodos de recolección, procesamiento y análisis de datos, se obtendrá la cantidad de energía que absorbe el carbono negro y se determinará de la cantidad de nieve fundida a causa del carbono negro en ambos glaciares.

## CONTENIDO

### Definición de carbono negro y sus principales fuentes de emisión

El carbono negro (BC por sus siglas en inglés) es un tipo de aerosol atmosférico definido como material particulado (PM2.5). El interés para su estudio en el contexto de retroceso glaciar se fundamenta en su fuerte propiedad para absorber la radiación solar en todas las longitudes de onda, lo cual acelera la fusión

de nieve de los glaciares. La principal fuente de emisión de carbono negro es durante la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa; entre algunas fuentes de emisión destacan los motores diésel, los incendios forestales y el uso de combustibles sólidos domiciliarios.

### Mecanismo de influencia del carbono negro sobre la nieve de los glaciares

El carbono negro, a diferencia de los gases de efecto invernadero (GEI), tiene una vida corta en la atmósfera (días o semanas); su presencia en los glaciares se debe a la deposición húmeda y seca. Cuando se deposita sobre los glaciares oscurece la superficie y disminuye la reflectividad (albedo) de los glaciares, lo que aumenta la absorción de energía solar y por consiguiente acelera la fusión. Este mecanismo se denomina forzamiento radiativo positivo, debido a que el carbono negro calienta

la superficie del glaciar.

Este estudio se hace necesario porque el papel del carbono negro en el derretimiento de los glaciares es todavía muy incierto. Existen pocas mediciones del contenido de carbono negro en glaciares y los estudios sobre el impacto del derretimiento de la nieve en los glaciares no han representado suficientemente las impurezas naturales como el polvo mineral del suelo y las algas (Bond, T. et al, 2013).

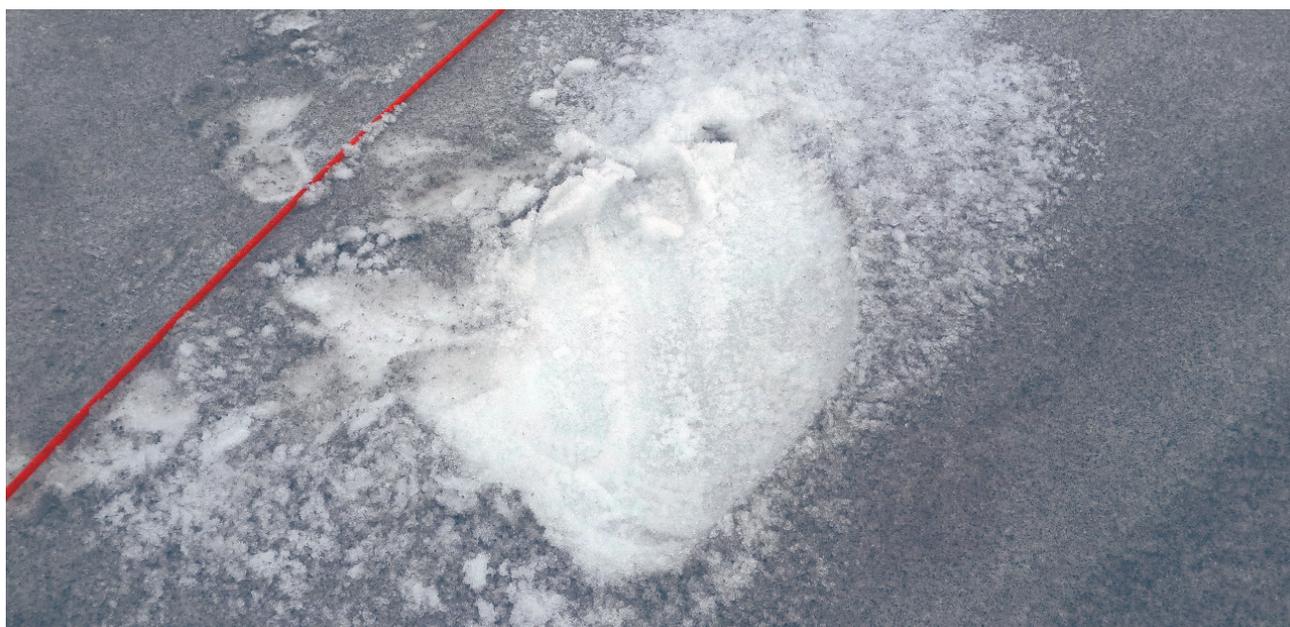


Figura 1. Diferencia en la reflectividad (albedo) debido a la presencia de carbono negro en el glaciar Shallap.

## Recolección mensual de muestras de nieve en glaciares

Debemos considerar que nuestra región depende del derretimiento de los glaciares para contar con el suministro de agua durante todo el año. En temporada seca la fusión de nieve acumulada durante la temporada de lluvias es la principal fuente de agua, pero debido al cambio climático, la estacionalidad de los períodos de lluvias y estiaje están variando, lo cual se suma al aumento de actividades antropogénicas que son fuente primaria de carbono negro (por ejemplo: aumento del parque automotor y los incendios forestales), y da lugar a una variación mensual de carbono negro en los glaciares. La selección de los glaciares para el estudio

se realizó considerando la ubicación de cada uno respecto a la ciudad de Huaraz (la ciudad con mayor densidad poblacional), con la finalidad de comparar las concentraciones de carbono negro en ambos glaciares. Entre octubre de 2015 a marzo del 2016 se recolectó muestras de nieve a una altitud promedio de 4900 msnm; mientras que, a partir de abril del 2016 se recolectó muestras en la zona de acumulación (mayor a 5000 msnm); en la línea de equilibrio (entre los 4900 a 5000 msnm); y, en la zona de ablación (menor a 4900 msnm) en ambos glaciares.



Figura 2. Recolección de muestra de nieve en temporada de lluvias en el glaciar Yanapaqcha.



Figura 3. Recolección de muestra de nieve en temporada seca en el glaciar Shallap.

## Medición de carbono negro mediante LAHM

El Método de Absorción de Luz de Calefacción (LAHM por sus siglas en inglés), se basa en filtros obtenidos a partir de una cantidad de nieve fundida y filtrada; el carbono negro retenido en el filtro tiene una fuerte capacidad para absorber la luz solar y transferirla en forma de calor. Entonces, el método LAHM mide la capacidad de las partículas en los filtros para absorber la luz visible, debido a que la nieve absorbe la longitud de onda en el rango del infrarrojo térmico, la onda más crítica a considerar está en el rango visible. Esta técnica de análisis se aproxima al problema (fusión de nieve por el carbono negro) ya que mide directamente el aumento de la temperatura de una masa de partículas en un filtro cuando se aplica la luz visible (Schmitt, C. et al, 2015).

El análisis consiste en colocar el filtro sobre un termómetro digital que registra el aumento de la temperatura mediante el programa Arduino 1.6.5 durante 30 s de exposición a la luz visible (lámpara Led), para derivar una ecuación y determinar la masa de carbono negro en el filtro.

El material particulado en la nieve además de carbono negro, contiene una gama de partículas (polvo mineral, carbono orgánico, esporas, etc.), las cuales también influyen en la modificación del albedo; la técnica LAHM no discrimina los diferentes tipos de partículas presentes en el filtro; por esa razón se usa el término efectivo de carbono negro.



Figura 4. Filtro obtenido después de fundir y filtrar la nieve del glaciar Yanapaccha para el mes de marzo del 2016

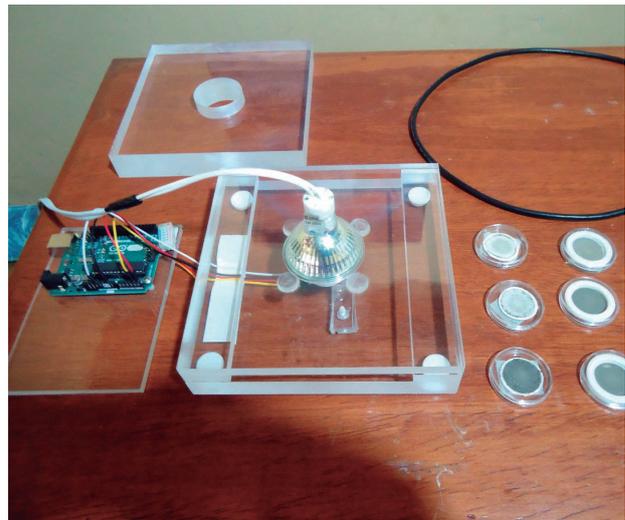


Figura 5. Instrumento LAHM para el análisis de carbono negro en los filtros.

## La influencia de la radiación solar en los glaciares

Los glaciares andinos de nuestro país son templados, debido a su condición de tropicales; por esta razón, reciben más energía solar que otras zonas de la Tierra; esta energía (en nuestro caso la radiación solar directa) es transferida a la nieve en forma de calor y como consecuencia aumenta su temperatura hasta alcanzar el punto de fusión y por eso funde la nieve de los glaciares. Si consideramos que la radiación solar

directa varía de manera estacional en nuestra región se hace necesario medir esta variable. Para ello se utilizó datos de radiación solar registrados en estaciones meteorológicas ubicadas en las cercanías de los glaciares en estudio (4800 msnm), ya que registran con mayor representatividad las condiciones del tiempo a esta altitud.

## Evaluación del albedo de la nieve usando la simulación SNICAR

Para evaluar cómo afecta el carbono negro al albedo de la nieve (capacidad de un cuerpo para reflejar la luz solar) se utilizó la simulación SNICAR, la cual puede simular el albedo de la superficie de la nieve, así como la absorción radiativa dentro de una capa de nieve teniendo en cuenta el contenido de aerosoles (carbono negro). Esta simulación se utilizó por primera vez para

estudiar el calentamiento del aerosol y el envejecimiento de la nieve en un modelo de clima global realizado por Flanner, et al, 2007. En nuestro caso, SNICAR permitió simular el efecto de una determinada masa de carbono negro al albedo de la nieve, considerando un albedo de la nieve libre de impurezas del 71% aproximadamente.

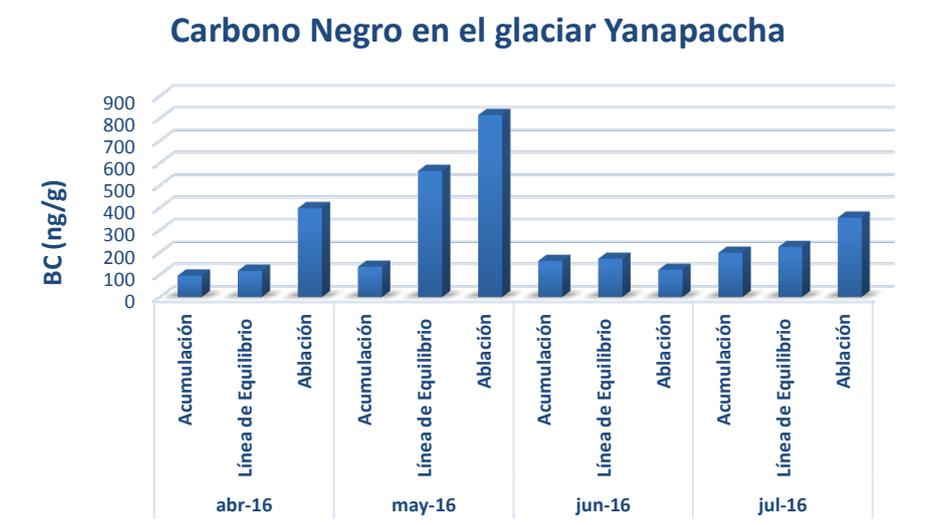
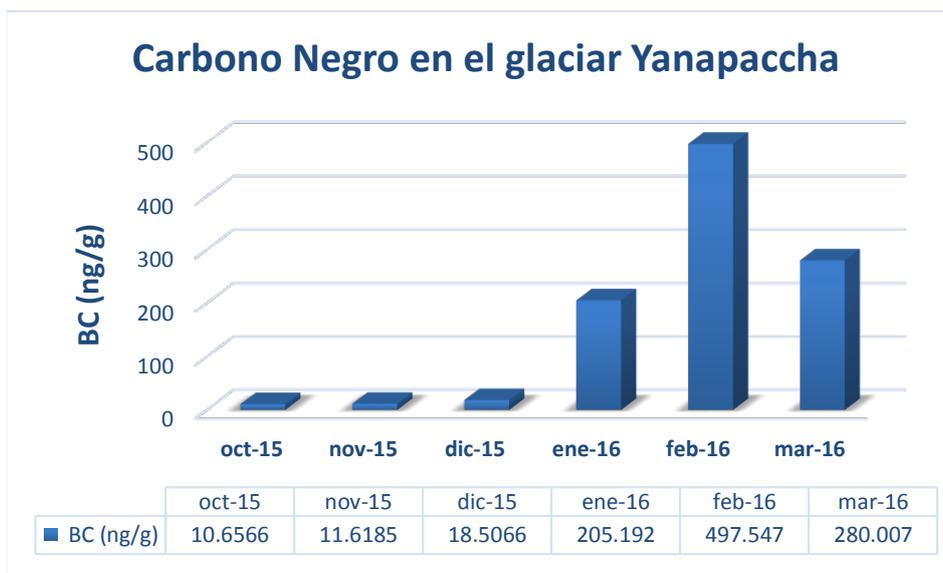
## RESULTADOS

### Masas de carbono negro determinadas por LAHM

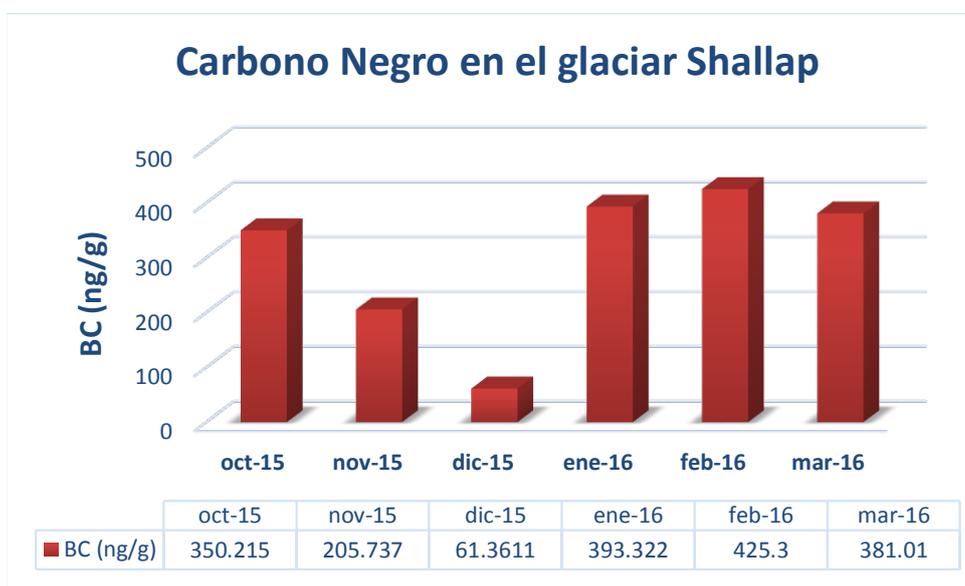
A partir de los filtros obtenidos mensualmente en ambos glaciares se determinó las masas de carbono negro bajo la técnica LAHM, siendo la unidad de masa nano-gramo de carbono negro por gramo de nieve

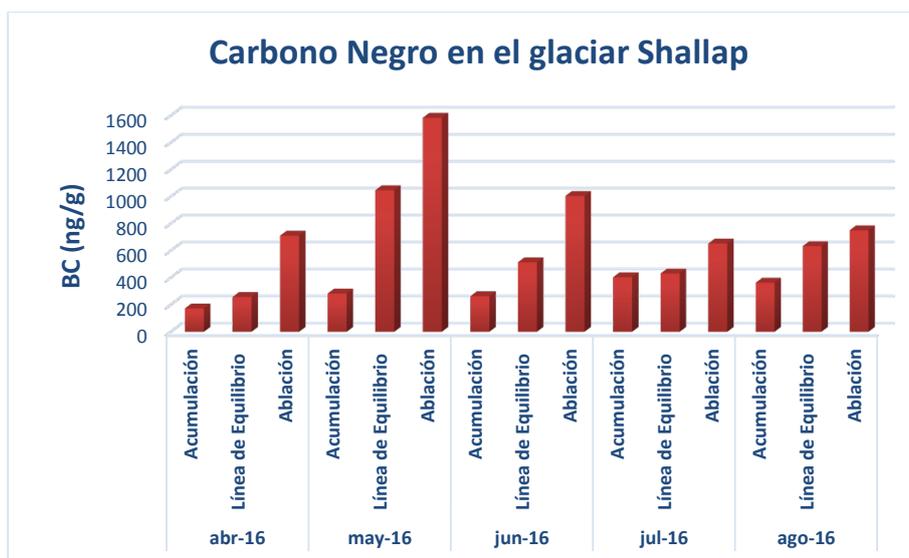
(ng/g). La toma de muestras de nieve se realizó en diferentes altitudes desde el mes de abril en ambos glaciares, esto para evaluar la presencia de carbono negro según la altitud.

## a. Carbono negro en el glaciar Yanapaccha



## b. Carbono negro en el glaciar Shallap



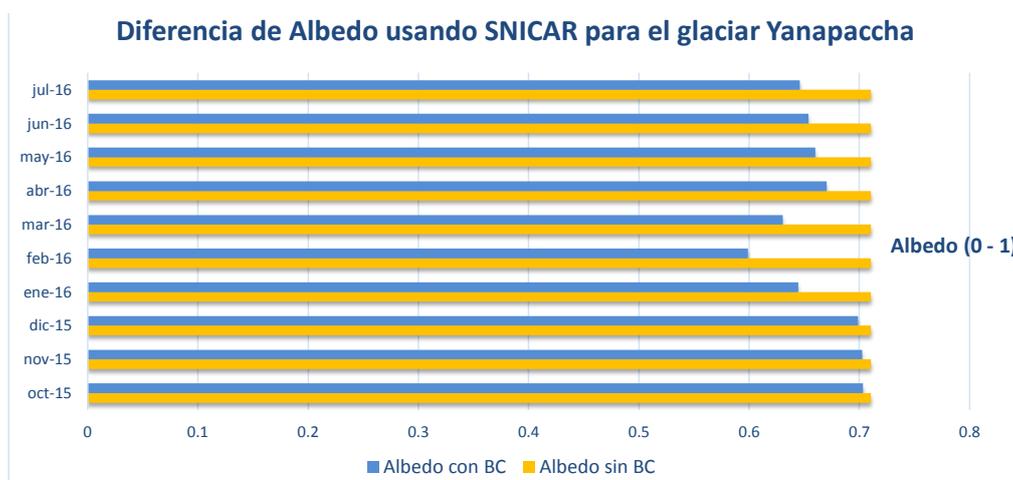


## Estimación del albedo de la nieve usando SNICAR

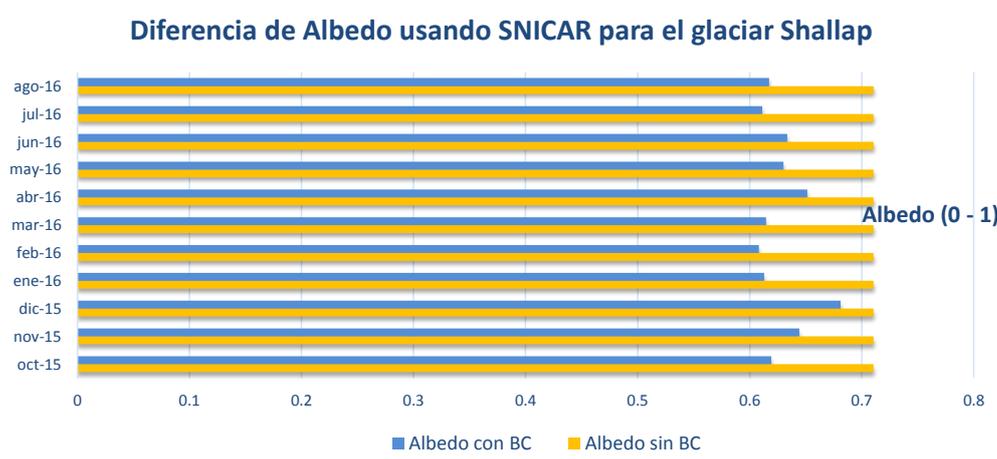
Usando las masas de carbono negro, determinadas mediante la técnica LAHM, se estimó el albedo de la nieve, considerando que un glaciar con cubierta de nieve prístina tiene un albedo muy cerca del valor 1. A

medida que se depositan partículas como el carbono negro la nieve, tiene menor capacidad para reflejar la luz solar, lo que se traduce en un menor albedo.

### a. Diferencia de albedo de nieve en el glaciar Yanapaccha



### b. Diferencia de albedo de nieve en el glaciar Shallap



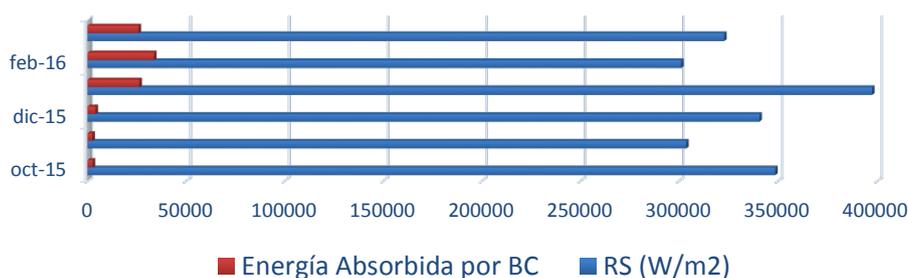
## Energía solar absorbida por el carbono negro

Examinando los datos de radiación solar entrante (W/m<sup>2</sup>) que registraron las estaciones meteorológicas, se determinó la cantidad de energía total (mensual) que llega sobre los glaciares, mediante la sumatoria horaria de los valores de radiación solar. Se determinó la

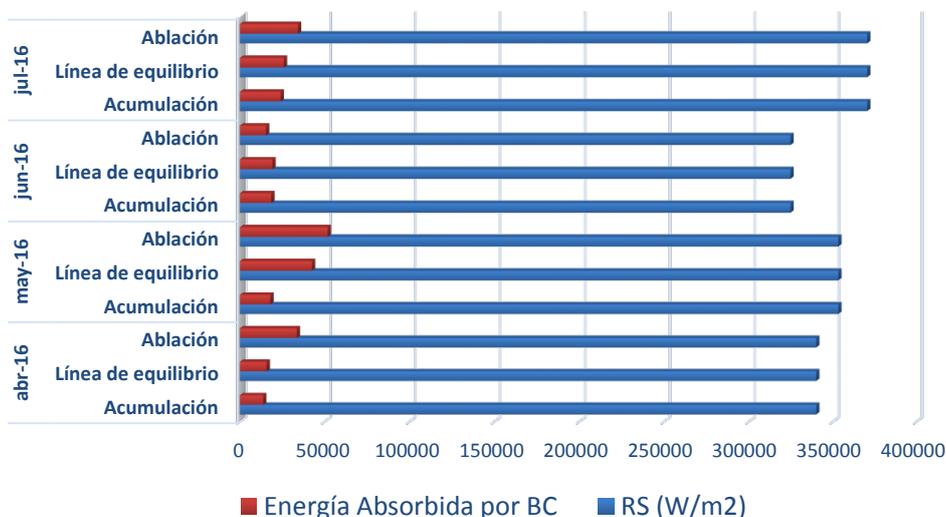
cantidad de energía absorbida por el carbono negro (del total) para cada mes y en cada toma del glaciar. Una cierta cantidad de esta energía total es absorbida por el carbono negro que al final será transferida a la nieve en forma de calor acelerando su fusión.

### a. Energía absorbida por el carbono negro en el glaciar Yanapaccha

**Energía Absorbida por el Carbono Negro en el glaciar Yanapaccha**



**Energía Absorbida por el Carbono Negro en cada zona del glaciar Yanapaccha**

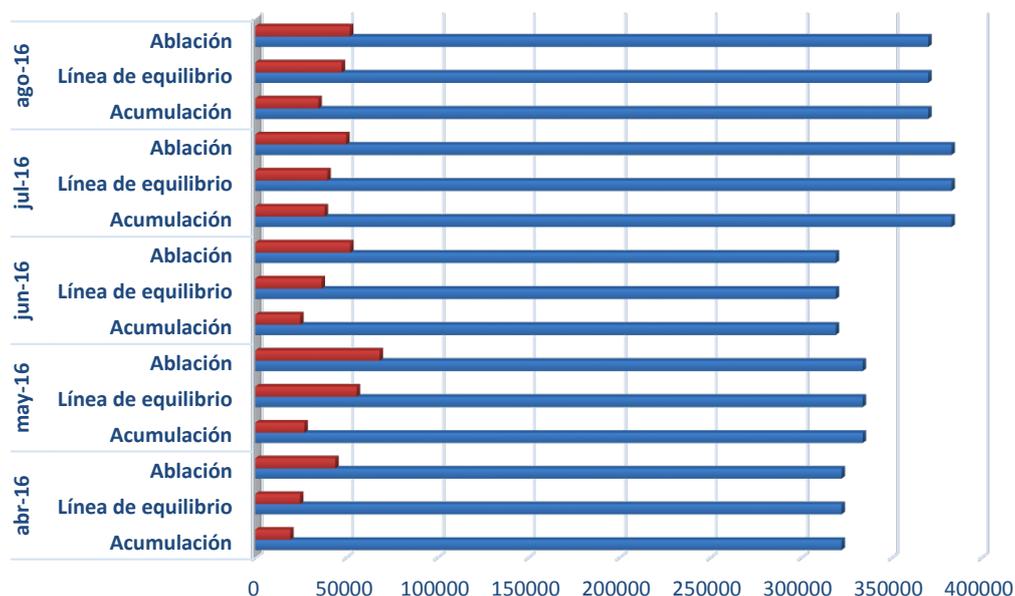


### b. Energía absorbida por el carbono negro en el glaciar Shallap

**Energía Absorbida por el Carbono Negro en el glaciar Shallap**



## Energía Absorbida por el Carbono Negro en cada zona del glaciar Shallap



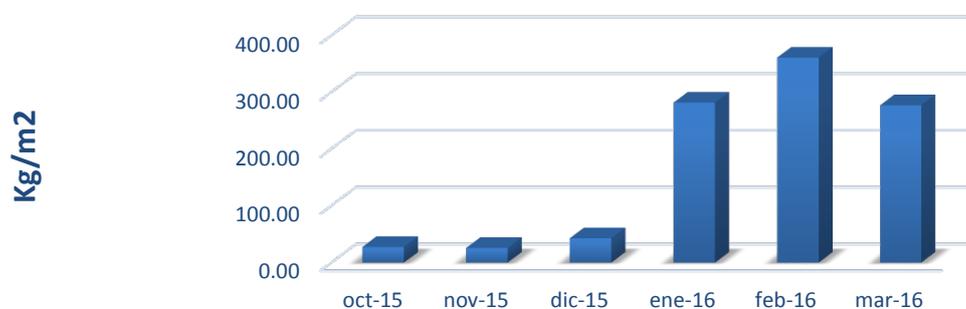
### Nieve fundida a causa del carbono negro en los glaciares

Utilizando todos los datos (radiación solar, diferencia de albedo y masa de carbono negro) se estimó la cantidad de nieve fundida a causa del carbono negro

de manera mensual en cada glaciar de estudio. Estos valores están en kilogramos de nieve fundida por metro cuadrado (Kg/m<sup>2</sup>).

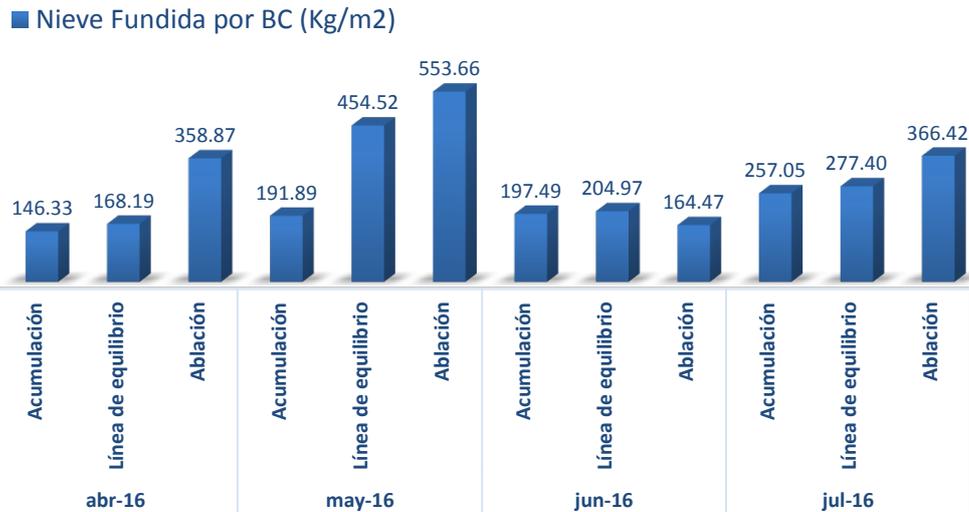
#### a. Nieve fundida por el carbono negro en el glaciar Yanapaccha

### Nieve Fundida por el Carbono Negro en el glaciar Yanapaccha



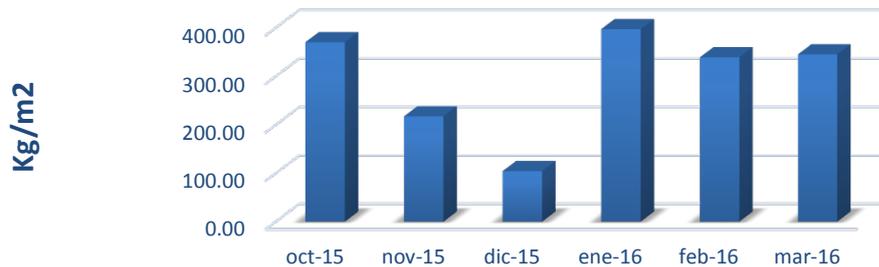
	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16
■ Nieve Fundida por BC (Kg/m <sup>2</sup> )	27.41	25.74	42.69	281.38	360.90	276.84

## Nieve Fundida por el Carbono Negro en cada zona del glaciar Yanapaccha



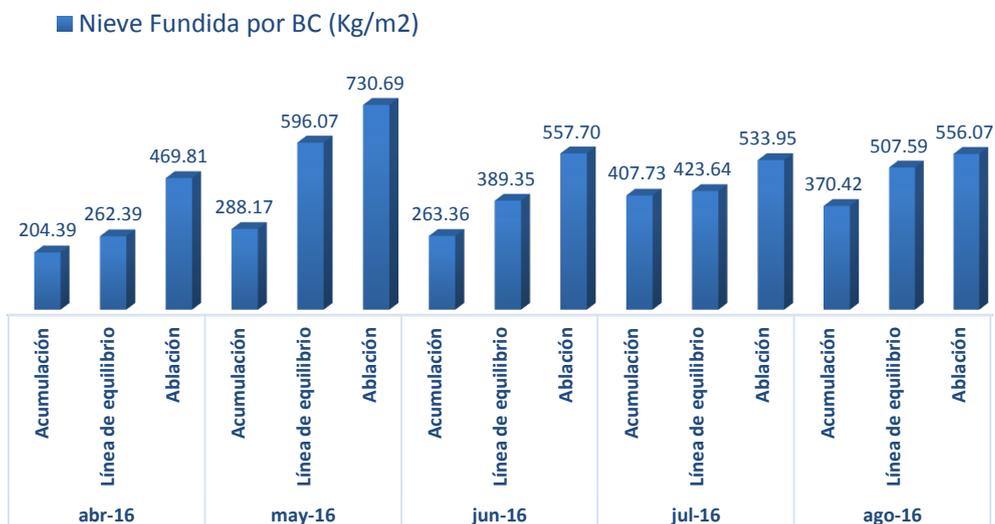
## b. Nieve fundida por el carbono negro en el glaciar Shallap

### Nieve Fundida por el Carbono Negro en el glaciar Shallap



	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16
■ Nieve Fundida por BC (Kg/m <sup>2</sup> )	370.16	217.57	104.40	397.21	339.09	345.28

## Nieve Fundida por el Carbono Negro en cada zona del glaciar Shallap



## CONCLUSIONES

- Durante la época de lluvias la cantidad de carbono negro en los glaciares estudiados es menor a la época de estiaje, siendo sus valores:

Mínimo: 10.66 ng/g en el glaciar Yanapaccha (octubre de 2015)

61.36 ng/g en el glaciar Shallap (diciembre de 2015)

Máximo: 814.51 ng/g en el glaciar Yanapaccha (mayo de 2016)

1583.29 ng/g en el glaciar Shallap (mayo de 2016)

Estos valores máximos registrados han sido medidos en la zona de ablación (menor a 5000 msnm) de cada glaciar.

El carbono negro se deposita en los glaciares según la altitud: a mayor altitud, menor la cantidad de carbono negro; a menor altitud, mayor la cantidad de carbono negro.

- La presencia del evento ENSO (El Niño Oscilación del Sur) durante el período de estudio ocasionó

escasas precipitaciones sólidas (nevada) en los glaciares, lo cual favoreció la deposición seca del material particulado (incluido carbono negro) sobre los glaciares.

- La radiación solar total que llega sobre los dos glaciares en estudio se encuentra en el rango de 300000.00 – 390000.00 W/m<sup>2</sup>; cantidad de energía que es absorbida por el carbono negro (con W/m<sup>2</sup> mensuales variables) y transferida a la nieve en forma de calor para alcanzar su punto de fusión, acelerando el proceso de derretimiento.
- La cantidad de nieve fundida a causa del carbono negro es mayor en el glaciar Shallap alcanzando un máximo de 730.69 kg/g para el mes de mayo en la zona de ablación; mientras que en el glaciar Yanapaccha alcanza un máximo de 553.66 kg/g para este mismo mes, esto podría estar influenciado por el aporte de emisiones de contaminantes atmosféricos (incluido el carbono negro) provenientes de la ciudad de Huaraz.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bond, T., et al. (2013), Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment, *J. Geophys. Res. Atmos.*, (118), 5380-5552, doi:10.1002/jgrd.50171.
- EPA (2012), *Report to Congress on Black Carbon*, US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Flanner, M., Zender, J., Randerson, T. & Rasch, J. (2007). Present-day climate forcing and response from black carbon in snow, *J. Geophys. Res.*, 112(D11), 202, doi: 10.1029/2006JD008003.
- Schmitt, C., et al. (2015), Measurements of light-absorbing particles on the glaciers in the Cordillera Blanca, Peru, *The Cryosphere*, (9), 331-340, doi: 10.5194/tc-9-331-2015.



# GLACIARES EN EXTINCIÓN, CRISIS DEL AGUA Y CONFLICTOS SOCIALES

Roque Vargas Huamán, Víctor Uribe Córdova, Luzmila Dávila Roller, Oscar Vilca Gómez, Daniel Colonia Ortíz, Jaime Rosales Pereda, Gabriel Martel Valverde y Edwin Loarte Cárdenas

## RESUMEN

El **glaciar Sullcón**, ubicado en la Cordillera Central, departamento de Lima, en 1970 tenía un área glaciar de 2,4 km<sup>2</sup> (Hidrandina, 1988); según estimaciones realizadas por el INAIGEM al año 2016, tiene una área de 1,3 km<sup>2</sup>. Por lo tanto, la pérdida en 46 años es de 1,1 km<sup>2</sup> equivalente al 46%. En la **Cordillera Chonta**, el área glaciar entre 1970 y 2016 se redujo de 17,9 a 0,4 km<sup>2</sup> (en 46 años), la pérdida de 17,5 km<sup>2</sup> equivale al 98%. Esto refleja que, de continuar las condiciones climáticas actuales, los glaciares en esta cordillera van a desaparecer en poco tiempo. El **Nevado Ampay**, ubicado en la Cordillera Vilcabamba, entre los departamentos de Apurímac y Cusco, en el inventario de 1970 tenía una superficie de 1,03 km<sup>2</sup>; al 2016 según estimaciones del INAIGEM, cuenta con 0,47 km<sup>2</sup>, es decir, en un período de 46 años la pérdida glaciar es de 0,56 km<sup>2</sup>, equivalente al 54% de la superficie original. La **Cordillera Huanzo** se ubica entre los departamentos de Cusco, Apurímac, Arequipa y Ayacucho; sus glaciares han perdido el 90% de su área según estimaciones del INAIGEM. Se calcula que actualmente tienen un área total de 3,8 km<sup>2</sup> (2015) mientras que en 1970 contaba con 36,9 km<sup>2</sup> de área de cobertura glaciar, habiendo perdido en total 33,1 km<sup>2</sup>. La **Cordillera Chila**, políticamente se ubica en la jurisdicción de 14 distritos pertenecientes a las provincias de Caylloma, Castilla, Camaná y Condesuyo, todas en el departamento de Arequipa. Según el inventario de 1970 (Hidrandina, 1988), la Cordillera Chila tenía una superficie de 33,9 km<sup>2</sup>; al 2015 según estimaciones de INAIGEM, cuenta sólo con 0,2 km<sup>2</sup>, es decir que un período de 46 años, la pérdida de área glaciar es de 33,7 km<sup>2</sup> equivalente al 99,4%. La **Cordillera La Raya** está situada en las inmediaciones del nudo de Vilcanota; políticamente abarca la jurisdicción de las provincias de Canchis y Canas del departamento de Cusco y la provincia de Melgar en el departamento de Puno; en 1970 se estimó la superficie de esta cordillera en 11,3 km<sup>2</sup>; en el año 2015 el INAIGEM realizó una estimación resultando 2,3 km<sup>2</sup>, por lo que en 45 años se han perdido 9 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 80% de su cobertura glaciar.

## PALABRAS CLAVES

Glaciar / Área de acumulación / Área de ablación / Farallón glaciar / Geodinámica / Morrenas / Vulnerabilidad / Recurso hídrico / Lagunas

## INTRODUCCIÓN

Los glaciares proporcionan el recurso hídrico más importante y están reduciéndose por efectos del cambio climático. En los últimos años la reducción del área glaciar en los Andes Peruanos es dramática, pues más del 40% se ha perdido a nivel nacional (UGRH, 2014). Se ha identificado 4

cordilleras y 2 glaciares en estado crítico porque su área glaciar se reduce y están aportando menor cantidad de agua a las cuencas de las regiones centro y sur del Perú, donde viven poblaciones con alto índice de pobreza.

Los glaciares evolucionan en función de la

temperatura. En los últimos años se observa un retroceso acelerado y pérdida de masa como consecuencia del cambio climático; este proceso está generando serios problemas en las poblaciones en lo que respecta a la distribución y uso de los recursos hídricos, alteración de los ecosistemas e incremento de los riesgos.

En el 2016, el INAIGEM ha realizado campañas de reconocimiento de la situación de los glaciares en las cordilleras Chila, La Raya, Chonta, Huanzo y glaciares, Ampay (Vilcabamba) y Sullcón (Central), con la finalidad de estimar el porcentaje de pérdida y posibles escenarios de la extinción de las masas glaciares, para proponer medidas de adaptación frente a la oferta hídrica de origen glaciar.



Figura 1. Mapa del Perú con las cordilleras nevadas

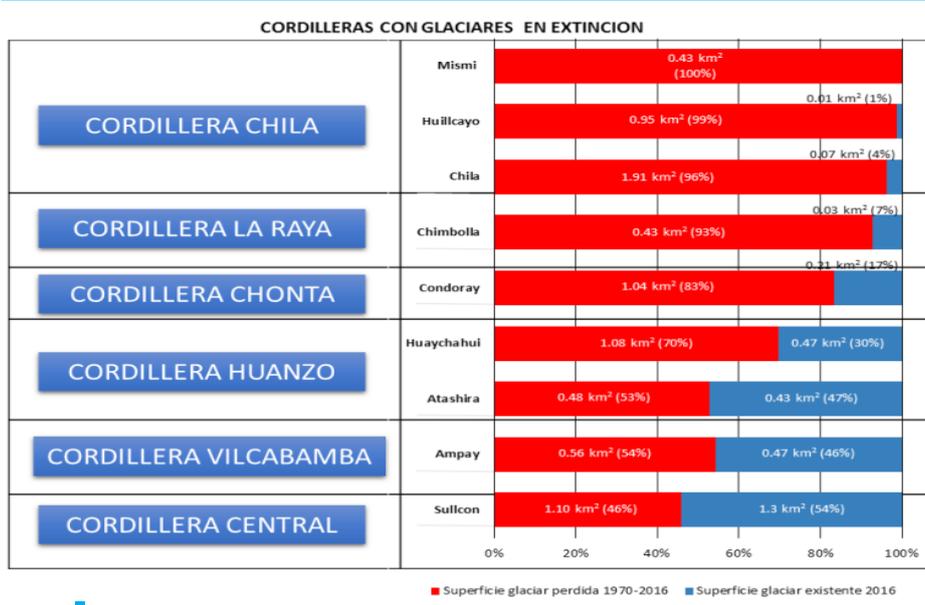


Figura 02. Cordilleras nevadas del Perú

## SITUACION ACTUAL DE LOS GLACIARES

### a. Cordillera Central, Glaciar Sullcón

El **glaciar Sullcón** se ubica entre las coordenadas geográficas 11°54'36"-11°55'48" latitud sur y 76°03' - 76°04'12" longitud oeste, en la cordillera Central; hidrográficamente forma parte de la subcuenca del río Blanco y en la cuenca del río Rímac, sus aguas drenan a dos cuencas, la del Mantaro y la del Rímac y políticamente, se encuentra en el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

**Glaciología.** La Cordillera Central cuenta con 174 glaciares y una superficie total de 51,91 km<sup>2</sup> (ANA, 2014). Según datos de las imágenes de satélite Sentinel-2, el glaciar Sullcón ha reducido su área de



Figura 3. Glaciar Sullcón, Cordillera Central

2,4 km<sup>2</sup> a 1,3 km<sup>2</sup>, habiendo perdido un área glaciar equivalente al 46% entre 1970 y 2016.

**Recursos Hídricos.** La unidad hidrográfica elegida para esta evaluación varía entre 4247 y 5582 msnm y se extiende en una superficie de 102,15 km<sup>2</sup>, con un perímetro de 46,78 km. En la parte alta resaltan los glaciares Sullcón, Pancacoto y Paccha. El aporte del glaciar Sullcón hacia la cuenca del río Mantaro es de 62,4 l/s y solamente 9,88 l/s fluyen al río Rímac. Dentro de la subcuenca del río blanco se ubica la represa Yuracmayo con una superficie de 1,94 km<sup>2</sup> construida entre 1991 y 1994, con una altura de cimentación de 56 metros, longitud de coronación de 558,5 m, rendimiento hídrico de 2,5 m<sup>3</sup>/s y un embalse de 48 Mm<sup>3</sup>; además se encuentra la laguna Yaromaría (también conocida como Suero) con una superficie de 0,02 km<sup>2</sup>; la laguna Pacushnioc con una superficie de 0,08 km<sup>2</sup>; la laguna Rinconada Chica con una superficie de 0,26 km<sup>2</sup>; la laguna Quiullacocha con una superficie de 0,12 km<sup>2</sup> y otras pequeñas lagunas en formación como consecuencia del retroceso de los glaciares. Las precipitaciones se dan entre los meses de

diciembre a abril, periodo en que los acuíferos se recargan y aportan en época seca de mayo a noviembre.

**Aspectos geológicos.** Regionalmente sobresale una secuencia de rocas sedimentarias mesozoicas que se distribuyen hacia el oeste y una amplia secuencia de rocas volcánicas hacia el este. En forma local, se ha identificado limolitas, lutitas y areniscas feldespáticas con matriz tobácea, superpuesta por una secuencia de volcánicos tobáceos porfíroides con fuerte alteración. **Morfológicamente,** la Cordillera Central conforma una amplia cadena montañosa con cimas accidentadas que se orientan con rumbo regional NO-SE, están cortadas por quebradas de corto recorrido, en cuyos fondos existen bofedales y pajonales que son aprovechados para la crianza de ganado (auquénido principalmente). La erosión cuaternaria ha modelado laderas y fondos de valle sobre rocas sedimentarias y volcánicas, dejando en algunos sectores amplias superficies plano-inclinadas que limitan con laderas fuertemente empinadas que sobresalen en la cabecera de la subcuenca.

## IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La principal actividad en la subcuenca del río Blanco es la ganadería con crianza de alpacas, llamas y ovejas; en menor proporción se crían caballos y asnos; por lo tanto el recurso hídrico es vital para la producción de pastos y el consumo directo de los animales. La agricultura en baja escala y la minería artesanal son otras actividades que hacen uso del recurso hídrico.

El acelerado proceso de pérdida de masa glaciar en Sullcón y la ausencia de lluvias en la parte alta de la cuenca, está generando en los últimos años una disminución notable del aporte hídrico a la subcuenca, ocasionando la pérdida y degradación de bofedales, que a su vez afecta la capacidad de almacenamiento de agua en la represa Yuracmayo. Esta situación se manifiesta en la variación del nivel del espejo de agua en la represa, cuyo embalse está trabajando por debajo de su capacidad de diseño, poniendo en peligro la disponibilidad de agua para la ciudad de Lima.

El cálculo matemático realizado en relación a la pérdida de volumen de la represa, ha permitido estimar que actualmente el descenso significa en promedio 10 Mm<sup>3</sup>, de tal manera que no se puede aprovechar la máxima capacidad de esta importante obra.

## RESULTADOS

Los resultados muestran una pérdida de área glaciar de 1,1 km<sup>2</sup> entre 1970 y 2016. Sobre la base de las características topográficas, las aguas que drenan hacia las cuencas del río Mantaro y del río Rímac, irán

disminuyendo y es posible que solo fluyan hacia el Mantaro. Los bofedales alterados alrededor del glaciar Sullcón que son ocasionados por sobrepastoreo, demorarán al menos 5 años en recuperar su condición



Figura 4. Represa Yuracmayo (capacidad total, 48 Mm<sup>3</sup>). Nivel de descenso del espejo de agua en setiembre de 2016

original y varios más en alcanzar sus niveles naturales de productividad. La población local es consciente de que el recurso hídrico está disminuyendo, las temporadas de siembra y cosecha están siendo alteradas debido al retraso de las lluvias y están adoptando medidas positivas como implementar el riego tecnificado (por aspersión), uso adecuado del agua en los domicilios y participación en proyectos denominados “cosecha de

agua”, construyendo zanjas de infiltración en las partes altas, cerca de la represa Yuracmayo.

Las necesidades de la población son básicamente reforzar sus conocimientos que vienen obteniendo a través de diferentes instituciones sobre el manejo del agua. Sería de gran utilidad, si el Estado continúa con proyectos de capacitación en gestión del recurso hídrico y su manejo agrícola y ganadero.

## CONCLUSIONES

- Debido a la baja pendiente de la superficie glaciar, existen muy limitadas condiciones para generar avalanchas o desplome de grandes masas de hielo.
- El área glaciar de Sullcón ha disminuido gradualmente en aproximadamente 46% entre 1970 y 2016. Esto ha ocasionado una reducción de las reservas de agua que fluyen hacia la cuenca del río Rímac. Las aguas que drenan hacia la cuenca del Mantaro constituyen el 76% (62,4 l/s) y hacia el río Rímac 14% (9,8 l/s).
- El análisis de la oferta y demanda del recurso hídrico constituye una preocupación que va en aumento,

sobre todo considerando que la disponibilidad de agua para la ciudad de Lima depende en gran parte de la capacidad de almacenamiento de la represa Yuracmayo. Al desaparecer los glaciares, la recarga disminuye originando un fuerte impacto por déficit de tan importante recurso.

- Es necesaria una mayor presencia del Estado en la subcuenca del río Blanco, con la finalidad de mejorar la gestión del recurso hídrico y ejecutar proyectos que permitan contrarrestar la falta de agua en los próximos años.

### b. Cordillera Chonta, Glaciar Condoray

El glaciar Condoray se encuentra ubicado en la cordillera Chonta (Junín y Huancavelica) en los Andes Centrales, entre las coordenadas geográficas 12°38'55"-12°37'40" latitud sur y 75°28'20"-75°26'57" longitud oeste; tiene reducida longitud y se orienta al noroeste (Hidrandina, 1989). Políticamente pertenece al distrito de Acobambilla, provincia y departamento de Huancavelica.

**Glaciología.** En la cordillera Chonta, los glaciares se caracterizan por ser pequeños y estar distribuidos en grupos aislados, en el rango altitudinal de 4900 y 5272 msnm (UGRH, 2014). Las aguas del deshielo drenan a las cuencas de los ríos Pisco (vertiente del Pacífico) y Mantaro-Pampas (vertiente del Atlántico). La UGRH al 2009, calculó el área glaciar de 1,44 km<sup>2</sup> con una pérdida de 16,46 km<sup>2</sup> (92%) según el área base de 1970 (17,9 km<sup>2</sup>) (Hidrandina, 1989). Al 2016 el INAIGEM estimó un área de 0,4 km<sup>2</sup> a partir de imágenes de satélite Sentinel-2, lo cual indica una pérdida total de 17,5 km<sup>2</sup>, lo que equivale al 98% entre 1970 y 2016. Esto evidencia que si las condiciones climáticas actuales (calentamiento global) continúan, el escenario futuro refleja que los glaciares desaparecerán en un corto tiempo.

**Recursos Hídricos.** La unidad hidrográfica elegida para la evaluación es la cuenca Callancocha, de



Figura 5. Laguna Acchicocha, glaciar Condoray

codificación 499668, la cual varía entre los 4175 y 5239 msnm, y se extiende en una superficie de 85,77 km<sup>2</sup>, con un perímetro de 49,94 km, de forma ensanchada e irregular en la parte media. En la parte alta se localiza el glaciar Condoray y en la parte baja se ubican las lagunas Acchicocha con una superficie de 3,75 km<sup>2</sup>, la laguna Callancocha con una superficie de 1,33 km<sup>2</sup>, la laguna Pulococha con una superficie de 0,08 km<sup>2</sup> y otras pequeñas lagunas en formación como parte del retroceso de los glaciares.

**Aspectos geológicos.** En los alrededores del glaciar

Condoray afloran rocas sedimentarias compuestas por calizas marmolizadas y areniscas intercaladas con estratos menores de lutitas, y hacia la cima del glaciar afloran cuerpos volcánicos compuestos por andesitas y dacitas, agrupadas en unidades de derrames y piroclásticos que alternan con series sedimentarias piroclásticas.

## IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Debido a las condiciones climáticas extremas, la principal actividad económica en este sector es la ganadería de subsistencia, con crianza de alpacas, llamas y ovejas que se desarrolla en forma comunitaria. Sin embargo, La pérdida de bofedales y degradación de suelos ha disminuido la producción de pastos, incrementando los índices de mortandad del ganado y obligando a la población a migrar hacia las ciudades más cercanas en busca de mejores condiciones de vida.

La pérdida de masa de hielo del glaciar Condoray, ha generado en los últimos años un menor aporte hídrico

**Morfológicamente**, el entorno del glaciar Condoray, constituye una altiplanicie ondulada con pampas, colinas y montañas bajas alineadas siguiendo el rumbo general de la divisoria continental (NO-SE), donde destaca un sistema de lagunas glaciares que drenan sus aguas hacia las vertientes del Pacífico y del Atlántico.

a la laguna Acchicocha, reflejándose en un marcado descenso del espejo de agua durante el estiaje y una mínima recuperación durante la época húmeda. Esto ha ocasionado que la laguna que tiene como principal fuente de recarga al glaciar Condoray, haya descendido el nivel del espejo de agua hasta en 3 metros, recuperándose durante las lluvias un promedio de 2 metros. El cálculo matemático, en relación a la superficie de la laguna y el nivel de descenso del espejo de agua, ha permitido estimar que solamente por evaporación e infiltración esta laguna puede perder entre 4 y 5 Mm<sup>3</sup> durante un ciclo hidrológico.



Figura 6. Nivel de descenso del espejo de agua en la laguna Acchicocha

## RESULTADOS

El retroceso glaciar en la Cordillera Chonta es dramático, debido a que el área se redujo de 17,9 a 0,4 km<sup>2</sup> (periodo de 46 años), perdiendo 17,5 km<sup>2</sup>, lo cual equivale al 98% entre 1970 y 2016. Esto ha ocasionado la disminución de reservas de agua que regulan la disponibilidad del recurso en la cuenca durante la época de estiaje. La tendencia de la reducción del área muestra un escenario futuro que los glaciares desaparecerán completamente en un corto tiempo.

Las condiciones climáticas han cambiado en los últimos años; según información de los pobladores de Acobambilla y San José de Puituco, hace 4-5 años,

el inicio de las lluvias se ha retrasado entre dos y tres meses, prolongando los periodos de sequía; también perciben que la temperatura se ha incrementado en periodos cortos y luego periodos fríos más prolongados, afectando fuertemente a los pastos y al ganado. Los bofedales se van secando y las aguas pierden calidad.

La necesidad de la población se orienta a una mayor atención del estado, las personas se quejan mucho por el olvido de las autoridades, son muy pocas veces que instituciones del estado los visitan y orientan sobre el manejo de sus recursos.

## CONCLUSIONES

- El área glaciar se redujo de 17,9 a 0,4 km<sup>2</sup> en un periodo de 46 años, lo cual equivale al 98% entre

1970 y 2016. Esto ha ocasionado la disminución de reservas de agua que regulan la disponibilidad del

recurso en la cuenca durante la época de estiaje. La tendencia de reducción de la masa glaciar, muestra un escenario futuro en que los glaciares desaparecerán completamente en un corto tiempo.

- La percepción de la gente es que los manantiales están disminuyendo su caudal, los ríos están con menos agua y las estaciones de lluvia y estiaje son muy irregulares en su temporalidad, generando pérdida de pasturas y muerte de los animales.
- La población se siente desprotegida por el estado, sin organizaciones fuertemente estructuradas a nivel

de comunidades para poder solicitar capacitación y apoyo para el manejo y gestión de los recursos hídricos. En consecuencia, se ve obligada a migrar a ciudades cercanas abandonando sus tierras e incrementando los conflictos sociales.

- Es urgente la necesidad de realizar estudios e investigaciones orientadas a proponer proyectos para almacenar agua en las cabeceras de cuenca, aplicando programas de reforestación y mejora de pastos (colchones de agua natural), y sobre todo capacitar a la población en la gestión del agua y el manejo ganadero.

### c. Cordillera Vilcabamba, Nevado Ampay

El nevado Ampay forma parte de la Cordillera Vilcabamba, geográficamente se encuentra entre las coordenadas 13°33'–13°34' latitud sur y 72°55'–72°54' longitud oeste, políticamente pertenece a los departamentos de Apurímac y Cusco.

**Glaciología.** Este nevado, en el inventario de 1970 contaba con una superficie de 1,03 km<sup>2</sup> y al 2016 según estimaciones del INAIGEM tiene 0,47 km<sup>2</sup>, es decir, en un periodo de 46 años la pérdida glaciar es de 0,56 km<sup>2</sup>, equivalente al 54% de la superficie original.

**Recursos Hídricos.** La unidad hidrográfica para el diagnóstico de los glaciares en el nevado Ampay es la Intercuenca Alto Apurímac. Los principales ríos que alimentan esta cuenca son el Apurímac y el Pachachaca, que drenan sus aguas a la red hidrográfica del río Amazonas, vertiente del Atlántico.

**Aspectos geológicos.** Litológicamente, en este sector sobresalen lutitas calcáreas de color claro intercaladas con secuencias calcáreas con karstificación primaria, producto de aguas ácidas. Morfológicamente, el Santuario Nacional de Ampay se ubica en la Cordillera Oriental, conformada por estribaciones, cuya morfología es muy agreste, debido al levantamiento de la cordillera



Figura 7. Cordillera Vilcabamba, Nevado Ampay

oriental y a la fuerte erosión de sus valles, llegando a formar cañones profundos. Los depósitos morrénicos se encuentran en las partes altas, formando crestas alargadas, en algunos casos bordeando las lagunas. Estructuralmente, la zona tiene fuerte actividad tectónica, como se observa en las capas de calizas fuertemente plegadas y falladas. Las fallas presentan direcciones N-S y NE-SO. Los plegamientos formados en el nevado Ampay, pueden interpretarse como pliegues de arrastre, asociados a fallas verticales.

## IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En las poblaciones cercanas al nevado Ampay, los problemas por escasez de agua se han manifestado con mayor intensidad en los últimos tres años, y se prevé que se agudizará en los próximos años. En Abancay ya se racionaliza el agua durante el día y se está sectorizando el uso para consumo de agua, se observa un panorama bastante crítico en relación al canon del agua, donde hay un reclamo justificado a las autoridades (gobierno) por su inacción.

En el entorno cercano al nevado, existen tres lagunas conocidas: Willcaqocha, Uspaqocha y Angascocha; la primera, situada a 4600 msnm, en la actualidad se muestra completamente árida y sin agua superficial. La segunda, se encuentra a una altitud de 3750 msnm, tiene una longitud de 450 m y 150 m de ancho, con una capacidad máxima de almacenamiento de 500,000 m<sup>3</sup> y tiene un área aproximada de 80 303 m<sup>2</sup>. Las evidencias de la escasez de agua en el ámbito del nevado Ampay,

se reflejan en las condiciones actuales de la laguna Willcaqocha que se encuentra sin agua, los moradores del lugar aseguran que nunca antes vieron esta laguna seca, esto también afectó directamente a la recarga de los sistemas de agua subterránea, algunos ojos de agua que afloraban en las zonas bajas también se secaron.

Las principales actividades económicas que se realizan en los centros poblados que utilizan agua proveniente del nevado Ampay son la ganadería y la agricultura, siendo la ganadería considerada una amenaza para el Santuario Nacional de Ampay (ANP).



Figura 8. Laguna Uspacocha en sus niveles históricos más bajos

## RESULTADOS

- En el inventario de 1970, el nevado Ampay contaba con una superficie de 1,03 km<sup>2</sup> y al 2016 según estimaciones del INAIGEM, tiene 0,47 km<sup>2</sup>, es decir en un periodo de 46 años la pérdida glaciaria es de 0,56 km<sup>2</sup>, equivalente al 54% de la superficie original. Esto conlleva a estimar que en un periodo muy corto, este glaciar podría extinguirse.
- Todos los pobladores manifiestan que sus actividades han sido afectadas de forma significativa por la escasez del recurso hídrico, se han visto en la necesidad de racionalizar su regadío utilizando agua de manantiales, que sólo antes usaban para consumo doméstico, se siembra una sola vez al año, ayudados por las lluvias.

## CONCLUSIONES

- Los impactos son visibles en los cuerpos de agua como lagunas, manantiales y riachuelos, ya que éstos son sensibles a las precipitaciones, sequías y a los incrementos de la temperatura. Se constató que la laguna Willcaqocha ubicada en inmediaciones del glaciar estaba seca, ante el asombro de los pobladores que nos acompañaron en la visita que aseguraron que nunca antes habían visto esta laguna sin agua; en la actualidad la ciudad de Abancay cumple con un plan de racionalización del suministro de agua por horas.
- Los ecosistemas en el Santuario Nacional de Ampay se encuentran conservados, pero las funciones ecosistémicas de provisión del recurso hídrico están altamente deterioradas.

### d. Cordillera Huanzo

La Cordillera Huanzo se ubica en el ramal occidental de los Andes del Centro, y se extiende 57 km en dirección noroeste entre las coordenadas 14°12'-15°00' latitud sur y 72°11'-72°34' longitud oeste, definiendo también la divisoria de la vertiente hidrográfica del Pacífico y el Atlántico (INRENA, 2007). Políticamente abarca la jurisdicción de las provincias de Parinacochas (Ayacucho), La Unión y Condesuyos (Arequipa), Chumbivilcas (Cusco) y Antabamba (Apurímac).

**Glaciología.** Las superficies glaciares de la cordillera Huanzo están distribuidas en 3 cuencas hidrográficas, donde el mayor almacenamiento de agua se ubica en la cuenca del Alto Apurímac. Los glaciares de la Cordillera Huanzo han perdido el 90% de su área según estimaciones del INAIGEM; se calcula que actualmente, tiene un área total de 3,8 km<sup>2</sup> (2015), mientras que

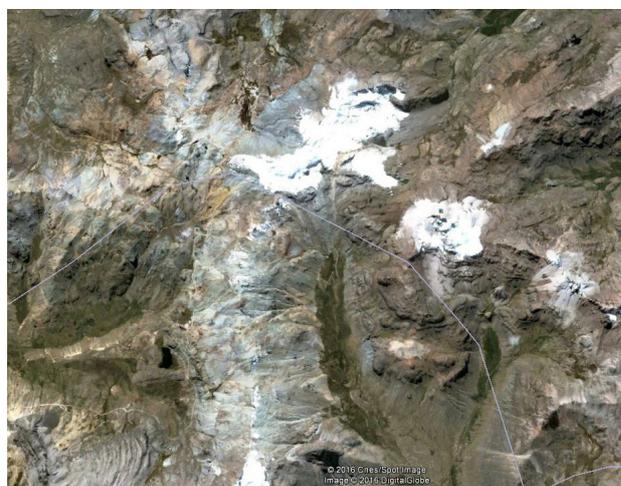


Figura 9. Nevado Huachahui, Cordillera Huanzo

en 1970 contaba con 36,9 km<sup>2</sup> de cobertura glaciar, habiendo perdido un área total de 33.1 km<sup>2</sup>. Las unidades glaciares están dentro del rango de tamaño menor o igual a 1 km<sup>2</sup>. Asimismo, la mayor cantidad de glaciares se encuentra en la cuenca del Alto Apurímac.

**Recursos Hídricos.** Las principales unidades hidrográficas de la Cordillera Huanzo son: la Intercuenca Alto Apurímac, perteneciente a la región hidrográfica del Amazonas, donde los ríos Collpa y Chaccha son tributarios del río Apurímac, el cual vierte sus aguas al Atlántico, mientras que las cuencas Ocoña y Camaná están conformadas por los ríos Huarcaya y Masapuquio, que fluyen sus aguas hacia los ríos Ocoña y Majes, que luego desembocan al océano Pacífico. La laguna Huanzo es el cuerpo de agua más importante, con una superficie de 2.02 km<sup>2</sup> y un volumen estimado de 10 Mm<sup>3</sup>; políticamente se ubica en la provincia La Unión (Arequipa), mientras que la laguna Huancullo, pertenece a la Intercuenca Alto Apurímac con aproximadamente 2.2

km<sup>2</sup> y un volumen estimado de 11 Mm<sup>3</sup>; políticamente se encuentra en la provincia de Antabamba (Apurímac).

**Aspectos geológicos.** En los alrededores de la Cordillera Huanzo, se observan rocas volcánicas tipo lavas andesíticas, cuyos afloramientos se exponen como basamento de las zonas nevadas. Domos o intrusiones hipabisales se presentan en el sector sureste, conteniendo clastos sub-redondeados, parcialmente remplazados por cuarzo. Asimismo, una serie de diques principalmente de composición andesítica y dacítica con texturas porfíricas. (Condori et al, 2013). En la parte inferior del nevado se encuentra el proyecto minero Azuca, que presenta estructuras filoneanas asociadas a procesos hidrotermales. Morfológicamente se caracteriza por presentar un relieve montañoso variado, típicamente glaciar, compuesto por laderas y colinas de relieve accidentado, con nevados entre 5000 y 5300 msnm, que drenan sus aguas a las lagunas ubicadas en la parte baja.

## IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Dentro de las zonas nevadas pertenecientes a la Cordillera Huanzo, el glaciar Huaychahui es el más crítico, habiendo perdido el 70% de su superficie glaciar, mientras que el glaciar Atashira, ha perdido el 53% de superficie. En la zona existen proyectos mineros importantes, con instalación de campamentos cercanos

a los glaciares, quienes extraen agua de consumo en forma directa del nevado, generando alteración en la calidad del agua y ecosistemas que fluyen a las lagunas y bofedales, donde se desarrolla la crianza de camélidos, principal actividad económica del poblador andino.

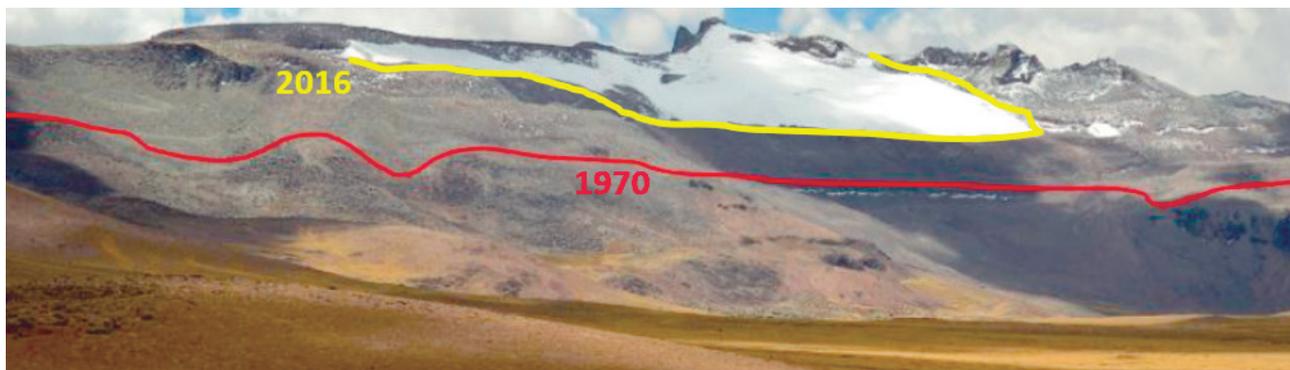


Figura 10. La línea amarilla muestra la cobertura actual del Nevado Huaychahui en 2016. La línea roja indica el nivel de cobertura glaciar en 1970

## RESULTADOS

En la Cordillera Huanzo se ha perdido 33.1 Km<sup>2</sup> de cobertura glaciar, equivalente al 90% del área que existía en 1970.

En la actualidad las poblaciones perciben los efectos del cambio climático, con mayor incidencia en los últimos años. La actividad principal de pastoreo, les permite estar en contacto directo con el clima. Hay mayor radiación solar que perciben como una

amenaza; es notorio el uso casi masivo de sombreros de ala ancha. Otro aspecto importante es la presencia de heladas; los pobladores aseguran que nunca antes han sentido tanto frío, este comportamiento anómalo del clima en un escenario posterior al Fenómeno El Niño se da en gran parte de la región sur del Perú, la brecha entre las temperaturas extremas es mayor, al medio día las temperaturas pueden bordear los 25°C y en la noches llegar a -18°C.

## CONCLUSIONES

La economía local se sustenta sobre la base de los productos derivados de las alpacas. Se ha encontrado experiencias de adaptación al cambio climático como el riego en las partes altas para ampliar áreas de bofedales para alimento de los camélidos.

Es urgente priorizar las investigaciones multidisciplinarias e integrales a mayor profundidad (glaciológico, recursos hídricos, geología y servicios ecosistémicos), para recuperar y conservar humedales saludables en cabecera de cuencas como las de los ríos Apurímac y Ocoña.

### e. Cordillera Chila

La Cordillera Chila se ubica geográficamente entre las coordenadas 15° 19'-15° 31' latitud sur y 71° 39'-72° 13' longitud oeste, en el ramal occidental de los Andes Centrales. Políticamente pertenece a las provincias de Caylloma, Castilla, Camaná y Condesuyo en el departamento de Arequipa.

**Glaciología.** Esta cordillera se extiende en dirección Noroeste a lo largo de 80 km, siendo su máxima elevación el nevado Chila, con 5655 msnm, seguido del nevado Casiri con 5647 msnm y Mismi con 5597 msnm (Morales, 2004). Según los resultados obtenidos en 1970 (Hidrandina, 1988), tenía una superficie de 33,9 km<sup>2</sup>, en el 2015 según estimaciones del INAIGEM, tiene sólo 0,2 km<sup>2</sup>; en un periodo de 46 años, el área glaciar ha disminuido en 33,7 km<sup>2</sup>, equivalente al 99,4%, lo que significa que en un periodo muy corto esta cordillera posiblemente quedará sin cobertura glaciar.

**Recursos Hídricos.** Se evaluaron las microcuencas de Challacone, Ccayachape y Picomayo, por su importancia de proveer agua a los centros poblados de Tuti, Coporaque, Ichupampa y Lari. Las lagunas que se encuentran en la cabecera de cuenca son reservorios naturales de agua para las comunidades; en algunos casos el volumen se ha reducido de manera significativa por la evaporación a raíz de la fuerte radiación solar en la zona; en otros casos, como en la laguna Chila, la actividad minera ilegal viene alterando el ecosistema. Esta cordillera tiene gran importancia pues de sus



Figura 11. Nevado Mismi, Cordillera Chila

glaciares bajan las primeras aguas que dan nacimiento al río Amazonas.

**Aspectos geológicos.** La Cordillera Chila ha sido originada por un volcanismo de tipo monogenético, que sobreyace a un sustrato conformado por rocas sedimentarias y volcánicas de edad Jurásico al Plioceno (Mariño J., Zavala B., 2010), caracterizado por depósitos lávicos conformados por andesitas a dacitas de coloración gris violácea altamente foliada que afloran en el nevado. Morfológicamente, pertenece a las unidades lomas y altas cumbres, caracterizadas por tener topografía accidentada con alturas máximas de 5600 msnm, donde las rocas volcánicas son más resistentes a la meteorización, mientras que las rocas sedimentarias presentan superficies onduladas.

## IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La escasez hídrica resulta un problema álgido para los pobladores de los distritos que se benefician del agua que discurre de los pocos cuerpos de hielo aún existentes en la Cordillera Chila. El agua es vital para la producción de subsistencia y el comercio. Tanto así que los proyectos como Majes Sigvas I, que actualmente abastece de agua a la comunidad de Achoma, no es suficiente para realizar sus actividades, generando conflictos sobre el derecho del agua frente a la ejecución

del Proyecto Majes Sigvas II.

Un problema latente es la minería informal que además de afectar a los cuerpos de hielo, también aceleran la contaminación del agua, recurso principal para la buena salud de los 8 humedales (lagunas, bofedales y cochas) y praderas nativas (pajonales), que a su vez son el sustento esencial para la supervivencia de los camélidos sudamericanos en la zona.

## RESULTADOS

El nevado Mismi, según el inventario de 1970 contaba con una superficie de 0,43 km<sup>2</sup>; ahora no cuenta con cobertura glaciar; de igual manera el glaciar Huillcayo (al costado del Mismi), en un periodo de 46 años ha perdido el 98,8% de superficie glaciar y se encuentra casi extinto.

Los problemas por escasez de agua se han presentado desde hace dos años con mayor intensidad, con tendencia a agudizarse en los próximos años. En

## CONCLUSIONES

- Los pequeños cuerpos de hielo ubicados y constatados en campo en la Cordillera Chila, se encuentran en una etapa crítica de retracción. Esto originará una serie de problemas de escasez hídrica y conflictos socio ambientales. En la actualidad (2016) según estimaciones de INAIGEM, se cuenta con 0,24 km<sup>2</sup> de superficie glaciar y desde 1970 se ha perdido 33,9 km<sup>2</sup>. El emblemático Mismi no cuenta con cobertura glaciar, lo que nos permite afirmar la EXTINCIÓN de dicho nevado y la próxima desaparición del glaciar Huillcayo que abastece de agua a la comunidad de Lari.
- El tema de escasez hídrica en los poblados de

la comunidad de Lari e Ichupampa, se observa un panorama bastante crítico, donde hay un reclamo justificado al gobierno por su inacción. Los cuerpos de agua o lagunas que se encuentran en cabecera de cuenca, para las comunidades cumplen el papel de reservorios naturales de agua, siendo afectados por la intensa radiación solar por efecto del cambio climático y por la presencia de actividad minera ilegal en la cabecera de cuenca, siendo necesario una mayor intervención del Estado.

Ichupampa, Lari, Coporaque, Achoma, Yanque, Madrigal, Tapay, Chivay, Tuti y Maca es crítico. El caudal de agua que utilizan en la actualidad para el riego de sus tierras es de 6 l/s en los peores casos y en el mejor 80 l/s, caudales muy limitados que atentan contra la viabilidad de la actividad agrícola que está seriamente afectada.

- Se recomienda ejecutar un plan de emergencia de siembra y cosecha de agua, en todos los cauces dentro del ámbito estudiado; construcción de pequeños muros de embalse con estudios geotécnicos y diseños adecuados de acuerdo al tipo de suelo y considerando la generación de sedimentos.

## f. Cordillera La Raya

La **Cordillera La Raya**, está situada en las inmediaciones del nudo de Vilcanota; se ubica entre las coordenadas 14° 20'-14° 33' latitud Sur y 70° 48'-71° 02' longitud Oeste. Políticamente abarca la jurisdicción de las provincias de Canchis y Canas del departamento de Cusco y la provincia de Melgar en el departamento de Puno.

**Glaciología.** La Cordillera La Raya, concentra su mayor superficie de cobertura glaciar hacia la Cuenca del Urubamba. Los principales nevados son: Chimbolla (5472 msnm), Chinchina (5463 msnm), Condorcota (5425 msnm), Cunurana (5420 msnm), Nevado Moscaya (5414 msnm), Quillca (5360 msnm), Nevado Santa Juana (5350 msnm), Cunca (5300 msnm) y Hualahuantay (5250 msnm).

El glaciar Chimbolla, en los años 70 tenía una superficie de 0.46 km<sup>2</sup>; al 2016 se estima en 0.033 km<sup>2</sup>, existiendo actualmente 0.258 km<sup>2</sup> equivalente al 7% de superficie glaciar respecto a la del año 1970. De seguir la misma tendencia este glaciar está pronto a desaparecer.

**Recursos Hídricos.** Las unidades hidrográficas para el diagnóstico de la Cordillera La Raya son la cuenca del río Urubamba, que tiene como principal drenaje al río Vilcanota (Cusco) y las cuencas Azángaro y Pucará que drenan hacia la región hidrográfica del Titicaca (Puno). La influencia climática del Altiplano predomina en este sector, con meses húmedos (septiembre – abril) y meses secos (mayo – agosto); la precipitación



Figura 12. Cordillera La Raya

promedio anual fluctúa alrededor de los 800 mm, con presencia de heladas en los meses de junio y julio. La laguna Quillca es una de las principales reservas de agua, que en la actualidad recibe el aporte principalmente del nevado Condorcota con caudales promedio de 10 l/s en temporada de estiaje.

**Aspectos geológicos.** Los principales afloramientos en la zona de estudio están conformados por rocas

del grupo Mitu, que han sido esculpidas por la acción glaciar. Estos afloramientos presentan fuerte actividad tectónica, evidenciada en secuencias estratificadas inclinadas y falladas con dirección SE-NO de tipo normal. Morfológicamente la Cordillera La Raya corresponde a la unidad Puna montañosa, caracterizada por presentar crestas que han sido labradas por erosión glaciar.

## IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema identificado en el ámbito de la Cordillera La Raya frente a la extinción de glaciares es el desabastecimiento de agua en la temporada de estiaje, que afecta directamente a la ganadería, principal

actividad económica de las poblaciones. Los efectos antrópicos en la reducción de superficies glaciares, son ocasionados por la quema masiva de pastos en inmediaciones de la Cordillera La Raya.



Figura 13. En línea amarilla se observa los niveles de hielo del nevado Hualahuantay en la microcuenca Quillca. En línea roja los límites aproximados de los glaciares en 1970.

## RESULTADOS

El INAIGEM realizó la estimación de superficies glaciares en la Cordillera La Raya basándose en imágenes satelitales del 2015, resultando 2,3 km<sup>2</sup>. Hidrandina, basándose en fotografías aéreas de 1970, estimó una superficie de 11,3 km<sup>2</sup>; en 45 años se han perdido 9 km<sup>2</sup>, que representan el 80%. De mantenerse esta tendencia los glaciares en esta cordillera estarán en pronta extinción.

El uso del recurso hídrico está ligado principalmente a la ganadería a través del riego de zonas de pastoreo a lo largo de la quebrada, al consumo poblacional y finalmente en las partes bajas a la agricultura. La microcuenca Atuncucho, actualmente en posesión de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, también resultó afectada por la extinción de los glaciares

ubicados en los nevados Moscaya, Santa Juana y Chimbolla; en la actualidad quedan restos de casquetes glaciares que carecen de zona de acumulación y sin cobertura nival. La costumbre de quemar los pastos por parte de los pobladores, contribuye a acelerar la fusión.

Como acciones de adaptación ante el déficit hídrico se han realizado trabajos de siembra y cosecha de agua impulsadas básicamente por instituciones y ONG's regionales; se ha constatado la existencia de zanjas de infiltración en laderas, la construcción de canales de riego para pastos, así mismo el PER IMA (Proyecto Especial Regional del Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente) está impulsando la construcción de un dique para embalsar la laguna Quillca. Todas estas acciones se realizan en conjunto con las poblaciones aledañas.

## CONCLUSIONES

- La principal actividad económica es la ganadería de alpacas que ha sido objeto de programas de investigación y estudio por el IVITA - Instituto de Investigaciones del Trópico y Altura de la Universidad de San Marcos en la Raya por varias décadas, con apoyo de la Cooperación Suiza, Neozelandesa, Norteamericana y Canadiense, en convenio con la UNTA (Universidad del Altiplano Puno), INIAA, así como en las mismas comunidades campesinas de Macusani con Rumiantes Menores y Pastos Cultivados.
- Priorizar investigaciones en formación de “espejos de agua” para el almacenamiento del agua en “topografías naturales” mediante el levantamiento de diques formando pequeñas cochas para cultivo del *Nostoc* sp (Cushuro), y riego de pastos naturales y de los mismos bofedales.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANA (2014). *Inventario de Glaciares de las Cordilleras Apolobamba, La Raya, Vilcabamba, Volcanica y Urubamba*. Huaraz: UGRH - ANA.
- ANA (2014). *Inventario de Glaciares de las Cordilleras Huanzo, Ampato y Chila*. Huaraz: UGRH - ANA.
- ANA (2014). *Inventario de Glaciares en la Cordillera Blanca*. Huaraz: ANA.
- Cabrera, M. & Thouret, J. (2000). *Volcanismo monogenético en el sur del Perú: Andagua y Huambo*. Lima: X Congreso Peruano de Geología, SGP.
- Caldas V., J. (1993). *Geología de los Cuadrángulos de Huambo (32-r) y Orcopampa (31-r)*. Lima: INGEMMET.
- CARE Perú (2012). *Análisis de la capacidad y vulnerabilidad climática en la subcuenca Chucchún*. Huaraz: CARE.
- Francou & Pouyaud (2004 - a). Métodos de observación de glaciares en los Andes tropicales. *Curso 1: Definiciones – Fluctuaciones - Balance de masa - Dinámica - Balance mensual*. (23), 29.
- Hidrandina (1989). *Inventario de Glaciares del Perú*. Huaraz: CONCYTEC.
- INEI (2007). *Censo poblacional*. Lima: INEI.
- INGEMMET (1970). Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chinchá, Tantará y Castrovirreyna. *Boletín INGEMMET*, (44a).
- INGEMMET (1983). Geología de los cuadrángulos de Matucana y Huarochiri, Serie A, Carta Geológica Nacional.
- IPCC (2001). *Glosario de Términos: Anexo B, Tercer Informe de Evaluación*. Lima: IPCC.
- Marocco, R. (1975). Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. *Boletín A*, (27), 28-p, 28-q y 28-r.
- MINAM. (2014). *Guía Nacional de Valoración Económica del Patrimonio Natural*. Lima: MINAM.
- Morales Arnao, C. (2004). *Las Cordilleras del Perú. 1a. ed.* Lima: Consejo Editorial USMP. p. 201.
- Morales Arnao, B. (2014). *Vocabulario técnico en investigación en glaciares*. Huaraz: INAIGEM.
- National Snow & Ice Data Center (NSIDC - NASA) (2012). *All about Glaciers: The Life of a Glacier; Glaciers Glossary*. NSIDC: NASA Earth Observatory Reference: Global Warming, 1.
- SENAMIH (2012). Informe técnico: Pronóstico de caudales del río Rímac. Lima: Dirección general de Hidrología y Recursos Hídricos.
- SERNANP (2016). *Plan maestro SNA (Santuario Nacional Ampay)*. Lima: Archivos SERNANP.
- Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), Autoridad Nacional del Agua (2014). *Inventario de glaciares del Perú*. Huaraz ; Lima: UGRH ; ANA, 56 p.
- Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (2010). *Inventario de Glaciares de la Cordillera Blanca*. Huaraz: UGRH.
- Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (2010). *Inventario de Lagunas de la Cordillera Blanca*. Huaraz: UGRH.

# LA RESERVA ALIMENTICIA EN LAS LAGUNAS ALTOANDINAS CUSHURO (*Nostoc* sp)

David Ocaña Vidal, Gabriel Martel Valverde y Helder Mallqui Meza

## RESUMEN

*El estudio se centra principalmente en la determinación de parámetros físico-químicos que tienen influencia directa sobre la producción de Nostoc sp en lagunas altoandinas (cochas) dentro de la subcuenca Pachacoto. Las observaciones se han centrado en 9 cochas de esta subcuenca con y sin presencia de cushuro, en las cuales no se ha observado diferencias significativas en los parámetros evaluados entre unas y otras. A pesar de esta situación, el estudio permite establecer algunas características físicoquímicas que deben mantener estas lagunas para la producción de Nostoc sp como pH ligeramente alcalino, presencia de Azorella sp, profundidad entre 10 y 20 cm, cochas en un contexto de humedales.*

*También se ha estudiado la calidad del agua desde el punto de vista biológico, a través del Índice Biótico Andino (IBA). Se ha encontrado mediante el IBA, índices muy bajos, que son fácilmente atribuibles a prácticas de manejo de los pobladores, que contribuyen a cambiar parcial o totalmente las condiciones físicoquímicas del agua de las cochas.*

*Por otro lado, se explica el contexto social de la producción de Nostoc sp, como un factor clave a entender si se quiere promover la producción a gran escala de este producto alimenticio.*

## PALABRA CAVES

*Nostoc sp / Macroinvertebrados / Índice Biótico Andino*

## INTRODUCCIÓN

En las lagunas o cochas altoandinas, en el departamento de Ancash, se presentan condiciones óptimas para el desarrollo del *Nostoc* sp, más conocido como Cushuro.

Pero ¿Qué es el Cushuro?, ¿Cuáles son sus propiedades?, ¿En qué radica su importancia?, ¿Tiene algún valor nutritivo?, ¿Podemos reproducirlo? Son algunas de las interrogantes que trataremos de aclarar de manera sencilla, en el presente artículo.

- **El Cushuro (*Nostoc* sp)** es una Cianobacteria fijadora de Nitrógeno que se desarrolla de manera natural en altitudes mayores a los 3000 msnm. Crece mayormente en época de lluvia, formando colonias gelatinosas de color verde olivo o pardo verdoso o amarillento, de forma

esférica, hasta 4.5 cm, que se desarrollan muy bien en lagunas poco profundas por la necesidad de realizar fotosíntesis.

- **Principales propiedades del Cushuro**, por citar algunas: alto contenido proteico, grasas, minerales (Ca, P, Fe, Na, K) y rico en Vitaminas (B1, B2, B5, B8).



Figura 1. *Nostoc* sp en la superficie de la laguna Patococha - Huaraz-Ancash

- Según el MINSA el *Nostoc* sp tiene un alto valor proteico que supera a varias de las carnes que se usan en el consumo familiar, tal como se ilustra en el cuadro siguiente.

ALIMENTO	ENERGÍA (Kcal)	AGUA (g)	PROTEÍNAS (g)	GRASA TOTAL (g)	CARBOHIDRATOS (g)
Cushuro (alga)	242	15,1	29,0	0,5	46,9
Carne de Alpaca	107	73,9	24,1	0,5	0,3
Carne de Pollo	119	75,3	21,4	3,1	0,0
Carne de Res	105	75,9	21,3	1,6	0,0
Carne de Cuy	96	78,1	19,0	1,6	0,1
Carne de Cerdo	198	69,2	14,4	15,1	0,1

Cuadro 1. Perú. Ministerio de Salud. Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima, 2009

## OBJETIVO GENERAL

- Determinar los parámetros que permitan una producción a escala y sostenida del *Nostoc* sp “Cushuro”.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicoquímica y biológicamente las lagunas altoandinas para la producción a escala del *Nostoc* sp “Cushuro”.
- Describir los aspectos socioeconómicos relacionados con la producción del *Nostoc* sp “Cushuro”.

## METODOLOGÍA

### Análisis de las Lagunas o Cochas Alto Andinas para el Desarrollo del *Nostoc* sp.

En la actualidad no se tiene un registro que nos permita determinar con exactitud la distribución del *Nostoc* sp a nivel local y regional. Esta información nos permitiría estimar la producción real y poder planificar un manejo sostenible que abastecería de manera más amplia a los mercados locales.

Las pequeñas cochas no representan importancia significativa para los gobiernos, pues se cree que los impactos ambientales que generan su alteración o

pérdida representan impactos poco significativos. Por otro lado, para una pequeña comunidad el impacto de la pérdida de las cochas puede llegar a tener consecuencias dramáticas en su agricultura, actividades económicas y ganadería.

Actualmente, la recolección del *Nostoc* sp en el área de estudio se realiza en forma artesanal en las pequeñas cochas, mayormente entre los meses de noviembre a marzo.

### Análisis de la Evolución de la Laguna Patococha para el Crecimiento del *Nostoc* sp.

El *Nostoc* sp se desarrolla muy bien en la laguna Patococha, que se ubica en la comunidad y distrito de Catác, en la provincia de Recuay. Esta laguna está sufriendo un proceso de envejecimiento o colmatación por el aporte de sedimentos que ha reducido su volumen y el espejo de agua, lo que ha originado una sucesión de especies (Azorella y Totora) que están creciendo desde las márgenes hacia el centro y parte de la laguna ha sido transformada en humedal. La disminución de la

profundidad de la laguna Patococha crea las condiciones de iluminación para el crecimiento del *Nostoc* sp.

De acuerdo al análisis de imágenes tomadas por el DRONE en la laguna Patococha la (a) zona de acumulación representa 56.92% del área de la laguna, (b) el espejo de agua, el 42.80% y la (c) zona de humedal, 0.60%; además, el crecimiento de la vegetación acelera el proceso de acumulación y reducción del espejo de agua.

ESTADO DE LA LAGUNA	ÁREA (HA)	PORCENTAJE %
(a) Zona de acumulación (eutrofizada)	3.35	56.92
(b) Espejo de Agua	2.50	42.48
(c) Humedal (totora)	0.04	0.60
Total	2.50	100.00

Cuadro 2. Superficie de las zonas de acumulación, espejo de agua y humedal de la laguna

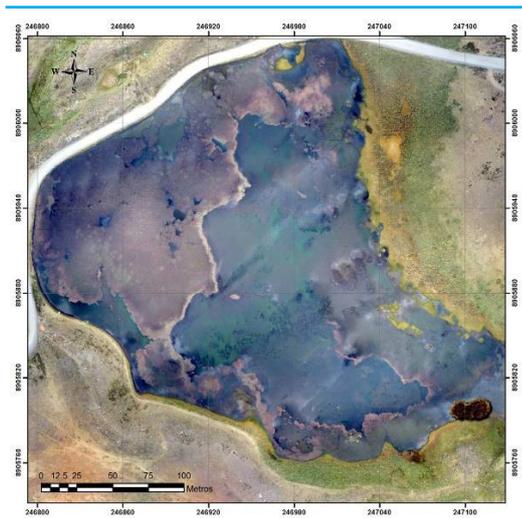


Figura 2. Vista aérea mediante DRONE de la laguna Patococha

### Entonces ¿La laguna Patococha está en un proceso de eutrofización?

La laguna Patococha se encuentra en franco proceso de eutrofización debido a la gran acumulación de nutrientes procedente de las fuentes de agua que

la alimentan. Esto no puede ser compensado con la eliminación por el lento flujo existente entre la entrada y la salida de la laguna.



Figura 3. Laguna Patococha donde se muestra las zonas de acumulación, espejo de agua y zona de humedal

### Análisis Físico-Químico del Agua para el Desarrollo del *Nostoc sp*

Para poder caracterizar las mejores condiciones para el crecimiento del *Nostoc sp* se realizó el monitoreo y medición de parámetros in situ (pH, OD, CE, T°), en la

laguna Patococha y ocho cochas adyacentes.

Las mediciones se realizaron en dos estaciones: época de lluvia y época de estiaje.



Figura 4. Monitoreo de calidad de agua en la laguna Patococha

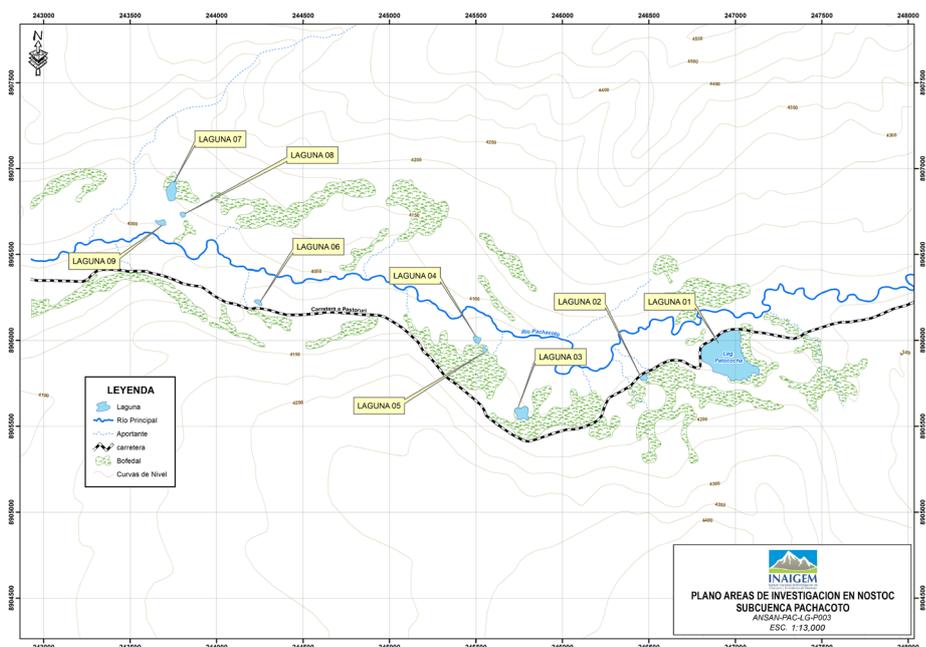


Figura 5. Puntos de monitoreo de agua de la laguna Patococha y cochas del área de estudio.

La medición de parámetros in situ, se realizó tanto en cochas con presencia de *Nostoc* sp, como en aquellas donde no era evidente su presencia por observación directa. De acuerdo a las mediciones realizadas y que se muestran en los cuadros siguientes, se puede

establecer que no existen diferencias significativas con respecto a los parámetros evaluados tanto en cochas con presencia y sin presencia de *Nostoc* sp. Por otro lado, tampoco existen diferencias significativas entre los monitores de época de estiaje y lluvias.

LUGAR	PRESENCIA DE NOSTOC	CÓDIGO	pH	OD (mg/l)	CE (uS/cm)	T° (°C)
(Laguna 01 (Patococha))	Si	PAT-AG-01	8,82	5,92	97,67	16,10
Cocha 02	No	-	9,14	7,45	110,00	14,00
Cocha 03	Si	PAT-AG-02	9,09	5,94	98,50	10,17
Cocha 04	Si	PAT-AG-03	8,67	4,58	127,50	8,82
Cocha 05	No	PAT-AG-04	8,54	6,67	147,50	9,15
Cocha 06	No	-	7,03	3,78	41,50	6,54
Cocha 07	Si	PAT-AG-05	9,72	6,39	43,50	21,07
Cocha 08	No	PAT-AG-06	8,08	5,79	16,00	17,96
Cocha 09	Si	PAT-AG-07	8,27	6,87	14,00	16,91

Cuadro 2. Resultados del monitoreo de factores físico-químicos en época de lluvia

LUGAR	PRESENCIA DE NOSTOC	CÓDIGO	pH	OD (mg/l)	CE (uS/cm)	T° (°C)
(Laguna 01 (Patococha))	Si	PAT-AG-01	8,52	4,43	189,00	8,09
Cocha 02	No	-	-	-	-	-
Cocha 03	Si	PAT-AG-02	7,70	3,81	147,00	7,97
Cocha 04	Si	PAT-AG-03	9,59	4,90	100,00	13,44
Cocha 05	No	PAT-AG-04	7,44	3,05	268,00	15,62
Cocha 06	No	-	-	-	-	-
Cocha 07	Si	PAT-AG-05	9,07	5,19	131,00	16,07
Cocha 08	No	PAT-AG-06	9,08	5,30	18,00	14,00
Cocha 09	Si	PAT-AG-07	7,19	4,67	24,00	13,64

Cuadro 3. Resultados del monitoreo de factores físico-químicos en época de estiaje

## Análisis de Macroinvertebrados

La evaluación se realizó en siete cochas coincidentes con el segundo monitoreo en época de estiaje, dos de ellas se encontraban secas al momento del análisis.

Se ha podido observar seis órdenes diferentes de macroinvertebrados, siendo *Amphipoda* la más

abundante.

La identificación de los macroinvertebrados se ha realizado con ayuda de las claves taxonómicas de Merrit y Cummins (1996), Roldán (1996) y Domínguez y Fernández (2009).

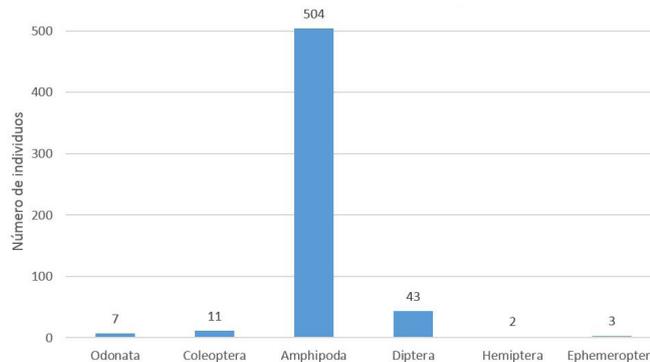


Figura 6. Abundancia relativa de los macroinvertebrados en las lagunas en estudio

Los valores del número de individuos de organismos en cada familia se evaluaron con el Índice Biótico Andino (IBA). Este índice, desarrollado especialmente para los ríos andinos ubicados entre 2000 y 4000 msnm, es un índice cualitativo que tiene como base científica el

puntaje del índice BMWP Ibérico (Alba-Tercedor, 1997). Para el cálculo del índice se sumaron las puntuaciones parciales que se obtienen de la presencia de cada familia de macroinvertebrados y de esta forma se obtuvo la puntuación global del punto de muestreo.

## La Importancia en el Contexto Social del *Nostoc* sp.

En la actualidad el *Nostoc* sp posee una relativa importancia social debido a que representa un medio de ingreso económico para los comuneros, quienes lo

comercializan en los principales mercados de Huaraz. El proceso mantiene la siguiente secuencia:

### a. Manejo de las lagunas y cochas mediante el control de la salida y entrada de agua

En la actualidad los pobladores realizan un manejo de las cochas y lagunas con la finalidad de controlar el crecimiento del *Nostoc* sp, para lo que se restringe el ingreso de agua en época seca (mayo–setiembre); con esta medida, el nivel de agua disminuye considerablemente llegando en algunos casos a secarse. El *Nostoc* sp empieza un proceso

de deshidratación lento hasta llegar a un proceso de dormancia, dadas las condiciones adversas de escasez de agua y escasa o nula precipitación. Este manejo logra conservar el *Nostoc* sp hasta la próxima temporada de lluvia (mes de noviembre) y evita que personas ajenas al predio puedan cosechar, permitiendo que los dueños puedan migrar con su ganado.

### b. Recolección de *Nostoc* sp en lagunas y cochas altoandinas

El proceso de recolección se realiza a lo largo de casi todo el año, pero en los meses de estiaje esta actividad es mínima, por el manejo y la poca presencia de lluvias.

La recolección se realiza de manera mecánica y artesanal:

- Se agita el agua de las lagunas o cochas hasta lograr

que el *Nostoc* sp salga del fondo a la superficie.

- Cuando el *Nostoc* se encuentra flotando se procede a su recolección con mallas artesanales.
- El *Nostoc* sp recolectado es extendido sobre el suelo para separar impurezas, se seleccionan los *Nostoc* que se encuentran en mal estado de tal manera que solo queden los sanos y los de tamaño comercial.



Figura 7. Recolección de *Nostoc sp*

### c. Acopio del *Nostoc sp* por parte de los intermediarios

Los intermediarios realizan la tarea de acopiar y comprar a los comuneros el *Nostoc sp.* recolectado de las cochas. Una vez que se consigue una cantidad

considerable es trasladada a mercados más grandes como el de la ciudad de Huaraz.

### d. Comercialización en los mercados de la zona

El *Nostoc sp* es distribuido y comercializado en los mercados de la región. Entre los principales compradores se encuentran los restaurantes que los utilizan para

la preparación de platos que son acompañados generalmente con chocho (Tarwi, *Lupinus sp*)

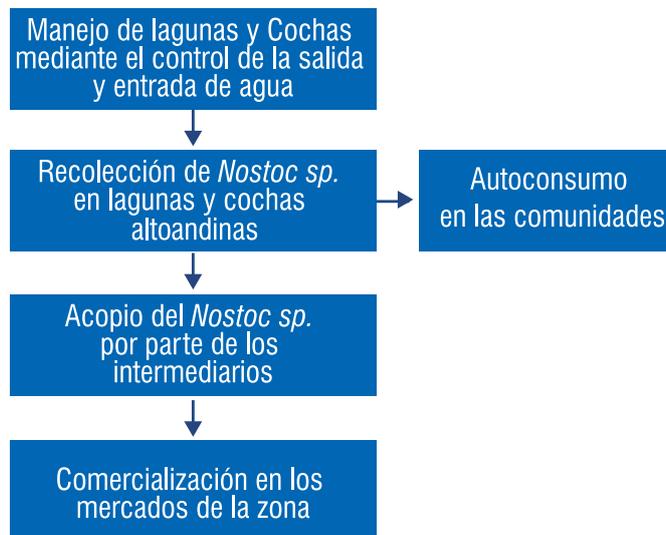


Diagrama 1. Diagrama de flujo para el aprovechamiento del *Nostoc sp*

## El futuro del *Nostoc sp*

### ¿Entonces qué podemos hacer para producir *Nostoc sp*?

El consumo de *Nostoc sp* puede contribuir a disminuir o prevenir la desnutrición de los niños menores de 5 años, sobre todo en los lugares donde crece, que, paradójicamente es donde se encuentran las familias en pobreza extrema y niños con el más alto índice de desnutrición. Esto implica pensar en una

producción a gran escala, para lo cual es necesario investigar, construyendo lagunas artificiales, no muy profundas (promedio 20 a 30 cm), sembrar el *Nostoc sp* y ver su comportamiento. Estas se deben manejar como un ecosistema articulado a otros como los bofedales, pajonales y glaciares. Será

importante proteger las cochas de los animales, para evitar la contaminación por residuos fecales y disminuir la eutrofización.

Para lograr una producción sostenida durante todo el año mediante la construcción de cochas, se debe

## RESULTADOS

Las observaciones realizadas en las 9 cochas existentes en el área de estudio permiten establecer algunas características fisicoquímicas que deben mantener estas lagunas para la producción de *Nostoc* sp. Estas se pueden resumir en las siguientes:

- Baja profundidad relativa (10-20 cm) que permita que el *Nostoc* sp pueda captar la luz para realizar fotosíntesis.
- Mayor desarrollo en las orillas (hasta 5 m).
- Condiciones ligeramente básicas del agua (pH=8.0-9.5).
- Valores de Oxígeno Disuelto de 4.5 – 7.0 mg/l.
- Flujos de entrada y salida lentos que permitan mantener el agua en reposo y calma.
- Temperatura variable sin llegar al punto de congelación.

Por otro lado, el análisis de macroinvertebrados ha determinado que la calidad del agua de las cochas en el área de estudio es de Muy mala a Mala calidad (ABI

tener en cuenta la selección de áreas en lugares donde se garantice agua todo el año. Está demostrado que no es necesaria gran cantidad de agua; además, que no competiría con los otros usos.

entre 2 - 21)

La aplicación de los índices bióticos como el índice ABI debe tomarse como una medida de las condiciones que brinda la laguna para la presencia o ausencia de determinadas familias de invertebrados. Su aplicación resulta en una referencia de la calidad del agua, pero teniendo en cuenta que no es la única respuesta que puede darnos un cuerpo de agua sobre su estado ecológico.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que las cochas estudiadas presentan características que hacen ver que vienen siendo manejadas por los pobladores de la zona para la recolección de *Nostoc* sp., aunque de manera artesanal y esporádica. Esta situación puede conllevar a que no presenten índices de calidad óptimos.

Las carreteras, pasos de ganado y pastoreo, vaciado de lagunas, cambian parcial o totalmente las condiciones físico-químicas del agua, lo que modifica la presencia de diferentes invertebrados, afectando el resultado final de la calidad del agua.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El aprovechamiento del *Nostoc* sp., se realiza en la actualidad mediante la recolección por parte de los comuneros en las zonas altoandinas de la Cordillera Blanca de manera artesanal y a baja escala.
- Para la masificación del *Nostoc* sp en la actualidad no hay suficientes lagunas con las condiciones adecuadas que permitan una producción a escala comercial.
- No se requiere lagunas profundas para la producción a escala, pudiendo crear fácilmente lagunas artificiales, sin mucha demanda de agua. Esto es importante en el marco del cambio climático.
- El Cushuro no es exigente con agua de buena calidad, crece en pH ligeramente básico. Las zonas de producción a escala deben cercarse para evitar la contaminación del agua por residuos fecales del

ganado.

- No se ha podido observar influencia directa en los valores de conductividad eléctrica y temperatura entre las lagunas con y sin presencia de *Nostoc* sp.
- El consumo de Cushuro puede contribuir a disminuir o prevenir la desnutrición de los niños menores de 5 años. Debería considerarse para que sea parte de la dieta en los programas sociales de alimentación.
- Entre las recomendaciones sugeridas, está la importancia de continuar el monitoreo de la calidad del agua y realizar correlaciones con la presencia de nutrientes tanto en época seca como lluviosa y su relación con la biomasa del Cushuro.
- Las lagunas o cochas se deben manejar como un ecosistema.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2005). *Caracterización de la Comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos de la Cuenca Altoandina del río Cañete (Lima, Perú)*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Alba-Tercedor, J. & Sánchez-Ortega, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4, 51-56.
- Chávez, L. P. (2014). *Composición química y actividad antioxidante in vitro del extracto acuoso de Nostoc sphaericum (Cushuro), laguna Cushurococha – Junín*. Tesis para optar el título de Licenciado en Nutrición, Escuela Académico Profesional de Nutrición, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2009). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima: Centro de información y documentación científica.
- Ríos, B., Acosta, R., Rieradevall, M. & Prat, N. (2008). *Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú*. Barcelona: Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona.
- Rosales, N., Ortega, J., Mora, R. & Morales, E. (2005). Influencia de la salinidad sobre crecimiento y composición bioquímica de la Cianobacteria sp. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. *Ciencias Marinas*, 31(2), 349 – 355.
- Villavicencio, M., Alvarez, L., Fonseca, A., Ibazeta, A. & Alvarado, E. (2007). Efectos nutritivos del *Nostoc* (Cushuro) en los niños desnutridos de 1 a 3 años del distrito de Amarilis. *Investigación Valdizana*, 3(1), 1-4.

# CORREDOR ECOSISTEMICO DE MONTAÑA PARA LA INVESTIGACIÓN APLICADA Y DESARROLLO

Ana Marlene Rosario Guerrero

## INTRODUCCIÓN

*El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM, con el objetivo de estudiar los Ecosistemas de Montaña y el impacto del cambio climático en ellos, plantea promover corredores ecosistémicos de montaña con la instalación de parcelas de investigación ubicadas en tramos representativos del Perú. De esta manera se ha iniciado con la implementación del Primer Corredor Ecosistémico de Montaña Vallunaraju-Huaraz-Punta Callan-Culebras-Huarmey, en una línea transversal del territorio peruano que recorre desde las montañas de la Cordillera Blanca hasta los valles costeros de Ancash. En solo 180 Km es posible recorrer diversos ecosistemas y microclimas que van desde el glaciar (Nevado Vallunaraju, 5686 msnm) hasta el mar (Playa Huarmey).*

*Este espacio cubre paisajes majestuosos con y sin presencia de glaciares, varios tipos de ecosistemas de montaña, diversidad de flora y fauna altoandina, además de climas variados. En este Corredor se viene implementando parcelas de investigación en ecosistemas priorizados para promover estudios científicos aplicados.*

*Con la promoción de estos corredores ecosistémicos se busca reducir los problemas de investigación indicados en el decreto supremo N° 015-2016-PCM, en cuyo texto se indica que los resultados de investigación no responden a las necesidades sociales, económicas y ambientales*

*del país por las siguientes razones: escasa vinculación de programas de formación con las necesidades sociales, económicas y ambientales; escasa vinculación de los centros de investigación con las necesidades sociales, económicas y ambientales, y bajos incentivos para proteger la propiedad intelectual.*

*Mediante alianzas público-privadas, el INAIGEM desarrollará oportunidades científicas, educativas, culturales y turísticas. En ello, las parcelas de investigación se promoverán como espacios que permitan a científicos, estudiantes, tomadores de decisión y población generar conocimientos sobre la evolución de la recuperación y conservación de los servicios ecosistémicos. En estos espacios se generarán la interfaz entre la Ciencia, Sociedad y Gestión.*

*Finalmente, el beneficio principal de este Corredor Ecosistémico, será transmitir conocimientos a través de mensajes para poder educar y sensibilizar a la comunidad local, nacional e internacional acerca de la importancia de los ecosistemas de montaña y su conservación. Se espera que los corredores ecosistémicos se conviertan en rutas paisajísticas, culturales, científicas, educativas y deportivas. Se busca así generar mayor conciencia en la población y en los tomadores de decisión sobre la importancia de la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña.*

## CORREDOR ECOSISTEMICO DE MONTAÑA VALLUNARAJU-HUARAZ-PUNTA CALLAN-CULEBRAS

La idea de “corredor” ha sido impulsada por varias organizaciones conservacionistas. El concepto es una propuesta desarrollada por investigadores en el campo de la Biología de la Conservación, y se ha enriquecido con observaciones empíricas de los sistemas tradicionales de uso del suelo; podría plantearse que existen al menos tres categorías de corredores: corredores biológicos; corredores de conservación y corredores de desarrollo sostenible (UICN, 2004).

En este contexto se plantea los Corredores Ecosistémicos de Montaña, como una estrategia para la investigación y desarrollo con enfoque ecosistémico. Estos espacios representativos del Perú están definidos por líneas imaginarias transversales o paralelas y delimitadas de acuerdo a las características fisiográficas del territorio y representativas de ecosistemas.

*El Perú es uno de los países con mayor diversidad de ecosistemas del mundo, los cuales se caracterizan por*

*su gran complejidad vegetal, climática, geomorfológica y edáfica. La flora y vegetación se encuentran representadas por variedad de formas de vida vegetal o formas de crecimiento, distribuidas en paisajes que van desde las llanuras desérticas y semidesérticas, así como las llanuras aluviales con bosques lluviosos, hasta los paisajes colinosos y montañosos. (MINAM, 2015)*

El Corredor Ecosistémico de Montaña Vallunaraju-Huaraz-Punta Callan-Culebras-Huarmey se ubica en el departamento de Ancash, atraviesa tres provincias y nueve distritos (ver tabla, gráfico y mapa). Se extiende por las vertientes de la Cordillera Negra y Blanca, las dos cadenas de montañas que conforman el Callejón de Huaylas. El Corredor abarca la cuenca Culebras y subcuencas Quillcay, Casca y Urpay ubicadas en la cuenca del río Santa y Cabeceras de las cuencas del Río Casma y Huarmey, en una superficie de 154,219 ha. En este espacio habitan más de 120,000 personas.

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITOS
Ancash	Huaraz	Independencia
		Huaraz
		La Libertad
	Aija	La Merced
		Coris
	Huaraz	Huanchay
		Pampas
	Huarmey	Culebras
		Huarmey

Tabla: Provincias y distritos comprendidos en el corredor ecosistémico

## DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS PRIORIZADOS

### Humedales: lagunas altoandinas y Cochas

Estos depósitos naturales de agua han sido clasificados como humedales con importancia estratégica por los servicios ecosistémicos que proveen, tales como: reservorios de agua ubicados en la cabecera de cuenca y mantenimiento de la diversidad

biológica.

Estos ecosistemas poseen una diversidad biológica singular, siendo una de las más representativas la producción del *Nostoc* sp, “Cushuro”, alga altoandina de alto valor alimenticio por su contenido proteico.

### Bosque andino: *Polylepis* sp “Quenual”

En el Perú, el género *Polylepis* incluye aproximadamente 26 especies de árboles y arbustos, de las cuales 13 se encuentran en estado de amenaza mundial; el nombre común es: “Queñua”, “Quenual” o “Quinual”. Pertenece a la familia *Rosaceae*, crece en altitudes entre los 3500 y los 4800 msnm. Ninguna especie arbórea crece a las altitudes que llega el *Polylepis*, tiene una gran capacidad de adaptación a las alteraciones climáticas.

Se encuentra en pequeños relictos de bosques,

en su hábitat genera condiciones ambientales para el crecimiento de otras especies herbazales y arbustos, que sería difícil que lo hagan sin su protección; cumple una importante función como regulador del régimen hídrico; proporciona madera para energía (como leña y carbón). Además, su conformación y color de fuste le da un atractivo especial.

*Polylepis* spp se distribuye a lo largo de la Cordillera de los Andes desde el norte de Venezuela, pasando por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, el norte de Chile y el

noreste de Argentina. Históricamente, desde tiempos precolombinos, los bosques de *Polylepis* han sido un hábitat muy intervenido y fragmentado (Fjeldså y Kessler, 1996, Purcell et al, 2004); algunas fuentes citan

una pérdida del 70 al 90% de la cobertura original (Etter y Villa 2000). Tiene gran importancia en las cabeceras de cuenca, para la regulación hídrica.

### Bosque Andino: *Puya Raimondii*

La “Puya Raimondi”, “Cahua”, “Titanka” o “Santón” (*Puya raimondii* Harms), es una especie endémica y la mayor *Bromeliaceae* de la zona altoandina de Perú y Bolivia, considerada como un “relicto fósil”. Tiene una inflorescencia, con más de 10,000 flores que producen más de 11’000,000 de semillas; atrae un gran número de especies de insectos polinizadores, así como a mamíferos y aves, constituyendo un eslabón fundamental de la cadena trófica de la Puna, lo cual le proporciona un alto valor estético y científico.

En la actualidad, el decreto supremo N° 043-

2006-AG promulgado el 13 de julio de 2006, aprueba la categorización de especies amenazadas de flora silvestre, donde la *Puya raimondii* es declarada en peligro. Así mismo a nivel mundial, la UICN lo considera dentro del listado de su libro Rojo como especie en peligro de extinción.

Los rodales de puya se encuentran distribuidos en el Perú desde los 3200 a 4800 msnm en los departamentos de Puno, Cusco, Apurímac, Junín, Ayacucho, Huancavelica, Lima, Ancash y La Libertad.

### Bosque andino: bosques ribereños

Los ecosistemas ribereños albergan gran diversidad de hábitats que benefician a un número alto de especies de plantas y animales. En las montañas el *Alnus acuminata* “Aliso”, es la especie más representativa, conocida por su afinidad con el agua, su hábitat más

típico son las orillas de los ríos y riachuelos.

Es una especie que fija nitrógeno y genera abundante materia orgánica. Los bosques están desapareciendo debido a su explotación por tener buena madera, fácil de trabajar, utilizada por siglos en construcción y mueblería.

### Humedales: bofedales

Los bofedales son humedales altoandinos con alta fragilidad ecosistémica, por su dependencia de aguas subterráneas y superficiales. Parte de su importancia radica en que mantienen los recursos acuáticos y purifican el agua, además, de ser utilizados como alimento para el ganado ovino, vacuno y para los camélidos sudamericanos (llamas, alpacas, guanacos y vicuñas). La problemática de los humedales y bofedales en el Perú, está muy vinculada a la actividad humana, manifestada en: la agricultura no sostenible, el pastoreo

excesivo, la minería, entre otras, que son la causa principal de su degradación y destrucción.

Los servicios que proporcionan los bofedales no son ilimitados y la degradación de estos ecosistemas acarrea la pérdida no sólo de fuentes esenciales de agua, sino de los otros múltiples beneficios incluyendo su potencial para la recreación y el ecoturismo. Por ello, si queremos continuar aprovechándolos, su uso no debe rebasar los límites del umbral crítico, más allá del cual, su deterioro se hace irreversible.

### Pradera nativa: pajonales

Tiene marcada importancia en el aprovisionamiento de un conjunto de servicios a escala global, regional y local; desde el incremento del secuestro de carbono, hasta la reducción en la degradación de suelos, contribuyendo a la conservación de la producción ganadera de los pastores locales, siendo esta última, fundamental en su aporte a la seguridad alimentaria.

Los pajonales son componentes importantes de los

ecosistemas de montaña, que en conjunto hacen una contribución importante en la seguridad alimentaria, satisfacen el 46.5% de la demanda de carne y casi el 24% de la demanda en leche. A pesar de ello, enfrentan un conjunto de amenazas que según los modelos de degradación (Laboratorio de Utilización de Pastizales – UNALM, 2012) predicen que para el año 2070, el Perú pasaría de tener 41.5% de pastizales en condición pobre a tener uno mayor de 53.6%.

En las últimas décadas, las zonas ocupadas por el ecosistema de praderas nativas han sido reemplazadas fundamentalmente por cultivos, pasturas implantadas y forestaciones (Baeza et al, 2011; 2012). Sobre las plantaciones forestales con especies exóticas, existen corrientes que las cuestionan por ser monocultivo; en consecuencia se les atribuye una disminución de la biodiversidad, mayor aprovechamiento del recurso hídrico, las acículas disminuyen la infiltración (en el caso de pinos), mientras que otros afirman todo lo contrario.

Los pobladores andinos reconocen su valor y muestran su interés por las razones siguientes: madera de calidad, nuevo paisaje, abundante leña, producción de hongo comestible, que se traducen en la mejora de sus ingresos. Cuando se les pregunta *¿deseas plantar especies nativas o exóticas?*, la mayoría se inclina por las exóticas. En consecuencia, se requiere investigar en este nuevo ecosistema para conocer cómo influyen en las funciones ecosistémicas.

## SABERES LOCALES Y REGISTROS DE VESTIGIOS CULTURALES EN EL CORREDOR ECOSISTÉMICO

La recuperación de saberes y de la cultura local es esencial para la conservación de la agrobiodiversidad (Vargas, S, 2014), por ello, en el marco de la propuesta de políticas de investigación de los ecosistemas de montaña, el INAIGEM propone como lineamiento de política que la conservación y gestión de los glaciares y ecosistemas de montaña se basa en el encuentro y complementación respetuosa de saberes. Para su implementación es necesario dar pasos como la revaloración, protección de los conocimientos, las tradiciones y su incorporación en la práctica cotidiana y finalmente poner en valor para su incidencia en el desarrollo.

En el Corredor Ecosistémico existen poblaciones urbanas y rurales de nueve distritos de la Región Ancash, de vasta tradiciones culturales. Destacan la ciudad de Huaraz, Pampas y Cajamarquilla.

De igual manera, en el trayecto del Corredor

Ecosistémico existen vestigios culturales y tecnológicos ancestrales del manejo de los recursos hídricos y de la red vial Inca (Qapaq Ñan). Los principales son: el monumento arqueológico Willkawain, tramos de caminos transversales al Qapaq Ñan Olleros-Cajamarquilla-Pariacoto y Huaraz-Casma, el Castillo en Huarmey, Chullpas en Huancapachán y Uquia, pinturas rupestres y patrones funerarios en Quillcayhuanca.

En un diagnóstico rápido, realizado por el INAIGEM, se ha identificado alrededor de 2 km de caminos prehispánicos, la mayoría de ellos pertenecientes a la red transversal del Gran Qapac Ñan. Adicionalmente se ha evidenciado la presencia de canales y diques, algunos de ellos reutilizados en la actualidad. Mención aparte merece la presencia de huancas, apachetas, muros, empedrados y fragmentos de cerámica cercanos a los caminos, como evidencia de la originalidad de estas vías de comunicación ancestrales.

## ENFOQUE DE LAS INVESTIGACIONES

Las investigaciones del INAIGEM están concebidas como investigaciones aplicadas que promueven la gestión y desarrollo sostenibles en beneficio de las poblaciones que viven o se favorecen de estos ecosistemas.

Si bien los ecosistemas son el centro de la investigación, estos no son estudiados como unidades aisladas de análisis. Son considerados bajo una perspectiva que los vincula y concibe como grandes paisajes articulados que nos brindan diversos bienes y servicios, directa o indirectamente, su recuperación y conservación con visión integral pueda brindarnos una mejor calidad de vida. En este sentido, al integrar estos ecosistemas, las investigaciones fijan límites de análisis a escala de cuenca, sub-cuenca o micro-cuenca según corresponda. Con ello se pretende no solo tener unidades de análisis mejor delimitadas y que abarquen

unidades de estudios técnicamente definidas; sino que también se busca ayudar en la gestión de recursos clave como el agua.

Entre la ciencia (desarrollada en las parcelas de investigación) y la sociedad (articulada a estos espacios) se construirá puentes de comunicación para vincular los resultados de investigaciones científicas con la gestión (toma de decisiones). Este proceso denominado INTERFAZ Ciencia-Sociedad-Gestión permitirá romper barreras entre las diferentes disciplinas de investigación y los actores mediante el fortalecimiento de la colaboración mutua, y la construcción de conocimiento.

Las principales investigaciones se han priorizado en los siguientes ecosistemas: Humedales (Bofedales y Cochas), Bosques Nativos, Bosques Ribereños, Pajonales y Plantaciones forestales.

## PARCELAS Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

La selección de las parcelas responde a un proceso de identificación de ecosistemas estratégicos, negociación con los propietarios e identificación de variables de monitoreo con participación de instituciones públicas y privadas. Como parte de la implementación del Plan

Estratégico Institucional del INAIGEM se implementará investigaciones sobre la recuperación y conservación de los ecosistemas y sus respectivas funciones ecosistémicas en los espacios representativos del Corredor. Las parcelas son:

### Parcela Llaca 1: bosques relictos de *Polylepis* sp , pajonales y bofedal

La parcela de investigación se encuentra a 4366 msnm. Ubicada al margen derecho de la quebrada Llaca, subcuenca río Casca, cuenca río Santa. La parcela de investigación posee un área de 4 ha, clausurada con cercos eléctricos. Esta parcela presenta una característica especial, cuenta con áreas donde se

puede tener los tres ecosistemas priorizados como es el bosque relicto de *Polylepis* sp, pradera nativa y bofedal. Las investigaciones proyectadas están referidas a conocer los efectos del bosque y la pradera como aportante de agua al bofedal y la evaluación del efecto de clausura sobre la recuperación de pastizales nativos, regeneración natural de *Polylepis*.

### Parcela Llaca 2: bosque de *Polylepis* sp

La parcela de investigación se encuentra a 4194 msnm. Ubicada al margen derecho de la quebrada Llaca, subcuenca río Casca, cuenca río Santa. La parcela de investigación comprende el ecosistema de bosque relicto de *Polylepis*, que abarca un área de 32 ha, del

cual ha sido cercada parte del perímetro en una longitud de 1000 m con cerco eléctrico, para evitar el ingreso de animales (vacunos y equinos). En esta parcela se busca estudiar la regeneración natural, el régimen hídrico, evaluación del stock de carbono con RED+.

### Parcela Cojup: bosque ribereño

Esta área de investigación está comprendida desde la salida de la quebrada Cojup hasta la localidad de Unchus, con una altitud que varía desde los 3840 a los 3360 msnm, un recorrido aguas abajo de aproximadamente 6 Km de longitud. Se encuentra ubicada políticamente en el distrito de Independencia de la provincia de Huaraz.

Actualmente, según información de la Empresa

Prestadora de Servicios - EPS Chavín, es la zona donde se produce la mayor parte de sedimento en el agua. En este sentido, los estudios en esta zona estarán orientados a la estabilización de las orillas mediante la recuperación del ecosistema bosque ribereño con especies nativas, con la finalidad de reducir la erosión, frenar las crecidas y crear zonas de calma favorables a la instalación de muchas especies animales.

### Parcela Tayacoto: plantación de *Pinus radiata*

Esta parcela de investigación se encuentra ubicada en el distrito de Independencia de la provincia de Huaraz (Sector Tayacoto) e hidrográficamente en la subcuenca del río Quillcay. La plantación de *Pinus radiata* tiene una extensión total de 56 ha, realizada por el municipio de Independencia entre los años 2012–2013, de las cuales 20 ha se han clausurado con cerco eléctrico a una altitud promedio de 3700 msnm, lugar en el que se realizarán las investigaciones.

En este ecosistema se buscará estudiar los efectos positivos y negativos del cambio de uso de suelo de pajonal andino a plantación forestal y su influencia en los servicios ecosistémicos en relación a las condiciones del suelo y la regulación hídrica. Se generarán conocimientos científicos suficientes que validen y magnifiquen cuantitativamente los impactos, orientados a la toma de decisiones, para que los cambios de uso se planifiquen y se ordenen con visión de nuevas oportunidades, económicas, sociales y ambientales.

### Parcela Punta Callán: Pajonales

Esta parcela de investigación se encuentra ubicada políticamente entre los distritos de Huaraz y Pira a una altitud de 4204 msnm en el sector denominado Punta Callán, en la Cordillera Negra. Hidrográficamente se encuentra entre las cabeceras de cuenca del río Santa y Casma.

Las investigaciones están orientadas al estudio de la sucesión ecológica de la vegetación y la conservación y recuperación de especies altoandinas en peligro. Este

ecosistema cumple un papel importante brindando servicios ecosistémicos como de regulación hídrica y reducción de la erosión del suelo.

Por otro lado, la ubicación geográfica de esta parcela permite tener un punto de observación de belleza paisajística importante como observatorio de la Cordillera Blanca y los valles interandinos que bajan hacia la costa de la cuenca del río Casma.

### Parcela Coltus: Cochas Altoandinas

El corredor ecosistémico pasa por las cabeceras de cuenca del río Culebras y Huarmey, donde existen bofedales que han sido represados llegando a formar Cochas que se encuentran ubicadas políticamente entre los distritos de Huanchay y Coris, a una altitud promedio de 4400 msnm.

Estas Cochas actualmente cumplen una función de abastecimiento de agua para agricultura y ganadería; pero al mismo tiempo son lugares donde se puede encontrar una buena producción de “Cushuro” *Nostoc*

sp que no ha sido explotado aún.

En estos ecosistemas se busca estudiar el manejo y construcción de cochas para la producción masiva del *Nostoc* sp, con fines de seguridad alimentaria. Por otro lado también se estudiará las prácticas más adecuadas de siembra y cosecha de agua para aumentar la oferta hídrica, principalmente en el distrito de Huanchay (localidad de Coltus), que tiene un alto potencial agrícola y ganadero.

### Parcela Cajamarquilla: *Puya raimondii*

El bosque de *Puya raimondii* de Cajamarquilla comprende un área de aproximadamente 1700 ha, ubicada a una altitud de 4000 msnm en la Cordillera Negra, perteneciente al distrito de La Libertad, provincia Huaraz y cabecera de la cuenca del río Casma.

En esta área se ha tenido avances de coordinación

con la comunidad campesina para declararla total o parcialmente como Área de Conservación Privada, en donde se buscará estudiar la dinámica poblacional, regeneración natural y prácticas adecuadas para la conservación de la *Puya raimondii*, así como la realización de un inventario a través de imágenes de satélite.

### Parcela Valle El Molino: Bosque de *Eriotheca* sp “Pati”

Esta parcela de investigación se encuentra políticamente en el distrito de Pampas de la provincia de Huaraz e hidrográficamente pertenece a la cuenca del río Culebras, entre los 1200 y 2300 msnm.

Es un área que comprende aproximadamente 450 ha, donde predomina el bosque seco de *Eriotheca* sp (Pati), que es un árbol endémico del Perú y que puede

crecer hasta los seis metros. Las investigaciones estarán orientadas a la recuperación y conservación del ecosistema. Por otro lado, los nódulos que forman sus raíces —donde esta especie almacena el agua de lluvia— también son usados para hacer extractos medicinales. Esta área tiene potencial para ser declarada Área de Conservación Privada.

## ARTICULACIÓN A PROCESOS DE DESARROLLO

La importancia de la identificación del corredor permitirá, además de generar una mayor conciencia sobre la recuperación y conservación de los ecosistemas, contribuir al desarrollo de las ciudades y

centros poblados que se encuentran durante el recorrido. Si bien son múltiples los beneficios posibles, el INAIGEM ha priorizado promover su articulación en tres sectores: Educativo, Turístico y Productivo (Agropecuario).

## Educativo

El Currículo Nacional 2016 de la educación básica del Perú establece el siguiente perfil: “*el estudiante indaga y comprende el mundo natural y artificial utilizando conocimientos científicos en diálogo con saberes locales para mejorar la calidad de vida y cuidado de la naturaleza*” y para ello plantea promover competencias asociadas a los métodos científicos.

Para el desarrollo de estas competencias, el Corredor Ecosistémico cumple un rol importante porque ofrece elementos del contexto comprendido por laboratorios naturales (diversidad de ecosistemas) y construidos (parcelas de investigación) como soporte, tanto para labores pedagógicas del docente como también ofrece espacios vivenciales para estimular la investigación en estudiantes de diferentes niveles.

## Turístico

En parte del Corredor Ecosistémico (Huaraz-Llaca-Quillcayhuanca) ya existen productos turísticos como caminatas, escalada en roca, competencias pedestres y bicicleta; los conocimientos generados son informaciones que fortalecen estos productos turísticos y marcan el camino para potenciar otros segmentos como el turismo científico. Una primera

actividad realizada por el INAIGEM ha sido el diseño de expediciones turísticas piloto con el propósito de promover las parcelas de investigación, identificar brechas de conocimiento y establecer estrategias con los actores para la mejora de la actividad turística asociadas al corredor.

## Actividades productivas

Ante el contexto de cambio climático, el sector productivo requiere nuevos conocimientos y la transferencia de los actuales. Las parcelas son

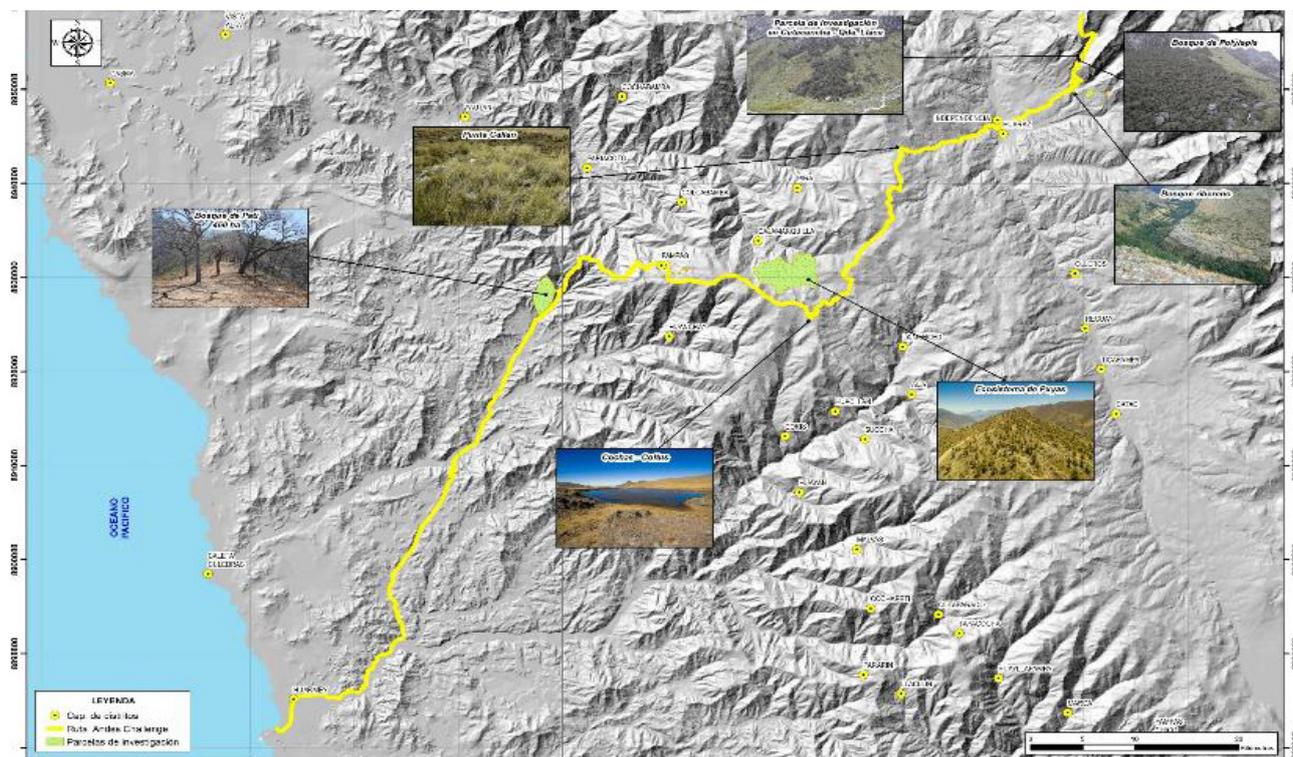
elementos tangibles para la investigación y transferencia de conocimientos.

## Gráfico



## Mapa. Ubicación de las parcelas de investigación en el Corredor Ecosistémico

### Vallunarraju - Huaraz - Punta Callán - Culebras



## BIBLIOGRAFÍA

- Decreto Supremo N° 015-2016-PCM “Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional para el Desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – CTI”
- Fjeldsa, J. & Kessler, M. (1996). *Conserving The Biológica Diversity Of Polylepis Woodlands of the Highland of Perú and Bolivia. A Contribution to Sustainable Natural Resource Management in the Andes*. Copenhagen: NORDECO.
- Gracco, M. (2004). *Aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión de corredores ecosistémicos en América del Sur*. Quito: IUCN América del SUR.
- López, M. (2015). Science-policy interface for addressing environmental problems in arid Spain. *El Servier*, I-14, 14.
- Ministerio del Ambiente (2015). *Mapa de cobertura vegetal: Memoria descriptiva*. Lima: MINAM.
- MINEDU (2016). *Currículo Nacional de la Educación Básica*. Enero 24, 2017, de MINEDU Sitio web: [www.minedu.gob.pe](http://www.minedu.gob.pe)
- Presidencia de Consejo de Ministros (2016). Decreto Supremo N° 015-2016-PCM “Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional para el Desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – CTI”. *El Peruano*, 500144.
- Vargas, S. (2014). *Agrobiodiversidad en los Andes Peruanos: Tensiones y conexiones entre conocimiento tradicional y conocimiento nuevo*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica.

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN ECOSISTEMAS DE MONTAÑA “REYNALDO TRINIDAD ARDILES”

David Ocaña Vidal

## RESUMEN

*La investigación aplicada es una prioridad. Necesitamos generar mayor información que sirva de base para tomar decisiones y formular políticas públicas adecuadas. (Conclusiones. Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Agosto, 2016). El Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña, tiene como objetivo general la investigación científica y tecnológica aplicada sobre la promoción, recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña.*

*Para la generación de conocimientos en el Centro, que puedan ser fácilmente aplicados, se partirá de las brechas de investigación identificadas de manera conjunta entre los investigadores y las poblaciones que viven en o se benefician de los ecosistemas de montaña. El Centro tendrá dos líneas de acción:*

- *La generación de conocimientos científicos y tecnológicos.*
- *La promoción y transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos generados en el Centro.*

*El grupo meta del Centro serán las poblaciones que viven o se benefician de los ecosistemas de montaña y los tomadores de decisión. Esto permitirá facilitar la búsqueda que los resultados obtenidos puedan contribuir a la mejora de políticas públicas relacionadas con la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña para contribuir efectivamente con el desarrollo sostenible.*

## PALABRAS CLAVES

*Ecosistemas de montaña / Investigación aplicada / Rotación de cultivos*

## INTRODUCCIÓN

La vida en el planeta depende del estado en que se encuentran los ecosistemas. Estos vienen deteriorándose de manera acelerada por la acción antrópica y el cambio climático, lo cual aumenta la pobreza, el hambre y las enfermedades. Este problema es más evidente en los ecosistemas de montaña

Aun cuando los ecosistemas de montaña estén entre los menos estudiados, las montañas ocupan el 24% de la superficie de la tierra y cerca de 1,2 billones de personas viven en o cerca de ecosistemas montañosos (CATIE, noviembre de 2014).

El Centro de Investigación Científica y

Tecnológica en Ecosistemas de Montaña, nace como una iniciativa del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM, como una respuesta a la necesidad de generar conocimientos científicos y tecnológicos sobre la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña.

Se busca que el Centro sea un espacio adecuado, motivador, donde la transferencia de conocimientos a la población y tomadores de decisión, se haga de una manera práctica, sistemática y realista; que contribuya a promover cambios de actitud positiva hacia la conservación del medio ambiente y ayude a tomar decisiones orientadas al desarrollo sostenible.

## 1. ¿Qué entendemos por Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña - CICTEM?

Es un espacio natural dentro de ecosistemas de montaña, donde se ha creado condiciones adecuadas y amigables de infraestructura, equipamiento, que permitan hacer investigación aplicada in situ, que generen conocimientos científicos y tecnológicos

en ecosistemas de montaña, con participación de los pobladores que viven o se sirven de dichos ecosistemas, en completa armonía e intercambio de conocimientos con la comunidad científica local, nacional e internacional.

## 2. ¿Cómo nace el Centro de Investigación en Ecosistemas de Montaña?

En el marco del Foro Internacional en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, realizado el 10 de agosto del 2016 en la ciudad de Huaraz, el Instituto Nacional en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM y la Comunidad Campesina de Cátac del distrito de Cátac provincia de Recuay en Ancash, firman un convenio de Cooperación Interinstitucional, mediante el cual la Comunidad cede al INAIGEM, en calidad de cesión en uso, 30 ha, por 5 años renovables. Es un área de cabecera de cuenca muy aparente para realizar investigaciones. Es así que la Alta Dirección del INAIGEM, decide aprovechar esta oportunidad y crear el **Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña “Reynaldo Trinidad Ardiles”**.

El 19 de noviembre del 2016, fallece el director y fundador de la Revista “AGRO NOTICIAS”, LEONCIO REYNALDO TRINIDAD ARDILES, natural del distrito de Pampas Grande en Ancash, profesional comprometido con el desarrollo del agro; fue presidente de la Asociación de Periodistas Agrarios del Perú, vicepresidente de la Asociación Interamericana de Periodistas Agrarios, gestor y primer presidente de la I Convención Nacional del Agro Peruano (CONVEAGRO). Los fines del Centro de Investigación son aquello que Reynaldo Trinidad soñó y enseñó a soñar, por ese motivo y en homenaje póstumo, mediante resolución de la Presidencia Ejecutiva del INAIGEM N° 113-2016, El Centro lleva su nombre.

## 3. Marco Legal

La creación del Centro, es una iniciativa del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM, con base en la Ley de su creación N° 30286. Dicha ley contempla:

### Artículo 1. Creación y naturaleza

Créase el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) como organismo técnico especializado adscrito al Ministerio del Ambiente, con personería jurídica de derecho público, con competencia a nivel nacional y autonomía administrativa, funcional, técnica, económica y financiera. Constituye pliego presupuestal.

### Artículo 2. Finalidad

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) tiene por finalidad fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en el ámbito de los glaciares y los ecosistemas de montaña, promoviendo su gestión sostenible en beneficio de las poblaciones que viven en o se benefician de dichos ecosistemas. El INAIGEM es la máxima autoridad en investigación científica de los glaciares y ecosistemas de montaña, sin perjuicio de las competencias y funciones específicas asignadas a otros organismos del Estado.

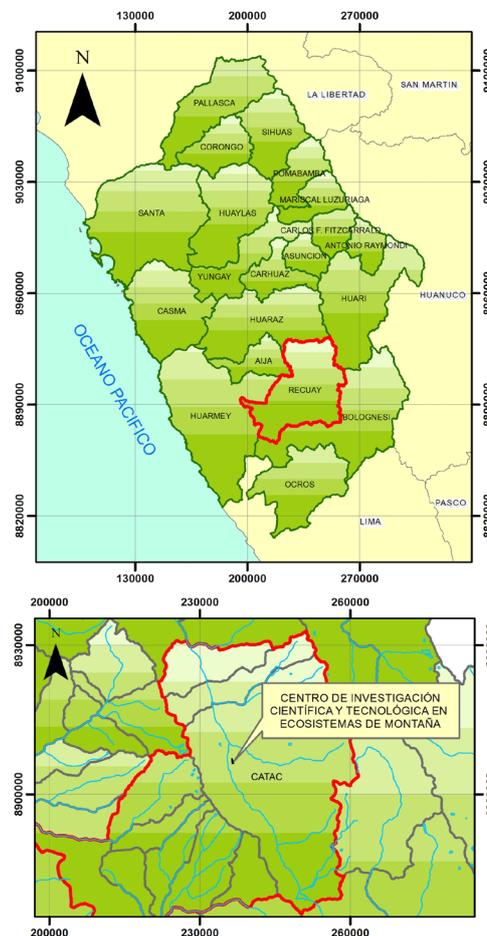
### Artículo 4. Funciones y atribuciones (relacionadas al Centro)

- Generar conocimiento mediante la investigación científica y el desarrollo tecnológico en el ámbito de glaciares y ecosistemas de montaña.
- Promover la investigación aplicada, orientada a prácticas productivas generadoras de valor que impulsen el mantenimiento de los bienes y servicios que proveen los ecosistemas de montaña, en coordinación con los sectores vinculados.
- Promover el conocimiento, la recuperación, la validación, la innovación y la replicación de las tecnologías y las prácticas tradicionales de conservación y gestión de glaciares y ecosistemas de montaña.
- Formular y desarrollar programas educativos orientados a la formación, capacitación, perfeccionamiento y especialización de investigadores, profesionales y técnicos en las áreas de su competencia en coordinación con las universidades y otros centros de investigación nacionales y extranjeros.
- Investigar las tecnologías de recuperación, conservación e integración de los ecosistemas de montaña en el desarrollo de la vida de sus poblaciones.

#### 4. Ubicación y ámbito de acción

El Centro de Investigación en Ecosistemas de Montaña, se encuentra ubicado a 46.7 kilómetros de la

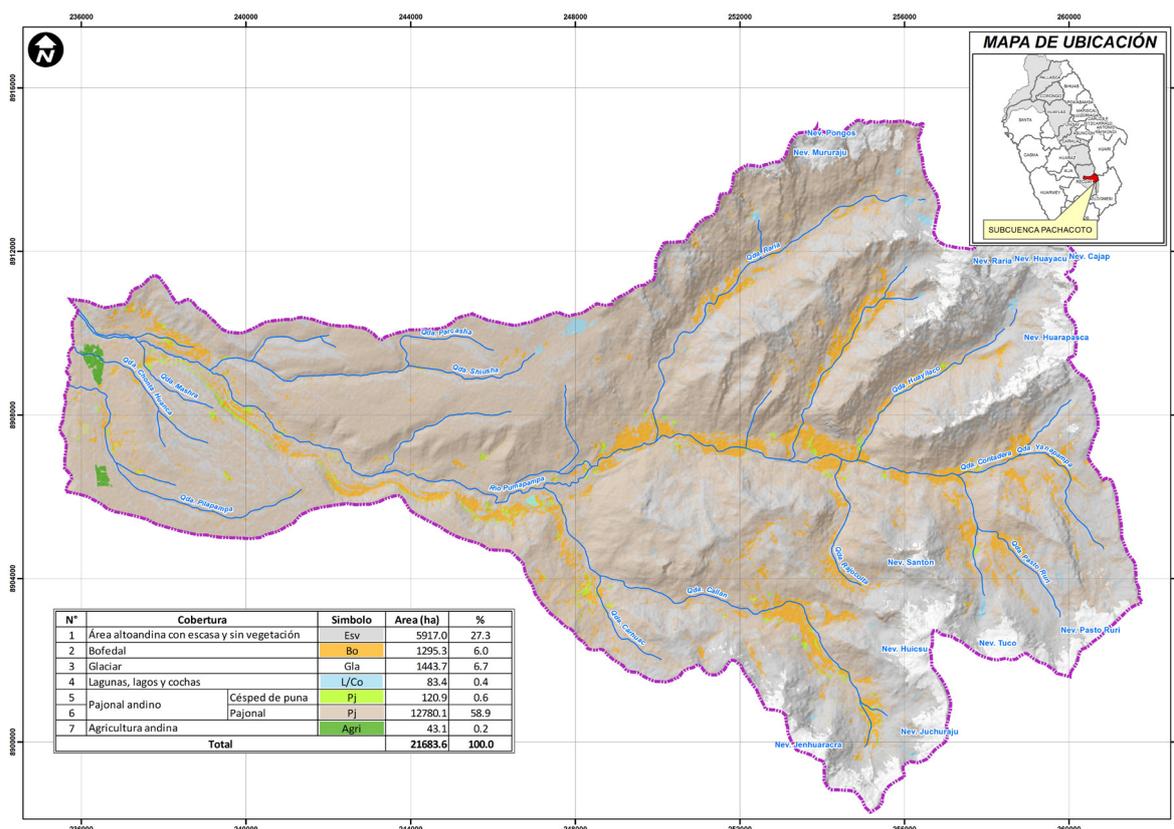
ciudad de Huaraz, sede institucional del INAIGEM.



El INAIGEM tiene como estrategia de trabajo la gestión por cuencas, habiendo priorizado las cuencas glaciares y dentro de ellas las cabeceras de cuenca. El Centro de Investigación se encuentra ubicado en la subcuenca Pachacoto que pertenece a la cuenca del Santa, provincia de Recuay, distrito de Cátac. Geográficamente, entre las coordenadas UTM (WGS84 Zona L-18 Sur): m-Este 235466; m-Norte 8907665 y m-Este 261818; m-Norte 8903458 (mapa 1). Hidrográficamente, la subcuenca pertenece a la vertiente del Pacífico, que drena sus aguas por la margen derecha del río Santa. Se encuentra ubicada al Sur de la ciudad de Cátac. Tiene un área de 216.85 km<sup>2</sup> y 83.60 km de perímetro.

Teniendo como punto focal el Centro, con sus 30

ha, se trabajará el ámbito de la sub cuenca Pachacoto en su conjunto. Esto permitirá generar conocimientos científicos y tecnológicos sobre la recuperación y conservación de los ecosistemas que se encuentran en la subcuenca con una visión de paisaje. Actualmente el MINAM viene construyendo el mapa de ecosistemas a nivel nacional; mientras concluya, se ha tomado como referencia para determinar el tipo de cobertura que tiene la subcuenca el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal del Perú elaborado por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015). El tipo de cobertura que se encuentra en la subcuenca Pachacoto y su distribución espacial es la que se muestra en el mapa de cobertura 2 y el cuadro 1.



Mapa 2. Cobertura vegetal de la subcuenca Pachacoto

Cobertura Vegetal	Símbolo	Área (ha)	%
Área altoandina con escasa y sin vegetación	ESV	8373.9	38.6
Bofedal	Bo	1278.2	5.9
Glaciar	Gla	1290.2	6.0
Laguna, lagos y cochas	L/Co	51.0	0.2
Matorral arbustivo	Ma	766.1	3.5
Pajonal andino	Pj	9923.6	45.8
<b>TOTAL</b>		<b>21683.0</b>	<b>100.0</b>

Cuadro 1. Cobertura vegetal de la subcuenca Pachacoto

## 5. Objetivos del Centro de Investigación en Ecosistemas de Montaña

### Objetivo general

El Centro tiene como objetivo general la investigación científica y tecnológica aplicada sobre la promoción, recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña.

Se espera que el Centro contribuya con: la consolidación de la investigación en ecosistemas de montaña; determinar el impacto del cambio climático en los ecosistemas; la promoción del desarrollo de actividades productivas sustentables; la transferencia

de conocimiento científico y tecnológico a la sociedad local, regional y nacional para la mejora de la calidad del conocimiento de sus ecosistemas de montaña.

El crecimiento y desarrollo del Centro estará basado en alianzas con los otros sectores del estado, la empresa privada y las organizaciones de base; todas aquellas que estén ligadas a la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña, como base fundamental para un desarrollo sostenible del país y de un mundo globalizado.

## Objetivos específicos

- Fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica aplicada a los ecosistemas de montaña.
- Promover la gestión sostenible de los ecosistemas de montaña de modo que beneficie a las poblaciones que viven o se benefician de ellos.
- Estimular el intercambio de saberes tradicionales con lo más avanzado de la ciencia nacional e internacional.
- Promover redes científicas públicas y privadas de carácter local, regional, nacional e internacional en ecosistemas de montaña.
- Fortalecer los mecanismos de apoyo a la generación del conocimiento y la capacitación, al servicio de la ciencia y la tecnología aplicada en el ámbito de las montañas andinas.
- Proporcionar a la comunidad científica facilidades para el desarrollo de investigaciones en las mejores condiciones posibles.
- Promover la rotación de cultivos como alternativa de manejo sostenible (papa nativa, quinua, habas, avena, forrajera, pastos mejorados, banco de conservación de germoplasma de papa nativa y quinua).
- Optimizar el uso y manejo del recurso hídrico.

## 6. Como se alinea con objetivos nacionales, sectoriales e institucionales

El Centro busca contribuir con los objetivos nacionales y sectoriales del país. El instrumento de gestión de mayor jerarquía para la planificación nacional es el Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021, elaborado

por el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. Entre los lineamientos de Política en que el Centro se enmarca están los de *innovación y tecnología* y *el de recursos naturales*, las cuales contemplan:

### a. Innovación y Tecnología

- Promover la investigación científica y tecnológica proyectada a la innovación con base en las prioridades del desarrollo y la inserción competitiva del Perú en la economía mundial.
- Propiciar la disminución de las brechas de conocimiento científico y tecnológico con los países industrializados.
- Promover las actividades profesionales de los investigadores científicos y tecnológicos que revaloren su papel y los orienten a la producción de conocimiento científico, tecnológico y de innovación para alcanzar estándares internacionales.
- Promover, en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, una gestión eficiente, altamente profesional y desarrollada con criterios de competitividad internacional, ética pública, coordinación intersectorial y amplia participación, que a su vez sea informada, transparente en sus actos y desarrollada tecnológicamente en todas sus instancias.
- Promover el acercamiento de los centros de investigación de las universidades e instituciones públicas de investigación a las empresas, para realizar proyectos de investigación directamente vinculados con las necesidades del crecimiento económico.

### b. Recursos Naturales

- Fomentar la investigación sobre el patrimonio natural y las prácticas ancestrales de manejo de recursos y la reducción de la vulnerabilidad.
- Fomentar la adopción de estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático por los tres niveles de gobierno, basadas en estudios e investigaciones científicas con un enfoque preventivo.

En orden de jerarquía de la planificación, al Plan bicentenario, le siguen los instrumentos sectoriales, en este caso del MINAM se tiene la Política Nacional Ambiental, (Plana) sus ejes estratégicos, metas prioritarias; el Plan Estratégico Sectorial Multianual (PESEM) 2013-2016, seguido de los instrumentos de gestión del INAIEM como entidad adscrita al MINAM, donde se tiene el Plan Estratégico Institucional PEI.

Es importante que las instituciones contemplan,

recreen, apliquen sus instrumentos de gestión; hacer análisis de como las acciones, iniciativas que se promueven e implementan contribuyen a los logros y compromisos que se adquieren, hacer el esfuerzo de cómo estos deben estar alineados y no pasen a ser documentos que quedan en los archivos institucionales. En el Cuadro 2 se muestran los objetivos a los que contribuirá el Centro de Investigación y cómo estos están alineados a los objetivos del sector y del país.

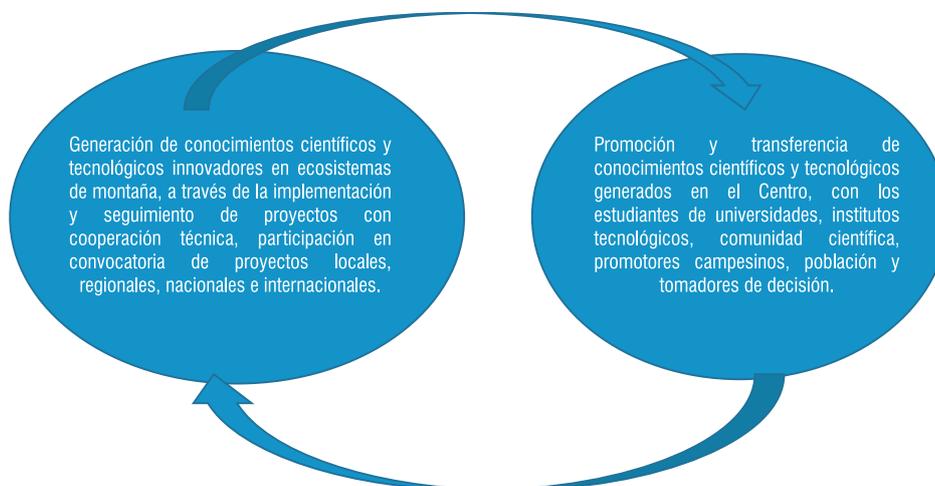
EJES DE LA POLÍTICA NACIONAL AMBIENTAL	EJES ESTRATÉGICOS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL	METAS PRIORITARIAS DEL PLANA	OBJETIVOS ESTRATÉGICOS PESEM 2013 - 2016	OBJETIVOS INSTITUCIONALES NALES 2017 - 2019 INAIGEM	OBJETIVO DEL CENTRO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL CENTRO
1. Conservación y Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales y la Diversidad Biológica	C. Compatibilización del aprovechamiento armonioso de los recursos naturales	4. Bosques y Cambio climático	11. Elevar la capacidad de adaptación al cambio climático	2. Promover la sostenibilidad de los ecosistemas de montaña priorizando las subcuencas glaciares.	Fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica aplicada a los ecosistemas de montaña	Estimular el intercambio de saberes tradicionales con lo más avanzado de la ciencia nacional e internacional
						Fortalecer los mecanismos de apoyo a la generación del conocimiento y la capacitación, al servicio de la ciencia y la tecnología aplicada en el ámbito de las montañas andinas.
	D. Patrimonio natural saludable	5. Diversidad Biológica	15. Mantener los servicios ecosistémicos de las áreas naturales			Promover la gestión sostenible de los ecosistemas de la subcuenca pachacoto.
	C. Compatibilización del aprovechamiento armonioso de los recursos naturales		12. Conservar y poner en valor, la diversidad biológica, especialmente las especies amenazadas			Promover redes científicas públicas y privadas, de carácter local, regional, nacional e internacional en ecosistemas de montaña.
			13. Preservar la diversidad genética cultivada (en los agro ecosistemas y silvestres)			Fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica aplicada a los ecosistemas de montaña.
			14. Preservar la integridad de los ecosistemas frágiles			Rotación de cultivos como alternativa de manejo sostenible.
			1. Disponibilidad y gestión integral del recurso hídrico			5. Incrementar el conocimiento sobre la disponibilidad del recurso hídrico

Cuadro 2. Objetivos a los que contribuirá el Centro y cómo estos están alineados a los objetivos del sector y del país

## 6. Líneas de Acción

Para una buena orientación y organización de las actividades del Centro que permita la integración, articulación y continuidad de esfuerzos de manera

ordenada, coherente y sistémica se tiene dos líneas de acción:



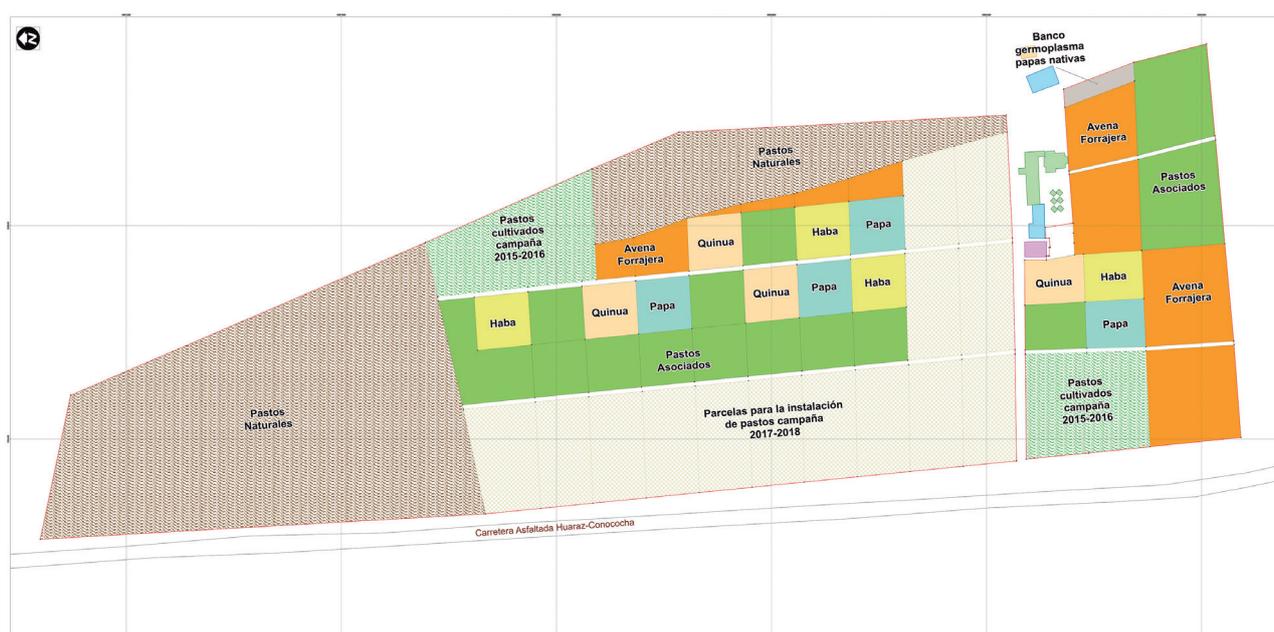
Estas dos líneas de acción están íntimamente ligadas y dependientes. Para hacer la promoción transferencia de conocimientos, se tiene que haber generado los conocimientos, pero también la generación de conocimientos debe tener una retroalimentación

y una constante actualización de necesidades de investigación, con base en los cambios de políticas de estado, climáticos y la adaptación, tendencias económicas y contextos sociales.

## 8. Actividades

### a. En el Centro de Investigación

Las actividades se desarrollarán en las 30 ha de experimentación, que se encuentran espacialmente distribuidas según el mapa 3.



Mapa 3. Distribución de áreas de cultivo en el Centro de Investigación

- **Pastos cultivados:** Originalmente esta área era un ecosistema de pajonal. Ha sido cambiada hace aproximadamente 15 años a pastos cultivados, actividad que se encontró y para la que tiene destinada la comunidad esta superficie. En el mundo hay una tendencia marcada de este cambio. El INAI GEM hará investigación sobre los

efectos del cambio de uso del suelo de pajonal a pastos cultivados, teniendo en cuenta los aspectos ambientales, económicos y sociales; paralelamente, en áreas colindantes se trabajará la recuperación y conservación del ecosistema pajonal. La generación de estos conocimientos permitirá: disminuir, ordenar, mejorar el cambio de uso del ecosistema pajonal. Foto 1.



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

- **Manejo del agua:** Se cuenta con áreas donde es posible el riego y áreas donde no es posible. Se ha instalado un sistema de riego tecnificado con distintos tipos: Cañón, semi cañón, aspersores tradicionales, mangas con compuertas; riego por gravedad. Esto permitirá cuantificar y cualificar el efecto social, ambiental y económico por tipo de cultivo, buscando optimizar el uso y la gestión del agua.
- **Rotación de cultivos:** Durante los, aproximadamente, 15 años que tiene el área con pastos cultivados, nunca se ha cambiado de cultivo. Se ha hecho un nuevo diseño del área, teniendo en cuenta los intereses de la comunidad (seguir produciendo pastos cultivados) y del INAI GEM (cuantificar y cualificar los efectos del cambio de uso del suelo). Esto se basa en la rotación de cultivos; consiste en alternar plantas

de diferentes familias y con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante distintos ciclos, evitando que el suelo se agote y que las plagas y enfermedades que afectan a un tipo de plantas se incrementen en un tiempo determinado. (Ministerio de Agricultura, Lima, Perú, 2011).

La práctica de rotación de cultivos frente a un monocultivo tiene ventajas como: mejora de los nutrientes residuales en el suelo, disminución de la presencia de plagas y enfermedades, control de malezas y contribución a una agricultura sostenible. Existen tipos de rotación de cultivos, entre ellos se tiene la rotación de cultivos extensivos, que se dan a partir de los 3600 msnm; entre las opciones se tiene: Barbecho-papa-cebada o avena-pasto natural, barbecho-papa-cebada o avena-pasto mejorado que incluya leguminosas; barbecho-papa-quinua o cañihua-pastos naturales o mejorados que

incluyan leguminosas, barbecho-papa-tarwi o chocho–quinua o cañihua-pastos naturales o mejorados que incluyan leguminosas. (Ministerio de Agricultura, Lima, Perú, 2011). El Centro se encuentra a 3800 msnm.

- **Banco de germoplasma de papa nativa:** Se tiene como una alternativa de rotación de cultivos a la papa y se ha planteado trabajar con variedades nativas. El Ing. Mariano Flores Guerrero cuenta con un banco de germoplasma de papas nativas de Ancash, inscrito en el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de

la Propiedad Intelectual (INDECOP), con partida registral N° 01031-2013. Asiento: 01. Con el expediente N° 001775-2013 se ha firmado un convenio para conservar el banco, mejorarlo, generar un intercambio de germoplasma con las comunidades campesinas de las cabeceras de cuenca de Ancash, que permita contar con variedades resistentes a heladas, sequías, plagas e investigar su comportamiento en áreas de recuperación, conservación y manejo de los ecosistemas de montaña. Se cuenta con 289 variedades. Foto 2.



Foto 2. Banco de germoplasma de papa nativa en el Centro de Investigación. C.C. Catac, Recuay, Ancash

- **Recuperación y manejo del núcleo genético de élite en ovinos de leche y lana:** En junio del 2011 CARE PERÚ, con aporte del Fondo Minero, Antamina financió la importación de embriones de las razas East Friesian (para leche) y Dohne (para lana) desde Australia; 194 embriones fueron transferidos a borregas de la zona. De estos se lograron: Raza Dohne, 27 hembras y 18 machos; raza East Friesian: 23 hembras y 18 machos. (Agronoticias N° 371 págs. 62 – 63). También

se construyó un cobertizo para albergar a las borregas madres con sus crías.

Este trabajo ha sido y es parte del área que la Comunidad de Cátac ha cedido al INAIGEM. El núcleo genético no se viene manejando como se esperaba, se encuentra descuidado, toca hacer un programa de recuperación y con ello el proceso de mejoramiento genético en ovinos, como parte de un eslabón del manejo sostenido del ecosistema pajonal. Foto 3.



Foto 3: Núcleo genético de elite mediante trasplante de embriones. CARE PERÚ – Fondo Minero Antamina 2011

### b. En los ecosistemas de la subcuenca Pachacoto

Articulada al Centro, se investigará la recuperación y conservación de los ecosistemas de montaña, que se encuentran en la subcuenca: puyas, pajonales y cochas.

- **Ecosistema de Puyas:** La *Puya raimondii*, “Cahua”, “Titanka” o “Santón”, es una especie endémica y la mayor *Bromeliaceae* de la zona altoandina de Perú y Bolivia, considerada un “relicto fósil” de antiguas eras geológicas, presenta una forma de crecimiento paquicaule (“gigante”) y con su inusitada inflorescencia, con más de 10,000 flores y 11’000,000 de semillas,

atrae un gran número de especies polinizadoras, insectos, mamíferos y aves, constituyendo un eslabón fundamental de la cadena trófica de la Puna, lo que le proporciona un alto valor estético y científico.

El INAIGEM, en áreas del Parque Nacional Huascarán, ha instalado una parcela de investigación de 10 ha donde se viene estudiando la dinámica poblacional de las especies y su ecosistema. Foto 4.



Foto 4. Parcela de investigación Puya Raymondi - Pachacoto-Catac, Recuay, Ancash

- **Ecosistema de Pajonales:** Este ecosistema tiene marcada importancia en el aprovisionamiento de un conjunto de servicios a escala global, regional y local; desde el incremento del secuestro de carbono, que beneficia a la comunidad internacional, hasta la reducción en la degradación de suelos; contribuye a la conservación de la producción ganadera de los pastores locales, siendo esta última, fundamental en su aporte a la seguridad alimentaria.

En las últimas décadas las zonas ocupadas por el ecosistema de pajonales han sido reemplazadas fundamentalmente por cultivos, pasturas implantadas y forestaciones (Baeza et al, 2011; 2012), 4 millones de hectáreas por año de vegetación natural se destinaron a la agricultura y el Perú cuenta con 18'246,926 ha de Praderas Alto Andinas.

La Comunidad Campesina de Cátac posee 66,000 ha de extensión total, de las cuales 34,934 ha son pastos naturales. En los últimos 10 años, a nivel comunal, se sembraron 68 ha de pasto mejorado y 257.6 ha de plantaciones forestales; además 135 ha de pastos cultivados están siendo manejadas a nivel familiar.

El INAIGEM viene investigando los efectos del cambio de uso del suelo sobre los servicios ecosistémicos, tanto en las plantaciones forestales como los pastos cultivados, teniendo en cuenta los aspectos económico, social y ambiental. Los registros y sus análisis también serán contrastados con los que se obtengan en

las 30 ha del Centro.

- **Ecosistema de lagunas alto andinas:** Conservar los ambientes acuáticos junto con las especies de las diferentes comunidades biológicas (microorganismos del plancton, macroinvertebrados del bentos, vertebrados del neoton como peces, anfibios y mamíferos entre otros) significa mantener sus condiciones naturales para que puedan tener garantizados usos múltiples, como el abastecimiento de agua, la generación de energía eléctrica, la producción de alimentos para el hombre y los animales, la investigación, entre otros. Es por ello que las aguas tienen una necesidad cada vez más urgente de ser restauradas y preservadas (Allan, 1995, citado por Luisa Chocano, 2005).

Estos depósitos naturales de agua han sido clasificados como humedales de gran importancia estratégica por los servicios ecosistémicos que proveen, tales como: reservorios de agua ubicados en la cabecera de cuenca, mantienen la diversidad biológica y son de importancia socioeconómica para las poblaciones locales.

Estos ecosistemas poseen una diversidad biológica singular, siendo una de las más representativas la producción del *Nostoc* sp, "Cushuro", alga altoandina de alto valor nutritivo que supera en proteínas, calcio y hierro a la carne de cuy. La ingesta del Cushuro contribuiría a vencer la desnutrición infantil, en la población local principalmente. El INAIGEM, viene investigando la manera de mejorar la producción del Cushuro. Foto 5.



Foto 5. Extracción del *Nostoc* sp. "Cushuro". Patococha - Ancash

## 9. Proyección

Como una respuesta para contribuir con las funciones descritas del INAIGEM, se crea el Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña. Se espera que a futuro, se creen más de estos centros en las subsedes que se tiene proyectada su apertura a nivel nacional: Cusco, Junín, Cajamarca. También se espera poder contar con las instalaciones adecuadas que permitan contribuir con la formación académica de los estudiantes de universidades, institutos tecnológicos a través de prácticas preprofesionales, investigaciones a nivel de tesis de pregrado, postgrado y doctorado; así mismo a la formación de promotores campesinos que promuevan el desarrollo y la mejora social, ambiental y económica de las familias que viven en zonas aledañas o se benefician de los ecosistemas de montaña.

Existen pocas oportunidades y espacios adecuados que permitan una formación científica y tecnológica, que venga de la práctica en campo, permitiendo contribuir eficaz y eficientemente con el desarrollo local, regional

y nacional.

Se tiene proyectado un área construida de 5047 m<sup>2</sup>, cuya distribución será la siguiente:

- Dormitorios:	2141.40 m <sup>2</sup> de dos pisos, para 100 personas
- Auditorio:	1068.53 m <sup>2</sup> para 100 personas
- Comedor - Administración:	1211.38 m <sup>2</sup>
- Laboratorios:	331.50 m <sup>2</sup>
- Gimnasio y vestuarios:	213.00 m <sup>2</sup>
- Lavandería y Guardianía:	82.02 m <sup>2</sup>

Al conjunto de la infraestructura descrita, se añadirá estacionamiento, áreas verdes, canchas deportivas, vías de acceso, totalizando un área de aproximadamente 4.5 ha. Las 25.5 ha restantes son áreas para la instalación de parcelas de investigación.



## BIBLIOGRAFÍA

Agronoticias (2012), 371, 62 – 63. Lima Perú.

Baeza, S. (2011). *Evaluación de Impacto de cambio de uso del suelo y relevancia en el Índice de Conservación del Pastizal*. Uruguay: ICP.

CATIE (2014). *Ecosistemas de montaña: Hacia una gestión territorial multidisciplinaria y sostenible*. Costa Rica Centro Nacional de Planeamiento Estratégico – CEPLAN. *Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021*. 2011. Lima, Perú.

Chocano Arévalo, L. (10 agosto 2005). Las zonas altoandinas peruanas y su ictiofauna endémica. *Revista Digital Universitaria*, 6(8), 4.

Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Agosto 2016. Huaraz Perú: INAIGEM.

Ministerio del Ambiente (2013). *Agenda de investigación ambiental 2013 -2021*. Lima, Perú: MINAM.

Ministerio del Ambiente (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal del Perú*. Lima: MINAM.

Ministerio del Ambiente (2012). *Plan Estratégico Sectorial Multianual 2013 – 2016*. Lima: MINAM.

Ministerio de Agricultura. *Manejo y Fertilidad del suelo Cereales y Granos Andinos, Manual Técnico*. 2011. Lima: MINAGRI.

# FOTOGRAMETRÍA APLICADA AL DESLIZAMIENTO EN RAMPAC GRANDE

Alexzander Santiago Martel y Ricardo Villanueva Ramírez

## RESUMEN

*El presente trabajo tiene como finalidad generar información cartográfica a detalle del sector Rampac Grande ubicado en la Cordillera Negra, en el distrito de Carhuaz; empleando la tecnología VANTs (Vehículos Aéreos No Tripulados) y procesamiento de las imágenes obtenidas con técnicas fotogramétricas, para así obtener información altimétrica (modelos de elevación digital) y la imagen ortorrectificada (Ortofoto).*

*El trabajo se inició en marzo del 2016. Se realizaron diversos vuelos empleando un dron cuadricóptero para realizar las capturas fotográficas consecutivas del terreno y posterior obtención de la topografía a detalle. El desarrollo de los trabajos en la zona se realizó con la finalidad de contar con información base, que ha de servir a los tomadores de decisión para prevenir desastres como lo ocurrido en abril de 2009, cuando se perdieron vidas y bienes. Se espera que la información que se obtenga con el trabajo fotogramétrico sirva para contribuir en la gestión de riesgos geológicos en la zona.*

## PALABRAS CLAVES

*Tecnología VANTs / Fotogrametría / Ortofoto / Imagen de satélite / Modelo digital de superficie*

## INTRODUCCIÓN

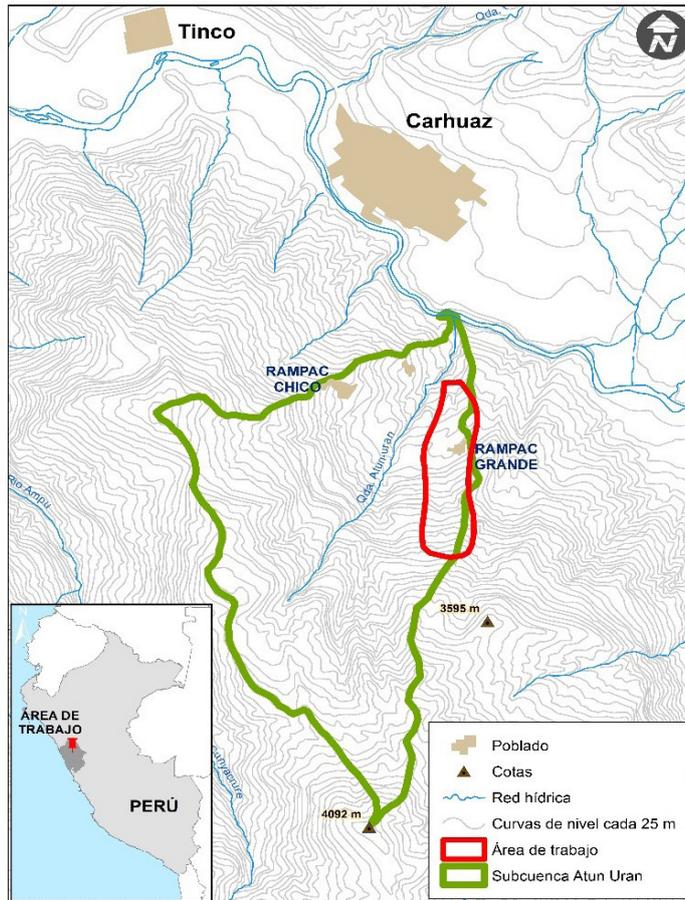
El trabajo fotogramétrico busca obtener una mejor perspectiva del terreno desde el punto de vista de la resolución espacial, en comparación con imágenes de satélite, que no poseen una resolución espacial suficiente para un trabajo minucioso; por otro lado, las imágenes de satélite de resolución espacial alta son buenas para análisis detallado con la restricción del costo y período de captura de la zona. Si se desea obtener modelo de terreno se tendría que adquirir las imágenes procesadas y/o con pares estereoscópicos o técnicas de radar. Es así que la tecnología VANTs surge como una alternativa para trabajos de áreas no extensas, con

la cual se obtiene una muy alta resolución espacial (centímetros). Es por ello que el INAIGEM opta por esta tecnología como una alternativa para los trabajos en Glaciares y Ecosistemas de montaña, y en sectores de prioridad como es el caso de Rampac Grande, donde ocurrió un deslizamiento el año 2009, ocasionando la pérdida de vidas y bienes durante el evento (Klimes, J. et al, 2011). La intervención del INAIGEM se inicia en marzo del 2016, con vuelos del dron en el área en mención, realizando las capturas fotográficas que luego fueron procesadas y analizadas en gabinete.

## ÁREA DE ESTUDIO

El deslizamiento se localiza en las coordenadas 9°18'30.31" latitud sur y 77°38'35.32' longitud oeste. Hidrológicamente perteneciente a la

subcuenca Atun Uran ubicada en la Cordillera Negra, cuyas aguas discurren hacia el río Santa



Mapa 1. Ubicación geográfica del área de estudio

## OBJETIVO

Obtener el modelo digital de superficie (DSM) y la ortofoto de alta precisión para el estudio de riesgos del área de deslizamiento de Rampac Grande.

## METODOLOGÍA

Las técnicas de fotogrametría aérea han aumentado significativamente en los últimos años gracias al desarrollo tecnológico y avances de softwares para el proceso ortofotográfico. Para lograr el producto esperado se realiza la secuencia metodológica que se indica en la figura 1.

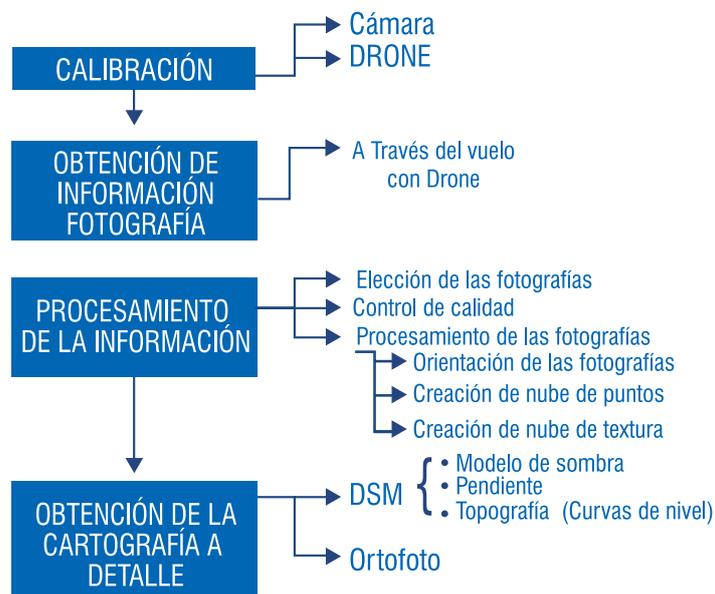


Figura 1. Enfoque metodológico

## MARCO CONCEPTUAL

### Fotogrametría

La fotogrametría es un sistema de captura de información a distancia. Es considerada una técnica que integra la percepción remota y la fotointerpretación, técnicas que se complementan entre sí. La fotogrametría consiste en la interpretación cuantitativa de fotografías aéreas y otros materiales aerofotográficos con el objetivo de obtener mapas.

Es una técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio, de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente

medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto (Otero I., et al, 2003).

Se considera también que la fotogrametría es en gran medida un arte, de acuerdo a la definición de McGlone et al, (2004): *“La fotogrametría es el arte, la ciencia y la tecnología de obtención de información fiable acerca de los objetos físicos y del medio ambiente a través del proceso de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos”*.

### Plataforma

La plataforma VANT es un vehículo aéreo no tripulado, controlado remotamente por un operador en Tierra. Existen diversas plataformas para la captura de imágenes (globos, cometas, aviones, etc.). Para el trabajo realizado se empleó la aeronave modelo T600, que es un VANT de 4 hélices que posee una autonomía de 15 minutos de vuelo por batería (según manual), los cuales serán afectados por factores externos, teniendo

una autonomía efectiva de trabajo de 8 a 10 minutos aproximadamente (ver fotografías 1 y 2). Tiene un peso de 2935 gr, una velocidad máxima de 22 m/s, una altitud máxima de operación de 4500 msnm y un límite de elevación de 500 m. El drone empleado es de vuelo no autónomo, es decir, requiere el control permanente de un operador en Tierra.



Fotografía 1. Vuelo del drone en el área de interés

## Cámara

Se utilizó la cámara de la serie DJI Zenmuse X5, de 16 megapíxeles con un sensor del tipo 4/3 CMOS, una máxima resolución de 4608x3456, campo de visión de

la cámara de 15 mm (formato de 35 mm equivalente a 30 mm) f/1.7 ASPH 72° y un peso de 115 gr, aproximadamente.



Fotografía 2. Vista del área de vuelo

## Calibración de la cámara

La calibración de la cámara es un procedimiento del programa de procesamiento de imágenes para determinar la orientación interna y externa de la cámara, así como las distorsiones radiales, las que se muestran en el gráfico de residuales. Para el trabajo desarrollado en Rampac Grande se empleó la calibración (de fábrica)

por defecto con los datos contenidos en las imágenes capturadas por el drone. Se puede visualizar el nivel de distorsión que realizó el equipo durante el vuelo, generando el reporte respectivo a través del programa de Agisoft PhotoScan (ver figura 2).

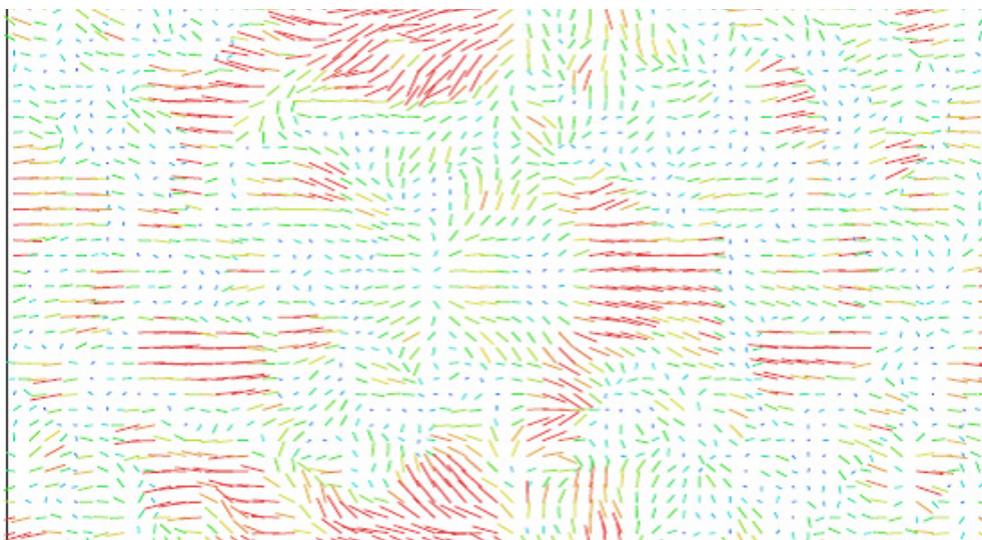


Figura 2. Gráfico de residuales para FC550 (15mm)

## Imágenes capturadas: 1491 Imágenes

RESOLUCIÓN	DISTANCIA FOCAL	TAMAÑO DE PÍXEL	PRECALIBRADA
4608 x 2592	15 mm	4.09 x 4.09 micras	No

Tabla 1. Parámetros de calibración (Agisoft PhotoScan)

TIPO	CUADRO	F	4252.96
Cx	11.4924	B1	0
Cy	-23.5523	B2	0
K1	0.00352271	P1	0
K2	-0.057162	P2	0
K3	0.0995428	P3	0
K4	0	P4	0

### Calibración de equipo para el vuelo

Para realizar la calibración del dron se tiene que elegir un espacio abierto y realizar los movimientos siguientes (ver figuras 3 y 4) (Agisoft PhotoScan, 2015). La calibración del equipo se realiza previo al inicio del

vuelo y cuando se fijan las coordenadas de trabajo o se cambia la zona horaria, evitando así problemas de ubicación del equipo.

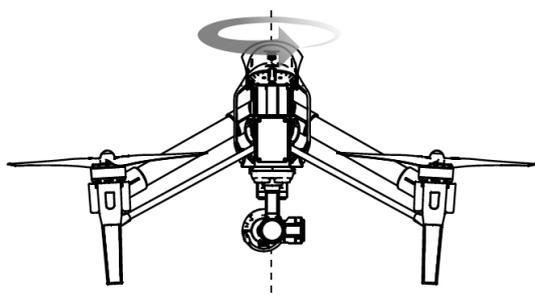


Figura 3. Parámetros de calibración (Agisoft PhotoScan)

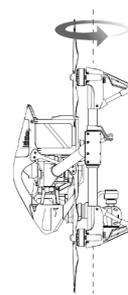


Figura 4. Invertir el equipo y Girar 360 grados

### Vuelo y capturas fotográficas

El vuelo se realiza con control manual desde Tierra, manteniendo la visibilidad entre el equipo y el operador, con el objetivo de evitar la colisión contra obstáculos naturales. La captura de las imágenes es secuencial, de forma manual por segundo, con la finalidad de realizar la mayor cantidad de capturas fotográficas y generar

los traslapes suficientes entre fotografías y así generar el modelo de elevación superficial. El modelo de dron empleado no es de vuelo autónomo; sin embargo, responde a un plan de vuelo previo trazado empleando el software de control que viene con el equipo, el operador controla el equipo basado en esta planificación de vuelo previa.

### Procesamiento de las imágenes

Agisoft PhotoScan es un software destinado a crear modelos en 3D de alta calidad en función de las imágenes captadas, ya sea de forma terrestre o aérea. El programa está basado en la tecnología de reconstrucción 3D Multivisión. El programa detecta puntos característicos en las fotografías, que son estables bajo el punto de vista y la luz, el software soluciona los parámetros internos y

los calibra bajo un algoritmo interno propio.

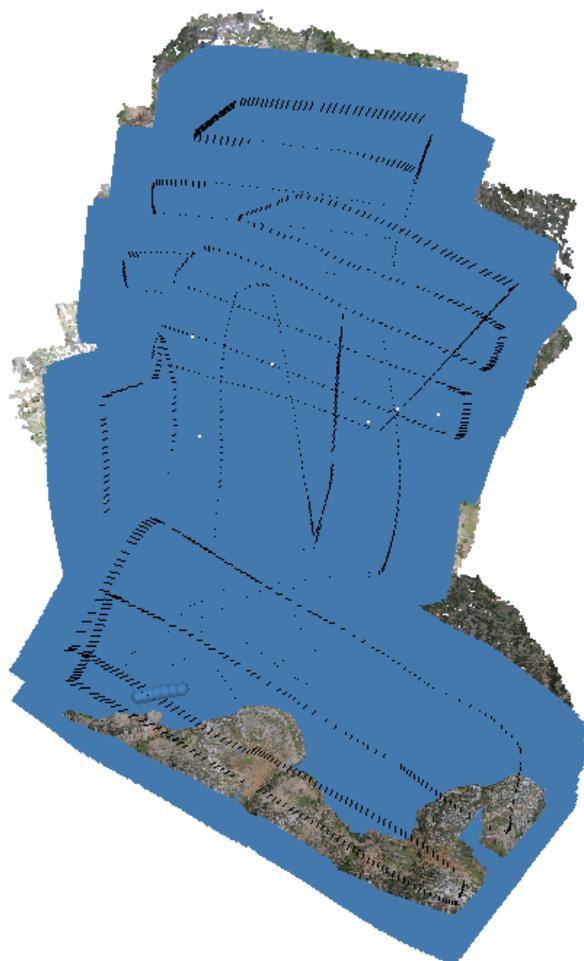
Las imágenes tomadas durante el vuelo son trasladadas a una computadora con alta capacidad de procesamiento, de preferencia una workstation, para su procesamiento respectivo siguiendo las pautas del software.

## Orientación de las fotografías

El software identifica puntos en común en varias imágenes consecutivas y los empareja; generándose así una calibración de las fotografías obteniendo la posición y orientación relativa de las mismas. En el proceso de alineación el programa utiliza varios algoritmos que identifican los puntos y obtienen la orientación y posición

de las imágenes (ver imagen 1).

Una vez realizado el procesamiento se aprecia la nube de puntos y la orientación relativa de las fotografías; también se visualiza la superposición de las imágenes captadas durante la secuencia de adquisición de las fotografías.



*Imagen 1. Vista del proceso de alineación de las fotografías*

## Creación de nube de puntos densa

Es el proceso de generar y visualizar un modelo de nube de puntos densa, donde se posiciona y calcula la información de profundidad para cada cámara detectada que se combinan en un solo sector de nube de puntos densa. (PhotoScan, 2016)

La generación de estos puntos se da en función de la alineación de las fotografías, con el objetivo de mejorar la nube de puntos disperso que se genera con el primer proceso; en esta etapa se mejora la imagen y se realiza mejor la distinción del área de trabajo (ver imagen 2).



*Imagen 2. Modelo de nube de puntos denso*

### Creación de textura

La textura es la herramienta para dar la forma de la superficie terrestre, tanto de la ortofoto como del Modelo Digital de Superficie con la cual se eliminan los vacíos dentro del área de trabajo, para así presentar la forma

real representada en 3D. La apariencia del proceso texturizado es similar a la malla de puntos densa con la diferencia que en el texturizado no se aprecian la dispersión de nubes de puntos (ver imagen 3)

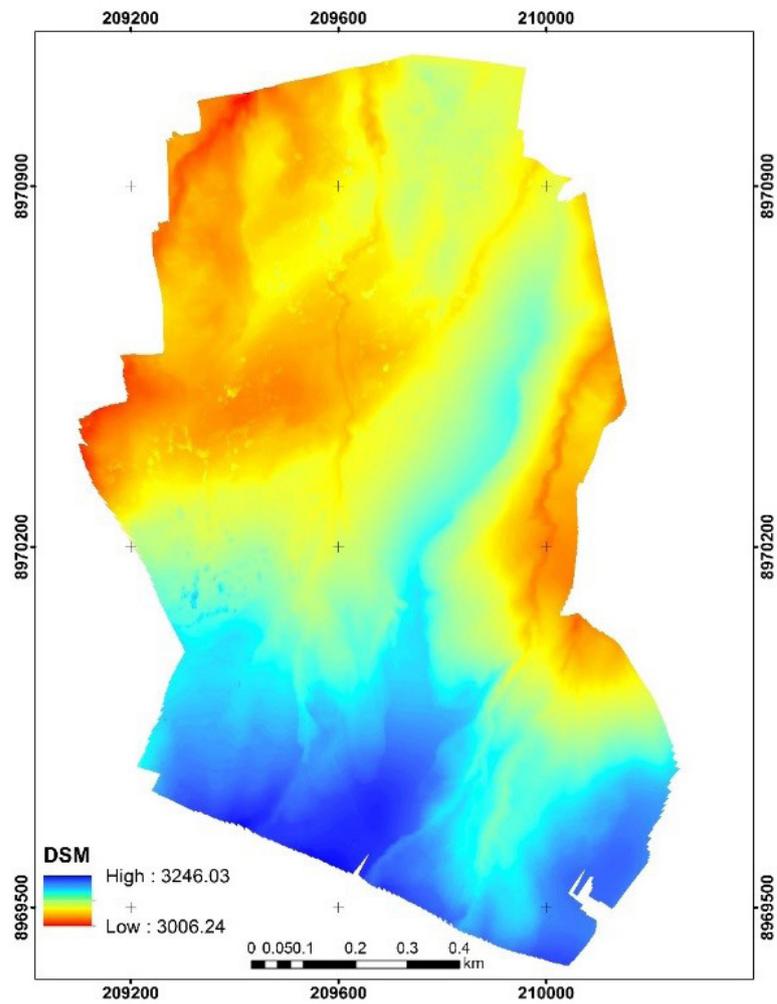


*Imagen 3. Modelo texturizado*

## RESULTADOS

### MODELO DIGITAL DE SUPERFICIE

Luego de procesar las imágenes captadas con el dron, se produce el Modelo Digital de Superficie (MDS), el cual fue ajustado para la corrección en función a puntos de control aleatorios. En la imagen se aprecia el MDS donde la gama de colores muestra las diferencias de elevación, desde el rojo de menor altitud y hasta el azul que representa las mayores altitudes. El MDS va desde 3006.24 hasta los 3246.03 msnm. La mayor elevación se registra en la cabecera del deslizamiento (mapa 2).



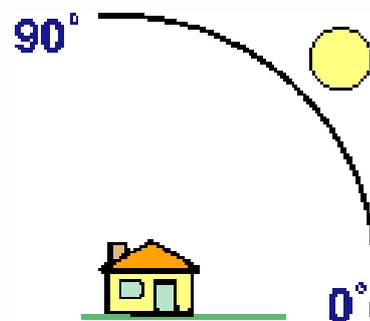
Mapa 2. Modelo Digital de Superficie - MDS

### MODELO DE SOMBRA

Es una representación tridimensional del terreno en escala de grises, la cual tiene en cuenta la posición relativa del sol para sombrear la imagen; la función emplea las propiedades de altitud y azimut para especificar la posición del sol.

La altitud es el ángulo de elevación del sol sobre el horizonte y varía entre 0 y 90 grados. Un valor de 0 grados indica que el sol se encuentra en el horizonte, es decir, en el mismo plano horizontal que el marco de referencia. Un valor de 90 grados indica que el sol está directamente en el zenit.

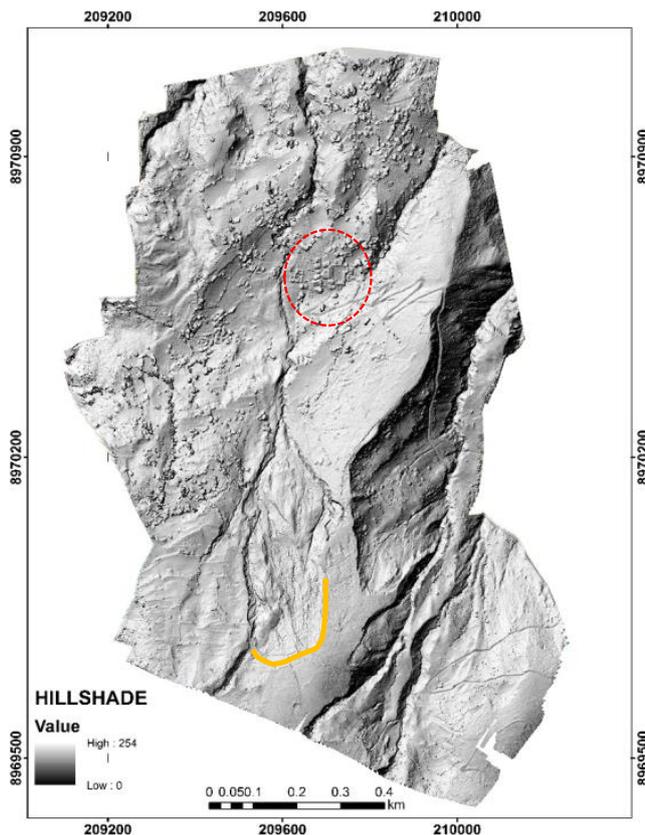
El azimut es la posición relativa del sol a lo largo del horizonte (en grados). Esta posición indica el ángulo del sol que se mide en sentido de las agujas del reloj desde



el Norte. Un azimut de 0 grados indica el Norte, el Este está a los 90 grados, el Sur a los 180 grados y el Oeste a los 270 grados.

El modelo tridimensional del terreno sombreado nos permite identificar detalles sobre el relieve del territorio: las partes altas, viviendas, cierta vegetación con copa ancha, agrietamientos del terreno, vías de comunicación, etc. Es un modelo que nos permite la mejor interpretación del terreno de forma visual en el gabinete, complementada con la ortofoto y el criterio de interpretación que se enriquece con el reconocimiento en campo.

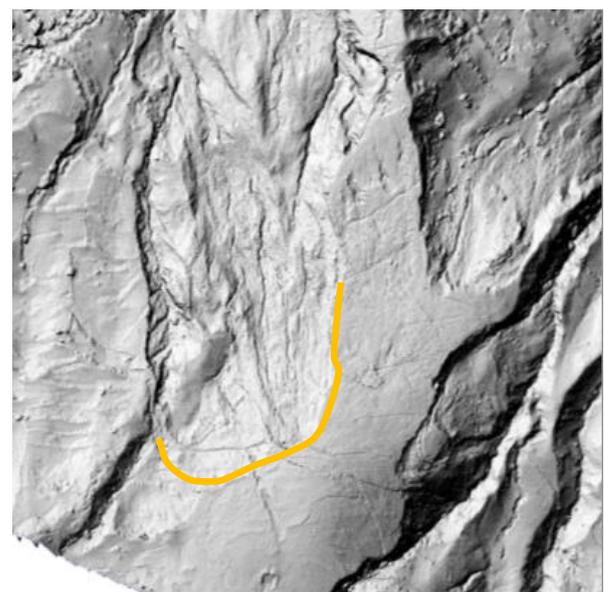
Como se aprecia en la imagen (a), es notorio el detalle de las viviendas, la topografía de los predios del área de estudio. En la zona de arranque (b), se observa con detalle el cambio de relieve abrupto correspondiente a la zona inicial del deslizamiento, también podemos apreciar los pequeños surcos que se generaron dentro del área afectada por los flujos mínimos de escorrentía (ver mapa 3).



Mapa 3. Vista del modelo 3D del área de trabajo obtenida con el procesamiento de la fotogrametría



(a) Vista del poblado Rampac Grande



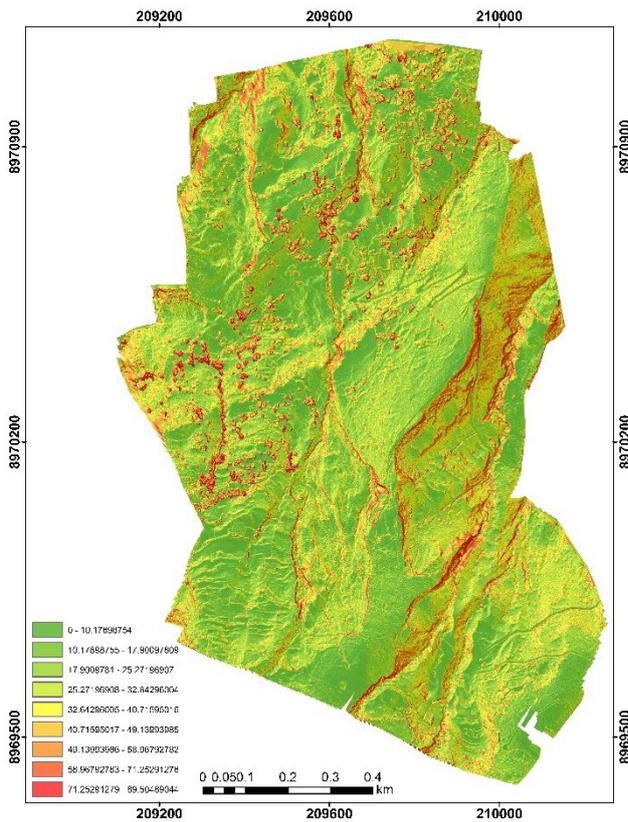
(b) Vista de la zona de inicio del deslizamiento

## PENDIENTE

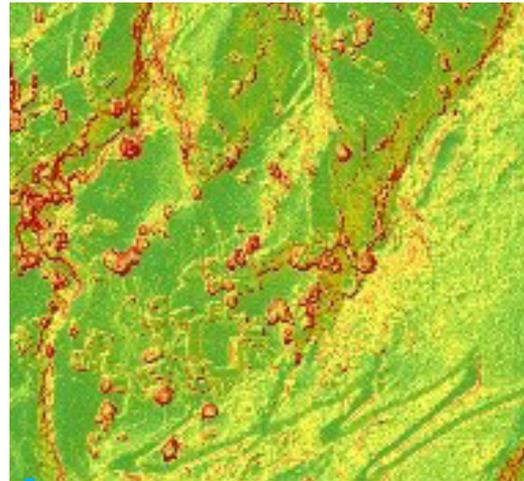
La pendiente es la tasa de cambio máximo en el valor de elevación de cada pixel de la imagen en relación con la distancia horizontal. El uso de un factor de elevación (z) es esencial para corregir los cálculos de la pendiente. En el mapa N° 3, se aprecia que a la coloración roja se le asignan los mayores valores de pendiente; esto quiere decir que la diferencia de altitud entre los pixeles

de color rojo y los de color verde es alta (cambio brusco de pendiente).

En la vista (a y b) se aprecia con fuerte pendiente (color rojo) los muros de las viviendas copas de los árboles y las paredes en la zona deslizadas, estos sectores poseen un cambio abrupto de altitud en función de la superficie.



Mapa 3. Pendiente del área sobrevolada deslizamiento Rampac Grande



(a) Vista del poblado en función de la pendiente

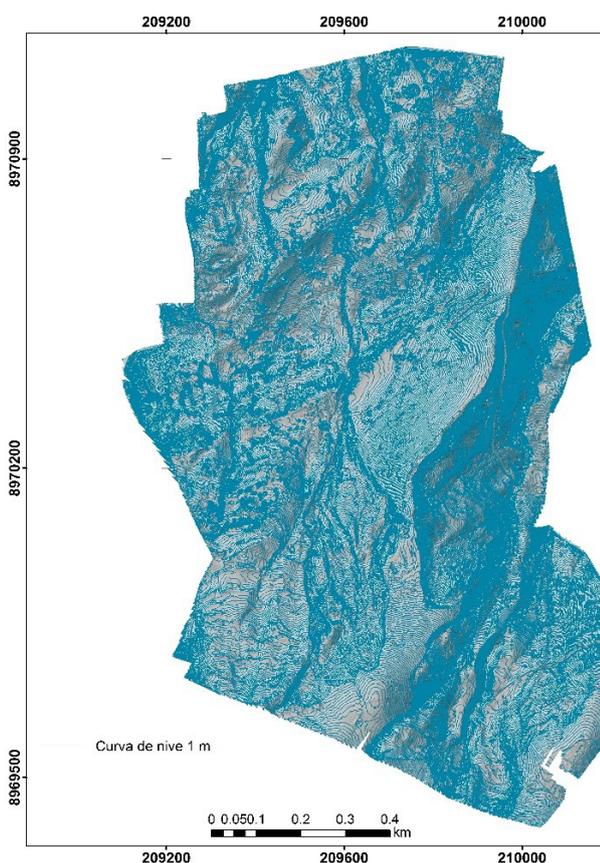


(b) Pendiente de la zona de inicio del deslizamiento

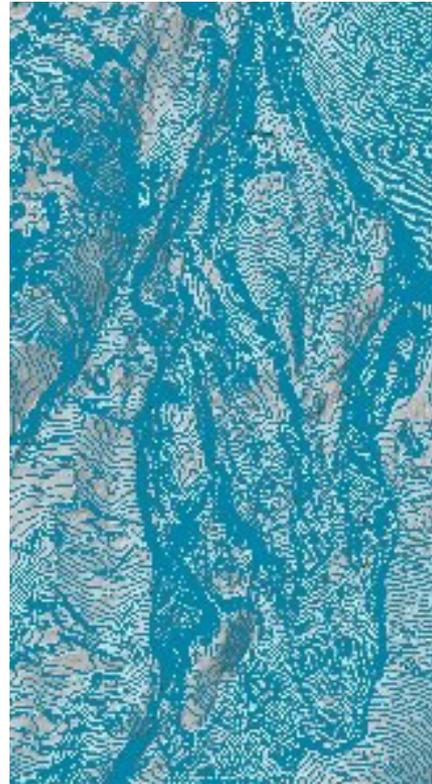
## TOPOGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO (CURVAS DE NIVEL)

Para la generación de las curvas de nivel se requiere la información del MDS que, en este caso, con el vuelo del dron, se obtuvo con una resolución espacial menor a 50 centímetros. Las curvas se generaron cada metro para el análisis e interpretación de los tomadores de decisión y especialistas en gestión de riesgos (ver mapa 4).

En el área delineada en la imagen (a), se aprecia el cambio de altitud en función de las curvas de nivel, debido a que este sector es un área agreste. También se aprecian los cursos principales de agua representados por las entrantes que caracterizan principalmente a los flujos hídricos.



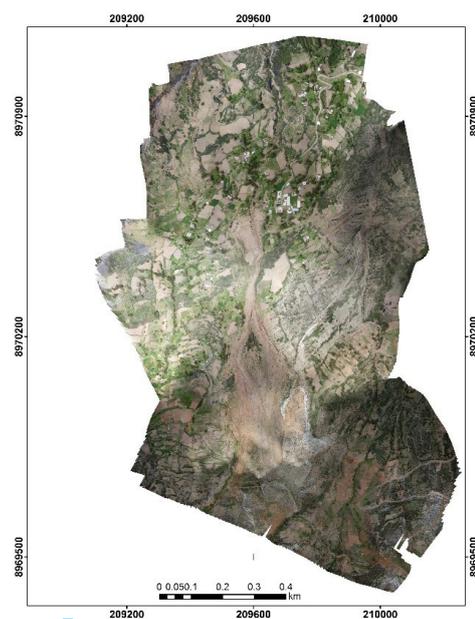
Mapa 4. Topografía del área de vuelo



(a) Topografía del área de deslizamiento

## ORTOFOTO

La imagen que se obtuvo por el procesamiento de las fotografías, obtenidas con los vuelos dron en el área, dieron un resultado en el orden de los centímetros, que ayuda a la interpretación visual del terreno, cálculos de ingeniería, modelamiento y análisis de riesgos, para la toma de decisiones y planificación sobre el área afectada (mapa 5).



Mapa 5. Ortofoto del área de estudio

## CONCLUSIONES

El método fotogramétrico, es una alternativa para trabajos de interpretación de forma rápida y de un gran nivel de detalle (centímetros) de terrenos poco accesibles. Con esta metodología se logró obtener una topografía menor a 50 cm equidistancia en curvas de nivel la cual será empleada para el análisis e

interpretación de las condiciones del terreno, del mismo modo se obtuvo productos intermedios como son los modelos de sombra, pendiente y la ortofoto, siendo esta última la de mayor interés después del Modelo Digital de Superficie (DSM) para una interpretación visual del área de estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

Agisoft PhotoScan (2016). *User Manual*. V 1.2., 9-21.

Inspire1 (2016). *User Manual*. V 1.0., 49-50.

Klimes, J. & Vilímek, V. (2011). A catastrophic landslide near Rampac Grande in the Cordillera Negra, northern Peru. *Landslides*, 8, 309-320.

McGlone J. C., Mikhail, E. M., Bethel, J. & Mullen, R. (2004). *Manual of Photogrammetry* (5a ed.). Maryland: SPRS.

Otero, I., Ezquerro, A., Rodríguez-Solano, R., & Martín, L. (2003). *Fotogrametría*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/contenidos/TEMA\\_11\\_FOTOGRAFIA\\_Y\\_TELEDETECCION/Fotogrametria/fotogrametria\\_cap\\_libro.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/contenidos/TEMA_11_FOTOGRAFIA_Y_TELEDETECCION/Fotogrametria/fotogrametria_cap_libro.pdf)

# CULTURA Y CONOCIMIENTO ANCESTRAL EN LA RUTA DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO<sup>1</sup>

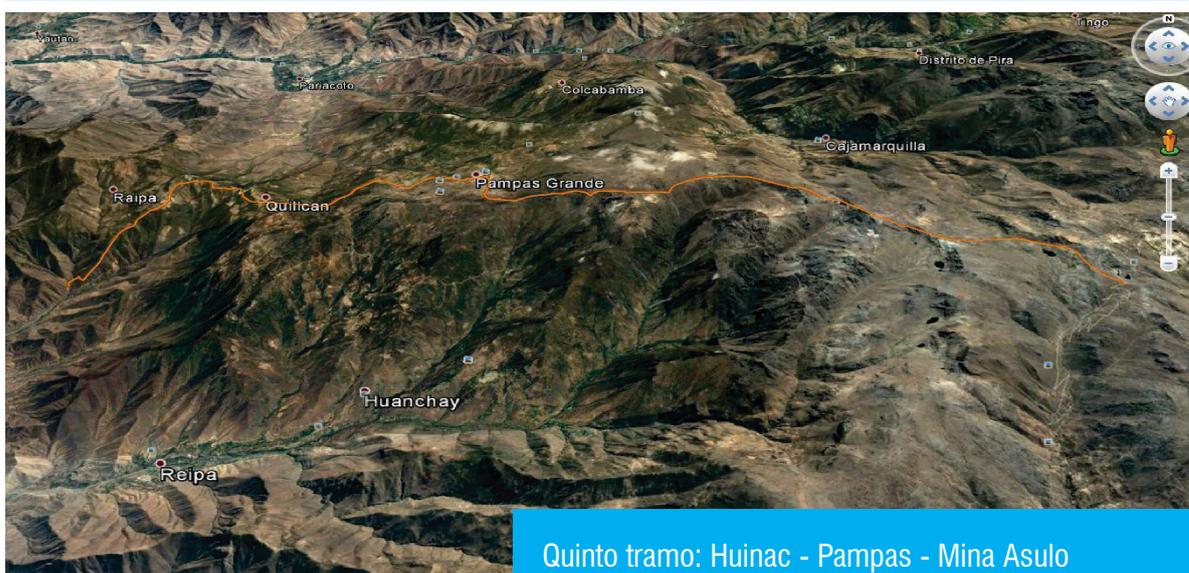
Cristian Ramos Cáceres

## INTRODUCCIÓN

*Este trabajo se realizó con el objetivo de registrar, diagnosticar y revalorar las técnicas ancestrales de control de recursos hídricos: presas, represas, canales, reservorios, sitios arqueológicos anexos y otras evidencias culturales que se encuentren dentro del espacio geográfico de las microcuencas Llaca, la subcuenca Casca y Quillcay, la divisoria de aguas de Punta Callán, la cuenca del río Culebras (partes altas), y la cuenca del río Culebras (parte media) hasta el mar de Huarmey. Solo así se puede comprender que, desde épocas prehispánicas el tratamiento adecuado de los ecosistemas de montaña y su entorno, tuvo la trascendencia que de repente se está perdiendo en la actualidad; y cómo, a través de iniciativas conjuntas como las emprendidas por la Dirección de Ecosistemas de Montaña del INAIGEM y las autoridades civiles de las comunidades y distritos en los que se enmarcó*

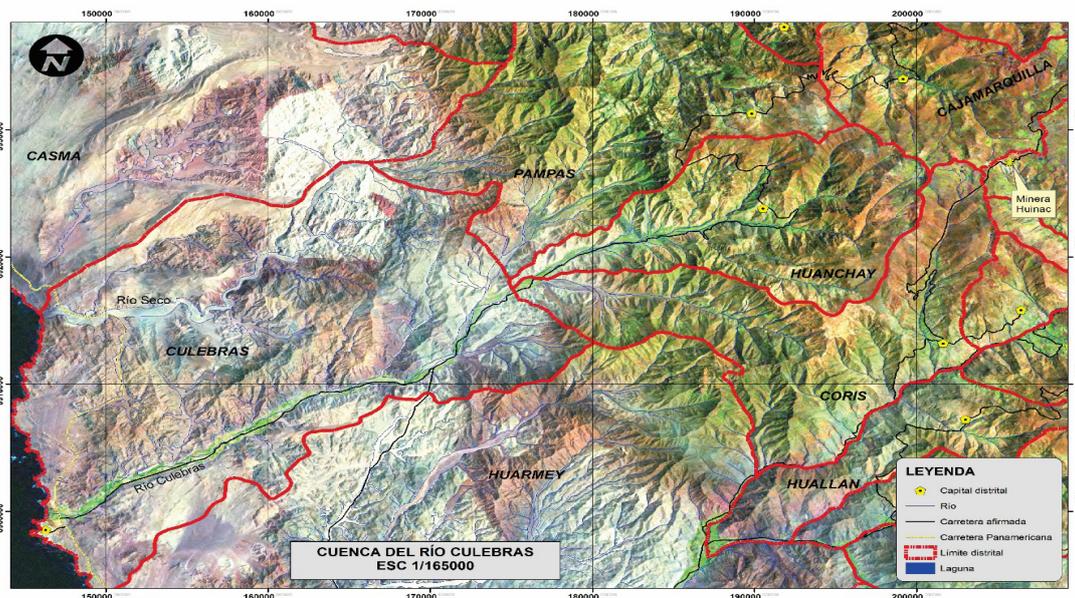
*esta labor, se puede llegar a dotar de los insumos para una mejor concientización y manejo de los recursos hídricos en la región. Además, también para dar a conocer la importancia de la red vial Inca (Qapaq Ñan) como valor agregado a esta ruta, anexando a este registro y diagnóstico, la red de caminos pedestres longitudinales y transversales que recorren en este caso la zona de las vertientes, derivándose de caminos principales del Qapaq Ñan que longitudinalmente atraviesan el Callejón de Huaylas, y que en un determinado tramo se unen al gran camino costero a la altura de Pariacoto y Casma.*

*El presente artículo se ocupa de uno de los seis tramos de esta ruta, el comprendido entre Huinac y Pampas Grande en la Cordillera Negra (cuencas alta y media del río Culebras).*



Quinto tramo: Huinac - Pampas - Mina Asulo

<sup>1</sup>La información recopilada se realizó bajo la supervisión y sistematización de la Ing. Marlene Rosario de la DIEM-INAIGEM; y el recorrido conjuntamente con el Sr. Benjamín Morales Iratto de la Asociación Save The Rajus.



El INAIGEM, con el objetivo de estudiar los Ecosistemas de Montaña y el impacto del Cambio Climático en ellos, promueve un corredor científico-cultural con la instalación de parcelas de investigación en una línea transversal que recorre desde las montañas de la Cordillera Blanca hasta los valles costeros de Ancash; en más de 180 Km permite recorrer diversos ecosistemas y microclimas que van desde el glaciar (Nevado Vallunaraju, 5625 msnm) hasta el mar (Puerto Huarney).

Este espacio cubre paisajes majestuosos con y sin presencia de glaciares, diversos ecosistemas de montaña, flora altoandina especializada, climas variados; y además, se adhiere como valor agregado, una rica y vasta presencia de evidencias culturales prehispánicas que denotan cómo el hombre andino se preocupó del manejo de los recursos hídricos, tratamiento adecuado de los ecosistemas de montaña, y de las vías pedestres (caminos ancestrales que se construyeron aún antes de la ocupación Inca, y que luego pasaron a formar parte del Qapaq Ñan o Camino Inca. Es una extensa red de caminos perfeccionada por los incas, que tuvo como objetivo unir los diversos pueblos del Tawantinsuyu para una eficiente administración de los recursos existentes a lo largo del territorio andino), esto como medios

para articular los espacios productivos ancestrales y actuales en los diferentes pisos altitudinales por los que pasa la Ruta de los Ecosistemas de Montaña y el Cambio Climático.

Para un mejor manejo de la información y hacer más objetivo el registro y diagnóstico tanto de las parcelas de investigación como de las evidencias culturales prehispánicas encontradas, se dividió la ruta en seis (6) tramos:

- Primer tramo : Cumbre del Glaciar Vallunaraju – Morrena – Laguna de Llaca
- Segundo tramo : Laguna de Llaca – Huaraz
- Tercer tramo : Huaraz – Punta Callán
- Cuarto tramo : Punta Callán – Huinac
- Quinto tramo : Huinac – Pampas Grande – Mina Asulo
- Sexto tramo : Mina Asulo – Puerto Huarney

El quinto tramo es el que nos ocupa en el presente artículo, pues en él se evidenciaron quizás los restos más importantes de lo que en su momento significaron los mejores insumos y herramientas para el manejo de los ecosistemas de entonces y el control del recurso hídrico.

## Quinto Tramo de la Ruta de los Ecosistemas de Montaña y el Cambio Climático

Partiendo de la ciudad de Huaraz y a 30 Km rumbo oeste, en un viaje de una hora aproximadamente por una vía asfaltada, se llega a Punta Callán a 4225 msnm, y después de apreciar (si así lo permite el clima) la majestuosidad de la Cordillera Blanca, se toma una trocha en buen estado con dirección nor-este rumbo a

la unidad minera Huinac, en los ámbitos de la Cordillera Negra (foto 1); seguimos en vehículo hasta llegar al punto georreferenciado con las coordenadas UTM 203973.47 E, 8925623.63 N (fotos 1, 2 y 3), para desde aquí iniciar la travesía caminando con dirección a Pampas Grande.



Foto 1. Amanecer sobre la trocha que lleva de Punta Callán hacia la Unidad Minera Huinac, con una nevada copiosa y un paisaje espectacular



Foto 2. Inicio del recorrido caminando desde las inmediaciones de la Unidad Minera Huinac rumbo a Pampas Grande



Foto 3. Al iniciar la caminata desde las inmediaciones de la Unidad Minera Huinac, se sube por una pendiente de regular dificultad, de aquí hasta Pampas había que caminar 4 horas aproximadamente

Desde el inicio de la caminata pudimos registrar en el trayecto mucha evidencia cultural prehispánica, a menos de media hora del punto en mención líneas arriba y, a la altura de la primera cabecera de cuenca del río Culebras, notamos la presencia de apachetas (montículos de piedra que se colocan una sobre otra en los puntos más altos de los caminos prehispánicos e Incas, como ofrenda y respeto a las deidades: apus, cerros tutelares, glaciares, etc.); estructuras arqueológicas de control de quebradas, caminos, valles, etc., que generalmente se construían en las partes más altas de los pasos (cerros o elevaciones desde donde se podía dominar los espacios geográficos de acceso a estas fortificaciones que defendían a las sociedades establecidas en ese entonces), protegiéndolas así de posibles invasiones u hostigamientos de parte de otras etnias, grupos o sociedades más beligerantes (segunda y tercera cabecera de cuenca del río Culebras); reservorios y diques con mampostería prehispánica (en la tercera cabecera de cuenca, fotos 4 y 5); corrales reutilizados (a la altura de la segunda cabecera de cuenca y en el

sector denominado el “Canchoncito” – parte alta de Pampas Grande); y, por supuesto, los trazos del camino prehispánico en varios sectores de la ruta, en algunos casos en muy buen estado de conservación y en otros, deteriorado por el paso del tiempo, tránsito continuo y manipulación de los actuales pobladores (como es el caso del trazo que se encuentra muy cerca de Pampas Grande y que con dirección NE sale de este distrito extendiéndose por un kilómetro y medio hasta casi perderse, y volver a aparecer en la parte alta de Pampas, conservando sus dos alineamientos o muros delimitatorios, enlajados del piso y el ancho de 8 m aproximadamente); también en la parte alta de este camino se puede identificar anexos a él, amurallamientos en la base de las elevaciones a manera de contención, y un canal a todas luces prehispánico que conserva el enrocado original de los costados y base en sus casi 170 m recorridos y registrados en esta oportunidad con las coordenadas 190658.58 E, 8930349.24 N (en el punto donde cruza el camino prehispánico, fotos 6, 7 y 8).



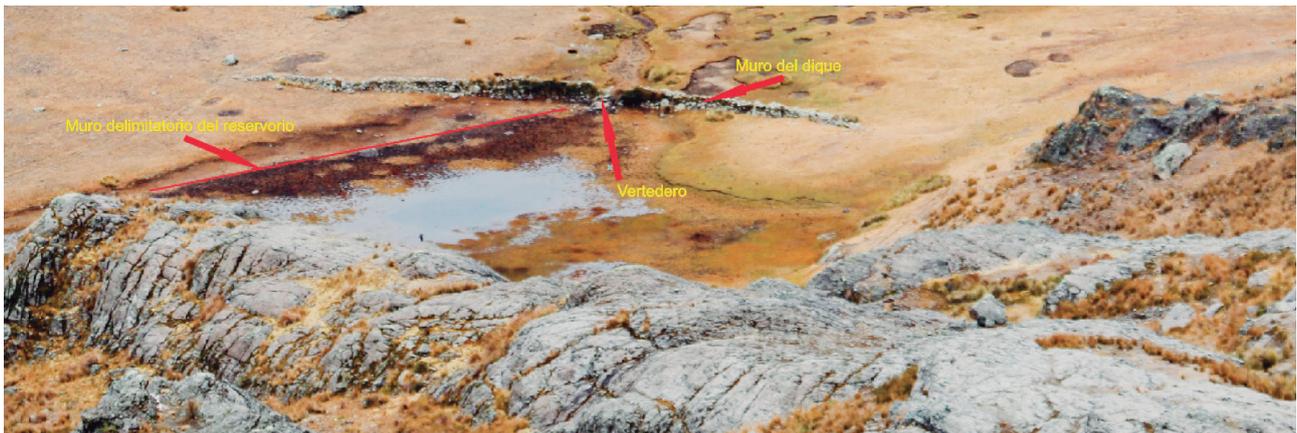
Foto 4. En la tercera cabecera de cuenca del río Culebras, se nota un reservorio antiguo y los muros de un dique prehispánico reutilizado

Evidencias de diques, presas, reservorios, y canales en la Cordillera Negra, como prueba del conocimiento ancestral del manejo y control de los recursos hídricos: En el noroccidente peruano, se ubica la Cordillera Negra, situada al oeste de la Cordillera Blanca y del Callejón de Huaylas; está conformada geológicamente por rocas de naturaleza volcánica y laderas de uso agrícola utilizadas desde antes de la llegada de los españoles; es por esta razón quizás que se han identificado más de 30 presas y reservorios prehispánicos (Freisem, 1998; Herrera,

2005; Lane, 2005), sin embargo a decir de Herrera, las investigaciones sobre el origen y características de los sistemas ancestrales de control de recursos hidráulicos andinos, se han visto limitadas, mas no así la rehabilitación de represas en esta zona y otras de los Andes, lo cual como es lógico, ha derivado en la ejecución de grandes obras de poca duración; pues, como es sabido, estas obras de almacenamiento y distribución de recursos hídricos de cemento tienen una duración o vida útil de máximo décadas; mientras que, las mismas

construcciones prehispánicas continúan intactas, funcionando parcialmente y/o con uso esporádico, luego de cinco o seis siglos sin mantenimiento. Herrera, en su trabajo sobre las tecnologías agrícolas andinas, nos hace referencia también a que las zonas agrícolas bajo irrigación, y que se caracterizan por tener terrazas, canales y reservorios, se encuentran por debajo de las represas de limo, alrededor de los 3800 msnm, estando la diferencia principal en la organización social

de su manejo; antes del posicionamiento Inca durante el Horizonte Tardío, las modalidades de manejo de la cuenca eran negociadas entre los grupos locales asentados a lo largo de los diferentes cursos de agua utilizables; la visión “moderna” de los incas, implicaba la existencia de un poder central de decisión y control. La presencia de un sitio administrativo inca o más en la Cordillera Negra, sugiere que ambos modelos de manejo no necesariamente se excluyen (cf. Lane, 2009).



*Foto 5. El reservorio o pequeño represamiento prehispánico ubicado entre las coordenadas 19871.58 E. y 8927929. 15 N, justo donde se inicia la tercera cabecera de cuenca del río Culebras. Está casi completo, con todas las partes de las que consta este tipo de obras hidráulicas, además del vertedero y el canal madre*

La etapa madura de la ocupación agrícola en la Cordillera Negra se remonta al período intermedio temprano (Lau, 2002; Lane, 2005; Herrera, 2005), aunque hay indicios de ocupaciones anteriores (Mejía Xesspe, 1957). La gran demanda de mano de obra para invertirla en infraestructura hidráulica, nos indica la cooperación de grupos beneficiarios, incluyendo posiblemente a los agricultores asentados en las partes medias y bajas de los valles (Herrera, 2011). Fuentes ethnohistóricas relatan la participación de los pobladores

del valle bajo y medio en los trabajos de mantenimiento de acequias en las partes altas, como retribución por el derecho de uso de aguas provenientes de las montañas tutelares de los pobladores de las alturas (Rostworowski, 1988). Estos acuerdos entre etnias beneficiarias de las obras hidráulicas, se materializaban simbólicamente mediante entierros y ofrendas, y se actualizaban mediante la veneración común y recurrente de ancestros y lugares sagrados.



*Fotos 6 y 7. Canal prehispánico en regular estado de conservación que va paralelo al Camino Inca en sus casi 170 m*



Foto 8. El canal registrado es uno de los llamados de 1°, 2° y 3° orden, es decir, los que se construyeron sobre terrenos naturales con fuerte pendiente y enrocados

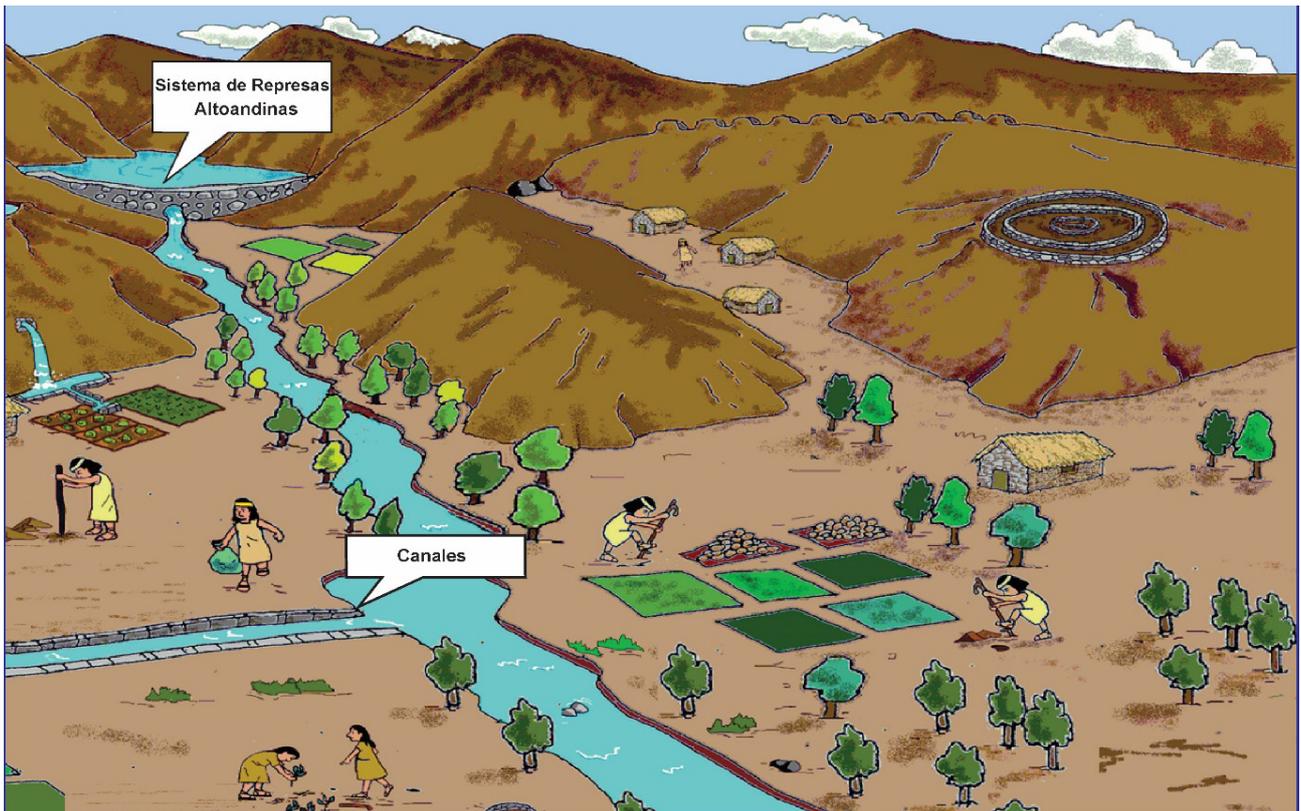
En todo caso, la Cordillera Negra es importante para la riqueza en la ingeniería hidráulica del área. Esta ingeniería podría estar vinculada al desarrollo de una economía agropastoril altamente especializada. En sí se debe reconocer que la presencia inca en el área estuvo posiblemente asociada con estos aspectos: la ingeniería hidráulica por un lado y el pastoreo por el otro. Igualmente, estos sitios enfatizan en la importancia del agua en el desarrollo de las sociedades prehispánicas en la sierra nor-central, tanto a una escala local como a nivel del contexto andino. En ese sentido, han sido de particular interés las estrategias y tecnologías utilizadas, de manera general en los Andes y, de manera específica, en esta área de estudio para el almacenamiento de agua y limo, así como para la creación y mantenimiento de bofedales (Palacios Ríos, 1981, 1996).

Todos los datos recolectados nos indican que el agua fue manejada a una escala de inter-quebrada, a través de represas y reservorios interconectados en serie; estas actuaban como “depósitos” claves para la subsistencia agropastoril de la región. En un estudio de similares objetivos al presente realizado en la zona alta de la cuenca del río Nepeña (Lane, Herrera, Luján, Rivas y otros, 2006), se pudo identificar cuatro elementos arquitectónicos que se interrelacionan en un mismo sistema antiguo, dirigido al almacenamiento de agua:

- **Represas de Agua y de Lagunas Naturales** (Por encima de los 4500 msnm): Son represas localizadas en las partes más altas de la Cordillera Negra, sobre lechos de roca natural con alta filtración subterránea y baja sedimentación de tierra. El agua se provee de manantiales naturales, a través del régimen anual de lluvias.

- **Pequeños Reservorios de Agua** (3500 a 4000 msnm): Tiene aproximadamente 15 m de diámetro. Estos reservorios de 4 muros y de forma rectangular, redondeada u oval, se encuentran ubicados muy próximos a los campos de cultivo o bien a antiguas terrazas cultivables, de las cuales se abastecían de agua. Están localizados estratégicamente adyacentes a las corrientes de agua y se proveen de esta correctamente, alimentándose de forma directa del flujo natural o bien a través de cortos canales artificiales.
- **Grandes Represas de Limo** (3800 a 4500 msnm): Estas estructuras tipo represas están construidas en pampas de altura media a alta que muestran un alto índice de contenido de limo. Estas estructuras actúan como gigantescas “terrazas” de acumulación de limo antierosión, que permiten la creación de un nicho con un micro-clima de tipo bofedal por detrás de sus muros de retención.
- **Pequeños Reservorios de Limo** (3500 a 4300 msnm): Estructuras en forma de “U” abierta, de 7 m a 20 m de longitud; están construidas en sentido perpendicular al flujo de agua y localizadas sobre áreas de altura media a baja. Actúan como terrazas de retención de limo y anti-erosión, que permiten la creación de pequeños micro-ambientes de bofedal detrás de sus muros de retención.

Creemos sin temor a equivocarnos que, las evidencias de ingeniería hidráulica prehispánica que describimos ahora, tienen características de los dos últimos elementos arquitectónicos, dados los restos visibles.



Recorrido del canal desde el reservorio hasta las partes regables de las cuencas bajas

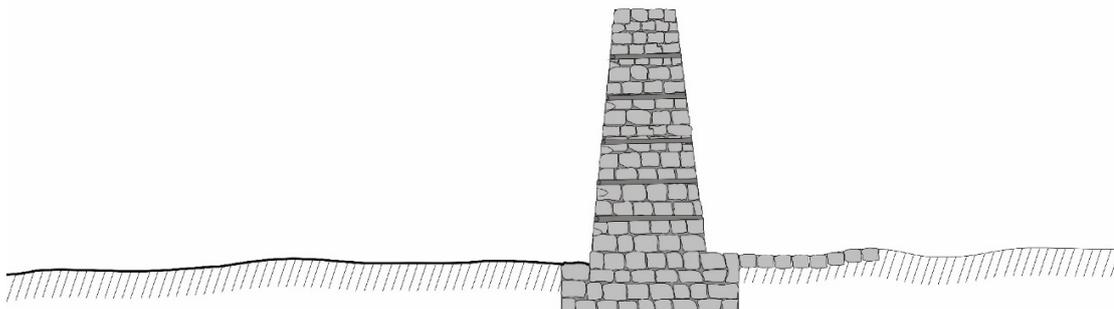
A manera de epílogo, y con una respuesta intrínseca nos preguntamos: ¿Es posible que la recuperación y aplicación de técnicas prehispánicas para el manejo de los recursos hídricos, el ecosistema y su entorno, mejoraría o haría más factible encontrar los insumos para solucionar la problemática del recurso agua,

primero en nuestra región y después a nivel nacional?

*...Por lo arriba expuesto, nos atrevemos a decir que: ...por supuesto que es posible, poniendo todos de nuestra parte y tomando en cuenta pequeñas acotaciones como las que en este artículo hemos tratado de dilucidar para ustedes.*

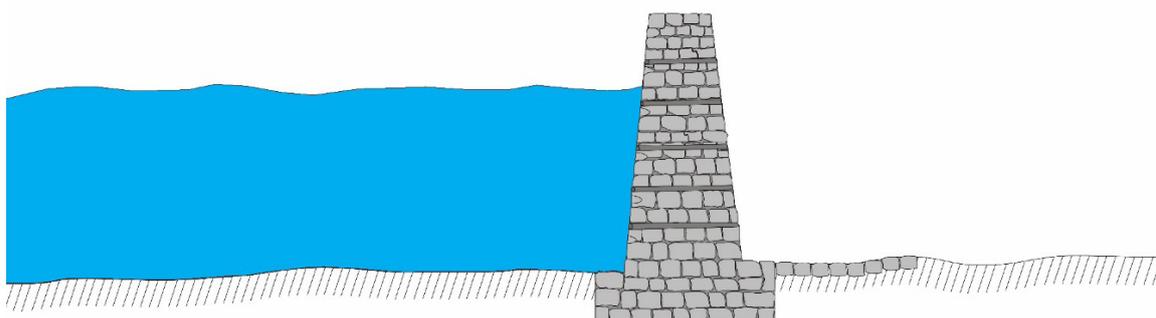
## SIMULACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE UNA REPRESA ALTOANDINA

### 1. Momento de lluvia: vertedero de represa cerrada

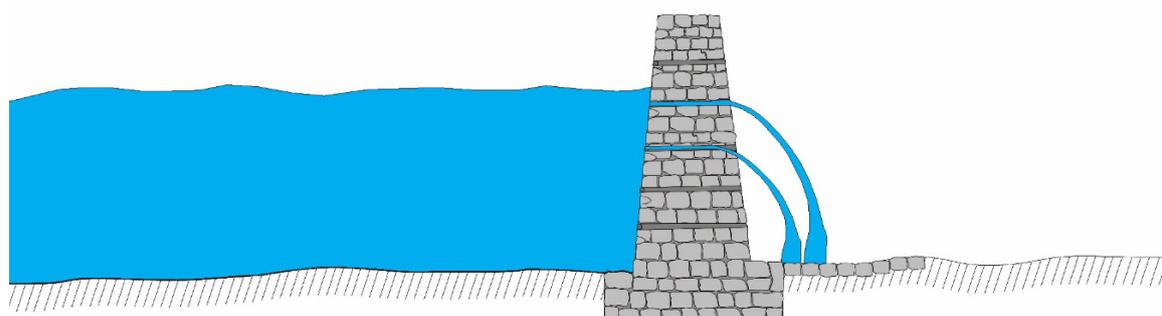


## SIMULACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE UNA REPRESA ALTOANDINA

### 2. Presa llena



### 3. Inicio de descarga en meses de estiaje



## REFERENCIAS

Ancajima, Ronald (2011) Hidráulica Inca

Béjar Cano, Yesenia (2007) Recuperación de Técnicas Prehispánicas para Desarrollar Gestión del Agua en la Sierra de Ancash. Blogger Arqueología y Medio Ambiente.

Herrera Wassilowsky, Alexander (2011) La recuperación de Tecnologías Andinas

Lane, Kevin y Luján Milton (2012) Arquitectura prehispánica tardía: construcción y poder en los Andes Centrales.

# EL MUSEO DE LAS MONTAÑAS ANDINAS

Benjamín Morales Arnao

## PRESENTACIÓN

*El territorio peruano, tan rico como diverso, es sin duda el escenario ideal para que el Museo de las Montañas Andinas se desarrolle en condiciones óptimas. Un museo en el que la Cordillera de los Andes se convierta en la protagonista principal, no solo por ser la más extensa cordillera tropical del planeta, sino por los recursos naturales que ofrece a la humanidad, como son los recursos hídricos y mineros, además de la gran diversidad de especies de flora y fauna, sin dejar de lado la riqueza paisajista que hace que propios y foráneos se sientan abrumados de tanta belleza.*

*Sin embargo, así como la naturaleza nos ha premiado con esta geografía única y particular, las comunidades humanas con sus irresponsables acciones están destruyendo aceleradamente sus propios ecosistemas. Por ello, se están desarrollando muchas campañas internacionales que buscan concientizar a las personas sobre problemáticas que aún se perciben lejanas, pero que en realidad son ya evidentes. El calentamiento global, el cambio climático acelerado, la escasez del agua, los deshielos, los aluviones, etc., son temas que vemos a diario, pero que casi no tomamos en serio.*

*La posibilidad de contar con un museo especializado y de características únicas, no sólo en el país, sino a nivel internacional, sin duda hará que los ojos del mundo se vuelquen hacia nosotros, pues se convertirá en el principal centro de investigación en materia de las montañas tropicales y de los ecosistemas que de ellas dependen.*

## INTRODUCCIÓN

Un museo es una institución que se define por las labores que desarrolla. La adquisición, conservación, difusión, investigación y exhibición son las funciones propias y características de todo museo; estas forman parte del origen de la historia del hombre y su medio y, al mismo tiempo, avalan su futuro en constante evolución.

El plan museológico que se pretende esbozar se debe entender como una herramienta básica e imprescindible para la conceptualización del museo de las montañas en esta parte del planeta, pues

obliga a la recopilación y análisis de información que produce un mejor conocimiento de nuestro entorno a todos los niveles.

El presente trabajo tiene el propósito de contribuir a que el Proyecto del Museo de las Montañas Andinas cuente con las herramientas necesarias para convertirse en el principal centro de difusión de las características de los Andes peruanos a nivel internacional, siendo la investigación y el conocimiento, su nexos primordial con el resto del mundo.

## JUSTIFICACIÓN

Luego de haber realizado una evaluación de todos los factores que de una u otra manera influyen en determinar la necesidad de crear el Museo de las Montañas Andinas, se ha podido comprobar que no existe en el país ni en el extranjero, un museo dedicado a las geociencias, la glaciología,

los cambios climáticos y los ecosistemas de montaña, que a su vez sirva no sólo como un centro de información sobre el tema, sino además, propicie la investigación al respecto con miras a la preservación del medio ambiente, a la recuperación de las montañas, a la conservación

de los nevados, al uso racional de los recursos hídricos y a la sostenibilidad de los ecosistemas de montaña; más aún, en estos tiempos en que se requiere una mayor conciencia del cuidado de nuestro planeta y de lo que éste nos brinda para poder seguir viviendo en él.

Los glaciares peruanos están clasificados como tropicales y, por lo tanto, resultan sumamente sensibles a los cambios del clima, especialmente al incremento de la temperatura. Sin embargo, las instituciones nacionales no cuentan con los recursos para efectuar proyectos de investigación dedicados específicamente a los problemas de los glaciares y los ecosistemas de montaña, con programas destinados a prevenir o minimizar los riesgos de desastres ante fenómenos naturales peligrosos, a pesar que nuestro país ha sido varias veces golpeado por desgracias que han costado la vida a poblaciones enteras.

Asimismo, hay que mencionar la necesidad de que las ciudades de las montañas, como Huaraz, cuenten con una mayor oferta turística, que definitivamente redundaría en mayores ingresos para la población.

## OBJETIVO

Crear un museo, que por su temática, se convierta en el único a nivel mundial dedicado exclusivamente a las geociencias, la glaciología, los cambios climáticos y los ecosistemas de montaña; así como a estudiar la fuerza natural como factor de transformación de la corteza terrestre; además de concientizar a la humanidad en cuanto a su responsabilidad para con la preservación de nuestro planeta.

También se mostrará, en detalle, las características fundamentales de los ecosistemas de las montañas tropicales, tales como, su composición y estructura, así como los flujos de la energía, la materia y la información

## ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente proyecto hará que el país cuente con el museo más especializado en montañas tropicales a nivel mundial. Este hecho es importante, en la medida que el Museo de las Montañas Andinas podrá servir de referencia e iniciativa para la creación de otros similares en diversos lugares del mundo, lo cual seguramente beneficiará la labor de entidades internacionales que vienen trabajando en favor de la concientización por la protección de los recursos naturales, así como de la preservación del medio ambiente y de aquellas reservas geográficas con características tan especiales y en muchos casos únicas, como es la Cordillera Blanca y otras cordilleras tropicales.

Aumentar y diversificar la oferta de opciones, hará que el turista, cualquiera sea su origen, invierta en un mayor tiempo de permanencia en esta ciudad, trayendo beneficios para el sector hotelero, los restaurantes y el transporte interno.

La creación del Museo de las Montañas Andinas será importante para el crecimiento de la Región Ancash; pero más allá de los beneficios nacionales, será también una contribución importantísima del Perú para el mundo, pues no se trata de un museo que solo será visitado con un fin recreativo-cultural, como la mayoría de museos nacionales y extranjeros, sino que tendrá también un propósito científico; junto con el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, harán que muchas instituciones internacionales vuelquen sus miradas hacia nosotros para que sus investigadores hagan de este lugar su centro de acción. Sin duda, facilitará la investigación de las cordilleras glaciares y de todos aquellos temas que se relacionen al medio ambiente de las montañas.

entre sus componentes tanto bióticos como abióticos.

Es así que se buscará que el Museo de las Montañas Tropicales Andinas, se convierta no sólo en un centro de información y difusión de las montañas, sino principalmente, de la investigación científica como aporte al conocimiento mundial y como soporte importante de la educación de nuestros niños y jóvenes.

También se trata de generar espacios nuevos para el desarrollo socioeconómico de la región, mediante el incremento y la diversificación de la oferta turística, así como la publicidad del entorno geográfico natural de la zona andina.

De igual manera, el museo se constituirá en un punto imprescindible de visita, ya que ubicado en una zona donde el turismo predominante es de aventura, las personas encontrarán en este centro de información e investigación, un mayor conocimiento sobre el tema de su interés. Esto, definitivamente redundará en un mayor beneficio socioeconómico para la región, pues implicará no solo una mayor permanencia de los visitantes, sino que incrementará el turismo actual, con todos los beneficios económicos y productivos que ello conlleva.

La principal limitación para este proyecto, es que al tratarse de un caso único de museo de montañas tropicales, las referencias son escasas, por lo que

la información a recabar es difícil. Sólo se puede considerar como ejemplos, algunas exposiciones que forman parte de los museos de ciencia, en que se trata este tema de manera general y/o superficial, más no especializada. Existen también algunos centros de investigación dedicados a este tema, pero la mayoría de ellos se encuentran en el extranjero, por lo que el acceso

no puede ser muy directo.

Con la finalidad de encontrar la localización idónea para desarrollar el proyecto Museo de las Montañas Andinas, se están evaluando terrenos en el sector de Rataquenua y en la colina Marian. Ambos ofrecen condiciones adecuadas, todo dependerá de las gestiones y los trámites respectivos.

## PROGRAMA DE NECESIDADES DEL MUSEO

En el siguiente programa de las necesidades espaciales y de infraestructura que se plantea para el Museo de las Montañas Andinas, se ha tomado como base la composición orgánica del Museo; detallando además, los servicios complementarios con que todo museo de esta magnitud debe contar.

El museo contará con todas las instalaciones en

un área total aproximada de 15,000 m<sup>2</sup>, con oficinas para la gerencia, administración, promoción y difusión, fondo bibliográfico; así como, para las subdirecciones, departamentos, áreas de exposiciones, servicios públicos, auditorios, etc.

A continuación el desarrollo de los espacios con los que contará el Museo:

UNIDAD DE GERENCIA	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Oficina Director	30,00
Secretaría y espera	25,00
Sala de reuniones	40,00
SS.HH. (02)	6,00
<b>Total de Unidad de gerencia</b>	<b>101,00</b>
UNIDAD DE PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Oficina de jefe de Protocolo y relaciones públicas	20,00
Oficina de jefe de Prensa y Publicidad	20,00
Secretaría espera	25,00
Área de trabajo: 4 personas	30,00
SS.HH. (02)	6,00
<b>Total de Unidad de Promoción y difusión</b>	<b>101,00</b>
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Oficina jefe Administrativo	20,00
Secretaría y espera	20,00
Área de trabajo de los componentes de la Unidad	50,00
* Tesorería: 2 personas	
* Personal: 2 personas	
* Logística: 2 personas	
* Operaciones y mantenimiento: 2 personas	
* Seguridad: 2 personas	
Sala de reuniones: 10 personas	40,00
SS.HH. (02)	6,00
<b>Total de Unidad de Administración</b>	<b>136,00</b>
FONDO BIBLIOGRÁFICO	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Oficina de jefe de Fondos bibliográficos	16,00
Secretaría, Recepción y ficheros computarizados: 5 personas	35,00
Sala de lectura: 50 personas	80,00
Depósito bibliográfico, hemerográfico, fotográfico	60,00
SS.HH. (02)	6,00
<b>Total de Fondo Bibliográfico</b>	<b>197,00</b>

<b>SUBDIRECCIÓN DE MUSEOGRAFÍA Y SERVICIOS EDUCATIVOS</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
Oficina de Subdirector	30,00
Secretaría y espera	20,00
Sala de reuniones: 6 personas	30,00
SS.HH.	3,00
<b>Sub total</b>	<b>83,00</b>
<b>Departamento de museografía e infraestructura</b>	
Área de trabajo para diseño y montaje: 8 personas	32,00
SS.HH.	3,00
Taller de maquetas y dioramas: 4 personas	32,00
<b>Talleres de infraestructura</b>	
* Pintura	6,00
* Electricidad	6,00
* Sanitarias	6,00
* Carpintería	30,00
* Patio de trabajo	60,00
SS.HH. Completo (02)	8,00
<b>Sub total</b>	<b>183,00</b>
<b>Departamento de programas educativos y culturales</b>	
Oficina de Programas y promoción cultural: 4 personas	15,00
Oficina de capacitación y servicios a la comunidad: 4 personas	15,00
Sala de reuniones: 8 personas	40,00
SS.HH.	3,00
<b>Sub total</b>	<b>73,00</b>
<b>Total de Subdirección de museografía</b>	<b>339,00</b>

<b>ÁREA DE EXPOSICIONES</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
Boletería	4,00
Consignas	9,00
Oficina de Información turística y guiado	25,00
Sala de exposiciones temporales: 3 de 60m <sup>2</sup> c/u	180,00
Sala de iniciación con proyección	50,00
Sala de exposiciones permanentes (*)	
Pabellón 1: Enfoque global. Historia de la Tierra	1.000,00
Pabellón 2: Enfoque contemporáneo del planeta	1.000,00
Pabellón 3: Recursos de las montañas	1.000,00
Pabellón 4: La memoria. Historia e identidad	1.000,00
Depósito de material expositivo	60,00
SS.HH. (batería de baños)	64,00
<b>Total de Exposiciones</b>	<b>4.392,00</b>

(\*) Se ha considerado áreas aproximadas, las mismas que serán definidas cuando se elabore el guión museográfico definitivo, el cual deberá ser motivo de un trabajo multidisciplinario de especialistas.

<b>SERVICIOS PÚBLICOS COMPLEMENTARIOS</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
Mesa de partes	20,00
<b>Auditorio A</b>	
Foyer	40,00
Sala: 350 personas	400,00
Escenario	100,00
Camerinos	90,00
Sala de ensayos	50,00
Caseta de sonido y proyección	24,00
Caseta de traducción	6,00
Taller de maquetas y dioramas: 4 personas	32,00
<b>Auditorio B</b>	
* Foyer	30,00
* Sala: 150 personas	180,00
* Escenario	50,00
* Camerinos	45,00
* Sala de ensayos	25,00
* Caseta de sonido y proyección	20,00
* Caseta de traducción	6,00
* SS.HH. (batería de baños)	24,00
Sala de Conferencias: 100 personas	120,00
Sala de conferencias: 50 personas	60,00
SS.HH. (batería de baños)	24,00
Observatorio - Planetario	
* Sala: 30 personas	70,00
* SS.HH. (batería de baños)	24,00
Cafetería	
* Área de mesas: 150 personas	230,00
* Cocina	70,00
* Almacén y despensa	50,00
* SS.HH. (batería de baños)	24,00
Restaurante	
* Área de mesas: 80 personas	140,00
* Bar: 30 personas	90,00
* Cocina	50,00
* Almacén y despensa	30,00
* SS.HH. (batería de baños)	24,00
Tienda del Museo	
* Área de atención	20,00
* Zona de venta	120,00
Tópico de emergencia	80,00
<b>Total de Servicios Públicos Complementarios</b>	<b>2.368.00</b>

SERVICIOS INTERNOS	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Departamento de seguridad y monitoreo	80,00
Central telefónica	80,00
Casetas de seguridad 10 de 5m <sup>2</sup> c/u	15,00
Caseta de informes 10 de 5m <sup>2</sup> c/u	15,00
Depósito de limpieza y mantenimiento	80,00
Baños y vestidores para el personal de mantenimiento	62,00
Depósitos generales	100,00
<b>Total de Servicios internos</b>	<b>412,00</b>

RESUMEN DE ÁREAS	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Total de unidad de gerencia	101,00
Total de unidad de promoción y difusión	101,00
Total de unidad de administración	136,00
Total de fondo bibliográfico	197,00
Total de Subdirección de museografía	339,00
Total de exposiciones	4.392,00
Total de Servicios Públicos Complementarios	2.368,00
Total de Servicios Internos	412,00
Área libre y circulaciones	7.261,00
<b>TOTAL</b>	<b>15.307,00</b>

## CRITERIOS BÁSICOS DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Cabe señalar que los presentes montos son solo una aproximación de los costos reales de edificación. Para poder determinar los costos reales, será necesario finalizar el proyecto arquitectónico, juntamente con todas las especialidades (estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas y electromecánicas), cosa que corresponderá a la etapa de desarrollo del proyecto y

que no está incluida en el presente trabajo.

Para este cálculo aproximado, se está considerando un costo de S/.1,800 nuevos soles (US\$ 625) por metro cuadrado de área construida. Este monto está tomado en base al cuadro de valores unitarios oficiales de edificaciones para el año 2009.

ESPACIO	ÁREA (M <sup>2</sup> )	COSTO
Unidad de gerencia	101	S/. 181,800 (US\$ 63,125)
Unidad de promoción y difusión	101	S/. 181,800 (US\$ 63,125)
Unidad de administración	361	S/. 244,800 (US\$ 85,000)
Fondo bibliográfico	197	S/. 354,600 (US\$ 123,125)
Centro Internacional de cambio climático, geociencias y riesgos naturales	693	S/. 1`247,400 (US\$ 433,125)
Subdirección de museografía	339	S/. 610,200 (US\$ 211,875)
Exposiciones	4,392	S/. 7`905,600 (US\$ 2`745,000)
Servicios Públicos Complementarios	2,368	S/. 4`262,400 (US\$ 1`480,000)
Servicios Internos	412	S/. 741,600 (US\$ 257,500)
<b>TOTAL</b>	<b>8,739</b>	<b>S/. 15`730,200 (US\$ 5`461,875)</b>

También se está proponiendo un costo aproximado para la implementación museográfica y de los auditorios, pues estos son los espacios que requerirán una mayor inversión en tratamientos acústicos, ambientales y

equipamiento en general. Para este efecto, se propone una inversión de S/.1,500 (US\$ 520.80) por metro cuadrado.

ESPACIO	ÁREA (M <sup>2</sup> )	COSTO
Área expositiva	4622	S/. 6`933,000 (US\$ 2`407,291)
Área de auditorios	730	S/.1`095,000 (US\$ 380,208)
<b>TOTAL</b>	<b>5,352</b>	<b>S/. 8`028,000 (US\$ 2`787,500)</b>

Adicionalmente, se propone un costo aproximado de S/. 700 nuevos soles (US\$ 243) para la implementación

de las áreas al aire libre.

ESPACIO	ÁREA (M <sup>2</sup> )	COSTO
Servicio al aire libre	14,000	S/. 9`800,000 (US\$ 3`402,777)
Área de auditorios	7,261	S/.5`082,700 (US\$ 1`764,826)
<b>TOTAL</b>	<b>21,261</b>	<b>S/. 14`882,700 (US\$ 5`167,604)</b>

**En total, se considera que para la ejecución del Museo de las Montañas Andinas, se requerirá de una inversión aproximada de S/.38'640,900 (US\$ 13'416,979).**

*\*This budget is based on the US Dollar – Nuevo Sol currency rate of November 2009:*

*1.00 US Dollar = 2.88 Nuevos Soles*

## INVESTIGACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL PRE GUIÓN MUSEOGRÁFICO

A continuación, se presenta el pre guión antedicho, en el cual se esboza sugerencias de objetos expositivos y formas en que estos elementos serán colocados en las salas.

No se ha querido entrar a mayores detalles, pues se

considera conveniente que para la etapa de diseño, se tenga la mayor libertad posible de idear el uso de las diversas herramientas museográficas, que hagan de esta exposición un hito en el país y en lo posible, un ejemplo a seguir.

**MUSEO DE LAS MONTAÑAS ANDINAS**

Muestra : Exposición permanente  
 Secuencia : Enfoque genérico global  
 Lugar : Pabellón 01

TEMA	OBJETO	MODOS
<p><b>El Sistema Solar y el Planeta Tierra</b>                      Explicación sobre el origen del sistema solar, dando a conocer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Hipótesis planteadas.</li> <li>➢ Configuración actual.</li> <li>➢ Ubicación actual dentro de la galaxia.</li> <li>➢ Presentación del tamaño relativo de los planetas, el sol y la luna.</li> <li>➢ Presentación de las características más importantes de los planetas y el sol.</li> <li>➢ Características del planeta Tierra (configuración interna y externa).</li> <li>➢ Fenómenos existentes en el planeta tierra (atmósfera).</li> <li>➢ Llegada del hombre al espacio (exploraciones pasadas y presentes).</li> </ul> <p><b>Las eras geológicas, formación de los continentes y el paisaje</b>                      Explicación sobre las eras geológicas de la Tierra, la formación de los continentes y el paisaje, dando a conocer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Las eras geológicas.</li> <li>➢ Hipótesis sobre la formación de los continentes.</li> <li>➢ Configuración actual de los continentes.</li> <li>➢ Geomorfología resultante de valles, mesetas, cañones, cumbres, ríos, lagos.</li> <li>➢ Geología de la región Ancash, edades y tipo de litología conformante.</li> </ul> <p><b>Los albores de la vida, los dinosaurios</b>                      Explicación sobre el origen de la vida en el planeta Tierra, dando a conocer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Hipótesis planteadas.</li> <li>➢ Configuración actual.</li> <li>➢ Los dinosaurios, tipos, clases, etc.</li> <li>➢ Paisaje y flora de la época.</li> <li>➢ Paisaje, flora y fauna en el Perú y la región Ancash.</li> <li>➢ Los dinosaurios de la región Ancash y el Perú.</li> <li>➢ Estudios actuales de paleontología en la región Ancash y el Perú.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema solar: representación del sol y los planetas.</li> <li>• Relieve de la estructura interna y externa de la Tierra.</li> <li>• Video de vista panorámica el espacio mostrando vuelo de naves espaciales.</li> <li>• Diorama: representación a escala de nave espacial.</li> <li>• Trajes de astronauta.</li> <li>• Globo terráqueo suspendido y con sistema giratorio.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuadro cronológico general sobre eras geológicas de la Tierra.</li> <li>• Mapamundi.</li> <li>• Animación de geomorfología resultante de valles, mesetas, cañones, cumbres, ríos y lagos.</li> <li>• Altorrelieve de geología de Ancash.</li> <li>• Rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas)</li> <li>• Fósiles de plantas y animales</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paneles explicativos</li> <li>• Dioramas</li> <li>• Maquetas</li> <li>• Pantallas electrónicas</li> <li>• Modelos tridimensionales</li> </ul>	<p>Paneles, bases, representaciones a escala, monitores, proyectores, dioramas, vitrinas</p> <p>Paneles, bases, representaciones a escala, monitores, proyectores, vitrinas</p> <p>Paneles, bases, representaciones a escala, monitores, proyectores</p>
<p><b>La aparición del hombre</b>                      Explicación sobre la aparición del hombre en el planeta Tierra, estudios e indicios de su llegada al Perú y la región Ancash, dando a conocer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Hipótesis planteadas.</li> <li>➢ Evolución del hombre.</li> <li>➢ El cuaternario y el holoceno.</li> <li>➢ Llegada del hombre al Perú y la región Ancash.</li> <li>➢ Modo de vida y subsistencia de los primeros pobladores de la región Ancash.</li> <li>➢ Flora y fauna características de la época.</li> </ul> <p><b>Las grandes cordilleras del mundo</b>                      Presentación de información general (ubicación, características, planos y fotografías) de las cordilleras más importantes del mundo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Los Himalayas.</li> <li>➢ Los Alpes.</li> <li>➢ Los Andes.</li> <li>➢ La Cordillera Trans Antártida.</li> </ul> <p><b>La cordillera de los Andes</b>                      Presentación de información general de la cordillera de los Andes (ubicación, características, cuencas hidrográficas, importancia económica, social y cultural)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Andes Venezolanos.</li> <li>➢ Andes Colombianos.</li> <li>➢ Andes Ecuatorianos.</li> <li>➢ Andes Peruanos.</li> <li>➢ Andes Bolivianos.</li> <li>➢ Andes Chilenos.</li> <li>➢ Andes Argentinos.</li> </ul> <p><b>Las cordilleras glaciares peruanas</b>                      Presentación de las 18 cordilleras existentes en el Perú (ubicación, características, cuencas hidrográficas, importancia económica, social y cultural)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Cordillera Blanca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuadro cronológico (cuaternario y holoceno)</li> <li>• Altorrelieve de aparición y evolución del hombre hasta el homo sapiens</li> <li>• Animación de paisaje, flora y fauna del cuaternario y holoceno.</li> <li>• Diorama a escala natural de vida cotidiana.</li> <li>• Diorama a escala natural con Tigre dientes de sable, megaterio y perezoso gigante.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano de ubicación e influencia de los Himalayas con fotografías</li> <li>• Plano de ubicación e influencia de los Alpes con fotografías</li> <li>• Plano de ubicación e influencia de los Andes con fotografías</li> <li>• Plano de ubicación e influencia de la cordillera Trans Antártida con fotografías</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maqueta de cordillera de los Andes con tablero electrónico.</li> <li>• Mapa de ubicación, importancia económica, social y cultural de los Andes</li> <li>• Venezolanos, con fotografías.</li> <li>• Idem - Andes Colombianos, Ecuatorianos,</li> <li>• Peruanos, Bolivianos, Chilenos y</li> <li>• Argentinos</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa de ubicación con fotos de cordilleras glaciares del Perú</li> <li>• Altorrelieve del Perú con ubicación de las 18 cordilleras, con fotografía y pulsadores.</li> </ul>	<p>Paneles, representaciones a escala, monitores, proyectores, dioramas</p> <p>Paneles, representaciones a escala, fotografías</p> <p>Paneles, representaciones a escala, maqueta</p> <p>Paneles, representaciones a escala, monitores, tableros pulsadores.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cordillera Huayhuash.</li> <li>➤ Cordillera Vilcanota.</li> </ul> <p>Principales cuencas hidrográficas del Perú Presentación de información (ubicación, características, importancia económica e hidrológica, social y cultural) de las cuencas hidrográficas del Perú</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cuenca del río Tambo.</li> <li>➤ Cuenca del río Mantaro.</li> <li>➤ Cuenca del río Rimac.</li> <li>➤ Cuenca del río Chira.</li> <li>➤ Cuenca del lago Titicaca.</li> <li>➤ Cuenca del río Vilcanota.</li> <li>➤ Cuenca del río Santa y la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato.</li> </ul> <p>Los Ecosistemas de las Montañas Tropicales Andinas Componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas (ubicación, composición, características, clima, importancia económica, social y cultural)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Siembra y cosecha de agua.</li> <li>➤ Reforestación y revegetación.</li> <li>➤ Recuperación de ecosistemas: Humedales, pajonales, bosques relictos, praderas, etc.</li> <li>➤ Flujos de materia, energía e información.</li> <li>➤ Composición y endemismos.</li> <li>➤ Biodiversidad y reserva genética mundial.</li> <li>➤ El conocimiento asociado a los ecosistemas de montaña</li> </ul>	<p>Panel explicativo de Cordillera Blanca con fotos y proyección. Idem Cordillera Huayhuash Idem Cordillera Vilcanota.</p> <p>Maqueta de ubicación de las cuencas hidrográficas del país Panel explicativo de las Cuencas del río Tambo, Mantaro, Rimac, Chira, Vilcanota y Santa con fotos. Panel explicativo de la Cuenca del lago Titicaca, con fotos. Maqueta de la central hidroeléctrica del Cañón del Pato. Infografía vida y obra de Santiago Antúnez de Mayolo.</p> <p>Mapa de ecosistemas de montaña de la región . Relación de especies emblemáticas tanto animales como vegetales y otras. Muestras del conocimiento elaborado frente a las características de los ecosistemas. Aportes al mundo.</p>	<p>Paneles, representaciones a escala, tableros pulsadores, maquetas.</p> <p>Mapas, maquetas, representaciones, testimonios, colecciones de germoplasma.</p>
--	---	--

<b>TROPICALES ANDINAS</b> Muestra : Exposición permanente Secuencia : Enfoque contemporáneo Lugar : Pabellón 02		
TEMA	OBJETO	MODO
<p><b>Los cambios climáticos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Información general sobre el efecto invernadero y las consecuencias que está produciendo en el clima y la vida humana. Se presentarán las investigaciones que han desarrollado investigadores nacionales y extranjeros sobre dicha materia en el Perú, haciendo especial énfasis en que fuimos los PERUANOS LOS PRIMEROS EN REALIZAR ESTUDIOS DE ESTE TIPO EN LAS CORDILLERAS TROPICALES.</li> <li>➤ Investigaciones peruanas.</li> <li>➤ Investigaciones extranjeras.</li> </ul> <p><b>La variación del clima</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicación sobre los problemas que están ocasionando los cambios climáticos y las alternativas de prevención que hay que poner en práctica.</li> </ul> <p><b>Los riesgos geológicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicación sobre los fenómenos de geodinámica externa e interna (aluviones, huaicos, deslizamientos, avalanchas, desbordes de lagunas, inundaciones, fallas geológicas, sismos, etc.) , presentando los principales casos o eventos que se han dado tanto en el Perú como en la región Ancash.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panel de investigaciones en el Perú</li> <li>• Videos y animaciones de efectos del cambio climático .</li> <li>• Videos y animaciones de deshielos</li> <li>• Diorama de escena de trabajo de campo en el nevado al momento de obtener datos y testigos de hielo</li> <li>• Panel de investigaciones extranjeras</li> <li>• Paneles explicativos / información hidrometeorológica</li> <li>• Videos</li> <li>• Paneles explicativos</li> <li>• Animaciones y videos</li> <li>• Maquetas</li> </ul>	<p>Paneles, representaciones a escala, monitores, proyectores</p> <p>Paneles, monitores, proyectores</p> <p>Paneles, representaciones a escala, monitores, proyectores, bases, maquetas</p>

**MUSEO DE LAS MONTAÑAS TROPICALES ANDINAS**

Muestra : Exposición permanente  
 Secuencia : Enfoque local Industrial - Recursos naturales  
 Lugar : Pabellón 03

TEMA	OBJETO	MODOS
<p><b>La minería en el Perú</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Explicación sobre el significado de la minería en el Perú y la riqueza mineral existente en el mismo, donde se tratará:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Minería: estudios de Antonio Raimondi.</li> <li>Depósitos minerales, tipos, vetas y diseminados.</li> <li>La gran minería: los casos de Antamina y Barrick.</li> <li>La mediana minería.</li> <li>La pequeña minería: metálica y no metálica.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Dioramas</li> <li>Maquetas</li> <li>Videos</li> <li>Objetos de Antonio Raimondi</li> <li>Muestras de minerales</li> </ul>	<p>Paneles, representaciones a escala, dioramas, maquetas, monitores, proyectores, vitrinas</p>
<p><b>La contaminación ambiental</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Explicación sobre cómo el hombre está destruyendo el medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Dioramas</li> <li>Videos</li> </ul>	<p>Paneles, monitores, proyectores, representaciones a escala.</p>
<p><b>Energías alternativas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación de energías alternativas que pueden ser aprovechadas por la industria mundial y local, cuyo uso contribuiría a la no emisión de gases contaminantes al ambiente.                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Energía solar</li> <li>La energía eólica.</li> <li>La geotermia.</li> <li>El uso del carbón y gas natural.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Dioramas</li> <li>Videos</li> <li>Instalación de una veleta</li> </ul>	<p>Paneles, monitores, proyectores, representaciones a escala.</p>
<p><b>El Parque Nacional Huascarán (Reserva de Biósfera)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Explicación sobre el Parque Nacional Huascarán                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Importancia, usos.</li> <li>Diversidad biológica y cultural.</li> <li>Investigaciones.</li> <li>Espacio turístico.</li> <li>Proyección social y futura.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Dioramas</li> <li>Videos</li> </ul>	<p>Paneles, monitores, proyectores, representaciones a escala.</p>
<p><b>El andinismo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Explicación sobre el origen y desarrollo del Andinismo en el Perú                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Primeras expediciones.</li> <li>Principales clubes y casas de guía de formación de andinistas y guías de montaña.</li> <li>Principales cumbres y rutas presentes en la Cordillera Blanca, Huayhuash, Vilcanota y Vilcabamba.</li> <li>Principales ascensiones a la Cordillera Blanca y Huayhuash.</li> <li>Infraestructura de montaña.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Paneles explicativos</li> <li>Dioramas</li> <li>Videos</li> <li>Objetos</li> </ul>	<p>Paneles, monitores, proyectores, representaciones a escala, vitrinas.</p>

**MUSEO DE LAS MONTAÑAS TROPICALES ANDINAS**

Muestra : Exposición permanente  
 Secuencia : La memoria  
 Lugar : Pabellón 04

TEMA	OBJETO	MODOS
<p><b>Momento de quiebre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Terremoto del 31 de mayo de 1970</li> <li>Un día antes – Un día después</li> <li>Descripción del desastre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Animaciones</li> <li>Videos - audios</li> </ul>	<p>Paneles, representaciones a escala, monitores, proyectores</p>
<p><b>Periodo Pre -inca</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pumacayán , Wawllaq Willkawayin</li> <li>Primera comunidad Huaracina</li> <li>Toponimia</li> <li>Cueva del Guitarrero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Animaciones</li> <li>Dioramas</li> <li>Maquetas</li> </ul>	<p>Paneles, representaciones a escala, proyectores</p>
<p><b>Periodo Inca</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Inclusión de los Waras al sistema incaico</li> <li>Inca Wayna Capac y princesa Contarhuasi, hija del Cacique</li> <li>Princesa Quispe Sisa Huaylash (hija de la unión anterior)</li> <li>Otros acontecimientos históricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Animaciones</li> <li>Dioramas</li> <li>Maquetas</li> </ul>	<p>Paneles, representaciones a escala, proyectores</p>
<p><b>Colonia y Virreinato</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Matrimonio de la princesa Quispe Sisa con Francisco Pizarro</li> <li>Francisca Pizarro Huaylas, primera mestiza</li> <li>Fundación oficial de la Villa de San Sebastián de Huaraz</li> <li>Santo Toribio de Mogrovejo</li> <li>Aluvión del año 1723</li> <li>Mariscal Toribio de Luzuriaga, Libertador San Martín, Bolívar y Sucre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Animaciones</li> <li>Dioramas</li> <li>Maquetas</li> </ul>	<p>Paneles, representaciones a escala, proyectores</p>
<p><b>República</b></p> <p>Creación del departamento de Huaylas, Capital Huaraz              Andrés Avelino Cáceres, Ramón Castilla              Batalla de Yungay, Cerro Pan de Azúcar              Antonio Raimondi              Colegio La Libertad</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Animaciones</li> <li>Dioramas</li> <li>Maquetas</li> </ul>	<p>Paneles, representaciones a escala, proyectores</p>
<p><b>Huaraz contemporáneo</b></p> <p>Sociedad antes del terremoto              Personalidades ilustres y personas destacadas              Aluvión del año 1941              Revolución del Partido Aprista – Sánchez Cerro              Huaraz antiguo, antes del aluvión del 41</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paneles explicativos</li> <li>Animaciones</li> <li>Dioramas</li> <li>Maquetas</li> <li>Videos y audios</li> </ul>	<p>Paneles, representaciones a escala, proyectores, monitores</p>

Huaraz, Diciembre 2016.

ESPECIAL



# FORO INTERNACIONAL DE GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Ricardo Villanueva Ramírez

Coordinador General

## ANTECEDENTES

Del 10 al 13 de agosto del 2016 se desarrolló, en la ciudad de Huaraz, el primer Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, organizado por el INAIGEM con la colaboración de diversas entidades públicas y privadas a nivel nacional. El evento tuvo por finalidad contribuir a que las instituciones públicas, empresas privadas y autoridades tomen decisiones informadas y coordinadas, desde un punto de vista técnico, científico y sociocultural, sobre la base de la investigación de glaciares y ecosistemas de montaña, en el contexto de cambio climático.

El objetivo general del Foro fue:

Poner a disposición de instituciones públicas, privadas y sociedad civil, insumos de conocimiento y experiencias sobre glaciares y ecosistemas de montaña que promuevan el desarrollo sostenible de las poblaciones y territorios de montaña.

Y de manera específica:

- Orientar la investigación futura (a mediano y corto plazo) en glaciares y ecosistemas de montaña con base en la identificación de vacíos, prioridades y necesidades de investigación.
- Propiciar la identificación e intercambio de información sobre mecanismos de cooperación existentes para facilitar el flujo de información técnica, científica y política.
- Identificar y fomentar alianzas estratégicas (actuales y potenciales) entre investigadores, actores públicos y privados y sociedad civil, con base en agendas afines.
- Identificar instrumentos y mecanismos existentes y validados para propiciar la transversalización de la gestión de glaciares

y ecosistemas de montaña en procesos de planificación local y territorial.

- Propiciar el intercambio de insumos para aportar a políticas públicas y lineamientos estratégicos en glaciares y ecosistemas de montaña.

El Foro Internacional de Glaciares y Ecosistemas de Montaña se realizó teniendo como marco otros eventos similares que se desarrollaron a nivel nacional, que muestran el creciente interés y preocupación por nuestros ecosistemas altoandinos en un contexto de cambios globales.

En julio del año 2013, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), junto con CARE-Perú organizó el primer Foro Internacional de Glaciares “Retos de la investigación al servicio de la sociedad” en la ciudad de Huaraz, con el objetivo de definir estrategias para una adaptación al cambio climático, el cual emitió la “Declaración de Huaraz”. En este foro internacional el Perú se comprometió a realizar un próximo evento y de esta manera proporcionar un espacio para el intercambio de información, experiencias y conocimientos acerca de investigaciones relacionadas con los glaciares y ecosistemas de montaña.

Un año atrás, en mayo del 2012, se realizó en la ciudad de Lima el taller “El Impacto del Retroceso de los Glaciares en los Andes: Red Internacional Multidisciplinaria para Estrategias de Adaptación”, organizado por la UNESCO, con la participación de la Secretaria de la Alianza de las Montañas de la FAO, el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), Andean Climate Change Interamerican Observatory Network (ACCION), Grupo de Trabajo de Nieves y Hielos (GTNH-IHP) y The Third Pole Environment (TPE).

Antes de estos eventos se realizó también en Lima el “XIII Congreso Latinoamericano de Geología: Metodología para analizar la evolución de los glaciares”. Es interesante señalar que en la conferencia de cambio climático COP20 realizada en Lima en el 2014 se contó con diferentes pabellones y entre los más visitados estuvo el de Montañas y Agua.

Sobre ecosistemas de montaña en el Perú se han realizado varios eventos, sobre todo en el “Año

Internacional de las Montañas” 2002 (declarado por las Naciones Unidas e impulsado por la FAO). En el 2001 se realizó el “I Taller Internacional sobre Ecosistemas de Montaña: una visión de futuro”, el cual emitió la “Declaración del Cusco sobre el Desarrollo Sostenible de los Ecosistemas de Montaña”. El siguiente año se realizó en la ciudad de Huaraz la “Reunión Mundial de Ecosistemas de Montaña al 2020: Agua, Vida y Producción” donde se formuló la “Declaración de Huaraz”.

## CONFERENCISTAS PRINCIPALES

### STEPHEN G. EVANS

*Ph.D. Ingeniero Geólogo de la Universidad de Alberta en Canadá. Profesor en el Departamento de Ciencias Terrestres y Ambientales de la Universidad de Waterloo en Canadá, responsable de los cursos de Ingeniería Geológica y GeoHazards en Ciencias de la Tierra.*

[sgevans@uwaterloo.ca](mailto:sgevans@uwaterloo.ca)

### ENRIQUE FLORES

*Postdoctorado en Agronomía y Forrajes de la Universidad de California, en Davis. Rector de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), profesor principal en Manejo y Conservación de Pastizales, Director e Investigador del laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, y líder del Programa Escuela Campesina de Ganadería.*

[efm@lamolina.edu.pe](mailto:efm@lamolina.edu.pe)

### GENA GAMMIE

*Magister en Regulación y Política Ambiental. Directora Asociada de la “Iniciativa del Agua” de Forest Trends en Washington, DC; cuyo trabajo se enfoca en Infraestructura Verde, contribuciones analíticas al Compendio de Ciudades y Cuencas, y proyectos pilotos de Inversión en Cuencas en Perú, Brasil, Bolivia, México, Ghana, y China.*

[GGammie@forest-trends.org](mailto:GGammie@forest-trends.org)

### CARLOS FERNÁNDEZ JÁUREGUI

*Doctor en Hidrología del Instituto Americano de Hidrología, Director de Evaluación del Agua y Asesoramiento en la Red Global WASA-GN. Director de la Cátedra Internacional del Agua en la EUPLA de la Universidad de Zaragoza de España.*

[c.fernandez-jauregui@wasa-gn.net](mailto:c.fernandez-jauregui@wasa-gn.net)

### JEFFREY KARGEL

*Ingeniero Geólogo de la Universidad Estatal de Ohio, Ph.D. en Ciencia Planetaria de la Universidad de Arizona, Estados Unidos. Glaciólogo y Científico Planetario. Miembro del ASTER Science Team del Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) y de la NASA.*

[jeffreyskargel@hotmail.com](mailto:jeffreyskargel@hotmail.com)

### IVÁN LUCICH LARRAURI

*Magister en Economía Ambiental y de los Recursos Naturales de la Universidad de Concepción, Chile. Economista de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y Miembro del Concejo Académico de la carrera de Economía y Gestión Ambiental de la Universidad Antonio Ruiz de Montoya. Gerente de Políticas y Normas de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Docente de las Maestrías en Regulación de los Servicios Públicos y Gestión Pública de los Recursos Hídricos de la Pontificia Universidad Católica del Perú.*

[ilucich@sunass.gob.pe](mailto:ilucich@sunass.gob.pe)

### ČEDOMIR MARANGUNIĆ

*Ph.D. en Glaciología. Investigador del Departamento de Geología de la Universidad Estatal de Ohio. Ha sido Director y Profesor del Departamento de Geología de la Universidad de Chile. Presidente de la empresa consultora Geo Estudios, en Santiago de Chile.*

[cmarangunic@geoestudios.cl](mailto:cmarangunic@geoestudios.cl)

### BRYAN G. MARK

*Doctor en Ciencias de la Tierra de la Syracuse University, con dos décadas de investigación en cambios climáticos, glaciares e impactos hidrológicos en los Andes del Perú, Bolivia, Ecuador y Chile. Es profesor en la Universidad del Estado de Ohio, Departamento Académico de Geografía, y en el Byrd Polar Research Center.*

[mark.9@osu.edu](mailto:mark.9@osu.edu)

### BENJAMIN ORLOVE

*Antropólogo de la Universidad de Harvard; y Magister y Ph.D. en Antropología de la Universidad de California en Berkeley. Es uno de los cuatro Co-directores del Centro para la Investigación en Decisiones Ambientales de la Universidad de Columbia en Nueva York. Director y Profesor del Programa de Maestría en Clima y Sociedad de la Universidad de Columbia; y Miembro del Instituto de la Tierra.*

[bs05@columbia.edu](mailto:bs05@columbia.edu)

KENNETH R. YOUNG

Doctor en Geografía de la Universidad de Colorado en Boulder. Profesor en el Departamento de Geografía y Ambiente de la Universidad de Texas en Austin. Ha desarrollado investigaciones en geografía y temas humano-ambientales, interacciones físicas incluyendo biogeografía, cambio climático, ecosistemas comparativos, ecología del paisaje y entorno natural.

kryoung@austin.utexas.edu

KARL S. ZIMMERER

Ph.D. de la Universidad de California en Berkeley y Profesor en su Departamento de Geografía. Miembro del Panel de Revisión de los Programas de Geografía, Ciencia Regional y Sociología de la National Science Foundation. Revisor de revistas científicas de la Fundación Guggenheim, Archivos de la Asociación de Geógrafos Americanos, Economía Ecológica, Geoforum, Revista de Estudios Rurales, Cambio Ambiental Global, y Naturaleza.

ksz2@psu.edu

## RESPONSABLES DE LAS MESAS TEMÁTICAS

THOMAS CONDOM

CondIRD - University of Grenoble

Doctor en Hidrogeología y Geoquímica de la Universidad de París. Co-director del programa internacional "GreatIce, Glaciares y Recursos Hídricos en los Andes Tropicales", el cual une a universidades locales e instituciones de investigación de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Francia.

thomas.condom@ird.fr

OSCAR FRANCO

Naturaleza y Cultura Internacional (NCI)

Master en Gestión Ambiental de la Universidad de Yale, en Estados Unidos. Coordinador de desarrollo estratégico en la ONG Naturaleza y Cultura Internacional, fue Asesor Técnico del Programa de Bosques del MINAM, de Voces por el Clima, y de otras áreas en el Ministerio del Ambiente.

ofranco@naturalezaycultura.org

BEATRIZ FUENTEALBA

Instituto de Montaña

Doctora en Ciencias Biológicas. Es coordinadora científica e investigadora en la ONG Instituto de Montaña; así mismo, es revisora de manuscritos para la revista "Ecología Aplicada" de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y consultora externa para el análisis y elaboración de informes de la Consultora Ambiental Walsh.

bfuentealba@mountain.org

CHRISTIAN HUGGEL

Universität Zürich

Doctor en Ciencias Naturales de la Universidad de Zurich, Suiza; es Jefe del Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Clima: Impactos, Riesgos y Adaptación (ECLIM) del Departamento de Geografía de la Universidad de Zurich. Fundador y Co-coordinador de la Red para la Investigación Interdisciplinaria del Clima (Universidad de Zurich / ETH Zurich).

christian.huggel@geo.uzh.ch

CÉSAR PORTOCARRERO

INAIGEM

Ingeniero Civil con especialización en Glaciología, Hidráulica, Hidrología y Recursos Hídricos, Climatología, Gestión del Riesgo de Desastres, y Gestión de Cuencas Hidrográficas. Es investigador del paleoclima en los glaciares peruanos, y actual Director de Investigación en Glaciares del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM).

cportocarrero@inaigem.gob.pe

JULIO POSTIGO

Universidad de Texas

Doctor en Geografía de la Universidad de Texas en Austin, Estados Unidos: Investigador científico del National Opinion Center de la Universidad de Chicago, asesor científico del Collaborative Crop Research Program de la Fundación McKnight en los Andes; consultor de la FAO e investigador asociado del Centro para Estudios Latinoamericanos de la Universidad de Chicago.

jpostigo@utexas.edu

CECILIA SANDOVAL

CONDESAN

Magister en Economía de los Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Oficial en el Perú del Proyecto "Multiplicando los beneficios ambientales y sociales de la biodiversidad y el carbono en ecosistemas alto andinos en Perú y Ecuador" en el Consorcio Para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN); participa en la coordinación y evaluación técnica de acciones estratégicas vinculadas a la gestión de los recursos naturales.

cecilia.sandoval@condesan.org

JUAN TORRES

Universidad Nacional Agraria La Molina

Master en Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Botánico y Ecólogo, especialista en desiertos y montañas, investigador del Área de Cambio Climático de Soluciones Prácticas-ITDG y profesor principal de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

amotape@yahoo.com

## PARTICIPACIÓN

Se tuvo una nutrida participación tanto local como nacional e internacional con un total de 934 participantes, 90% nacionales y 10% extranjeros. Así mismo, se contó

con la participación de 22 universidades nacionales y 31 extranjeras.

### Participantes por Institución

INSTITUCIÓN	N° INSTUCIONES	N° PARTICIPANTES	%
Entidades Estatales	33	170	18.2%
Instituciones Privadas y Organizaciones de la Sociedad Civil	63	105	11.2%
Independientes - Sociedad Civil	0	495	53.0%
Universidades	53	164	17.6%
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>934</b>	<b>100.0%</b>

### Participantes por País de Procedencia

PAÍS	N° PARTICIPANTES	%
Alemania	2	0.21%
Argentina	1	0.11%
Australia	1	0.11%
Bolivia	1	0.11%
Bélgica	1	0.11%
Brasil	4	0.43%
Canada	6	0.64%
Chile	4	0.43%
Colombia	2	0.21%
Ecuador	4	0.43%
EE.UU.	43	0.60%
El Salvador	1	0.11%
España	4	0.43%
Finlandia	1	0.11%
Francia	4	0.43%
Holanda	2	0.21%
Italia	1	0.11%
México	2	0.21%
Perú	840	89.94%
República Checa	1	0.11%
Suiza	7	0.75%
Reinado Unido	2	0.21%
<b>TOTAL</b>	<b>934</b>	<b>100.00%</b>

## Universidades Peruanas Participantes

NOMBRE	SIGLAS	REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	PARTICIPANTES	
Universidad Nacional del Santa	UNS	ANCASH	CHIMBOTE	NUEVO CHIMBOTE	1	
Universidad San Pedro	USP		CHIMBOTE	CHIMBOTE	3	
Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo	UNASAM		HUARAZ	INDEPENDENCIA	69	
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	UNSAAC	CUSCO	CUSCO	CUSCO	2	
Universidad Nacional Herminio Valdizan	UNHEVAL	HUANUCO	HUANUCO	HUANUCO	1	
Universidad Nacional de Trujillo	UNT	LA LIBERTAD	TRUJILLO	TRUJILLO	2	
Universidad Particular Antenor Orrego	UPAO		TRUJILLO	TRUJILLO	2	
Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle	UNE	LIMA	LIMA	CHOSICA	1	
Pontificia Universidad Católica del Perú	PUCP		LIMA	SAN MIGUEL	1	
Universidad Alas Peruanas	UAP		LIMA	LIMA	1	
Universidad Continental	UC		LIMA	MIRAFLORES	1	
Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión	UNJFSC		HUAURA	HUACHO	1	
Universidad Peruana Cayetano Heredia	UPCH		LIMA	SAN MARTÍN DE PORRES	1	
Universidad Nacional del Callao	UNC		CALLAO	BELLAVISTA	1	
Universidad Nacional Federico Villarreal	UNFV		LIMA	LIMA	1	
Universidad Nacional de Ingeniería	UNI		LIMA	RIMAC	3	
Universidad Cesar Vallejo	UCV		LIMA	MIRAFLORES	4	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	UNMSM		LIMA	CERCADO DE LIMA	7	
Universidad Nacional Agraria La Molina	UNALM		LIMA	LA MOLINA	11	
Universidad Científica del Perú	UCP		LORETO	MAYNAS	IQUITOS	2
Universidad Nacional de Juliaca	UNAJ		PUNO	SAN ROMAN	JULIACA	1
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann	UNJBG		TACNA	TACNA	TACNA	1
<b>TOTAL DE PARTICIPANTES</b>					<b>117</b>	
<b>TOTAL DE UNIVERSIDADES NACIONALES</b>					<b>22</b>	

## Universidades Extranjeras Participantes

UNIVERSIDADES EXTRANJERAS			
NOMBRE	PAÍS	N° PARTICIPANTES	
Universidad De Hamburgo	Alemania	1	2
Institute Of Geography, University Of Gottingen		1	
Universidad Nacional De Tierra Del Fuego	Argentina	1	1
Vrije Universiteit Brussels	Bélgica	1	1
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	Brasil	3	3
Ecole de Technology Superieure	Canada	1	5
Universidad de Waterloo		4	
Universidad de Chile	Chile	1	3
Universidad Técnica Federico Santa María		1	
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas		1	
Universidad Regional Amazónica	Ecuador	1	2
Universidad Técnica Particular de Loja		1	
Berkeley University	EE.UU	1	15
Bridgewater State University		1	
Ohio State University		3	
Chicago University		2	
Pennsylvania University		1	
Texas University		4	
Yale University		1	
California University		1	
Universidad de Jaén		España	
Universidad de Zaragoza	1		
Universidad Complutense de Madrid	1		
University of Grenoble	Francia	1	1
Universidad de Wageningen	Holanda	1	1
Universidad Nacional Autónoma de México	México	2	2
Charles University in Prague	República Checa	1	1
Universidad de Berna	Suiza	1	7
Universidad de Ginebra		1	
Universidad de Zurich		5	
<b>TOTAL DE PARTICIPANTES</b>			<b>47</b>
<b>TOTAL DE UNIVERSIDADES EXTRANJERAS</b>			<b>31</b>

Como parte del desarrollo del Foro se montó una exposición temática abierta durante 10 días denominada “Pabellón de las Montañas”, donde se tuvo una concurrencia de más de 1500 personas, atendidas y

orientadas por un equipo de voluntarios, quienes fueron capacitados en temas especializados sobre glaciares y ecosistemas de montaña.

## CONCLUSIONES DEL FORO

1. Los glaciares y los ecosistemas de alta montaña (GEM) son indispensables para la provisión del agua que requieren los seres humanos para su bienestar.
2. El agua de estos sistemas es importante por su cantidad, calidad, servicios ecosistémicos, la agrobiodiversidad y los bosques que dependen de ella.
3. Los procesos de Cambio Climático y desglaciación son irreversibles. Necesitamos ejecutar acciones de adaptación y mitigación de riesgos.
4. Necesitamos generar mayor información (científica y aplicada) sobre el uso tradicional de los GEM, que nos sirvan para tomar decisiones y establecer políticas públicas. La construcción de agendas priorizadas de investigación ambiental son una necesidad; estos lineamientos deben materializarse a la luz de las necesidades específicas de los GEM. El desarrollo de la investigación aplicada es una prioridad.
5. Es necesario establecer mecanismos de colaboración entre las instituciones que producen información, las instituciones y las comunidades que toman decisiones. Esta colaboración debe incluir universidades, instituciones privadas, entidades del Estado, con la participación de las poblaciones. Las investigaciones sobre los GEM deben ser acogidas por el ente rector quien debe colaborar para superar las barreras burocráticas y poner a disposición la investigación que producen instituciones nacionales e internacionales.
6. Urge producir la información hídrica e hidrogeológica que se requiere para diseñar y ejecutar obras de infraestructura hidráulica que permitan mejorar el acceso a agua de calidad y saneamiento.
7. Se debe continuar impulsando el desarrollo de mecanismos de financiamiento que permitan fortalecer los sistemas de GEM. Estos mecanismos deben articular a las empresas, usuarios, entidades del gobierno y poblaciones de las partes altas de las cuencas. El monitoreo de los resultados de estos mecanismos es necesario para tener evidencia de sus resultados y mejorar la gestión.
8. Urge construir un sistema de gobernanza que permita tomar decisiones ágiles e informadas, que se construya en función de las propias cuencas. Este sistema debe superar los problemas de las acciones sectoriales y fragmentadas, y de las divisiones políticas del territorio con una gestión integrada y con un enfoque de cuencas. Es necesario que el ente rector en los GEM identifique las prioridades de investigación y establezca los proyectos, programas y políticas de adaptación y medidas de mitigación a seguir.

## RESULTADOS POR MESA TEMÁTICA

### a. Riesgos glaciares y asociados a ecosistemas de montaña

*Resultados presentados por el Ing. César Portocarrero. INAIGEM*

La intervención en las mesas temáticas ha permitido mostrar un nuevo camino de creación e implementación de políticas públicas en relación con la temática de riesgos glaciares. Los glaciares son uno de los mejores indicadores del clima. Estas masas de hielo crecen cuando hay enfriamiento y decrecen cuando la temperatura se eleva. En los glaciares dos aspectos son importantes: los riesgos y su influencia en el agua como recurso.

Hace como 60 o 70 años atrás, los estudios se centraban en la física y el estudio molecular de los glaciares. El contexto actual es distinto. Se tiene una

mirada más centrada en su utilidad y riesgo para el ser humano. En el Perú, 170 mil kilómetros cuadrados están influenciados y dependen de los glaciares, al igual que cerca de 4 millones de personas. He allí la importancia de la planificación concertada para el desarrollo.

Es por ello que, será importante la investigación en las ciencias sociales junto con las ciencias naturales. En este esfuerzo deben coincidir tanto las instituciones públicas y privadas como las universidades. En la gestión de riesgos se aspira a que se cree un manual metodológico y sistemático que sirva para la evaluación de los lagos y las lagunas que existen en las distintas cordilleras. Todos estos espejos de agua presentan peligro. El manual tendría un alcance a nivel mundial; por ello este proyecto está apoyado por instituciones nacionales e internacionales. Consiguientemente, se necesitará un

trabajo en conjunto con organismos especializados del Perú y el mundo para estandarizar procedimientos de estimación del peligro y riesgo que significan estas lagunas de riesgo glaciar. Este instrumento debe servir para evitar el sobre o subdimensionamiento en las medidas de protección.

Además, se plantea la conformación de espacios de diálogo entre instituciones públicas, privadas y académicas para producir investigación aplicada siempre con un sentido social y de difusión a la opinión pública. También se necesita una mayor participación de científicos sociales en esta problemática. Es urgente revalorizar e impulsar las ciencias sociales en este tema de riesgos.

El cúmulo de resultados de la investigación aplicada debe servir para implementar instrumentos de gestión de riesgos en glaciares y lagunas de origen glaciar dentro de las políticas públicas, como instrumentos tanto de los gobiernos locales como de los regionales. También se plantea fortalecer las capacidades de las poblaciones y propiciar el intercambio de experiencias en un lenguaje sencillo que permita involucrar a la población. Es necesario incluir estos conocimientos en la malla curricular escolar.

Por otro lado, se plantea la ejecución de proyectos multipropósitos, que involucren no solo la gestión de riesgos de desastres en glaciares y lagunas peligrosas de origen glaciar, sino también la gestión de recursos hídricos, de tal manera que se genere una mayor viabilidad en el financiamiento de los recursos económicos. Esta es tarea que debe ser planteada en los gobiernos regionales y locales para su involucramiento en los planes de desarrollo concertados.

#### **b. Recursos hídricos en glaciares y ecosistemas de montaña.**

*Resultados presentados por la Dra. Beatriz Fuentealva. Instituto de Montaña*

Con respecto a los vacíos de información que deben atenderse en la agenda nacional se enfocaron tres puntos. Primero, se requiere evaluar la disponibilidad actual del agua, tanto superficial como subterránea; y manteniendo siempre un enfoque integrado de cuenca. Por ello, se debe tomar a los glaciares como parte de un sistema.

Como segundo punto, es necesario identificar las buenas prácticas en la gestión de recursos hídricos. En relación a esto es importante revalorar los conocimientos ancestrales que se han tenido en los ecosistemas de la puna para irrigar y manejar el agua. Necesitamos sistematizar estos conocimientos.

El tercer punto resaltado es la identificación de los factores de cambio. Es decir, qué ocasiona que la desglaciación se acelere. Y cómo estos cambios influyen en los ecosistemas. Para ello necesitamos información científica robusta.

Estos tres puntos deben impulsarse mediante el diálogo entre los diversos actores involucrados en la gestión de los recursos hídricos. Para ello es importante crear espacios de diálogo entre instituciones públicas y la comunidad científica. Esto sólo se podrá realizar si se construyen metas comunes. El gobierno debe liderar este diálogo haciendo convocatorias y creando dichos espacios. También se requiere grupos multidisciplinarios. En el tema de recursos hídricos hay demasiados ángulos y no se puede solucionar nada con la mirada de una sola disciplina.

Por otro lado, la gobernabilidad del país es confusa. No hay una línea clara de planificación en el uso de los recursos hídricos. Por ello, se necesita un ente rector multisectorial que coordine las diferentes iniciativas. Solo así se podrá integrar los aportes de todos los sectores. Se requiere además de una plataforma para compartir metodologías, información y datos que se generan en los diversos grupos. Así se tendrá un mejor flujo de conocimiento. De preferencia, esta plataforma, debe ser de acceso libre. Así las entidades públicas y las académicas ya sabrían a dónde acudir.

En cuanto a la planificación local, es importante integrar a la población local, haciendo de esta un ente activo, haciéndolos parte del proceso de planificación territorial. Solo así los proyectos serán sostenibles. Finalmente, hay una oportunidad para generar inversión pública que se nutra de los resultados de investigaciones científicas para poder fortalecer el beneficio directo a las poblaciones locales.

#### **c. Biodiversidad y uso sostenible de ecosistemas de montaña para la seguridad alimentaria**

*Resultados presentados por el Dr. Julio Postigo. Universidad de Texas*

Con respecto a los vacíos de información y la agenda de investigación, consideramos que una investigación científica debe incluir aspectos tradicionales y aspectos de conservación. Identificar temas, áreas y preguntas cuyo esclarecimiento contribuya al logro de la seguridad alimentaria. Se deben considerar los recursos hídricos, la productividad, la diversificación y las tecnologías de adaptación.

Además, la agenda debe tener un enfoque participativo y de divulgación. La agenda debe fomentar investigación que incluya lo ecológico, lo sociológico, lo

económico y la gobernanza. Sus resultados deben ser aprovechables por las poblaciones de montaña y estos resultados deben propiciar la seguridad alimentaria.

En el grupo de trabajo se esbozaron líneas de investigación que la agenda debería considerar. La primera línea son los “Sistemas sociológicos de montaña”; esta línea debe comprender los cambios climáticos y otros procesos asociados a los sistemas socioecológicos de montaña y de seguridad alimentaria. La segunda línea está relacionada al conocimiento local; es importante sistematizar las formas de conocer y aprender en las comunidades, así como las formas de reproducción y transmisión de dicho conocimiento. La tercera línea de investigación debe ser en suelos. Es importante lograr una mayor comprensión de las dimensiones biofísicas y sociales en los suelos andinos. Como cuarta línea de investigación está la dinámica del carbono, propiciando su cuantificación en la superficie y en el subsuelo. La quinta línea es de síntesis y meta-análisis, para usar la información ya disponible con el fin de producir nuevos conocimientos y establecer nuevas direcciones en la investigación. La sexta línea investigará los procesos y patrones en las dinámicas de las especies y los cultivos. La última línea de investigación debe encaminarse al potencial alimentario de las especies nativas de ecosistemas de montaña.

Con respecto al tema de los instrumentos y mecanismos de cooperación, es importante garantizar la participación de la academia y de la sociedad civil en los consejos de coordinación regional y local. Además, debe haber una mayor injerencia en el uso del presupuesto público para generar investigación con articulación territorial, vinculado con el logro de la seguridad alimentaria. También es pertinente incluir a estudiantes nativos y que estos contribuyan con el fortalecimiento de la capacidad científica local, con apoyo de investigadores extranjeros.

Se debe priorizar la creación o fortalecimiento de institutos cuya misión sea trabajar con los gobiernos subnacionales como, por ejemplo, el Instituto de Manejo

del Agua en el Cuzco. Además, se debería aumentar la incidencia del INAI GEM en el sistema universitario nacional y en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. En relación a ello se debe fortalecer al INAI GEM, consolidándolo como ente rector para glaciares y ecosistemas de montaña. Finalmente, es importante que el sector público, en especial los gobiernos locales, fijen las líneas de proyectos y programas; y se debe evitar que estos objetivos solo sean fijados por las ONGs y la cooperación internacional.

#### **d. Mecanismos de financiamiento para la gestión de ecosistemas de montaña**

*Resultados presentados por la Dra. Cecilia Sandoval.  
Universidad Agraria la Molina*

Para la generación de una agenda de investigación para la inversión pública y privada es importante generar una caracterización de los ecosistemas. Se necesita conocer el estado de conservación de los ecosistemas para poder definir las estrategias de intervención más apropiadas. Aún hace falta conocer los impactos de las intervenciones en los ecosistemas. Esto sólo se solucionará con mayor investigación científica.

También hace falta elaborar un método de evaluación social para las inversiones ambientales. Todavía se necesita que este método internalice el valor de los recursos. Además, es importante tener una sistematización de las experiencias de inversión.

Por otro lado, es importante tener lineamientos de políticas que promuevan la inversión en mancomunidades, esto teniendo en cuenta las cuencas compartidas. Además, se debe difundir las ventajas de los incentivos financieros a las empresas privadas para ir más allá de la responsabilidad social. Necesitamos que estas herramientas puedan hacer más rentable y/o eficiente a la empresa haciendo uso del capital natural en sus propios procesos.

Finalmente, coincidimos en la necesidad de lograr la articulación de los intereses de los diversos actores.

## GALERÍA DE IMÁGENES



Foto: Mesa de honor en la inauguración del Foro



Foto: Exposiciones en las mesas temáticas



Foto: Rueda de preguntas durante las exposiciones en las mesas temáticas



Foto: Trabajo grupal en las mesas temáticas



Foto: Voluntarios guiando en el Pabellón de las Montañas



Foto: Conferencia de prensa en la clausura del Foro Internacional con la presencia de la Ministra del Ambiente



Foto: Visita técnica a Pastoruri - Rodal de puyas



Foto: Grupo de participantes en la visita técnica a Palcacocha



Foto: Pabellón de las Montañas - Ecosistemas

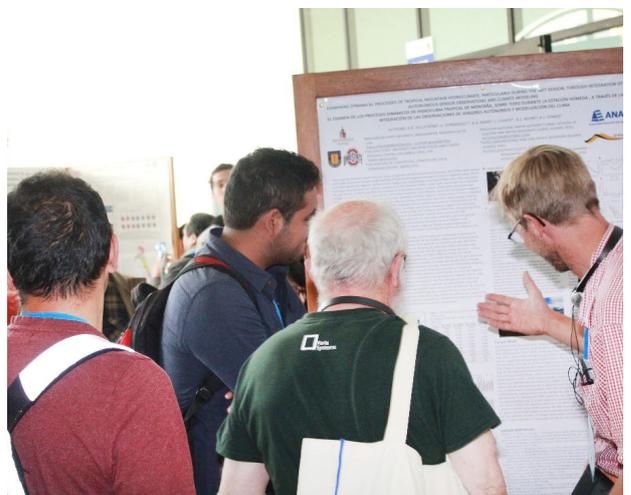


Foto: Exposición de posters

# DECLARACIÓN DE HUARAZ

13 de Agosto del 2016

## Preámbulo

Los efectos del cambio climático afectan a todas las latitudes del planeta, exponiendo a graves problemas a los pueblos y a la biodiversidad mundial.

El documento final de la Cumbre sobre Desarrollo Sostenible (Rio +20) denominado “El Futuro que Queremos”<sup>1</sup>, reconoce el importante rol de los ecosistemas de montaña para el desarrollo sostenible y como fuente de recursos hídricos para gran parte de la población mundial, así como su vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático.

A nivel global se reconoce la importancia de los glaciares y ecosistemas de montaña y los servicios ecosistémicos que ellos brindan. Así, como parte de los acuerdos tomados durante la Vigésima Conferencia Mundial de las Partes reunida en Lima (COP 20), se vio la necesidad de dotar a los países de una institucionalidad que responda al reto de elaborar ciencia en beneficio de la población y los tomadores de decisión.

Como resultado de estos importantes acuerdos globales nace el INAIGEM, entidad adscrita al Ministerio del Ambiente del Perú, la cual tiene como misión generar tecnología e información científica aplicada sobre glaciares y ecosistemas de montaña, tomar medidas de prevención en el marco del cambio climático, con calidad, oportunidad y pertinencia, en beneficio de la población.

En este marco, el INAIGEM desarrolló el Foro Internacional sobre Glaciares y Ecosistemas de Montaña (FIGEM) que tiene por objetivo poner a disposición de instituciones públicas, privadas y sociedad civil, insumos de conocimiento y experiencias sobre glaciares y ecosistemas de montaña que promuevan el desarrollo sostenible

de las poblaciones y territorios de montaña.

## Nosotros

Académicos, científicos y políticos de diferentes disciplinas, nacionales e internacionales, como el Instituto Nacional de Investigación de Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), el Servicio de Áreas Naturales Protegidas (SERNAMP), el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco (UNSAAC), Universidad Nacional San Agustín (UNSA), Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), Dirección General de Investigación e Información Ambiental (MINAM), la Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos del MINAM, la Dirección General de Diversidad Biológica del MINAM, la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural (DGEVFPN), el Center for Research in Water Resources (RWR), The University of Texas at Austin, Charles University in Prague Czech Republic, Global Change Research Institute; Czech Academy of Sciences; Universidad de Zurich; University of Arizona, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, Universidad de Massachusetts, Meteodat GmbH (Zurich-Switzerland); Universidad de Cardiff (Reino Unido), University of Waterloo, Water Assessment and Advisory Global Network (WASA-GN) reunidos frente a los desafíos del momento.

## Consideramos

Que la adaptación al cambio climático es un

<sup>1</sup>Documento final de la Cumbre sobre Desarrollo Sostenible (Rio +20) “El Futuro que Queremos” (junio 2014) [https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216-l-1\\_spanish.pdf](https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216-l-1_spanish.pdf)

desafío mundial que incumbe a todos, con dimensiones locales, subnacionales, nacionales, regionales e internacionales<sup>2</sup>.

Que tan solo un 2.4% del agua disponible en el mundo es dulce, y de éste, el 68% corresponde a glaciares y nieve permanente. Además, por ejemplo, se estima una pérdida del 42% de la superficie glaciar en los últimos 40 años, por lo que su estudio e investigación, no es solo de interés nacional, sino mundial.

Que el Perú es un país de montañas, su territorio alberga el 71% de los glaciares tropicales del mundo, así como más del 70% de la biodiversidad del planeta; este importante patrimonio natural se encuentra en una situación de vulnerabilidad que necesita ser atendida.

Que resulta necesario desarrollar una agenda específica de investigación sobre glaciares y ecosistemas de montaña que contribuya con la planificación local, las medidas de adaptación al cambio climático, la mitigación del riesgo, y la formulación de políticas públicas.

Que cada año, se invierten recursos por más de US\$ 10 mil millones en diversas cuencas alrededor del mundo a través de mecanismos financieros innovadores como fondos de agua y mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos<sup>3</sup>.

Que un factor clave para asegurar el sostenimiento financiero de las medidas orientadas a la gestión de estos sistemas resulta en la identificación, cuantificación y valoración de los servicios ecosistémicos que ellos proporcionan.

### Reconocemos

Existe la necesidad de establecer medidas de adaptación y de mitigación en los glaciares y ecosistemas de montaña; de lo contrario, se pondría en grave riesgo la agrobiodiversidad mundial, la seguridad alimentaria, la disponibilidad de recursos hídricos para sus diversos usos y se incrementaría significativamente los niveles de vulnerabilidad ante desastres de origen glaciar.

La labor de adaptación debería llevarse a cabo tomando en consideración la diversidad de enfoques, conocimiento y experiencia de los distintos grupos humanos que habitan los ecosistemas de montaña y con la información científica disponible, con miras a integrar la adaptación en las políticas y medidas socioeconómicas y ambientales pertinentes.<sup>4</sup>

La importancia de hacer plenamente efectivo el

desarrollo y la transferencia de tecnología para mejorar la capacidad de resiliencia de los ecosistemas de montaña.

La importancia de los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos que sirven para proteger y restaurar los ecosistemas de montaña, complementando estrategias convencionales para la conservación.

### Proponemos

Fortalecer la investigación científica sobre glaciares y ecosistemas de montaña, de modo que aporte información relevante para la toma de decisiones. Ello, potenciando el intercambio de información, las buenas prácticas, experiencias y lecciones aprendidas.

Impulsar proyectos, planes, programas y políticas de adaptación al cambio climático y mitigación de riesgos en los glaciares y ecosistemas de montaña, priorizando el bienestar de las poblaciones locales.

Cooperar en la adopción de las medidas que correspondan para mejorar la educación, la formación, la sensibilización y participación del público y el acceso público a la información sobre los glaciares y los ecosistemas de montaña.

Fortalecer e innovar en los mecanismos de financiamiento para el pago por los servicios ecosistémicos de los Glaciares y Ecosistemas de Montaña<sup>5</sup>.

En el caso peruano, para lograr la gobernabilidad ambiental, se impulse el rol rector y director del INAIGEM en el ámbito de los Glaciares y Ecosistemas de Montaña, poniendo énfasis en:

- a. Ser un referente nacional e internacional sobre la información e investigación.
- b. Impulsar las iniciativas y desarrollar la investigación ambiental aplicada desarrollada a partir de los lineamientos de la Agenda de Investigación Ambiental al 2021.
- c. Acoger las investigaciones y a los investigadores nacionales e internacionales, fortaleciendo la cooperación y el intercambio de información, y permitiendo superar las barreras burocráticas.
- d. Definir las acciones de adaptación y medidas de mitigación a seguir; y desarrollando estrategias para fortalecer la agrobiodiversidad necesarias para la seguridad alimentaria.
- e. Atender la problemática de los riesgos de origen glaciar.

<sup>2</sup> Acuerdo de París. Art. 7.

<sup>3</sup> Gena Gammie – Associate Director, Water Initiative, Forest Trends.

<sup>4</sup> Acuerdo de París. Art. 7.

<sup>5</sup> Acuerdo de París. Art. 12.

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN ECOSISTEMAS DE MONTAÑA "REYNALDO TRINIDAD ARDILES"



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



